

**INSTITUTUL POLITEHNIC „TRAIAN VUIA” DIN TIMIȘOARA**  
**Facultatea de construcții**

**Ing. LAURENȚIU NICOARĂ**

# **DEFECȚIUNILE IMBRĂCĂMINȚILOR RUTIERE**

**Tehnologii pentru prevenirea și remedierea lor**

**Teză de doctorat**

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:**

**Prof. Dr. Ing. IOAN FILIMON**

**1974**

281.526  
181 C

## **PARTEA ÎNTII**

**Contribuții la îmbunătățirea și dezvoltarea unor tehnologii rutiere**

**" Creșterea trebuie să contribuie  
direct la lărgirea bazei de materii prime,  
la conceperea de noi tehnologii ... la sa-  
tisfacerea multiplelor nevoi ale societății "**

**NICOLAE CEAUȘESCU**

### **PREFAȚA**

Puternic stimulați de programul profund științific al partidului, de perspectivele progresului neîntrerupt al țării, de creșterea bunăstării poporului, oamenii muncii participă cu entuziasm creator la îndeplinirea planurilor cincinale de dezvoltare economică și socială a țării. Progresul tuturor sferelor economice, a civilizației, turismului etc. sînt strîns legate de dezvoltarea transporturilor. În acest context transporturile rutiere joacă un rol de prim ordin, de neces beneficiind în permanență de sprijinul și îndrumarea partidului, s-au dezvoltat mai ales în ultimile cincinale într-un ritm rapid, ajungîndu-se în anul 1972, peste 56 % din totalitatea mărfurilor transportate să se efectueze prin transportul auto public, iar numărul de călători transportați cu mijloace auto publice să crească în 1972 de 10 ori față de anul 1970.

Transporturile auto se pot dezvolta sub raportul intensității, a greutateii pe axie, vitezei de circulație, a eficienței economice etc. numai în condițiile existenței unei rețele de drumuri corespunzătoare.

Avînd în vedere acest lucru, Conducerea partidului nostru a acordat atenția cuvenită și dezvoltării rețelei de drumuri. Situația sectorului de drumuri din țara noastră la 23 August 1944 era deosebit de grea, abea 1.182 km de drumuri erau asfaltate, multe și importante poduri erau distruse.

Anii construcției socialiste în țara noastră, cu efort și în sectorul de drumuri transformări radicale, rețeaua de drumuri îmbunătățită (modernizată, asfaltată) a crescut cu aproape 25 ori

toate podurile principale au fost reconstruite, s-au construit poduri peste Dunăre, viaducte, s-a început construcția de autostrăzi etc.

Din experiență s-a constatat că asfaltarea majorității drumurilor se poate realiza aplicând un complex de operații în formă simplă, dar deosebit de importantă, care au implicații economice majore. De asemenea este cunoscut faptul că pentru realizarea unor suprafețe de rulare mai bune, există o mare varietate de soluții tehnice. Crearea unor soluții noi posibile de executat, pe baza unor principii generale valabile în tehnica rutieră, în funcție de condițiile existente (materiale, utilaje etc.) contribuie la îmbunătățirea eficienței a rețelei de drumuri. Proiectantului îi este foarte greu de a lua în considerare multitudinea factorilor ce intervin pe parcursul execuției și de a indica în documentații toate soluțiile posibile, de aceea apreciez ca necesară contribuția activă a constructorului pentru perfecționarea tehnologiilor existente. Ca în toate domeniile de activitate și în tehnica rutieră, un progres este întotdeauna necesar și posibil, de aceea trebuie să confruntăm în permanență realizările cu posibilitățile și cu cerințele utilizatorilor.

În privința posibilităților și resurselor, apreciez că acestea pot fi valorificate la maxim numai dacă se studiază cu atenție și pricepere, se încercă cu perseverență și curaj metode adecvate de construcție folosindu-se experiența personalului calificat care trebuie să dea dovadă de multă conștiințiozitate și să-și aducă aportul său la rezolvarea creșterea a detaliilor.

Lucrarea : " Defecțiunile îmbrăcămintelor rutiere. Tehnologii pentru prevenirea și remedierea lor " și-a propus să prezinte o serie de soluții tehnice simple, care aplicate au contribuit la îmbunătățirea rețelei de drumuri naționale din Banat. Se poate observa cum prin intervenții modeste, făcute pe baza unor studii și analize se pot aduce uneori modificări importante în dezvoltarea unei tehnologii, se pot valorifica mai bine resursele locale, se pot obține lucrări de o calitate mai bună etc.

Soluțiile studiate, propuse și aplicate au reușit din necesități reale ale producției, din dorințe de a contribui la rezolvarea unor probleme concrete, din convingerea că o atitudine pozitivă, creșterea față de noile idei ale cercetătorilor și

specialiștilor, poate să fie valorificată în folosul sectorului de drumuri.

Drumurile, fiind supuse solicitărilor permanente din traficul în continuă creștere și acțiunii factorilor externi, sînt susceptibile de a fi degradate. Apariția defecțiunilor, care la drumuri se evidențiază de cele mai multe ori în <sup>analiza</sup> epuizate de rulare, <sup>găsirea</sup> evaluării lor, cauzelor care le provoacă, precum și măsurile celor mai potrivite pentru remedierea acestora, a constituit o preocupare de bază a autorității de-a lungul a multor ani. A fost posibil astfel ca în baza cercetărilor, studiilor și experiențelor efectuate să se concretizeze citava idei, propuneri și soluții utile, care bineînțeles se pot dezvolta și completa pentru a fi și mai folosite de specialiștilor din sectorul rutier.

Aprecies că în sectorul ~~rutier~~ laboratorului care permite studiul cel mai exact al fenomenelor este însuși sectorul de drum experimental aflat în exploatare normală, iar concluzii valabile sînt, în marea lor majoritate, cele care rezultă din studiile sistematice executate pe scooterele de drum experimentale realizate în condiții normale de lucru la scară industrială.

Soluțiile și concluziile din lucrare se bazează aproape în totalitate pe studiile efectuate pe drumurile în exploatare.

Este de la sine înțeles că un asemenea volum de lucrări nu se poate face decât cu concursul neprecupețit al multor lucrători de pe diverse ganțiere, al unor oameni receptivi la idei noi și dornici de a realiza cu mijloacele existente a unor lucrări sînt mai bune.

Ași dori ca în încheiere să aduc mulțumiri, tuturor lucrătorilor Direcției de drumuri și poduri Timișoara, care sub o formă sau alta au contribuit la aplicarea soluțiilor propuse, a-cu încurajat și stimulat în permanență prin receptivitate și bunăvoință.

Mulțumesc respectuos Direcției Generale a Drumurilor, personal tovarășului director general ing. Theodor Măsenfeld pentru ajutorul neprecupețit pe care mi l-a acordat de-a lungul anilor, creîndu-mi posibilitatea experimentării soluțiilor tehnice propuse, încurajîndu-mă și stimîndu-mă în permanență pentru introducerea noilor în sectorul de drumuri.

Mulțumesc cu afecțiune foștilor mei studenți, setări  
ingineri la Direcție de drumuri și poduri Timișoara, personalului  
de la formația de proiectare, dactilografelor, fotografului și în  
mod special tovarășilor ingineri Udvardy Ladislau, Ionescu Nicolae,  
Keisnaboch Francisc, Flavoșin Mihai ș.a. pentru sollicitudinea ară-  
tată și sprijinul prețios pe care mi l-au acordat în activitatea mea.

În mod deosebit mulțumesc personalului laboratorului  
Direcției de drumuri și poduri Timișoara pentru faptul că m-au  
sprijinit la executarea lucrărilor de laborator și în mod cu  
totul special îi mulțumesc tovarășei ing. Aurica Bilțiu cu care  
am colaborat în mod permanent de-a lungul a peste 15 ani la in-  
troducerea tehnicii rutiere avansate pe șantierele noastre.

Mulțumesc călduros tuturor prietenilor și colegilor  
care m-au încurajat și mobilizat pentru elaborarea lucrării.

Aduc un omagiu de recunoștință și mulțumire conducăto-  
rului științific tovarășului prof. dr. ing. Ioan Filimon, pentru  
sprijinul permanent și îndrumările pe care mi le-a dat pe tot  
percursoarea pregătirii și elaborării tezei de doctorat.

Autorul

# C O N T I N U T

	pagina
Prefață	2
Opriș	6
<b>PARTEA ÎNTII. Generalități</b>	<b>10</b>
<b>Capitolul I. <u>TEHNOLOGII ÎMBUNĂTĂȚIRII PENTRU UTILIZAREA MAI EFICIENTĂ A MORTARULUI CU SUSPENSIE DE BITUM FILERIZAT ÎN TEHNICA MURĂRII</u></b>	<b>12</b>
✓ 1. METODE NOI PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA CALITĂȚII MORTARULUI CU SUSIF	12
1.1. Îmbunătățiri aduse tehnologiei de preparare a suspensiei de bitum filerizat	13
1.2. Îmbunătățiri aduse mortarului cu subif	17
1.3. Considerații privind capacitatea în exploatare a covocurilor șefaltice executate din mortar cu subif	23
✓ 2. DIVERSIFICAREA UTILIZĂRII MORTARULUI CU SUSIF ÎN TEHNICA MURĂRII	28
2.1. Binder cu subif	29
2.2. Îmbunătățiri bituminoase din piatră spartă penetrată cu mortar cu subif și etanșează cu tratamente la cald	30
✓ <b>Capitolul II. <u>STRAȘII NOI ȘI DIN ANROBATE BITUMINOASE ÎNCURCATE DIN AGREGATE MINERALE LOCALE ȘI NISIP BITUMINOS</u></b>	<b>41</b>
1. Materiale și doze utilizate la prepararea anrobetelor bituminoase	41
2. Considerații asupra îmbunătățirilor bituminoase realizate din agregate minerale locale și nisip bituminos	43
3. Concluzii	50
✓ <b>Capitolul III. <u>CONTRIBUȚII LA UTILIZAREA MAI EFICIENTĂ A BITUMINII PENTRU STABILIZAREA DRUMURILOR PIERTRII</u></b>	<b>51</b>
1. Stabilizări complexe cu var și bitumină a pietruirilor existente	51
2. Tratarrea pietruirilor din calcar, cu bitumină	73
✓ <b>Capitolul IV. <u>O NOUĂ SOLUȚIE TEHNICĂ PENTRU MURĂRII TRANȘĂRII FISURILOR DIN STRĂȘII NOI ȘI STABILIZAREA ÎN CĂUȘT ÎN ÎMBUNĂTĂȚIREA BITUMINOASĂ</u></b>	<b>73</b>

✓ 1. Considerații asupra stadiului tratării în literatură a problemei apariției și transmiterii fisurilor	83
✓ 2. Studii și experimentări întreprinse pentru reperearea și evitarea transmiterii fisurilor în îmbrăcămințile bituminose	86
3. Concluzii	91
- Tabele anexe	93
- Bibliografie	113
- Tabla de materii	116
✓ <b>PARTEA A DOUA. Generalități</b>	120
✓ <b>Capitolul V. <u>CONSIDERĂRII ASUPRA ÎMBRĂCĂMINȚILOR BITUMINOASE</u></b>	121
1. Stadiul problemei dimensionării sistemelor rutiere noi și a renforșării sistemelor rutiere existente	121
2. Factorii principali care influențează calitatea îmbrăcăminților bituminose	127
3. Causă generală care contribuie la degradarea îmbrăcăminților rutiere	138
✓ <b>Capitolul VI. <u>STADIUL DEFECTIUNILOR LA ÎMBRĂCĂMINȚILE BITUMINOASE</u></b>	142
✓ <b>Generalități</b>	
✓ 1. DEFECTIUNI CE APAR PE SUPRAFAȚA DE RULARE (UZURĂ)	144
✓ 1.1. Suprafață glefuită	145
✓ 1.2. Suprafață exudată	170
✓ 1.3. Suprafață giroită	172
✓ 2. DEFECTIUNI ALE STRATULUI DE RULARE (UZURĂ)	173
2.1. Uzură prematură a stratului de rulare	173
2.2. Peledă	185
2.3. Văluriri și refulări	193
2.4. Suprafațe poroase	209
2.5. Suprafațe cu ciupituri	211
2.6. Suprafațe încrețite	213
2.7. Preguri (disburi)	214
✓ 3. DEFECTIUNI ÎN ÎMBRĂCĂMINȚEA BITUMINOASĂ	215
3.1. Considerații privind influența fenomenului de oboseală	215
3.2. Fisuri și crăpături	224
3.3. Pelețări	247



	pagina
✓ 3.4. Pășeșe longitudinale	250
✓ 3.5. Cropsi cu înfrământante bituminose	258
✓ 3.6. Furturi de margine	260
✓ 4. DEFECTIUNI ALE COMPLEXULUI RUTIER	261
4.1. Degradări din îngheț - dezgheț	261
4.2. Tasări mari inegale	262
✓ 5. CONCLUZII	263
- Tebele anexe	266
- Bibliografie	284
- Tabla de materii	308
/ PARTEA A TREIA	
✓ <u>Capitolul VII. DEZVOLTAREA CONSTRUCTIILOR DE DRUMURI CU ÎMBRĂCĂMIȘI DIN BETON DE CIMENT</u>	312
1. REȚEAUA MUNDIALĂ DE DRUMURI CU ÎMBRĂCĂMIȘI DIN BETON DE CIMENT	312
2. AVANTAJE ȘI DEZAVANTAJE ALE SISTEMELOR RUTIERE RIGIDE	316
2.1. Secțiune de drumuri naționale studiate	316
2.2. Observații privind eficiența sistemelor rutiere rigide	317
2.3. Concluzii	324
<u>Capitolul VIII. PROGRESSE ÎN TEHNICA RUTIERE PRIN ÎMBRĂCĂMIȘI ȘI ÎNTRĂȚINEREA ÎMBRĂCĂMIȘILOR RUTIERE DIN BETON DE CIMENT</u>	326
1. PARTICULARITĂȚI ALE COMPOZIȚIILOR BETONULUI FOLOSIT LA EXECUTAREA ÎMBRĂCĂMIȘILOR RUTIERE	326
2. TEHNOLOGIILE DE EXECUȚIE ȘI SOLUȚIILE NOI DE REALIZAREA ÎMBRĂCĂMIȘILOR RUTIERE DIN BETON DE CIMENT	337
2.1. Realizarea straturilor rutiere din beton de ciment cu ajutorul cofrajelor glisante	337
2.2. Tehnologia revibrării betonului în perioada de priză la executarea înfrământărilor rutiere	339
2.3. Realizarea rosturilor de contact, de dilatație și de contracție	350
2.4. Înfrământări din beton de ciment armate și armate precomprimate	354
2.5. Progrese în activitatea de întreținere și reparații ale înfrământărilor rutiere din beton de ciment	363

	pagina
✓ <b>Capitolul II. STUDIUL DEFECȚIUNILOR ÎMBRĂCĂMIȘILOR RUTIERE DIN BETON DE CIMENT. SOLUȚII TEHNOLOGICE DE PREVENIRE ȘI REMEDIEREA LOR</b>	366
✓ <b>1. CAUZELE GENERALE ALE PRODUCERII DEFECȚIUNILOR</b>	
1.1. Clasificarea defecțiunilor îmbrăcămișilor rutiere din beton de ciment	366
✓ 1.2. Sollicitări asupra îmbrăcămișilor rutiere din beton de ciment	368
1.3. Inconștința greșită a lucrărilor	388
✓ <b>2. PRINCIPALELE DEFECȚIUNI ALE ÎMBRĂCĂMIȘILOR RUTIERE DIN BETON DE CIMENT</b>	403
✓ 2.1. Defecțiuni ale suprafeței de rulare	403
✓ 2.2. Defecțiuni ale structurii dalei de beton	433
✓ 2.3. Defecțiuni ale îmbrăcămișii rutiere cauzate de pierderea stabilității dalelor de beton	485
✓ 2.4. Defecțiuni la rosturi de contact, de con- tracție și de dilatație	493
✓ 2.5. Defecțiuni ale armăturilor metalice	504
✓ 2.6. Concluzii	507
- Tabele anexa	514
- Bibliografie	542
- Tabela de materii	548
<b>TOTAL PAGINI :</b>	<b>550</b>

...oooOoooo...

## PARTEA ÎNȚI

### GENERALITĂȚII LA ÎMBUNĂȚIREA ȘI DEZVOLTAREA UNEI TEHNOLOGII RUTIERE

#### Generalități

Problema îmbunătățirii suprafeței de rulare a drumurilor, în condiții cât mai economice, prin folosirea utilajelor existente și a materialelor locale a preocupat și preocupă în mare măsură specialiștii și administrațiile de drumuri din marea majoritate a țărilor.

Congresele mondiale de drumuri, consacrate de fiecare dată o bună parte din dezbaterile lor problemei tratării în condiții eficiente a drumurilor așa zise cu trafic redus în scopul găsirii unor soluții care să permită pe într-o perioadă cât mai scurtă și cu cheltuieli minime întreaga rețea de drumuri publice să fie cooperită cu o îmbrăcăminte rutieră etanșă, netedă, care să conserve zestrea existentă a drumurilor, să evite formarea de praful și noroi.

Țara noastră care a cunoscut o situație deosebit de nefavorabilă (la 23 VIII 1944 aveam doar 1132 km drumuri cu îmbrăcăminți moderne) din punct de vedere al rețelei rutiere, pe baza planurilor cincinale a trecut la modernizarea rețelei de drumuri publice pe de o parte iar pe de altă parte se procedează la aplicarea unor îmbrăcăminți asfaltice denumite ușoare pentru îmbunătățirea radicală a suprafeței de rulare.

În aceste preocupări generale, autorul, de-a lungul a trei de ani, a întreprins studii, a făcut observații sistematice și a experimentat o serie de îmbunătățiri și proceselor tehnologice, care introduce și generalizete sau contribuie la îmbunătățirea calității lucrărilor executate. Le adăugăm pe acele propunerilor

fiute s-au introdus în tehnica noastră rutieră tehnologiile noi de execuție a diverselor straturi rutiere care au condus la o mai rațională utilizare a materialelor locale și la ridicarea capacității portante a complexelor rutiere, în condiții cât mai economice.

Unela dintre procedeele și tehnicile noi propuse, experimentate și generalizate, au fost cuprinse și în raportul țării noastre (autorul este raportorul coordonator) pentru cel de al XV-lea Congres mondial de drumuri Mexic 1975/II/.

În cele ce urmează se vor prezenta unele contribuții făcute în scopul îmbunătățirii calității materialelor rutiere și a proceselor tehnologice precum și unele tehnici noi aplicate pe baza propunerilor și a studiilor efectuate în condițiile locale din Banat.

Avem în vedere situația drumurilor publice de la noi din țară, din care rezultă că mai avem peste 36 000 km drumuri pietruite spre deosebire de în etapa actuală, eforturile administrației și specialiștilor trebuie îndreptate spre găsirea unor soluții tehnice, care să țină seama în primul rând de folosirea la maximum a materialelor locale și de utilajele existente în dotarea unităților de drumuri, pentru a crește și proiecta anvelopele bituminose cele mai eficiente care utilizate corespunzător să permită asfaltarea în fiecare an a unui număr de kilometri cât mai mare.

Se poate că ar fi necesar un program amplu de asfaltare a drumurilor pietruite existente și sînt convinși că printr-o bună coordonare a mijloacelor existente această acțiune s-ar putea încheia cu succes într-o perioadă de 4...5 ani.

Asfaltarea drumurilor ar conduce la ridicarea nivelului de civilizație al localităților și la economii de carburanți, știut fiind că transportul pe drumurile asfaltate bune este cu peste 30 % mai ieftin decît pe drumurile pietruite degradate.

În acest context apreciem că unele din tehnologiile prezentate în cele ce urmează, se pretează a fi aplicate și ar putea fi utile.

**CAPITOLUL I. TEHNOLOGII ÎMBUNĂTĂȚITE PENTRU ÎRI-  
LIZAREA MAI EFICIENTĂ A MORTARULUI CU SUSPENSIE  
DE BITUM FILERIZAT ÎN PAVILĂ RUTIERĂ**

Direcția drumuri și poduri Timișoara a realizat în cursul anilor 250 km de drumuri asfaltate, folosind ca strat de rulare un covor din mortar asfaltic cu suspensie de bitum filerizat.

Suspensia de bitum filerizat, denumită în cele ce urmează prescurtat subif, s-a utilizat pentru executarea unei game largi de lucrări, precum și în procesul de fabricare a diverselor tipuri de mixturi asfaltice care s-au aplicat în funcție de condițiile specifice locale pentru modernizarea drumurilor naționale : D.N.69 Timișoara-Arad ; D.N.99 Timișoara-Jebel ; I.N.6 Lugoj-Timișoara-Canad ; D.N.7 Lipova-Arad-Medieș ; D.N.79 Arad-Chișinău Criș etc.

Studiile, observațiile sistematice și experiențele făcute de-a lungul anilor asupra secțiilor executate pe baza unor soluții noi propuse și aplicate /1/. /2/. /3/. /4/. /6/. /7/. /8/. /9/. /10/. /11/, au permis autorului să ajungă la unele concluzii care au contribuit la îmbunătățirea tehnologiei de fabricare a subifului, precum și la diversificarea utilizării mortarului cu subif, ceea ce în final a condus la obținerea unor straturi rutiere cu calitate fizico-mecanică superioară și prin aceasta s-a obținut mărirea duratei de serviciu a sistemelor rutiere respective, cu consecințe economice importante.

Vom prezenta în cele ce urmează succint unele dintre procedeele propuse și introduse în practică, care au contribuit la îmbunătățirea calităților fizico-mecanice ale mortarului cu subif și la utilizarea acestui material într-o măsură mai mare în tehnica noastră rutieră.

**1. METODE NOI PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA CALITĂȚII  
MORTARULUI CU SUBIF**

Pentru obținerea unor caracteristici fizico-mecanice cât mai ridicate a covorșilor asfaltici din mortar cu subif, s-a ajuns

la concluzia că sînt necesare îmbunătățiri ale tehnologiei inițiale preconizate, prin instrucțiunile oficiale, (1/, 2/, 3/, în ceea ce privește cunoașterea exactă a conținutului real de bitum din suspensie de bitum filerizat, stabilirea unui dozaj optim de bitum în mortar, delimitarea mai bună a unei granulometrice în care să se înscriu nisipurile ce se utilizează la prepararea mortarelor etc.

### 1.1. Îmbunătățiri aduse tehnologiei de preparare a suspensiei de bitum filerizat

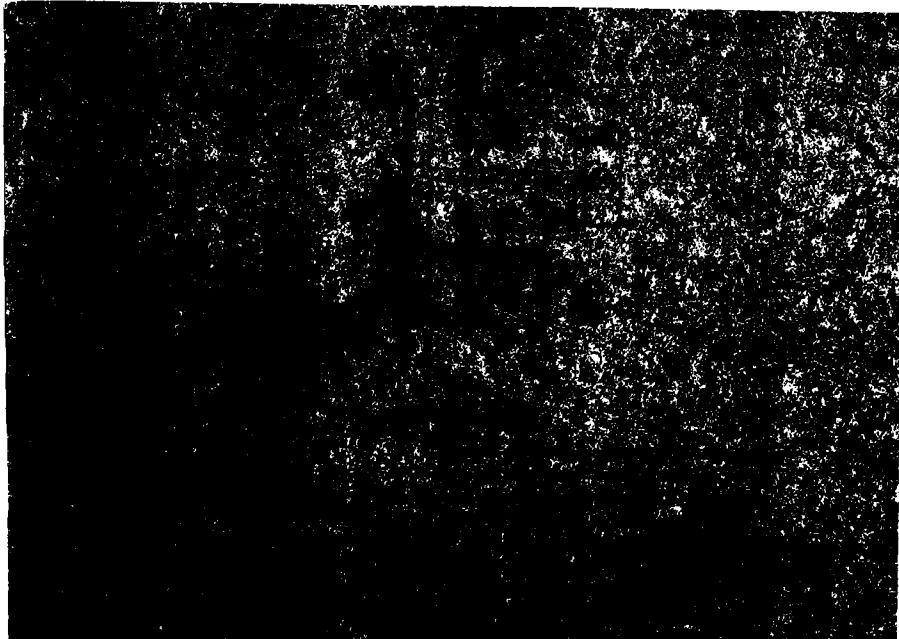
Se cunoaște că suspensie de bitum filerizat (subif) este o dispersie fină în apă de var, de bitum filerizat cu var hidratat, avînd aspectul unei paste de culoare cafenie, care se poate dilua cu apă în orice proporție sau se poate amesteca cu agregate minérale de orice granulozitate, fără pericol de rupere. Subiful poate fi păstrat timp îndelungat, fără să-și piardă proprietățile, cu condiție de a fi ferit de îngheț sau uscare. Apoiest în straturi subțiri pe suprafețe curate din beton, piatră de orice natură mineralogică, înbrăcăminți bituminoase etc., subiful formează după uscare pelicule foarte adesive. Datorită acestor proprietăți, subiful are numeroase aplicații în tehnica rutieră /24/.

Inițial procesul tehnologic de preparare a subifului a fost cel prevăzut de instrucțiunile tehnice ale M.T.2c. indicativ 69.02-55 și în normativul condiționat departamental pentru întreprinderea perfecționată a drumurilor pietruite indicativ C.D.16-65, iar ulterior în instrucțiunile tehnice departamentale ale M.T.A.N.A. indicativ C.D. 34-68 /22/, /23/ și /24/.

Prepararea subifului și a mortarelor cu subif s-a prevăzut a se face, pe baza prescripțiilor din aceste instrucțiuni, în stații organizate conform schemei din figura 1.1., în care revădăm existența unui singur rezervor pentru depozitarea suspensiei /24/.

Prepararea subifului se realizează prin amestecarea în anumite proporții a varului pestă, a bitucului încălzit la 80...90°C și a apei. Subiful astfel preparat în malaxoare ce

prevăd să fi depozitat într-un singur rezervor de colectare, de unde se utilizează în continuare la prepararea mortarilor /22/ și /24/.



**Fig. 1.1. Organizarea unei stații de preparare a subifului**

Din observațiile și studiile efectuate, s-a ajuns la concluzia că tehnologia clasică nu oferă posibilitatea controlului riguros al conținutului real de bitum în subif și nici menținerea omogenității acestuia în rezervorul colector.

Greșelile pot proveni din asistența manipulanților, cinstăriți greșite și insuficientă dotare cu aparatură de control.

Necesitatea controlului organizat a conținutului real de bitum din subif și a omogenizării subifului înainte de a-l pune în operă a sporit evidentă după urăriboarea întâmplare petro-entă pe L.N. 6 km 519+000 — 521+000.

Betalul de bitum avea mari infiltrații de apă, ceea ce a determinat introducerea în procesul de fabricație a subifului, în

loc de bitum, a unei cantități de apă (bitumul era amestecat cu apă), lăsată în celălalt ca bitum. Datorită acestui fapt subiful conține un procent de bitum mai mic decât cel calculat și în consecință mortarul a fost preparat cu numai 5,8...7 % bitum (față de minimum 8 % necesar) ceea ce a condus la absorbții mari (14...16 %), suprafeța a rămas poroasă, iar procesul de deagrijare apăre evident.

Acest aspect ne-a determinat să studiem și să introducem o tehnologie care să evite folosirea subifului la prepararea mortarului înainte de a-i cunoaște cu precizie calitățile sale și în principal conținutul real de bitum /1/.

Față de instrucțiunile oficiale din aceea perioadă /22/, care prevedeau, printre altele, depozitarea suspensiei într-un ciagur rezervor cu agitare manuală, s-au aplicat următoarele măsuri de îmbunătățire în procesul tehnologic de fabricare a subifului :

- s-a înlocuit rezervorul prismatic de  $3 \times 3 \times 1,50 = 13,50 \text{ m}^3$ , cu două botalari cilindrice având 4,50 metri diametrul și 2 m înălțime, care asigură fiecare o capacitate de depozitare de 30 t cubif (fig. I.2.). Fiecare botal asigură necesarul de suspensie la prepararea mortarilor pentru o zi de lucru.

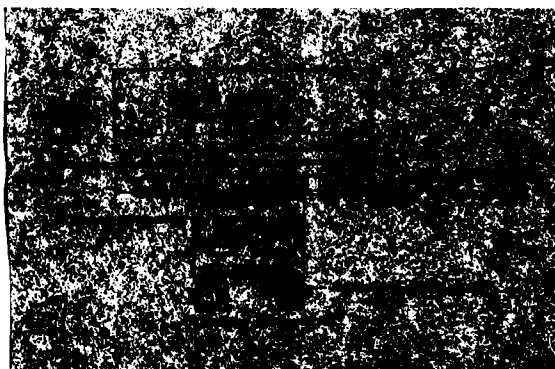


Fig. I.2. Stație de preparare subifului având două botalari de depozitare

- s-a introdus cînte un agitator mecanic în fiecare botal de depozitare a subifului.

Agitatorul mecanic, prezentat schematic în figura I.3. constă dintr-un arcuș vertical cu diametrul de 85 mm, care la



partea superioară are montată o roată dințată conică de angrenare, iar la partea inferioară se realizează printr-un pivot într-o buclă de bronz asamblată într-o carcasă care este încastrată în beton. Rotirea arborelui vertical se face cu 30 rotații pe minut, mișcarea fiind transmisă de la un motor printr-un sistem de arbori orizontali și angrenaje cu roți dințate. Pe arborele vertical este montat un cadru rigid cu trei paleta. Cadruul are forma unui trunchi de piramidă având elementele confecționate din oțel laminat.

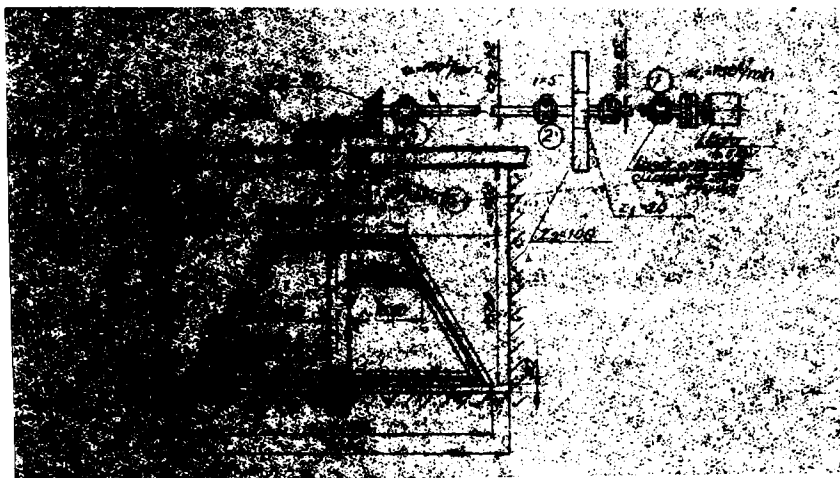


Fig. 1.3. Schema agitatorului mecanic pentru cubif

Existența a două bătăliuri de suspensie dotate cu agitatoare mecanice prezintă următoarele avantaje calitative deosebite :

- se creșteră posibilitatea de determinare a conținutului real de bitum în suspensie, înainte de utilizarea acestora la fabricarea mortarului ;
- se utilizează un cubif cu un conținut constant de bitum ;
- amestecarea mecanică permanentă a suspensiei asigură omogenizarea ei și evitarea depunerii pe fundul bătăliului a părților mai grele.

Procesul tehnologic a fost completat cu următoarele precizări :

- suspensia se prepară continuu până la umplerea bătăliului I (30 t) și se agită mecanic menținându-se perfect omogenă ;

- se determină conținutul real de bitum din suspensie prin metoda tratării cu acid clorhidric ;

- se calculează în funcție de conținutul real de bitum din cubif cantitatea de suspensie necesară pentru o șerjă de mortar și se trece la prepararea mortarului cu acest dozaj ;

- prepararea cubifului, se continuă, însă golirea melancorrelor se face în botulul II din care după umplere se va utiliza suspensia a cărei dozaj real de bitum se determină ca mai sus.

În acest fel orice eroare de dozaj este eliminată iar cubiful este introdus în operă cozon și în cantitatea necesară funcție de conținutul său de bitum.

## 1.2. Îmbunătățiri aduse mortarului cu cubif

Mortarul cu cubif se prepară în betoniere de 450 litri capacitate, utilizându-se suspensie de bitum filerizat și nisip netu al. Vom prezenta în cele ce urmează succint unele dintre procedeele introduse în vederea obținerii unor lucrări mai eficiente și de o calitate superioară.

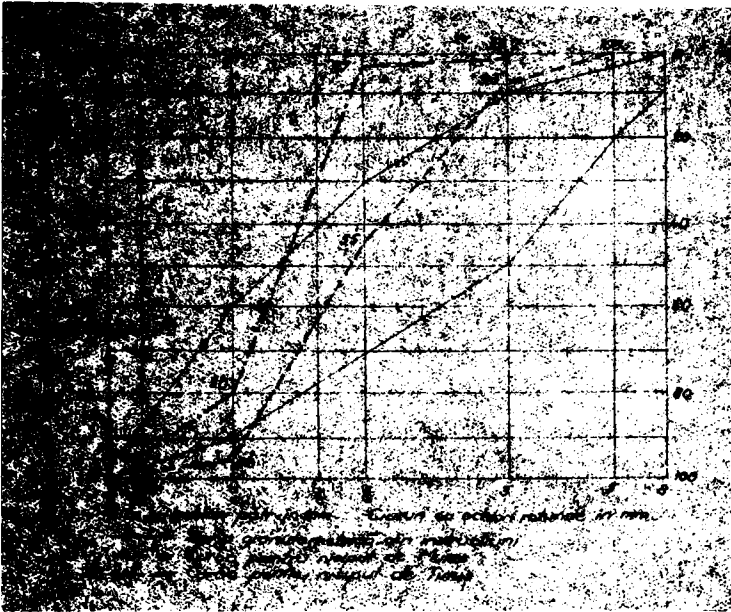
### 1.2.1. Lărgirea zonei granulometrice pentru nisipurile folosite la prepararea mortarului - cubif

Nisipul, conform instrucției tehnice departamentale indicativ C.D. 34-68, trebuie să fie un nisip natural cu granulația 0...7 mm, având granulele aspre, de natură predominant silicioasă, cu un conținut maxim de 3 % parte levigabilă /24/.

La execuția covorașelor asfaltice din mortar cu cubif în cadrul Direcției de drumuri și poduri Timișoara, pentru prepararea mortarului, s-au folosit mai multe tipuri de nisip și anume :

- nisipuri monogranulare din albia râului Timiș ;
- nisipuri cu o granulometrie continuă din albia râului

Mureș.



**Fig. 1.4. Compoziția granulometrică a nisipurilor utilizate pentru mortare cu subif**

Compoziția granulometrică a nisipului utilizat trebuie să se încadreze, conform scalei și instrucțiunii, între limitele prevăzute în figura 1.4.

Caracteristicile medii ale nisipurilor utilizate sînt indicate în tabelul 1.1.

Există o corelație între zona granulometrică a nisipurilor denumite corespunzătoare în "Instrucțiunile tehnice departamentale pentru prepararea suspensiilor de bitum filerizat și executarea lucrărilor de drumuri folosind suspensie de bitum filerizat", indicativ C.D. 34-68 și cele utilizate în mod eficient la prepararea mortarelor cu subif se constată din figura 1.4. și tabelul 1.1. că nisipurile din grupa 1 și 2 de limită, nu se încadrează în această zonă. Astfel fracțiunea 0,6...3 mm este foarte puțină, 2,8...11 %, față de 10...50 % prevăzută prin instrucție și predomină fracțiunea 0,2...0,6 mm, care reprezintă 77...72,2 % față de 30...60 % prevăzută prin instrucție.

Din studiile efectuate în laborator și pe sectoare experimentale s-a rezultat posibilitatea folosirii unei game mai largi de nisipuri, cu condiția de a se realiza corecțiunile la bitumul, ținând seama de caracteristicile de monogrenularitate a nisipurilor utilizate /4/, /10/, /11/.

De asemenea, în cazul unor nisipuri monogrenulare caracterizate prin faptul că restul pe sita de 0,2 mm reprezintă aproximativ 70...80 %, în general nisipuri de Timiș, s-a cercat compoziția granulometrică trebuie îmbunătățită prin adăugarea a 10...15 % filer de calcar, s-a studiat posibilitatea utilizării deșeurilor de carbonat de calciu de la fabrica de zahăr din Timișoara, în loc de filer de calcar /2/.

Residuurile calcareoase de la fabrica de zahăr corespund, atât din punct de vedere chimic cât și din punct de vedere granulometric, ca înlocuitor al filerului de calcar.

Întrucât componentul de bază al deșeurilor sus menționate este carbonatul de calciu precipitat (88 %), finețea materialului are corespunzătoare.

Din punct de vedere chimic, deșeurile au următoarea compoziție : 87,90 % carbonat de calciu ; 1,97 % acid fosforic ; 0,11 % potasiu ; 0,25 % azot.

Folosindu-se acest deșeu industrial local la prepararea mortarelor cu subif, s-a executat pe L.N. 59 Timișoara - Jebel km 14+650...14+900 un sector experimental. Sectorul experimental s-a comportat foarte bine în exploatare, fără să se poată deosebi de celelalte sectoare martor care au fost executate cu o înfrământare din mortar cu subif obișnuită.

Acest sistem, propus și aplicat a condus la economisirea filerului de calcar de la Căvăraș și la reducerea costului lucrărilor cu 6...7 lei/m<sup>2</sup> de înfrământare executată /2/.

### 1.2.2. Îmbunătățirea tehnologiei de execuție a mortarelor cu subif

Cantitatea de subif folosită pentru prepararea mortarelor trebuie să fie stabilă încă din momentul evaporării apei, deoarece

de bitum să fie cuprins între 8 și 10 % din masa amesturii uscate /24/

Pentru determinarea dosajului optim de liant, instrucțiunile prevedeau inițial stabilirea acestuia în funcție de volumul de goluri și nisipului /22/, /23/ și ulterior în funcție de caracteristicile fizice - mecanice obținute prin încercări preliminare pe probe /3/, /24/.

Pentru calculul necesarului de liant s-a folosit, cu rezultate bune, relație cunoscută a lui L. Duriez /5/ :

$$b = k \sqrt{\Sigma} \quad (I.1.)$$

unde :

- b - procentul de bitum raportat la masa nisipului uscat ;
- $\Sigma$  - suprafața specifică, care s-a calculat în  $m^2/kg$  după procedeul cunoscut ;
- k - modulul de conținut, ce s-a obținut pe baza unor studii de laborator efectuate pe eșantioane din covorul asfaltic care s-a construit bine în exploatare.

Valoarea lui k stabilită este cuprinsă între 6...7.

Din studiile efectuate /1/, /4/, și experiențe acumulate, s-a rezultat că eficient următorul procedeu de lucru :

- după umplerea unui beton cu subif (circa 30 t) se determină prin metoda cu acid clorhidric, conținutul real de bitum în suspensie bine omogenizată ;

- se calculează cantitatea necesară de subif la 100 kg nisip uscat ;

- în betonierele cu cădere liberă se introduce întâi subiful dozat volumetric și apoi nisipul dozat prin cântărire. S-au calculat și utilizat tabele cu ajutorul cărora această operație se face pe șantier foarte ușor. Se dă tabelul I.2., ca model, care exprimă cantitățile necesare de nisip uscat în kg pentru un dosaj de 160 kg subif în funcție de procentul de bitum din suspensie și

procentul de bitum stabilit în mortar, raportat la masa nisipului uscat :

- la dozarea nisipului se ține seama de umiditatea lui naturală în cazul când aceasta a depășit 2 % ;

- durata unei șerje este de 4...5 minute, din care timpul necesar pentru amestecare cu bitum a tuturor granulelor este de 1,5...2 minute, iar restul fiind timp necesar pentru operațiile de încălzire și descărcare a betonierei ;

- s-a stabilit că o consistență cuprinsă între 8 și 10 pentru mortarele cu subif este cea mai convenabilă pentru evitarea decantării și segregării mortarului în timpul transportului și pentru asigurarea lucrabilității necesare ;

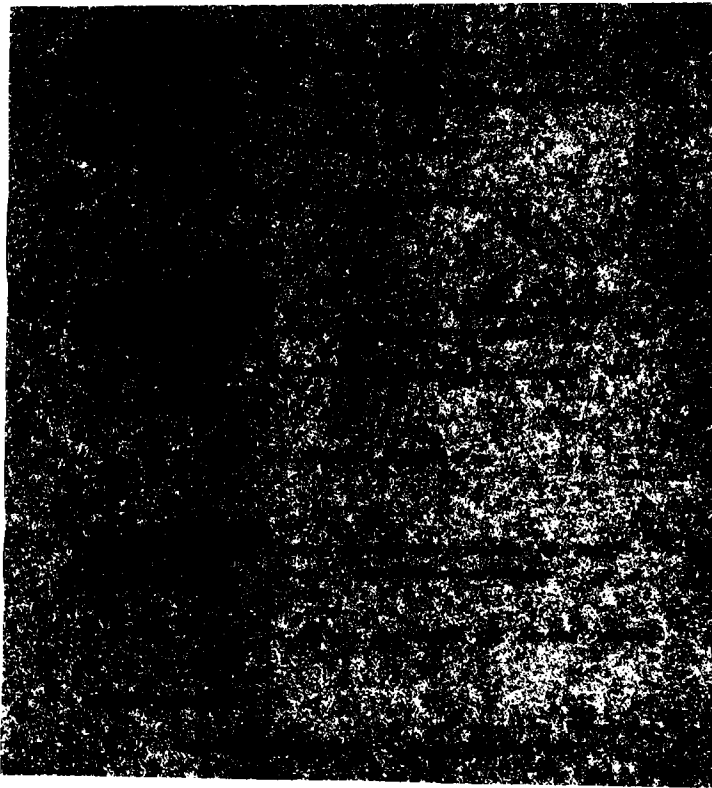
Poziția de instrucția tehnică departamentală, indicativ C.I. 68 /24/, care prevede transportul nisipului cu vagoaneți la cape bet nierei, s-a studiat, proiectat și aplicat o instalație complexă de alimentare cu nisip a buncărului, figura I.5. Instalația introdusă a condus la mecanizarea completă a fazei de



Fig. I.5. Instalație pentru alimentarea cu nisip a buncărului

alimentare cu nisip a betonierelor, prin apropierea nisipului la cupele de ridicare cu ajutorul unui tractor cu leaă S 650 și a unei lăpti mecanice, urmind apoi ridicarea nisipului cu ajutorul cupelelor în buncăr, cinstărirea lui și umplerea cupei betonierelor.

Sistemele rutiere aplicate, fiind de strai de rulare un covor asfaltic din mortar cu subif, s-au disocionat în conformitate cu metodologia cunoscută și instrucțiile tehnice în vigoare, obținându-se mai frecvent alcătuirile prezentate în figura 1.6.



**Fig. 1.6. Sisteme rutiere cu covor asfaltic din mortar cu subif**

**1.3. Consideratii privind comportarea in exploatare a covoarelor asfaltice executate din mortar cu subif**

Sistemele rutiere realizate avind ca suprafață de rulare covoare asfaltice din mortar cu subif pe fundații de piatră apertă sau balast, s-au comportat în exploatare în condiții foarte bune (fig. I.7.a. ; I.7.b.; și I.7.c.).



Fig. I.7.a. Covor asfaltic din mortar cu subif, executat în 1960 pe E.N. 59 km 15+900 și fotografiat în 1973



Fig. I.7.b. Covor asfaltic din mortar cu subif, executat în 1970 pe E.N. 6 km 562+650 și fotografiat în 1973.

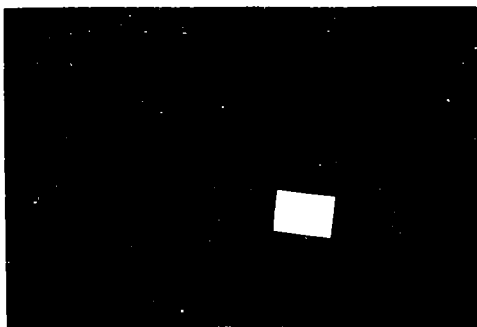


Fig. I.7.c. Covor asfaltic din mortar cu subif executat în 1970 pe E.N. 6 km 570+000 și fotografiat în 1973.



Întreținerea covoarelor asfaltice din mortar cu subif s-a făcut în mod obișnuit prin repararea degradărilor, care nu au depășit 1...1,5 % anual și prin aplicarea de tratamente bituminose superficiale executate la cald.

Chiar sectoarele, care datorită unor greșeli de execuție au fost realizate cu un procent de bitum în mortar mult sub cel necesar au putut fi menținute în circulație etanșezându-se suprafața repetat cu tratamente la cald.

Considerăm util să subliniem faptul că sectoarele executate cu exces de liant nu au putut fi menținute în exploatare întrucât s-au vălurit grav și nici unul din procedeele de remediere folosite (clataj cu criblură anrobotă, tăierea disburilor etc.) nu a dat rezultate satisfăcătoare. Soluția radicală propusă și aplicată este aceea de acoperire a covorului vălurit și înlocuirea lui cu un alt covor asfaltic executat dintr-o amestecătură de bună calitate.

Apreciam deci că este mult mai gravă o dozare în exces a liantului decât fabricarea unui mortar cu un conținut de liant mai mic decât limita inferioară admisă.

Ținând seama de rezultatele de laborator obținute pe un număr de peste 500 eprave prelevate din covoarele asfaltice executate pe diferite drumuri, se pot face o serie de observații utile dintre care unele le vom prezenta în cele ce urmează /4/.

### 1.3.1. Cu privire la compoziția granulometrică a nisipurilor folosite și dozaajul de bitum

Din tabelul 1.3, care cuprinde unele caracteristici determinate în laborator pe eprave prelevate din îmbrăcămintă executate din mortar cu subif, se constată că dozaajul de liant față de masa mortarului uscat variază între 7,5 și 9,5 % în funcție de compoziția granulometrică a nisipului.

Pentru nisipul de București folosit, a cărui compoziție granulometrică se vede în figura 1.4. și tabelul 1.1. și care se

caracterizează prin fracțiuni bine proporționate, având rest pe site de 0,6 mm între 37...50 % și rest pe site de 0,2 mm între 40...50 %, se obține un mortar corespunzător cu un conținut de bitum între 7,5 și 8,5 %.

Pentru nisipul de zădărit utilizat pe S.N. 6 Timișoara - Sânnicolau Mare - Cened, care se caracterizează prin faptul că restul pe site de 0,2 mm este preponderent, variind între 90...90 % iar fracțiunile care rămân pe site de 0,6 mm variază între 2...7 %, se obține un mortar corespunzător cu un procent de bitum cuprins între 8,5...9,5 %.

De altfel pe baza rezultatelor experimentale obținute, care atestă o comportare bună în exploatare a sectoarelor de drum executate cu o îmbucămintă dintr-un mortar - susif cu un dozaj de liant stabilit în funcție de suprafețe specifică așa cum se arată la punctul 1.2.3. putem afirma că metoda se poate generaliza.

Apra exemplu, calculându-se suprafețe specifică pentru agregatul mineral din mortar cu ajutorul relației cunoscute :

$$100 \Sigma = 2,30 M + 12 n + 135 f, \quad (1.2.)$$

se obține în cazul mortarului cu nisip monogranular de zădărit, avind  $M = 38 \%$  ;  $n = 57 \%$  și  $f = 5 \%$ , o suprafețe specifică  $\Sigma = 14,5 \text{ m}^2/\text{kg}$ , iar în cazul mortarului cu nisip de zădărit, avind  $M = 75 \%$  ;  $n = 23 \%$  și  $f = 2 \%$ , o suprafețe specifică  $\Sigma = 7,3 \text{ m}^2/\text{kg}$ .

Determinând procentul de bitum prin relația lui McBuries (1.1.), pentru un modul de conținut  $k = 6$  se obține pentru mortarul cu nisip de zădărit  $b = 9,3 \%$ , iar pentru mortarul cu nisip de zădărit  $b = 8,1 \%$ .

În ceea ce privește alegerea valorii modului de conținut menționăm necesitatea de a se ține seama de criteriile generale care să conducă în cazul sectoarelor de drum situate în zone mai umede, puțin expuse la scara cu trafic mai puțin intens etc. la un  $k$  spre limite superioară, iar pentru sectoarele în general cu puțină umiditate situate în zone cu temperaturi mai ridicate în timpul verii etc. se va introduce în calcule un  $k$  cu o valoare spre limite inferioară.

### 1.3.2. Cu privire la caracteristicile fizico-mecanice ale morterului cu subif

Din tabelul I.4. privind rezistențele la compresiune la  $22^{\circ}\text{C}$  (determinate pe epruvete cilindrice cu diametrul de 50,5 mm și la o viteză de 5 mm/minut), se constată că variația acestora între limitele 22...27 daN/cm<sup>2</sup> nu diferă în funcție de tipul nisipului folosit la prepararea morterului. Coeficientul de termostabilitate variază între 2,2 și 2,6.

Din tabelul I.3. se constată că densitatea aparentă variază între 1,85...2 t/m<sup>3</sup>, existând o corelație între valoarea acesteia și absorbția de apă. Astfel se constată că pentru densități aparente în jur de 2 t/m<sup>3</sup> absorbția de apă este sub 9% iar pentru densități aparente mai mici absorbția de apă prezintă frecvente valori între 10...11%. Secțiunile cu absorbții de peste 10% au trebuit stânseșite p. la bedijonare cu subif și nisip.

În laboratorul Direcției de drumuri și poduri Timișoara s-a preconizat verificarea stabilității morterelor cu subif adaptându-se principiile metodei Hubbard - Field, cunoscută din literatură pentru sortarea safițioasă executată la cald /4/.

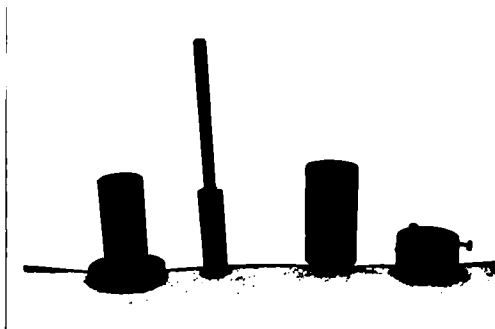


Fig. I.8. Aparatură  
Hubbard - Field

Aparatul a fost confecționat în atelierul Direcției de drumuri și poduri Timișoara (fig. I.8. și I.9). Metodologia de lucru introduce și aplică pentru încercarea la stabilitate cu această aparatură o fost următoare :

Epruvetele au fost confecționate la temperatură de  $100^{\circ}\text{C}$ , din 100 g mortar cu subif la o presiune de  $210 \text{ daN/cm}^2$  menținută constantă timp de 5 minute.

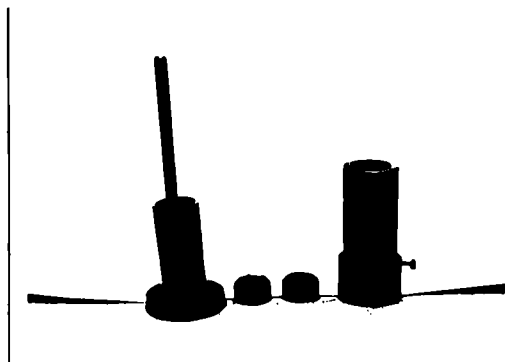


Fig. 1.9. Incercarea  
Hubbard - Field

Epruvetele s-au incercat după 24 ore la temperatură de  $24^{\circ}\text{C}$  și  $60^{\circ}\text{C}$ , iar viteza de încercare a fost de 25 mm/minut.

Sarcina experimentală în daN sub acțiunea căreia se produs fluxaj la  $24^{\circ}\text{C}$  variază între 2 500... 3000, iar la temperatură de  $60^{\circ}\text{C}$  fluxajul s-a produs la sarcina de 1 000... 1 200 daN

Rezultatele sînt comparabile cu cele obținute pe mortare asfaltice executate la cald.

### 1.3.3. Observații cu privire la defecțiunile covorașelor asfaltice din mortar cu subif

Se menționează faptul că sub efectul circulației și a condițiilor atmosferice, defecțiunile, care au apărut la aceste sisteme rutiere, nu prezintă nici un fel de particularități față de defecțiunile, care apar în mod curent pe drumurile cu înfrăcășinți bituminose.

Trebuie să remarcăm faptul că prin perfecționările aduse tehnologiei de fabricare a mortarului s-a reușit mai ales în ultima perioadă, să se atîngăsească dozarea în liant și omogenizarea mixturii astfel încît defecțiunile ca : exces de liant sau insuficiența lientului să se constate foarte rar.

Toate covoarele din mortar cu subif s-au comportat în exploatare în condiții bune întrecând toate așteptările.

Pe drumurile pe care s-au folosit sisteme rutiere cu mortar cu subif, așa cum rezultă din tabelul I.3, traficul se încadrează în grupa traficului mijlociu.

Dintre defecțiunile mai frecvente apărute, care în total au nu depășit 1,5 % din suprafață pe an, putem enumera : fisuri și crăpături, fisurări, ruptori de margine, suprafețe gălfuite, gropi etc.

Remedierea defecțiunilor s-a făcut în fiecare an prin lucrările de întreținere obișnuite, iar sectoarele, care au prezentat lipsă de capacitate portantă au fost reînnoite.

Din observațiile și studiile efectuate, a rezultat că întreținerea covoarelor asfaltice din mortar cu subif trebuie să se facă în permanență ca și pentru celelelalte înbrăcămiți bituminose prin executarea lucrărilor de colmatare a fisurilor, refecerea sectoarelor fisurate, plombarea gropilor, etanșări, tratamente etc. O atenție deosebită trebuie acordată evitării rupturilor de margine mai ales pe sectoarele, unde partea carosabilă nu este încadrată în borduri. Menținerea apei la marginea părții carosabile, a condus la fisurarea suprafețelor adiacente, prin faptul că a scăzut capacitatea portantă a fundației și potului umectate.

Actualmente mai sînt în exploatare în stare bună, circa 126 km de drum care au ca strat de rulare un covor din mortar cu subif. Aceste sectoare de drum sînt : D.N. 59 Timișoara - Jebel cu 9 km executate între anii 1959...1962 ; D.N. 7 Arad - Păuliș cu 13 km executate între anii 1957...1960 ; D.N. 7 Pecica - Mălae cu 29 km executate între anii 1959...1967 și D.N. 6 Timișoara - Sînnicolau Mare cu 57 km executate între anii 1961...1972.

## 2. DIVERSIFICAREA UTILIZĂRII MORTARULUI CU SUBIF ÎN TEHNICA RUTIERĂ

Avînd în vedere îmbunătățirile aduse în tehnologia de fabricare a subifului și mortarelor cu subif, prezentate la pct.1., precum și cooperarea excelentă sub circulație a sectoarelor de

drum pe care s-au utilizat aceste mortare cu subif, s-a putut trece la extinderea folosirii mortarului de subif pentru diverse tehnologii rutiere /6/, /7/, /8/, /9/, /10/, /11/.

În cele ce urmează se prezintă două tehnologii studiate și aplicate cu bune rezultate pe diverse drumuri naționale, și anume :

- realizarea unui binder cu subif ;
- realizarea unei fabricăminții bituminose din piatră spartă penetrată cu mortar cu subif.

### 2.1. Binder cu subif

Pe D.N. 69 Timișoara - Ired, pe două sectoare, în valoare în total circa 1,5 km, s-au realizat în anul 1981 sisteme rutiere în care s-a folosit pentru stratul de legătură binderul din mărgăritar sau split cu subif.

Intențiile rutiere aplicate s-au stabilit pe baza rezultatelor obținute din calculul de dimensionare, luându-se în considerare traficul de perspectivă pentru 15 ani, rezultând un nivel de deformație echivalent necesar de  $500 \text{ daN/cm}^2$ .

Aceste sisteme rutiere sunt prezentate în Fig. 1.10.

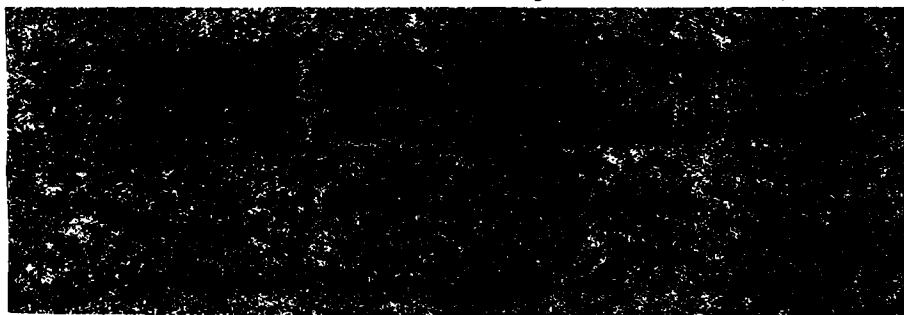


Fig. 1.10. Sistem rutier cu strat de legătură din binder de mărgăritar sau split cu subif

Pe baza studiilor de laborator efectuate, mixtura esențială pentru binder s-a realizat din următoarele materiale :

- mărgăritar 3...30 mm, nisip și subif ;
- split 3...25 mm, nisip și subif.

Comajul pentru binderul respectiv este urătorul :

- bitum	4...5 %
- nisip 0...3 mm	30...40 %
- agregat 3...30 mm sau 3...25 mm	60...70 %

Prepararea suspensiei și a mixturii, precum și punerea în operă, s-a făcut în general după tehnologia îmbunătățită prezentată la punctele 1.1. și 1.2.

Sistemele rutiere, care au în alcătuirea lor binder cu subif, se comportă în exploatare la fel de bine ca și sistemele rutiere de pe sectoarele mortar, care au în alcătuirea lor strat de legătură executat la cald cu criblură 3...25<sub>m</sub>/7/.

**2.2. Îmbunătățirea bituminoasă din piatră  
mortară penetrată cu mortar cu subif  
și etanșată cu tratament la cald**

Acest procedeu tehnologic s-a aplicat pe o lungime de 13 km, pe drumul pietruit E.N. 7 între Pecica și Frontiera R.P.R., în vederea asigurării unei legături rutiere corespunzătoare între punctul de frontieră Nădlac și municipiul Ared (fig. I.11.) /9/.

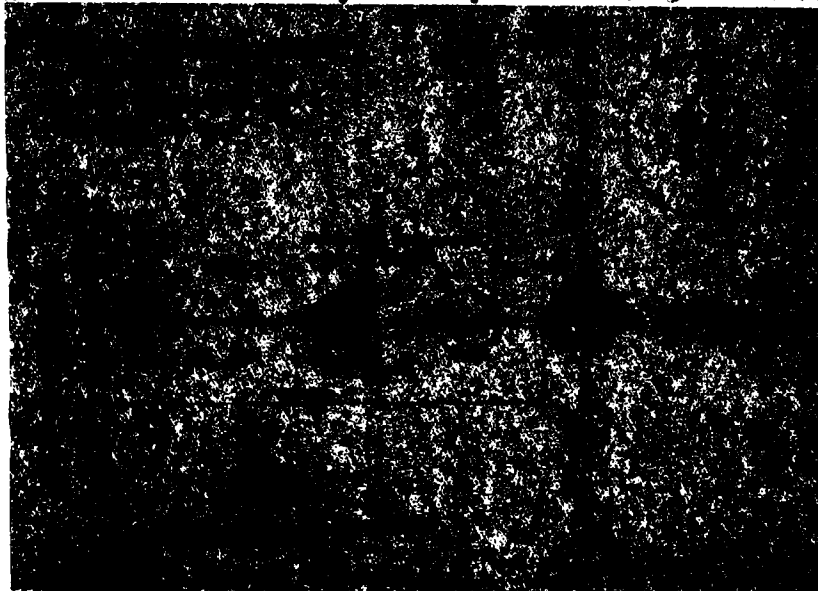


Fig. I.11. Schițe E.N. 7 între Ared și Frontiera Republicii Populare Ungare

Drumul existent între Vecica și Mădăc se desfășoară într-o regiune de gheț, fiind construit în rochiș, având în general elemente geometrice corespunzătoare pentru  $V = 80$  km/oră, cu excepția traversării comunei Mădăc unde există curbe cu raze foarte mici ( $R < 15$  m), lipsite de vizibilitate.

Luând în considerare elementele de calcul obișnuite (traficul de perspectivă, modulele de deformare a straturilor rutiere etc.), inițial s-a prevăzut realizarea următorului sistem rutier (fig. I.12.) :



Fig. I.12. Sistem rutier proiectat

Acest sistem rutier cu o grosime totală de 36,5 cm are modulul de deformare echivalent de  $475 \text{ daN/cm}^2$ .

Lucrările trebuiau să se desfășoare cu un ritm de minimum 250 m/si, întrucât pe data de 1 iunie 1967 drumul era programat să fie dat în exploatare. Se menționează este faptul că lotul Vecica avea planificat inițial să realizeze pe acest sector lucrările în doi ani.

Sistemul rutier proiectat s-a experimentat pe circa 1 km, ajungându-se la concluzia că din cauze necăzite încete a covorului din mortar subțil și din cauze unei cantități mari de mortar ce se consuma simțic, ritmul planificat nu se putea realiza. Fiind conștient de acest fapt, s-a studiat și găsit alt procedeu tehnologic care să se poată realiza în condiții bune și să răspundă următoarelor desiderate :

- asigurarea unui ritm care să permită executarea a 13 km întrucâtva situatosem în 2 luni ;



- folosirea instalației de mortar asfaltic cu cuspele de bitum fierisat organizată la Pecion, completată eventual cu alte utilaje existente în mod curent în dotarea unităților de drumuri ;

- utilizarea materialelor locale din apropiere ușor de obținut și de aprovizionat.

Având aceste elemente de care trebuia să se țină seama neapăsător, pe baza unor studii și experimentări pe tronsoane scurte, s-a ajuns la concluzia că soluția ce va fi prezentată în cele ce urmează va satisface condițiile impuse și poate fi realizată în teren.

### 2.2.1. Caracteristicile soluției adoptate

Din sondajele efectuate s-a constatat că lățimea părții carosabile are de 5 m, iar zestre drumului constă dintr-o fundație de minimum 21 cm balast și o pietruire din piatră spartă de 9 cm grosime medie.

Ținând seama de sistemul rutier și de mijloacele existente, s-au experimentat pe tronsoane scurte diverse procedee tehnologice, analizându-se și corolându-se rezultatele cu posibilitățile de execuție. În urma experimentărilor și a studiilor făcute, s-a propus și s-a adoptat următorul sistem rutier (fig. 1.13) :

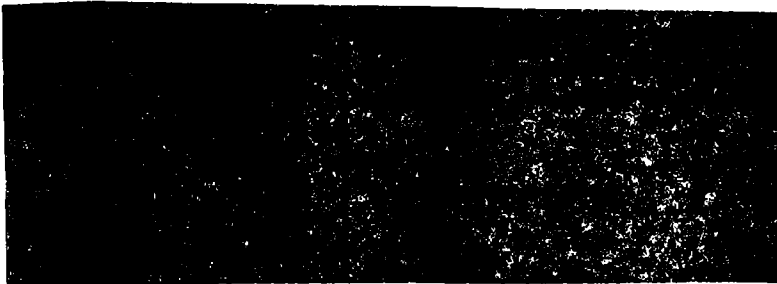


fig. 1.13. Sistemul rutier adoptat

S-a obținut astfel un sistem rutier cu un modul de deformare echivalent de  $470 \text{ daN/cm}^2$ .

Acest sistem rutier s-a aplicat pe lățimea de 6 m a părții carosabile. Lărgirea părții carosabile existente de la 5 la 6 m s-a făcut prin executarea unor casete laterale, balastate pe o adâncime de 21 cm, iar cilindrarea balastului s-a făcut cu cilindri compresori vibratorii.

Stratul de piatră apertă de 8 cm grosime și al înbrăzării bituminose s-a realizat concomitent pe toată suprafața părții carosabile.

Se menționează faptul că stabilizarea mecanică a balastului în casete a fost o operație dificilă, ajungându-se la rezultate bune numai după ce figie respectivă a fost menținută câteva zile sub circulație auto.

### 2.2.2. Procesul tehnologic de realizare a înbrăzării rutiere

Procesul tehnologic propus și care s-a aplicat, este rezultatul observațiilor stente și al încercărilor efectuate pe șantier și în laborator. Nu vom prezenta variantele încercate ci vom face o descriere succintă a unui singur procedeu tehnologic, și anume a procedurii tehnologice care a dat rezultatele cele mai bune, arătând în același timp elementele necesare în scopul de a putea fi utilizate atunci când eventual o asemenea înbrăzăminte va trebui executată.

Înbrăzăminte bituminosă s-a realizat după următorul proces tehnologic: peste fundația pregătită s-a așternut, la șelion, piatră apertă care are, în general, dimensiunile între 40...60 mm, conținând însă circa 20 % și fracțiuni sub 40 mm. Așternerea pietrei aperte, de 40...60 mm, pe jumătate din partea carosabilă s-a făcut manual, utilizându-se  $140 \text{ kg/m}^2$ . Cilindrarea s-a efectuat cu cilindrii compresori cu tambur netezi de 10 t greutate, prin efectuarea a 20...25 treceri pe aceeași figie (fig. 1.14.).

S-a realizat astfel un lucru mecanic de cilindrare de aproximativ  $20 \text{ kWh km/m}^3$ .

S-a renunțat la înapnarea pietrei sparte cu split, deoarece completa neuniformă golurile din suprafața pietruirii cilindrate, unele suprafețe rămânând cu un volum de goluri prea mare, altele opărescu fără goluri și deci în aceste zone mortarul nu putea penetra pietruirea. Obținerea unei texturi uniforme condiționează în mare măsură reușita penetrării.

După ce s-a ajuns la înțelegerea prin cilindrare a pietrei sparte, s-a procedat la umplerea golurilor suprafeței aceluia cu mortar fabricat la rece, cu suspensie de bitum filerizat. S-au folosit pentru stabilizarea pietrei sparte în medie  $40 \text{ kg/m}^2$  mortar umed. Mortarul fiind în cantitate mică, răspândit pe o suprafață mare, s-a uscat după 2...3 zile.



Fig. 1.14. Sectoare în execuție.

Stînga - piatră spartă aglomerată în curs de cilindrare.

Dreapta - piatră spartă penetrată cu mortar-subif

Pietruirea astfel penetrată a fost cilindrată din nou, prin treceri de 3...4 ori pe aceeași fiie, cu cilindrul compresor de  $10 \text{ t}$  greutate, apoi a fost dată în circulație câteva zile.

Sectoarele care prin circulație au fost dezgradinate s-au refăcut (circa  $0,3 \%$ ). Suprafața astfel obținută apare ca un mosaic, piatră spartă este legată prin înțelegare, iar mortarul umple golurile de la suprafață, pătrunzând în adâncime 3...4 cm și concolidează înbrăzdușite.

Pentru etanșarea acestei îmbrieștinți s-a aplicat un tratament cu bitum la cald și split  $8...10 \text{ cm}$ . S-au obținut rezultate bune cu  $1,70 \text{ kg/m}^2$  bitum tip B, penetrație 131...200

secimă de cm și  $11 \text{ kg/m}^2$  split 8...15 mm pentru acoperire. Splitul a fost răsplatit și cilindrat cu cilindrul compresor distribuitor de criblură.

După 2...3 săptămâni de la execuție, ape precum se prezintă inițial, au apărut porțiuni ce stăteau exces de liant. Saturarea s-a făcut cu split de 3...8 mm și nisip de 1...3 mm.

Suprafațe de rulare astfel obținute prezintă unele neperități, fiind foarte rugoasă, deci din acest punct de vedere satisface exigențele circulației auto (fig. 1.15).

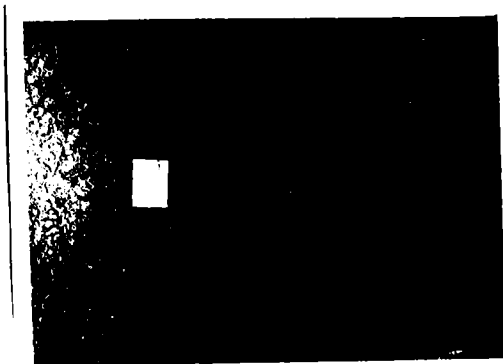


Fig.1.15. Suprafațe de rulare obținute după aplicarea tratamentului de etanșizare.

Din cauza nerespectării în întregime a condițiilor tehnice la operația de optarnere la pământ a pietrei sparte, profilul transversal are în unele porțiuni peste ce trec peste 3 %, iar suprafețe părții carosabile în profil longitudinal prezintă mici denivelări care, atunci când se ci culă cu viteză mare, jonează într-o carocare măhură.

Pe lângă cele arătate mai sus, considerăm neceser a sublinia un mod deosebit urătoarele particularități :

- piatra spartă cilindrată, utilizată pentru îmbăncăinarea penetrată cu mortar cu suspensie de bitum fierbinte, nu necesită împănare cu split, golurile ce rămân la suprafață după cilindrare se umplu cu mortar ;

- mortarul folosit pentru penetrare trebuie să aibă un dosaj de bitum mai mare cu aproximativ 50 % decât dosajul normal, asigurându-se astfel liantul neceser pentru o anrobare parțială și a pietrei sparte ; în același timp mortarul trebuie să

fie fluid, pentru a putea pătrunde ușor în golurile dintre pietre :

- tratamentul de etanșare trebuie executat cu  $1,7 \text{ kg/m}^2$  bitum cald, deci cu un consum mai ridicat de liant la  $\text{m}^2$  față de consumul obișnuit în cazul tratamentelor simple ( $0,8...1,2 \text{ kg/m}^2$ ), pentru a putea acoperi toate asperitățile suprafeței. Liantul introdus în mod intenționat în exces, atât în mortarul cit și cu acest tratamentului, sub efectul căldurii și al traficului, exudează la suprafață. Acoperirea repetată cu agregate mărunte a cu rafețelor cu liantul epuizat în exces favorizează crearea unei pelicule bituminose ce etanșează în condiții bune imbrăcămintea;

- mortarul cu cuișor utilizat pentru penetrarea pietrei șterse trebuie să aibă o consistență determinată cu oculo etalon de 13...14 ;

- nisipul din care s-a preparat mortarul cu cuișor are caracteristicile prezentate în tabelul I.6. și curba granulometrică arătată în fig. I.16.

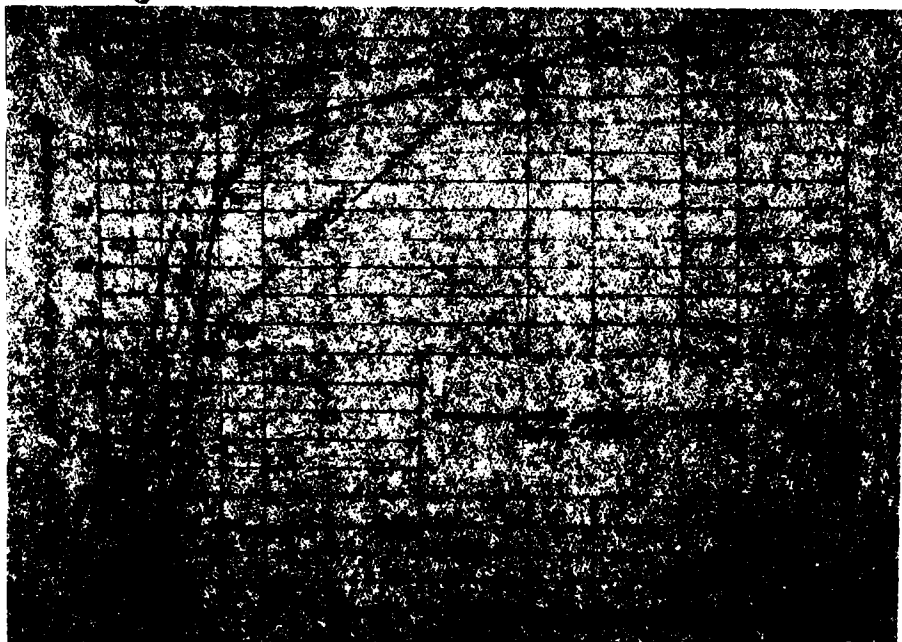


Fig. I.16. Curba granulometrică a nisipului

Având în vedere faptul că mortarul ce s-a preparat cu acest nisip nu constituie un strat de uzură, deci nu suportă direct acțiunea paucurilor autocamionulelor și nici nu este supus direct acțiunii factorilor climatici, se presupune că se poate folosi

pentru prepararea lui orice fel de nisip curat existent în albia rîurilor.

### 2.2.3. Comportarea îmbrăcăminții în exploatare

Pe baza datelor obținute cu ocazia recensământului din 1970 s-a calculat, în vehicule - etalon (autoturisme) intensitatea traficului, folosindu-se coeficienții de echivalare dați de STAS-ul 7348-67, s-a obținut o intensitate medie anuală în 24 ore de 1004 vehicule - etalon, (autoturisme), ceea ce corespunde unui trafic redus.

La verificările făcute asupra modului de comportare a îmbrăcăminții bituminose, obținută după procedul arătat mai sus, s-au constatat următoarele degradări prezentate mai jos :

Suprafața executată		Degradări constatate					
		fisuri		foliașuri groși		total	
m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%
76 759		540	0,7	475	0,6	37	0,11
						1102	1

În general, întregul sector se prezintă bine, din cei 12,537 km executați avînd o suprafață totală de 76 759 m<sup>2</sup>, pe 73 657 m<sup>2</sup> (99 %) suprafața de rulare este în stare bună (fig. I.17.)

Îmbrăcămintea se prezintă uniform, fără praf și alte defecțiuni, conservă în condiții bune restree existenței a drumului și poate constitui un strat de bază corespunzător în cazul renferării sistemului rutier existent.



Fig. I.17. Un sector de drum dat în exploatare pe km 7 km 548

Defecțiunile constatate sînt de volum mic sub formă de :

- fisuri care s-au remarcat îndeosebi pe porțiunile laterale în zonele de lărgire, datorită faptului că rigiditatea sistemului rutier în profil transversal este diferită, ca urmare lărgirii acestuia la 6 m ;

- falențări... care au apărut în zonele unde grosimea sistemului rutier a fost insuficientă, datorită unor greșeli în-ronce execuției ;

- gropi care sînt extrem de puține și se observă de obicei pe margine ; întrucît partea carosabilă nu are nici un fel de încastrare, pe unele porțiuni apa nu s-a scurs din cauza acce-  
tamentelor neamenajate corespunzător (fig. 1.18.).

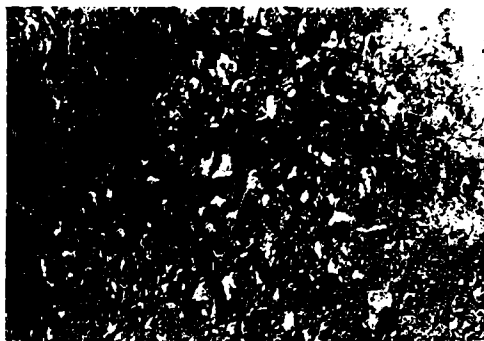


Fig.1.18. Degradări în  
imbrăcăminte.  
D.N. 7 km 580

S-au măsurat, cu defletoometrul cu pîrghie, pe axa dru-  
mului și la marginea părții carosabile, dreapta și stînga, săgeți-  
le deformațiilor elastice sub roste autocamionului M. 113 Acegi  
care avea sarcina pe una din roțile duble din spate de  
3.250...3.350 kg.

Din analiza rezultatelor obținute pe 7 km (fig. 1.19.)  
reiese că, în general, valoarea săgeților elastice este cuprinsă  
între 0,2 și 0,1 cm, ceea ce confirmă că aceste sectoare prezintă  
o capacitate portantă corespunzătoare, iar uniformitatea execu-  
ției se poate aprecia ca satisfăcătoare.

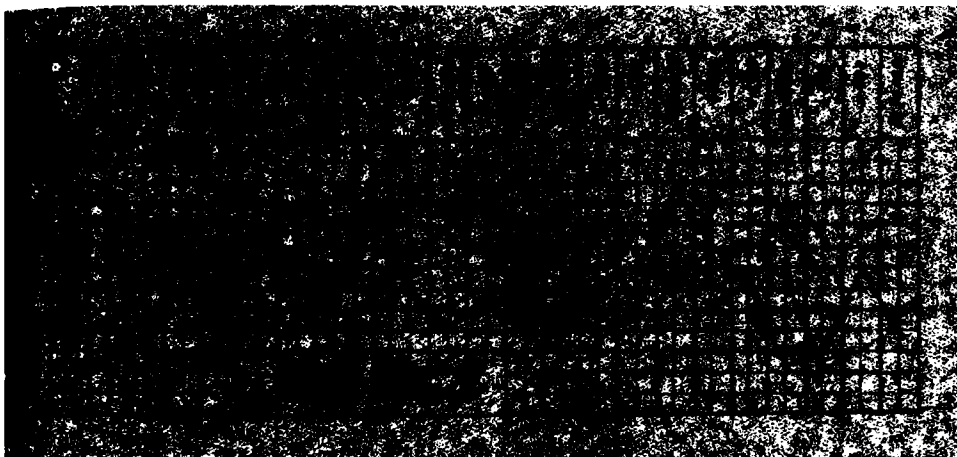


Fig. 1.19. Rezultatele măsurătorilor cu  
deflectometrul

#### 2.4.4. Concluzii

Din studiul modului de comportare în exploatare a sec-  
torului de drum Pecica - Nădlac - Frontieră R. Ungară, pe care  
s-a aplicat după tehnologie propusă tipul de înbrăcăminte din  
pietră spartă penetrată cu mortar din suspensie de bitum file-  
risat și etanșeizată printr-un tratament bituminos la cald, se  
pot trage următoarele concluzii privind această soluție tehnică  
nouă :

- asigură un ritm de execuție alert, datorită unui proces  
tehnologic, simplu și puțin pretentios ;
- folosește în mare măsură materialele existente, ușor  
de achiziționat (nisip, piatră spartă, split) ;
- se poate realiza cu utilajele din dotarea curentă a  
unităților de drumuri ;
- înbrăcămintea realizată se poate întreține prin pro-  
cedeele obișnuite de întreținere a înbrăcămintelor bituminoase,  
adică plomări, tratamente etc., și poate servi în condiții bune  
ca strat de bază, în cazul când se impune consolidarea sistemului  
rutier prin aplicarea în continuare a unei înbrăcăminți cituzi-  
mase de tip greu ;



- tratamentele bituminose aplicate la fiecare 2...3 ani vor prelungi durata de serviciu a îmbrăcăminții și îi vor îmbunătăți suprafața de rulare ;

- soluția adoptată, confirmă faptul că există posibilități de a îmbunătăți într-un ritm mai susținut starea de viabilitate a drumurilor pietruite pe baza unor procedee tehnologice ușor de aplicat, create în funcție de condițiile locale, de materialele și utilajele existente.

Analizând starea de viabilitate a sectorului de drum pe care s-a aplicat ca îmbrăcăminte un strat din piatră spartă penetrată cu mortar - subțir și etanșezată la cald cu un tratament superficial cu bitum și split, după 7 ani de la derea în exploatare se constată că suprafața de rulare se prezintă în general bine, fără degradări anormale.

Se constată totuși că profilul longitudinal și transversal proiectat nu a putut fi realizat în totalitate la execuție de aceea pe unele porțiuni, panta transversală este mai mare decât 2...3 % iar în profil longitudinal sînt denivelări care mai ales la viteze mari, deranjează buna desfășurare a circulației.

Se apreciază că printr-o pichetare exactă și o urmărire atentă a realizării cotelor roșii la execuție această deficiență poate fi eliminată.

În ceea ce privește starea suprafeței de rulare este de menționat faptul că aceasta s-a menținut în permanență rugoasă.

Actualmente pe sectorul în cauză se execută lucrări de reforțarea sistemului rutier, îmbrăcămintea veche constituind un foarte bun strat de bază.

Deoarece faptul că îmbrăcămintea a fost executată fără borduri, linia roșie a profilului longitudinal nu a putut fi realizată în întregime la cotele din proiect, de aceea se constată pe anumite sectoare denivelări longitudinale.

**Capitolul II. STRATULI BITUMINOȘI DIN AGREGATE  
BITUMINOASE EXECUTAȚI DIN AGREGATE DIN SALE  
LOCALE ȘI NISIP BITUMINOȘ**

Nisipul bituminos, care conține un liant natural cu calitate superioară, a fost folosit pentru realizarea unei game largi de mixturi asfaltice, printre care și asfalte bituminosose de tip semicompact, utilizate ca straturi de rulare pe drumuri pietruite cu trafic redus.

Pe baza studiilor și cercetărilor efectuate s-au găsit soluții adecvate și procese tehnologice corespunzătoare care au permis punerea în valoare atât a nisipului bituminos, cât și a agregatelor minerale locale /6/. /11/.

În cele ce urmează se vor prezenta succint unele concluzii la care s-a ajuns pe baza studiilor făcute asupra unor secțiuni de drum asfaltate prin procedeele introduse, în funcție de rezultatele studiilor făcute pe materialele din zonă precum și unele recomandări ce pot fi utile în condiții similare.

**1. Materiale și dozaje utilizate la prepara-  
rea asfaltei bituminosă**

Mixtura asfaltică s-a fabricat după procedeul clasic folosindu-se următoarele materiale :

- balast de Timiș, care a fost prelucrat prin ciuruire obținându-se 25 % nisip 0...7 mm și 75 % material mai mare 7...70 mm. Agregatul mare a fost trecut printr-un concesor cu filci obținându-se un pietriș de 7...30 mm. În acest condiții pietrișul de 7...30 mm conține în medie 55 % granule sparte.

Deși agregatul local din care s-a fabricat mixtura asfaltică conține :

25 % nisip 0...7 mm ;  
41 % pietriș concosat 7...30 mm ;  
34 % pietriș rotund 7...30 mm ;  
100 % total agregat local.

- bitum industrial tip C de adeos, cu penetrația la  $25^{\circ}\text{C}$ , 10...15 secimi de mm și punctul de înmuiere I. 85...90 $^{\circ}\text{C}$ . ;

- filer de calcar de la Zăvărca cu granulozitatea prezentată în tabelul II.1.

Colocându-se materialele sus menționate pe baza studiilor de laborator, s-au elaborat, dozele cuprinse în tabelele II.2. și II.3.

Se observă că dozele aplicate inițial diferă de cel înmășășit p în mărirea conținutului de bitum total de la 5 la 5,3 % și a bitumului industrial tip C de la 20 % , din totalul de bitum, la 15 % . Această modificare a rețetei a fost necesară în scopul ridicării punctului de înmuiere I. al bitumului extras din amestur de la 31...41 $^{\circ}\text{C}$ , la 46...51 $^{\circ}\text{C}$  (fig. II.1.) și a rezistenței la compresiune la 22 $^{\circ}\text{C}$  de la 20...27  $\text{daN/cm}^2$  la 30...36  $\text{daN/cm}^2$ , sîc rîndu-se în același timp sporozic de apă voluzmetrică de la 13 % la 0,5 % .

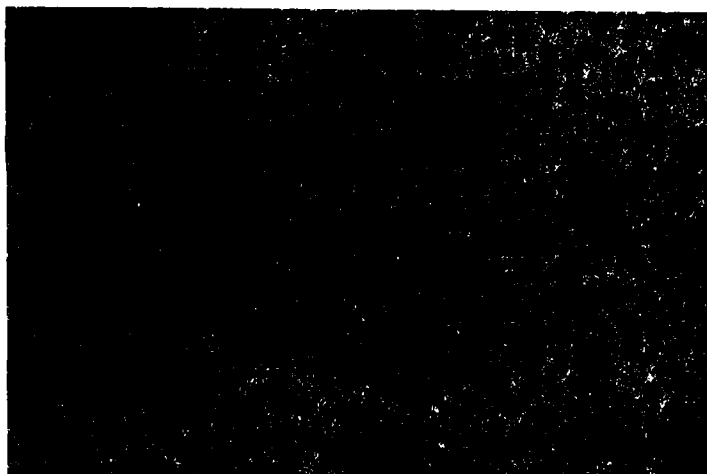


Fig.II.1. Variația punctului de înmuiere - inel și

bilă în funcție de conținutul de bitum industrial tip C;

- a) conținut de bitum dur 20 % din total bitum ;
- b) conținut de bitum dur 25 % din total bitum.

Mixtura asfaltică astfel fabricată a fost aplicată pe D.7. 60/A Lujoi - șosea km 1+828...10+900 și D.7. 50/A Lujoi - șosea km 1+208...10+270, după ce în prealabil stratul de fundație format din balast de minimum 30 cm grosime a fost ușor scarificat. Reprofilat cu adeos în medie de 300  $\text{m}^3/\text{km}$  balast, cilindrat

și consolidat prin circulație dirijată.

Mixtura a fost pusă în operă la o temperatură de circa  $110^{\circ}\text{C}$  și cilindrată cu un cilindru compresor cu tamburi metalici de 2...10 tone la temperatură de  $60...80^{\circ}\text{C}$ .

Intinderea mixturii s-a făcut folosindu-se un gablon tres cu cablu prin intermediul unui treliu manual.

Grosimea stratului de anrobete bituminos după cilindrare este de 6 cm. Pentru etanșizarea înbrăcămintii s-a folosit un mortar șefaltic. Încastrarea părții carosabile care are o lățime de 6 m s-a făcut cu pene ranfort.

## 2. Considerații asupra înbrăcămintilor bituminos realizate din agregate minerale locale și nisip bituminos

Încă din de-a lungul anilor modul de comportare în exploatare a sectoarelor de drum a căror strat de rulare este format dintr-o înbrăcămintă realizată din materiale locale și nisip bituminos și efectuând studii în laborator asupra unui mare număr de eprave prelevate din înbrăcămintă, se pot face o serie de observații utile care luate în considerare contribuie la îmbunătățirea calității execuției și lărgirea gamei de folosire a materialelor locale /6/, /11/.

### **2.1. Comportarea în exploatare a sectoarelor realizate cu anrobete bituminos**

Conform recensămintelor de circulație efectuate în anii 1965 și 1970, pe D.N. 68/A între Lugoj și Făget, se desfășură un trafic mediu zilnic anual de 2 417 tone în 1965, care în anul 1970 a ajuns la 8 000 tone, deci o creștere de 330 %.

Pe D.N. 56/A Lugoj - Bocșa traficul mediu zilnic anual în anul 1965 era de 2 495 tone și a crescut în anul 1970 la 3 910 tone (156 %).

Urmasind comportarea in timp a straturilor executate din anrobete bituminose, s-au constatat, in perioade anilor 1965-1972 o serie de degradări sub formă de gropi și in special suprafețe poroase.

Degradările sub formă de gropi constatate in intră-  
căminte in perioade 1965...1972, sînt prezentate in tabelul II.4.  
din care rezultă că aceste degradări in general nu au depășit  
anul 2 % din suprafețe totală realizată pe L.N. 58 A Lugoj -  
Boaga, iar pe L.N. 68/A, datorită traficului mai intens și greu.  
au ajuns la 6 % din suprafeța totală.

Ca urmare studiilor făcute s-a constatat că gropile s-au  
produs pe sectoare izolate din cauze unei mixturi cu o compozi-  
ție necorespunzătoare (dosaj insuficient de liant, aglomerare  
de material granular mare in anumite zone) sau din cauze unei  
grosii locale insuficiente a stratului din anrobete, precum și  
in locurile unde grosimea stratului de fundație, in special la  
marginile, a fost mică (10...15 cm). Repararea acestor degradări  
s-a făcut după metodele clasice cunoscute.

Pe suprafețele poroase care au apărut deschise cu ma-  
terial granular vizibil distinct la suprafață, precum și pe sec-  
toarele cu multe degradări in primii ani de la execuție s-au  
executat tratamente de etanșare.

Pe sectorul L.N. 58/A Lugoj - Boaga km 1+208...10+305,  
care s-a realizat in anul 1965, s-au executat tratamente de  
etanșare in anul 1966 pe diverse sectoare poroase in suprafe-  
ță totală de 6 186 m<sup>2</sup>, ceea ce reprezintă 1,26 % din suprafeța  
totală.

Pe sectorul L.N. 68/A Lugoj - Făget km 1+828...10+900,  
realizat in anul 1964, s-au executat 6 000 mp tratamente de etan-  
șare in anul 1965 pe diverse sectoare poroase, ceea ce re-  
prezintă 1,07 % din suprafeța totală executată.

Pe acest sector, după doi ani de la execuție, s-au  
executat tratamente superficiale in anul 1966 in proporție de 90 %,  
iar in anul 1969 in proporție de 60 % din întreaga suprafață.

Sectarul a fost lărgit și consolidat în perioade 1971...1972, ca urmare a traficului mare ce se dezvoltase în urma modernizării drumului între Lugoj și Iliș.

## 2.2. Cu privire la conținutul de liant în mixtură

S-au prelevat carote din înbrăcămintes umă, încaisă, etanșă și din sectoarele cu înbrăcămintes poroasă, decchisă cu agregatul mineral și mici degradări locale, considerând necorespunzătoare. Probele în număr de 40 au fost cercetate în laborator iar rezultatele, apropiate grupete, au condus la următoarele tipuri de mixturi caracteristice :

Caracteristicile mixturii	Tipuri de mixtură				
	1	2	3	4	5
<b>Compoziția granulometrică</b>					
% 3...30 mm	53,0	50,4	43,0	45,5	45,5
% 0,2...3 mm	21,7	29,9	35,0	28,1	27,5
% 0,2...0,08 mm	15,3	10,3	15,7	17,4	17,0
% sub 0,08 mm	9,8	9,4	6,3	9,0	10,0
% bitum total	3,9	4,6	4,9	5,1	5,6
I și B în °C	47,0	47,0	51,0	39,0	50,0
<b>Rezistențe la compresie</b>					
la 22°C, daN/cm <sup>2</sup>	29,0	38,0	35,0	25,0	39,0
Absorbție de apă, % vol.	14,0	12,0	10,0	9,5	8,5
<b>Observații pe teren :</b>					
- suprafața înbrăcămintei	necorespunzătoare		corespunzătoare		

Tipurile de mixtură 1 și 2, de mai sus, cu fost prelevate din înbrăcămintes necorespunzătoare, cu material granular aparent, mecanizat. Causa acestor defecțiuni determinată în laborator este concretizată într-un conținut insuficient de liant sub 4,9 %.

ceea ce a condus la o absorbție mare (14...12 %) și la o coroziune puternică a granulelor.

Tipurile celelalte de mixturi au fost preluate dintr-o fabrică înainte corespunzătoare, închisă, etanșă. De aici s-ar putea trage concluzia că o mixtură cu conținut de bitum între 4,9...5,6 % din masa mixturii, funcție de compoziția granulometrică a agregatului mineral, se comportă satisfăcător. Cu această ocazie s-a verificat și stabilirea dosajului de liant pe baza relației dată de Durieux :

$$b = k \sqrt{\Sigma} \quad (II.1.)$$

în care :

- b - procentul de liant necesar la 100 părți agregat mineral ;
- k - modulul de conținut cuprins între 3,7...4,5 ;
- $\Sigma$  - suprafața specifică a agregatului mineral, în  $m^2/kg$ .

În baza calculului efectuate pentru tipurile de mixturi caracteristice <sup>menționate</sup> mai sus și luând modulul de conținut  $k = 3,25$ , se obțin următoarele rezultate :

Tipul de amestur	Suprafața specifică în $m^2/kg$	Procentul de bitum în mixtură calculat conform relației (II.1), considerând $k = 3,25$	Procentul de bitum real în mixtură stabilit prin extracție.
1	16,45	5,4	3,9
2	14,58	5,3	4,6
3	12,16	5,0	4,9
4	15,27	5,3	5,1
5	16,81	5,4	5,6

Analizând aceste rezultate prezentate și în fig. 11.2., se vede că procentul de bitum existent în fabricămintea corespunzătoare (tipul 3,4 și 5 de mixtură) se apropie sensibیل de conținutul de bitum calculat pe baza relației lui Buriez în care s-a introdus  $k = 3,25$ . În cazul probelor luate din fabricămintea necorespunzătoare (tipul 1 și 2 de mixtură), se constată că procentul de bitum este mult inferior celui rezultat ca necesar în baza calculului după relația Buriez ( $k = 3,25$ ).

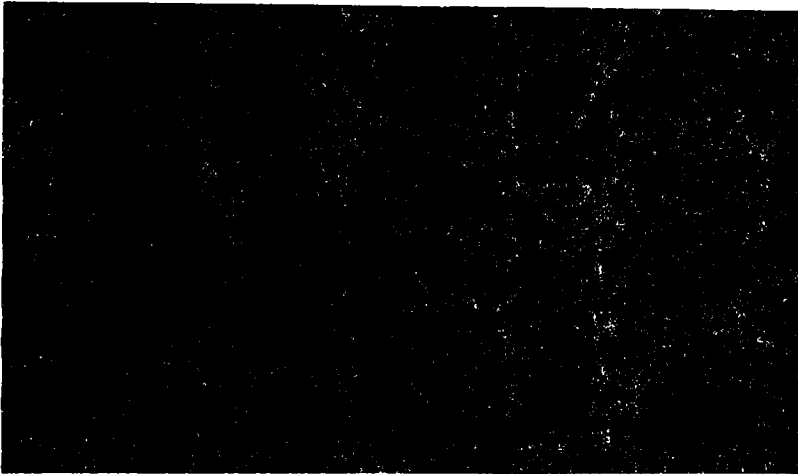


Fig. 11.2. Compararea între rezultatele după Buriez și rezultatele prin extracție :

- ▲ - procentul de bitum obținut prin extracție din mixtură;
- - procentul de bitum necesar, calculat pe baza relației lui Buriez, pentru  $k = 3,25$ .

În concluzie pe baza studiilor de laborator efectuate pe un număr mare de carote prelevate din fabricămintea care se comportă bine în exploatare s-a determinat valoarea modului de conținut  $k = 3,25$ .

Aceste carote ar fi, sectoarele deschise, poroase, neetanșe și prezintă și un conținut de bitum redus (3,3...4,8 %). Pe aceste sectoare s-a aplicat un tratament cu bitum tip și criblură 3...8 mm (tratament de etanșare clasic). Carotele extrase din fabricămintea pe care s-a aplicat tratamentul



superficial și lăsat în circulație 3...4 luni cu prezentat următoarele caracteristici :

Conținutul de bitum în mixtură (insințe de tratament), %	Absorbția de apă pe cerote insințe de tratament, % volum	Absorbția de apă pe cerote după tratament, % volum
3,9	14,0	9,5
4,4	11,4	8,0
4,2	13,0	7,0
4,3	12,0	6,2

Din datele de mai sus se constată că după aplicarea tratamentului de etanșare absorbția scade cu 29...48 % (bineînțeles că și desființarea circulației a contribuit la mărirea gradului de compactare a mixturii și la micșorarea volumului de goluri). Rezultă că tratamentele aplicate pot conduce la mărirea duratei de serviciu a acestor îmbrăcăminti.

### 2.3. Cu privire la sone granulometrică a agregatelor folosite pentru fabricarea amestecurilor bituminoase cu nisip bituminos

Peșă de sone granulometrică dată în normativul elaborat de Institutul de cercetări M.T.A.N.A., pe baza verificării unui număr de 55 probe prelevate din secțiunile cu îmbrăcăminte din carobete bituminoase ce se prezintă bine, s-a constatat că sone granulometrică pentru agregate este cea arătată în fig. II.3.

Din examinarea sonei granulometrice în care se inseră agregatele din care s-a obținut o mixtură cu caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare (absorbția 8...10 % și rezistența la compresiune 30...36 daN/cm<sup>2</sup>), s-a propus ca limitele date prin normativ să fie lărgite conform fig. II.3. și tabelului II.5.

Pentru verificarea capacității portante a complexului rutier s-au determinat cu ajutorul deflectometrului cu pîrghie

tip Benkelman sub sarcină de 3 300 kg pe rosta dublă din spatele autocamionului SR 101, deflexiunile elastice pe sectoarele îmbunătățite cu anrobete bituminoase.

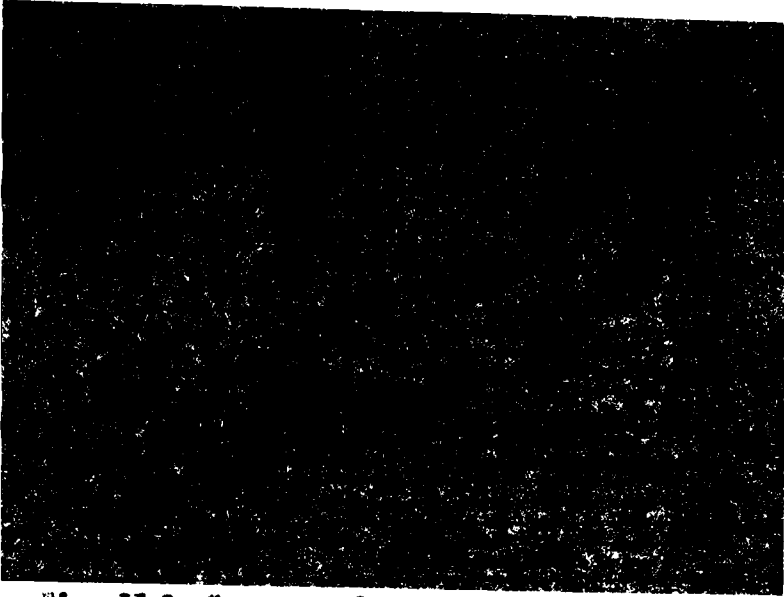


Fig. II.3. Zone granulometrice după normativ S.L.16-55 și propusă

Deflexiunile s-au măsurat pe axă și la 0,5 m dreapta și stânga de marginea părții carosabile.

În tabelul II.6. se dau câteva din valorile deflexiunilor măsurate.

Din datele obținute se constată că valoarea deformației elastice este relativ mică, ceea ce atestă o portanță suficientă a complexului rutier. Valoarea maximă a săgeții deformației elastice conform instrucțiunilor, pentru sisteme rutiere cu îmbunătățiri semipenetrante este mai mică de 0,80 mm.

De asemenea, se poate considera că uniformitatea execuției este în general satisfăcătoare, întrucât diferența între valoarea minimă și maximă a săgeților deformațiilor elastice este sub 0,50 mm.

### 3. Concluzii

Din analiza observațiilor și a studiilor efectuate asupra modului de realizare și de comportare în exploatare a îmbrăcămintelor rutiere executate din enrobate bituminose executate din agregate minerale locale și nisip bituminos rezultă următoarele concluzii :

- Conținutul de bitum se poate calcula pe baza relației lui L. Duriez, ținându-se seama de suprafața specifică totală a agregatelor minerale, iar modulul de conținut determinat pe baza studiilor de laborator are valoarea :  $k = 3,25$  ; din rezultatele experimentate s-a dedus că amestecul realizat cu 4,9...5,6 % bitum s-a comportat în exploatare corespunzător ; procentul de bitum dur adăugat pentru mărirea consistenței bituzului din nisipul bituminos pe care îl considerăm corespunzător este de 2,5 ;

- Agregatele minerale trebuie să conțină cel puțin 30 % granule sarte, colțuroase, pentru mărirea coeficientului de frecare interioară și crearea condiției necesare unei adesiivități mai bune și unei stabilități mai mari ;

- Zona granulometrică pentru agregatele minerale poate fi lărgită conform propunerii menționate în 2.3. (fig.II.3.), ceea ce permite utilizarea unei game mai largi de materiale pentru executarea unei astfel de îmbrăcăminte rutiere ;

- Caracteristicile fizico-mecanice obținute pe ceretele prelevate din îmbrăcămintea realizată cu valori ridicate (rezistența la compresie 30...36 daN/cm<sup>2</sup>, absorbția de apă sub 9,5 % etc.) ;

- În general, la un trafic mijlociu, drumul cu o astfel de îmbrăcămintă bituminosă, se comportă în exploatare în mod corespunzător și nu necesită lucrări de întreținere deosebite.

**Capitolul III. CONTEINUTUL LA UTILIZAREA MAI  
 EFICIENTA A BUNURILOR PENTRU STABILIZAREA  
 DRUMURILOR PIETRUITE**

Drumurile pietruite prezintă serile inconveniente cunoscute, chiar în cazul unui trafic redus, generând praful și zgomotul și degradându-se foarte repede.

Ritmul de modernizare sau aplicare a unor straturi de îmbunătățite bituminosă pe drumurile pietruite existente, chiar în cazurile în care eficiența economică este evidentă, nu poate satisface cerințele obiective ale utilizatorilor.

În aceste condiții, prin studiile și experimentările făcute, s-a urmărit ameliorarea stării de viabilitate a drumurilor pietruite cu trafic mai redus, folosind pentru întreținerea acestora, în condiții tehnice superioare, lianți naturali care permit impermeabilizarea stratului de rulare și îi conferă o bună etanșeitate /10/, /11/, /12/, /13/, /14/, /15/.

Studiile și lucrările experimentale efectuate în acest sens precum și propunerile făcute au contribuit la îmbunătățirea normativului elaborat de către Institutul de Cercetări în Transporturi - București /23/.

**1. Stabilizări complexe cu var și bitumină a  
 pietruirilor existente**

Se cunoaște că una din metodele mai economice de întreținere a drumurilor pietruite este stabilizarea cu var și bitumină a stratului superior din piatră spartă existent.

În cadrul Direcției drumuri și poduri Timișoara, s-au întreținut în decursul a patru ani, prin această metodă, peste 70 km de drum pietruit, obținându-se rezultate satisfăcătoare.

Cu urmări observărilor și studiilor efectuate în laborator și pe teren în decursul mai multor ani, s-a ajuns la unele concluzii, care au contribuit la delimitarea domeniului de aplicare a metodei, la îmbunătățirea tehnologiei de execuție și de întreținere ulterioară, la elucidarea cauzelor care au determinat unele defecțiuni /12/, /13/, /14/.

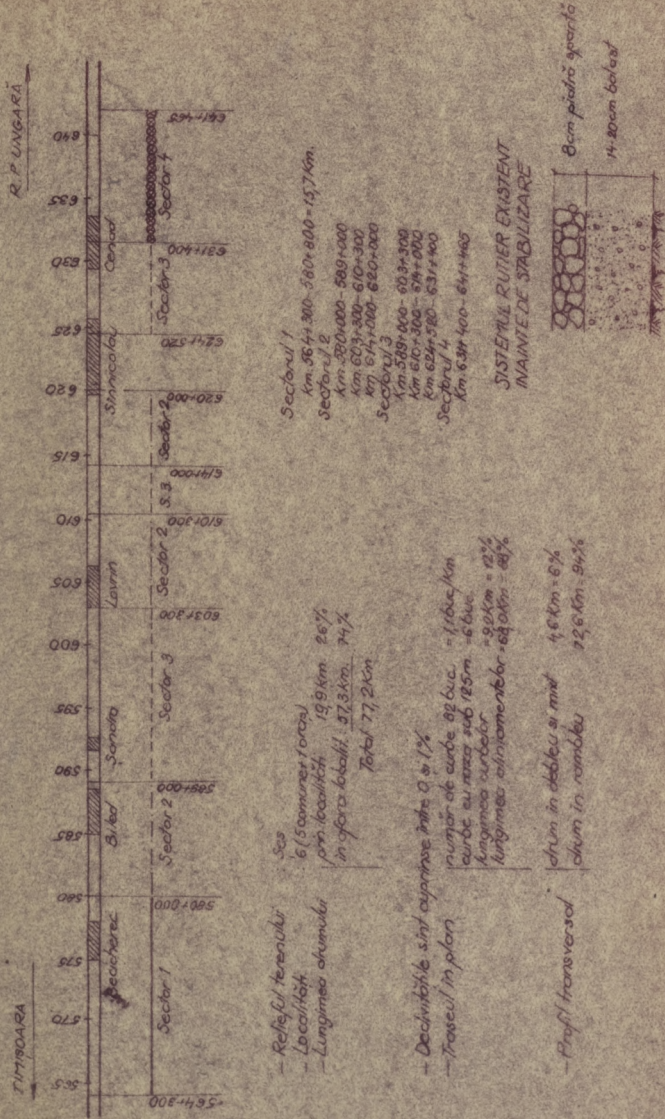


Fig. III. 1. Traseul D.N.6 Timisoara - Sinișcaia pe care s-a executat stabilizarea complexă cu var și bitumină a pietrișului existent.

Lucrările de stabilizare a pietruirii existente cu var și bitumină, s-au executat pe L.N. 6 Timișoara - Sînnicolau Mare, pe o lungime de 72,645 km (Tabelul III.1.).

Traseul acestui drum se desfășoară într-o regiune de câmpie traversând șase localități (19,345 km) fiind construit, în general, în rambleu și în permanență expus la soare (fig.III.1.).

Platforma are de 10...12 m lățime, iar partea carosabilă pietruită variază între 5,50 și 6,20 m. Curentul apelor, cu mici excepții, este asigurată în viroage sau piraie.

Pe baza unui număr de 540 de sondeje, s-a constatat că sistemul rutier are format dintr-un strat de balast de 14...20 cm grosime și dintr-un strat de piatră spartă din rocă basică în medie de 8 cm grosime.

Analiza pământului din patul drumului arată că acesta se însedrează în general în grupe D (argilă nisipoasă-profesă), iar modulul de deformație determinat în laborator variază între 120 și 140 daN/cm<sup>2</sup>.

Având în vedere elementele arătate mai sus, pe baza experimentărilor făcute s-a trecut la executarea lucrărilor de întreținere a acestui drum, prin metode stabilizării complexe cu var și bitumină. În continuare se vor trata, în mod succint, câteva dintre aspectele mai importante privind materialele utilizate, stabilirea dosajelor, tehnologia de execuție, efectele economice etc.

### 1.1. Materiale și dosaje utilizate pentru executarea lucrării

Materialele de bază utilizate la stabilizarea complexă cu var și bitumină au fost : pietruirea existentă, bitumină, var bulgări, nisip și apă.

Pietruirea existentă are formată din piatră spartă de natură basică (andesit, basalt) în grosime de 8...10 cm, care sub efectul traficului s-a sfărâmat, obținându-se astfel un agregat

mineral cu o granulometrie continuă, ușor de stabilizat. Pistră sperată folosită este rezistentă, cu un coeficient ridicat de frecare interioară, fapt ce a contribuit în mare măsură la obținerea unui material stabilizat cu proprietăți fizico-mecanice corespunzătoare. Din încercarea probelor prelevate din pietruirea osarificată se constată că fracțiunea sub 0,2 mm variază între 5 și 12 %, iar fracțiunea peste 8 mm variază între 45 și 75 %, sau ținând seama de granulozitatea totală a materialului, agregatul 0...3 mm este cuprins între 17 și 43 %, iar agregatul 3...70 mm variază între 57 și 83 % (fig. III.2.).

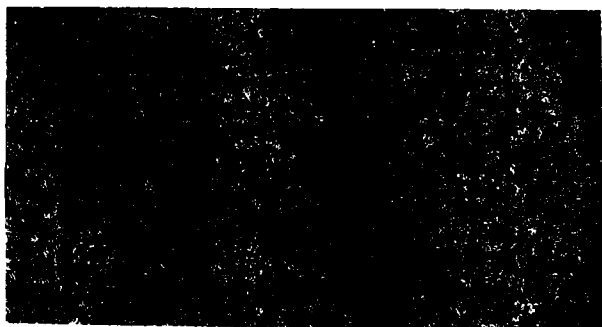


Fig. III.2. Zona granulometrică a pietruirii existente

În general, partea fină a agregatului mineral este provenită din sfărâmarea pietrei sub circulație, partea levigabilă propriu-zisă variind între 4 și 10 %.

Compoziția granulometrică inițială a agregatelor amestecate - sub trafic, datorită fenomenului de abraziune - suferă modificări.

Astfel, s-a constatat - pe baza încercărilor efectuate în laborator pe probe prelevate după 1...2 ani de la execuție din pietruirea stabilizată complex cu var și bitumină - că proporția inițială a granulelor mijociei se menține aproape constantă, în timp ce fracțiunile mari se diminuează cu 10...15 % în favoarea elementelor fine.

Amplasarea particulei a particulelor formate din fenomenul de stricție este posibilă datorită difuziunii bituminii, care are o vâscozitate foarte redusă.

Varul bulgări utilizat a fost, în general, de calitate I, având randamentul în pastă de 22 litri, iar părțile neatinse între 3,5...5 %, depozitarea varului făcându-se în șoproane.

Varul are rolul de a stabiliza părțile fine prăfoase argiloase din pietruirea existentă scarificată, realizând și legături coesive prin reacțiile fizico-chimice care se produc cu părțile fine.

Bitumina a fost livrată de către exploatarea de la Împlacul de Mărcău, având următoarele caracteristici medii: vâscozitatea la 60°C p. în orificiul de 5 mm = 7...11 s, distilarea începe la 350°C, iar penetrația residului la distilare și punctul de înmuiere prin metoda "inel și bilă" nu se pot determina, deoarece liantul este fluid.

Analize de grupă arată că bitumina conține 79...84 % alcini, 11...15 % rășini, 4...6 % asfaltiene și 4...5 % apă.

Bitumina s-a primit în cisterne C.F.P. și s-a depozitat în două bătăliari. Metalul propriu-zis constă dintr-o greeplă simplă de 250 m<sup>3</sup>, necoperită, având posibilități de evacuare a apei ce se *stringe* la partea lui inferioară.

Nisipul, utilizat la tratamentul de închidere și la scuturarea excesului de suprafață al bituminii, s-a aprovizionat cu vagoni c.f.r. de la Nag-Timiyeni și are mărimea granulelor cuprinsă între 0...3 mm, fiind un nisip curat cu echivalentul de nisip 90 %.

Dozajele necesare de var-bulgări și bitumină s-au stabilit pe baza încercărilor prelevabile de laborator, efectuate pe probele medii de materiale prelevate din pietruirea existentă. Datorită faptului că materialul rezultat din scarificare este format din piatră spartă (cu muchii vii), cu un coeficient ridicat de frecare interioară și fiind vorba de experiența acumulată după trialsle ectoare executate, s-a ajuns la concluzia că excesul de



bitum este mult mai deosebit decît un procent mai redus de bitumină în amestec și ne-am orientat la stabilirea procentelor de var și bitumină spre limitele inferioare. Pe baza încercărilor efectuate în laborator pe probe medii, s-a stabilit că cele mai bune rezultate se obțin cu un dosaj de bitumină cuprins între 3,6 și 4,2 % (procentul de bitumină se referă la materialul agregat obținut, adică pietruire + var + bitumină) și un dosaj de var bulgări de 2,5...3 % din amestecul total.

În realitate, datorită pierderilor de bitumină în procesul tehnologic, procentul real de bitumină răgăsit prin extracție în probele ridicate din pietruirea stabilizată de pe sectoarele care s-au comportat corespunzător sub trafic, atestă un conținut în bitumină de 3...4 % raportat la total amestec (agregat + var + bitumină).

În ceea ce privește caracteristicile fizico-mecanice ale corpurilor de probă preparate în laborator, menționăm că rezultatele medii obținute se înscriu în următoarele limite :

- |   |               |
|---|---------------|
| - densitatea aparentă, $g/cm^3$ :                         | 2,20...2,31 ; |
| - rezistența la compresie la $22^{\circ}C$ , $daN/cm^2$ : | 4...6 ;       |
| - absorbție de apă, % volum :                             | 6...10.       |

## 1.2. Stabilirea procesului tehnologic de execuție

Se prezintă pe scurt procesul tehnologic aplicat subliniind doar anumite date ce s-au obținut ca urmare a cronometrărilor efectuate în timpul execuției.

Grupul de utilaje folosit la realizarea lucrărilor într-un ritm mediu de 4 km pe lună a fost format dintr-un tractor + greder, un autogreder mare și un autogreder mic, un autostropitor, o autocisternă, doi cilindri compresori și autocarioane pentru transportul materialelor.

Scarificarea pietruirii existente s-a executat în așa fel încît să se obțină cantitatea de material necesară realizării

amni stret stabilizat de minina 8 cm grosime după e lindrere. Pe soumiți kilometri e fost necesar ee, la materialul rezultat din scarificare, să se adauge 200...300 m<sup>3</sup>/km piatră spartă de 25...40 mm, în special pentru obținerea unei grosimi și e unei lății co-respunsitoare. Peete materialul scarificat și adunet într-un cordon lateral, e fost răspîndit verul bulgări, care, după ee e fost stropit cu apă în vederea stingerii, e-e amestecat cu agregatul prin 10...12 treceri cu autogrederul, lăindu-se apoi în cordon pînă în zina următoare, cînd - după introducerea bituinii în reprise, conform dozejului fixat - e-e procedat la omogenizarea amestecului cu sut. grederul.

Prin trecerea amestecului din cordonul lateral spre axul drumului cu lama autogrederului de 16...20 ori, se obține un material omogen de culoare cafenie. Acest material se aşterne la gablon pe partea carosabilă cu lama autogrederului, prin 6...10 treceri, realizîndu-se astfel o suprafață netedă cu o pantă transversală de minina 3 ‰ (fig.III.3. și III.4.).



Fig. III.3. Aşternerea materialului omogenizat cu autogrederul



Fig. III.4. Suprafaşarea materialului omogenizat

Se procedează apoi la cilindarea stratului stabilizat cu un cilindru compresor de 10...12 tone. Sînt necesare 14...16 treceri ale cilindrului compresor pe același loc, pentru compactarea corespunzătoare a pietruirii stabilizate (fig. III.5.).



Fig. III.5. Cilindrarea pietruirii stabilizate

Impermeabilizarea suprafeței se face printr-o stropire cu 0,5 litri pe  $m^2$  bitumină și acoperirea acesteia cu nisip de râu ( $10 \text{ kg}/m^2$ ), după care sectorul este dat imediat în circulație.

Se obține astfel un sistem rutier (fig. III.6.) format dintr-o fundație de bolant de 14...20 cm grosime ( $\rho = 800 \text{ daN}/cm^2$ ) și e înbrăcămintă din piatră spartă stabilizată cu var și bitumină de 8 cm grosime după cilindrare ( $\rho_g = 1.200 \text{ daN}/cm^2$ ), impermeabilizată cu un strat subțire (0,5 cm) de bitumină + nisip de râu.



Fig. III.6. Sistemul rutier obținut după stabilizarea pietruirii existente cu var și bitumină

Procesul tehnologic aplicat a fost în permanență îmbunătățit, ca urmare a observațiilor și a cronometrărilor efectuate în mai multe rânduri /12/, /13/, /14/.

Am ajuns la concluzia că pentru obținerea unei lucrări corespunzătoare trebuie aplicate, îndeosebi, următoarele reguli :

- verificarea permanentă, prin personal tehnic calificat și calificat, a respectării dozejelor stabilite de către laborator ;

- o bună omogenizare a materialului ; aceasta s-a obținut prin trecerea amestecului - cu lensa autogrederului - din cordoșul de la marginea platformei spre axul drumului și invers, de 10...12 ori la omogenizarea varului stins cu agregatul și de 16...20 ori, la amestecarea bituminii ;

- punerea în operă a materialului omogenizat numai în cazul când acesta are o umiditate sub 5 %. Dacă umiditatea amestecului este mare, sectorul respectiv - sub efectul traficului - se vălurește în mod sigur, întrucât apa lucrează ca un lubrefiant ce favorizează alunecarea granulelor minerale. Apa nu se evaporă după punerea în operă a amestecului, datorită peliculei de mortar stang de la suprafață ;

- executarea tratamentului de etanșeizare trebuie făcută imediat după cilindrarea stratului stabilizat. După 1...2 zile de la executarea impermeabilizării, bitumina apare la suprafață în exces. Saturarea excesului trebuie făcută imediat prin ștergere de nisip. Această operație, repetată, conduce la obținerea la suprafață a unui mortar subțire, format din liant și nisip, care asigură o bună etanșeizare a pietruirii stabilizate.

### 1.3. Comportarea în exploatare a pietruirii stabilizate complex cu var și bitumină

Încă de la început, trebuie menționat faptul că, prin stabilizarea cu var și bitumină a pietruirii existente pe L.N. 6 Timișoara - Simnicolea Mare - Frontiera R.P.R. s-a obținut în general o suprafață de rulare fără praf și fără noroi incoperabil mai favorabilă circulației decât cea care există înainte de stabilizare (fig. III.7. ; III.8. ; III.9.).

În urma recondiționării circulației, efectuat în 1965 s-a rezultat că trafical ce se desfășoară pe acest drum era redus, intensitatea medie anuală în 24 ore, excepție făcând ultimii



Fig. III.7. Sector cores-  
punător, execu-  
tat în anul 1963  
(km 507). Foto-  
grafiat în sep-  
tembrie 1967



Fig. III.8. Sector cores-  
punător, exe-  
cutat în anul  
1964 (km 581).  
Fotografiat în  
aprilie 1967



Fig. III.9. Sector cores-  
punător execu-  
tat în anul  
1964 (km 604).  
Fotografiat în  
septembrie 1967

sector de la frontieră, varia între 1 100 și 1 500 vehicule etalon (SMAE 7348-67), numărul de vehicule fizice fiind de 600...800, iar medie zilnică anuală în tone brute transportate era cuprinsă între 3 400 și 4 200. Datorită traficului și sub acțiunea agenților staonferici, precum și din cauza unor greșeli de execuție, pietruirea staonlistă a prezentat - în decursul anilor - o serie de defecțiuni, care se pot grupa după cum urmează :

- degradări și gropi ;
- văluriri ;
- fisurări ;
- suprafețe neetange.

Este de menționat că traficul hipo - și anume căruțele care au roți cu bandaje metalice - provoacă degradări și rufurări de materiale. Acesta s-a constatat, mai ales, în traversarea comunelor și pe sectoarele unde I.A.S. sau C.A.P. transportă masiv produse agricole cu căruțele (Bucicherec, Biled etc.). Se vor arăta, în cele ce urmează, cauzele degradărilor și modul de remediere a acestora.

- Degradările și gropile apar, de obicei, pe suprafețe mici, din cauza lipsei locale de liant. (fig.III.10 și fig.III.11.)

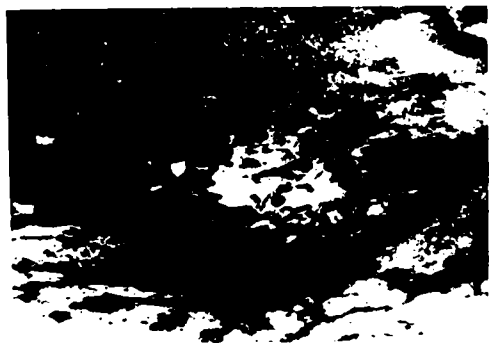


Fig. III.10. Degradări  
sub formă  
de gropi

De asemenea gropi mai apar și în cazul unei texturi neuniforme a pietruirii, aglomerarea locală de pe anumite suprafețe de pietre mari iar pe altele de material mărunț. Suprafețele folosite pot evolua în gropi, datorită infiltrațiilor de apă și dislocării unor porțiuni din ele sub efectul circulației. Pionierul gropilor în stare incipientă evită extinderea fenomenului.

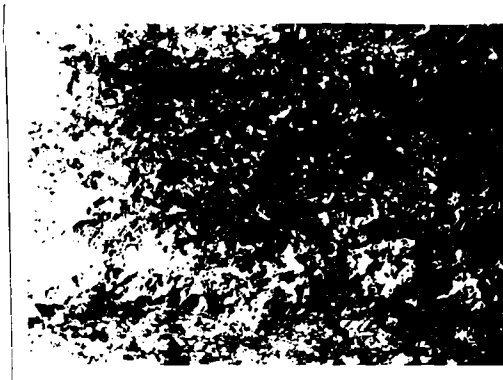


Fig. III.11. Degradări sub formă de gropi cu început de desprindere

Valorul acestor degradări, pe sectoare și ani, variază între 2,7 și 6 % din suprafață (fig. III.12.).

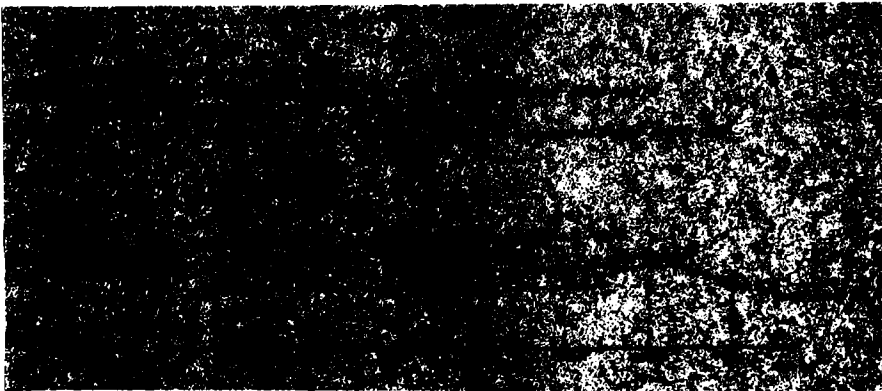


Fig. III.12. Situația reparațiilor efectuate, pe sectoare și ani. Procentele se referă la suprafața sectorului consolidat

Repararea lor s-a făcut prin plombări cu materiale speciale cu bitumină la fața locului sau uneori chiar cu amestur de tipul betonului asfaltic obținut de la loturile din apropiere. Valoarea acestor reparații este de circa  $10 \text{ l.l./m}^2$ .

- Văturirile (fig. III.13. ; III.14. și III.15.) sînt cauzate de excesul de bitumină în amestec sau de excesul de umiditate al materialului din cordon înainte de așternere.

Se întâmplă uneori ca pe fișii longitudinale de diferite lungimi să se creeze exces de liant, fie din cauza suprapunerii stropirilor, fie din cauza unei insuficiente oxigenizării. Sub efectul circulației, acest material - ce se prezintă destul de plastic - este laminat și refulează lateral peste stratul din imediata apropiere, care fiind corect executat, se menține în stare bună.



Fig. III.13. Km 579+050 - Suprafață vălurită. Sector executat în 1963. Fotografat în septembrie 1967



*Km. 579+300*  
Fig. III.14. Suprafață vălurită. Sector executat în anul 1963. Fotografat în septembrie 1967



Fig. III.15. Km 595+000 - Refularca materialului plastic. Sector executat în anul 1965. Fotografat în septembrie 1967



Singura metodă eficientă de reparare a sectoarelor vălurite a fost scarificarea cu autogrederul, stringerea materialului în cordoan, adăugarea de material granular ce s-a obținut de obicei dintr-o scarificare a straturilor - suport, reconstituirea și a teraselor din nou, urmată de cilindrare și de tratamentul de etanșare.

Volumul suprafețelor vălurite - inclusiv al celor care au fost reprofilate ca urmare a procesului tehnologic de întreținere - variază între 3,4 și 23,1 % din suprafață (fig. III.16), iar valoarea lucrărilor de remediere reprezintă circa 4 lei/m<sup>2</sup>.



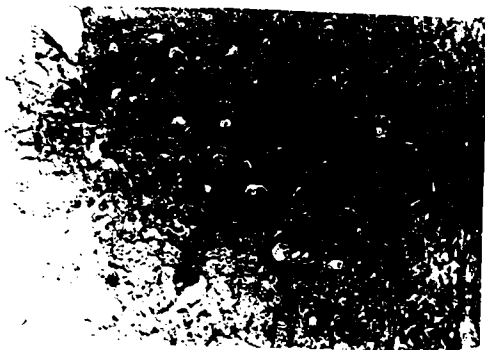
Fig. III.16. Situația reprofilărilor efectuate, pe sectoare și ani. Prezentele se referă la suprafața sectorului respectiv

- Paiențările (fig. III.17. și fig. III.18.) au apărut pe porțiuni izolate și în suprafețe foarte mici acolo unde grosimea straturilor de balast a fost insuficientă sau acolo unde scurgerea apelor de pe platformă nu a fost asigurată.

Repararea acestor porțiuni s-a făcut prin refacerea sistemului rutier în întregime (decupare, completare cu balast și înbrăzăminte).



Fig. III.17. Paiențare pe un sector executat în anul 1963 (km 578+550). Fotografist în septembrie 1967



**Fig. III.18. Patanțare spre margine. Sector executat în anul 1964 (km 580+500) Fotografiat în septembrie 1967**

- Suprafețele neetange (fig. III.19. și III.20.) nu prezintă nici un inconvenient pentru desfășurarea circulației.



**Fig. III.19. Suprafață neetangă. Sector executat în anul 1964 (km 580+400) Fotografiat în septembrie 1967**

Pietruirea apare legată și consolidată sub formă de moșic.



**Fig. III.20. Suprafață neetangă cu început de dezgrădinare. Sector executat în anul 1965 (km 560+100). Fotografiat în septembrie 1967**

În scopul etanșezării acestor suprafețe împotriva infiltrării apelor, pentru compensarea uzurii și pentru menținerea lor într-o stare de viabilitate corespunzătoare cit mai multă vreme, s-au executat tratamente cu bitum la cald în anii 1965 (2,5 km) ; 1966 (15,6 km) și 1967 (9,1 km) (fig.III.21.).

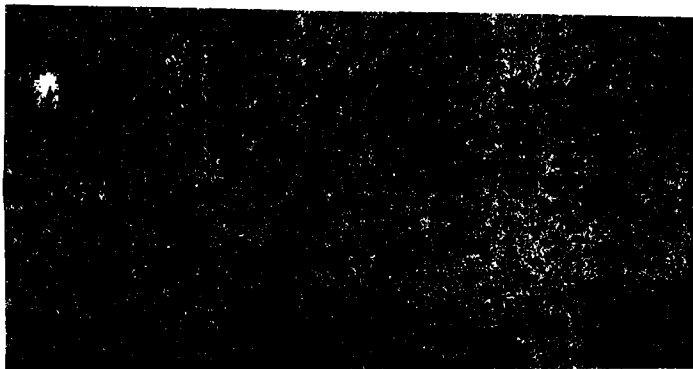


Fig. III.21. Situația tratamentelor executate, pe ani și sectoare. Procentele se referă la suprafețe sectorului respectiv

Trebuie menționat faptul că tratamentele superficiale, executate pe sectoare bine consolidate, îmbunătățesc substanțial suprafețe de rulare și măresc durata de serviciu a înbrăcămintăii.

Ținând seama de volumul și de gama lucrărilor de întreținere ce s-au executat pe sectoarele stabilizate complex cu var și bitumină, se poate afirma că există o asemănare perfectă între genul de lucrări de întreținere ce se execută pe drumurile pietruite și pe cele cu înbrăcămintă stabilizată ; singura deosebire între aceste lucrări este înlocuirea apei ce se utilizează în cazul drumurilor pietruite cu liant (bitumină) ; această este faptul că drumurile care au înbrăcămintăea formată din pietruirea existentă stabilizată cu un liant organic rămân în categoria drumurilor pietruite. Această precizare este confirmată și de constatarea necesității execuției în permanență a lucrărilor de întreținere pe sectoarele stabilizate. S-a constatat că sectoarele stabilizate trebuie întreținute din prima zi a execuției și că în

general, nu poate fi vorba de o durată de serviciu a acestora, fără o întreținere permanentă. Istorică unor gregeli inerte ce intervin în procesul tehnologic, apar tot timpul diverse degradări ce trebuie remediate în fază incipientă. De menționat este faptul că lucrările de întreținere a sectoarelor stabilizate se pot efectua în condiții bune mecanizat, deci cu o productivitate mai mare. Grupul format dintr-un autogreder + un autostropitor și 1...2 cilindri compresori poate întreține - în condiții satisfăcătoare - un sector de 100 km, acționând circa patru luni pe an.

#### 1.4. Studii asupra carotelor prelevate din pietruirea stabilizată complexă cu var și bitumină

Pe de o parte, pentru a putea stabili condițiile care pot asigura reușita lucrărilor de stabilizare complexă cu var și bitumină a pietruirilor existente și pe de altă parte, pentru a putea cunoaște exact cauzele care au condus la degradarea unor porțiuni, s-au efectuat studii în laborator pe diverse probe, prelevate din sectoare diferite /12/, /13/, /14/. S-au ridicat astfel peste o sută de probe din pietruirea stabilizată, și anume în timpul execuției, la o lună, precum și la 1...2...3 ani de la darea în circulație. Probele au fost prelevate din porțiuni caracteristice, astfel încât din studiul rezultatelor încercărilor lor, s-au putut trage concluzii care să lămurească cel puțin parțial toate aspectele constatate pe teren. Având în vedere acest lucru, s-au ridicat probe din :

- sectoarele corespunzătoare, adică bine consolidate, cu suprafața de rulare netedă și etanșă ;
- sectoarele cu degradări constatate din gropi și deșchidări sau sectoare aparent sărace în liant ;
- sectoare vălurite sau din sectoarele plastice care sub circulație se văluresc ;
- sectoarele falșate.

Probele au fost încercate în laborator, stabilindu-se conținutul de bitumină, curba granulometrică a agregatului mineral

respectiv și caracteristicile fizico-mecanice pe corpuri de probă cilindrice.

Ca urmare studiilor făcute se pot trage următoarele concluzii :

• Pe sectoarele corespunzătoare, care s-au comportat bine în exploatare, procentul de bitumină, obținut prin extragere cu aparatul Soxhlet și cloroform, față de amestecul total este cuprins între 3 și 4 %. Probele ridicate din porțiunile cu gropi și deșchidări prezintă un conținut în bitumină de 2...2,6 %, iar cele din porțiunile vâlvrite sau plastice stăteau un conținut de bitumină de 5...5,5 % (fig. III.22.).

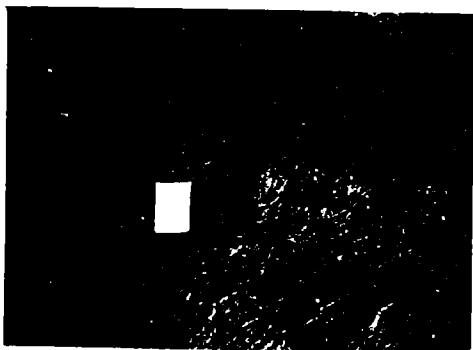


Fig. III.22. Suprafața plastică. Sector executat în anul 1963 (km 579+300). Fotografiat în septembrie 1967

- Din încercarea a peste 70 de probe, ridicate din secțiunile stabilizate care s-au comportat corespunzător, zona granulometrică obținută a agregatului mineral este indicată în fig. III.23.

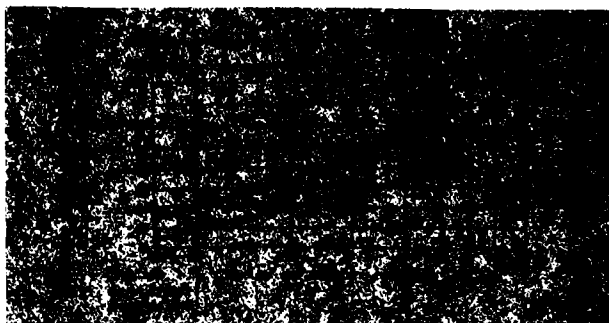


Fig. III.23. Zona granulometrică a agregatului mineral obținut pe probele prelevate din pietruirea stabilizată complexă cu var și bitumină

- Pe epruvetele cilindrice s-au determinat rezistențele la compresie la 22°C, la 50°C și după șapte zile de înmuiere în apă. De asemenea, s-a urmărit și variația absorbției de apă în timp - după 24 ore, 48 de ore și șapte zile. Rezultatele obținute pe grupe de probe medii caracteristice sînt cuprinse în tabelul III.2.

Se constată că, pentru probele prelevate din înbrăcămîntul stabilizat care se comportă bine, absorbția de apă variază după 24 ore între 5,5 și 8,8 %, iar după șapte zile înmuiere în apă - între 7,7 și 12 %.

Rezistențele la compresie la 22°C variază între 4...5,2 daN/cm<sup>2</sup>, iar scăderea rezistenței la compresie după șapte zile înmuiere în apă prezintă valori cuprinse între 23...30 %. Se apreciază că valorile mici obținute pentru rezistența la compresie se datorează aliniării din amestec - la confecționarea epruvetelor cilindrice, a granulelor peste 20 mm.

Probele prelevate din sectoarele care prezintă degradări cu un conținut de bitumină sub 3 % (2,5...2,6 %), ceea ce conduce la absorbții de apă mari (15,7...16,4 %). De menționat este faptul că, după șapte zile înmuiere în apă, rezistențele la compresie scad cu 60 % din valoarea inițială.

Deși absorbția de apă este mică (5 %) pe sectoarele cu un conținut de bitumină peste 5 %, s-au constatat văluriri și refulări, ceea ce s-a condus la necesitatea reafecării lor.

#### 1.5. Concluzii privind întreținerea drumurilor pietruite prin metode stabilizării complete cu var și bitumină

Tinând seama de constatările făcute în decursul a cinci ani pe D.N. 6 Iașișoara - Sîmnicolea Mare, se vor arăta în cele ce urmează avantajele întreținerii acestui drum pietruit prin metoda stabilizării complete cu var și bitumină, precum și efectul economic /12/, /13/ și /14/.

Dintre avantajele obținute, sînt de menționat următoarele :

- eliminarea prafului care îngreunează circulația și contribuie la micșorarea capacității de transport a drumului, generând accidente și sechinessă dăunător asupra sănătății călătorilor și a cetățenilor din comunele pe care le traversează drumul precum și asupra motoarelor autovehiculelor ;

- obținerea unei suprafețe de rulare netede și etanșe, care se poate menține ușor aproape tot timpul anului într-o stare de vizibilitate bună ;

- excentrarea lucrărilor de întreținere a sectoarelor stabilizate aproape în întregime mecanizat, ceea ce conduce la mărirea productivității și la ridicarea nivelului organizatoric al muncii ;

- mărirea siguranței circulației și îmbunătățirea aspectului drumului, prin eliminarea de pe platformă a grămezilor de piatră spartă ce se aprovizionează în mod curent pentru întreținerea drumurilor pietruite ;

- eliberarea pentru alte folosințe a unei capacități importante din parcul de transport auto și de vagoane c.f.r., datorită faptului că nu se mai solicită pentru transportul pietrei sparte, necesară întreținerii drumurilor simple pietruite prin metode vechi (așterneri și plombări), și economisirea unei apreciabile cantități de materiale prin faptul că, în timp ce pentru întreținerea drumului pietruit cu piatră spartă se aprovizionează circa 350 t/km/an materiale pietruite, pentru întreținerea împletuirii stabilizate cu var și bitumină s-au întrebuințat numai 54.470 t/km/an diverse materiale (tabelul III.3.) ;

- conservarea pietrei sparte existente, prin legarea ei și împiedecerea transformării ei în praf sau piatră alungitoare răspândită de circulație pe accotamente și zonă ;

- protejarea șasiunilor și a autovehiculelor, în general, împotriva uzurii preceste ;

- îmbunătățirea gradului de confort al călătorilor auto.

Deși ne referim la costul lucrărilor de execuție a stabilizării complexe cu var și bitumină, precum și la valoarea lucrărilor de întreținere anuală a sectoarelor stabilizate, rezultă următoarele :

- valoarea inițială a lucrărilor de stabilizare complexă cu var și bitumină a pietruirii existente variază între 95 000...63 000 lei/km ; valoarea medie a lucrărilor de întreținere a sectoarelor stabilizate este de circa 10 000 lei/an/km (fig. III.24.) ;

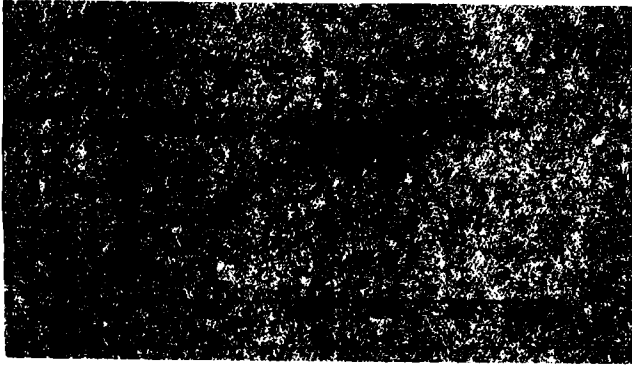


Fig. III.24. Variația costului mediu de întreținere a sectoarelor stabilizate cu var și bitumină

- valoarea medie a lucrărilor de întreținere a drumului pietruit prin metodele vechi înainte de stabilizare, după datele din 1965 are de circa 24 800 lei/an/km.

Ținând seama de aceste elemente s-a calculat economia ce rezultă numai din diferențe de cost a întreținerii drumului pietruit prin cele două metode, obținându-se pentru sectorul 1, care era în serviciu de cinci ani, o economie totală de 392 500 lei, iar pentru sectorul 2, care era în serviciu de patru ani, o economie de 167 200 lei. Pe sectorul 3 și sectorul 4 stabilizate în anul 1965, respectiv 1966, cheltuielile medii anuale de întreținere prin metode stabilizării, la sfârșitul anului 1967, depășesc cheltuielile de întreținere prin metode vechi cu 600 lei/km/an, respectiv cu 9 800 lei/km/an. Pentru întreg D.M. 6 Timișoara - Simnicolca Mare, la sfârșitul anului 1967, se realizează o economie de 318 900 lei, numai din diferențe de valoare a lucrărilor de întreținere după metode vechi și metode stabilizării complexe cu var și bitumină.



Luând în considerare economiile ce se realizează și se evidențiază în sectorul de transporturi auto, pe baza unui calcul ce s-a făcut având în vedere datele recensământului circulației din anul 1965 și diferențe de cost pe tone netă transportată pe drumul pietruit și pe drumul cu înbrăcămintea stabilizată complexă cu var și bitumină, ce s-a luat de numai 0,065 lei/km/an, rezultă că economiile ce se realizează variază între 213 000 lei pe sectorul 4, executat în 1966, și 1 330 000 lei pe sectorul 1, executat în 1963 (tabelul III.4.).

Datele de mai sus ne permit să facem observația că pe sectorul 4, de circa 10 km, cheltuielile inițiale de execuție a stabilizării complexe cu var și bitumină (58 600 lei/km) sînt recuperate chiar în primul an de exploatare prin economiile realizate din diferența de cost a întreținerii drumului plus economiile ce se realizează din exploatarea auto.

Deși luăm în considerare numai diferența de costuri rezultată din aplicarea celor două metode diferite, observăm că sectorul 3 (circa 24 km) după trei ani de serviciu prezintă încă o depășire a costului mediu de întreținere de 600 lei/an/km față de metode vechi, ceea ce atestă că numai <sup>din</sup> diferența de costuri de întreținere se realizează economii începînd cu anul al patrulea de serviciu.

Apreciem că elementele prezentate sînt destul de concludente, pentru a se putea face observația că metoda de întreținere a drumurilor pietruite cu piatră spartă prin stabilizare complexă cu var și bitumină prezintă în anumite condiții avantaje tehnice și economice evidente față de metoda veche de întreținere.

În concluzie se poate afirma că metoda întreținerii drumurilor pietruite cu piatră spartă din roci bazice prin stabilizare complexă cu var și bitumină reprezintă un progres tehnic față de metodele vechi și are ca efect crearea unor condiții de circulație mai bune și mai sigure.

Drumul cu înbrăcămintea existentă stabilizată cu var și bitumină rămîne în categoria drumurilor pietruite și necesită în permanență o întreținere atentă și activă. Aceasta se poate

realiza economic și operativ mecanizat folocindu-se grupările de scarificare și reprofilare.

Tratamentele superficiale executate cu bitum la cald și split pe sectoarele consolidate asigură o suprafeță bună de rulare, etanșeizantă suprafața și mărește durata de serviciu a pietruirii.

Procesul tehnologic de execuție a lucrărilor necesită o atenție deosebită, o supraveghere și îndrumare competentă pentru respectarea dozajelor și omogenizarea materialelor componente. Etanșeizarea suprafeței cu o peliculă de liant și nisip are o importanță hotărâtoare în reușita lucrării.

S-au obținut rezultate corespunzătoare pe sectoarele executate cu următoarele materiale și dozaaje :

- pietruire existentă și scarificată, forșată din piatră spartă de rocă basaltică cu o granulometrie continuă având frecvențe de 0...3 mm cuprinsă între 15 și 50 % și frecvențe de 7...30 mm cuprinsă între 60 și 85 % :

- bitumină	3...4 %
- var bulgări	2,5...3 %
- apă	sub 5 %.

Grosimea minimă, după compactare, a stratului stabilizat trebuie să fie de 8 cm.

Avantajele tehnice și economice pe care le prezintă metodele recomandate pentru a fi generalizate, mai ales, pe drumurile locale pietruite cu piatră spartă și care au un trafic redus.

## 2. Tratarea pietruirilor din calcar cu bitumină

Ținând seama de experiențe dobândite la întreținerea D.N. 6 Timișoara - Sînicolau - care utilizând metodele stabilizării complete cu var și bitumină a pietruirii existente /12/, /13/, /14/ s-a experimentat întreținerea drumului Orșova - Baldeș - Roșojens prin folocirea bituminii /15/.

Întrucât pietruirea existentă era de natură calcaroasă, s-a considerat necesar introducerea varului, ci s-a trecut la

stabilizare simplă a materialului rezultat din coarificare, deoarece pe suprafața rocilor calcarose (cu reacție basică) lianții bituminosi aderă în general în condiții bune.

Stabilizarea pietruirii respective a început în anul 1965, realizându-se între anii 1965...1967 în total 41,7 km pietruire stabilizată cu bitumină, conform datelor din tabelul III.5.

Încălzirea pietruirii existente variază între 30...50 cm, după cum reiese dintr-un număr de 288 sondeje executate în sistemul rutier /15/.

În ceea ce privește pământul din patul drumului, încercările de laborator conduc la încadrarea sa în categorie A, nisip fin, având modulul de deformație 150...200 daN/cm<sup>2</sup>.

### 2.1. Materiale, doze și proces tehnologic aplicat

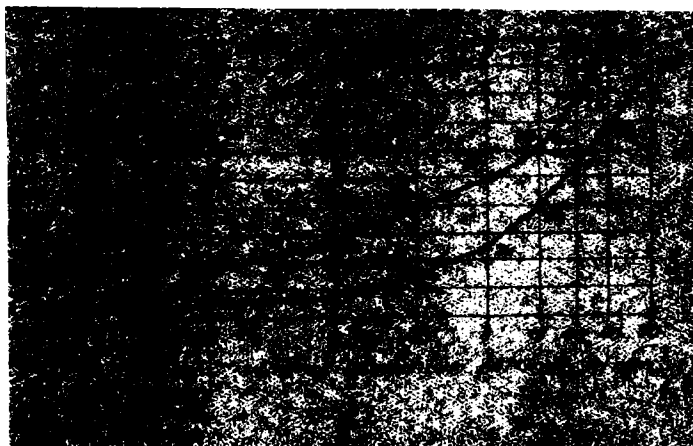
Materialele utilizate la stabilizarea pietruirii calcarose cu bitumină au fost : pietruirea existentă formată dintr-un calcar cenușiu compact, puțin rezistent, bitumină și nisipul.

Pietruirea existentă are o granulozitate continuă, fracțiunile cele mai importante fiind : 0...3 mm ; 13...40 % și 3...70 mm ; 60...87 %.

În general, compoziția granulometrică a variat între limitele indicate în fig. III.25.

Datorită rezistenței scăzute la sfărâmare a materialului calcaros, sub efectul traficului prin fenomenul de strivire se modifică compoziția granulometrică inițială, partea fină a agregatului mineral crescând foarte mult. Urzărind rezultatele pe probe prelevate din pietruirea stabilizată și lăsată sub circulație cel puțin un an, se constată că fracțiunea sub 0,09 mm crește de la 1...2 % la valori cuprinse între 7...14 % (fig. III.26.).

Bitamina și nisipul prezintă aceleași caracteristici ca cele de la punctul 1.1. Dozele de bitumină s-au stabilit pe baza încercărilor prealabile de laborator, efectuate pe probe medii



**Fig. III.25. Zona granulometrică a pietruirii existente**



**Fig. III.26. Zona granulometrică a agregatului mineral  
obținută pe probe prelevate din pietruirea  
stabilizată**

din pietruirea calceroasă existentă, confecționând corpuri de probă cu procente diferite de bitumină. Rezultatele corespunzătoare s-au obținut cu un dosaj de bitumină cuprinsă între 3,5...4 %. Procesul tehnologic aplicat, în general, este similar cu cel descris la pct.1.2.

Sistemul rutier obținut este format din pietruirea existentă în grosime de 20...40 cm și o îmbrăcămintă din piatră spertă calcareasă stabilizată cu bitumină în grosime de 8...9 cm după cilindrare, impermeabilizată cu un strat subțire de 0,5 cm din bitumină și nisip de râu (fig.III.27.).



Fig.III.27. Sistem rutier obținut prin stabilizarea pietruirii din calcar cu bitumină

În timpul execuției, din cauza platformei în condițiile asanelor mari și mici și în sectorul Coronini nu s-au putut scoate materialul în cordon, deci organizarea nu s-a putut realiza în mod corespunzător, astfel că de la execuție obier s-au obținut unele porțiuni neomogene, ce nu au avut o comportare corespunzătoare (fig.III.28.).



Fig.III.28. Porțiune neomogenă a sl. 57 de la km 15+300 (comportare necorespunzătoare)

Ca urmare studiilor făcute în timpul celor 3 ani în care s-a executat stabilizarea cu bitumină pe .N. 57, s-a ajuns la concluzia că pentru realizarea unei lucrări de bună calitate este necesar să se respecte următoarele condiții tehnice :

- realizarea stabilizării cu dosajul de bitumină stabilit, verificându-se permanent respectarea acestuia ;
- o bună omogenizare a materialului cu bitumină ;
- executarea tratamentului de etanșizare imediat după cilindrarea stratului stabilizat, seturarea excesului de bitumină de la suprafață prin ștergere de nisip, astfel încât să se obțină un mortăr în strat de 0,5 cm, care să asigure o bună etanșizare a pietruirii stabilizate.

## 2.2. Comportarea în exploatare a pietruirii calcareoase stabilizate cu bitumină

Prin stabilizarea cu bitumină a pietruirii calcareoase pe I.N. 57 Craiova - Ioldova - Pojejone s-a obținut în general o suprafață de rulare fără praf și noroi incomparabil mai favorabilă circulației decât cea care există înainte de stabilizare (fig. III.29.)



Fig. III.29. Drumul cu peretea carosabilă stabilizată  
D.N. 57 km  
11+600

Conform recensământului circulației din 1966 traficul se desfășoară pe acest drum este redus, numărul de vehicule fizice fiind de 250...500, iar media zilnică anuală în tone brute, de 1 500... 3 000.

În ce privește comportarea în timp, din studiile efectuate rezultă că sectoarele executate în anii 1965...1967 se comportă în general satisfăcător, totuși s-a constatat unele defecțiuni care se pot grupa astfel :

- deszădăinări și gropi ;

- văluriri ;
- suprafețe neetange ;
- falențări.

- **lezgrădinări și gropi (fig. III.30.)** apar de obicei pe suprafețe mici din cauză lipsei de liant. Suprafețele acestora reprezintă 7 %.

Repararea s-a făcut numai prin plombări cu material local, anrobat cu bitumină la fețe locului.



Fig. III.30. Gropi în fabrică-  
căminte din  
cauză lipsei de  
liant l.n. 57  
km 31+930

- **Văluririle (fig. III.31.)** se datoresc excesului de bitumină din amestec (peste 5 %). Ele reprezintă circa 2,5 % din suprafața stabilizată. Excesul de bitumină se produce pe anumite sectoare și datorită faptului că s-au suprapus două atropiri longitudinale consecutive, iar omogenizarea materialului a fost nesatisfăcătoare.

Sub efectul circulației, materialul este laminat și refuțat lateral peste stratul din imediata apropiere.

S-a încercat repararea acestor văluriri prin saturare cu material pietros (split) dar nu s-au obținut rezultate corespunzătoare. Aducerea în stare bună a acestor sectoare se poate face numai printr-o scarificare, remestecare cu material pietros de spart, așternere din nou și cilindrare.

- **Suprafețele neetange (25 %)** nu prezintă inconveniente pentru desfășurarea circulației (fig. III.32.).



Fig. III.31. Văluriri cauzate de exces de bitumină  
L.N. 57 km  
30+400 stînga

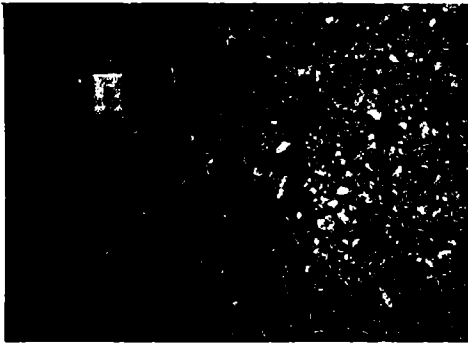


Fig. III.32. Suprafața netangărită L.N. 57  
km 15+700

Pietruirea apare legată și consolidată sub forță de mozaic, stratul de etanșeizare de 0,5 cm, format din bitumină și nisip, s-a uscat complet. În această situație, stratul stabilizat începe să se degradeze prin mălgerarea pietrelor și creșterea de gropi în suprafața de rulej, de aceea considerăm că cea mai importantă lucrare de întreținere care trebuie executată în un an de la darea în circulație este refacerea stratului subțire de etanșeizare de la suprafață printr-o stropire de închidere cu bitumină, care să asigure impermeabilizarea întregului sistem.

- Peșanțări (fig. III.33.) au apărut numai pe sectoarele în care scurgerea apelor de pe platformă nu a fost asigurată, ceea ce a condus la diminuarea capacității portante a sistemului rutier prin umedirea pământului din patul drumului, sau în zonele unde în straturile de fundație a fost argilă.



Acțiunea degradării se repară prin refacerea completă a întregului sistem rutier și asigurarea scurgerii apelor.

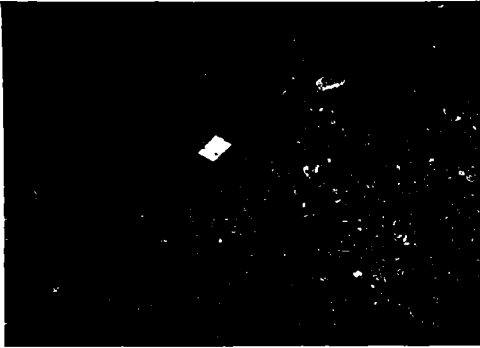


Fig. III.33. Patențări la  
km 18+500,  
L.N. 57

**2.3. Observații ce rezultă din studiul făcut  
în laborator asupra probelor prelevate  
din pietruirea celeacească stabilizată  
cu bitumină**

Examinăm o serie largă de probe prelevate din pietruirea stabilizată cu bitumină, circa 60 de probe ridicate din diverse sectoare, s-a căutat ce prin încercarea lor să se stabilească o serie de relații, care să elucideze în parte aspectele constatate pe teren /15/.

Probele examinate au fost ridicate în timpul execuției apoi la 1, 2 și 3 ani de la darea în circulație, din sectoare corespunzătoare, sectoare sărace în bitumină și cele cu exces de liant.

În laborator s-a stabilit conținutul de bitumină, curba granulometrică a agregatului mineral și caracteristicile fizico-mecanice pe corpuri de probă cilindrice.

Rezultatele obținute sînt redete în tabelul III.6.

Pe baza rezultatelor obținute se deprim următoarele observații :

- S-a constatat că pe sectoarele corespunzătoare, care s-au comportat satisfăcător sub trafic, procentul de bitumină (obținut prin extracție cu aparatul Soxhlet și clorofora) față de

amestecul total variază între 3...3,9 %. Probele ridicate de pe sectoarele cirese în bitumină prezintă un conținut de 2,2...2,6%<sup>1</sup>, iar <sup>cele</sup> din porțiunile vâlvurite conțin sau peste 5 % bitumină.

- Adesivitatea bituminii la agregatul calcaros utilizat este bună, după cum reiese din încercările efectuate în laborator. Adesivitatea s-a determinat pe granule anrobete așa cum rezultă din procesul tehnologic de stabilizare cu bitumină. Înainte de a se proceda la extracție, au fost recoltate câteva granule din materialul anrobat cu dimensiunea 8...15 mm care au fost cupuse examinării, stit după fierbere timp de 3 minute în apă distilată, oit și după imersare în apă, timp de 24 ore. Adesivitatea s-a apreciat ținând seama de suprafața granulei ce s rămas anrobată cu bitumină. Întrucit pelicula de bitumină rămâne aderentă pe suprafața granulei în sabelle cazuri, s-a apreciat că adesivitatea este bună, fapt ce justifică posibilitatea stabilizării cu bitumină a materialului calcaros.

- În ceea ce privește granulozitatea agregatului mineral, se consideră că, în cazul unei pietruiri cu o granulozitate optimă, stabilizarea cu bitumină dă rezultate bune. După stabilizare și darea în circulație a sectoarelor respective, conținutul în fracțiuni fine crește, datorită fenomenului cunoscut de atriție.

- Caracteristicile fizico-mecanice ale pietruirii calcarose stabilizate cu bitumină au fost urmărite pe epruvete cilindrice. -cu determinat rezistențele la compresiune la 22 și la 50°C și după 24 ore imersare în apă.

S-a urmărit variația absorbției de apă după 2,8 și 24 ore. Rezultatele obținute pe grupe de probe medii sînt cuprinse în tabelul III.6. Examinîndu-se valorile obținute, constatăm că pentru probe prelevate din imbrăcămintea stabilizată care se comportă cores unșător, ele prezintă rezistențe la compresiune între 6 și 8 daN/cm<sup>2</sup>, iar scăderea rezistenței după imersie în apă variază între 33...37 %. De remarcat totodată, că valorile mici obținute pentru rezistențele la compresiune se explică prin faptul că la confecționarea epruvetelor cilindrice se eliază din amestec fracțiunile peste 15 mm. În privința absorbției de apă, se constată că pentru sectoarele care se prezintă corespușător după 8 ore

de încreșcare în apă, această variație variază între 5 și 7,6 % iar după 24 ore între 6,2 și 8 %. Pentru probele prelevate din sectoare situate în bitumină cu un conținut de 2,2...2,6 % bitumină (determinat prin extracție), se constată că deși rezistențele la compresiune inițiale sînt comparativ mai mari, deci 8...9 daN/cm<sup>2</sup>, după 24 ore încreșcare în apă rezistențele scad la valori între 3 și 3,1 daN/cm<sup>2</sup>, ceea ce reprezintă o scădere de 62...65 % din rezistențele inițiale. De menționat, de asemenea, absorbțiile de apă mari, 14,5...16 % după 8 ore de încreșcare în apă. Pentru sectoarele cu conținut de bitumină caracterizate în tabelul III.6. prin valori cuprinse între 5,1 și 5,3 % se observă rezistențe inițiale la compresiune mici 4...4,5 daN/cm<sup>2</sup> și de asemenea scăderi mici ale rezistenței după încreșcare în apă de ordinul 20...25 %. Deși absorbția de apă este mică 3,1...4 %, pe sectoarele cu un conținut de bitumină de peste 5 % s-au produs văluriri și refulări, fapt ce a impus refacerea sectoarelor respective.

Avantajele tehnice și economice ale întreținerii prin metoda stabilizării cu bitumină a unei pietruiri coloroase sînt aceleași (vezi pct.1.5.) ca și în cazul stabilizării complexe cu var și bitumină a pietruirilor existente.

**Capitolul IV. O NOUA SOLUȚIE TEHNICĂ PENTRU  
EVITAREA TRANSMITERII RĂSULOR ÎN STRĂ-  
RILE RUTIERE STABILIZATE CU CIMENT ÎN LĂBEA-  
CĂ ÎNTR-UN BĂNU ÎNDOASĂ**

**1. Considerații asupra stadiului tratării în  
literatură a problemei apariției și trans-  
miterii fisurilor**

Se cunoaște că fisurarea straturilor rutiere din nisipuri stabilizate cu ciment și transmiterea fisurilor în înbrăcămintățile bituminosase constituie un inconvenient care dă naștere la o cercetare mătură extinderea acestei tehnologii cu numeroase avantaje tehnico-economice.

Se arată în unele lucrări /17/ și /18/ că pentru limitarea fisurilor din contracții se pot lua în principiu următoarele măsuri:

- Folosirea unui dozaj optim de ciment. Capacitatea portantă a stratului rutier respectiv trebuie realizată prin sporirea grosimii stratului și nu prin majorarea conținutului în ciment. Excesul de liant provoacă mărirea rigidității și odată cu aceasta conduce la contracții mari.

- Alegerea tipului de ciment. Pentru a se încetini fenomenul de contracție, ținând seama de influențe compoziției mineralogice a cimentului asupra contracției, trebuie să se recurgă la alegerea unui ciment puțin exoterm, cu contracții mici și timp de fisurare mare.

- Folosirea unui procent minim de apă. Conținutul minim de apă este condiționat și de obținerea unei bune comportări. Pentru a se putea reduce cantitatea de apă, trebuie să se evite excesul de elemente fine.

- Natură părții fine. Cu cât valoarea echivalentului de nisip a părții crețe, cu atât contracția scade și invers. Fiind seama de influența defavorabilă pe care fracțiunea fină sub 0,3 mm o are asupra contracției, este necesar ca echivalentul de nisip al materiei argilee din pământul destinat stabilizării să fie mai mare de 30 %.

- Compensarea contracției prin adaosuri cu efecte expansive. Din punct de vedere teoretic cel mai simplu și mai eficient mijloc pentru prevenirea fisurării constă în amestecarea <sup>cimentului</sup> cu 20...50 % var gras. Consider că operația este practic foarte anevoioasă de realizat. (Proces tehnologic dificil și periculos). Rezultate bune se obțin prin alcalinizarea (adăugarea în apă a cires 1 sodă caustice).

- Efectuarea compactării în două reprize decalate. A doua repriză reprezintă cires 20 % din energia totală de compactare și se efectuează imediat de terminarea prizei cimentului, la un interval de timp de 2...3 ore după prima repriză.

- Stabilizarea complexă cu ciment și bitum. Pentru a preveni formarea fisurilor sau cel puțin pentru a le limita, se recurge la folosirea combinată a cimentului cu bitum. Teoretic și în laborator soluția este corespunzătoare. Apreciez însă că în mod practic realizarea acestei stabilizări este deosebit de dificilă și cu foarte mici șanse de reușită.

- Evitarea unor defecte de execuție. Orice defect de amestecare la prepararea amestecului "in situ" reduce sensibil rezistența la întindere, favorizând tendința de fisurare a materialului.

Măsurile preconizate mai sus acționează asupra factorilor de care depinde contracția materialului stabilizat. Pe lângă studiul acestor factori, trebuie să se examineze și problema transmiterii fisurilor, în straturile superioare ale îmbrăcămintei. În mod practic, dacă fisurile din contracție nu pot fi evitate sau fiante inefective, atunci interesează găsirea unor remedii privind controlul producerii lor, cu scopul de a le localiza sau de a evita transmiterea lor la suprafață, astfel încât să nu se producă degradarea îmbrăcămintei drumului. Pentru prevenirea transmiterii fisurilor din stratul stabilizat cu ciment în îmbrăcămintea bituminoasă literatura de specialitate recomandă măsuri diverse dintre care menționăm :

- Acoperirea cu mixturi bituminoase se va face numai după un anumit interval de timp (minimum 20 zile) de la punerea în operă a materialului stabilizat, astfel încât fisurile de

contractie să fie formate în cea mai mare parte înainte de aşter-  
nerea îmbrăcăminţii. În cazul folosirii pământurilor coezive, se  
recomandă ca scoaperea straturilor stabilizate să se facă numai  
după ce ştreţul ajunge la o umiditate sub limita de contractie.  
Înainte de aşternerea îmbrăcăminţii, fisurile de contractie visi-  
bile se închid cu lapte de ciment sau bitum tăiat.

- Prin sporirea grosimii îmbrăcăminţii se poate di-  
minua într-o anumită măsură, ecartul de temperatură în ştreţul stabi-  
lizat cu ciment, cel puţin atunci când perioadele friguroase sînt  
de scurtă durată şi se măreşte rezistenţa la tracţiune şi la for-  
fecare a materialului în dreptul fisurilor. Această soluţie teh-  
nică întârzie sau împiedică apariţia fisurilor în îmbrăcă-  
minte, dar se justifică numai pe drumurile cu trafic intens şi greu.  
În general, se recomandă ca fisurile care se transmit în îmbrăcă-  
minţile bituminose şi nu se închid în timpul verii sub circula-  
ţie să fie colmatate cu emulsie de bitum.

Instrucţiunile tehnice departamentale pentru proiecta-  
rea şi executarea straturilor din materiale stabilizate cu ci-  
ment la lucrări de drumuri şi aeroporturi C.L. 29.67 /20/ prevăd  
următoarele :

" Pentru evitarea transmiterii fisurilor pînă la supra-  
faţa îmbrăcăminţii asfaltice, se recomandă în cazul straturilor<sup>stabilizate</sup>  
cu ciment din materiale fine sau monogranulare (pământuri nisipoase,  
prăfoase, argiloase, nisipuri monogranulare etc.), fie  
aplicarea unei îmbrăcăminţi asfaltice de minimum 10 cm grosime,  
fie prevederea unui ştreţ de bază care împreună cu îmbrăcămintea,  
să aibă o grosime de minimum 10 cm ".

Repertul " Comitetului pentru drumuri simple " la al  
XIV-lea Congres Mondial al Inginerilor de la Praga din septembrie  
1971 /19/ menţionează că grosimea straturilor de bază folosite  
variază în cele mai multe ţări în funcţie de traficul ce se des-  
făşoară pe autostradă sau pe drumurile principale. În unele ţări  
şi mai ales în Franţa, se acordă o grosime suplimentară dacă  
traficul creşte. În ultimii 10 ani s-a înregistrat o creştere  
a grosimii. Grosimile curente a materialelor bituminose folosite  
pe fundaţiile tratate cu ciment sînt următoarele :

Belgia 22 cm, Spania 15 cm, Franța 13 cm, Anglia 18 cm, Italia 20 cm, Japonia 30 cm, Olanda 20 cm, URSS 7...10,5 cm și cele mai multe țări se pare că au ajuns la concluzia că un strat bituminos de 15...20 cm este necesar.

Experiența britanică arată că un astfel de strat ar întârzia apariția fisurilor pentru o perioadă de 10 ani. Tot în raport se arată că mai multe țări au experimentat folosirea unui strat de materiale granulare între stratul de bază tratat cu ciment și straturile bituminose.

În Franța folosirea unui astfel de strat de 20 cm grosime așezat sub o îmbrăcămintă de 12 cm grosime a întârziat apariția fisurilor transversale, dar provoacă fisuri de obicei mai importante.

## 2. Studii și experimentări întreprinse pentru repararea și evitarea transmiterii fisuri- lor în îmbrăcămintea bituminosă

Problema evitării transmiterii fisurilor din straturile rutiere stabilizate cu ciment în îmbrăcămintea bituminosă precum și colmatarea fisurilor apărute a intrat în preocupările autorului mai ales după modernizarea D.N. 59 sectorul Jebel - Coravița în anul 1963.

Distonul rutier proiectat pe ocl 35 km modernizați are în componența sa și un strat din nisip stabilizat cu ciment peste care s-a așternut îmbrăcămintea bituminosă (3,5 cm binder + 2,5 cm strat de usură din beton șefaltic).

În anul 1964 pe sectoare întregi s-au constatat fisuri și crăpături transversale unele dintre ele avind lățimea de peste 10 mm, apariția acestora datorându-se în principal contracției stratului nisip-ciment. Dozajul mediu utilizat pentru stratul nisip-ciment a fost de 8...9 % ciment și 10...11 % apă.

### **2.1. Soluții experimentate pentru colmatarea fisurilor**

Intruoft la aceea dată existența fisurilor în îmbrăcă-  
mintea bituminosă o consideram deosebit de gravă pentru

rezistențe și viabilitatea complexului rutier împreună cu Institutul de cercetări din București și laboratorul de încercări al Direcției drumuri și poduri Fimisoare, în anul 1965, s-au experimentat mai multe procedee pentru colmatarea fisurilor și crăpăturilor. Soluțiile experimentate și rezultatele obținute sînt următoarele :

**Sector 1 - tratament superficial simplu cu bitum tip B și editiv**

(2 % naftenat de cupru) :

1;1/m<sup>2</sup> bitum B cu editiv

15 kg/m<sup>2</sup> criblură 8...15 mm.

**Sector 2 - tratament superficial simplu rugos cu bitum tip B :**

1;1/m<sup>2</sup> bitum tip B cu editiv

20 kg/m<sup>2</sup> criblură 15...25 mm.

**Sector 3 - tratament superficial dublu cu bitum tip B :**

a) 1,2;1/m<sup>2</sup> bitum tip B cu editiv

18 kg/m<sup>2</sup> criblură 8...15 mm ;

b) 1;1/m<sup>2</sup> bitum tip B cu editiv

12 kg/m<sup>2</sup> criblură 3...8 mm.

**Sector 4 - tratament superficial dublu rugos cu bitum tip B :**

a) 1,2;1/m<sup>2</sup> bitum tip B cu editiv

25 kg/m<sup>2</sup> criblură 15...25 mm ;

b) 1;1/m<sup>2</sup> bitum tip B cu editiv

20 kg/m<sup>2</sup> criblură 8...15 mm.

**Sector 5 - tratament superficial simplu cu bitum tip B :**

1;1/m<sup>2</sup> bitum tip B (fără editiv)

15 kg/m<sup>2</sup> criblură 8...15 mm.

**Sector 6 - tratament superficial dublu cu bitum tip B :**

a) 1,2;1/m<sup>2</sup> bitum tip B (fără editiv)

18 kg/m<sup>2</sup> criblură 8...15 mm ;

b) 1;1/m<sup>2</sup> bitum tip B (fără editiv)

12 kg/m<sup>2</sup> criblură 3...8 mm.

**Sector 7 - tratament superficial simplu cu bitum tăiat :**

1,2;1/m<sup>2</sup> bitum tăiat

15 kg/m<sup>2</sup> criblură 8...15 mm.

**Sector 8 - tratament superficial dublu cu bitum tăiat :**

a) 1,4;1/m<sup>2</sup> bitum tăiat

18 kg/m<sup>2</sup> criblură 8...15 mm ;



- b)  $1,2/1/m^2$  bitum tăiat  
 $12 \text{ kg}/m^2$  criblură 3...8 mm.

Treptamentele bituminose de suprafață executate au fost ținate sub observație timp de 2 ani (1965...1966).

Din analiza observațiilor făcute pe baza unui grafic s-a ajuns la concluzia că în general fisurile s-au închis pe timp călduros după asfaltare, apărind însă din nou în perioade reci de toamnă și primăvară.

Pe sectoarele cu tratament dublu nu s-au transmis decât accidental unele dintre fisurile existente. Deci s-or putea trage concluzia că pentru etanșizarea unui sector cu fisuri în îmbrăcămintea bituminosă datorită contracției stratului portant de nisip stabilizat cu ciment se poate utiliza următoarea soluție : tratament bituminos dublu conținând din :

Prima tratament :	Al doilea tratament :
0,5 ; $1/m^2$ bitum tip B ;	1 ; $1/m^2$ bitum tip B ;
$18 \text{ kg}/m^2$ criblură 8...15 mm.	$12 \text{ kg}/m^2$ criblură 3...8 mm.

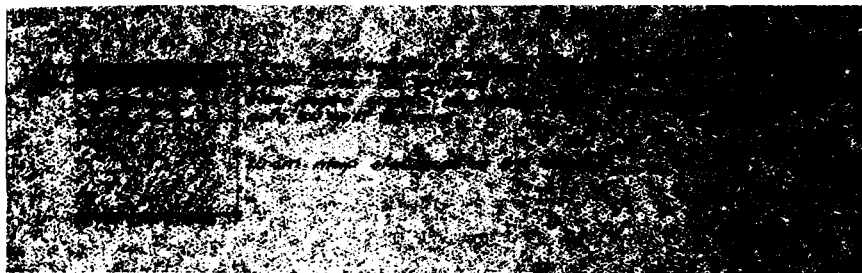
În orice caz pe sectoarele cu fisuri și crăpături a fost necesar să se execute lucrări de colmatare cu masă bituminosă sau cu bitum cald, operație deosebit de năzdrăvășie, cu randament scăzut, aspectul suprafeței colmatate fiind înestetic.

## 2.2. Stabilirea unei soluții tehnice noi, pentru evitarea tranșării fisurilor din stratul stabilizat cu ciment în îmbrăcămintea bituminosă

În anul 1970 s-a pus problema lărgirii drumului național 59 Timișoara - Aerevițe, pe primii kilometri de la 7 a parte carosabilă la 14 a parte carosabilă. Întrucât la Sag-Timișani, în apropierea gării existau cantități importante de nisip din rîul Timiș, s-a pus problema utilizării acestuia în sistemul rutier proiectat.

Ținînd seama de experiențe acumulate și a recomandărilor

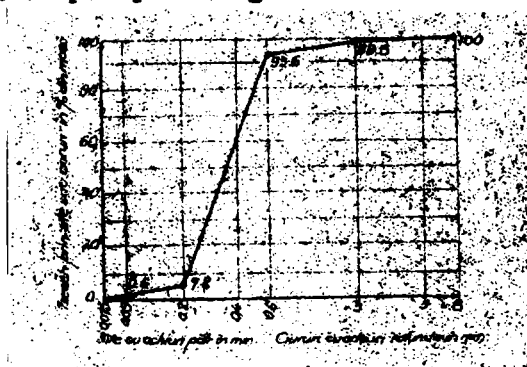




**Fig. IV.2. Sistemul rutier propus și aplicat  
pe D.N. 59 km 6+556 - 10+556**

Pentru realizarea sistemului rutier propus și aplicat (fig. IV.2.) s-a folosit următorul proces tehnologic :

- nisipul stabilizat cu ciment P.400 în proporție de 9 % și 9...11 % apă. Nisipul are caracteristicile prezentate în tabelul VI.1., ca o compoziție monogranulară arătată în fig. IV.3.



**Fig. IV.3. Compoziția granulometrică a nisipului  
utilizat la realizarea amestecului  
nisip-ciment**

—amestecul nisip-ciment s-a realizat în betoniere de 250 litri, iar compactarea s-a făcut într-un singur etap cu cilindrul compresor pe pneuri de 10...12 tone, plăci vibratoare și mișuri manuale. Rezistența la compresie obținută în laborator pe eprave cilindrice după 7 zile păstrare în atmosferă umedă a fost de  $17 \text{ DaN/cm}^2$ . După compactare, stratul de nisip-ciment a fost streșit 5...7 zile de două ori pe zi, cu apă sau bedijonat cu emulsie estioniolă 0,5 kg/mp sau acoperit cu folie de polietilenă.

După 7 zile stratul nisip-ciment a fost acoperit cu piatră spartă  $150 \text{ kg/m}^2$ , care la circa 12 zile de la data punerii în operă a nisipului-ciment a fost cilindrată până la înălțare, iar golarile de la suprafață au fost completate cu split bitumat (circa  $40 \text{ kg/m}^2$ ), cilindrarea continuându-se până la completă consolidare a stratului. Piatra spartă prin cilindrare pătrunde ușor în stratul de nisip-ciment realizând o bună legătură între straturi. Acest strat din piatră spartă îndopată cu split bitumat constituie un bun strat de bază pe care s-a aşternut în continuare bituminosă după tehnologia cunoscută.

Observațiile făcute în anii 1970...1973 asupra modului de comportare sub trafic a sectorului experimental executat în anul 1970, cu sistemul rutier propus, în care s-a introdus ca strat de bază piatră spartă îndopată cu split bitumat cilindrată mecanic, au permis să se facă următoarele aprecieri :

- în fabricașmintele bituminosă nu s-a trenenit nici o fisură din stratul de nisip-ciment, deci stratul de bază introdus este capabil să preia fisurile ce se produc în stratul de fundație din nisip stabilizat cu ciment ;

- comportarea întregului complex rutier în exploatare este corespunzătoare ;

- soluția propusă este eficientă, ușor de executat, se adaptează condițiilor tehnologice de la noi și în consecință poate fi generalizată ;

- soluția propusă a permis realizarea unei economii de 3 lei pe mp, ceea ce reprezintă 21 000 lei/km.

### 3. Concluzii

Având în vedere rezultatele obținute pe l.N. 59 Timișoara - Aoravițe km 6+356 - 10+556 și în urma observațiilor făcute în perioada 1970...1973 asupra modului de comportare sub trafic a unui sistem rutier în componența căruia autorul a introdus, pentru preluarea fisurilor din stratul de fundație stabilizat cu ciment, un strat de bază de 9 cm grosime după cilindrare,

din piatră spartă îndepătată cu split bitumat se pot trage următoarele concluzii :

- soluția propusă de introducere, între stratul de fundație din materiale stabilizate cu ciment și înbrăcămintea bituminosă, a unui strat de bază din piatră îndepătată cu split bitumat de 8 cm grosime după cilindrare, este corespunzătoare din punct de vedere tehnic, răspunzând în totalitate scopului de a împiedeca transmiterea fisurilor și a crăpăturilor din stratul de fundație în înbrăcămintea. Această soluție este nouă și pentru prima dată aplicată la noi în țară.

- procesul tehnologic de execuție este simplu și se poate realiza cu utilajele existente pe șantier și cu mână de lucru mai puțin calificată ;

- se economisesc materiale scumpe și deficitare ca bitum, filer, cribluri etc. ;

- executarea stratului de bază din piatră spartă îndepătată cu split bitumat se poate face mecanizat realizându-se productivități foarte mari, care asigură posibilitatea realizării înbrăcămintii bituminose într-un ritm mai alert, evitându-se stăgănirile din lipsă de front de lucru la aşternere ;

- stratul de bază poate fi lăsat o perioadă de timp în circulație, evitând cu eventualele defecțiuni care ar apărea să fie reparate înainte de aşternerea binderului.

Pe baza studiilor și experienței acumulate am întocmit " Instrucțiunile tehnologice de execuție privind soluția particulară pentru evitarea transmiterii fisurilor din straturile rutiere stabilizate cu ciment în înbrăcămintea bituminosă " ce au fost aprobate și difuzate de către M.I.T.C. Direcția generală a drumurilor București cu actul nr. T 232/10.096/19.I.1973 tuturor unităților în vederea aplicării /21/.

## TABELILE ANEXE

**la partea întâi " Contribuții la îmbunătățirea și dezvoltarea unor tehnologii rutiere "**

	pagina
<p><b> Tabelul 1.1. Caracteristicile medii ale nisipurilor de Timiș și Lureș utilizate la prepararea mortarului cu subif</b></p>	<p><b>95</b> ... ...</p>
<p><b> Tabelul 1.2. Dozaje de nisip folosite la prepararea mortarului cu subif în funcție de procentul de bitum din suspensie</b></p>	<p><b>96</b> ... ...</p>
<p><b> Tabelul 1.3. Caracteristicile fizico-mecanice ale covoarelor asfaltice din mortar cu subif</b></p>	<p><b>97-98</b> ... ...</p>
<p><b> Tabelul 1.4. Caracteristicile fizico-mecanice medii obținute pe grupe din carote prelevate din covoare asfaltice executate, din mortar cu subif</b></p>	<p><b>96</b> ... ...</p>
<p><b> Tabelul 1.5. Rate de trafic pe sectoare de drum având îmbrăcăminți din mortar cu subif</b></p>	<p><b>99</b> ... ...</p>
<p><b> Tabelul 1.6. Caracteristicile nisipului din mortarul cu subif folosit la penetrarea pietrei sparte</b></p>	<p><b>100</b> ... ...</p>
<p><b> Tabelul II.1. Caracteristicile granulometrice ale agregatelor minerale utilizate la prepararea anrobazelor bituminose</b></p>	<p><b>101</b> ... ...</p>
<p><b> Tabelul II.2. Dozaj aplicat inițial în anul 1964 la prepararea anrobazelor bituminose executate cu nisip bituminos</b></p>	<p><b>102</b> ... ...</p>
<p><b> Tabelul II.3. Dozaj îmbunătățit aplicat în anul următor la prepararea anrobazelor bituminose executate cu nisip bituminos.</b></p>	<p><b>102</b> ... ...</p>
<p><b> Tabelul II.4. Situația dezastrurilor pe sectoare de drum având îmbrăcămintea din anrobaze bituminose realizate cu nisip bituminos</b></p>	<p><b>103</b> ... ...</p>

<p><b>Tabelul II.5. Propuneri de lărgire a limitelor con-</b>  <b>ter granulo-metrice pentru agregatul mineral folo-</b>  <b>sit la prepararea anrobatelor bituminoase cu</b>  <b>nisip bituminos</b></p>	<p>104          ...</p>
<p><b>Tabelul II.6. Reflexiuni determinate cu deflectome-</b>  <b>trul cu pîrghie pe sectoare de drum avînd ca</b>  <b>strat de rulare anrobat bituminoase executate</b>  <b>cu nisip bituminos</b></p>	<p>105          ...</p>
<p><b>Tabelul III.1. Sectoare de drum pe care s-au executat</b>  <b>lucrări de stabilizare a pietruirii existente</b>  <b>cu var și bitumină</b></p>	<p>106          ...</p>
<p><b>Tabelul III.2. Caracteristicile fizico-mecanice</b>  <b>obținute pe epruveta cilindrică confecționată</b>  <b>în laborator din pietruirea stabilizată</b>  <b>cu var și bitumină</b></p>	<p>107          ...</p>
<p><b>Tabelul III.3. Cantitățile de materiale utilizate</b>  <b>pentru întreținerea sectoarelor stabilizate</b>  <b>complex cu var și bitumină</b></p>	<p>108          ...</p>
<p><b>Tabelul III.4. Eficiența economică a metodei de</b>  <b>întreținere prin stabilizare complexă cu var</b>  <b>și bitumină a M 6 Pînișoare-Sînnicolsa care</b></p>	<p>109          ...</p>
<p><b>Tabelul III.5. Sectoare pe care pietruirile din</b>  <b>calcar s-au tratat cu bitumină</b></p>	<p>110          ...</p>
<p><b>Tabelul III.6. Caracteristicile fizico-mecanice</b>  <b>obținute pe epruvete cilindrice confecționată</b>  <b>în laborator din pietruirea stabilizată cu</b>  <b>bitumină</b></p>	<p>111          ...</p>
<p><b>Tabelul IV.1. Caracteristicile principale ale nesi-</b>  <b>pului de Pînișeni folosit la realizarea stra-</b>  <b>tului de nisip-ciment</b></p>	<p>112          ...</p>

Tabelul I.1.

**Caracteristicile medii ale nisipurilor de Tiniş  
şi Mureş utilizate la prepararea mortarului cu subif**

Nr. ord.	Caracteristicii	U/E	Tipul nisipurii utilizat						
			121B	121B	211B	211B			
			1	2	3	4			
1	Compoziția granulometrică								
	- rest pe ciur de 3 mm	%	0,6	4,2	6,8	5,0			
	- rest pe ciur de 1 mm	%	0,8	4,0	1,3	4,0			
	- rest pe sita de 0,6 mm	%	2,0	7,0	37,0	44,0			
	- rest pe sita de 0,2 mm	%	77,0	72,2	49,5	42,2			
	- rest pe sita de 0,08mm	%	16,4	10,6	4,1	3,2			
	- trece prin sita de 0,08 mm	%	3,2	2,0	1,3	1,2			
2	Densitatea în grămadă în stare afinată	kg/m <sup>3</sup>	1400	1420	1480	1490			
3	Densitatea în grămadă în stare îndesată	kg/m <sup>3</sup>	1558	1590	1717	1730			
4	Densitatea aparentă	kg/m <sup>3</sup>	2600	2610	2620	2625			
5	Volururi de goluri în stare îndesată	%	40,0	39,0	33,5	34,0			
6	partea levigabilă	%	3,0	1,4	2,0	1,8			



Dozaje de nisip folosite la prepararea mortarului cu subif în funcție de procentul de bitum din suspensie.

Bitum în suspensie	Bitum raportat la masa mortarului uscat în				
	4,5	9,0	9,5	10,0	10,5
	Cantitatea necesară de nisip uscat, în kg.				
27,0	442	415	387	366	346
27,5	452	423	397	374	352
28,0	459	431	404	381	359
28,5	469	440	412	388	366
29,0	477	447	419	395	373
29,5	486	455	427	402	380
30,0	494	463	435	410	386
30,5	503	472	442	416	393
31,0	511	480	450	424	400
31,5	520	487	457	432	407
32,0	529	496	465	438	413
32,5	538	506	472	445	421
33,0	547	512	480	453	428

b. Tabelul este calculat în ipoteza menținerii unui dozaj constant de 160 kg.subif.

Tabelul 1.4

Caracteristici fizico-mecanice medii obținute pe grupe de carote pelevate din covorașe asfaltice executate din mortar cu subif.

nr. tip probei	Bitum	la 22°C kg/cm <sup>2</sup>	la 50°C kg/cm <sup>2</sup>	Coefficient de termo-stabilitate	$\gamma_{ap}$ t/m <sup>3</sup>	Abs.
1	7,5	22,0	8,5	2,6	1,97	10,0
2	7,7	27,5	12,0	2,3	1,96	9,1
3	7,9	27,0	10,0	2,7	1,98	8,2
4	8,0	26,0	11,0	2,4	2,00	8,0
5	8,5	25,0	10,0	2,5	1,90	10,7
6	8,8	26,0	9,3	2,8	1,96	9,3
7	9,0	25,0	10,0	2,5	2,01	9,2
8	9,3	27,0	12,0	2,2	1,99	8,6
9	9,5	24,0	11,0	2,2	1,96	7,8
10	10,0	24,0	10,0	2,4	2,02	7,7

Tab. nr. 1.3  
Caracteristici fizice - mecanice ale covorurilor asfaltice executate din mortar cu subli-

Nr. ord.	P.L.C.	Pozitia kilometri- tried	% bitum	Compozitia granulome- trică rest pe ciurel sau sala de analiză			Trec prin si- ta de 0,08 mm în	versit. aparentă t/m <sup>3</sup>	Absorb- tie de apă la 100 min
				3 mm	0,6 mm	0,2 mm			
1	79	km. 36 + 000 stg.	8,0	1,6	31,8	34,2	8,6	2,00	8,0
2	79	km. 35 + 200 stg.	7,9	3,0	50,0	38,0	6,5	1,98	8,2
3	79	km. 34 + 500 dr.	8,0	1,6	33,4	38,1	5,4	2,00	7,9
4	79	km. 14 + 000 dr.	8,2	3,1	49,5	39,7	4,3	2,02	7,5
5	79	km. 15 + 000 stg.	7,5	10,0	37,0	45,0	4,0	1,97	10,0
6	79	km. 37 + 730 dr.	8,9	4,7	29,0	30,5	13,2	1,95	9,8
7	79	km. 15 + 000 stg.	7,5	9,6	37,1	42,3	7,0	2,00	8,0
8	79	km. 17 + 250 dr.	7,7	8,1	42,6	43,0	4,8	1,96	9,1
9	79	km. 13 + 180 stg.	7,8	5,0	48,8	40,0	3,2	2,01	8,3
10	79	km. 20 + 300 dr.	8,1	10,6	38,5	39,8	7,3	2,00	8,0
11	6	km. 627 + 680 dr.	9,4	0,6	2,1	71,2	20,4	1,92	11,0
12	6	km. 602 + 400 stg.	9,4	0,4	1,4	72,1	21,0	1,90	11,0
13	6	km. 603 + 000 dr.	9,5	0,8	1,8	70,9	20,8	1,92	10,5
14	6	km. 604 + 100 stg.	8,5	1,4	2,4	73,9	14,3	1,90	10,7
15	6	km. 608 + 910 stg.	9,3	0,8	1,9	73,0	16,4	1,92	11,6
16	6	km. 609 + 300 stg.	8,7	2,0	9,5	74,2	8,8	1,95	10,0
17	6	km. 612 + 650 dr.	8,5	0,7	17,0	73,4	5,1	1,97	9,8

Continuare la tabelul 1

No. crt.	N. Positia kilome- trilor	Compositia granulometrica rest pe ciurul sau sita de bitum	Compositia granulometrica rest pe ciurul sau sita de bitum				Trec prin sita de 0,08 mm	Absorb- tie de apă	Volum inital
			3 mm	0,6	0,2	0,08			
18	6	km. 42+700 dr.	1,6	1,8	70,8	17,3	2,5	2,45	9,2
19	6	km. 62+400 stg.	2,0	4,3	73,2	15,2	7,3	1,99	9,6
20	6	km. 76+230 dr.	5,5	5,2	68,0	16,4	4,9	1,96	9,3
21	9	km. 16+850 dr.	1,1	18,3	62,8	11,2	5,6	1,90	10,0
22	9	km. 21+500 dr.	0,7	20,0	62,5	11,3	4,5	1,94	7,5
23	9	km. 18+520 stg.	1,5	29,2	60,0	6,5	2,8	1,85	10,4
24	9	km. 22+500 stg.	0,7	33,0	53,0	8,5	4,8	1,85	9,0
25	9	km. 18 +550 dr.	2,5	20,1	63,0	8,6	5,8	2,02	7,7
26	9	km. 20+500 stg.	1,9	18,8	60,2	16,1	3,2	1,92	9,5
27	9	km. 19+000 dr.	0,9	34,0	50,0	6,1	3,0	1,96	7,8
28	9	km. 16+250 stg.	1,9	26,0	64,2	4,5	3,1	1,89	9,4
29	9	km. 15+900 dr.	1,4	21,2	62,2	9,4	5,8	2,00	9,8
30	9	km. 7+600 dr.	0,8	21,0	68,0	4,1	6,1	2,01	9,2



Tabelul 1.6.

**Caracteristicile nisipului din mortarul cu subif  
folosit la penetrarea pietrei sparte**

<b>Caracteristica nisipului</b>	<b>U/m</b>	<b>Valoare</b>
<b>Densitatea în grămadă, în stare afinită</b>	<b>t/m<sup>3</sup></b>	<b>1466</b>
<b>Densitatea în grămadă, în stare indecată</b>	<b>t/m<sup>3</sup></b>	<b>1650</b>
<b>Volumul de goluri în stare indecată</b>	<b>%</b>	<b>38,4</b>
<b>Partea levigabilă</b>		<b>3,0</b>
<b>Compoziția granulometrică :</b>		
- rest pe ciurul de 8 mm	%	1,4
- rest pe ciurul de 3 mm	%	4,0
- rest pe ciurul de 1 mm	%	3,5
- rest pe sita de 0,6 mm	%	15,4
- rest pe sita de 0,2 mm	%	60,8
- rest pe sita de 0,09 mm	%	9,2
- trece prin sita de 0,09 mm	%	0,7



Tabelul II.2.

**Donaș aplicat inițial la prepararea anrobetelor  
bituminoase executate cu nisip bituminos**

nr. ord.	Material	Donaș	Bitum	Agre- gate
1.	Nisip bituminos (13,6 % bitum)	30,0	4,0	26,0
2.	Bitum industrial tip C (20 % din total bitum)	1,0	1,0	-
3.	Pietriș 7 ... 30 mm	31,0	-	31,0
4.	Nisip 0 ... 7 mm	33,0	-	33,0
5.	Filer calcar	5,0	-	5,0
<b>T O T A L :</b>		<b>100,0</b>	<b>5,0</b>	<b>95,0</b>

Tabelul II.3.

**Donaș îmbunătățit aplicat în anul următor  
la prepararea anrobetelor bituminoase  
executate cu nisip bituminos**

nr. ord.	Material	Donaș %	Bitum %	Agre- gate %
1.	Nisip bituminos (13,7 % Bitum)	29,2	4,0	25,2
2.	Bitum industrial tip C (25 bitum din bitum total)	1,3	1,3	-
3.	Pietriș 7 ... 30 mm	31,0	-	31,0
4.	Nisip 0 - 7 mm	33,5	-	33,5
5.	Filer calcar	5,0	-	5,0
<b>T O T A L :</b>		<b>100,0</b>	<b>5,3</b>	<b>94,7</b>

Tabelul II.4.

Situația degradărilor pe secțiune de drum  
având înbrăcămintea din anrobate bitumi-  
noase realizate cu nisip bituminos

Anul	Ingrășata degradată sub formă de gropi					
	LX 68/A îngoș- Fieșt km 1+028 10+900		LX 58/A îngoș- Boaga km 1+208 10+305		LX 58/A îngoș- Boaga km 10+305 -19+270	
	mp	%	mp	%	mp	%
1965	433	0,05	-	-	-	-
1966	202	0,39	322	0,60	-	-
1967	920	1,70	270	0,50	150	0,30
1968	2580	4,80	155	0,30	75	0,10
1969	1745	3,20	370	0,70	250	0,46
1970	3110	5,90	546	1,00	364	0,67
1971	2960	5,50	1046	1,95	970	1,80
1972	consolidat		865	1,60	320	0,96



Tabelul II.5.

Propuneri de largire a limitelor sonelor  
granulometrice pentru agregatul mineral  
folosit la prepararea asfalturilor bitumi-  
noase cu nisip bituminos

Curba granulometrică	prevăzută în norma- tiv - - -	propus
Trece prin sita de 0,075 mm	7...16	6...16
Trece prin sita de 0,2 mm	23...40	17...40
Trece prin sita de 0,6 mm	35...50	30...55
Trece prin ciurul de 1 mm	35...50	35...60
Trece prin ciurul de 3 mm	40...60	40...65
Trece prin ciurul de 5 mm	48...70	45...75
Trece prin ciurul de 8 mm	55...80	50...80
Trece prin ciurul de 15 mm	70...90	65...90
Trece prin ciurul de 25 mm	90...100	70...100
Trece prin ciurul de 30 mm	100	85...100
Trece prin ciurul de 40 mm		100

Deflexiuni determinate cu defletoometrul cu  
pirghie pe sectoare de drum avind ca strat  
de rulare asfaltate bituminose executate cu  
nisip bituminos

DR 68/A			
Ingoj - Făget			
km	Valoarea săgeții deformației elastice		
	mm	mm	mm
2+000	0,30	0,16	0,20
3+000	0,32	0,22	0,36
4+000	0,40	0,40	0,40
5+000	0,40	0,22	0,46
6+000	0,36	0,32	0,40
7+000	0,40	0,60	0,50
8+000	0,44	0,32	0,13
9+000	0,34	0,32	0,30
10+000	0,56	0,10	0,34
10+800	0,52	0,50	0,50

DR 58/A  
Ingoj - Soc-jă

1+700	0,40	0,38	0,42
2+800	0,70	0,40	0,74
3+200	0,33	0,30	0,32
4+000	0,50	0,40	0,64
5+000	0,64	0,64	0,34
6+000	0,56	0,40	0,58
7+000	0,50	0,50	0,40
8+000	0,36	0,38	0,42
9+000	0,33	0,36	0,64

Tabelul III.1

Sectoare de drum pe care s-au executat lucrări  
de stabilizare a pietruirii existente cu var și bi-  
tumină

Anul execu- ției	Sectorul numărul	Poziția kilometri- că	Lungi- mea km	Suprafa- ța m <sup>2</sup>
1963	Sectorul 1	564+300-580+000	15,7	94200
1964	Sectorul 2	580+000-589+000 603+300-610+300 614+000-620+000	22,0	132000
1965	Sectorul 3	589+000-603+300 610+300-614+000 624+520-631+400	24,88	149280
1966	Sectorul 4	631+400-641+465	10,065	60390
T o t a l :			72,645	435870

Caracteristicile fizico-mecanice obținute pe epruvete cilindrice confecționate în laborator din pietruirea stabilizată cu var și bitumină

Grup de probe model conu-	Conținut bitumină	Temperatura apei înainte de testare t/°C	R <sub>20</sub> în 22°C da N/cm <sup>2</sup>	R <sub>50</sub> în 50°C da N/cm <sup>2</sup>	Coeficient de dilatare termică rate	H după 7 zile de la laborare în apă da N/cm <sup>2</sup>	Modulul de elasticitate da N/cm <sup>2</sup>	Absorbția de apă			Observații
								% volum	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	
1	3,5	2,21	4,0	2,2	1,8	2,8	30,0	5,8	10,0	12	Sector corespunzător
2	3,5	2,20	5,0	2,7	1,8	3,8	24,0	7,3	9,0	10	Sector corespunzător
3	4,0	2,24	5,2	2,5	2,1	4,0	23,0	6,2	7,1	7,5	Sector corespunzător
4	4,1	2,23	4,5	2,2	2,0	3,2	29,0	5,5	6,9	7,7	Sector corespunzător
5	2,6	2,21	3,1	1,3	2,4	1,2	61,0	15,7	16,5	16,5	Sector degradat
7	2,5	2,20	2,5	1,5	1,7	1,0	60,0	16,4	17,2	-	Sector degradat
7	5,5	2,25	3,3	1,0	3,3	2,8	15,0	5,0	5,4	5,6	Sector vătărit



EFICIENȚA ECONOMICĂ A METODEI DE ÎNȚETINERE PRIN STABILIZARE COMPLEXĂ CU VAR ȘI BITUMINĂ A D.N 6 TIMISOARA - SINCICOLAU MARE.

Taboul nr. 9

SECTORUL	ANUL EXECUTIEI	Km	VALOAREA LUCRILOR DE ÎNȚETINERE A SECTOARILOR DE STABILIZARE				TOTAL	VALOAREA MEDIE A LUCRĂRII DE ÎNȚETINERE PRIN METODE VECHE / km/an	DIFERENȚA ÎNȚRE VAL. LUCRĂRII DE ÎNȚETINERE PRIN METODE DE STABILIZARE / km/an	DIFERENȚA VALORICĂ PE ÎNȚETINERE PERIODĂ DE ÎNȚETINERE A SECTORULUI - lei	MEDIA PE AN ÎNȚETINERE TRANSPORTATE PE 21 Km (1965)	TONE NETO TRANSPORTATE PE AN ȘI KM	ECONOMIE ÎN / lei/km/an	TOTAL ECONOMII DIN EXPLOATARE lei.	TOTAL ECONOMII DIN ÎNȚETINERE + EXPLOATARE - lei
			1964	1965	1966	1967									
0	1	21	3	4	5	6	7-5.6	8	9-8-7	10-9-2+6	11	12	13	14	15-10+14
1	1963	63.000	5000	6700	8000	14.000	35.700	96700	5000	392500	1088	326.400	0,065	-1330000	-1722000
2	1964	22.000	32500	5800	8700	10.400	28.900	91400	1900	167200	1088	326.400	0,065	-1400000	-1567200
3	1965	24.800	55000	—	—	11.400	21.400	76400	7000	44800	1088	326.400	0,065	-1060000	-1015200
4	1966	10.065	58600	—	—	10700	10700	69300	9800	196000	1088	326.400	0,065	—	219000

Tabelul 11.5.

Sectoare pe care pietruirile din calcar  
s-au tratat cu bitumină

Anul con- struc- ției	Sectorul pe lă 57	Posiția kilo- metrică veche	lungi- nea (m)	Supra- fața (m <sup>2</sup> )
1965	Urșova-Casane	9+100- 12+150	3050	28800
		16+000- 17+750	<u>1750</u> 4800	
1966	Casane-Vinița	12+150- 16+000	3850	120000
		17+750- 27+000	9250	
		42+700- 44+200	1500	
	Coronâni-Loldova Veche	92+600- 98+000	<u>5400</u> 20000	
1967	Flavișevița - Tinevița Bersenen - Coronâni - Loldova Veche Loldova Veche Roșjens	27+000- 41+000	14000	
		67+860- 68+860	700	
		90+900- 92+600	1700	
		98+000- 99+750	1750	
		107+400- 109+000	<u>1600</u> 19750	118500
T O T A L :			44550	267180

Caracteristicile fizico-mecanice obținute pe epruvete cilindrice confecționate în laborator din pietrușea stabilizată cu bitumină

Numărul probei	ultrasonic (%)	Lăzitate apă rentă (g/cm <sup>3</sup> )	Rezistență la presiune la 20°C (da N/cm <sup>2</sup> )	Rezistență la presiune la 50°C (da N/cm <sup>2</sup> )	Coeficient de termocontractie tato	Inerție în apă după 24 ore	Căderea în apă după 24 ore (%)	Absorbție de apă			Osmopetia
								după 2 ore	după 6 ore	după 24 ore	
1	3,0	2,23	5,0	3,0	2,0	4,0	37	5,0	7,0	8,0	Sector corespunzător
2	3,5	2,28	6,0	5,0	1,6	5,2	35	4,0	6,0	7,0	Sector corespunzător
3	3,9	2,27	7,5	4,0	1,9	5,0	33	3,5	5,0	6,2	Sector corespunzător
4	3,4	2,22	7,0	3,5	2,0	4,5	35	5,4	7,6	10,4	Sector corespunzător
5	2,6	2,28	3,0	5,0	1,6	3,0	62	13,0	14,5	16,0	Sector cărac în bitumină
6	2,2	2,30	3,0	5,0	1,8	3,1	65	13,0	16,0	-	Sector cărac în bitumină
7	5,1	2,31	4,5	2,5	1,8	3,8	20	3,0	3,6	4,0	Sector cu exces de bitumă mină
8	5,3	2,32	4,0	2,0	2,0	3,0	25	2,8	3,2	4,0	Sector cu exces de bitumă mină



Caracteristicile principale ale nisipului  
de Timișani folosit pentru realizarea  
stratului de nisip - ciment

Compoziția granulometrică

- rest pe	3 mm	0,2 %
- rest pe	1 mm	0,4 %
- rest pe	0,6 mm	5,8 %
- rest pe	0,2 mm	86,4 %
- rest pe	0,09 mm	6,6 %
- rest pe	0,08 mm	0,2 %
- trece prin	0,08 mm	0,4 %

Curba granulometrică

- trece prin	0,08 mm	0,4 %
- trece prin	0,09 mm	0,6 %
- trece prin	0,2 mm	7,2 %
- trece prin	0,6 mm	93,6 %
- trece prin	1 mm	99,4 %
- trece prin	3 mm	99,8 %
- trece prin	8 mm	100,0 %

Densitatea în grămadă în stare afinită	1310 kg/m <sup>3</sup>
Densitatea în grămadă în stare îndesată	1510 kg/m <sup>3</sup>
Densitatea aparentă	2600 kg/m <sup>3</sup>
Volumele de goluri în stare îndesată	39 %
Parte levigabilă	0,8 %
Substanțe lumice	lipă

## BIBLIOGRAFIE

referitoare la partea întâi " Contribuții la îmbunătățirea și dezvoltarea unor tehnologii rutiere "

1. Nicoară, L. O metodă pentru îmbunătățirea calității covoarelor de mortar asfaltic cu suuif. Reviste Transporturilor, Nr.11, 1960.
2. Nicoară, L. ș.a. Utilizarea deșeurilor de carbonat de calciu de la fabrica de zahăr în loc de filer pentru corectarea nisipului ce se utilizează la prepararea mortarului asfaltic în stația de suuif "Leg". Inovație vizată la I.C.C.T. Păzișoara în august 1960.
3. Bilțiu, A. Nicoară, L. Instrumător pentru laboratorul șantierului de drumuri. București, Editura tehnică, 1971.
4. Nicoară, L. Bilțiu, A. Observații cu privire la modul de comportare în exploatare a covoarelor asfaltice din mortar cu suspensie de bitum filerizat. Sesiune de comunicări I.C.C.T. București, noi, 1973.
5. Arcubide, J. Duriez, J. Dictionnaire routiers et enrobés. Editions du Centre de Travaux Publics, Paris, Editura Bouvard, 1959.
6. Nicoară, L. Bilțiu, A. Rezultate obținute la executarea laboratoriale a covoarelor asfaltice ușoare în direcția regională a drumurilor șant. Construcții în transporturi, Vol. 15-1, 1967.
7. Nicoară, L. ș.a. Considerații asupra comportării sub trafic a lucrărilor de îmbunătățire a drumului național Păzișoara-Arad. Reviste Transporturilor, nr.1, 1969.
8. Nicoară, L. Potocaru, I. Routes technologiques en roumanie. Comunicare la sesiunea de studii tehnice rutiere, Paris, 1969.

9. Nicoră, L. Observații asupra unei îmbrăcăminți bituminose realizată din piatră spartă stabilizată cu mortar cu cubif și etanșată printr-un tratament la cald. *Construcții în Transporturi*, vol. XII, 1970.
10. Nicoră, L. Bilițiu, A. De l'expérience de l'asphalage de certaines routes à trafic faible. III<sup>e</sup> Conférence routière de Bucarest, 1973. (Publicată în volum).
11. Nicoră, L. Bilițiu, A. Ionescu, N. Routes économiques. Routes à faible circulation. Rapport national présenté pour celui de XI<sup>e</sup> Congrès Mondial de Travaux de Routes de Mexico, - 1975.
12. Nicoră, L. Bilițiu, A. Considerații asupra metodei de întreținere a drumurilor împietruite prin stabilizare complexă cu var și bitumină. *Construcții și transporturi*, vol. XIII-IV, 1968.
13. Nicoră, L. Bilițiu, A. Considerații asupra metodei de întreținere a drumurilor împietruite prin stabilizare cu var și bitumină. *Revista Transporturilor*, Nr. 2, 1968.
14. Nicoră, L. Bilițiu, A. Întreținerea drumurilor împietruite prin stabilizare cu var și bitumină. *Buletinul de informare tehnică - D.I.T.*, cecet 10, construcții inginerești, 1969.
15. Nicoră, L. Bilițiu, A. Studii și experimentări asupra utilizării bituminii la stabilizarea împietruirilor din material calcaros. *Construcții în transporturi*, vol. XVIII, 1969.
16. Nicoră, L. Soluții particulare pentru evitarea transmiterii fisurilor din straturile rutiere stabilizate cu ciment în îmbrăcămintea bituminosă. *Sesiune de comunicări, I.S.C.T. București*, mai, 1973.

17. Jerean, S. Tendințe de fisurare a fațcămintăilor asfaltice aplicate pe cuise stabilizate cu ciment. Construcții în transporturi, vol. XII, 1970.
18. Rafiroiu, M. ș.a. Considerații pe marginea normativului condiționat C.25-62 pentru proiectarea și executarea straturilor din pământ stabilizat cu ciment la lucrările de drumuri. Reviste Transporturilor, Nr. 8, 1965.
19. xxx - Comité des routes souples. Rapport. Congrès Mondial Prague, 1971.
20. xxx - Instrucțiuni tehnice departamentale pentru proiectarea și executarea straturilor din materiale cu ciment la lucrările de drumuri și aeroporturi, indicativ C.L.25-67, elaborate de I.C.T.A.N.A., București, 1967.
21. xxx - Instrucțiuni tehnice de execuție privind soluția particulară pentru evitarea transmiterii fisurilor din straturi rutiere stabilizate cu ciment în fațcămintea bituminoasă. Laborată de Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, Facultatea de construcții, 1973.
22. xxx - Instrucțiuni pentru organizarea și executarea lucrărilor de drumuri folosind suspensia de bitum filerizat (subif), indicativ 69.02-55. I.C.F.A.N.A., București, 1955.
23. xxx - Normativ condiționat departamental pentru întreținerea perfecționată a drumurilor impletuite, indicativ C.L. 16-65. I.C.T.A.N.A., București, 1966.
24. xxx - Instrucțiuni tehnice departamentale pentru prepararea suspensiilor de bitum filerizat și executarea lucrărilor de drumuri folosind suspensia de bitum filerizat, indicativ C.L. 34-68. I.C.T.A.N.A., București, 1968.

...00000000...

TABLA DE MATERII

	pagina
<b>PARTEA I-III - <u>CONTRIBUTII LA IMBUNATATIREA SI</u> <u>DEZVOLTAREA UNOR TEHNOLOGII RUTIERE</u></b>	<b>10</b>
<b><u>Generalitati</u></b>	<b>10</b>
<b>Capitolul I. <u>TEHNOLOGII IMBUNATATITE PENTRU UTILIZAREA</u> <u>MAI EFICIENTA A MORTARELOR CU SUSPENSII DE</u> <u>BITUM FILERIZAT IN TABLICA RUTIERA</u></b>	<b>12</b>
<b>1. <u>METODE NOI PENTRU IMBUNATATIREA CALITATII</u> <u>MORTARULUI CU SUBIF</u></b>	<b>12</b>
<b>1.1. <u>Imbunătățiri aduse tehnologiei de preparare</u> <u>a suspensiei de bitum filerizat</u></b>	<b>13</b>
<b>1.2. <u>Imbunătățiri aduse mortarului cu subif</u></b>	<b>17</b>
<b>1.2.1. <u>Dirigirea zonei granulometrice pentru</u> <u>nisipurile folosite la prepararea</u> <u>mortarului-subif</u></b>	<b>17</b>
<b>1.2.2. <u>Imbunătățirea tehnologiei de execuție</u> <u>a mortarului cu subif</u></b>	<b>19</b>
<b>1.3. <u>Consideratii privind comportarea in exploatare</u> <u>a covorurilor asfaltice executate din mortar</u> <u>cu subif</u></b>	<b>23</b>
<b>1.3.1. <u>Cu privire la compoziția granulometrică</u> <u>a nisipurilor folosite și dozajul de</u> <u>bitum</u></b>	<b>24</b>
<b>1.3.2. <u>Cu privire la caracteristicile fizico-</u> <u>mechanice ale mortarului cu subif</u></b>	<b>26</b>
<b>1.3.3. <u>Observații cu privire la defectiunile</u> <u>covorurilor asfaltice din mortar cu</u> <u>subif</u></b>	<b>27</b>
<b>2. <u>DIVERSIFICAREA UTILIZARII MORTARULUI CU SUBIF IN</u> <u>TABLICA RUTIERA</u></b>	<b>28</b>
<b>2.1. <u>Binder cu subif</u></b>	<b>29</b>

2.2. <u>Imbrăcăminte bituminosă din piatră spartă penetrată cu mortar cu subif și etanșeizată cu tratamente la cald</u>	30
2.2.1. Caracteristicile soluției adoptate	32
2.2.2. Procesul tehnologic de realizare a imbrăcăminții rutiere	33
2.2.3. Comportarea imbrăcăminții în exploatare	37
2.2.4. Concluzii	39
<b>Capitolul II. <u>STĂTURI RUTIERE DIN ANROBATE BITUMINOASE EXECUTATE DIN AGREGATE MINERALE LOCALE ȘI NISIP BITUMINOS</u></b>	<b>41</b>
1. <u>Materiala și dozajele utilizate la prepararea anrobatelor bituminose</u>	41
2. <u>Considerații asupra imbrăcămintilor bituminose realizate din agregate minerale locale și nisip bituminos</u>	43
2.1. Comportarea în exploatare a sectoarelor realizate cu anrobate bituminose	43
2.2. Cu privire la conținutul de liant în mîsură	45
2.3. Cu privire la zona granulometrică a agregatelor folosite pentru fabricarea anrobatelor bituminose cu nisip bituminos	48
3. <u>Concluzii</u>	50
<b>Capitolul III. <u>CONTRIBUȚII LA UTILIZAREA LAI EFICIENȚIA A DITELINEI PENTRU STABILIZAREA DRUMURILOR PIETRUITE</u></b>	<b>51</b>
1. <u>Stabilizări complexe cu var și bitumină a pietruirilor existente</u>	51
1.1. Materiale și dozaie utilizate pentru executarea lucrării	53
1.2. Stabilirea procesului tehnologic de execuție	56
1.3. Comportarea în exploatare a pietruirii stabilizată complex cu var și bitumină	59
1.4. Studii asupra carotelor prelevate din pietruirea stabilizată complex cu var și bitumină	67

1.5. Concluzii privind întreținerea druzurilor pietruite prin metoda stabilizării complexe cu var și bitumină.	69
<b>2. <u>Tratarea pietruirilor din calcar, cu bitumină</u></b>	<b>73</b>
2.1. Materiale, dozaaje și proces tehnologic aplicat	74
2.2. Comportarea în exploatare a pietruirii calcaroase stabilizate cu bitumină	77
2.3. Observații ce rezultă din stadiul făcut în laborator asupra probelor prelevate din pietruirea calcaroasă stabilizată cu bitumină	80
<b>Capitolul IV. <u>UN SOLUȚIE TEHNICĂ PENTRU EVITAREA TRANSMITERII FISURILOR DIN STRATURIILE SUBLIME STABILIZATE CU CIMENT ÎN IMBRĂCĂMIȚA BITUMINOASĂ</u></b>	<b>83</b>
1. <u>Considerații asupra stadiului tratării în literatură a problemei apariției și transmiterii fisurilor</u>	83
2. <u>Studii și experimentări întreprinse pentru repararea și evitarea transmiterii fisurilor în imbrăcămintele bituminoase</u>	86
2.1. Soluții experimentale pentru colmatarea fisurilor	88
2.2. Stabilirea unei soluții tehnice noi, pentru evitarea transmiterii fisurilor din stratul stabilizat cu ciment în imbrăcămintea bituminoasă	88
3. <u>Concluzii</u>	91
TABLELE ANEXE	92
BIBLIOGRAFIE	113
TABLA DE MATERII	116

## **PARTEA A DOUA**

### **Defecțiuni ale îmbrăcăminților rutiere bitumoase**



## PARTEA A DOUA

### DEFECIUNILE ALE ÎMBRĂCĂMINTELOR RUTIERE BITUMINOASE

#### Generalități

Datorită multiplelor avantaje tehnice și economice pe care le prezintă, majoritatea țărilor lumii au construit stratul de rulare, al sistemelor rutiere aplicate, din mixturi asfaltice de diverse tipuri, ajungându-se astfel ca în unele țări peste 80 % din drumurile principale să aibă îmbrăcăminti bituminoase.

La noi în țară peste 90 % din drumurile imbuștățite și modernizate, au îmbrăcăminti bituminoase. În Direcția de drumuri și poduri Timișoara din cei 1484 km drumuri modernizate, 1237 km au îmbrăcăminti bituminoase.

În general, îmbrăcămintile bituminoase, satisfac atât din punct de vedere al confortului cât și din punct de vedere al siguranței circulației exigențele utilizatorilor. De asemenea majoritatea specialiștilor consideră că mixturile asfaltice, adaptate din punct de vedere al compoziției și a tehnologiei de fabricație și punere în operă, exigențelor traficului și condițiilor climatice, sînt capabile să formeze structuri rutiere durabile care să asigure o exploatare eficientă a drumurilor.

Construcția și întreținerea drumurilor necesită, studii aprofundate pentru proiectare și în etapa actuală specialiștii din lumea întreagă, cu toate eforturile făcute, nu au reușit să stabilească metode de calcul care să ia în considerare toate solicitările la care sînt supuse complexele rutiere, iar punerea în operă a unor mari cantități de materiale pentru realizarea lucrărilor nu se face întotdeauna în cele mai bune condiții, de aceea sub influența traficului și a altor factori externi drumurile în exploatare pot suferi o serie de defecțiuni.

## Capitolul V. CONSIDERĂRI ASUPRA ÎMBRĂCĂMIȘILOR BITUMINOASE

Vom prezenta succint câteva date asupra stadiului actual al tratării unor probleme principale privind calitatea îmbrăcămiștilor rutiere bituminoase, referindu-ne și la cauzele generale care provoacă defecțiuni ale acestora.

### 1. Stadiul problemei dimensionării sistemelor rutiere noi și a reînnoirii sistemelor rutiere existente.

Problema drumurilor cu îmbrăcămiși bituminoase, a fost amplu dezbătută la cel de al XIV-lea Congres Mondial de Drumuri de la Praga, datorită preponderenței acestor îmbrăcămiși în rețelele rutiere ale majorității țărilor.

S-a căutat definirea unor direcții de cercetare pentru găsirea unor soluții, în vederea măririi duratei de serviciu a drumurilor, prin evitarea defecțiunilor frecvente.

O primă condiție pentru o comportare cât mai bună în exploatarea a sistemelor rutiere, este dimensionarea lor cât mai rațională.

- În Anglia, cercetarea fundamentală în acest domeniu, s-a concentrat asupra fenomenului de oboseală și asupra deformațiilor materialelor rutiere. Scopul cercetării a fost fundamentarea teoretică a dimensionării sistemelor rutiere și valorificarea experienței obținute în timpul exploatării.

Traficul s-a apreciat prin numărul cumulat de osii standard ( 8,2 t), pe care trebuie să-l suporte calea pe tot timpul duratei de serviciu prevăzută, iar grosimile straturilor sînt reprezentate într-o serie de abace în funcție de acest număr.

- În R.S. Cehoslovacă, s-a preconizat introducerea metodei bazată pe criteriul deflexiunii elastice, care presupune introducerea unor metode de încercări dinamice, luarea în considerare a regimului de umiditate și temperatură etc.

Se determină astfel grosimea totală a sistemului rutier ținînd cont de regimul apelor și de sensibilitatea pămîntului la îngheț. În cazul pămînturilor gelive, grosimea totală trebuie să

gie de minia 0,6 Hgel. (Hgel fiind adincimea de penetrare a inghetului).

S-a studiat influența temperaturii asupra capacității portante a sistemului rutier, constatându-se următoarele că: influența temperaturii asupra comportării sistemelor rutiere nerigide, este deosebit de importantă, deflexiunea maximă putând avea loc primăvara, în timpul deșghețului; cea mai mare parte a deflexiunilor, se manifestă în straturile bituminose ale drumului.

- În Franța, s-a conturat părerea că punerea la punct a unei metode de dimensionare rațională, realistă și practică este problematică și de aceea factorii interesați au elaborat un catalog al structurilor tip.

În funcție de calitatea stratului suport, (teren de fundație, sau vechea pietruire) și de intensitatea traficului, în catalog se prezintă diferite structuri de sisteme rutiere posibile, pentru care s-au indicat și tehnologiile respective.

Terenurile de fundație au fost grupate în 4 clase, ținând seama de caracteristicile geotehnice ale pământului de fundație și de nivelul pânzei de apă freatică, adâncime de îngheț, etc.

Traficul în funcție de intensitate, a fost împărțit în 4 categorii, pornind de la traficul slab < 500 vehicule /zi în două sensuri de circulație, la traficul ce se poate desfășura pe autostrăzi de 15.000 - 20.000 vehicule/zi.

Catalogul se prezintă sub formă de fișe, fiecare referință se la un tip de structură definită de procesele tehnologice, folosite în straturile de fundație și de bază.

Catalogul structurilor tip, prezintă următoarele avantaje: permite suprimarea structurilor greu adaptabile și uniformizarea producției de agregate minerale, inginerii proiectanți pot să-și concentreze activitatea mai mult asupra soluționării altor probleme importante de concepție etc.

- În R.F. Germania, dimensionarea sistemelor rutiere se face tot pe baza unor cataloage de structuri tip, cu ajutorul calculatoarelor electronice, care permit determinarea foarte rapidă a eforturilor și tensiunilor în diferite puncte luate în întimplare într-un sistem multietrat pentru sollicitări variabile, atât verticale cit și orizontale.

- În Japonia, după ultimul Congres de la Tokyo, s-a propus pentru dimensionare relația:

$$H = \frac{58,5 \cdot p^{0,4}}{C.B.R. \cdot 0,6} \quad (V.1)$$

în care: p - încărcarea pe roată (în tone)

C.B.R. - indice portant californian.

S-a elaborat un tabel de grosimi ale sistemelor rutiere în funcție de C.B.R. și de categoria de trafic, ținându-se seama de numărul de camioane grele, care circulă zilnic într-un sens.

De asemenea, s-au elaborat coeficienți de echivalare a straturilor. Adâncimea de îngheț se determină cu o relație empirică:

$$Z = C \cdot \sqrt{F} \quad (V.2)$$

în care: Z - adâncimea de îngheț

C - constantă, care variază în funcție de starea drumului, de la 3 ... 5

F - indice de îngheț ( $^{\circ}\text{C}$ , zile)

- În R.S. România, dimensionarea sistemelor rutiere nerigide se bazează pe criteriul deformației admisibile a îmbrăcăminții sub influența traficului. Se consideră drept deformație admisibilă, deformația maximă, care se admite sub acțiunea încălzirilor, astfel încât în îmbrăcămințe să nu apară fisuri.

De asemenea menționăm că este în curs de introducere o metodă de dimensionare bazată pe criteriul deformației elastice statice admisibile a îmbrăcăminții, materialele care alcătuiesc straturile rutiere caracterizându-se prin valoarea modulelor de elasticitate.

- În domeniul ranforsării sistemelor rutiere nerigide s-a arătat că, în general durata de serviciu a unei îmbrăcăminți rutiere bituminosă, este afectată de uzură, ghețuire, vânturire, fisurare și falanțare, etc. datorită desigurii efectului traficului și în consecință în general după 5 pînă la 10 ani, este necesară aplicarea unui nou strat de uzură pe aceste drumuri.

Congresul de la Praga a analizat problema ranforsării sistemelor rutiere vechi, arătînd că este necesar să se adapteze

capacitatea portantă a acestora la condițiile de trafic actual și de perspectivă.

Toate drumurile mai vechi, suferă degradări datorită dezvoltării traficului și mai ales traficului greu. În paralel, creșterea vitezei de circulație, sporște exigența față de orice degradare existentă pe drum și care afectează siguranța și confortul utilizatorilor.

În consecință, cheltuielile de întreținere cresc într-un ritm vertiginos. Necesitatea renforțării sistemelor rutiere se impune în diverse țări, pentru toate cotele orile, începând cu autostrăzile și până la drumurile secundare, astfel:

- în R.D.G. și R.F.G., problema cea mai actuală este aceea a renforțării autostrăzilor construite înainte de cel de al 2-lea război mondial.

- în Italia se consideră că 50 % din autostrăzile vechi trebuie renforțate.

Renforțarea se impune de asemenea pe drumurile principale.

- în Spania, Japonia, Danemarca, U.R.S.S., Polonia, se pun aceleași probleme;

- în Franța, este necesară renforțarea pe 30 ... 50 % din lungimea rețelei de drumuri naționale.

- Aceeași problemă se impune și în R.S.România.

Resursele de materiale necesare pentru acțiunea de renforțare a sistemelor rutiere existente sînt foarte vari, de aceea în multe țări asemenea lucrări nu țin pas cu dezvoltarea traficului.

O problemă comună pentru toate țările unde există pericolul distrugerii drumurilor în condițiile îngheț-dezghețului, este aceea de a realiza renforțarea astfel, încît drumurile renforțate, să fie scosese de sub influența îngheț-dezghețului și să se poată circula pe ele în condiții convenabile, fără interalarea traficului în perioadele de dezgheț.

Necesitățile de renforțare în diferite țări sînt în consecință legate de doi parametri: sarcina pe osie și înghețul. În toate țările, primul semnal de alarmă rezultă din aprecierea vizuală globală a stării suprafeței de rulare (volumul cheltuielilor de

intreținere, observarea apariției deformațiilor, fisurilor, înclăștrărilor, etc). Unele țări apreciază capacitatea portantă a complexelor rutiere în mod obiectiv cu ajutorul unor aparate ca: indicatorul de confort în S.U.A. și viagraful în Belgia; analizatorul profilului și transprofilograful în Franța; măsurarea deflexiunilor cu ajutorul deflectografului Lecroix în Franța, Anglia, R.S. România, Spania, Italia, Elveția, S.U.A.; măsurarea deflexiunilor cu deflectometrul Benkelmann în: Canada, Danemarca, Spania, Franța, Anglia, Japonia, R.P. Polonă, R.S. România, U.R.S.S., S.U.A.

Documentele Congresului de la Praga 1971, arată că ținând seama de considerentele economice (insuficiența creditelor acordate și necesitatea absolută de a efectua ranforsări corecte) pentru a evita supra sau subdimensionarea, toate țările caută să adopte metode cât mai raționale.

Criteriile cele mai folosite pentru stabilirea necesității și dimensionării ranforsărilor sînt următoarele:

- valoarea deflexiunilor elastice;
- raza de curburi a deflexiunii;
- carotarea și examinarea structurii existente;
- extrapolarea metodelor de dimensionare pentru drumuri noi.

Se subliniază că aceste metode sînt frecvent folosite în combinație unele cu altele.

În ceea ce privește dimensionarea ranforsărilor, în diferite țări, se ține seama de următoarele:

- intensitatea traficului, mai ales intensitatea traficului greu, atribuind ranforsărilor o durată de serviciu, exprimată în numărul de treceri maxime recomandat; se consideră că, actualmente nu există încă date suficiente, asupra duratei de serviciu a materialelor folosite, extrapolarea rezultatelor obținute în laborator pare neconcludentă; datele asupra coeficienților de echivalență a diverselor autovehicule nu sînt suficient de bine stabilite

- la ranforsări trebuie să se acorde o importanță deosebită problemei așezării corpului drumului;

În domeniul materialelor folosite pentru ranforsare Congresul XIV-lea (Praga 1971), apreciază că amestecurile bituminoase, în toată diversitatea lor, reprezintă materialele cele mai potrivite pentru ranforsări, tocmai datorită aptitudinii lor de a putea fi puse în operă sub circulație și de o bună adaptabilitate.

Cind din calculul de dimensionare al ranforsării rezultă grosimi excesive ale straturilor din mixturi asfaltice de ordinul 15 ... 20 cm., din considerente economice, majoritatea țărilor interpun între înbrăcămintea vechiului drum și noua înbrăcămintă un strat de bază care poate fi constituit din:

- balast stabilizat cu ciment sau bitum;
- balast stabilizat cu zgură de furnal;

În mod frecvent lucrările de ranforsare sînt însoțite de lărgiri ale platformei și de corectarea unor elemente geometrice (curbe periculoase etc.).

În ceea ce privește ranforsarea, Congresul de la Praga menționează ca neresolvate o serie de probleme ca de exemplu:

- inexistența unei metode simple și exacte de dimensionare a ranforsărilor;

- nu se poate determina exact capacitatea portantă a drumurilor existente;

- nu se cunosc încă unele date care au importanță deosebită, dintre care se menționează faptul că nu se poate preciza grosimea stratului de anrobat necesar pentru a evita transmiterea fisurilor din straturile de balast stabilizat cu ciment;

- nu s-a rezolvat problema executării lucrărilor de ranforsare în perioadele reci și ploioase ale anului;

- nu se cunosc suficient efectele fondanților chimici asupra comportării înbrăcămintilor bituminose;

- nu sînt elucidate în totalitate cauzele cele mai frecvente care conduc la degradarea înbrăcămintilor bituminose;

În acest context se încadrează și preocupările noastre, încredinșate pe baza observațiilor făcute, a studiilor și experiențelor efectuate să găsim soluțiile cele mai potrivite pentru tratarea defecțiunilor înbrăcămintilor rutiere și mai ales pentru prevenirea lor.

Studiile au fost efectuate pe drumurile naționale din zona Direcției de drumuri și poduri Timișoara, cuprinse în Județele Timiș, Arad, Hunedoara și Caraș-Severin. Toate sectoarele au înbrăcăminti bituminose, lungimea totală a sectoarelor studiate fiind de 562 km.

In tabelul V.1 sînt arătate drumurile naționale pe care s-au făcut studii și observații mai aprofundate asupra defecțiilor apărute în decursul anilor, precum și experimentarea tehnologiilor propuse pentru prevenirea și remedierea acestora.

## 2. Factorii principali care influențează calitatea îmbrăcămintilor bituminose.

Calitatea îmbrăcămintilor bituminose, este o noțiune complexă. Pentru definirea ei /84/, trebuie să se țină cont de foarte mulți parametri legați de compoziția mixturilor asfaltice, de condițiile de trafic, de climă, etc.

Mixturile asfaltice sînt materiale cu proprietăți visco-elastice, proprietățile lor mecanice variînd în funcție de temperatură și de viteza de aplicare a sarcinilor.

Dintre calitățile suprafeței îmbrăcămintilor rutiere considerăm deosebit de importante: uniformitatea, rugozitatea și impermeabilitatea.

Uniformitatea suprafeței de rulare, caracterizează regularitatea și permanența profilului său. Se consideră o suprafață uniformă aceea a cărui profil în lung și transversal, nu diferă decît foarte puțin de cel teoretic /21/, /201/, /212/, /226/ și care este lipsit, în special, de denivelări și ondulații.

Uniformitatea este o calitate esențială nu numai pentru confortul utilizatorilor, dar și pentru reducerea cheltuielilor de transport și a uzurii autovehiculelor.

Este desigur necesar ca o foarte mare uniformitate să se asigure pe drumurile cu circulație intensă și în primul rînd pe autostrăzi.

Prima condiție /21/ pentru a se obține o suprafață uniformă este deci aceea de a executa sistemul rutier, în conformitate cu calculele de dimensionare sau ranforsare. Este puțin probabil să se va putea compensa prin diverse completări, o uniformitate care nu se a realizat corespunzător la execuție. Este clar că mecanizarea lucrărilor, agiterarea mixturii asfaltice în straturi cu ajutorul finisarelor perfecționate, asigură și condiția



realizării unei uniformități net superioare cele obținute prin aşternere manuală sau cu utilaje mai puțin adecvate (dispozitive tractate, etc).

Uniformitatea suprafeței de rulare, se degradează pe parcursul exploatării sale, datorită următoarelor defecțiuni:

- apariția vălurilor și a refulărilor în cazul mixturilor asfaltice, caracterizate printr-o insuficientă stabilitate la cald;
- apariția vălurilor și a suprafețelor șiroite datorită esenței unor tratamente superficiale necorespunzătoare;
- desprinderea pe porțiuni limitate a stratului de rulare de pe stratul suport, defecțiune cunoscută sub denumirea de pelodii;
- defecțiuni provocate pe timp de iarnă de circulația autovehiculelor echipate cu pneuri cu crampono.

Măsurarea uniformității se face cu o gamă largă de aparate, începând cu lata de 3 m și continuând cu:

- profilografal tip Boulet;
- viagraful, care măsoară denivelările locale ale profilului în lung, în raport cu linia medie a acestuia; se ia drept criteriu de uniformitate un coeficient proporțional cu suprafața totală cuprinsă între linia medie și curba înregistrată;
- altigrafal, care înregistrează unghiul dintre verticală și profilul în lung; se obține:  $\alpha = \frac{dy}{dx}$ , cu ajutorul căruia se determină profilul prin integrare;
- indicatorul de confort care ține seama de efectele dinamice reale, incluzând o roată renoreată cu viteza de 32 km/h.

Rugozitatea, este proprietatea înbrăcăminților rutiere de a prezenta suprafețe de rulare cu asperități și care asigură stabilitatea vehiculelor la derapaj, prin realizarea unei aderențe cât mai bune între pneu și șosea /132/.

De fapt, problema rugozității devine din ce în ce mai importantă pe măsura creșterii traficului, de aceea realizarea unor mixturi asfaltice ruginase sau a altor lucrări necesare pentru transformarea suprafețelor de rulare glefuite în suprafețele ruginase, preocupă din ce în ce mai mult organele de drumuri.

Măsurarea rugozității se face de fapt prin determinarea

coeficientului de frecare pe suprafața de rulare cu ajutorul diferitelor metode și aparate:

- stradograful, măsoară coeficientul de frecare cu ajutorul unei roți antrenate de un camion, roata se învârtogte în jurul unui ax orizontal, care face un unghi constant cu traiectoria camionului;

- aparate pentru măsurarea coeficientului de frecare prin măsurarea distanței de frinare a autovehiculului; dacă energia cinetică este în întregime consumată, la interfața pneu-drum, se obține coeficientul de frecare mediu :

- aparatul NASA are două roți gemene, care sînt legate printr-o cutie de viteze, care permite ca una din roți, să se comporte ca o roată care avansează (patinează în față) și alta ca o roată frînată (patinează la frînare).

- măsurarea rugozității geometrice se face prin metoda infilțării de nisip  $H_s$  sau a amprentelor; cea mai simplă este metoda infilțării de nisip;

Deși există o mare dispersie în ceea ce privește valorile rezultatelor obținute de diferiți autori, se poate trage concluzia /132/ că rezistența la alunecare crește cu rugozitatea suprafeței pînă la o valoare optimă; rugozitatea geometrică optimă ar varia între 1 și 3  $\mu m$ .

Se constată /121/ că pe timp uscat și pe o îmbrîcăminte antiderapantă uscată, coeficientul de frecare poate avea valori cuprinse între 0,7 și 0,9; dimpotrivă pe o îmbrîcăminte usedă nu se realizează decît 0,4 și chiar mai puțin, dacă suprafața de rulare este netedă și cu noroi. Ploaia poate reduce coeficientul de frecare la 0,05, circulația în aceste condiții devenind foarte periculoasă.

Tendința actuală pe plan mondial este aceea de a realiza îmbrîcămînti cu suprafețe rugoase și care să aibă un coeficient de frecare ridicat chiar pe ploaie.

Impermeabilitatea este una din condițiile de calitate ale straturilor de rulare ale îmbrîcămîntilor bituminose esigînd etanșeizarea complexului rutier la acțiunea apei de ploaie și de gîraie.

Această proprietate se măsoară în general prin absorbția de apă pe epruvete tăiate din îmbrăcăminte prin absorbție în vid la 16 - 20 mm Hg. Pe teren se poate determina cu ajutorul permeometrului tip Schulze sau californian, măsurând cantitatea de apă care pătrunde într-un anumit interval de timp, pe o suprafață exact delimitată.

Impermeabilitatea este o calitate indispensabilă a îmbrăcămintii asigurându-se o durată mare de serviciu. În general impermeabilitatea este legată de compactare, în sensul că absorbția de apă este cu atât mai mică, cu cât gradul de compactare este mai ridicat. A realiza îmbrăcăminti impermeabile prin mărirea conținutului de liant, nu reprezintă o soluție datorită faptului că excesul de liant pe timp caldurea, micșorează stabilitatea, existând deci pericolul de vilurire sub circulație. Impermeabilitatea scăzută se poate remedia prin executarea unor tratamente superficiale, sau a unor covorașe asfaltice.

Sisteme rutiere cu îmbrăcăminti bituminosă de bună calitate, durabile și economice se pot obține dacă se acordă atenția cuvenită studiului, proiectării, execuției și întreținerii lor. Vom prezenta succint unele considerații privind influența unor factori asupra calității îmbrăcămintilor ca de exemplu:

- rolul agregatelor,
  - influența filerului,
  - influența liantului,
  - punerea în operă.
- Un rol important în obținerea unor mixturi asfaltice de bună calitate, îl au agregatele minerale, care constituie scheletul mineral și care asigură în cea mai mare măsură rezistența îmbrăcămintii /84/.

Pentru structurile de rulare, este necesar să se aleagă agregate corespunzătoare, deosebit de curate, dure, care să prezinte o rezistență mare la glefuire, asigurând astfel îmbrăcăminti o rezistență mare și menținerea caracteristicilor antiderapante la viteze mari. În acest sens, se conturează tendințele de folosire a criblurilor cu dimensiuni până la 14 mm, ceea ce favorizează

creșterea compactității fabricămintii și conduce simultan la o scădere a procentului de bitum, fapt ce influențează hotărâtor și rezistența fabricămintilor bituminoase la temperaturi ridicate, evitându-se pericolul deformării lor sub efectul traficului. Un schelet mineral puternic cu 50 - 60 % agregate minerale cu dimensiuni peste 3 mm., influențează pozitiv rezistența la fluxaj a amestecurilor asfaltice, evitând astfel posibilitatea apariției vîlurilor și refulărilor.

Folosirea agregatelor concasate, care prezintă suprafețe aspre, contribuie la mărirea rezistenței la forfecare.

Studiile de laborator au pus în evidență faptul că o amestecătură asfaltică preparată cu agregate neconcasate (granule rotunjite) după 400.000 treceri ale unui vehicul etalon, a prezentat deformații de 4,5 ori mai mari decât cele obținute cu același tip de amestecătură cu agregate în întregime concasate.

Agregatele trebuie să fie lipsite de impurități cu argilă, pîmînt, etc., pentru a avea o cît mai mare rezistență la apă (efectul dezamrobirii este mic în acest caz).

În privința durității agregatelor, se recomandă să fie cît mai mare pentru a asigura rezistența la uzură sub efectul circulației și concomitent să reziste la pîfulire. Se vor evita agregatele de formă lamelară, aciculară, care micșorează compactitatea și totodată se pot sfărîma ușor sub circulație.

Forma curbei granulometrice condiționează posibilitatea obținerii unei bune compactări, evitarea segregării și menținerea compactității materialului compactat. Cu cît numărul de contacte dintre granulele minerale va fi mai mare cu atît stratul rutier respectiv va fi mai stabil. O compactitate bună, elimină riscul deplasării granulelor minerale sub circulație și posibilitatea unei tăieri ulterioare. Din acest punct de vedere, curbele granulometrice continue sînt cele mai avantajoase.

Examinînd curbele granulometrice prezentate în fig. V.1. se pot face următoarele observații:

- curba I deși continuă, arată că 60 % din granule au un diametru mai mare decît 20 mm., restul de 20 % nu este suficient pentru umplerea golurilor, de aceea cu ocazia punerii materialului în operă și a compactării, partea fină va cădea spre baza stratului;

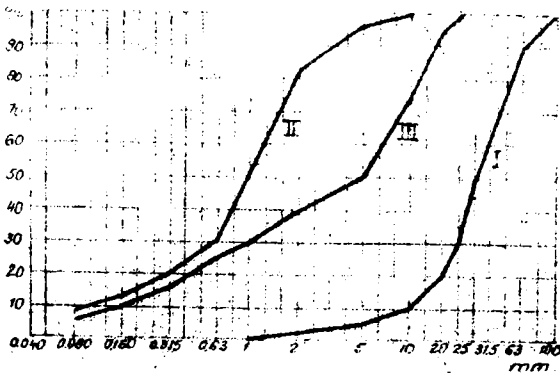


Fig.V.1 Exemple de curbe granulometrice

o curbă granulometrică ideală nu există /10/, majoritatea cercetătorilor, sînt însă de părere că pornindu-se de la relația:

$$\frac{p}{100} = \left(\frac{d}{D}\right)^n \quad (V.3)$$

unde:

D = diametrul maxim al granulei minerale

p = procentul de granule ce trece prin ciurul sau sita de diametru d.

se pot obține curbe granulometrice corespunzătoare astfel dacă se fixează D, se dispune de doi parametri n și de d, de exemplu d = 0,08 mm, deci cunoscîndu-se procentul de filer se poate determina n.

Dacă se fixează n = 0,5, sîntem în cazul curbelor lui Fuller utilizate pentru amrobate bituminose și betoane de ciment.

Dacă se ține seama de necesitatea obținerii unei compacții mari, atunci n trebuie să fie cuprins între 0,4 ... 0,6. În cazul cînd se necesită obținerea unui strat rutier cu deflexiuni mici sub sarcini repetate, valoarea lui n trebuie să fie mai ridicată n = 0,7 ... 1. Valoarea lui n superioară conduce însă la micșorarea compacției.

Din cele arătate mai sus se vede deci, că datorită condițiilor cerute, uneori contradictorii, nu se poate afirma că o

- curba II este caracteristică pentru un nisip în care puținul pietriș pe care îl conține, nu joacă nici un rol; Un astfel de material nu are nici o stabilitate;

- curba III este aceea a unui agregat mineral care asigură realizarea unui strat rutier cu caracteristicile cele mai ridicate.

amplitudinea curbii granulometrice este ideală. Un element important în caracterizarea agregatelor minerale este pe lângă dimensiunea maximă a granulei și procentul de părți fine și: curbura curbei granulometrice între două puncte date.

Coefficientul de curbură:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \quad (V.4)$$

De. D<sub>10</sub>, și D<sub>60</sub> fiind diametrele ciururilor sau sitelor prin care trece 10 %, 30 % și respectiv 60 % din agregat.

Svețienii au introdus coeficientul de curbură ca un criteriu de calitate pentru agregate.

Valoarea coeficientului de curbură trebuie să fie cuprinsă între:  $C_c = 1 \dots 3$ .

- Filerul poate fi dispersat în masa liantului (cazul masticului) sau anrobat de liant. În primul caz amestecul este compact (fără goluri), iar în al doilea caz, se constată numai o lipire între granulele de filer anrobate, între ele rămânând o cantitate mai mare sau mai mică de goluri.

În cazul dispersării filerului în bitum se remarcă:

- o diminuare a penetrației liantului;
- o mărire a valorii punctului de înmuiere;
- o diminuare a susceptibilității termice.

Proprietățile amestecului filer-liant depinde de:

- natura filerului
- felul liantului și dozaajul său
- gradul de compactare obținut înainte de răcirea amestecului.

Cercetările efectuate /10/ atestă că natura mineralogică a filerului influențează variația rezistențelor la compresiune ale anrobateilor. În condiții similare de experimentare epruvetele executate cu filer de calcar, dau rezistențe la compresiune cu 30 - 40 % mai mari decât cele realizate cu alte filere (bazalt, agur, etc).

Se remarcă faptul că o bună compoziție care asigură o deformabilitate mică /10/, trebuie să respecte următoarele condiții:

$$\frac{P}{F+N} > 0,20 \quad (V.5)$$

$$\frac{P}{F+N+P} < 0,65 \quad (V.6)$$

$F, N, P$ , respectiv procentele din masa totală de filer ( $< 0,08 \text{ mm}$ ), nisip ( $< 2 \text{ mm}$ ) și pietriș ( $> 2 \text{ mm}$ ).

Filerul, influențează în mod considerabil asupra compoziției unei mixturi bituminoase prin umplerea golurilor scheletului mineral, contribuind astfel la sporirea *compactității* amestecurilor.

Un rol important îi revine filerului, datorită suprafeței sale specifice mari, în realizarea peliculei de bitum de grosime optimă. În general, se recomandă ca pentru straturile de rulare raportul filer să fie cuprins între 1,4 și 2,0.

În privința filerului și a adhezivității coloecivil pentru calitate francez /84/, arată că filerile de calcar și cele de var stins, asigură cea mai mare adhezivitate și rezistență la dezintegrare, fapt ce se recomandă în continuare pentru a fi folosite mai ales pentru fabricarea amestecurilor bituminoase pentru straturi de rulare.

Realizarea unor amestecuri bituminoase cu un conținut mai ridicat de filer asigură și o stabilitate mai mare la vîlzurire a acestora, concomitent desigur cu un schelet mineral puternic.

- Bitumul este liantul care leagă diferitele elemente ale scheletului mineral al amestecurilor bituminoase, realizînd astfel coeziunea și împreună cu frecarea internă proprie agregatelor asigură proprietățile mecanice de bază ale amestecurilor asfaltice ca: rezistența la compresiune, la tracțiune și la frecare /84/.

Reologia amestecurilor asfaltice reflectă de fapt pe cea a bitumului, există o corelație între conținutul de bitum și modulul complex al amestecurilor asfaltice care variază în funcție de temperatură și timpul de încălzire.

Folosirea unor bitumuri mai dure (cu penetrație mică 40/50 de exemplu) influențează comportarea asfaltelor prin creșterea modulului complex la aceeași temperatură și același timp de încălzire, valoare foarte importantă pentru temperaturi ridicate și durată de încălzire mare.

Utilizarea acestor bitumuri dure, îmbunătățește comporta-

rea la temperaturi ridicate, vara, a straturilor bituminoase, evitând apariția deformațiilor tipice sub formă de văluriri.

Influența durității bitumului /23/, /24/, /25/, /47/, /48/, /84/, /215/, /220/, /223/ asupra comportării la oboseală a amestecurilor asfaltice executate cu bitumuri mai dure, prezintă o serie de avantaje, în sensul că se obțin mai ales pentru straturi bituminoase de grosime mare, amestecuri care nu se deformează, deci practic, insensibile la văluriri.

În privința adhezivității bitumului /43/, /46/, /76/, /82/, /104/, /119/, /198/, /200/, /214/, /222/, /226/, /227/, este necesar să se folosească în general agregate provenite din roci de natură bazică, filere de calcar sau de var stins în pulbere, pentru a asigura rezistența la dezanrobare în prezența apei a amestecurilor asfaltice. În ultimul timp, se manifestă tendința pronunțată de a îmbunătăți adhezivitatea prin adăugarea în bitum înodă la fabricație a diferitelor tipuri de aditivi.

Utilizarea sărurilor pentru combaterea poleiului mărește riscul dezanrobării, datorită acțiunii apei pe timp rece, dezanrobarea este favorizată de existența fisurilor la interfața bitum - agregat.

Aceste fisuri la interfață apar ca rezultat al jocurilor termice de construcție și dilatare diferențiată la variațiile de temperatură.

Referitor la conținutul de bitum din amestecurile asfaltice /84/, /82/, /137/, se recomandă ca aceste dozaje să fie elaborate pe baza unor studii cât mai complexe efectuate în laborator, pentru a realiza dozajul optim de liant. Este necesar să se aleagă un astfel de conținut de bitum, care să realizeze cele mai bune performanțe ale amestecurilor asfaltice, în ceea ce privește rezistența la compresiune, absorbție de apă mică, compactitate mare, rezistență la oboseală mare, rezistență la vălurire, insensibilitate la acțiunea temperaturilor ridicate, stabilitate termică sporită, etc.

Concomitent trebuie să se realizeze un raport optim între filer și bitum. Este necesar să se evite orice exces de bitum, dar și un dozaj insuficient de bitum este tot atât de periculos.

În concluzie, este necesar să se realizeze în etapa actuală studii cât mai complete și exacte la stabilirea judicioasă



a dozajului de liant, ținând seama de suprafața de anrobare, caracteristicile agregatelor, zonele climatice unde se vor executa diferite tipuri de mixturi asfaltice, etc.

D.D.P. Timișoara și Centrul Teritorial de Calcul Timișoara au elaborat /198/ și introdus pe calculator stabilirea conținutului optim de bitum pentru o gamă largă de mixturi asfaltice, care se fabrică în prezent la noi în țară. Rezultatele obținute sînt confirmate de studiile efectuate în laboratoare de specialitate.

- În domeniul fabricării mixturilor asfaltice, există o gamă largă de parametri, care trebuie respectați și urmăriți pe întreg parcursul tehnologic pentru a asigura realizarea calității mixturilor.

Se urmărește dozarea riguroasă a componentelor: agregate, filler, bitum; respectarea procesului tehnologic privind regimul optim de temperatură la ieșirea din uscător, temperatura bitumului și temperatura mixturii obținute la malaxor.

Poarte multe defecțiuni ale mixturilor bituminoase pot fi evitate prin controlul sever executat în stațiile de preparare, prin menținerea constantă pe tot parcursul funcționării a regimului tehnologic recomandat de proiectant și laboratorul de control.

Transportul mixturilor bituminoase trebuie să se facă rapid, cu basculante adecvate, evitînd pe cît posibil pierderile de căldură pe distanța parcursă pînă la așternere. Primăvara și toamna, cînd temperaturile sînt mai scăzute, se recomandă protejarea mixturilor pînă la așternere.

Punerea în operă este o operație deosebit de importantă din punct de vedere al calității.

Temperatura la răspîndirea mixturii  $t_1$  este dată de relația:

$$t_1 = t_0 - t_1 \quad (V.7)$$

$t_1$  este temperatura la răspîndirea mixturii;

$t_0$  - temperatura mixturii la ieșirea din malaxor;

$t_1$  - pierderea de temperatură pe timpul transportului.

La compactare, temperatura  $t_2$  este egală cu:

$$t_2 = t_1 - t_2$$

în care  $t_2$  este temperatura de compactare

$t_1$  - temperatura la agternere

$\Delta t_2$  - pierderea temperaturii a mixturii după agternere și care depinde de următorii factori: temperatura stratului suport, condițiile atmosferice și grosimea stratului de mixtură.

În consecință este necesar să se acționeze pentru a reduce  $\Delta t_1$  (pierderea de temperatură în timpul transportului) și  $\Delta t_2$  (pierderea de temperatură la agternerea mixturii).

Punerea în operă a mixturii în mod corespunzător nu se poate realiza decât folosindu-se utilaje adecvate. Această operație este deosebit de importantă mai ales pentru obținerea uniformității suprafeței.

Compactarea mixturilor asfaltice trebuie astfel realizată încât să asigure compactitatea de minim 95 % față de cea prevăzută în laborator, realizând concomitent etanșarea îmbrăcămintii bituminoase. Prin compactare se urmărește ca stratul din mixtură asfaltică să fie rezistent la acțiunea apei și a traficului, să fie stabil și să reziste la obosală.

După cum s-a arătat anterior, compactarea trebuie efectuată la temperaturi cât mai ridicate și cu mijloace de compactare perfecționate. În prezent, se manifestă și la noi tendința folosirii unor ateliere de compactare cu *compresoare* de pneuri urmate de *compresoare* lină de 10 - 12 t.

În domeniul controlului compactării se recomandă din ce în ce mai mult pe lângă controlul pe carote scoase din îmbrăcăminte, un control nedestructiv cu ajutorul unor aparate cu radioizotopi.

O importanță de prim ordin trebuie acordată însă, creerii unor condiții obiective pentru realizarea unor îmbrăcăminți de bună calitate. Actualmente, fiind există instalații de fabricat mixtură asfaltică cu capacități frecvente de 150 t/oră, ajungându-se chiar la 1000 t/oră mixtură fabricată, apreciem că numai controlul interrat sau cel mai bine controlul regulator sînt singurele metode de control eficiente în asemenea cazuri. Controlul interrat permite intervenția specialistului pentru reglare imediat ce apare defecțiunea, iar controlul regulator permite corectarea automată a fabricației sau oprește instalația în cazul cînd mixtura în curs de fabricație nu se înscrie în parametrii proiectați. Tocotim că la noi în țară în etapa actuală controlul înainte și în timpul execuției

este posibil de realizat și singurul eficient, întrucît controlul după execuție ne permite doar să facem constatări, remedieri provizorii și să tragem învățămîntele respective.

### 3. Cauze generale care contribuie la degradarea îmbriacîmintilor rutiere bituminoase

Drumurile sînt supuse în permanență acțiunii unor factori externi care sub o formă sau alta contribuie la uzura și degradarea lor. Defecțiunile drumurilor, a sistemelor rutiere sînt sesizate de obicei în suprafața de rulare. Apreciem a factorii cei importanți care provoacă defecțiuni ale sistemelor rutiere executate corespunzător, sînt:

- traficul greu și intens;
- variațiile de climă și temperatură;

- Odată cu creșterea explozivă a economiei naționale, se înregistrează și o creștere masivă a traficului rutier, /88/, /89/, /92/, /104/, /107/, care a devenit din ce în ce mai intens și în mod deosebit din ce în ce mai greu. Această creștere a autovehiculelor grele și mai ales a sarcinii pe osie, face ca drumurile să sufere în mod deosebit. Un drum dimensionat și construit pentru o anumită durată de serviciu /106/, este expus unor înădri extrem de variate statice și dinamice datorită circulației autovehiculelor și concomitent condițiilor atmosferice, care îl solicită în mod continuu.

Factorii care condiționează traficul sînt:

- sarcina pe osie și distanța dintre două osii consecutive;
- presiunea din pneuri;
- frecvențe aplicări sarcinii pe aceeași suprafață;
- viteza de circulație;

Sarcina pe osie joacă un rol important în durata de serviciu a drumurilor, fapt confirmat în întregime de încercarea A.A.S.H.O., care arată că degradarea provocată de autovehiculele grele este foarte mare în comparație cu cea provocată de autovehiculele mijlocii sau autoturismele.

Tendința actuală, bazată pe rezultatele experimentărilor AASHO și a lucrărilor diferitelor Congrese de drumuri, recomandă limitarea sarcinii pe osie la valori sub 9 tone, iar distanța dintre două osii consecutive, se recomandă să fie mai mare de 1,5 m. Încercările de deformare / 2/ permit să se conchidă, în mod destul de aproximativ, că un grup de două osii gemene, la distanța de 1,25 m., poate suporta, fără o sporire apreciazabilă a deșeurilor, o încărcare cu 50 % mai mare decât cea a osiei simple.

Presiunea din pneuri, trebuie să fie limitată la  $4 \text{ daN/cm}^2$ , pneul stăruiește contactul cu obstacolul, iar deformarea sa reduce importanța deplasării verticale /202/ a autovehiculului, totuși dacă obstacolul este trecut cu viteză foarte mare, pneul nu are timp să se deformeze.

De fapt, jocurile constituie o cauză esențială a uzurii autovehiculelor pe de o parte și a îmbrăcămintei drumului pe de altă parte. În consecință, este necesar să se acționeze simultan, atât asupra autovehiculelor (suspensie și pneuri) cât și a uniformizării îmbrăcămintei rutiere.

După cum rezultă din numeroase studii, costul transporturilor pe drumuri cu partea carosabilă degradată și necorectărită, este cu până la 50 % mai scump decât pe drumuri moderne cu suprafață de rulare bună. În acest sens, apare importantă problema studierii defecțiunilor privind uniformitatea suprafeței de rulare a unui drum și a posibilităților de a menține această calitate a ei pe tot parcursul exploatarei drumului.

Frecvența aplicării sarcinii pe aceeași suprafață, influențează deformarea elastică a unui sistem rutier, acțiune ce se accentuează mai ales în cazul traficului greu.

Încercarea AASHO a evidențiat în mod implicit că trecerea unui autovehicul greu pe un drum, are o influență comparabilă din punct de vedere al efectului produs asupra sistemului rutier cu trecerea a 150.000 autoturisme. Fenomenul de oboseală al îmbrăcămintei rutiere, este explicat de asemenea prin numărul repetării sarcinii până la degradarea lui completă. Tot încercarea AASHO, a dovedit că după 1,1 - 10,6 treceri, coeficientul de trecere scade de la 0,6 la 0,46, iar în curbe, se constată o scădere și mai pronunțată /101/.

Viteza de circulație influențează de asemenea comporta-rea îmbrăcămintelor rutiere.

În cazul îmbrăcămintelor bituminose, datorită viscozității bitumului, deformarea sub o solicitare de scurtă durată este mică, dar acestea sînt foarte sensibile la solicitări de lungă durată, cînd apar defecțiuni caracteristice de vălurire. Viteza de circulație mare, influențează negativ modul de prezentare a părții carosabile prin gîsufirea suprafeței de rulare, iar în cazul pneurilor cu crampeane, cu cît viteza este mai mare, cu atît și degradările sînt mai mari.

Din cele arătate mai sus, se constată cît suprafața de rulare a îmbrăcămintelor bituminose, pe toată durata de serviciu, este supusă unor solicitări complexe datorită traficului.

Traficul intens și mai ales traficul greu, influențează în mod hotărîtor durata de serviciu a sistemelor rutiere și poate provoca degradarea acestora sub diverse forme.

- Pe lîngă solicitările provocate de trafic, drumurile sînt expuse în permanență variațiilor de climă și temperatură, pe toată durata lor de serviciu.

În cazul îmbrăcămintelor bituminose, aceste solicitări sînt foarte importante și pot provoca degradări mari în îmbrăcăminte.

Temperatura influențează comportarea îmbrăcămintelor bituminose, putînd favoriza după caz apariția anumitor defecțiuni astfel:

temperaturile scăzute din timpul iernii, acționează asupra comportării reologice a liantului, micșorîndu-și elasticitatea și putînd favoriza de-rudări, sub formă de fisuri, rupturi, etc;

sub acțiunea razelor ultraviolete, a variațiilor de temperatură, a oxidării în prezența oxigenului din aer, apare fenomenul de îmbătrînire a liantului, fapt ce favorizează defecțiuni sub formă de fisuri, crăpături, falanțări, etc;

temperatura ridicată, care se menține un timp îndelungat pe stratul de rulare al unei îmbrăcămîți bituminose, concomitent cu efectul traficului, conduce la defecțiuni ale îmbrăcămîți sub formă de văluriri și refulări care afectează foarte mult uniformitatea;

temperatura ridicată din timpul zilei pe suprafața imbrăcăminții în cazul folosirii unor bitumuri cu viscozitate mică sau susceptibile la variații de temperatură, conduc de asemenea la pierderea stabilității mixturii și la apariția vălurilor;

Temperatura ridicată poate conduce la apariția suprafețelor exudate, datorită ridicării liantului la suprafață.

Condițiile climatice prin variațiile de umiditate, ierni îndelungate cu zăpadă și temperaturi scăzute de lungă durată etc. combinate cu acțiunile traficului și cu aplicarea diverselor metode de întreținere (răspîndirea de fondanți chimici pentru combaterea gheții etc) solicită în permanență sistemele rutiere și ca urmare se pot produce o gamă largă de defecțiuni, dintre care cele mai importante le vom trata în capitolul următor.

## Capitolul VI. STUDIUL DEFECCIUNILOR LA IMBRĂCĂMINȚILE BITUMINOASE

### Generalități

Studierea defecțiunilor îmbrăcăminților rutiere ce apar în exploatarea drumurilor, conceperea unei nomenclaturi adecvate precum și stabilirea măsurilor de prevenire și remediere a acestora, a constituit o preocupare îndelungată a autorului și în consecință s-au putut concretiza unele concluzii și observații ce vor fi prezentate în cele ce urmează.

Tratarea în extenso a tuturor defecțiunilor presupune un volum de muncă enorm, de aceea ne-am propus ca să analizăm mai aprofundat unele dintre defecțiunile mai caracteristice, celelalte fiind prezentate în măsura necesității cunoștințelor pentru a putea fi definite, prevenite sau remediate.

Ca metodă de lucru ne-am propus: examinarea stării de viabilitate a drumurilor, observarea defecțiunilor produse în decursul anilor, studiul cauzelor acestora pe baza bibliografiei existente și a cercetărilor proprii făcute în laborator și pe secțiune experimentale, elaborarea soluțiilor de prevenire și remediere precum și experimentarea acestora. Pe baza concluziilor depuse din studiile teoretice și experimentale s-a elaborat "Instrucțiunea pentru prevenirea și remedierea defecțiunilor la îmbrăcămințile rutiere moderne" ce a fost avizată și aprobată pentru aplicare în țara noastră.

În scopul tratării mai sistematice a defecțiunilor îmbrăcăminților bituminoase ne-am propus să le clasificăm ținând seama de:

- urgența necesară pentru remediere,
- straturile rutiere în care apar defecțiunile.

Ținând seama de pericolul pe care îl prezintă defecțiunea pentru buna desfășurare a traficului rutier, propunem următoarea clasificare a defecțiunilor în funcție de urgența de remediere:

**- Defecțiuni de gradul I, grave:**

- gropi
- vâlvuriri și refălări mari
- degradări din îngheț-dezgheț
- tasări inegale
- praguri (dizburi)
- peladă (în stratul de uzură)

**- Defecțiuni de gradul II, mijlocii:**

- suprafață șlefuită
- suprafață încrețită
- vâlvuriri și refălări în stare incipientă
- suprafață exudată
- fisuri și crăpături
- falanțări
- rupturi de margine
- fâșaje longitudinale

**- Defecțiuni de gradul III, ușoare:**

- suprafață cu ciupituri
- suprafață poroasă
- suprafață giroită
- peladă la tratamente.

Defecțiunile de gradul I trebuie reparate imediat ce apar, întrucât ele sînt deosebit de periculoase atât pentru buna desfășurare a circulației cit și pentru durata de serviciu a sistemului rutier.

Defecțiunile de gradul II se recomandă a fi remediate în funcție de necesitățile traficului și de posibilitățile financiare.

Defecțiunile de gradul III nu prezintă pericol pentru buna desfășurare a circulației, dar netratate pot conduce la degradarea fabricației.

În funcție de straturile rutiere afectate defecțiunile se pot clasifica astfel:



**1. Defecțiuni ce apar numai pe suprafața de rulare (uzură)**

- suprafață șlefuită ;
- suprafață oxidată ;
- suprafață șiroită.

**2. Defecțiuni ale stratului de rulare (uzură) :**

- uzura prematură ;
- poloză ;
- vâlvuriri și refulări ;
- suprafață poroasă ;
- suprafață cu ciupitură ;
- suprafață încrețită ;
- praguri (defecturi).

**3. Defecțiuni în interiorul benzii de rulare :**

- considerenții privind influența fenomenului de oboseală ;
- fisuri și crăpături ;
- fisurări ;
- fâșii longitudinale ;
- gropi în interiorul benzii de rulare ;
- rupturi de margine.

**4. Defecțiuni ale ansamblului roții :**

- degradări din încheț - deșcheț ;
- tăcri mari inegale.

Voa studio în cele ce amintim fiecare defecțiune în parte și voa propune măsurile necesare pentru prevenirea și remedierea lor.

**1. Defecțiuni ce apar pe suprafața de rulare (uzură)**

Defecțiunile din această categorie se manifestă numai pe suprafața de rulare și prezintă o importanță deosebită pentru asigurarea desfășurării circulației în condiții bune de siguranță mai ales la viteze mari.

### 1.1. Suprafața glesuită

Suprafața glesuită, se prezintă lucioasă, fără nici un fel de asperități și de o culoare mai deschisă, prezentând pericol la alunecare și derapare mai ales pe timp umed și la viteze de circulație mari. (Fig.VI.1)



Fig.VI.1. Suprafața glesuită

conține un procent ridicat de agregate fine/ 5/, /7 /. Suprafața glesuită este etanșă și s-ar părea că din punct de vedere rutier ar fi corespunzătoare, însă asemenea suprafețe favorizează deraparea autovehiculelor.

Una dintre problemele cele mai importante ale tehnicii rutiere actuale este și realizarea unor îmbrăcăminti cât mai rugoase, care să permită ca circulația autovehiculelor să se desfășoare în condiții optime de siguranță atât pe timp uscat cât și în timpul ploilor, când suprafața de rulare este umedă /8/, /10/, /12/, /17/, /29/, /49/, /50/, /64/ /66/, /77/, /79/, /94/, /97/, /143/, /176/, /191/.

Tratând problema straturilor de rulare, R. Sauterey /78/ formulează în rezumat condițiile pe care trebuie să le îndeplinească acestea, pentru a satisface pretențiile crescînde ale utilizatorilor.

Straturile de rulare (usură) trebuie să prezinte o suprafață convenabilă din punct de vedere al securității și confortului și să îndeplinească următoarele condiții:

- să nu fie alunecoase (derapante);
- să ofere confort optic;

- să prezinte o bună uniformitate.

Stratul de rulare influențează confortul optic și derapajul în timp ce pentru uniformitate trebuie luate în considerare și celelalte straturi ale sistemului rutier.

De asemenea stratul de rulare trebuie să reziste solicitărilor unor factori exteriori cum ar fi: soarele, apa, înghețul, acțiunea sărurilor ce se utilizează împotriva poleiului etc.

Studii aprofundate /76/ conchid /101/, /102/, /103/, /106/, /117/, /197/ că pentru a se realiza straturi de rulare, care să reziste tuturor solicitărilor (trafic, condiții climatice etc), trebuie să se rezolve probleme deosebit de complexe și că în stadiul actual al tehnicii rutiere unele din aceste cerințe sînt contradictorii. Astfel realizarea impermeabilității, care să asigure concomitent și o rezistență la acțiunea sărurilor pe timpul iernii și acțiunii pneurilor cu cuie, solicită mixturi foarte compacte, dar care sînt sensibile la alte defecțiuni și anume vîluriri și alunecări, fiind concomitent îmbrăcămînti pe care se poate produce derapajul.

Față de aceste probleme atît de numeroase și complexe, orice soluție acceptabilă este de fapt o soluție de compromis, care va căuta să împacă cerințele economice cu cele tehnice și să rezolve într-o măsură, cît mai mare necesitățile de a construi un sistem rutier cu o suprafață de rulare care să corespundă cît mai bine condițiilor locale.

În etapa actuală soluția adoptată mai frecvent de specialiști /78/ constă în realizarea unor betoane asfaltice bogate în oriblură, care prezintă următoarele caracteristici:

- au o stabilitate și o rezistență la forfecare suficientă pentru a nu permite apariția fîgănelor;
- prezintă o rugozitate geometrică bună chiar pe suprafața umedă pînă la viteza de 120 km/oră;
- sînt rezistente la obăscală;
- în grosimi suficiente de minimum 7 cm sînt impermeabile și concomitent sînt rezistente la solicitări tangențiale, la acțiunea apei, înghețului și a sărurilor.

### 1.1.1. Considerații asupra frecării dintre pneu și suprafața de rulare.

În ceea ce privește fenomenul de frecare al cauciucului pe un solid /129/ față de frecările obișnuite diferența fundamentală provine din cauza unei mari deformabilități a cauciucului și a deformațiilor în domeniul viscoelastic.

O serie de cercetări ca Tabor, Schallamach, Thirion /129/ arată că frecarea cauciucului este un fenomen complex care rezultă din combinația adesiunii moleculare și a pierderilor de origine viscoelastică:

$$\frac{F}{N_t} = \frac{F_a}{N_a} + \frac{F_h}{N_h} \quad (\text{VI.1})$$

în care  $F$  - reacția orizontală care se exercită global asupra roții

$N_t$  - încărcarea normală a suprafeței

$F_a$  - reacția normală de adeziune

$N_a$  - frecare de adeziune

$F_h$  - reacția din histeresisul cauciucului

$N_h$  - frecarea din histeresis

Pentru a analiza fenomenul de frecare din histeresis al cauciucului, Tabor a efectuat o serie de experiențe făcînd să alunecă o bilă sferică pe o fișă de cauciuc lubrefiant. (Fig.VI.2), întrucît revenirea elastică nu este loc să se poată scrie inegalitatea:

$$f_2 < f_1 \quad (\text{VI.2})$$

Aplicînd formula lui Hertz, Tabor a arătat că, coeficientul de frecare în cazul fenomenului de histeresis  $f_h$  este proporțional cu presiunea medie a sferii



Fig.VI.2: Histeresisul cauciucului

de contact, deci:

$$f_h = p_m \quad (\text{VI.3})$$

relație ce a fost verificată experimental.

Utilizînd un con în locul unei sfere, Tabor stabilește relația:

$$f_h = 1,5 p_n \quad (\text{VI.4})$$

Consecințele pe care le implică aceste rezultate pentru rugozitatea înbrăzmitărilor rutiere sînt:

- reacția orizontală  $F$  exercitată de suprafața de rulare asupra pneului frînat; este formată din reacțiuni elementare, care sînt departe de a fi uniforme și fiecare dintre ele depinde concomitent de frecarea de adeziune și de frecare viscoelastică;

- o consecință importantă a acestor modificări în zona de contact sub acțiunea frînării este variația rapidă a coeficientului de frecare. Incercările engleze au arătat că, pentru o șosea udă și cu textura fină, cu pneuri lișă, coeficientul poate trece de la 0,7 la 0,4 în cazul unei roți blocate.

Măsurînd reacția orizontală  $F$  care se exercită global asupra roții, se poate deduce un coeficient de frecare global:

$$f = \frac{F}{N} \quad (\text{VI.5})$$

$F$  - reacția orizontală, ce se exercită asupra roții;

$N$  - încărcarea normală pe roată.

Datorită neregularităților profilului drumului, care antrenează variații ale valorii lui  $N$ , este necesar să se măsoare în mod continuu  $N$ , pentru a putea determina valoarea coeficientului de frecare  $f$ . În final, M. Jouffroy /129/ arată că acest coeficient de frecare este o noțiune complexă, care depinde de adeziunea și de pierderile de energie viscoelastică a cauciucului, de lubrefierea suprafeței de rulare cu apă de repartitia alunecărilor în zona de contact pneu-șosea, de variațiile sarcinilor pe roți.

Toate rezultatele experimentale /129/ au arătat că pe o suprafață de rulare udă, coeficientul de frecare longitudinal descrește în mod sensibil cînt viteza crește și aceasta cu atît mai mult cu cît textura superficială este mai fină.

Conform studiilor lui Tabor, matematic valoarea coeficientului de frecare  $f$ , este:

$$f = f_a + f_h \quad (\text{VI.6})$$

$f_a$  - coeficient de frecare datorit adeziunii;

$f_h$  - coeficient de frecare datorit fenomenului de histeresis.

În ceea ce privește coeficientul de frecare datorită adeziunii ( $f_n$ ) menționăm că acesta depinde de suprafața de contact, cînd șoseana este uscată; dar acesta trebuie evident studiat și în prezența filmului de apă. În orice caz se pot distinge două cazuri și anume:

- cînd volumul de goluri dintre pneu și îmbrăcăminte este destul de mare, astfel încît să permită expulzarea filmului de apă, care este în contact cu fiecare asperitate sferică.

În acest caz se poate calcula sarcina pentru fiecare sferă elementară cu relația:

$$P_1 = \frac{P}{n^2} \quad (\text{VI.7})$$



Fig.VI.3 Influența rugozității și a vitezei asupra coeficientului de frecare.

în care:  $P_1$  - sarcina elementară pe o sferă;

$P$  - sarcina totală

suprafața de contact,  $\pi a_1^2$  cu  $a_1^3 = \frac{3}{4} P_1 \nu r \cdot \frac{1-\nu^2}{E}$  (VI.8)

și suprafața totală de contact  $A_1$  este egală cu

$$\begin{aligned} n^2 \pi a_1^2 &= k_1 \cdot n^2 \cdot \frac{P^{2/3}}{n^{4/3}} \cdot n^{2/3} = k_1 P^{2/3} (n^2 \cdot n^2)^{1/3} \\ &= k_2 P^{2/3} \cdot A^{1/3} \end{aligned} \quad (\text{VI.9})$$

$A$  - suprafața totală în zona de contact.

$\nu$  - coeficientul lui Poisson

$E$  - modulul de elasticitate (modulul lui Young al cauciucului pneului).

Cind volumul de goluri dintre pneu și fabricămintă este insuficient, pneul apasă parțial pe asperitățile sferice și parțial pe apa interstițială, supusă unei presiuni  $p$ . Suprafața totală  $A_1$  și coeficientul  $f_g$  sînt mai mici decît în cazul anterior.

Echilibrul este definit /129/ prin următorul sistem de ecuații:

$$\begin{aligned} A_1 + A_u &= A \\ A_1 &= n^2 \cdot \pi \cdot a_1^2 \\ a_1^2 &= k P_1^{2/3} r^{2/3} \\ 2A_u + n^2 P_1 &= P \end{aligned} \quad (\text{VI.10})$$

$A_1$  - este suprafața de contact cu asperitățile;

$A$  - suprafața de contact cu apă;

$P_1$  - sarcina unitară pe fiecare element sferic.

Acest sistem de 4 ecuații conține 5 necunoscute:  $A_1$ ,  $A$ ,  $a_1$ ,  $P_1$  și  $P$ . Pentru a-l putea determina este nevoie de a cincea condiție, de exemplu fixarea înălțimii  $x$  de apă interstițială care dă imediat:  $A_1 = \pi n^2 a_1^2 = \pi n^2 (r^2 - x^2)$  și în consecință celelalte necunoscute.

Dacă se consideră că fabricămintea are un anumit coeficient de adeziune,  $A_1$  este constantă, se constată că  $p$  este constantă /129/.

Pentru fiecare tip de fabricămintă, cantitatea de apă măsurată de pneu în zona de contact în unitatea de timp este proporțională cu viteza  $V$  a vehiculului.

Agățînd golurile situate între fabricămintă și pneu cu o rețea de canale apă cup se face atunci cînd se studiază circulația apei în traversarea unui corp poros și aplicînd legea lui Darcy:

$$v = K \cdot i \quad (\text{VI.11})$$

$v$  - viteza de scurgere;

$i$  - gradientul hidraulic, proporțional cu presiunea hidrostatică, deci cu presiunea  $p$ .

$K$  - coeficientul de permeabilitate, care este proporțional cu pătratul diametrului  $d$ , al canalelor și invers proporțional cu vîscozitatea apei

$$K = \frac{d^2}{\eta} = \beta \frac{r^2}{\eta} \quad (\text{VI.12})$$

Valoarea lui  $K$  este dată astfel de legea lui Poiseuille; nu este valabilă decât la porozitate constantă, dar se poate considera sensibil valabilă în cazul unei îmbrăcămînți formată din sfere care se ating una pe alta.

De precizat că legea lui Darcy nu este valabilă decât în regim laminar, în timp ce în cazul de față curgerea este în regim turbulent.

În aceste condiții viteza de scurgere este proporțională cu:  $p \frac{r^2}{\eta}$  deci cu  $\frac{r^2}{\eta}$ ; pe de altă parte secțiunea porurilor este proporțională cu  $r$ , debitul de apă expulzat este proporțional cu  $\frac{r^3}{\eta}$  și pentru ansamblul îmbrăcămînții considerat, proporționalitatea între debit și viteză se exprimă prin relația:

$$r^3 = \gamma \eta V \quad (\text{VI.13})$$

respectiv, dimensiunea asperităților trebuie să fie proporțională cu  $\sqrt[3]{V}$ .

Dacă de exemplu coeficientul de frecare pentru asperități de 2,5  $\mu\text{m}$ , la viteza de 60 km/oră, această condiție va impune asperități de 2,5.  $\sqrt[3]{2} = 3,1 \mu\text{m}$  pentru a regăsi același coeficient la o viteză de 120 km/oră.

De menționat că în cazul tratamentelor superficiale notînd cu  $\eta$  dimensiunea asperităților, care este cît mai apropiată de grosimea granulei și adîncimea medie a tratamentului măsurată prin metoda cu nisip, indică valori de la 0,42.e (pentru agregate rotunjite) la 0,75.e în cazul agregatelor concavate.

În toate ipotezele anterioare s-a luat în considerare pneu-lisă și de asemenea s-au făcut o serie de simplificări teoretice pentru explicarea fenomenului. Autorii /129/ consideră că interacțiunea pneu-gosoa depinde și de forma pneului (lisă sau sculptat) precum și de rugozitatea geometrică a îmbrăcămînții. Evident, numai experimentările ulterioare, pot defini rugozitatea optimă necesară pentru îmbrăcămînțile rutiere.

J. Lucas /131/ în studiul său de sinteză referitor la derapajul pe suprafețe șlefuite arată că în cazul accidentului datorită derapării, intervin foarte mulți parametri dintre care:



psihologia conducătorului auto, vehiculul, îmbrăcămintea, diferiți factori exteriori: umiditate, temperatură etc.

Analizând în continuare acești parametri, se arată că deraparea se produce în următoarele situații: deraparea datorită depășirii forțelor de aderență în cazul frînării în linie dreaptă, deraparea în viraj, deraparea pe polei etc.

Dintre factorii care influențează deraparea /131/ se arată că starea îmbrăcăminții este unul din cei mai importanți.

Pe suprafața uscată și curată, problema alunecării nu se mai pune din punct de vedere practic; siguranța oferită de șosea este bună și rezistența la alunecare, în general, este maximă.

Pe îmbrăcămintea curată și uscată, viteza are o influență sesizată și coeficienții de frecare au valori ridicate.

Pe îmbrăcămintea umedă, coeficientul de frecare scade foarte mult, indiferent de modul de măsurare.

În consecință este necesar ca îmbrăcămintele drumurilor moderne să-și mențină rezistența la derapare la viteze mari.

#### 1.1.2. Factorii care influențează rugozitatea suprafeței de rulare

Factorii care influențează în mod deosebit rugozitatea suprafeței de rulare sînt:

- textura suprafeței;
- traficul;
- felul îmbrăcăminții
- factorii externi

- Textura suprafeței influențează coeficientul de frecare depinde de: înălțimea medie a asperităților de dimensiunea medie a granulelor utilizate și de lățimea golurilor dintre agregate, care permite apei să circule printre ele. În fig.VI.4 se poate urmări relația dintre înălțimea asperităților și coeficientul de frecare pe suprafața udă și uscată.

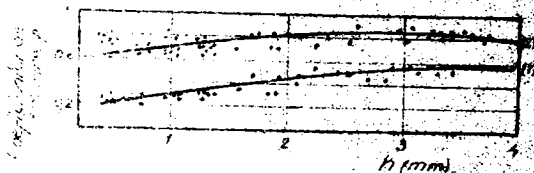


Fig.VI.4. Relația între înălțimea asperităților ( $h$ ) și coeficientul de frecare pe suprafaș udă (1) și uscată (2)

În funcție de rugozitatea geometriei straturile de rulare se pot grupa astfel:

Textura	Înălțimea de nisip valori limită	Viteze admise km/h
foarte fină	$HS \leq 0,2$	< 50
fină	$0,2 < HS \leq 0,4$	< 80
mijlocie	$0,4 < HS \leq 0,8$	80-120
grosieră	$0,8 < HS \leq 1,2$	> 120

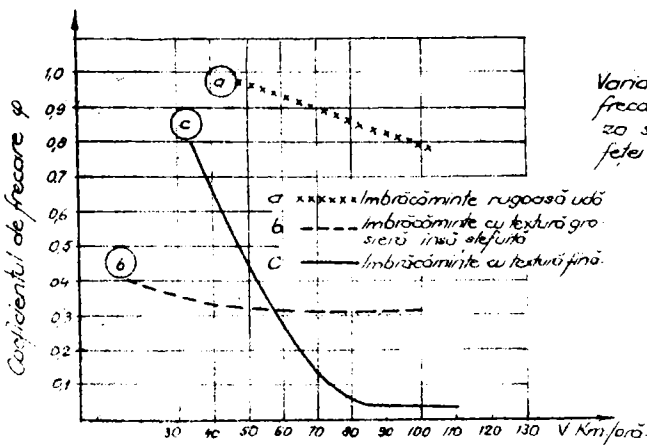
Filmul de apă de pe îmbrăcăminte este repede micșorat de către presiunea globală a pneurilor, pînă la o grosime de cîteva sutimi de mm. Pentru a rupe acest film foarte fin, dar foarte aderent, este necesară o presiune foarte mare, egală cu cea realizată la contactul dintre granulă și pneu, deci aceeași situație ca la contactul cu un agregat uscat. Este evident necesar ca apa să se evacueze rapid, fie sub presiunea pneului, datorită formei pneului (radială, sculptată), fie prin canalele pe care le formează granulele pe șosea.

- Fenomenul de intrerupere aproape complet a apei între suprafața de rulare și pneu este cunoscut sub denumirea de acwaplaning. În acest caz forțele tangențiale fiind foarte mici,

roata în mișcare își încetinește viteza sau roata blocată prin frinare poate să se pună în mișcare.

"Aquaplaningul" se produce, atunci când se depășește o anumită viteză, pe un film de apă de grosime variabilă în funcție de sculptura pneurilor (de ordinul 0,5...1 mm) și când textura suprafeței de rulare nu este rugoasă pentru a permite scurgerea rapidă a apelor prin canalele dintre asperități. Coeficientul de frecare scade în acest caz pînă la 0,1, mai ales în cazul blocării roților prin frinare, producîndu-se lunecarea.

Este deosebit de interesant modul de variație a coeficientului de frecare în funcție de viteză și de textura îmbrăcămintei. Din fig. VI.5 se vede că îmbrăcămintele cu textură grosieră în raport cu îmbrăcămintele cu textură fină se comportă diferit



Variația coeficientului de frecare în funcție de viteză și de textura suprafeței de rulare.

Fig. VI.5

la variații de viteză. În cazul îmbrăcămintelor cu textură fină coeficientul de frecare scade vertiginos de la 0,7 pentru viteza de 40 km/oră, la sub 0,1 în cazul vitezei de 80 km/oră, pe cînd la îmbrăcămintele cu textură grosieră, chiar glefuite și ude, coeficientul de frecare rămîne la o valoare de 0,3, deci mult mai mare. Îmbrăcămintele cu textură fină devin foarte alunecoase mai ales în cazul vitezelor mari, cînd sînt ude, iar pneurile sînt uzate, aceasta și prin faptul că filmul de apă de pe suprafață se evacuează încet, interpunîndu-se între pneu și suprafața de rulare.

Această constatare ne îndreptățește să tragem concluzia că alegerea mortarelor asfaltice pentru tratarea suprafețelor șlefuite trebuie făcută cu mult discernământ și în nici un caz nu se recomandă proiectarea și executarea lor pe sectoarele de drum unde sînt luate în considerare viteze mari de circulație.

#### Influența traficului, corelată cu rugozitatea geometrică

Dacă se face abstracție de excesul de liant traficul este cel mare contribuie la creșterea șlefuirii suprafețelor; fapt dovedit printr-o serie de experimentări.

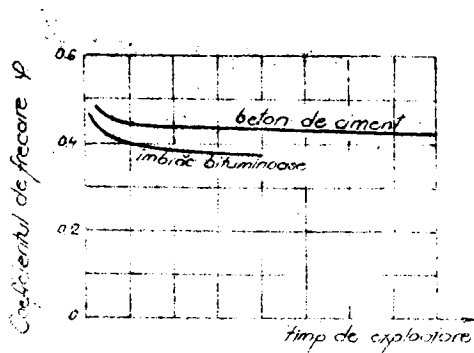
În acest sens contribuie acțiunea abrazivă a pneurilor și a prafului, reorientarea granulelor pe orizontală în cazul tratamentelor, dispariția virfurilor active, polisajul, sînt tot atîția factori care conduc la șlefuirea îmbrăcăminții, făcînd-o lisd și deci alunecoasă.

Pentru caracterizarea traficului se utilizează diferite metode: număr de treceri, număr de tone suportate, corecția traficului global ținînd seama de repartiția inegală pe diverse benzi de circulație.

Se apreciază că este mai aproape de realitate calculul în funcție de numărul de tone suportat, acțiunea șlefuirii suprafeței fiind mult mai importantă pentru sarcini mai mari. În orice caz apreciem că traficul echivalent utilizat pentru dimensionarea sistemelor rutiere nu dă valori echivalente pentru fenomenul de șlefuire a suprafeței.

Variația coeficientului de frecare pentru viteze de la 20 la 80 km/h, arată că șlefuirea granulelor duce la micșorarea rezistenței la alunecare, apoi, datorită compactării ulterioare a îmbrăcăminții, scade considerabil rugozitatea geometrică.

- O serie de experiențe, /131/ efectuate de diferiți cercetători au arătat că îmbrăcămințile din beton de ciment se caracterizează prin faptul că viteza de șlefuire este mult mai mică decît în cazul îmbrăcăminților bituminose (fig.VI.6).

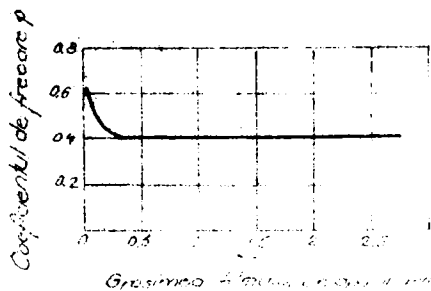


**Fig.VI.6. Viteza de glefuire comparată a imbrăcămintelor bituminose și din beton de ciment**

Liantul influențează de asemenea prin natura sa și prin dosaj, dar în acest domeniu nu există încă decât foarte puține studii. Până în prezent nu s-a găsit mijlocul de a realiza o imbrăcămintă, care să-și păstreze proprietățile antiderapante pe timp îndelungat, sub un trafic intens și greu.

- Factorii externi care influențează fenomenul de alunecare sînt:

- suprafața de rulare udă, influențează coeficientul de frecare. Rezultatele încercărilor comparative efectuate în Suedia, Italia, Anglia, cu cantități de apă variabile pe  $m^2$  pot fi urmărite în fig.VI.7.



**Fig.VI.7. Influența grosimii filmului de apă asupra coeficientului de frecare (viteză medie).**

Pentru cantități mici de apă rezultatele diferă de la un experimentator la altul, probabil datorită și unor cauze locale (Anghia cu ploii abundente, deci și drumuri lipsite de praf).

Pentru măsurători se recomandă să se folosească 0,5 l apă pe  $m^2$  în fața roții de măsură. În cazul stratului de apă de grosime mare peste 5 mm și la viteze mari, pneurile nu mai pot să îndepărteze apa și plutesc, susținute de apășarca hidrodinamică a filmului de apă.

În legătură cu fenomenul cunoscut sub denumirea de aquaplaning [67] care apare în momentul când pneul autovehiculului se găsește pe un film continuu de apă, se arată că în acest caz, coeficientul de frecare devine practic zero, pentru o anumită viteză, considerată viteza critică. Încercările efectuate pe drum, au arătat că fenomenul poate fi evitat, chiar pentru viteze mai mari decât viteza critică, dar, este necesar să se elimine stratul de apă, pneurile uzate, textura fină și agrosatele șlefuite din îmbrăcăminti.

- variația în funcție de anotimp a coeficientului de frecare este arătată în fig.VI.8.

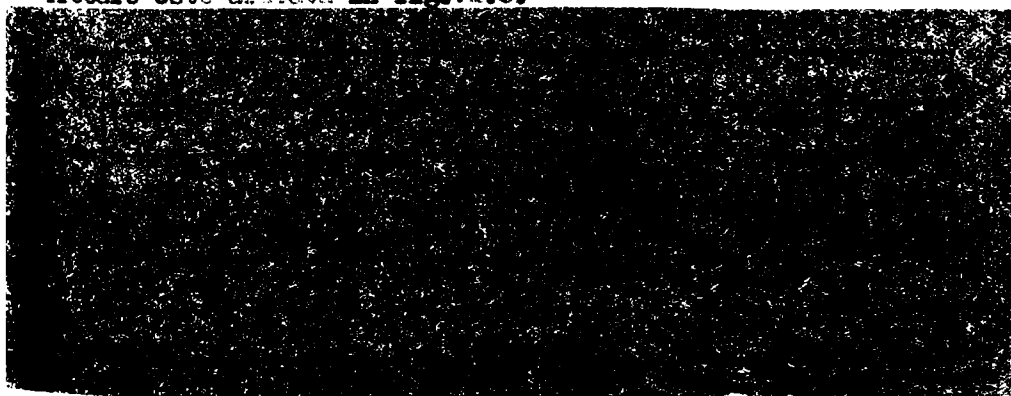


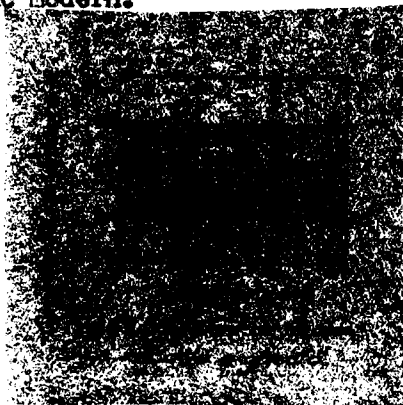
Fig.VI.8. Variația frecării în funcție de anotimp.

Explicația acestei variații constă - fie în deplasarea peliculei de liant sub acțiunea căldurii și a pneurilor, fie prin stadiul de șlefuire a îmbrăcămintii care variază de sezon cu anotimpul.

— impuritățile de pe suprafața de rulare ca de exemplu: nisip, ulei, lut și argilă, frunze uscate etc. reduc singurător valoarea coeficientului de frecare.

— în timpul iernii, zăpada tasată, poleiul sau gheața dau coeficienți de frecare foarte scăzuți fig.VI.9.

Studiul acestei probleme s-a făcut pe scări largi în Suedia, Germania, statele din Nordul S.U.A. unde înghețul se menține timp de câteva luni. S-au încercat diferite metode pentru mărirea coeficientului de frecare (aşternere de materiale anti-derapante) dar rezultatele nu au satisfăcut cerințele unui trafic modern.



Singura soluție care s-a verificat ca eficientă este îndepărtarea zăpezii sau a gheții de pe suprafața drumului cu ajutorul săzurilor fondante, sau încălzirea ghețelor cu raze infraroșii (soluție foarte costisitoare de altfel).

### 1.1.3. Măsurarea rugozității și a coeficientului de frecare.

Se vor prezenta foarte succint diferite metode aplicate pentru măsurarea rugozității geometrice și a coeficientului de frecare a îmbrăcămintelor bituminoase /132./131/./135/./164/.

#### 1.1.3.1. Măsurarea rugozității geometrice.

Măsurarea rugozității geometrice a straturilor de rulare se poate efectua prin mai multe metode, dintre care se vor trata în continuare câteva dintre acestea.

- Înălțimea de nisip  $H_S$ . Principiul metodei constă în întinderea unui volum anumit de nisip pe o suprafață cunoscută, astfel încât nisipul umple a înciturile dintre granule.

- Înălțimea de nisip  $H_S$  este definită în mod convențional prin  $H_S = \frac{\text{volumul nisipului}}{\text{suprafața acoperită}}$

In funcție de valoarea înălțimii de nisip, englezii împart înbrăcămintele astfel:

Suprafață deschisă sau rugoasă	H.S. > 0,5 mm
Suprafață de rugozitate mijlocie	H.S. = 0,25...0,5
Suprafață închisă sau șlefuită	H.S. < 0,25 mm

- Metoda amprentelor. Principiul metodei constă în aplicarea pe drum a unei plăci de cauciuc plană și fără relief sau a unui pneu de automobil, reproducând imaginea suprafeței pe o foaie de hirtie așezată între cauciuc și suprafața drumului, în prealabil (tratată) cu cerneală.

Lățimea de presiunilor, care permit apei să scape între pneu și suprafața înbrăcămintii, poate fi măsurată utilizând repere condiționale, măsurând de exemplu lungimile canalelor curulate, interceptate de cele patru diametre.

Se definește astfel suprafața portantă relativă, care este raportul între suprafața reală de contact și suprafața totală.

- Metoda malarjelor. Cu ajutorul silosteneului se ia malarja înbrăcămintii, apoi cu ajutorul unei rigini care se întărește, se realizează o copie fidelă a suprafeței înbrăcămintii.

Având această copie se pot efectua o serie de studii privind: rugozitatea geometrică, drenajul apei, evacuarea apei sub presiune și ruperea filmului de apă.

- Metoda stereofotografică, se folosește mai ales în Anglia, Danemarca, Germania și constă în fotografierea suprafeței cu ajutorul unui aparat fotografic. Fotografia este studiată apoi cu ajutorul unui aparat special, care permite înregistrarea datelor cu ajutorul unei mașini electronice, care permite măsurarea lungimii dezvoltate a profilului, adâncimea maximă a adânciturilor, lățimea canalelor și descurarea profilului înbrăcămintii.

### 1.1.3.2. Măsurarea coeficientului de frecare dintre pneu și suprafața de rulare.

Aparatele utilizate mai frecvent sînt de obicei de tip pendul; principiul constînd în faptul că o roată poate fi blocată



măsurându-se fie efortul pentru a mișca roata blocată, fie distanța de oprire.

- Măsurarea distanței de oprire, este metoda cea mai simplă; se măsoară distanța necesară pentru oprirea totală a dispozitivului. Dacă energia cinetică este în întregime consumată la interfața pneu-drum se obține coeficientul de frecare mediu  $f$  cu relația:

$$f = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot d} \quad (VI.14)$$

$v$  = viteza

$g$  = accelerația gravitației

$d$  = distanța de oprire

Acceasi relație servește pentru stabilirea distanței de oprire:

$$d = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot f} \quad (VI.15)$$

Se determină astfel coeficientul de frinare mediu, pentru intervalul viteză inițială-oprire. Se determină distanța de oprire, prin măsurare directă pe drum (proiecția cu cretă sau vopsea la începutul frînării și eventual la diverse intervale de timp) sau prin filmare simultană a maginii și a drumului pe care sînt fixate reperele. De asemenea prin înregistrarea distanței măsurate, fie cu tachimetrul, fie cu un dispozitiv exterior (tip radar).

Notă: metoda este apropiată pe realitate și puțin costisitoare.

- **Plasarea remorcii dinamometrice.** Remorca este plasată în spatele vehiculului, astfel ca roata de încercare să se așeze sub vehicul, în general blocată, să se deplaseze cu viteză constantă. Se înregistrează efortul la tracțiune. Metoda se poate utiliza și pentru măsurarea coeficientului de frecare transversal.

Aparatele construite pentru măsurarea coeficientului de frecare longitudinal sînt foarte diferite și permit studierea lui în diferite condiții: cu pneuri cu crampe sau cu lanțuri studiind aderența pe săpădă, gheață sau zăpeză.

Sunt cunoscute astăzi și alte aparate, care măsoară de asemenea coeficientul de frecare longitudinal, astfel:

- **Stralograful**, în varianta cea mai modernă cuprinde două roți montate simetric în raport cu axul unui vehicul rulant, la 0,5 m de ax și puțin înaintea roților din spate aceste două roți pot să fie încălecate până la 250 kg pe roată datorită principiului suspensiei pneumatice. Roțile pot să fie frinate și orientate fie paralel cu axul vehiculului fie cu o anumită înclinație față de ax. Măsurarea suprafeței se poate face cu ajutorul unui dispozitiv special. Aparatul înregistrează coeficientul de frecare longitudinal cu sau fără alunecare și coeficientul în viraj.

- **Skidometrul suedez** care funcționează astfel:

o roată de măsură este trasă pe drum cu o viteză astfel calculată, încât să prezinte o alunecare de 17 %.

- **Aparatul NASA** (National Aeronautic and Space Administration) are două roți gemene, care sînt legate printr-o cutie de viteze ce permite ca una să se comporte ca o roată care alunecă și alta ca o roată frînătă.

Acste două aparate dau coeficienți apropiați de maximum ce se obține înaintea blocajului roților.

- **Aparate pentru măsurarea coeficientului de frecare transversal** se bazează pe următorul principiu: o roată în rotație liberă este antrenată într-o direcție, care prezintă un unghi  $\alpha$  față de planul său de rotație; se măsoară cuplul forțelor.

Se definește în mod convențional, coeficientul de frecare transversal prin valoarea:

$$f = \frac{F}{P} \quad (VI.16)$$

$P$  - este acțiunea verticală a pneului pe drum;

$F$  - forța de reacție axială a drumului asupra roții (măsurată în axa roții);

- Sînt și alte aparate, care permit măsurarea cu aceste metode. Dintre acestea se arată remorca dinamometrică a laboratorului regional de drumuri și poduri din Lyon, care permite măsurarea coeficienților de frecare pentru valori variabile ale unghiului  $\alpha$ .

Din analiza procedeelor și a aparatelor de măsurat a coeficientului de frecare, existente până în prezent, rezultă că ericarea ar fi metoda falsită măsurătorile sînt greu de efectuat și decalul de nesigure deoarece există o serie de factori de influență ce nu pot fi suficient de bine stăpîniți, ca de exemplu:

- eterogenitatea îmbrăcămintilor;
- influența condițiilor atmosferice și a circulației asupra rugozității;
- gradul de uzură al suprafeței de rulare;
- temperatura ambianță în care se fac determinările;
- gradul de sensibilitate al suspensiei aparatului de măsură;
- menținerea constantă a încălzirii;
- uzura pneurilor;
- gradul de încălzire al pneurilor în timpul măsurătorilor;
- structura și forma suprafeței pneurilor;
- histeresisul suprafeței de rulare.

Ținînd seama de cele arătate mai sus, se recomandă ca de fiecare dată să se ia în considerare condițiile în care s-au efectuat măsurătorile, iar rezultatele să se compare numai în cazul cînd condițiile de lucru nu sînt similare și se lucrează cu același tip de aparat.

#### 1.1.4. Soluții tehnice pentru mîrirea rugozității stratului de rulare.

Odată cu creșterea intensității traficului și mai ales pentru obținerea unor suprafețe de rulare care să dea posibilitatea utilizatorilor să circule cu viteze sporite, specialiștii și-au îndreptat atenția pentru găsirea unor soluții tehnice adecvate, în scopul creerii și menținerii pe o perioadă cît mai lungă a unor suprafețe de rulare rugoase.

Dintre metodele menționate în literatura de specialitate menționăm:

- bucinădarea suprafețelor glesuite;
- aplicarea unor îmbrăcămîți bituminose rugoase obținute prin clutaj /8/, /10/, /97/, /101/, /120/; metoda este introdusă și la noi în țară de către Institutul de Cercetări M.T.T.C.

- executarea unor batoane asfaltice rugoase;
- realizarea unor tratamente superficiale rugoase, etc;
- aplicarea unor covoare asfaltice peste suprafețele șlefuite.

În legătură cu buciardarea suprafețelor șlefuite se menționează /101/ că se poate aplica numai pe suprafețe mici folosindu-se rulouri vibratoare prevăzute cu proeminențe din oțel special pe tamburi care creează pe suprafața de rulare asprețe ce îi conferă rugozitate. Considerăm că un asemenea procedeu nu poate fi luat în considerare pentru generalizare.

Cu privire la clutaj se menționează /19a/ că în Anglia se aplică în general clutarea pe orice tip de amestec asfaltic executat la cald, care conține sub 45 % granule cu dimensiunea mai mare de 3 mm. Se utilizează pentru pregătirea criblurii bitumuri dure de tip 40-80 în procent de 1,5-2,5 bitum, se rășnănesc în medie 9 kg/m<sup>2</sup> criblură preanrobată cu ajutorul unor rășnăpinditoare adecvate.

Noi nu am experimentat încă această metodă în consecință nu ne putem exprima părerea asupra introducerii sau generalizării ei.

Vom prezenta în continuare rezultatele obținute de noi în experimentarea pe DN 7 Beva-Arad km 517+433-517+568 a unui tronson experimental din beton asfaltic rugos, precum și observațiile făcute asupra realizării unor tratamente superficiale rugoase.

#### 1.1.4.1. Sector experimentat executat din amestec asfaltic rugos.

Ca urmare a studiilor efectuate, s-a trecut în anul 1973 la executarea unui tronson experimental pe DN 7.

Arad-Beva km km 517+433 atinge 517+568 folosindu-se o amestec asfaltic rugos cu un conținut de 70 % criblură cu granule peste 3 mm având următoarea compoziție:

- criblură 6...16 mm	40,0
- criblură 3...8 mm	30,0
- nisip natural	16,5

- filler de calcar (Marfatar)	8,0%
- bitum tip D 8c...10c	<u>5,9%</u>
	100,0%

Caracteristicile granulometrice ale agregatelor din componența mixturii asfaltice rugoase sînt indicate în tabelul VI.1.

Bitumul folosit a fost bitum pentru drumuri D 8c...10c, avînd:

- penetrația la 25°C	94 1/10 mm
- punct de înmuiere I și B	46°C
- ductilitate la 25°C	110 cm
- adezivitate determinată cu metoda C.A.T.R.	95 %
- adezivitatea determinată cu aparat cu placă	97 %

În procesul tehnologic s-a aplicat următoarele temperaturi: temperatura agregatelor la ieșirea din uscător 203°C, temperatura bitumului 170°C, temperatura mixturii la ieșire din salazor 150...175°C, temperatura la asternere 145...170°C.

Asternerea mixturii asfaltice rugoase s-a executat imediat peste stratul de binder curățat și umectat cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă. Cilindrarea s-a efectuat la temperatura de 130...140°C cu cilindrii compresori cu tamburi stejari de 10 tone. Sectorul după execuție avea un aspect foarte rugos, asperitățile erau evidente; măsurarea rugozității geometrice prin metoda înălțimii de nisip, la 3 zile după execuție prezintă valori între 0,7 și 0,8 mm.

Tronsoanel experimental a fost urmărit în timp, efectuîndu-se din nou măsurători la intervale de 6 și 12 luni rezultatele putînd fi urmărite în tabelul VI.2, comparativ cu alte tipuri de mixtură asfaltică.

După cum se vede din tabelul VI. 2 rugozitatea geometrică prezintă valori ridicate atât la 6 luni, cît și la 12 luni de la darea în circulație a sectorului experimental, texture suprafeței de rulare menținîndu-se în continuare rugoasă. (Fig.VI.10)

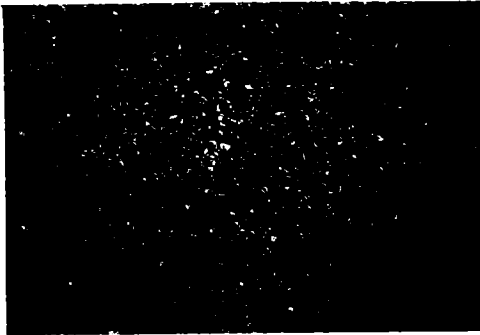


Fig.VI.10  
Suprafața rugoasă

Caracteristicile fizico-mecanice ale mixturii asfaltice rugoase sînt indicate mai jos:

- conținut de bitum	5,3
- criblură 3...16 mm	67,0
- nisip 0,08...1 mm	27,5
- filer sub 0,08 mm	5,5
- rezistență la compresiune la 22°C	34,0 daN/cm <sup>2</sup>
- rezistență la compresiune la 50°C	14,6 daN/cm <sup>2</sup>
- densitatea aparentă	2,26 t/m <sup>3</sup>
- absorbție de apă " volum	6,5

Analizînd rezultatele obținute pe baza experimentărilor, s-a ajuns la concluzia că soluția adoptată este bună, sectorul executat prezintă și după 12 luni de la execuție o bună rugozitate geometrică și deși conținutul de liant relativ scăzut, acest tronson s-a comportat excelent în exploatare, fapt ce ne-a îndreptățit să extindem executarea betonelor asfaltice rugoase în anul 1974 și pe alte drumuri din cadrul direcției noastre, mai ales pe suprafețe glefuite, pe care tratamentele superficiale nu au dat rezultate de durată în ceea ce privește menținerea rugozității în timp mai îndelungat. (În general după 3...4 luni de circulație rugozitatea tratamentelor superficiale scade considerabil datorită glefuirii suprafețelor sub trafic).

În continuare s-au întreprins pe drumurile naționale din județele Hîrjog, Arad, Hunedoara și Cluj-Napoca o serie de măsurători

ale rugozității geometrice, urmind ca in anul 1974 și 1975, pe sectoarele cu suprafețe glefuite și mai ales in curbe și intersecții pe baza rezultatelor obținute ca urmare experimentării efectuate in anul 1973 pe drumul național 7, Deva - Arad, să se poată trece la executarea unor îmbrăcăminti bituminoase antidecapante cu mixturi asfaltice rugoase.

#### 1.1.4.2. Tratamente bituminoase de rugozitate executate pe suprafețe glefuite.

Tratamentele superficiale bituminoase constituie in general o soluție tehnică acceptabilă pentru tratarea cu rezultate corespunzătoare a suprafețelor glefuite.

Tinind seama de condițiile locale (trafic, materiale, suprafața de rulare etc) in ultimii ani am experimentat pe diferite drumuri modul de comportare a tratamentelor in condiții de exploatare și a durabilității lor din punct de vedere al menținerii rugozității.

Introducerea emulsiei bituminoase la noi in țară ne-a permis ca in anul 1970 să executăm pe D.N 59 Timișoara-Moravița km 11+000-12+000 primul tronson experimental pe tratament superficial cu emulsie bituminoasă cationică. Rezultatele obținute au fost corespunzătoare, de aceea procedeul s-a extins astfel incit in anul 1973 s-au executat peste 50 km de tratamente superficiale de întreținere.

De asemenea am introdus pe scări mai largi executarea tratamentelor bituminoase de rugozitate.

Analizind modul de comportare in exploatare a sectoarelor reușite putem menționa că s-au obținut rezultate bune cu următoarele dozaje:

1,7 kg/m<sup>2</sup> emulsie bituminoasă cationică care conținea 59 % bitum pur și

14 kg/m<sup>2</sup> criblură 8...16 mm, din andezit bine calibrată și curată

sau

1,6 kg/m<sup>2</sup> emulsie bituminoasă cationică cu 59 % bitum pur

17 kg/m<sup>2</sup> criblură 16...25 mm, din andezit bine calibrată și curată.

Rugozitatea geometrică măsurată prin metoda "înălțimii de nisip" pe suprafețele plefuite înainte de executarea tratamentelor era de 0,16...0,2 mm, după executarea tratamentelor rugoase, valoarea rugozității geometrice a crescut la 1,2...1,7 mm.

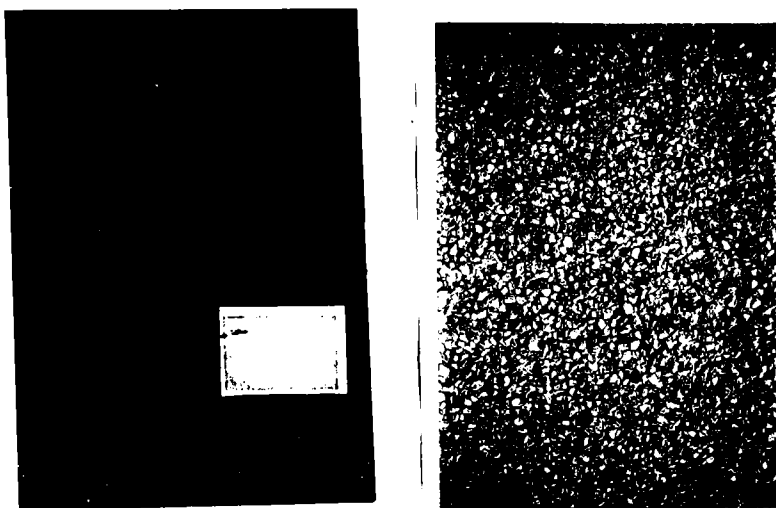


Fig.VI.11 și VI.12. . prezintă suprafața de rulare înainte de tratament și după tratamentul rugos. Se observă aspectul de mozaic uniform al tratamentului.

Măsurându-se rugozitatea geometrică prin același procedeu după 1 an de la darea în exploatare a sectorului s-au obținut valori 0,9...0,6 mm., deci conform 1.1.3.1. suprafața se poate considera cu o rugozitate bună, mai ales viteza de circulație ce va fi admisă pe sectoarele respective deoarece ținând seama de măsurătorilor făcute comportarea și din punct de vedere al rugozității, a îmbrăcămintelor rutiere cu textură "prosieră" este diferită de comportarea îmbrăcămintelor cu textură "fină", în sensul că acestea din urmă sînt lunecase la viteze mari și mai ales atunci cînd sînt ude iar pneurile sînt uzate, întrucît filmul de apă dintre pneu și suprafața de rulare se elimină mai încet.



De altfel din fig.VI.5 se poate observa foarte clar faptul că la viteze mari coeficientul de frecare scade vertiginos în cazul covoarelor realizate din mixtură cu textură fină.

(La 40 km/oră, coeficientul de frecare este 0,68 iar la 80 km/oră scade la valori sub 0,1) pe cînd la mixturile cu textură grosieră chiar șlefuite coeficientul de frecare rămîne și la viteze mari aproape constant. (La 40 km/oră coeficientul de frecare 0,33 iar la 80 km/oră, 0,31).

Analizînd evoluția suprafețelor șlefuite pe diverse drumuri timp de mai mulți ani s-a putut constata că datorită mîririi volumului de lucrări de genul tratamentelor bituminose, covoare asfaltice etc. suprafețe șlefuite au descreșcut de la valori de 25,1...27,9% în anul 1971 la valori între 6...10% în anul 1974. (Tabel VI.13).

### 1.1.5. Concluzii

În ceea ce privește problema suprafețelor șlefuite și a posibilităților de remediere a acestor defecțiuni, ținînd seama de literatura de specialitate /5/,/7/,/10/,/17/,/129/,/131/,/132/,/191/,/194/,/195/, precum și de observațiile proprii se pot trage următoarele concluzii:

- în general, rezistența la derapaj (alunecare) a unei suprafețe de rulare, nu se poate reprezenta printr-un singur coeficient;

- pe suprafață, valoarea coeficientului de frecare depinde, în mod esențial de starea acesteia: uscată, umedă, cu polei, suprafață curată sau murdară etc.;

- cele mai mari diferențe între coeficienții de frecare a diferitor suprafețe, se observă cînd suprafețele sînt ude;

- rezistența optimă la alunecare este obținută pe o suprafață curată și uscată, unde nimic nu împiedică contactul direct între pneu și drum, în acest caz coeficientul de frecare are valoarea în jur de 0,7, pe toate suprafețele dure și închise, pînă la viteze de 160 km/oră;

- toate suprafețele devin alunecoase cînd sînt acoperite cu un strat de zăpadă sau gheață, iar valoarea coeficientului de

frecare scade la 0,2;

- pe suprafețe ude se constată diferențe mari în ceea ce privește rezistența la alunecare;

- pe suprafețe umede, coeficienții de frecare depind de: textura suprafeței, viteza de încercare, modul în care pneul alunecă pe suprafață, sculptura pneului, calitatea cauciucului de grosimea filmului de apă de pe drum etc.

- valoarea coeficientului de frecare la o viteză dată, depinde de forma granulelor (colțuroase sau rotunjite), variația coeficientului de frecare cu viteza, depinde de dimensiunile și distanța medie a asperităților suprafeței drumului,

- textura suprafeței unei îmbrăcămînți din momentul construcției sale suferă o serie de schimbări continue datorită efectului traficului (gletuire, uzură, compactare) și a condițiilor climatice,

- se necesită stabilirea corectă a sectoarelor cu suprafețe gletuite și unde există pericol de derapare și ameliorarea rezistenței la derapaj prin realizarea unor îmbrăcămînți bituminoase cu rugozitate geometrică ridicată, aplicând tehnologii adecvate prin executarea betoanelor asfaltice rugoase;

- mixturile asfaltice rugoase vor fi fabricate cu agregate rezistente la gletuire, cu un schelet mineral puternic, cu minimum 60 % granule cu dimensiune peste 3 mm;

- dozarea liantului se va face judiciar pe baza studiilor unui laborator de specialitate, evitînd în orice caz orice exces de liant, recomandîndu-se în general folosirea unor bitumuri mai dure avînd penetrația 60...100 și 60...60, secimi de mm;

- aceste mixturi asfaltice sînt greu lucrabile și în consecință se recomandă să se acorde o atenție deosebită mizerii în operă și mai ales compactării;

- este posibil ca folosirea unor agregate sintetice de mare duritate și care nu se gletuiesc sub circulație, să permită realizarea unor drumuri cu suprafață antiderapantă, mai ales pe drumurile cu circulație intensă și de mare viteză;

- în privința tratamentelor superficiale, menționăm

să intruieft eforturile din trafic sînt suportate numai de agregate, care sînt astfel supuse la o uzură și glofuire intensă, considerăm că este necesar să se folosească numai agregate foarte rezistente la uzură și glofuire, evident concasate și să se evite orice exces de liant,

## 1.2. Suprafață exsudată

Suprafața exsudată se caracterizează prin apariția la suprafața unei îmbrăcămîți bituminoase a excesului de bitum de culoare neagră lucioasă aderînd uneori la pneurile autovehiculelor (Fig.VI.13).



Fig.VI.13. Suprafața exsudată

bituminoase executate cu un dozaj de bitum prea ridicat, pînă la cîțiva ani de la darea în circulație a îmbrăcămîților bituminoase executat cu un ușor exces de bitum.

Urînd în decursul mai multor ani pe diverse drumuri evoluția suprafețelor exsudate, pe secțiunile pe care s-au executat tratamente bituminoase, s-a constatat că între 0,7...2,3 % din tratamente au prezentat această defecțiune (tabelul VI.4).

În cazul cînd excesul de bitum este mare în îmbrăcămîntea bituminoasă pot apărea defecțiuni mai grave, de forma unor vîluriri, ondulații, refulări etc.

Suprafețele exsudate pot apărea și în cazul cînd amorsa-rea stratului suport s-a făcut necorespunzător, rîndîndu-se pe metru pătrat o cantitate prea mare de bitum (peste 0,5...0,6 kg/m<sup>2</sup>).

Suprafața exsudată este deosebit de periculoasă, prin faptul că provoacă deraparea autovehiculelor, mai ales la frînare.

Apariția bituzului la suprafață este favorizată de temperatura ridicată a mediului ambiant și de circulația intensă. Fenomenul se observă după o perioadă de timp ce variază de la oțteva săptămîni în cazul tratamentelor

Excesul de liant se poate preveni prin:

- acoperirea stratului suport cu maximum 0,3...0,4 kg/m<sup>2</sup> bitum pur;

- realizarea unor mixturi asfaltice cu un dozaj, fără exces de liant și cu un volum de goluri remanent corespunzător tipului de mixtură proiectat;

- executarea unei compactări corespunzătoare din toate punctele de vedere (temperatura de compactare, număr de treceri etc.);

- respectarea regimului de temperaturi la fabricarea și punerea în operă a mixturilor asfaltice;

- stabilirea unui dozaj corespunzător pentru liant și agregate în cazul tratamentelor superficiale, în funcție de suprafața pe care se execută trafic, zonă climatică etc. și respectarea acestuia la execuție;

- dirijarea circulației pe toată suprafața părții carosabile imediat după darea în circulație a sectorului executat.

Pentru evitarea neajunsurilor cauzate de suprafețele exudate, care pot conduce la accidente de circulație prin derapare, este necesară în primă urgență saturarea acestora cu criblură 3...8 mm, nisip de concasaj 0...3 mm și în caz excepțional cu nisip grunțos de râu. Cantitatea necesară pentru așternerea pe metru pătrat de suprafață exudată este 5...6 kg. Operația se poate face fie mecanic, dacă aceste suprafețe sînt întinse, fie manual, în cazul cînd fenomenul se observă pe suprafețe mici, izolate.

Se recomandă ca saturarea excesului de liant să se facă în orele mai călduroase ale zilei, cu scopul de a se obține o adesiivitate a liantului mai mare.

În toate cazurile se recomandă ca tratamentele superficiale bituminosase să fie ținute sub observație, iar suprafețele ce prezintă exces de liant să fie semnalizate corespunzător și tratate urgent. Există pericolul creerii de distorsiuni, în cazul cînd excesul de liant pe anumite porțiuni este mare și cantitatea de criblură pentru saturare îngroașe diferențiat suprafața imbrăcămintii tratate.

### 1.3. Suprafața giroită

Suprafața giroită apare uneori în cazul executării tratamentelor bituminoase. Pe suprafața fabricămintii giroite se observă dungi longitudinale de oțiva centimetri lățime pe care nu există tratament, alternând cu suprafețe pe care tratamentul se prezintă bine (Fig.VI.14).

Aspectul vizual este necorespunzător, suprafața fiind văgăvă și inestetică. Din punct de vedere al desfășurării circulației suprafața giroită nu prezintă inconveniente suplimentare.

Variația suprafețelor giroite este foarte mare de la un an la altul, deinsind în primul rând de starea instalației de stropire a bitumului.

Procentul suprafețelor giroite pe sectoarele în studiu a variat între 0,2...1,9 % (tabelul VI.5).

Suprafața giroită apare în cazul când tratamentele superficiale nu au putut fi realizate corespunzător pe toată suprafața părții carosabile. Determină faptul că duzele autostropitorului de bitum nu sînt întreținute corespunzător, sau bitumul conține impurități sau nu este suficient de fluid, unele dintre ele se infundă. Din această cauză, stropirea nu se face uniform, duzele care funcționează stropesc bitumul liniar iar suprafețele ce urmează să fie acoperite cu bitum din duzele infundate rămîn în starea inițială, deci fără liant. Criblura aderă

Fig.VI.14. Suprafață giroită

normal numai pe suprafețele care au primit bitum, suprafețele afecționate duzelor infundate rămînînd fără agregate.

Pentru evitarea unor astfel de defecțiuni, se impune în primul rând menținerea într-o stare corespunzătoare a duzelor de stropire de la autostropitorul de bitum, precum și introducerea în autostropitor a unui bitum fără impurități și menținerea lui la o temperatură adecvată (180°C în cazul executării tratamentelor

cu bitum cald), care să permită stropirea în bune condiții. La execuție, imediat ce se observă stropirea neuniformă trebuie să se oprească autostropitorul și să se ia măsuri pentru aducerea în ordine a duselor.

Suprafețe șiroite se repară prin executarea unui tratament pe suprafețele necoperite de primul tratament, utilizând lanecul autostropitorului pentru stropirea bitumului și răspîndirea manuală a criblurii sau prin aplicarea unui covor asfaltic de acoperire.

## 2. DETECTAREA ȘI ALEGEREA TIPULUI DE PNEURĂ (UZURĂ)

### 2.1. Uzură prematură a stratului de rulare

Ven prezentă unele considerații privind uzura stratului de rulare datorită acțiunii pneurilor cu crampoane.

Avînd în vedere faptul că în multe țări folosirea pneurilor cu crampoane pentru evitarea derapajului pe ploi și zăpadă, capătă o extindere din ce în ce mai mare, s-au făcut numeroase studii asupra influenței acestora asupra drumurilor /1/, /2/, /3...15/, /36/, /39/, /40/, /43/, /53...56/, /151/. Pneurile cu crampoane au apărut mai întâi în Norvegia și Suedia, apoi s-au extins în R.F.G., în Nordul și centrul Franței, Belgia, Olanda etc./39/. Studiile făcute pe diferite tipuri de îmbrăcămînți rutiere /39/ au permis reținerea unor observații importante din care menționăm:

- compactitatea stratului are un rol important, straturile cele mai compacte prezintă uzura cea mai mică.

În fig.VI.15 se poate urmări evoluția sensibilității la uzură în funcție de compactitate.

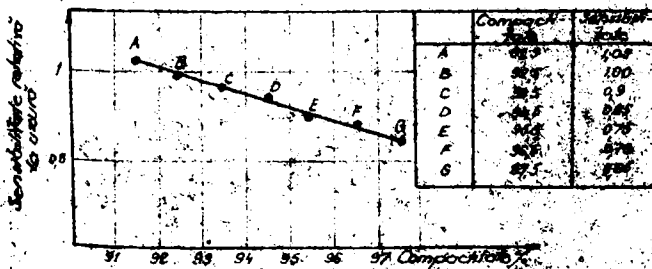


Fig. VI.15. Evoluția generală a uzurii în funcție de compactitate.

Se constată că pentru o compactitate de 97,5 sensibilitatea la uzură este de 0,65; pe cînd pentru o compactitate de 91,5 sensibilitatea la uzură este de 1,05.

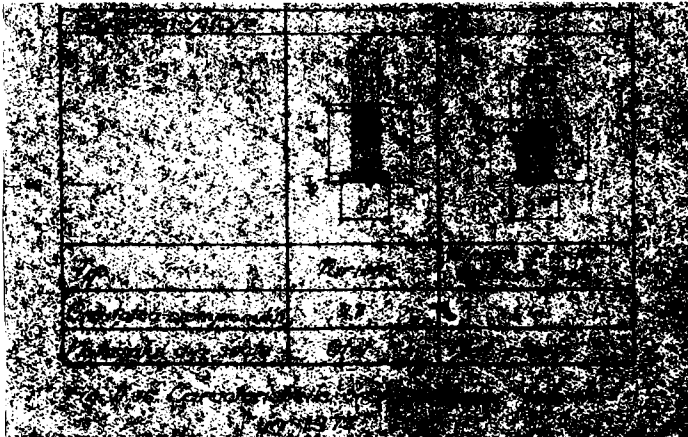
- mixturile asfaltice în compoziția cărora intră agregate cu dimensiunea 0...14 mm, bogate în criblură, în grosime de 7...10 cm, corespund într-un grad mai mare condițiilor de rugozitate geometrică a suprafeței și de compactitate.

- comportarea betoanelor asfaltice este net ameliorată la uzură dacă se mărește conținutul de filer, se recomandă în general peste 7% filer.

În concluzie, cercetătorii francezi apreciază că pentru regiunile unde se folosește în mod curent, în perioada de iarnă, pneurile cu crampe, este necesar, să se utilizeze în straturile de rulare, mixturi asfaltice rușoase, cu un conținut ridicat de criblură până la 65%, un bitum mai dur (40...50) și o compactitate de cel puțin 95%.

Încercările făcute pe pista circulară de la Pont à Marseon /36/ în legătură cu folosirea pneurilor cu crampe, la viteza de 60 km/oră și sarcina pe axie de 7,4 tone, nu condus la următoarele observații:

- s-au utilizat crampe de tip clasic cu soclu (teacă) metalică și crampe cu soclu (teacă) plastic, dar cu interiorul din carbură de tungsten, cu caracteristici esențiale arătate în fig.VI.16.



- s-au studiat pe pistă 8 tipuri de mixturi asfaltice de diferite compoziții.

Așternerea celor 8 tipuri de mixturi asfaltice s-a făcut peste un strat de balast bitumat, în grosime de 20 cm. Pentru punerea în operă s-au folosit finisoare cu lățimea de 2m iar compactarea s-a realizat cu ajutorul compactatorului cu pneuri și cu cilindrul tandem.

Grosimea îmbrăcăminții după aşternere fiind 7 cm pentru mixturi cu agregate minerale 0...10 și 10 cm pentru mixturi cu agregate minerale de 0...14 mm .

- urmărirea comportării acestor secțiuni sub acțiunea gaurilor cu crampoane s-a făcut cu un aparat denumit conformator, compus din lamele fine, care coulisează unele peste altele, permițând urmărirea cât mai exactă a profilului urmelor. De asemenea s-a folosit metoda amprentelor și metoda înălțimii de nisip.

- în privința rezultatelor /36/ se arată în fig.VI.17 evoluția usurii straturilor de rulare, în funcție de numărul de treceri.



În general, din curbele respective se vede că există trei faze, care corespund în mod schematic, procesului de degradare a îmbrăcăminții, astfel:

- prima fază se caracterizează prin usura foarte rapidă în timpul primelor 10.000 de treceri, mortarul asfaltic de la suprafață fiind puternic atacat, iar granulele mari sînt destul de



puțin atinse, fază creșterii rugozității geometrice:

- faza a doua durează o perioadă, care poate varia de la 20.000 la 70.000 treceri, corespunde fazei în care, continuă degradarea mortarului, concomitent cu degradarea criblurilor în lesurile respective;

- faza treia prezintă o uzură medie în general de 2 mm pentru mixturile cu agregate minerale de 0...10 mm și 3 mm pentru cele cu agregate minerale de 0...14 mm; în afara acestei uzuri medii se produce o uzură foarte rapidă, care se manifestă prin desrădăinarea agregatelor (criblurilor) și aruncarea lor de o parte și alta a benzii de rulare, fază, ce corespunde începutului denivelărilor grave ce se observă pe drumurile foarte circulat de către vehicule echipate cu pneuri cu crampeane.

S-a studiat /36/ de asemenea influența dimensiunii maxime a granulelor agregatelor asupra fenomenului de uzură, constatându-se că pentru anrobate cu agregate minerale de 0...10 mm se obține 3 mm uzură după 40.000 treceri, în timp ce pentru anrobate cu agregate minerale de 0...14 mm se atinge aceeași uzură după 60.000 treceri. Uzura finală este de 4,7...5,7 mm pentru mixturi cu agregate minerale de 0...10 mm și 4...4,4 mm pentru mixturi cu agregate minerale de 0...14 mm.

În ceea ce privește influența filerului /36/, pentru o mixtură cu 12% filer, se constată că uzura este de două ori mai mică, decât în cazul anrobatei normale.

Cu privire la natura agregatelor /36/, se arată că indiferent de valoarea coeficientului Los Angeles, experimental s-a observat că rezistă mai bine la acțiunea pneurilor cu crampeane celele mixturi, în compoziția cărora intră o proporție mai mare de cuarț.

Un alt aspect al problemei îl constituie desigur, studierea influenței tipului de crampon asupra uzurii.

Studiile făcute /36/ au arătat următoarele că crampeanele clasice, conduc la apariția unor striuri longitudinale, care afectează atât mortarul asfaltic cât și criblurile din componența amestecului din stratul de rulare, în timp ce crampeanele tip composite, acționează numai asupra mortarului, astfel că criblurile pot să reziste mult mai bine la acțiunea crampeanelor tip

composite (cu soalu din plastic).

În ceea ce privește comportarea cramponelor se constată că se comportă mai bine cele clasice, în sensul că se uzează de patru ori mai puțin decât cele composite (cu plastic).

Relația obținută între gradul de uzură și greutatea cramponului este de forma:

$$U = K p^\alpha \quad (\text{VI.17})$$

în care:  $K$  - coeficient care depinde de natura fabricației

$U$  - procentul de uzură;

$p$  - masa (greutatea) cramponului;

$\alpha$  - coeficient aproximativ 2.

Considerând pneul echipat cu un număr  $n$  de cramponi, se obține uzură  $U^0$  pentru pneu:

$$U^0 = K n p^\alpha$$

sau

$$U^0 = K p^{\alpha-1}$$

$P$  fiind masa totală a cramponilor pe un pneu. Luând  $\alpha=2$  se poate scrie în primă aproximație relația:

$$U^0 = K \cdot P$$

În fig.VI.18 se poate urmări variația uzurii în funcție de masa cramponilor, pornind de la uzura medie observată după 10.000 treceri, iar greutatea cramponului 10 gr.

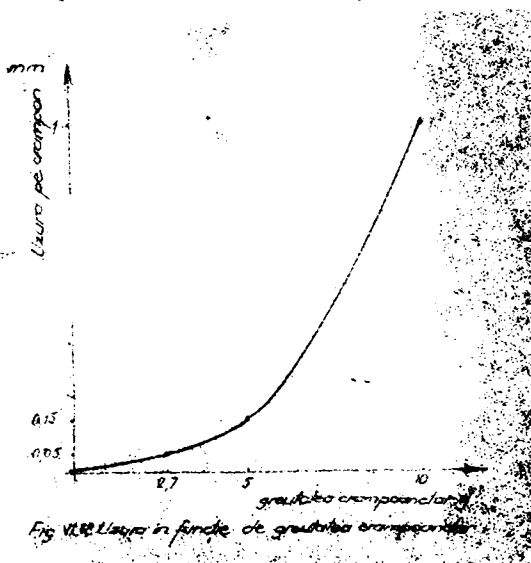


Fig. VI.18. Uzura în funcție de greutatea cramponilor.

In concluzie /36/ se menționează că experimentarea a arătat că nu există practic îmbrăcăminte insensibilă la efectul pneurilor cu crampeane, dar, se pot obține rezultate interesante acționând în două feluri convergente și anume atât asupra tipului de îmbrăcăminte cât și asupra crampeanelor.

In privința amestecurilor asfaltice utilizate pentru structurile de rulare, se recomandă pentru drumurile situate în zone reci, unde se folosesc un timp destul de îndelungat pneuri cu crampeane, să se utilizeze betoane asfaltice cu agregate minerale de 0...14 mm, concomitent cu o bună filerizare chiar dacă imediat după așternere rugozitatea geometrică este scăzută, întrucât sub acțiunea pneurilor cu crampeane această rugozitate va crește foarte mult chiar din prima iarnă de circulație.

Pentru atenuarea efectului distructiv al pneurilor cu crampeane se recomandă folosirea crampeanelor tip composite deci cu teacă din plastic, care conduc la o uzură mai mică decât crampeanele clasice.

In R.F.G. s-au făcut studii /56/ asupra efectului pneurilor cu crampeane și s-a arătat că cele mai mari degradări în timpul iernii au fost provocate pe drumuri de către autovehiculele echipate cu astfel de pneuri. Evoluția degradărilor datorită crampeanelor a fost tratată de R.Sauterey și R.Requirand /30/, /36/. G. Zichner /56/ arată că la temperaturi scăzute îmbrăcăminte bituminoasă este fragilă și deci liantul poate fi ușor distrus, afirmat. Securile provocate de vitezele mari cu care circulă autovehiculele soliciită foarte mult îmbrăcăminte bituminoasă. Cercetările efectuate la Universitatea tehnică din Berlin au condus la rezultate foarte interesante. In cazul unui drum cu două benzi de circulație și cu lățimea părții carosabile de 7,5 m, cu un trafic de 8.000 vehicule pe oră, din care 10% vehicule echipate cu pneuri cu crampeane și pe care s-a menținut o suprafață fără apă și zăăză, in perioada de 75 % din timpul experimentării, s-au obținut următoarele valori in ceea ce privește uzura:

- in linie dreaptă, la o viteză de 60 km/oră;
- 1,01...1,26 mm;

- în curbe cu raza de 100 m, la viteze de 40 km/oră:  
1,12...1,41 mm;
- în zona de accelerare (1,5...3,5 m/sec):  
1,39...1,80 mm;
- în zona de frinare (3...4,5 m/sec):  
2,87...3,56 mm.

După trecerea unei ierni, pe câteva tipuri de îmbrăcămînți bituminose, uzura măsurată are aproximativ următoarele valori:

- beton asfaltic 1...5 mm în medie 2,5 mm;
- asfalt turnat 1...2,5 mm în medie 2 mm.

Dacă se compară cu rezultatele cercetărilor franceze /36/ se observă că pe beton asfaltic și asfalt turnat uzura este mai mică, decât în cazul amestecurilor utilizate pe pistele de încercare de specialiștii și cercetătorii francezi.

A.Verrey /196/ tratează aspecte similare pe drumurile din Elveția, măsurînd uzura provocată de pneurile cu crampoane pe diverse drumuri, cu ajutorul unui profilograf, adaptat în mod corespunzător cu un palpator. S-a studiat în iarna 1968/1969 un sector pe care au circulat 10 % din vehicule echipate cu pneuri cu crampoane, iar în iernile următoare 1970/1971 și 1971/1972 au fost făcute măsurători pe 12 sectoare, pe care au circulat 40 % autovehicule echipate cu pneuri cu crampoane.

Adîncimea fîgașelor lăuate de crampoane a fost în iarna 1970/1971 de 4...6 mm, cifre care s-au micșorat puțin în iarna 1971/1972, pentru anumite tipuri de îmbrăcămînți.

O valoare interesantă /196/ este cantitatea de material sculă (degrădinată) pe km de drum, de către un milion de vehicule echipate cu pneuri cu crampoane. Francezii au indicat într-un raport că un milion de autovehicule detasează (sculg,degrădinează) aproximativ 50 tone de material pe km de drum. A.Verrey /196/ arată că elvețienii au măsurat:

- 20 tone pentru beton de ciment;
- 36...45 tone pentru îmbrăcămînți bituminose.

Basat pe măsurătorile făcute în cantonul Vaud, pentru o rețea de 90 km drumuri naționale și 2.100 km drumuri cantonale

/196/ s-a stabilit că valoarea degradărilor provocate de pneurile cu crampeane reprezintă 7 milioane de franci, numai pentru cantonul Vaud.

De asemenea se menționează că se distrug foarte rapid marșajele de pe drum și că deși au fost refăcute (revopsite) sub acțiunea pneurilor cu crampeane au dispărut în mai puțin de trei săptămâni.

O comunicare tehnică a Școlii Politehnice din Elveția arată că înțegorarea vitezei autovehiculelor echipate cu crampeane de la 100 la 80 km/oră, reduce pagubele provocate drumului cu 16 % ; iar scăderea vitezei la 70 km/oră, reduce pagubele cu 28 % .

Intr-un alt studiu „Requirand /40/ tratateși în continuare alte aspecte privind efectul pneurilor cu crampeane asupra drumului, prin studiile efectuate la laboratorul din Nanov, după 10.000 de treceri ale autovehiculelor cu sarcina de 6,5 tone și viteză de 60 km/oră. S-a măsurat valoarea înălțimii de nisip pe aceste sectoare și prezintă valori medii între 2,7 și 4,4 mm.

Resultatele experimentării confirmă că pneurile cu crampeane determină o uzură mare, care conduce în final la distrugerea stratului de rulare sub efectul autovehiculelor grele, provizute cu pneuri cu crampeane. Y.Gauthier /14/ arată resultatele obținute în stații pilot, pe diferite imbricăminti, pe care au circulat autovehicule echipate cu pneuri cu crampeane, comparativ cu pneurile obișnuite. Pe aceste imbricăminti s-au făcut observații vizuale în ceea ce privește comportarea lor la uzură, s-a măsurat frecarea cu ajutorul pendulului lui în 12 locuri pe urma lăcătii de roți; s-au făcut diferite fotografii și rolououl pentru patru profile transversale.

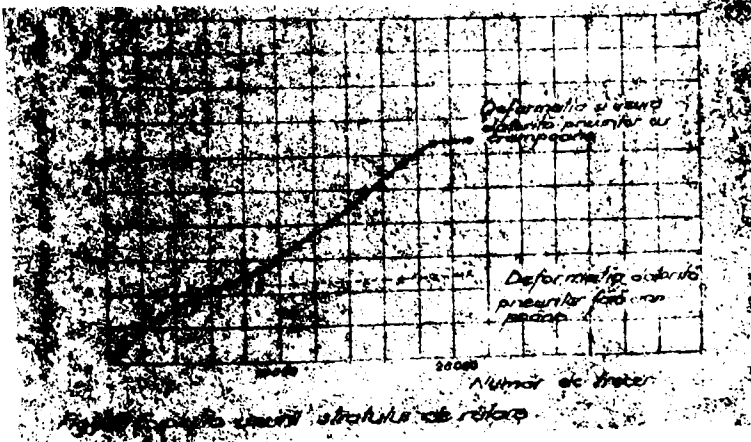
Mixtura asfaltică /14/ din care s-a realizat stratul de rulare a avut următoarea compoziție:

- agregat 0,3...10 mm	33 %
- agregat 2...6,3 mm	30 %
- nisip 0...2 mm	37 %
- bitum tip 80...100	5,9 %

În cadrul experimentării s-au folosit pneuri Michelin la presiunea de 8 bari, având 132 crampeane, repartizate pe 4 cercuri, capitalul cramponului (care iese din cauciuc) fiind constituit dintr-o coroană circulară cu grosimea de 1 mm și diametrul exterior 8 mm.

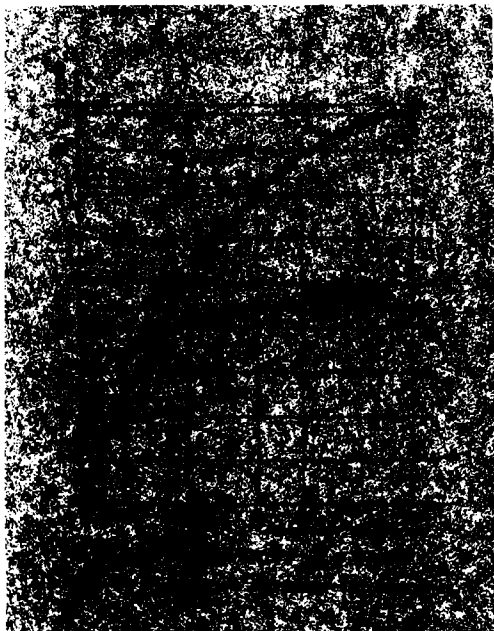
Degradările observate sînt caracteristice acțiunii cramponelor, astfel, după 21.000 de treceri ale pneurilor cu crampeane suprafața labrului minții prezintă fîgașe cu adîncimea de 25 mm, uscată de desgrindare, în timp ce pe sectorul pe care au circulat pneuri fără crampeane nu s-a produs degradarea și desgrindarea agregatelor, ci doar un fîgaș cu adîncimea de 10 mm.

În fig.VI.19 se prezintă deformația și uzura provocată de pneurile cu crampeane, comparativ cu cele fără crampeane.



Concluziile care se impun, ca urmare studiului prezentat de Y.Gauthier /14/ atrag atenția asupra pericolului pe care-l prezintă pentru labrurile minții bituminose circulația autovehiculelor de mare tonaj, echipate cu pneuri cu crampeane, mai ales pe suprafețe cu bolci și fără așfalt.

C.Chevet /9/ arată avantajele pe care le prezintă pneurile cu crampeane, propunând concomitent măsuri privind limitarea efectului lor distructiv asupra labrurilor minții bituminose. Studiile și experimentările s-au efectuat cu crampeane loc...loc buclă pe pneu.



Pentru a obține o evoluție rapidă a decărărilor, îmbrăcămintea bituminosă a fost supusă acțiunii tangențiale la frinare rapidă. Perioadic, s-a măsurat rugozitatea geometrică prin metoda "inducției de micșip" și uzura medie măsurată, cu ajutorul unor supari de uzură.

În fig.VI.20 se poate urmări evoluția uzurii și a rugozității geometrice în funcție de numărul de treceri.

Din punct de vedere teoretic s-a căutat să se dea o relație matematică acestei uzuri provocată de pneurile cu cram-

ponne, relație simplificată de forma:

$$\frac{n \cdot k \cdot (K \cdot P + A \cdot X)}{1 + n \cdot k \cdot k} \quad (VI.19)$$

în care:  $n$  - numărul rindurilor de cramponare;

$k$  - raportul între suprafața bazei cramponului și distanța care separă baza de carcasă

$P$  - sarcina pe roată;

$K$  - raportul între grosimea cauciucului, care constituie banda de rulare și suprafața de contact pneu-drum, obținută pentru sarcina  $P$ ;

$X$  - ieșirea inițială a cramponului (roată neîncrețită)

$N$  - numărul de cule situat în zona de contact;

$A$  - caracteristica legată de duritatea cauciucului.

Concluziile studiilor [9] sînt următoarele:

- decărățile variază aproape liniar cu sarcina roții;

- folosirea cran-canelor tip autoturism, pentru pneurile

camionelor, în comparație cu cramponanele folosite pentru vehiculele ușoare, reduce uzura îmbrăcămintii cu aproximativ 65 % în zona de frinare;

A. Caullier /1977/ a efectuat o anchetă în legătură cu comportarea straturilor de rulare ale îmbrăcăminților în perioada de iarnă.

Degradările constatate /1977/ iarna, au fost grupate astfel:

- creșterea uzurii;
- decolorare;
- fisuraj;
- apariția gropilor.

Pentru a putea compara comportarea diferitelor straturi de rulare, situate în condiții diferite de trafic, și situate în zone cu condiții climatice diverse s-a stabilit un indice de uzură:

$U = i.a.T.$

(VI.19)

$U$  - indicele de uzură;

$i$  - coeficient având valoare:

0,5 dacă drumul are două căi,

0,4 dacă drumul are trei sau patru căi;

$a$  - vârsta îmbrăcăminții, exprimată în ani;

$T$  - traficul total în mii de vehicule pe zi.

Dar acest indice de uzură nu ține cont de uzura provocată de pneurile cu crampeane, de aceea s-au introdus oțiva coeficienți, care corespund traficului greu, procentului de vehicule echipate cu pneuri cu crampeane, regiunii climatice în care este situat drumul examinat etc.

Aprecierea comportării stratului de rulare s-a făcut prin aprecieri vizuale notând cu: 1 aspect total necorespunzător; 2 aspect necorespunzător; 3 aspect mijlociu; 4 aspect bun; 5 aspect foarte bun.

Centralizând toate datele și informațiile în legătură cu această problemă s-a căutat să se elucideze rolul pe care-l au în ceea ce privește comportarea în timpul iernii, diferiți parametri ai stratului de rulare, de exemplu: punerea în operă și compactitatea; natura nisipului; conținutul de liant; conținutul de filer; proporția de nisip 0...2 mm; influența nisipului natural; natura și calitatea agregatelor; proporția agregatului 2...6 mm; proporția granulelor > 6 mm.



Referitor la compactitate /197/ se știe că depinde de proporția componentelor (dosaj), de grosimea stratului și de modul de punere în operă. Din datele examinate s-a ajuns la concluzia că pentru a rezista în condiții corespunzătoare solicitărilor pe timp de iarnă, este necesar să se realizeze o compactitate minimă de 91 %.

Pentru a obține o compactitate de 91 este necesar ca betoanele asfaltice cu agregate minerale de 0...10 mm, să aibă o grosime mai mare de 5 cm, iar pentru betoane asfaltice cu agregate minerale de 0...14 mm, pentru obținerea compactității de 92...95 este necesar să se realizeze grosimi de 7...10 cm.

Referitor la natura nisipului, se precizează că cele mai bune nișipuri de concasaj sînt cele obținute din roci dure: andezit, bazalt, microdiorit etc.

Referitor la procentul de liant, se arată că este necesar în cazul amestecurilor cu agregate minerale de 0...14, de grosime mare, să se evite excesul de liant.

Referitor la procentul de filler, se recomandă în general 10 % filler, ceea ce permite obținerea unui mortar rezistent.

Se recomandă un procent de 35...40% nisip 0...2 mm, cu mențiunea că procente mai scăzute ar conduce la amestecuri insuficient de compacte.

Referitor la natura agregatelor sînt confirmate observațiile, care arată că, la anumite cuarțite se constată lipsa de adesiivitate, agregatele amestecate cu granule gîstoase prezintă rezistențe mecanice scăzute.

Referitor la proporția agregatului 2...6 mm, se observă o ameliorare a comportării la efectele solicitărilor pe timp de iarnă, dacă se măsoară fracțiunea 2...6 mm, realizându-se astfel formule de amestecuri asfaltice /197/ discontinue, care sînt în general mai compacte, după așternere și se obțin concomitent o creștere a fracțiunii mai mari de 6 mm.

Din cele arătate mai sus se poate vedea pe de o parte că cercetările efectuate își propun să găsească tipuri de amestecuri asfaltice care să reziste cit mai bine acțiunii pneurilor cu crampeane, iar pe de altă parte se caută găsirea unor forme pentru

crampoane sînt mai adecvate.

În ultima vreme s-au introdus în unele țări reglementări administrative în ceea ce privește utilizarea pneurilor cu crampoane astfel:

Tara	Perioada admisă	Greutate maxi- mă pentru auto- vehicul	Viteză maximă km/oră
R.F.G.	15.XI...15.III	2,8	100
Austria	1.XI... 30.IV	3,5	nu se precizează
Danemarca	1.X.... 30.IV	nu precizează	nu se precizează
Finlanda	1.X.... 15.V	nu precizează	nu se precizează
Franța	15.XI...15.III	3,5	90
Italia	15.XI...15.III	3,5	90
Norvegia	15.X....30.IV	-	80
Elveția	15.XI...15.IV	3,5	80

Apreciaz că se va găsi o soluție de compromis care să permită utilizarea pneurilor cu crampoane în limita unei usuri acceptabile pentru straturile de rulare construite din materiale adecvate și după anumite tehnologii care să le confere rezistența necesară.

### 2.2.2. Peladă

Se definește ca peladă, fenomenul de desprindere parțială a stratului de rulare de pe stratul suport, sau desprinderea unei suprafețe mici de tratament executat pe o înfrățiminte bituminosă /5/, /7/, /7B/, /8A/.

Suprafața afectată de peladă se prezintă neuniform, jenușă circulația, prin faptul că există diferențe de 2...3 cm între porțiunile care sînt corespunzător executate și cele afectate de peladă (Fig.VI.21.a și Fig.VI.21.b).



a. D.N.6 Km.534 + 350



b. D.N.6 Km.541 + 300

Fig. VI. 21. Peladă: a - în covorul asfaltic  
b - pe sector cu tratamente.

Sectoarele pe care a apărut fenomenul de peladă au fost studiate prin măsurători și observații directe pe teren, precum și prin ridicarea unui număr mare de probe din înbrăcămintea respectivă și analizarea lor în laborator, în scopul studierii cauzelor, care au dus la apariția acestei defecțiuni.

Factorii care favorizează apariția pelădei sînt:

În cazul unui covor asfaltic realizat dintr-o amestecătură asfaltică cu o compoziție corespunzătoare din toate punctele de vedere, s-a constatat că a apărut pelada datorită faptului că amestecătura a fost pusă în operă la o temperatură scăzută (sub  $90^{\circ}\text{C}$ ); deși amestecătura avea la stația de malaxare temperatura prescrisă ( $130...160^{\circ}\text{C}$ ), datorită distanței mari de transport și temperaturii mai scăzute a mediului înconjurător  $10...12^{\circ}\text{C}$ , și în plus faptului că amestecătura a fost transportată cu mașini obișnuite, fără instalație specială de încălzire, amestecătura asfaltică pentru stratul de rulare, a ajuns la locul de punere în operă la o temperatură scăzută  $70...90^{\circ}\text{C}$ . În acest caz, la întindere, amestecătura fiind rece, operația s-a efectuat dificil, iar cilindrirea n-a reușit să asigure compactitatea necesară și în consecință nu s-a realizat aerogarea noului strat de rulare pe stratul suport, în condiții satisfăcătoare.

In acest caz, pelada prezintă un fenomen mai general, iar suprafețele afectate sînt mari.

In tabelul VI.6 sînt arătate caracteristicile fizico-mecanice ale mixturii asfaltice studiate, din care rezultă că deși condițiile tehnice pentru mixtură au fost respectate, totuși datorită altor cauze a apărut peladă.

O altă cauză [5], care favorizează apariția peladei este provocată tot de o execuție necorespunzătoare și anume ștergerea stratului de rulare din mixtură asfaltică peste fabricămintea veche, fără realizarea condițiilor de aerogare, adică fără baciardare, amorsare.

In această situație, aderența între cele două straturi nu se realizează satisfăcător și pe toată suprafața, iar sub efectul circulației, porțiunile din stratul de rulare (covor), care nu s-au aerogăat perfect pe suprafața veche sînt desprinse și eliminate.

De asemenea se constată peladă, pe sectoarele în care din anumite motive nu s-a executat amorsarea suprafeței pe care se execută un nou strat de rulare. In acest caz, oricît de bună este mixtura ca dosaj, compoziție, temperatură, ștergere și compactare, deficiența caracteristică de peladă este inerentă și chiar se poate generaliza, conducînd la desprinderea stratului de rulare de pe toată suprafața pe care a fost executat.

Amorsarea are rolul de a introduce liantul necesar lipirii stratului nou de stratul vechi, ori lipsa liantului necesar favorizează desprinderea stratului nou, sub efectul circulației, de stratul suport.

Fenomenul de peladă mai poate apărea pe anumite sectoare din cauza unor temperaturi prea ridicate realizate în procesul tehnologic de fabricarea mixturii asfaltice, de exemplu cînd agregatele la ieșirea din uscător au o temperatură de peste 240...260°C, se produce arderea liantului în momentul peliculizării pe suprafața agregatelor, iar la un interval de timp destul de scurt, de la ștergerea și cilindrarea mixturii (strat de rulare) se observă desprinderea stratului nou care se extinde pe toată suprafața executată din mixtura realizată cu bitumul ars. Mixtura asfaltică analizată din locurile unde s-au produs asemenea defecțiuni

se caracterizează prin rezistență mare la compresiune, peste 40  $\text{kg/cm}^2$  punct de înmuiere al bitumului extras din amestec ridicat; rezultatele de laborator sînt indicate în tabelul VI.6, amestecurile asfaltice notate cu 4 și 5.

- Peladă se poate produce și pe sectoarele pe care s-au executat tratamente superficiale fie cu bitum cald, fie cu emulsii bituminoase. Cauzele frecvente care conduc la defecțiuni ale suprafețelor tratate sub formă de peladă sînt: agregate murdare, cu praf, argilă, noroi etc. După cum se știe adhezivitatea lianților hidrocarbonați este condiționată de gradul de curățenie al agregatelor, astfel că la răspîndirea unor agregate murdare, se fixează în bitum praful, iar criblura se desprinde, rămînînd pe suprafața de rulare porțiuni fără agregat, porțiuni cojite, cu aspect dezagreabil. S-a constatat de asemenea că, pe sectoare date prea repede în circulație, înainte ca agregatele să fie bine fixate în bitum, sub efectul traficului, la viteza de peste 60 km pe oră, criblura poate să fie desprinsă apărînd suprafețe cu peladă.

Fenomenul de peladă poate apărea de asemenea pe sectoare sari, în cazul utilizării unui liant bituminos cu adhezivitate scăzută. S-a constatat pe două străzi din orașul Vîșoara, la circa o lună de la așternerea amestecului asfaltic desprinderea foarte rapidă sub formă de peladă a covorului recent executat. Defecțiunea avînd o amploare mare s-au ridicat imediat probe de pe sectoarele respective și au fost studiate în laborator. Rezultatele obținute arată că amestecul asfaltic folosit prezenta caracteristici corespunzătoare, dar la proba de fierbere în apă s-a produs o rapidă dezamobare a agregatului mineral. Întrucît în prealabil nu erau făcute studii de adhezivitate s-au ridicat probe de liant și s-au executat studii, privind adhezivitatea bitumului utilizat. Menționăm că bitumul folosit era bitum albastru cu penetrația 185 1/10 mm.

În tabelul VI.6, la pozițiile 6, 7 și 8 se pot urmări caracteristicile amestecului asfaltic utilizat, iar în tabelul VI.7 rezultatele obținute privind adhezivitatea bitumului B 180-220, a bitumului albastru și a emulsiei bituminoase la diverse agregate.

Se constată că bitumul albastru cu care se executase mixtura asfaltică prezenta o adhezivitate foarte scăzută. Adhezivitatea s-a determinat cu aparatul conceput și construit de autor prezentat la 2.2.1.

Studiile de laborator au pus astfel în evidență drept cauză a apariției peladei pe aceste sectoare, lipsa de adhezivitate a bituzului folosit la prepararea mixturii asfaltice.

S-au întreprins studii sistematice privind evoluția fenomenului de peladă pe o serie de drumuri naționale din cadrul Direcției de drumuri, rezultatele obținute sînt prezentate în tabelul VI.8 din care se constată micșorarea suprafețelor afectate de peladă se datorează faptului că observîndu-se cauzele care au provocat producerea acestora în primii ani s-au introdus măsuri de prevenire care au dat rezultate bune. Cea mai eficientă măsură s-a dovedit curățirea perfectă a suprafeței suport și amorzarea ei cu emulsie bituminoasă cationică.

Suprafețele cu defecțiuni sub formă de peladă, prezintă un aspect inestetic și înrăutățesc uniformitatea suprafeței de rulare, în consecință trebuie să fie refăcute. Repararea lor se face în funcție de caracteristicile stratului de rulare, iar soluțiile aplicate sînt diferite de la caz la caz, ținînd seama evident și de mărimea suprafețelor afectate de peladă. Spre exemplu, în cazul straturilor de rulare, alcătuite din mortar asfaltic sau de exemplu covoarele asfaltice de grosime redusă, cu defecțiuni puține, suprafețele afectate de peladă pot fi remediate prin plombări locale. Dacă suprafețele degradate sînt mari, pe lungimi mici de drum (cîteva sute de metri), se poate încerca înlocuirea stratului de rulare ce mai aderă pe stratul suport cu utilaje adecvate (autogrederul) și refacerea întregii suprafețe. Această operație se execută deosebit de dificil de aceea opinia pentru așternerea unui nou strat de rulare, deci o refacere completă a covorului. Evident, în prealabil se recomandă ca suprafețele cu peladă să fie plombate, iar stratul de mixtură asfaltică, să fie așternut în mod uniform pe toată suprafața.

În cadrul apariției acestui fenomen pe sectoarele cu tratament superficial, pelada se remediază prin curățirea temeinică a suprafeței respective și executarea unui nou tratament folo-

gind lancea sau badijonind suprafața cu bitum tăiat sau emulsie, urmată de acoperirea cu criblură și trecerea cu un ralcu compresor. Cu această metodă rezultatele obținute au fost foarte bune.

Pentru a evita apariția peladei este necesar să se respecte condițiile tehnice de execuție a straturilor de rulare, mai ales în cea ce privește acroșarea perfectă pe stratul suport. Se consideră necesar a atrage atenția asupra următoarelor operații din procesul tehnologic care trebuie avute în vedere la execuție în scopul obținerii unei lucrări de bună calitate:

- pregătirea suprafeței suport prin curățire perfectă, iar dacă este șlefuită se va buciarda și curăți, amorsare cu emulsie bituminoasă sau bitum tăiat;

- mixtura asfaltică se va executa după un dozaș riguros și se va utiliza un bitum care prezintă o bună adezivitate; se recomandă folosirea unui bitum aditivat;

- punerea în operă a mixturii se va face numai pe vreme călduroasă, la o temperatură ridicată ( $135^{\circ}\text{C}$ ), iar compactarea se va termina înainte ca temperatura să coboare sub  $100^{\circ}\text{C}$ ; se recomandă efectuarea compactării cu cilindri compresori pe pneuri.

Pelada se poate evita și în cazul executării tratamentelor superficiale bituminoase prin curățirea perfectă a suprafeței de tratat, folosirea unor agregate minerale curate și executarea compactării la timpul potrivit (înainte de a se răci bitumul în cazul tratamentelor executate cu bitum cald și în momentul ruperii emulsiei în cazul executării acestora cu emulsie bituminoasă).

#### 2.2.1. Aparat pentru determinarea adezivității lianților bituminoși.

Așa după cum s-a arătat mai sus pelada apare frecvent din lipsă de acroșare a stratului de rulare, a covorului asfaltic de stratul suport, deci adezivitatea lianțului, ca de altfel și în multe alte cazuri, este factorul determinant pentru obținerea unor mixturi asfaltice cu proprietăți fizico-mecanice corespunzătoare cu o durată mare de serviciu.

Pentru determinarea adezivității lianților hidrocarbonați

la agregatele minerale se utilizează în mod curent mai multe metode cunoscute din literatură care permit să se tragă unele concluzii privind adesivitate liantului la diverse agregate minerale //.

În cadrul laboratorului de încercări al Direcției drumuri și poduri Timișoara, pe baza documentației întocmită de către autor/13/, s-a experimentat un aparat nou pentru determinarea adesivității (Fig.VI.22), pe principiul aparatului Vialit.

Aparatul a fost construit în atelierul Direcției drumuri și poduri Timișoara și se compune din următoarele:

- stativ metalic;
- placă metalică 300 x 300 mm, în grosime de 2 mm;
- bilă din metal îmbrăcată în cauciuc, de 500 g;
- tijă verticală cu dispozitiv orizontal de ghidare a bilei metalice.

Modul de lucru propus este următorul:

- bitumul se încălzește la temperatura de  $150^{\circ}\text{C}$ - $160^{\circ}\text{C}$  și se întinde într-un strat subțire de 0,5 mm pe placa metalică încălzită în prealabil în etuvă la  $150^{\circ}\text{C}$ . Suprafața pe care se întinde bitumul este de 230/230 mm ( $529\text{ cm}^2$ ), utilizându-se deci aproximativ 26...27 g bitum topit.

- pe suprafața bitumului cald întins pe placa metalică, se apasă cu mâna loa granule din agregatul mineral (criblură 3...8 sau 8...15, mărgăritar etc) de încercat. Pentru a avea granule de o dimensiune cât mai uniformă, s-a utilizat întotdeauna materialul ce a rămas pe ciurul liber inferior (adică rest pe 2 mm sau 8 mm etc).

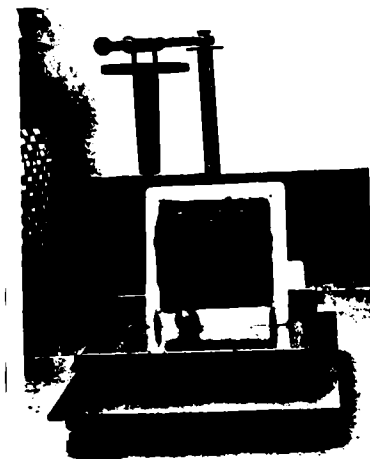


Fig.VI.22: Aparat pentru determinarea adesivității lianților hidrocarbonați



- se lasă placa cu granulele fixate în bitum timp de 24 ore la temperatura camerei pentru răciria bitumului;

- se face o incercare de cîteva secunde a plăcii cu granulele lipite pe ea în apă potabilă. În total trei încercări în apă;

- se aşază placa pe cele patru suporturi fixate pe stativul metalic, cu faţa - pe care sînt lipite granulele - în jos.

- de la o înălţime de 50 cm, se lasă să cadă liber bila de 500 g de cinci ori pe suprafaţa plăcii. S-a avut în vedere ca loviturile să fie plasate în mijlocul plăcii şi spre cele patru colţuri, astfel încît repartiţia lor să fie cît mai uniformă;

- se ridică placa şi se numără granulele dezlipite şi căsute pe tava stativului, obţinîndu-se astfel direct în procente adezivitatea bitumului pe agregatul mineral respectiv.

Aparatul a fost experimentat şi pentru determinarea adezivităţii emulsiilor cationice primite de la Institutul de Cercetări al M.P.C.

S-au utilizat emulsiile cu rupere lentă şi emulsiile cu rupere rapidă, folosindu-se următorul mod de lucru:

- emulsia bine amestecată se întinde într-un strat subţire de 0,5 mm pe placa metalică rece (la temperatura camerei);

- pe suprafaţa plăcii acoperită cu emulsie se aşază cu atenţie loc granule din agregatul mineral, a cărui adezivitate vrem să o determinăm;

- se lasă placa metalică cu granulele fixate în emulsie timp de 24 ore, la temperatura camerei;

- se procedează ca în cazul bitumului prin trei încercări consecutive în apă potabilă;

- se aşază placa pe suporturile stativului, cu faţa pe care sînt lipite granulele, în jos;

- se aplică cele cinci lovituri, cu bila de 500 g lăsată să cadă de la înălţimea de 50 cm, conform modului de lucru aplicat la bitum;

- se numără granulele căsute şi se calculează adezivitatea procentuală.

Pentru a se asigura liantului o grosime uniformă întin-

șarea se poate face cu o riglă metalică sau alte dispozitive adecvate.

Experimentările s-au efectuat cu bitum tip D cu și fără aditiv (naftenat de cupru), și cu emulsii cationice cu rupere lentă și rapidă, utilizându-se agregate bazice (cribluri) și agregate silicioase.

De asemenea s-a experimentat un bitum albanez, avînd următoarele caracteristici:

- penetrația la 25°C = 135 1/10 mm;
- punctul de înmuiere I și B, 40°C;

S-au utilizat granule spălate, uscate și comparativ granule murdare, acoperite cu argilă.

În tabelul VI.7 se dau unele rezultate obținute cu ocazia experimentării apartului.

Se poate constata că valorile obținute pentru adhezivitatea unui bitum importat din Albania sînt foarte mici (64 % în cazul criblurilor curate) ceea ce a condus la degradarea unor șevoare asfaltice executate în Timișoara cu acest bitum, fapt ce a cauzat studiile menționate la 2.2.

Aparatul permite măsurarea cantitativă (procentuală) a adhezivității lianților hidrocarbonați pe diferite agregate minerale, în anumite condiții de lucru, care trebuie riguros respectate, pentru a se putea compara valorile obținute.

### 2.3. Văluriri și refulări

Suprafața de rulare denumită, vălurită, se prezintă cu denivelări în profil longitudinal sub forma unei table ondulate.

Frecvența undulărilor și amplitudinea lor poate varia în funcție de mai mulți factori (trafic, vechime, compoziția mixturii asfaltice etc).

#### 2.3.1. Considerenții asupra uniformității suprafeței de rulare.

Re Coquand /21/ consideră că suprafața de rulare este uniformă atunci cînd permite o circulație bună din punct de vedere al confortului.

Această definiție sintetică trebuie completată cu unele precizări dintre care menționăm:

- confortul despre care se vorbește este un confort dinamic și se referă la participanții la circulație (utilizatori), nu este vorba deci de confortul optic, vizibilitate, etc.;

- pragurile sensibilității la viteze și accelerații care interesează uniformitatea suprafeței de rulare sînt: 28 km/oră pentru o mișcare perturbatorie de legătură și o accelerație de  $4 \text{ m/sec}^2$ ; 43 km/oră pentru o mișcare de balansare în sens longitudinal respectiv o accelerație de  $6 \text{ m/sec}^2$ ;

- între suprafața de rulare și utilizatori se interpune vehiculul asimilabil unui oscilator liniar caracterizat prin mase nesuspendate (roți și osii) și mase suspendate (caroseria). Distanța dintre axele osiilor unui vehicul (ampatamentul) este variabilă în jurul a 2...3 m; reacțiile balansării în sens longitudinal (tangajul) vor fi de asemenea variabile. Din contră frecvențele proprii ale maselor nesuspendate pe de o parte și suspendate pe de altă parte sînt puțin variabile de la un vehicul la altul din motive de construcție în primul rînd și de sensibilitatea utilizatorilor; în al 2-lea caz: totuși calitatea suspensiilor rămîne valabilă de la un vehicul la altul.

- viteza pentru un vehicul dat circulînd pe un profil dat influențează atît asupra modului de resimțire a deformațiilor precum și a solicitărilor la care este supus autovehiculul; uniformitatea suprafeței de rulare este deci strîns legată de felul vehiculului utilizat și mai ales de viteza de circulație.

- cu privire la forma și mărimea neuniformităților ce apar pe suprafața de rulare s-au făcut o serie de măsurați și în funcție de modul de prejudiciere a confortului s-au stabilit lungimi de undă care influențează masele suspendate respectiv masele nesuspendate.

Măsurătorile uniformității se pot face cu o serie de aparate introduse în diverse țări, aceste aparate sînt de mai multe feluri ca de exemplu controlul cu dreptarul de 3 m, de tipul viagrafelor sau a profilografelor, aparate care măsoară defecțiunile transversale etc.

Cu privire la vibrațiile verticale ale autovehiculelor /34/ în funcție de neregularitatea de rulare se menționează

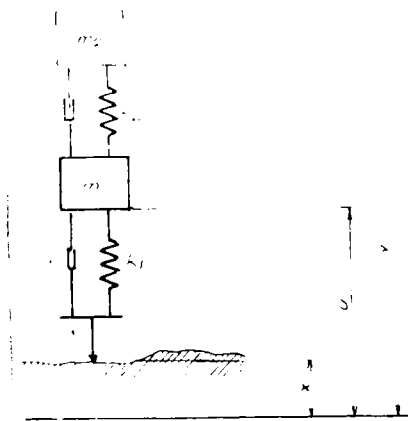


Fig. VI.23

că problema este foarte complexă datorită multiplelor legături ce există într-un autovehicul, nelinearitatea amortizoarelor cuplajelor influența vântului, a forței centrifuge etc. În baza analizei unui număr de modele /34/ putând servi la descrierea sumară a vehiculelor supuse la vibrații verticale se poate scrie pentru o roată izolată cu notațiile indicate în Fig. VI.23, utilizând metodele de calcul operațional următoarea ecuație:

$$U = x \cdot \frac{(m_2 p^2 + c_2 p + k_2) \cdot (c_1 \cdot p + k_1)}{(m_1 \cdot p^2 + c_1 p + k_1)(m_2 p^2 + c_2 p + k_2) + m_2 p^2 (c_2 p + k_2)} \quad (\text{VI.20})$$

$$U = x \cdot \frac{(p \cdot c_1 + k_1) \cdot (p \cdot c_2 + k_2)}{(m_1 p^2 + c_1 p + k_1)(m_2 p^2 + c_2 p + k_2) + m_2 p^2 (c_2 p + k_2)} \quad (\text{VI.21})$$

La numitor sînt produsele corespunzătoare sistemelor 1 și 2 independente, plus un termen de cuplaj. După teoria clasică, frecvențele proprii ale sistemului cuplat sînt puțin depărtate față de frecvențele proprii ale celor două sisteme necuplate. Aceste frecvențe sînt de la 10 la 15 Hz pentru sistemul 1 (mase nesuspendate) și de ordinul 1 la 2 Hz pentru sistemul 2 (caroserie). În ceea ce privește drumul, aceasta corespunde, pentru vehicule care circulă între 36 km/oră și 144 km/oră cu o bandă cu lungimea de undă etalată între 0,5 m și 40 m.

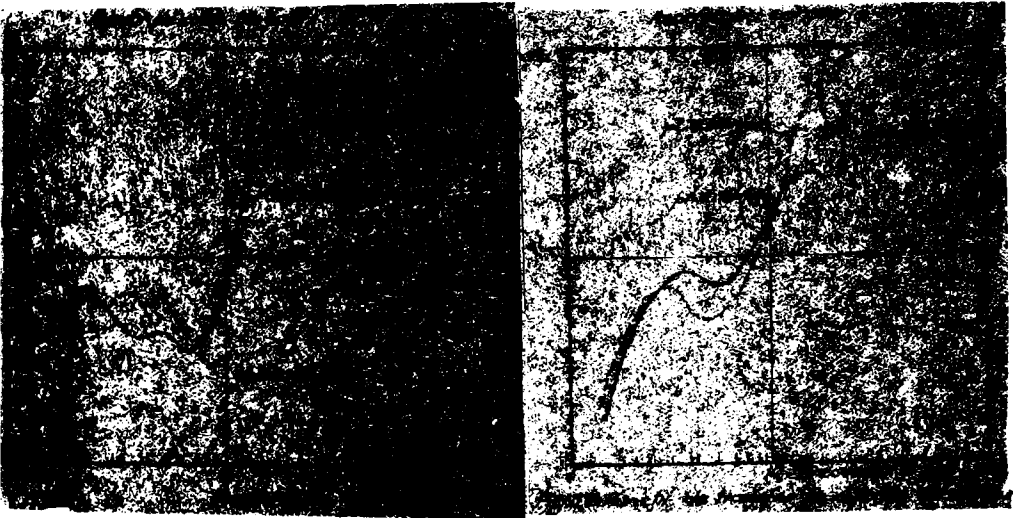
În acest caz transferul accelerației carosieriei raportat la neregularitățile drumului, se obține înlocuind  $p$  cu  $i\omega$ :

$$H_{v,x}(\omega) = \frac{-\omega^2 (1 \cdot c_1 + k_1) (i\omega \cdot c_2 + k_2)}{(m_2 \omega^2 + i c_2 \omega + k_2) (-m_1 \omega^2 + i c_1 \omega + k_1) \cdot \omega^2 m^2 (i\omega \cdot c_2 + k_2)} \quad (\text{VI.22})$$

pentru funcția de transfer a forței dinamice pe drum:

$$H_{k_1}(u-x) + C_1(u-x) \cdot X(\omega) = (k_1 + C_1 i \omega).$$

$$\frac{(1 + i\omega C_1 + k_1) \cdot (-m_2 \omega^2 + i\omega C_2 + k_2)}{(-m_2 \omega^2 + i\omega C_2 + k_2)(-m_1 \omega^2 + i\omega C_1 + k_1) - \omega^2 m_2 (1 + i\omega C_2 + k_2)} \cdot 1 \quad (\text{VI.23})$$



În Fig.VI.24 se poate vedea că funcțiile de transfer, nu sînt identice din cauza neliniarității cuplajelor, care există în vehiculul încercat:

Se pot face următoarele observații:

- datorită neliniarităților suspensiei valoarea lui  $k_2$  este în general diferită în funcție de încărcare. Un autovehicul încărcat și un gol au funcții de transfer diferite pentru mișcări mici;

- datorită neuniformității drumului în funcție de frecvență (depinzînd de viteză) care crește mult cînd frecvența scade, se constată că densitatea spectrală prezintă două vîrfuri (două maxime) de amplitudine aproape identice, corespunzînd unul frecvenței de rezonanță a roții 15 Hz și altul frecvenței de rezonanță a caroseriei 1,5 Hz.

### 2.3.2. Influența uniformității asupra aderenței.

Problema uniformității și a influenței acesteia asupra comportării autovehiculului la frinare sau în viraj, a fost de asemenea examinată de mulți cercetători /34/.

Se reamintește că coeficientul de frecare între roată și drum depinde de foarte mulți parametri ca: felul sollicitării, felul roții și a reliefului caminacului, prezența apei pe suprafața drumului, viteza autovehiculului, natura îmbrăcămînții etc.

- Se examinează cazul roții frinate pentru anvelope liză și pe o șosea udă. Coeficientul de frecare longitudinal la viteza  $\alpha$  este funcție de alunecare:

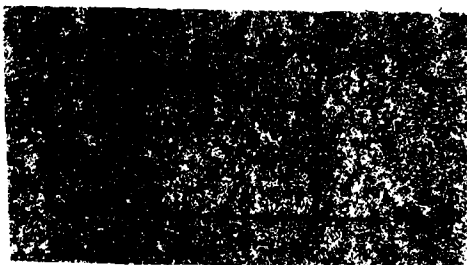
(VI.24)

$$\frac{\omega_0 - \omega_1}{\omega_0}$$

în care:

$\omega_0$  - viteza unghiulară a roții fără alunecare;

$\omega_1$  - viteza unghiulară reală a roții.



Această funcție prezintă un maxim pentru coeficientul de alunecare cuprins între 15% și 20%, Fig.VI.25.

Presupunând o uniformitate perfectă:

Cînd conducătorul auto exercită frînarea roții, se stabilește un echilibru

astfel ca  $\omega_1$  viteza de rotație a roții este dată de relația:

$$J - \alpha \left( \frac{\omega_0 - \omega_1}{\omega_0} \right) \cdot P \cdot r = 0 \quad (VI.25)$$

în care:  $r$  - raza roții,

$P$  - greutatea roții

$\alpha$  - coeficientul de frecare funcție de gradul de alunecare.

Cînd roata este în încetinire sau în accelerare la o viteză de rotație  $\omega_1$ , echilibrul forțelor este dat de relația:

$$\omega_1 = \frac{J}{P \cdot r} \left[ J - \alpha \left( \frac{\omega_0 - \omega_1}{\omega_0} \right) P \cdot r \right] \quad (VI.26)$$

$M_1$  este momentul de inerție al roții.

Dacă drumul nu este perfect drept, respectiv dacă forța verticală  $P$  variază în jurul valorii greutatei statice, echilibrul forțelor este stabil dacă și  $\omega_0$  rămân situate în stînga maximumului curbei  $\alpha_0$  ( $\frac{\omega_0 - \omega_1}{\omega_0}$ ) instabil, în caz contrar, instabilitatea putînd conduce la blocaj. Dacă  $P$  este variabilă în timp, ecuația (VI.26) devine:

$$\omega_1 = -\frac{1}{M_1} \left[ \mathcal{T} - \mathcal{L} \left( \frac{\omega_0 - \omega_1}{\omega_0} \right) P(t) r \right] \quad (\text{VI.27})$$

Dacă  $P(t) = P_0 \sin \beta t$  pentru  $t > 0$

pentru  $t = 0$ , viteza  $\omega$  corespunde unei valori  $\alpha_0$  pentru  $\alpha$ , astfel că  $P_0 \alpha_0 r - \mathcal{T} = 0$  pentru  $\alpha_0$  situat pe partea dreaptă a curbei, roata se blochează; deoarece în timpul delestării, decelerația roții este:

$$|\omega| > \frac{g}{M_1} (\alpha_0 r \sin \beta t) \quad (\text{VI.28})$$

și în timpul perioadei de relestare accelerația roții este:

$$|\omega| < \frac{g}{M_1} (\alpha_0 r \sin \beta t) \quad (\text{VI.29})$$

În consecință, o delestare bruscă a roții poate să ducă la trecerea din zona de stabilitate în zona de instabilitate și să conducă la blocaj.

- În cazul roții în viraj coeficientul de frecare transversal, necesar pentru a obține o reacție la forța centrifugă este o funcție a virajului pneului crescînd pînă la valori de 7 la 15° (funcție aproximativ liniară cu unghiul pînă la circa 3...4°).

Se consideră un model simplificat, un autovehicul cu o roată în față și una în spate. Raza de curbură a traiectoriei este o funcție care depinde de unghiul de direcție real  $B_v$ , legat de unghiul de direcție geometric  $B_g$  prin relația:

$$B_v = B_g - (\alpha_1 - \alpha_2) \quad (\text{VI.30})$$

în care  $\alpha_1$  este unghiul de deviere al roții din față,

$\alpha_2$  este unghiul de deviere al roții din spate.

În consecință o variație aleatorie a efortului dinamic exercitat de roată pe sol, conduce, pentru un unghi de direcție constant, la o oscilație a traiectoriei autovehiculului în jurul traiectoriei ideale. Dacă variațiile efortului dinamic sînt mici,

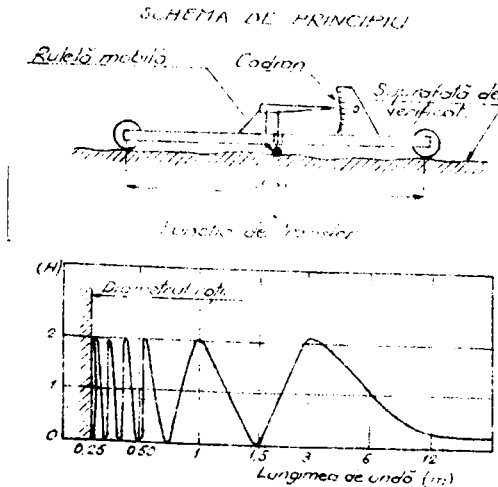
nu este necesară corectarea corectarea traiectoriei autovehiculului; dacă variațiile sînt mari, sînt necesare corecții foarte complexe.

De menționat că rezultatele se exprimă numai calitativ apreciind drumul din punct de vedere al uniformității drept "bun" sau "rău".

### 2.3.3. Metode pentru măsurarea uniformității.

Aparatul clasic pentru măsurarea uniformității drumului este dreptarul de lungime  $L$  care se așează pe drum și sub care se mișcă săgeata între dreptar și drum. Funcția de transfer pentru acest dreptar, dacă  $L$  este lungimea lui și  $\lambda$  lungimea de undă, modulul funcției este:

$$[H(\lambda)] = 1 - \cos \frac{\pi L}{\lambda} \quad (\text{VI.31})$$



Dreptarul de 3 m se folosește în mod curent pentru controlul contractual. Practic nu poate fi folosit la lungimi de undă mai mari de 12 m.

Fig.VI.26  
Rigla de 3 m.

- Viagraful este un aparat mai complex, care are un anumit număr de roți repartizate în mod regulat și un palpator fixat în centrul aparatului.

Dacă  $\frac{L}{n-1}$  este distanța între două roți succesive,  $n$  numărul de roți, funcția de transfer are ca modul:

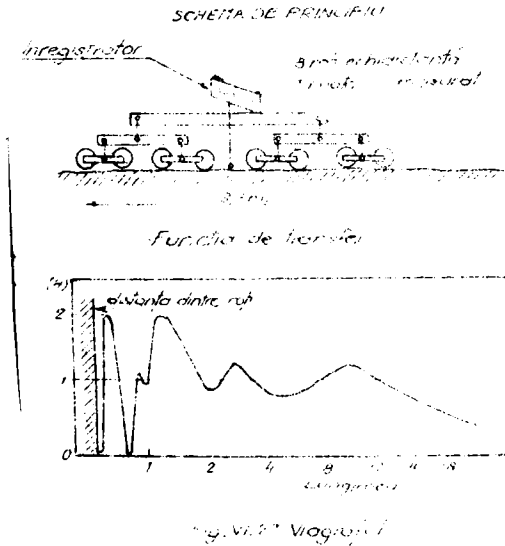
$$[H(\lambda)] = 1 - \frac{1}{n} \frac{\sin \left( \frac{\pi n}{n-1} \frac{L}{\lambda} \right)}{\sin \left( \frac{\pi}{n-1} \frac{L}{\lambda} \right)} \quad (\text{VI.32})$$



pentru  $n \rightarrow \infty$   
funcția tinde către:

$$[H(1)] = 1 - \frac{\sin \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}}$$

(VI.33)



Viagrafele de toate tipurile au fost construite după primul aparat pus la punct de Brown; în Franța se utilizează un aparat de 9,3 m cu 8 roți.  
(Fig.VI.27)

Alte aparate măsoară panta între 2 puncte apropiate în raport cu o grindă de referință suficient de lungă.

Profilometru A.A.S.H.O. și profilometru Chloé au lungimea grinzii de 7,77 m și lungimea dintre puncte de măsurat de 23,7 m.

Mai sînt și alte aparate pentru măsurarea uniformității ca de exemplu:

- Analizorul de profil al universității tehnice din Berlin;
- Analizorul dinamic de profil în lung al Laboratorului de poduri și șosele din Paris etc.

6.7.16. Din studiile efectuate se constată că aparatele de verificare a profilului în lung permit:

- determinarea rapidă a uniformității drumurilor mai rapidă și mai apropiată la vitezele mari, folosite în prezent pe drumuri;

- pune în evidență defecțiunile caracteristice ale drumurilor examinate, precum și tehnica de extragere a rezultatelor prin analiză spectrală.

Evidențiază: rosturi degradate, văluriri ale îmbrăcăminții la o lungime de undă anumită, neuniformitatea în domeniul lungimilor de undă mici sau mari etc.

Punerea în evidență a acestor defecțiuni ale neuniformității drumului permite luarea unor măsuri care să acționeze asupra utilajelor pentru executarea drumurilor (tipul utilajului, metode de folosire etc).

În concluzie apreciem că pentru urmărirea compactării rețelei de drumuri și pentru studiile generale ale structurilor rutiere, analizorul de profil este tot atât de necesar ca și deflectograful.

#### 2.3.4. Considerații privind apariția și tratarea vălurilor și refulărilor.

Studiile efectuate de noi, în privința defecțiunilor legate de neuniformitate, au avut o amploare mare datorită faptului că pe drumurile naționale din țara noastră s-au produs în ultimii 10 ani o serie de văluriri și refulări, cauzate de folosirea pe scară largă a nisipurilor bituminoase, în anumite condiții la executarea îmbrăcăminților bituminoase.

Vălurile îmbrăcăminților bituminoase se manifestă prin apariția unor denivelări în profil longitudinal, care se amplifică sub efectul traficului și care deranjează cu atât mai mult circulația cu cât sînt mai mari și au o frecvență mai mare.

În cadrul Direcției de drumuri și poduri Timișoara, s-a constatat că aceste văluriri au apărut mai ales pe secțiunile pe care s-au executat îmbrăcăminți cu nisip bituminos. Ele se manifestă sub forma unor ondulații care au valori cuprinse între 20 mm și 60 mm, mixtura fiind în unele cazuri refulată spre bordură. Frecvența acestor deformații variază între 1,20 m pe alte sectoare 1,5 m sau chiar mai mult.

Pe unele sectoare de drumuri cu astfel de mixturi, s-a constatat după 2...4 ani de la darea în circulație, apariția unor văluriri caracteristice (Fig.VI.28 a).

De alte sectoare vîlurile au fost însoțite de refur-  
lări spre margine ale stratului de rulare (Fig.VI.28.b)



Fig.28.a și Fig.28 b. Vîluriri și refurări

Interesant este faptul că în alte cazuri vîlurile nu apar imediat după punerea în operă a amestecurilor asfaltice ci abia după 2...4 ani de la execuție, amplificîndu-se sub efectul traficului, devenind din ce în ce mai periculoase pentru circulație și necesitînd măsuri de remediere.

Este evident că pentru eliminarea acestor defecțiuni s-a apelat la studii și încercări de laborator, care urmau să stabilească mai bine cauzele care au favorizat vîlurile embrionare ale asfalturilor cu nisip bituminos.

Din măsurătorile și observațiile făcute pe sectoarele vîlurate se rețin următoarele:

vîlurile au apărut mai ales pe tranșeele ale căror strat de uzură este constituit din mortar asfaltic și beton asfaltic cu agregat mărunț, extras în criblură. După cum se știe la ambele tipuri de amestecuri scheletul mineral, este format mai ales din agregat fin: la mortar asfaltic dintr-un amestec de nisip bituminos cu nisip natural și nisip de concasaj, plus filer de calcar, iar în cazul betonului asfaltic scheletul mineral prezintă 25...30 criblură 3...15 mm, nisip natural, nisip de concasaj, nisip bituminos și filer de calcar.

sondajele efectuate pe sectoarele vîlurite, arată că în general stratul de legătură (binder) nu prezintă vîluriri, datorită următoarelor considerente: are un schelet mineral puternic, format din 60...70 % agregate cu dimensiunile granulelor între 3...30 mm și liant în cantitate corespunzătoare,

de asemenea nu au apărut vîluriri pe drumurile pe care s-au executat îmbrăcămîți de tipul anrobetelor semicom-pacte acestea avînd un schelet mineral format din granule cu dimensiunea 3...30 mm în proporție de 40...60 % și liant în cantități mai mici decît în cazul mortarului și a betonului asfaltic.

Din cele constatate pe sectoarele de drum studiate se poate trage concluzia că vîluririle apar mai ales în stratul de uzură, întrucît acesta este supus forțelor tangențiale cauzate mai ales de accelerarea sau decelerarea autovehiculelor.

Cauzele mai frecvente care au condus la apariția vîluririlor constatate ca urmare studiilor de laborator sînt:

- exces de liant;
- liant cu vîscozitate scăzută (bitum prea plastic, moale);
- liant la limita superioară a dozajelor admiseși simultan prezentînd o vîscozitate scăzută.

Rezultatele de laborator obținute pe probe prolevate din stratul de uzură, executat cu nisip bituminos de tipul mortar asfaltic arată următoarele: conținutul de liant a prezentat valori între 9...10,4 %, rezistențele la compresiune sînt foarte scăzute la 22°C avînd valori între 17...20 daN/cm<sup>2</sup>, densitățile aparente pe plăci din îmbrăcăminte peste 2 t/m<sup>3</sup>, iar absorbțiile de apă variază între 1...4,2 %. Rezultatele se pot urmări în tabelul VI.9.

În ceea ce privește compoziția granulometrică a mortarului bituminos, se constată că se încadrează în toate probele în zona granulometrică indicată de normativ. Pentru probele examinate curbele granulometrice sînt date în tabelul VI.10.

Ceea ce este de subliniat în cazul amestecurilor de tip

mortar asfaltic cu nisip bituminos, este faptul că dozajul de liant chiar și la proba 1, fiind 9,1 % care se înscrie în limitele admise de normativ, poate conduce la vîlurire, datorită viscozității mici a bitumului, punct de înmuiere scăzut 29°C, deci un liant foarte moale, susceptibil la temperaturi ridicate, fapt ce a condus la vîlurirea sectorului respectiv.

Pentru probele 2 și 3, deși punctele de înmuiere ale bitumului extras din amestec sînt puțin mai ridicate 33°C și 35°C, amestecul rămîne totuși plastic, mai ales datorită faptului că există și un dozaj mai ridicat de liant 10,1 % (proba 2) și 10,4 % (proba 3).

În această situație intervin doi factori, care influențează nefavorabil calitățile de stabilitate ale amestecului și anume: bitum la limita superioară a dozajului admis, concomitent cu o viscozitate scăzută a bitumului.

Un alt aspect, care caracterizează sectoarele examinate, constă în plus dintr-un fapt surprinzător și anume, că la 4...5 ani de la execuție îmbătrînirii, nu se constată nici o îmbătrînire a bitumului, deci nu se poate aștepta o îmbătrînire prin creșterea durității liantului (creșterea viscozității lui).

Urmărind evoluția îmbătrînirii liantului prin probe prelevate din sectoarele examinate, se obțin rezultatele din tabelul VI.11 care atestă o schimbare în timp foarte mică a valorii I.B.

Un alt caz studiat în detaliu este cel al betonului asfaltic cu agregat mărunț sărac în cribluri, executat tot cu nisip bituminos. Rezultatele obținute se pot urmări în tabelul VI.12.

Rezultatele obținute, cuprinse pe grupe în tabelul VI.12 indică și în acest caz, un conținut de bitum corespunzător, pentru probele 2, 3, 4, 5, avînd valori cuprinse între 7,5...8%, deci în limitele recomandate de normativ, fiind însă un liant cu viscozitate scăzută, punct de înmuiere între 28...36°C și rezistențele la compresiune sînt scăzute, întreaga îmbătrînire este deformabilă la temperaturi ridicate, vara, iar sub efectul circulației în ciuda filerării, la 2...3 ani de la execuție, pe sectoarele respective apar inevitabil vîluriri, care devin

din ce în ce mai pronunțate sub efectul traficului și lapun săsuri de reparare a înfrământinții drumului.

În privința scheletului mineral al betonului asfaltic cu agregat mixt, sășac în criblură, se constată că este satis-  
făcător, fracțiunea 3...15 mm, fiind cuprinsă între 28...30 %, deci în limita toleranțelor recomandate pentru acest tip de  
mătură bituminosă.

Probele 1 și 6 prezintă evident și exces de liant.

S-au arătat mai sus rezultatele obținute și unele  
din observațiile de pe teren privind vălurile.

În continuare se vor examina unii din factorii care  
au favorizat în timpul fabricării măturii obținerea unui  
liant plastic.

Factorii care au fost examinați pot fi grupați astfel:

- defecțiuni în procesul tehnologic;
- materiale cu umiditate mare;
- dozare încorectă.

- defecțiunile în procesul tehnologic se manifestă  
prin nerealizarea temperaturii de 160...180°C la ieșirea din  
uscător a amestecului de agregate cu nisip bituminos, defecțiune  
care influențează nefavorabil asupra calității măturii, prin  
faptul că în uscător nu are loc fenomenul de oxidare-polimerizare  
parțială a uleiurilor din nisipul bituminos și deci liantul  
final, care se obține prin amestecare cu bitum industrial dur  
în malaxor, este de la început prea puțin viscos, deci prea  
moale și se va obține o mătură cu o insuficientă stabilitate  
termică.

- materiale cu umiditate ridicată mai ales după ploa  
torrențiale, vază, sau după 1...2 săptămâni cu timp ploios, ma-  
terialele din depozite neacoperite, cu umidități mai mari, nisipul  
poate atinge 7...9 % umiditate. În aceste condiții în uscător  
se consumă o bună parte din energia calorică pentru uscarea  
materialelor iar fenomenul de oxidare-polimerizare are loc  
foarte puțin sau deloc și numai pe ultima secțiune a uscătorului,  
astfel că deși se obține la ieșirea din uscător o temperatură  
de 160...180°C, în fond nu s-a modificat viscozitatea liantului

din nisipul bituminos și în final se obține tot o mixtură cu un liant prea plastic, deci susceptibilă la vălurire;

- dozarea incorectă: poate interveni în cazul modificării conținutului de bitum din nisipul bituminos, în cursul aceluiași și zile sau în două zile consecutiv, în sensul că nisipul bituminos conține prea mult bitum față de dozaj. În acest caz, se modifică raportul dintre bitumul natural și bitumul industrial, obținându-se mixturi cu bitum la limita superioară, raportul dintre cele două tipuri de bitum se modifică de la 70/30 la 80/20, obținându-se același efect: un liant plastic.

#### 2.3.4.1. Tehnologii pentru remedierea vălurilor.

Pentru refacerea sectoarelor vălurate s-au încercat mai multe metode și anume:

- saturarea cu criblură sau nisip, rezultatele obținute nu au fost satisfăcătoare, saturarea are loc la suprafață, mixtura rămâne în fond plastică;

- tăierea denivelărilor cu lama autogrederului, operație ce se poate executa destul de bine vara, pe timp calduros, obținându-se un profil fără denivelări pronunțate, dar denivelările reapar în anul următor, tocmai datorită plasticității mari a mixturii rămase nefinalizată.

- decaparea stratului de uzură vălurit și înlocuirea lui cu o altă mixtură corespunzătoare.

Studiind îmbrăcămintele vălurate, din datele obținute în laborator, se constată că bitumul din aceste mixturi este un liant de bună calitate, având doar un punct de înmuiere scăzut, fenomenul de îmbătrânire după cum s-a arătat anterior a influențat prea puțin bitumul, câteva grade în plus, toate acestea au pus problema studierii posibilității refolosirii acestor mixturi vălurate, prin trecerea lor din nou prin uscătorul stației și adăugarea unui material de aport, în general criblură, în vederea obținerii unor mixturi asfaltice cu un alt schelet mineral, deci cu o altă granulozitate, mixturi mai rugoase, sau o simplă trecere prin uscător, pentru mărirea vâscozității bitumulului.

Rezultatele bune obținute în laborator și pe sectoare experimentale au permis să se treacă la experimentarea pe teren a soluției propuse.

Procesul tehnologic aplicat îl vom prezenta succint în cele ce urmează:

- se decapază stratul vîlurit, cu ajutorul lamei autogrederului. În acest sens, se delimitează exact sectorul vîlurit și se montează lama astfel încît să taie 1,5...2 cm din stratul de uzură.

Pe jumătatea părții carosabile în aproximativ 5...6 minute se execută prima decapare pe o lungime de 100 m. Se repetă operația în mai multe reprize, pînă se constată că s-a îndepărtat complet mixtura vîlurit și s-a ajuns la stratul de legătură (binder), care este corespunzător.

Intrucît lama autogrederului ridică și depozitează pe margine sub formă de frîgii mixtura vîlurit, aceasta la sfîrșitul operației de decapare este încărcată în camioane și transportată la instalația de fabricare a mixturilor asfaltice.

- Se corectează mixtura decapată, în care scop se determină de către laborator printr-o analiză; conținutul de bitum și granulocitatea din mixtura decapată iar în funcție de aceste date, se stabilesc dozașele (rețetile) de lucru, ținîndu-se seama de tipul mixturii pe care dorim să-l obținem.

Spre exemplu: constatîndu-se pe baza studiilor de laborator că mixtura decapată este de tipul unui mortar asfaltic cu 10% bitum, s-a putut obține un beton asfaltic cu agregat mărunț sărco în criblură cu 7% bitum introducînd în uscătorul statiei A.E.G. :

mortar din decapare	70 %
criblură 3...8 mm	25 %
nisip 0...3 mm	5 %
	100 %

În alt caz mixtura decapată era de tipul unui beton asfaltic cu agregat mărunț sărco în criblură, cu 3 % bitum, deci exces de liant. Pentru îmbunătățirea compoziției mixturii s-a adăugat 10% criblură 3...8 mm obținîndu-se în acest caz un procent de bitum în mixtura rezultată de 7,1 %, sau în cazul cînd mixtura decapată a fost tot beton asfaltic cu 8 % bitum și se urmărește utilizarea la preparare unei mixturi de tip carohate semicompușe pentru benzi de încadrare sau binder se



poate lucra cu următorul dosaj:

beton asfaltic decapat cu 8	bitum	55
agregat 8...25 mm		<u>45</u>
		100

Se obține astfel o mixtură cu aproximativ 4,4 % bitum necesară pentru benzile de încastrare.

După stabilirea dozajului de către laborator atît pentru mixtura decapată cît și pentru agregatele de apert se omogenizează la masă de amestec materialele și se încăcă în cupele reci ale uscătorului, astfel încît temperatura la ieșirea mîturii din uscător să fie cuprinsă în limitele 160...170°C. Este foarte important să se respecte această temperatură, deoarece permite o bună desfacere, omogenizare și o anrobare completă a agregatelor adăugate în plus.

La temperaturi de 100...130°C, nu are loc o bună omogenizare a agregatului de apert. Pentru a evita însă fenomene nedorite, ca de exemplu arderea mîturii la trecerea prin uscător, se recomandă și uscarea agregatelor sau a mîturii de la caz la caz. Mixtura din uscător trece direct la descărcare în autobasculante, întrucît în malaxor nu se mai amestecă nici cu filer și nici cu bitum.

Se transportă la locul așternerii, se așterne caldă pe suprafața în prealabil pregătită și se compactează în mod obișnuit.

Prin reutilizarea straturilor din fabrică mințile bituminose vîlurite executate cu nisip bituminos se obțin economii importante. Luînd în calcul costul unei tone de mîtură a 200 lei și țînînd cont că materialele intervin cu o pondere de 50 % în calculul unei tone de mîtură, manopera fiind aceeași, pentru valori informative, prin recuperarea a 1000 tone de mîtură prin decapare, se obțin economii de circa 100.000 lei.

Din constatările făcute în decursul anilor am ajuns la concluzia că cele mai grave degradări ale fabrică minților bituminose sînt vîluririle și refulările. Aceasta, pe motivul că uneori ele iau proporții de masă extinzîndu-se în timp foarte scurt pe kilometri întregi, ceea ce provoacă pe de o parte dificultăți foarte mari în desfiurarea normală a circulației, iar pe de altă parte repararea sectoarelor vîlurite este difi-

cilă și presupune un mare volum de zăcăni.

În tabelul VI.13 se poate urmări scăderea progresivă a acestor degradări începând din anul 1970 când pe D.N. 68 au reprezentat 14,3 % din suprafață, pe D.N.58 - 11,7 % și pe D.N.6 - 3,77 %, pentru ca la finele anului 1973 să avem pe D.N.68 numai 4 % și pe D.N. 58 vâlviri și refulări în proporție de 2 %; iar pe D.N. 6 - 0,7 %, aceasta datorită faptului că cele existente au fost eliminate, iar apariția altora s-a evitat prin fabricarea unor mixturi asfaltice cu bitum B.80...100 și B.80...100 care are o consistență corespunzătoare zonei în care se execută înfrământarea bituminoasă, s-a evitat excesul de liant și s-au proiectat tipuri de mixturi pentru straturile de rulare cu un schelet mineral mai puternic, conținutul de liant mai ales în zonele calde fiind la limita inferioară.

Folosirea în continuare a amestecurilor asfaltice bogate în cribluri, a unor bitumuri mai dure (60...60) în zonele calde, precum și o dozare la minim a liantului, vor contribui la evitarea apariției unor defecțiuni atât de grave ca vâlvirile.

#### 2.4. Suprafață poroasă

Suprafața poroasă se prezintă în general de o culoare mai deschisă, uneori porii se observă cu ochiul liber, iar după ploaie rămâne un timp îndelungat umedă.

Probele prelevate din mixtura cu aspect poros, atestă un conținut de bitum sub limita prevăzută și absorbții de apă mari.

Sectoarele poroase sînt permeabile. Apele din precipitații pot intra în înfrământate și produce uzura sau uneori prin acțiunea îngheț-dezgheț distrugerii mai mari.

Permeabilitatea depinde în principal de procentul de goluri și de gradul de compactare.

Se poate scrie:

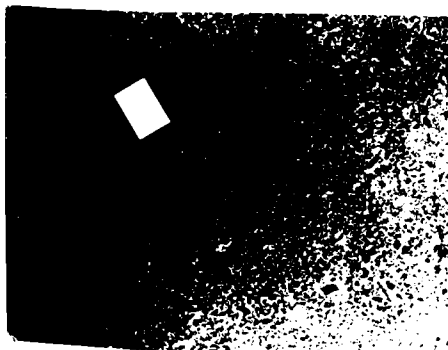


Fig.29. Suprafață poroasă

$$\log K = a \cdot \log p + h \quad (\text{VI.33}')$$

unde:  $k$  - coeficientul de permeabilitate  
 $p$  - procentul de goluri  
 $a$  - coeficientul de sensibilitate a permeabilității  
 la procentul de goluri  
 $h$  - coeficient care depinde de granulometrie.

În cazul unui procent de goluri constant amestecurile cele mai permeabile sînt acele a căror granule sînt mai mari; spre exemplu un mortar asfaltic cu 5% goluri va fi mai puțin permeabil decît un beton asfaltic din agregate 0...16 mm cu 5% go uri. Filerul și biturul nu joacă un rol important cu condiția că agregatul mineral să fie constant și procentul de goluri egal. Spre exemplu în beton bituminos cu un procent de goluri între 2...10% va avea un coeficient de permeabilitate cuprins între  $10^{-6}$  și  $10^{-3}$  cm/sec în timp ce un mortar asfaltic va avea un coeficient de permeabilitate între  $10^{-9}$  și  $10^{-4}$  cm/sec. Acest exemplu este particular întrucît diametrul golurilor intergranulare depinde de forma granulelor, fiecare caz evident fiind un caz particular.

Permeabilitatea unei înbrîcămînti evaluează cu traficul în sensul că acesta contribuie la mărirea compactității înbrîcămîntii și deci la micșorarea permeabilității. De asemenea alto fenomen de suprafață ca praful, uneori amulegeroa granulelor etc. contribuie la modificarea permeabilității.

De remarcant este faptul că folosirea cilindrilor compresori cu pneuri pentru compactare în urmă cu cilindrii compresori cu tamburi netezi pot reduce permeabilitatea înbrîcămîntii cu pînă la 50%.

Dintre cauzele care duc la defecțiuni de natura suprafețelor poroase, se menționează: procent de liant redus, compactare insuficientă sau o compactare executată în condiții necorespunzătoare după ce mixtura s-a răcit (temperatura sub  $100^{\circ}\text{C}$ ), neasfaltizarea suprafeței datorită traficului redus sau datorită faptului că execuția s-a făcut într-o perioadă rece și umedă, toamna târziu.

Prevenirea suprafețelor poroase se face, luînd urmări-

toarele măsuri la fabricarea și punerea în operă a amestecurilor asfaltice:

- respectarea dozei de liant;
- compactarea suficientă și la temperatura de minimum  $100^{\circ}\text{C}$ ;
- executarea lucrărilor în anotimpul cald, pentru a da fabricării posibilitatea de asfaltizare;
- luarea unor măsuri speciale de etanșare (tratamente superficiale, badjonări etc) pentru fabrică minți situate în zone umbrite, cu umiditate excesivă sau executate în sezonul rece;
- închiderea porilor suprafeței cu nisip bitumat.

În scopul evitării producerii dezagregării agregatelor și în consecință producerea de defecțiuni mari în fabrică minți se pot lua una din următoarele măsuri:

- badjonarea cu suspensie de bitum filerizat, aplicând  $1,5...2,0 \text{ kg/m}^2$  suspensie diluată (15 % conținut de bitum) și răspândirea de  $3...5 \text{ kg/m}^2$  nisip de concasaj;
- badjonarea cu bitum tăiat  $0,5 \text{ kg/m}^2$  și răspândirea de  $3...5 \text{ kg}$  nisip de concasaj;
- badjonarea cu emulsie cationică cu rupere rapidă, diluată cu apă curată nealcalină, în proporție de o parte apă pentru o parte de emulsie și răspândirea a  $4 \text{ kg}$  nisip natural curat ( $0...3 \text{ mm}$ ) pe metru pătrat;
- executarea unui tratament de etanșare cu bitum cald și criblură  $3...8 \text{ mm}$ .

Măsurile pentru etanșarea suprafețelor poroase sînt eficiente numai parțial, pentru că în fond covorul asfaltic rămîne cu defecțiuni, care conduc la micșorarea duratei de serviciu a acestuia, iar pe de altă parte sub circulație se pot produce tasări neuniforme, care au un efect negativ asupra uniformității fabrică minții.

## 2.5. Suprafață cu cîmpituri

Suprafața fabrică minții prezintă o serie de gropițe cu diametrul în jurul a  $20 \text{ mm}$ , adîncimea lor putînd atinge grosimea stratului de rulare.



Fig.VI.3o Suprafață cu  
ciupituri.

aruncate din fabricămintele, în locul lor rămânând gropițe de diverse dimensiuni.

Apariția ciupiturilor în fabricămintele bituminose se poate preveni prin :

- utilizarea unui nisip bituminos fără impurități;
- folosirea la fabricarea amestecurilor asfaltice a unor agregate având aceeași duritate și evitarea folosirii agregatelor alterate;
- utilizarea agregatelor naturale curate și fără impurități;
- utilizarea unui fier corespunzător, eventual ciurirea celui cu ocolage.

Suprafețe cu ciupituri izolate nu constituie propriu-zis impedimente jenante pentru desfășurarea traficului rutier, de aceea nu se impun măsuri speciale de remediere.

În cazul însă când suprafețele afectate sînt mari, sau se constată că ciupiturile din stratul de usură evoluează, transformîndu-se în gropi, se recomandă aplicarea unor covoare subțiri de etanșeizare pe secțiunile respective sau tratamente

superficiale.

## 2.6. Suprafați încrețite

Suprafețele încrețite se observă de obicei spre marginea părții carosabile prezentându-se sub forma unor mici ridicături alternând cu gănțulețe ce seamănă cu piolan de elefant.

O asemenea suprafață se observă în general în cazul fabricațiilor rutiere din asfalt turnat cu exces de bitum.

În mod normal, asemenea defecțiuni nu apar în cazul când dozaajul de bitum și consistența acestuia sînt corespunzătoare.

În cazul betonelor asfaltice nu s-au întilnit asemenea defecțiuni.

Remedierea acestei defecțiuni, se efectuează prin decaparea suprafeței încrețite și înlocuirea stratului.

S-a încercat completarea gănțulețelor cu o amestecătură de tipul asfaltului turnat, după ce în prealabil au fost curățite.

Fig. VI.31. Suprafață încrețită

Rezultatele privind aspectul suprafeței obținute sînt bune, fiindcă s-a obținut o suprafață plană, mai estetică. Ridicăturile, atunci cînd sînt puține se pot tăia pentru a nu jena mai ales circulația pietonilor.

## 2.7. Fraguri (dizburi)

Fragurile sau dizburile sînt ridicături, izolate apărute pe suprafața fabricațiilor rutiere, care jencăsc desfășurarea circulației.

Fragurile apar izolate, de obicei pe o jumătate din partea carosabilă și provin datorită unor greșeli de execuție, cum sînt: racordări greșite la rosturile de lucru, manevrare

greșită a lezoi repartizatorului de mixtură ; agesarea greșită a lungrianelor de ghidare ; transmiterea pragului din stratul suport necorectat în prealabil ; cilindrirea necorespunzătoare sau la temperatură scăzută ; agterneres neuniformă a criblurii la tratare ; plombări executate cu mixtură asfaltică într-un strat prea gros ; umplerea în exces a eventurilor gen. uri săpate pentru posesia de conducte.

În mod normal asemenea defecțiuni nu se produc, cînd se respectă instrucțiunile de execuție ale straturilor din mixturi asfaltice.

Prevenirea apariției pragurilor se face prin executarea corectă a rosturilor de lucru, alinierea lungrianelor etit în plan orî și în p. ofil longitudinal, corectarea prealabilă a suprafeței suport, cilindrirea corespunzătoare și asigurarea continuității la agterneres.

Atenție deosebită trebuie acordată la stabilirea nivelului de umplutură ce se face în tranșeele deschise și la cantitatea de mixtură asfaltică ce se introduce în gropile plumbete.

Remediarea acestei defecțiuni se face prin decoparea covorului în zona pragului, pe o lungime suficientă pentru eliminarea denivelărilor și completarea corespunzătoare cu mixtură asfaltică.

Fragurile, deși puține ce număr prezintă mari inconveniente pentru desfășurarea normală a circulației întrucît mai ales la viteze mari pot cauza șocuri puternice pentru autovehicule care le pot degrada sau pot determina pierderea controlului de către conducătorii auto ceea ce poate conduce la accidente de circulație.

Fragurile determinate de tesările pămîntului din terasamentele executate în șpatele culeelor lucrărilor de artă, insuficient compactate produc de asemenea inconveniente în desfășurarea circulației și se corectează foarte greu. În primă fază remediarea se face prin completare, pînă la nivelul suprafețelor adiacente, cu mixtură asfaltică, iar în cazul continuării tesărilor trebuie efectuate studii și acționat asupra consolidării terasamentelor.

### 3. DEFECTIUNI ÎN ÎMBRĂCĂMIINTĂ BITUMINOASĂ

Defecțiunile pe care le vom trata în cele ce urmează afectează îmbrăcămintea bituminoasă fie chiar de la început, fie prin dezvoltarea lor în timp. Unele dintre ele afectează chiar și celelalte straturi din sistemul rutier.

#### 3.1. Considerații privind influența fenomenului de oboseală

Îmbrăcămintea bituminoasă arată M. Duriez /29/ se degradează și datorită fenomenului de oboseală.

Fenomenul degradării îmbrăcămintelor bituminoase prin oboseală, trebuie corelat cu limite de rezistență proprie fiecărui tip de îmbrăcămintă.

Îmbrăcămintea /29/ ca orice material fiind supusă la solicitări repetate și la deformații între două limite, se poate rupe (degrada), după un număr mai mic sau mai mare de solicitări repetate. Această degradare deși similară cu ruperea prin fragilitate, este complet diferită prin natura fenomenului și este considerată ca o rupere prin oboseală datorită unei rezistențe insuficiente a îmbrăcămintei.

Reprezentarea fenomenului de degradare prin oboseală este dată prin curba lui Wöhler (fig. 4/32).

Studiile întreprinse în Franța de către M. Duriez /29/ au fost completate în S.U.A. de către Highway Research Board /28/, care și-a propus să verifice pe un drum experimental, efectul produs pe drumurile cu îmbrăcămintă bituminoasă, prin trecerea repetată a traficului greu. Aceste încercări au confirmat influența numărului de deflexiuni și a intensității acestora drept cauză a degradării îmbrăcămintelor bituminoase.

Se subliniază în ambele studii /28/, /29/, că degradarea prin oboseală nu se manifestă, ori cere ar fi numărul de repetări ale deflexiunii, decât dacă se depășește o anumită mărime a acestor deflexiuni, respectiv în cazul când intenși-



tatea sarcinilor repetate este depășită. Prin depășirea acestei limite de rezistență a înbrăcămintii cu aproximativ 10 %, dacă deflexiunile respectiv intensitatea eforturilor repetate crește în progresie aritmetică durata de serviciu a drumului descrește în progresie geometrică.

Fenomenul este redat în fig. VI.32, unde pe ordonată s-au înscris <sup>valorile maxime ale sarcinilor sau a</sup> contracțiilor care se reproduc periodic, iar în abscisă logaritmul numărului  $N$  al repetării sarcinilor.

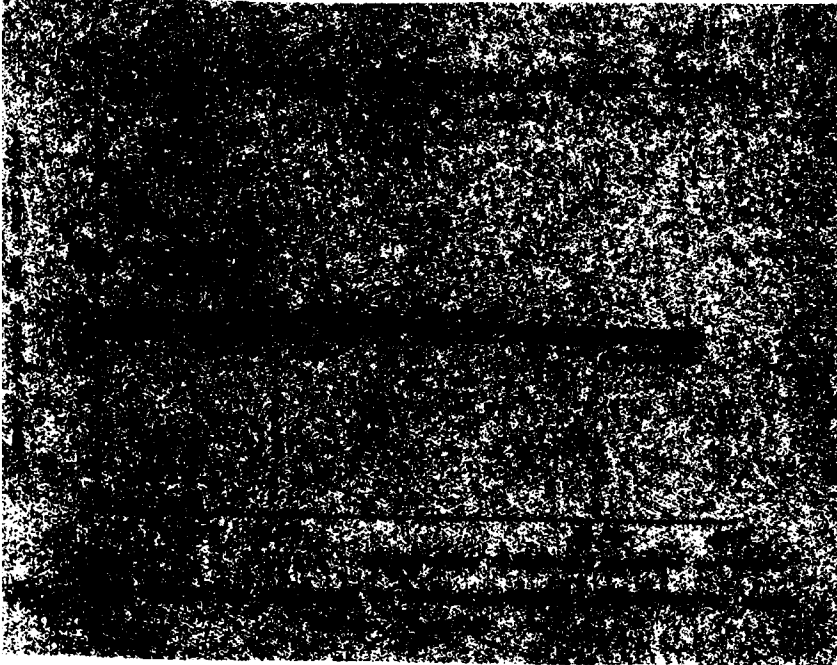


Fig. vi. 32

Curba lui Wöhler permite următoarea interpretare :

- dacă  $R < R_0$  înbrăcămintea rezistă prin capacitatea ei ;
- dacă  $R_0 < R < R_2$  sistemul este în zona rezistenței critice (zona hașurată) ;
- dacă  $R > R_2$  drumul se degradează prin lipsă de rezistență sub sarcinile grele repetate.

Curba lui Wöhler, indică numărul de eforturi ~~maxime~~, care provoacă ruperea în funcție de valoarea efortului maximei, aplicat.

Se știe că prin trecerea unei roți simple, sau duble, pe îmbrăcămintea unui drum și mai ales pe o îmbrăcămintă bituminosă, se produce deformarea în formă de elipsă, pe o anumită adâncime. Această deformare este o deflexiune, măsurată în practică prin săgeata respectivă.

Este necesar să se precizeze că în acest fenomen, nu valoarea absolută a deflexiunii este importantă, ci valoarea relativă, în raport cu valoarea razei medii a suprafeței afectată de deflexiune ; de asemenea trebuie să se precizeze că raza de curbură în partea convexă a deflexiunii nu este singurul factor care influențează fenomenul ; este necesar să se ia în considerare concomitent grosimea îmbrăcămintei, știind că, pentru aceeași sarcină pe osie, deflexiunea și raza de curbură se micșorează, când grosimea îmbrăcămintei crește. Mărimile deflexiunii nu depinde numai de natura și grosimea stratului de rulare și de sarcina pe osie ; se depinde de asemenea de natura și grosimea straturilor de dedesubt, care frictează amplitudinea deflexiunilor, pe întreg sistemul rutier.

De asemenea este important de precizat că, pentru aceeași valoare a deflexiunii, extinderea suprafeței pe care se produce este mai mare în cazul unui strat de grosime mare și în consecință razele de curbură sînt mai mici, ceea ce pledează de asemenea în favoarea straturilor cu grosime mare.

În afara stratului de rulare un rol deosebit de important în limitarea deflexiunilor este o anumită valoare il care designă stratul de dedesubt.

O relație empirică /29/ care indică legătura între grosimea stratului de rulare și valoarea limită a deflexiunii a fost indicată de M. Duriez sub formă :

$$3 \lg e + 5 \lg d = 1$$

(VI.3#.)

in care :

$e$  - grosimea stratului, exprimată în cm ;

$d$  - deflexiunea limită admisibilă, exprimată în mm.

Cu ajutorul acestei relații, se obțin următoarele valori :

dacă  $e = 10$  cm  $d = 0,40$  mm

dacă  $e = 7$  cm  $d = 0,50$  mm

dacă  $e = 5$  cm  $d = 0,60$  mm

dacă  $e = 3$  cm  $d = 0,82$  mm.

(Se menționează că relația de mai sus este valabilă numai într-un anumit interval al lui  $e$ ).

O altă relație, tot empirică, arată că produsul dintre grosimea stratului de beton asfaltic (ridicât la pătrat), și deflexiunea admisibilă este o constantă :

$$e^2 d = \text{const.} \quad (\text{VI.34'})$$

Se știe că deflexiunea admisibilă variază cu duritatea liantului, fiind cu atât mai mică, cu cât duritatea este mai mare ; valorile din relațiile anterioare se referă la bitumul obişnuit utilizat în Franța, avind penetrație Bl...100, secini de mm.

Studiile A.A.S.H.O. /28/ au căutat să stabilească relații între valoarea deflexiunii măsurate la un moment dat și comportarea în viitor a drumului. S-a presupus că deflexiunea unui drum, sub o sarcină determinată, ar indica în măsură mai exactă, capacitatea portantă a sistemului rutier de a rezista la trecerea unui număr mare de sarcini, decât simpla cunoaștere a alcătuirii drumului. Încercarea A.A.S.H.O. /28/ și-a propus ca scop să stabilească comportarea viitoare a unui drum sub o sarcină dată, pornind de la deflexiunea fabricării, măsurată de exemplu la terminarea lucrării.

$$w_p = \frac{A_0 L_1^{A_1}}{d^{A_2}} \quad \text{sau} \quad (\text{VI.34''})$$

$$\lg w_p = A_0 + A_1 \lg L_1 - A_2 \lg d \quad (\text{VI.35'})$$

in care :

- $N_p$  - numărul de treceri a sarcinii pe osie  $L_1$ , care au fost suportate de drum, în timpul unei capacități de serviciu având valoarea  $p$  ;
- $L_1$  - sarcina pe osia simplă ;
- $d$  - deflexiunea normală măsurată sub o sarcină pe roți egală  $L_1/2$ .

Termenii  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  constatate, trebuie determinați prin analiză.

Încercarea A.A.S.M.O. a stabilit că durata de serviciu și în consecință și comportarea complexului rutier depinde de relație dintre deflexiune și deformație.

Studierea fenomenului de oboseală al îmbrăcămintelor bituminose s-a efectuat în ultimii ani în diferite laboratoare specializate atât în Europa cât și în S.U.A., cu scopul de a găsi metodele cele mai eficiente pentru a preveni degradarea drumurilor sub acțiunea sarcinilor repetate.

H. Marsand și A. Quadeville /69/ tratează câteva din operațiile propuse în vederea studierii fenomenului de oboseală. Ei arată că toate încercările efectuate pun în evidență faptul că liantul are un rol hotărâtor în rezistența la oboseală a îmbrăcămintelor bituminose, iar pe de altă parte datorită caracterului visco-elastic pentru aprecierea viabilității trebuie să se țină cont de modul de solicitare și mai ales de natura solicitării și de timpul de pauză între aplicarea sarcinilor.

Măsurarea rezistenței la oboseală a îmbrăcămintelor bituminose s-a efectuat prin expunerea epruvetelor la o deformație sinusoidală neîntreruptă, până în momentul ruperii ei. S-a constatat experimental că prin întrerucerea în timpul încercării a unor timpi de pauză (repose) epruvetele au suportat un număr mult mai mare de cicluri înainte de rupere, datorită fenomenului cunoscut de autoreparare.

- Autorepararea îmbrăcămintelor bituminose este în strânsă legătură cu fenomenul de oboseală.

Pe baza constatărilor și a experiențelor făcute s-a

ajuns la concluzia /63/ că fenomenul de oboseală se produce după un timp mult mai îndelungat în îmbrăcămintele bituminose mai groase, fisurile dispar mai ușor vara pe timp caldurea, ele aparând din nou pe timp friguros.

Pentru studierea fenomenului de autoreparare s-a utilizat aparatura care permite întinderea la viteză constantă a epruvetelor prismatice  $3 \times 4 \times 10$  cm, formate din mixtură asfaltică prin intermediul unor crapeane metalice lipite la extremități.

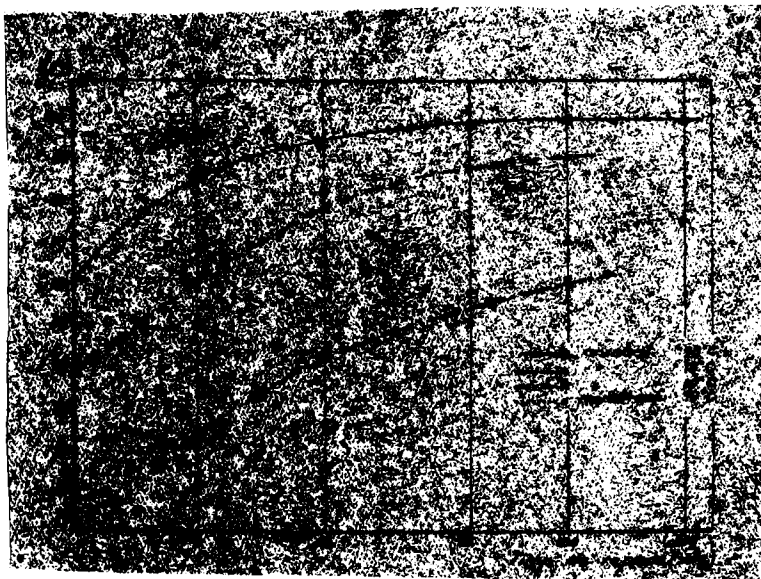
Încercarea la tracțiune indică rezistența la rupere  $R_t$ , deformația relativă în momentul ruperii  $\epsilon_t$  și modulul de tracțiune al mixturii în condițiile experimentării (temperatura și timpul de aplicare a încălzirii).

Imediat după rupere cele două buci de epruvetă sînt puse în contact aplicînd o presiune de 0,3 bari timp de 10 secunde. Apoi epruveta este lăsată să se odihnească (timp de pauză), în poziție verticală. După trecerea timpului de pauză, epruveta este supusă din nou la tracțiune în aceleași condiții ca în încercarea inițială, se determină noua rezistență la tracțiune  $R_t^I$  și noua deformație relativă la rupere  $\epsilon_t^I$ . Autorepararea se poate evalua prin rapoartele :

$$\frac{R_t^I}{R_t} \text{ și } \frac{\epsilon_t^I}{\epsilon_t} \quad (\text{VI.36.})$$

În fig. VI.33. este reprezentat în ordonată  $\frac{R_t^I}{R_t}$  în procente, în abscință timpul de repaus (pauză) în zile, de la 1 și la 300 zile.

Din încercările efectuate se constată că fenomenul de autoreparare este influențat în mod considerabil de timpul de repaus și temperatură. În același timp, se constată că tipul de mixtură are un rol important ; în aceleași condiții, la  $18^\circ\text{C}$ , autorepararea este cu mult mai rapidă în cazul emulsivelor decît în cazul morterelor asfaltice.



*Fig.vi.33. Autorepararea pentru două tipuri de mixtură.*

Autorepararea este influențată de tipul de bitum utilizat și de încreșterea permanentă.

— Pentru a urmări influența conținutului de liant asupra fenomenului de autoreparare, s-au efectuat încercări asupra unor mixturi preparate în laborator, având un conținut de bitum de 4,5 %, 6 % și 7,5 % bitum de penetrație 180...220.

Rezultatele arată că mixturile corect dozate sau supra-dozate în liant se autorepară foarte repede, în timp ce pentru cele sărace în liant (subdozate) se repară mult mai încet.

În scopul studierii fenomenului de autoreparare în corelație cu tipul de liant utilizat, s-au confecționat epruvete identice din punct de vedere al conținutului de liant și al granulității, dar cu bitum tip 40...50 și cu bitum tip 180...220 pentru comparație.

Pentru a avea aceleași condiții ecologice de experimentare pentru ambele tipuri de bitum, încercările la treciune și autoreparare s-au efectuat la temperatură de 10°C pentru

mixture executată cu bitum tip 181...220 și la 25°C pentru mixture executată cu bitum tip 40...60 ; în aceste condiții rezistența la tracțiune a fost identică pentru ambele tipuri de mixturi : aproximativ 18 bari.

Se constată că în aceste condiții nu există practice diferențe între cele două tipuri de mixturi. I-ar putea trage concluzia că fenomenele de autoreparare sînt strîns legate de vîscozitatea liantului în interiorul mixturii asfaltice și este de asemenea posibil ca fenomenele de difuziune în bitum în zona rupturii sau a migrații bitumului în interiorul mixturii, complice alii mult fenomenul de autoreparare.

- Influența încălzirii permanente asupra fenomenului de autoreparare a fost studiată sub sarcini de 35, 25, 15 și 5 g/cm<sup>2</sup>. S-a constatat că încălzirea permanentă are o influență mare asupra vitezei de autoreparare și cu cît crește încălzirea este mai mare cu atît autorepararea se produce mai rapid.

De asemenea s-a constatat că fenomenul se poate produce chiar sub o încălzire foarte mică, dacă timpul este mai lung, și temperatura mai ridicată.

Din punct de vedere practic se poate considera că în cazul unor fabricațiuni de grosime mare, fenomenele de oboselă apar mult mai rar, probabil tocmai datorită încălzirii permanente, datorită greutateii (masei) proprii a mixturii asfaltice. Se poate constata că, pînă în prezent nu s-a constatat fenomene de degradare prin oboselă, în cazul drumurilor cu fabricațiuni bituminose de grosime mare.

În concluzie pe baza experiențelor efectuate de diverse cercetători se pot obține următoarele :

- solicitările repetate asupra fabricațiunilor bituminose produc la început microfisurarea acestora care progresază prin degradări datorită oboselii ;

- rezistența la oboselă este definită prin numărul de cicluri de solicitări pe care un material le suportă înainte de rupere ;

$$N \cdot \bar{\sigma}^{\alpha} = C_1 \quad (\text{VI.37.})$$

$N$  - numărul de cicluri de solicitări ;

$\bar{\sigma}$  - efortul la oboseală ;

$\alpha$  - coeficient în funcție de consistența biturilor și are valoarea în jur de 6 ;

$C_1$  - depinde de natura materialelor și de condițiile de experimentare.

Relație care exprimă numărul de cicluri până la rupere și energie consumată într-o încercare la oboseală este de forma:

$$N = 6_{.2} W^{0.64} \quad (\text{VI.38.})$$

$N$  - numărul de cicluri până la rupere ;

$W$  - energie consumată în jouli.

- biturile moi dure de penetrație 40...50 secimi de an, cu rezistența la oboseală mult mai mare decât biturile moi, în aceleași condiții de temperatură și frecvență se va obține o durată de serviciu mult mai mare pentru amestururile amesturate cu bituri moi dure ;

- autorepararea se manifestă la toate îmbrăcămintele bituminoase ; o amestură asfaltică de bună calitate poate să-și regăsească destul de rapid un procent important din rezistența sa inițială ;

- autorepararea este strins legată de capacitatea bitului de a migra în zonele cele mai solicitate din amestura asfaltică, deci reologie lientului și volumul de golari din îmbrăcămintă influențează fenomenul ;

- straturile de amestură asfaltică moi groase au o rezistență relativă la oboseală mai mare și favorizează autorepararea ;

- rezistența la oboseală a amesturilor asfaltice este cu atât mai mare cu cât modulul de conținut este mai ridicat și procentul de mortar mai ridicat, bine înțeles că în acest caz va trebui să se țină seama de faptul că prin mărirea conținutului



de liant se negociază stabilitatea amesturii, rugozitatea etc.

În toate cazurile pentru realizarea unor amesturii cele mai rezistente trebuie luate în considerare un complex de factori care de multe ori sînt contradictorii, și în funcție de necesități stabilite dosajele cele mai eficiente.

### 3.2. Fisuri și crăpături

Fisurile constituie discontinuitățile îmbrăcămintilor rutiere, pe diferite direcții, cu deschiderea sub 3 mm. Fisurile cu deschideri mai mari de 3 mm se numesc crăpături. Fisurile și crăpăturile pot fi clasificate astfel :

- fisuri și crăpături longitudinale, care pot apărea pe axa drumului sau pe diverse generatoare ale suprafeței părții carosabile ;
- fisuri și crăpături transversale ;
- fisuri și crăpături multiple pe direcții diferite ;
- fisuri unidirecționale multiple.

Așa cum s-a arătat anterior, îmbrăcămintele bituminos-ase sînt apreciate, ținîndu-se seama de obicei, de următoarele considerente :

- performanțele mecanice (stabilitate, rigiditate, rezistența la obosală) ;
- durata de serviciu (rezistență la decanabare, îmbătrînirea liantului etc.) ;
- modul de protejare a straturilor inferioare (impermeabilitate, prelucări de eforturi etc.) ;
- modul de prezentare generală care influențează direct asupra utilizatorului (profil în lung, profile transversale, sistematizare în plan, rugozitate etc.).

O îmbrăcămintă care nu are rezistențe fizico-mecanice corespunzătoare fisurază. Fisurile apar de obicei longitudinal, apoi apar progresiv formînd o rețea care poate ajunge pînă în stadiul de falențare.

Studiul fenomenului de fisurare a îmbrăcămintelor bituminoase a fost efectuat de un mare număr de cercetători din toată lumea /1/, /5/, /6/, /7/, /13/, /78/, /79/, /104/, /115/, /140/, /141/, /162/, /173/.

Încercarea A.A.S.H.O. /2/ a pus în evidență faptul /30/, /64/, că fenomenul de fisurare este unul din factorii care micșorează viabilitatea și durata de serviciu a drumurilor cu îmbrăcăminți bituminoase. Încercarea A.A.S.H.O. /2/ a urmărit dezvoltarea fisurilor pentru a putea stabili relații între fisurare, caracteristicile sistemului rutier și numărul de sarcini aplicate.

Prin analiză matematică, s-a stabilit ecuația, care permite calcularea numărului de sarcini pe osie pe care le suportă un drum cu îmbrăcăminți bituminoase, înainte de apariția unei fisurări masive, ecuația fiind exprimată în funcție de sistemul rutier existent și sarcina pe osie, astfel :

$$N_0 = \frac{A_0 (a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 + a_4)}{(L_1 + L_2)^{A_2}} \cdot L_2^{A_3} \quad (VI.39)$$

în care:

$N_0$  - numărul de sarcini pe osie suportat de îmbrăcăminți înainte de apariția fisurării.

$D_1$ ,  $D_2$  și  $D_3$  sînt grosimile straturilor de uzură respectiv, de bază și de fundație ;

$L_1$  - încălcarea pe osie simplă ;

$L_2$  - încălcarea pe osie dublă.

Coefficienții și exponenții notați cu  $a_1$ ,  $A_0$ ... sînt, fie fixați în prealabil, fie estimați prin analiza detalo. cu care s-a pornit la experimentare.

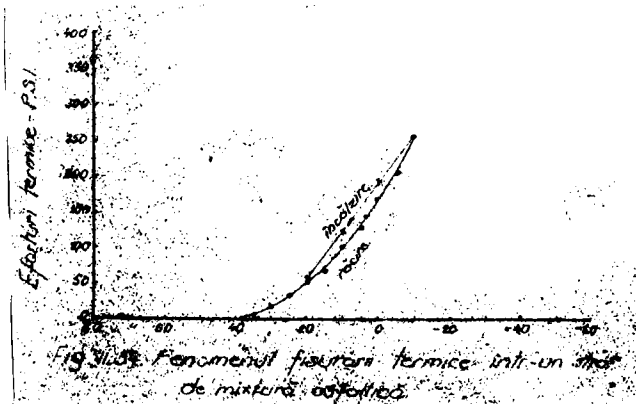
Logaritmand expresia (VI.39.) și luînd valori pentru coeficienții  $A_0$ ,  $a_1$  etc. se ajunge la relația de calcul folosită:

$$\lg N_0 = 5,484 + 7,275 \lg (0,33 D_1 + 0,10 D_2 + 0,03 D_3 + 1) + 2,947 \lg L_2 - 3,136 \lg (L_1 + L_2) \quad (VI.40.)$$

Fisurarea /2/ este desigur mai mare în perioadele când înbrăcămintea bituminosă este rece, decât în perioadele cu temperatură ridicată.

Din studiile efectuate de diferiți cercetători /1/, /5/, /7/, se constată că fisurile sînt mai ușor de observat primăvara, când temperatura variază între  $-3^{\circ}\text{C}$  și  $+10^{\circ}\text{C}$ . Fisurile apar la temperaturi scăzute inițial ca microfisuri, apoi se deschid din ce în ce mai mult încît sînt ușor vizibile cu ochiul liber.

Mecanismul relaxării este capabil să acționeze destul de repede, pentru a prelua eforturile, mai ales în intervalul de temperatură  $4^{\circ}\text{C}$  și  $10^{\circ}\text{C}$ . Acest aspect, a fost recent studiat la Universitatea Waterloo și a arătat eforturi termice foarte ridicate în straturi bine delimitate. În consecință, o foarte rapidă încălzire a diferitelor straturi, evită apariția fenomenului de fisurare și conduce la o relaxare rapidă. Aceste rezultate (fig. VII.34.) pot fi reprezentate sub formă unei curbe răcire - încălzire într-un anumit interval de temperatură.



Fisurile în mod obișnuit deși nu deranjează circulația, constituie un indiciu care arată că anumite elemente ale drumului sînt mai puțin adaptate și că deteriorarea înbrăcămintii va începe în aceste zone. Fisurile în încercerea A.A.S.S.O. <sup>SIR</sup> sînt împărțite în trei categorii în funcție de gravitatea lor.

### 3.2.1. Formarea și propagarea fisurilor

Studiul fisurării la temperaturi scăzute a înbrăcămintii bituminosă a fost realizat de cercetătorii americani H.H.Hass, T.H.Nopper /1/ care au căutat să sistematizeze

parametrii care influențează formarea fisurilor trezind :

- variația fisurării în zone temperaturilor scăzute ;
- proiectarea amestecurilor asfaltice pentru a rezista la temperaturi scăzute ;
- calcularea eforturilor datorită diferențelor de temperatură ;
- și finalizarea mecanismului inițierii fisurilor și propagării lor.

Fisurarea la temperatură scăzută a îmbrăcămintei bituminoase, poate avea o serie de cauze :

- solicitări termice la suprafața îmbrăcămintei bituminoase, care depășesc rezistența la încovoiere a amestecului asfaltic, fără a lua în considerare solicitările traficului ;
- contracții prin îngheț, fisurarea terenului și propagarea fisurilor la suprafața îmbrăcămintei ;
- fisuri determinate de variațiile de temperatură, corelate cu solicitările traficului (îmbrăcămintea rece, fundația înghețată) ;
- fisurarea datorită îmbătrânirii bitumului, a fost pusă în evidență de Kari și Lantucci, de The Asphalt Institute etc., constatând că bitumul extras de la suprafața îmbrăcămintei, după un anumit număr de ani, este de aproximativ 8 ori mai dur decât cel de la partea inferioară a straturilor de amestec.

### 3.2.1.1. Determinarea eforturilor care provoacă fisurarea

Pentru a elucidate fenomenul producerii fisurilor s-a căutat să se ia în calcul fisurile apărute și să se coreleze cu temperaturi, care acționează asupra amestecurilor bituminoase /1/.

Considerând suprafața îmbrăcămintei ca un sistem elastic, o grindă de lungime infinită, dar cu lățimea determinată, s-a determinat efortul în direcția longitudinală cu relația :

$$\bar{\nu}_x (T) = E \alpha (\Delta T) + \mu \cdot f \cdot L \quad (\text{VI.41.})$$

in care :

- E - modulul lui Young ;
- $\alpha$  - coeficientul mediu al contractiei termice ;
- $\mu$  - coeficientul lui Poisson pentru material ;
- $\Delta T$  - interval de temperatură ;
- f - coeficientul de frecare între stratul bituminos și fundație ;
- L - jumătate din grosimea fabricației.

Leaă S este înlocuit cu modulul de rigiditate,  $S_p$ , care variază cu temperatura și timpul de încălzire, se obține o valoare corectă, aproximativ apropiată de valoarea fisurii longitudinale, care apare.

Leaă și colaboratorii săi /1/, au evaluat acest modul ca punct <sup>mediu</sup> între temperaturi extremă scăzută iară și au obținut efortul de întindere de ordinul 110 psi. Contribuția contractiei laterale la acest efort este considerată relativă mică.

O altă metodă a extins concepția modului de rigiditate deasupra unui interval de temperatură și a folosit valori determinate experimental ale acestui modul la mijlocul intervalului de temperatură.

Ecuație pentru fisuri longitudinale, pentru același corp infinit lung (neglijând contractia laterală), devine :

$$\bar{\nu}_x (T) = \alpha \sum_{T=T_0}^{T=T_f} [S(\Delta T)] \quad (\text{VI.42.})$$

in care :

- S - modulul de rigiditate, determinat experimental, la mijlocul lui  $\Delta T$  ;
- $\Delta T$  - intervalul de temperatură a cărui valoare finită, variază între limitele  $T = T_0$  și  $T = T_f$ .

Hills și Erien /1/ au utilizat această ecuație pentru calcularea fisurilor într-un strat din miază asfaltică al cărui modul de rigiditate a fost obținut la o temperatură medie

scăzută. Valorile eforturilor obținute au fost comparate cu eforturile la întințere și cu ruperea probabilă la o temperatură determinată. Temperatură pentru rupere, prin măsurare directă s-a bazat pe lucrări experimentale și nu pe gradienti de temperatură.

O analiză riguroasă a solicitărilor termice, consideră materialul ca fiind viscoelastic și este dată de Humphreys și Martin /1/, considerând îmbrăcămintea ca un strat neted infinit îngust de un strat de infrastructură rigidă.

Eforturile în îmbrăcămintele bituminose pot fi determinate aproximativ, folosind ecuația pentru eforturi elastice înlocuind modulul de rigiditate cu cel de elasticitate. Acest modul se poate determina la un mic interval mic de temperatură și efortul maxim se obține din suma eforturilor totale. Se știe însă, că datorită legii conductivității relative termice a amestecurilor asfaltice, există o variație a temperaturii în funcție de grosimea stratului (gradient de temperatură). Acest fapt a fost demonstrat de studiile efectuate de The Asphalt Institute.

În fig. VI.35. se prezintă schematic modul de determinare a eforturilor la fisurare la temperaturi scăzute a îmbrăcămintelor bituminose.

Se determină astfel eforturile la partea superioară și inferioară a straturilor bituminose /1/.

Pentru calcularea eforturilor se fac următoarele simplificări :

- se omite efectul contracției laterale asupra eforturilor longitudinale ;
- se admite un gradient liniar de temperatură ;
- se consideră un gradient liniar al rigidității.

Pentru variația temperaturii cu timpul  $\frac{dT}{dt}$  care nu este aceeași la partea superioară și inferioară a stratului, suma creșterii variabilei efortului este folosită în toate cazurile sub forma  $\Delta T$ . Ameliorând fenomenele reprezentate în fig. VI.35. se poate menționa :

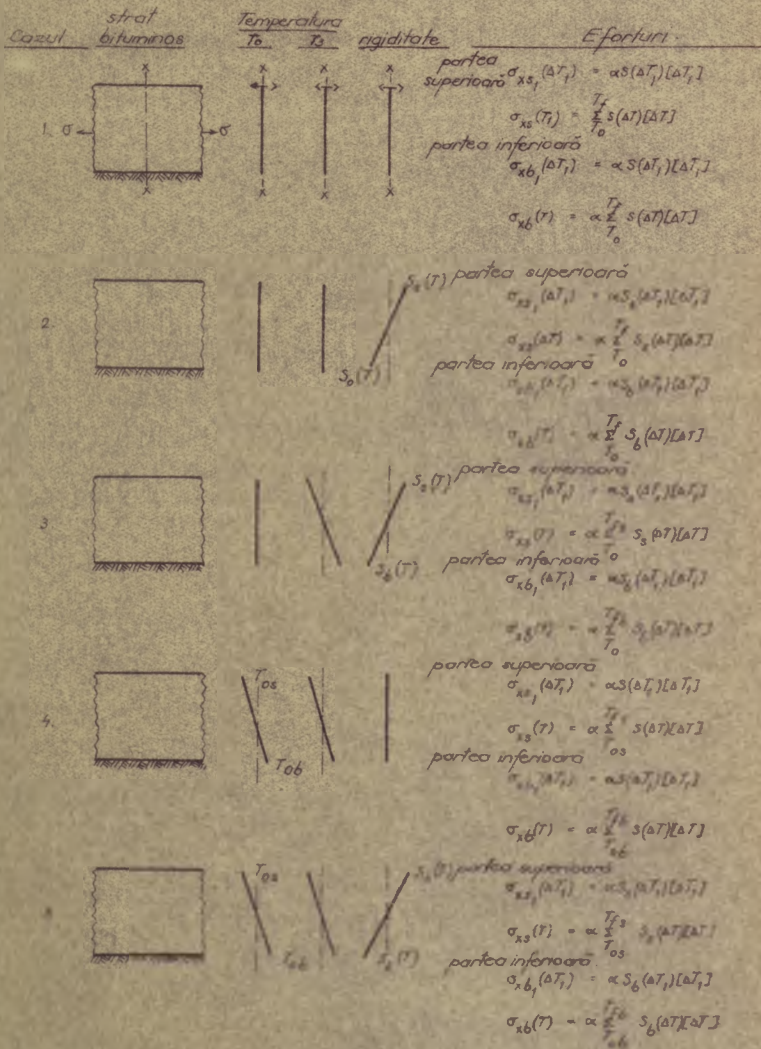


Fig. VI.35. Metoda aproximativă pentru determinarea fisurilor la temperaturi scăzute pe aprofunde îmbrăcămintilor bituminose.

In cazul 1, stratul este supus unei variații uniforme de temperatură, de la  $T_0$  la  $T_f$  cu un modul de rigiditate constant pe toată adâncimea și la orice temperatură. In acest caz, efortul longitudinal maxim, la orice adâncime sau la suprafață este dat de relația :

$$\sigma_x(T) = \alpha \int_{T_0}^{T_f} S(r, T) dT \quad (\text{VI.43.})$$

sau cu aproximație :

$$\sigma_x(T) = \alpha \sum_{T_0}^{T_f} S(\Delta T) [\Delta T] \quad (\text{VI.44.})$$

in care :

- $\alpha$  - coeficient mediu al contracției termice in intervalul de temperatură ;
- $S(r, T)$  - temperatură și variația timpului cu variația temperaturii dependentă de modulul de rigiditate ;
- $S(\Delta T)$  - modulul de rigiditate determinat la mijlocul  $\Delta T$  și utilizând încălzirea in timp corespunzătoare intervalului de timp pentru variația  $\Delta T$  ;
- $\Delta T$  - intervalul de temperatură între  $T_0$  și  $T_f$ .

- In cazul 2, stratul este supus unei căderi uniforme de temperatură, fără variația temperaturii cu adâncimea (ca in cazul 1) de la  $T_0$  la  $T_f$ , cu un modul de rigiditate  $S(\Delta T)$  care variază linear cu adâncimea. Pentru acest caz, eforturile termice maxime la suprafața stratului  $\sigma_{xs}(T)$  și la partea inferioară  $\sigma_{sb}(T)$  sînt date de relațiile :



$$\sigma_{zb}(T) = \alpha \sum_{T_0}^{T_f} S_s(\Delta T) [\Delta T] \quad (\text{VI.45.})$$

$$\sigma_{sb}(T) = \alpha \sum_{T_0}^{T_f} S_b(\Delta T) [\Delta T] \quad (\text{VI.46.})$$

in care :

$S_s(\Delta T)$  - modulul de rigiditate la suprafața stre-  
tului și la o temperatură,  $T$  ;

$S_b(\Delta T)$  - modulul de rigiditate la partea inferioară  
a strețului și la o temperatură oarecare,  $T$ .

- In cazul 3, strețul inițial nu are gradient de tem-  
peratură dar este expus la o diferență de temperatură cu o  
variație  $\frac{dT}{dt}$ , care este mai mare la suprafață decît la partea  
inferioară, astfel  $T_0 - T_{fb}$  reprezintă variație totală de tem-  
peratură la suprafață iar  $T_0 - T_{fb}$  variația totală de temperatură  
la partea inferioară, pe întreg intervalul de timp.

Modulul de rigiditate variază liniar cu adîncimea ce  
in cazul 2. Aici, eforturile maxime termice la suprafață și la  
partea inferioară sînt date de relațiile :

$$\sigma_{zs}(T) = \alpha \sum_{T_0}^{T_{fs}} S_s(\Delta T) [\Delta T] \quad (\text{VI.47.})$$

$$\sigma_{zb}(T) = \alpha \sum_{T_0}^{T_{fb}} S_b(\Delta T) [\Delta T] \quad (\text{VI.48.})$$

- In cazul 3.a., situația este aceeași ca in cazul 3,  
cu excepția însă gradientul de rigiditate. Aici, eforturile ter-  
mice maxime la partea superioară și inferioară sînt exprimate p  
prin :

$$\bar{\sigma}_{xb}(T) = \alpha \sum_{T_0}^{T_{fs}} S_s(\Delta T) [\Delta T] \quad (\text{VI.49})$$

$$\bar{\sigma}_{xb}(T) = \alpha \sum_{T_0}^{T_{fb}} S(\Delta T) [\Delta T] \quad (\text{VI.50.})$$

- In cazul 4, strotul are de la inceput un gradient linier de temperatură de la  $T_{os}$  la suprafață pînă la  $T_{ob}$  la bază. Este supus la o cădere de temperatură, cu o valoare decrescîndă  $dT/dt$ , mai mare la suprafață decît la partea inferioară astfel că  $T_{os} - T_{fs}$  reprezintă variația totală de temperatură la suprafață și  $T_{ob} - T_{fb}$  variația totală de temperaturi la bază. Pentru acest caz, relațiile sînt :

$$\bar{\sigma}_x(T) = \alpha \sum_{T_{os}}^{T_{fs}} S(\Delta T) [\Delta T] \quad (\text{VI.51.})$$

$$\bar{\sigma}_{xb}(T) = \alpha \sum_{T_{ob}}^{T_{fb}} S(\Delta T) [\Delta T] \quad (\text{VI.52.})$$

In cazul 5, situația este aceeași, ca in cazul 4, excepție făcînd faptul că modulul de rigiditate variază liniar cu adîncimea (ca și in cazul 2 și 3). Eforturile termice sînt exprimate prin relație :

$$\bar{\sigma}_{xb}(T) = \alpha \sum_{T_{os}}^{T_{fs}} S_s(\Delta T) [\Delta T] \quad (\text{VI.53.})$$

$$\bar{\sigma}_{xb}(T) = \alpha \sum_{T_{ob}}^{T_{fb}} S_s(\Delta T) [\Delta T] \quad (\text{VI.54.})$$

Se menționază că fisurile determină eforturilor termice

apar la suprafața îmbrăcăminții, pătrunsind treptat în interior. Adâncimea de pătrundere depinde de temperatură și de modul de rigiditate al stratului.

### 3.2.2. Fisuri și crăpături longitudinale

Fisurile și crăpăturile longitudinale (fig.VI.36.) ce apar în axe drumului se prezintă ca o linie continuă ce separă cele două benzi ale părții carosabile. De cele mai multe ori,



deschiderea din axe drumului se prelungește pe zeci și sute de metri apărind la început ca o fisură, transformându-se cu timpul prin ruperea colțurilor în crăpătură. Uneori fisurile din axă prezintă răsuri transversale. Aceste fisuri se datoresc lipsei de decalare dintre rostul de lucru din stratul de legătură (binder) și stratul de uzură, însă cel mai frecvent cauză apariției acestor fisuri este o execuție necorespunzătoare a legăturii dintre straturile de uzură ale celor două benzi de circulație.

Fig.VI.36. Fisură longitudinală

Fisuri și crăpături longitudinale pe diverse generatoare se constată frecvent și în zone-

le unde sistemul rutier vechi a fost lărgit pe diverse lățimi. Sistemul rutier vechi este consolidat prin circulație, iar sistemul rutier nou introdus în zona lărgită, deși are același modul de deformare echivalent, suferă sub circulație tot mai mari, fapt ce determină crearea de fisuri care se pot transforma în crăpături.

Astfel de fisuri și crăpături longitudinale pot să apară și din cauza unei încălziri mai mari decât cea obișnuită, provocată de uncile vehiculelor de tonaj mare, sau coloane de vehicule, care circulă pe aceste sectoare mai ales în perioada imediat următoare deșghețului.

Fisurarea datorită insuficienței liantului este un caz de fisurare frecvent întâlnit pe drumurile cu îmbrăcăminți bituminoase. Liantul care anrobește agregatul mineral, ca o peliculă prea subțire, îmbătrânește mult mai rapid, decît dacă grosimea filmului de liant este cea normală. Prin îmbătrînire liantul devine mai fragil, o astfel de mixtură nu permite adaptarea la eforturile datorită variației de temperatură și traficului și în consecință se fisurează.

Examinându-se o serie de astfel de fisuri, s-a putut constata (tabelul VI.14.) că liantul era sub limite minime admise deci granulele minerale erau nesrobate corespunzător.

De asemenea liantul fiind pelicularizat într-un film prea subțire pe granulele minerale e îmbătrînit într-un timp scurt ceea ce a condus la creșterea rigidității și la favorizarea fisurării.

### 3.2.2.1. Măsuri pentru prevenirea și remedierea crăpăturilor longitudinale

- Pentru a evita apariția fisurilor și crăpăturilor în ans drumului este necesar, ca stratul de usură executat anterior pe una din benzi, să fie tăiat vertical și smorsat cu bitum tăiat, suspensie de bitum filorizat sau emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă. De asemenea, este necesar ca aglomerarea mixturii calde în punctele de joncțiune pe axă să fie executată numai pînă la linia de separare dintre cele două benzi și nu peste stratul de usură anterior ștergut, care este deja compactat și răcit. În acest sens lungimea se va așeza cu grijă pe muchia tăieturii verticale. Compactarea mixturii se va face imediat după ștergere la temperatură ridicată.

- Fisurile și crăpăturile, care apar de-a lungul liniei care separă sistemul rutier vechi, de zona de lărgire, se evită prin executarea straturilor rutiere din porțiunile lărgite la un grad de compactare cit mai ridicat.

- Fisurarea datorită unei subdosări a liantului se poate preveni prin respectarea riguroasă a dozejilor elaborate de

laboratoarele de specialitate pentru liant și agregate precum și a procesului tehnologic, privind fabricarea și punerea în operă a amestecurilor bituminose. Controlul automat al fabricării amestecurilor asfaltice elimină această defecțiune.

- Repararea fisurilor și crăpăturilor se face prin colmatare, cu mastic bituminos preparat din 20...25 % bitum tip D 81...120 și 75...80 % filer de calcar, după ce în prealabil fisurile sau crăpăturile au fost mecanic curățite și ancorate cu bitum tăst. Masticul bituminos se toarnă în exces, apoi se netezește și se pudrează cu nisip.

În cazul crăpăturilor cu deschideri mai mari de 5 mm, se utilizează pentru colmatare un mortar asfaltic preparat la cald cu următorul dozaj :

nisip 0...3 mm	60 %
Filer de calcar	20 %
bitum tip D 81...120	<u>20 %</u>
	100 %

Pe suprafețe cu foarte multe fisuri, datorită cauzelor enumerate mai sus, se recomandă executarea unei bedijonări, a unui tratament superficial simplu, sau a unui covor asfaltic. În cazul lărgirii părții careșabile existente poate apărea o fisură longitudinală la joncțiunea dintre drumul vechi și partea lărgită. Această fisură este provocată de tensiunea neuniformă a fundației, înbrăcămintea bituminoasă fiind supusă unei solicitări la tracțiune, în sens respectiv. Eforturile la tracțiune neputând fi preluate și înbrăcămintea se fisurează. Dacă se introduc în această zonă armături din poliesteri, eforturile la tracțiune sînt preluate de armătură și astfel fisurarea poate fi evitată.

### 3.2.3. Fisuri și crăpături transversale

Fisurile și crăpăturile transversale (fig. VI.37.) se prezintă sub formă de deschideri ale suprafeței înbrăcămintei, care pot fi perpendiculare pe axa drumului sau înclinate sub un

asuit unghi. Aceste fisuri apar datorită mișcării pe orizontală și în general nu se trece în celelalte structuri ale sistemului rutier.



Fig. VI.37. Fisură transversală

rită contracției fundației ;

- obonoale îmbrăcăminții etc.

Cauzele care pot genera apariția unor fisuri sau crăpături transversale, sînt :

- îmbătrînirea liantului ;
- fisurarea datorită diferențelor mari de temperatură, de la o perioadă la alta ;
- fisurarea dato-

### 3.2.3.1. Cauze care pot provoca apariția fisurilor și crăpăturilor transversale

Se prezintă succint cauzele care pot provoca apariția fisurilor și crăpăturilor transversale numai pe cele datorită : îmbătrînirii liantului, diferențelor mari de temperatură de la o perioadă la alta și făsurii fundației formată din structuri din materiale stabilizate cu ciment.

- Fisurile pot apărea datorită îmbătrînirii liantului sub acțiunea traficului, căldurii solare, radiațiilor ultraviolete, oxidării sub efectul agenților atmosferici. Bitumul din îmbrăcămintele bituminose își pierde o parte din părțile volatile, scăzându-și vîscozitatea, conform schemei cunoscute a îmbătrînirii liantului : uleiurile se transformă în rășini, iar acestea în asfaltene.

Din acest punct de vedere se recomandă mixturi mai compacte, impermeabile la aer cu un procent de goluri de 3...6 %. Bitumul îmbătrânește mai repede în stratul de suprafață decât în stratul de bază.

Datorită îmbătrînirii bituzului elasticitatea îmbrăcămintii bituminoase se reduce și în consecință la temperaturi scăzute se produce contracții în îmbrăcăminte, solicitând-o peste limite admisibile și producându-i fisurarea în profil transversal.

Fisurarea datorită îmbătrînirii lientului a fost studiată pe o serie de drumuri naționale din cadrul Direcției de drumuri și poduri Timișoara, astfel pe D.N. 76 Ieva - Arad, D.N. 59 Timișoara - Morovița, D.N. 69 Timișoara - Arad, D.N. 6 Timișoara - Lugoj, D.N. 68/A Lugoj - Pânet etc. Probele examinate în laboratorul de studii și încercări al direcției au prezentat caracteristicile din tabelul VI.15.

Din rezultatele prezentate în tabelul VI.15. se constată că bitumul din mixturile bituminoase examinate s-a îmbătrânit în cursul celor 7 ani, în mod simțitor prezentând creșteri mari ale viscozității, punctele de înmuiere ale bituzului extremes din amestec sînd valori ridicate în general aproximativ 60°C, ceea ce reprezintă un proces cert de îmbătrînire și care a condus la apariția fisurilor și crăpăturilor transversale pe sectoarele studiate. Fisurarea se produce cu atât mai ușor cu cît lientul s-a devenit mai fragil și mai dur prin îmbătrînire.

- Fi urarea datorită diferențelor mari de temperatură, de la o perioadă la alta se poate produce chiar cu cei mai buni lianți și cu dozele corecte. Frigul are două efecte nocive independente, dar care acționează simultan și care se cumulează în cazul lianților bituminoși ; contracție termică devine mai mare în schimb lientul devine mai dur la temperatură scăzută ceea ce conduce la micșorarea plasticității, fapt ce favorizează producerea de fisuri în îmbrăcăminte.

Pentru prevenirea acestui tip de fisurare se poate acționa asupra bituzului, alegînd bituzuri cu susceptibilitate termică mai mică, de exemplu bitum semioxidat, sau influențînd asupra lientului printr-un procent mai ridicat de filler sau introducînd cauzino în bitum sub diferite forme. Prezența fillerului

sau a coeficientului mărește domeniul de elasticitate al liantului, la diferențe mari de temperatură.

- Fisurile și crăpăturile din îmbrăcămintele bituminose transmise din straturile de fundație executate din nisipuri stabilizate cu ciment sînt f suri caracteristice de contracție.

Fisurile pot fi în general transversale cu deschideri de 1...3 mm și apar la distanțe ap oxistiv egale.

Deschiderea fisurilor depinde evident de temperatură, ele se accentuează cu scăderea temperaturii. Constatările efectuate pe timp rece arată că aceste fisuri sînt mai deschise și mai pronunțate, în timp ce vara la temperaturi ridicate ele devin mult mai mici, unele chiar se închid, pentru a reapărea din nou la scăderea temperaturii.

Pentru a evita transmiterea acestor fisuri din fundație în îmbrăcămintea asfaltică, s-au efectuat o serie de studii de către mulți cercetători, stit la noi în țară cit și în străinătate, soluțiile propuse avînd ca obiectiv măsuri pentru reducerea contracției fundației /5/, /6/, /115/.

De esențea autorul a întreprins studii scurpe acestei probleme și a elaborat o metodă tehnică nouă pentru prevenirea transmiterii fisurilor din fundație de nisip stabilizat cu ciment în îmbrăcămintea bituminosă, ce este prezentată în partea întâie Capitolul IV pe.agraful 2.2. a prezentei lucrări.

Încercările A.A.S.H.O. au dat posibilitatea legăturii în mod statistic a fenomenului de formare a fisurilor cu structura sistemului rutier.

Formula propusă de A.A.S.H.O. este :

$$\lg H = 5,484 + 7,275 \lg (D_0 + 1) - 3,136 \lg (L_1 + L_2) + 2,947 \lg L_2 \quad (VI.55.)$$

$$D_0 = 0,33 D_1 + 0,10 D_2 + 0,08 D_3 \quad (VI.56)$$



- $L_1$  - sarcină totală pe osie simplă sau dublă ;
- $L_2$  = 1 pentru osie simplă ;
- $L_2$  = 2 pentru osie tandem ;
- $N$  - numărul de încălzări înainte de apariția fisurilor evidente ;
- $D_1$  - grosimea îmbrăcăminții ;
- $D_2$  - grosimea stratului de bază ;
- $D_3$  - grosimea fundației.

Dacă se admite că fisurarea îmbrăcăminții se datorează încovoierii repetate sub efectul trecerii autovehiculului, și adoptând modulul  $E_1 = 3\ 000\ \text{daN/cm}^2$  și  $E_2 = 150\ \text{daN/cm}^2$  se poate calcula efortul maxim  $\sigma$  la baza stratului, se pune astfel în evidență corelația între  $N$  și  $\sigma$  pornind de la formule VI.55. Se obține astfel :

$$\frac{N \sigma^4}{E} = \text{constant} \quad (\text{VI.57.})$$

Această relație va putea fi utilizată și pentru calculul ranforsării sistemelor rutiere.

### 3.2.4. Fisuri și crăpături multiple pe direcții diferite

Uneori suprafețe îmbrăcăminților bituminose prezintă pe suprafețe întinse fisuri transversale care pornesc din ax și se desfășoară spre marginea părții carosabile sub diverse forme însoțite de fisuri sau crăpături longitudinale sau oblice. Cite adesea în acest context apar deslipiri și desambrări, îmbrăcămintea prezentându-se pe unele sectoare sub formă de plăci (fig. VI.38.).

Asemenea fenomene destul de greve considerăm că apar oare după cum rezultă din studiile făcute în laborator, atunci când mixtura prezintă caracteristici fizico-mecanice necorespunzătoare : conținut scăzut în bitum, bitum ars, deci un liant cu plasticitate foarte redusă. De asemenea este posibil ca degre-



Fig. VI.38.

dările să apară datorită solicitărilor i. înbrăcămintei la oboseală.

Studiile efectuate pe sectoare efectuate de estfel de fisuri și crăpături prezintă caracteristicile din tabelul IV.16. de unde rezultă un conținut de liant scăzut (5,2...6 %) iar punct de înmuiere I.B. foarte ridicat (64...70°C).

Pentru prevenirea unor esențiale defecțiuni se recomandă fabricarea unei mixturi cu caracteristici corespunzătoare datelor de laborator.

Pentru o perioadă scurtă o esențiale suprafață se poate menține în circulație. Soluția indicată este acoperirea secțiunii cu un covor asfaltic a cărui grosime să fie stabilită de la caz la caz în funcție de zona climatică în care este situat drumul și de modul de prezentare a suprafeței tratate.

Deci înbrăcămintea are foarte multe fisuri și crăpături de acest gen, se recomandă renforțarea sistemului rutier întrucât se poate considera că pe lângă alte cauze înbrăcămintea s-a degradat și datorită fenomenului de oboseală.

Deci suprafața degradată sub forma de mai sus nu este mare și afectează numai o jumătate a părții corozibile, este economic să se acopere numai stratul de uzură și să se înlocuiască cu o mixtură asfaltică corespunzătoare, defecțiunea fiind cauzată în acest caz de o execuție necorespunzătoare.

### 3.2.4.1. Prevenirea și remedierea fisurilor și crăpăturilor

Prevenirea apariției fisurilor și crăpăturilor transversale se poate face prin :

- folosirea unor mixturi asfaltice cu caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare ;
- utilizarea unor lianți de calitate superioară, a căror consistență să fie aleasă în funcție de condițiile locale ;
- executarea unor tratamente bituminose sau covoare asfaltice, după caz, pe îmbrăcămintele vechi în care liantul a început să îmbătrânească ;
- înt odnarea conform propunerii autorului între strețul de fundație stabilizat cu ciment și îmbrăcămintea bituminosă a unui streț de piatră spertă 40...63 mm în cantitate de 120...130 kg/m<sup>2</sup>, compactată și înapănată cu split bitumat la cald în cantitate de 35...40 kg/m<sup>2</sup> ; piatră spertă îndopată cu split bitumat constituie un bun streț de bază pentru îmbrăcămintea bituminosă și nu permite transmiterea fisurilor din fundația stabilizată cu ciment ;

- reforțarea sistemelor rutiere înainte de atingerea limitei de oboseală.

Repararea suprafețelor cu fisuri și crăpături se face tot prin colmatare cu mastici bituminoși și mortar asfaltic, cu aceeași tehnologie ca la fisurile și crăpăturile longitudinale.

Deoarece îmbrăcămintea are multe fisuri pentru prelungirea duratei de serviciu se recomandă regenerarea prin tratamente sau acoperirea cu covoare asfaltice.

Pentru îmbunătățirea comportării în exploatare /52/, /192/ a mixturilor asfaltice s-a experimentat posibilitatea arării lor cu diferite fibre de tip poliesteri. Condiția importantă care se impune acestor armături este aceea de a rezista la tracțiune și concomitent la efectul temperaturilor ridicate.

În afară de rezistența la tracțiune mare și la temperaturi ridicate este necesar ca fibrele folosite ca armătură

să mai îndeplinească următoarele condiții :

- să reziste la umiditate și la coroziune, să reziste la trecerea utilităților de compactare.

Toate scente condiții sînt îndeplinite de fibrele de poliester, astfel că s-a experimentat folosirea diferitelor tipuri de armătură realizate din fibre poliesterice /192/.

Proprietățile firelor de poliester sînt :

- punct de topire  $255^{\circ}\text{C}$  ;
- densitate  $1,38 \text{ g/cm}^3$  ;
- diametrul firului  $20 \mu$  ;
- rezistențe la tracțiune  $100 \text{ kg/cm}^2$  ;
- alungirea la rupere  $10 \%$  ;
- modulul de elasticitate dinamic, la aproximativ  $10 \text{ Hs} - 1700 \text{ kg/mm}^2$  ;
- contracția după expunere la  $160^{\circ}\text{C}$ , timp de 4 minute  $5,5 \%$  ;
- alungirea totală, după 6 luni, sub o sarcină de  $12 \text{ kg/mm}^2 = 0,95 \%$  ;
- tensiune de contracție după expunere la  $160^{\circ}\text{C}$  - timp de 4 minute =  $5 \text{ kg/mm}^2$  ;

Aderența fibrelor la anrobete, se realizează prin folosirea unui adesiv special aplicat pe armătură în timpul fabricării armăturii.

Efectuînd încercarea la tracțiune comparativ pe epruvete cu armătură și fără armătură se constată că în epruveta nearmată se produce o fisură, care conduce la ruperea epruvetei, în timp ce în epruveta armată cu fibre de poliesteri apar mai multe fisuri, dar pe măsură ce alungirea crește, armătura absoarbe eforturi din ce în ce mai mari.

Se cunoaște faptul că deseori se aplică o înbrăcămintă nouă pe înbrăcăminți vechi bituminose, deja fisurate, fisurile se transmit în noua înbrăcămintă, după un anumit timp.

Arzarea noii înbrăcăminți provine fenomenul de fisurare, chiar și pe fundații din materiale stabilizate cu ciment.

Se poate spune deci /192/ că armarea înbrăcămintelor bituminose, conduce la următoarele rezultate :

- armătura mărește rigiditatea înbrăcămintelor bituminose, mărindu-le astfel rezistența la încoavire ;

- utilizarea armăturii reduce sințitor inconveniențele provocate de fenomenul de obovesală ;

- permite evitarea tranșării fisurilor.

Studiile efectuate de către G. Podar și G. Ciugă de la I.S.C.T. București /52/ au arătat că fenomenul de fisurare s-a constatat pe înbrăcăminte vechi, acoperite cu o înbrăcăminte bituminosă nouă (ceșul de pe D.N. 1 Otopeni - Snagov). Fisurile s-au transmis după 2 ani, deși înbrăcămintea nouă așternută are 8 cm grosime.

Experimental s-a stabilit că grosimea minimă necesară pentru a evita fenomenul de tranșare a fisurilor este de minim 15 cm pentru noua înbrăcăminte (indicațiile Congresului de la Pange, 1971). Adoptarea unor astfel de grosimi mari este total neeconomică, fapt ce a condus în final la necesitatea armării înbrăcămintelor bituminose.

Autorii /52/ au studiat posibilitatea utilizării unor materiale din fibre de sticlă existente la noi în țară :

- *împielitură* din fibre de sticlă armată longitudinal, dublă, bitumată ;

- împielitură din fibre de sticlă bitumată ;

- țesătură din fibre de sticlă ;

- țesătură din fibre de sticlă, bitumată în laborator.

Bitumarea țesăturii din fibre de sticlă s-a efectuat în laborator cu oțet tăiat în proporție de 40 % bitum și 60 % white-spirite, în vederea asigurării adeziunii față de mixtură asfaltică.

În laborator, s-au efectuat încercări la încoavire pe două tipuri de mixtură asfaltică : beton asfaltic cu agregat mărunț bogat în criblură și binder de criblură pe epruvete de formă prismatică cu dimensiunile 4 x 4 x 16 cm. S-au încercat

în paralel epruvete cu armătură și fără armătură, urmărind variațiile rezistenței la încovoiere și ale săgeții critice la diferite temperaturi  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$  și  $20^{\circ}\text{C}$ .

Din examinarea rezultatelor obținute se constată că armătura contribuie la creșterea elongării la întindere a epruvetelor mai ales pentru binderul de criblură la temperaturi de  $0^{\circ}\text{C}$  și  $10^{\circ}\text{C}$ , temperaturi critice pentru o îmbrăcăminte bituminoasă. Cea mai bună comportare o au epruvetele confecționate cu impialitură din fibre de sticlă armată longitudinal.

Efectul armăturii este însă mult mai redus în cazul amestecurilor de tip beton asfaltic cu agregat mărunt bogat în criblură, pentru strazi de uzură.

În urma încercărilor de laborator s-a executat un sector experimental pe D.N. Snagov - Iolești, aplicând stratul suport atât pe toată suprafața zonei centrale puternic fisurată cât și la limite dintre vechiul sistem rutier și cel nou executat, pe benzile de lărgire. S-a aplicat o cu binder și 3 cm strat de uzură (în total 9 cm grosime îmbrăcămintii noi aplicate)

În timpul experimentărilor s-au constatat unele dificultăți la așternerea binderului pe stratul continuu din impialitură din fibre de sticlă, armată longitudinal, dublu bituminoasă, care în unele puncte s-a rupt datorită eforturilor mari de întindere produse între pneurile repartizatorului.

Concluziile asupra comportării soluțiilor aplicate se vor putea trage numai după câțiva ani de la darea în exploatare.

### 3.2.5. Fisuri unidirecționale longitudinale

Suprafețe se prezintă cu fisuri longitudinale foarte apropiate unele de altele, deci dese, plasate în general în zonele întinse datorit laminării suprafeței carosabile care suportă frecvent traficul.

În fig. VI.39. se poate vedea o degradare tipică de acest gen. Asemenea fisuri se datoresc unei amestecuri care conține un liant în exces sau plastic.

Astfel de sec-  
toare se pot menține un  
timp limitat în circula-  
ție decât nu apar concomi-  
tent refulări ale materialului  
spre marginea părții  
carosabile. În acest caz  
soluția evlavabilă și radi-  
ceală constă în decuparea  
stratului de uzură plas-  
tic și înlocuirea lui cu  
o mixtură corespunzătoare.  
Materialul decupat poate  
fi refolosit după proce-

**Fig. VI.39. Fisuri unidirecționale  
multiple.**

deul crăpat la capitolul „Văluriri.”

Apreciem că bedijonarea sau colmatarea acestor fisuri  
nu dă rezultate.

Coeficientul de dilatare cubic sau linear pentru un  
liant bituminos este de circa 20 ori mai mare decât coeficientii  
corespunzători agregatelor decât temperatura se ridică, mixtura  
se deformează plastic prin măritarea volumului în cazul unui exces  
de liant. Deformația este ireversibilă în cea mai mare parte :  
prin răcire se produce o concentrație și liantul în exces este  
supus la tracțiune fapt ce produce apariția acestor fisuri.

### 3.2.6. Concluzii

Din studiile efectuate rezultă că fisurile și crăpă-  
turile din înălțimile bituminosae se datoresc în general  
următoarelor cauze :

- fenomenului de oboseală a mixturii sau solicitării  
repetate ;
- aplicarea unei tehnologii necorespunzătoare fie la  
prepararea mixturii asfaltice fie la punerea ei în operă ;
- folosirea unor lianți pres susceptibili la varia-  
țiile de temperatură de la o perioadă la alta ;

- utilizarea unor lianți de o duritate prea mare, mai ales în zonele cu temperaturi mai scăzute în timpul iernii ;

- înălbătrirea liantului, concomitent cu reducerea plasticității ;

- prelungirea fisurilor, de către înfrământarea bituminoasă, din straturile suport ;

- fisurile sînt de obicei mai pronunțate în stratul de rulare, deschiderea lor micșorîndu-se la nivelul celorlalte straturi (legătură, bază) ;

- fisurile, în anumite condiții de autoreperă, ale pot dispărea pe timp călduros, reapărînd pe timp frăguros ; straturile rutiere de o grosime mai mare favorizează autorepererea.

Prevenirea apariției fisurilor și crăpăturilor se poate face prin a suri de dimensionare corespunzătoare a sistemelor rutiere și stabilirea unor dozeje pentru amestecurile asfaltice care să țină seama de variațiile de temperatură de la o perioadă la alta, modul de alcătuire a sistemului rutier și solici-tările la care va fi supus drumul respectiv.

În orice caz apreciem că va trebui în viitor să acordăm o importanță mai mare fenomenului de oboseală și calității lianților pentru găsirea unor procedee mai potrivite în realizarea unor amestecuri asfaltice mai rezistente și care să asigure o durată de serviciu mai mare.

Remedierea fisurilor și crăpăturilor se poate face în funcție de extinderea fenomenului, posibilități de execuție și implicațiile pe care le produc bunei desfășurări a circulației.

Fisurile și crăpăturile se pot colmata cu bitumă cald, emulsii bituminoasă, diverse masticuri etc. Cele apărute datorită înălbătririi liantului se pot acoperi cu tratamente bituminoase sau covore asfaltice. Fisurile și crăpăturile, apărute pe suprafețe mari, ce urmează diverselor cauze (oboseală, subdozare în liant, liant prea dur etc.) care atestă fie stingerea



limitai duratei de serviciu, fie unele greșeli de proiectare sau execuție, trebuie tratate pe baza unor studii fie prin ranforsarea sistemului rutier pe baza unui calcul adecvat, fie printr-o altă soluție mai complexă.

Amplasarea nistrurilor asfaltice poate crea un strat rezistent la fisurare, oboselă și corfecare, cu o mai mare stabilitate și o durată de serviciu mai lungă.

### 3.3. Faianțări

Suprafețele faianțate se prezintă sub formă unei rețele de fisuri pe toate direcțiile. De obicei faianțările apar în cazul când stratul bituminos este așternut pe un strat suport deformabil. Este vorba deci de o defecțiune a înfrăcăminții bituminose datorită oboselii (încovoierii repetate) care este strâns legată de grosimea înfrăcăminții, de numărul de treceri ale autovehiculelor, greutate pe osie, calitatea sistemului rutier.

Faianțările se pot grupa după formă de prezentare : astfel : faianțări în pînă de pîianjen (fig. VI.40.) și faianțări în plăci (fig. VI.41.).

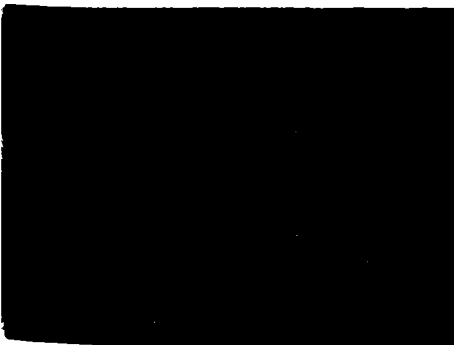


Fig.VI.40. Faianțare sub formă de pînă de pîianjen

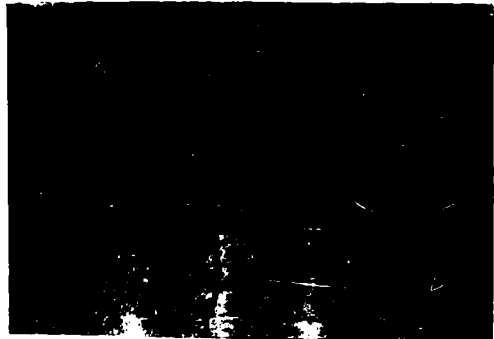


Fig.VI.41. Faianțare în plăci

Faianțările sub forță de pînsă de pîianjen au dimensiunea loturii poligonului în jurul a 5 cm. Faianțările în plăci sînt cele care au dimensiunea loturii poligonului mai mare de 5 cm ajungînd la 10...15 cm. Faianțările pot apărea pe toată suprafața înbrăcămintăii sau în anumite zone, mai ales în zonele de margine și se detoresc în general mișcărilor pe verticală /1/, /2/, /5/, /7/, /12/.

Cricare ar fi formele sub care se manifestă începînd de la suprafața pîcii și pînă la suprafața de cîțive zeci de metri pătrați, sondajele executate au scos la iveală de fiecare dată deficiențe în construcția straturilor și deci o rezistență <sup>inferioară</sup> de acestora. Faianțările apar de obicei în zonele unde capacitatea portantă a sistemului rutier este depășită. De asemenea faianțări apar pe suprafațe întinse unde înbrăcămintăile bituminoase au depășit durata de serviciu, iar fenomenul de coșeală își face resimțite efectele. Frecvent se constată faianțări la marginea părții care se poate încastră în borduri, cu acostamentele înalte, care împiedică scurgerea apelor pluviale și favorizează infiltrarea lor în corpul drumului, ceea ce echivalează cu scăderea portanței acestuia.

O altă cauză, care determină faianțarea înbrăcămintăii este și conținutul straturilor rutiere de fundație cu argilă.

Faianțări apar de asemenea însoțite de rupturi și în cazul degradărilor provocate de acțiunea îngheț-degheț.

Este interesant de menționat că în cazul aplicării unor covoare asfaltice pe un strat suport rigid (beton de ciment, pavaj din pavele sau celpuri etc.) după un timp scurt de la darea în circulație sub efectul ciocan - nicovulă suprafața se faianțează în totalitate urmată de fenomenul de pînsă și distrugere totală.

În aceste cazuri este absolut necesar ca între stratul suport (fundație rigidă) să se interzoleze un strat de legătură elastic suficient de gros care să amortiseze șocurile primate de la pasu de către înbrăcămintăile bituminoase.

Concluziile de mai sus au fost trase ca urmare studiului efectuat în Timișoara pe Bd. Mihai Viteazul.

Rezultatele obținute pe sectoarele cu fisurări, se pot urmări în tabelul VI.17 din care rezultă că asfaltul turnat folosit ca strat de rulare avea caracteristicile fizico-mecanice corespunzătoare. Cu toate acestea datorită faptului că a fost aşternut direct pe un strat suport rigid (fundăție de beton) sub efectul loviturilor pneurilor, efectul cunoscut sub denumirea de efect ciocan-nicovală, covorul asfaltic s-a degradat sub formă de fisurări.

Soluția pe care am propus-o și care a-a executat a fost următoarea: aşternerea unui strat de 10 cm format dintr-o amesturătură asfaltică cu un volum de goluri remanent de 8-10%, acoperit de un beton asfaltic cu agregat mărunț de 3 cm grosime ca strat de rulare. Această soluție a dat rezultate bune în exploatare.

Un alt caz de suprafață degradată p. în fisurare masivă l-am studiat pe B.N. 75 Iove - Arad. În studiile de laborator s-a ajuns la concluzie că amesturătură din îmbrăcămintă (binder + strat de uzură) prezenta caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare, totuși așa cum s-a menționat suprafața era fisurată. Rezultatele studiilor de laborator sînt redată în tabelul VI.18.

Așa cum se vede din tabelul VI.18. toate probele de amesturătură prelevate din sectoarele fisurate au caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare. Sondajele executate în edincime au relevat faptul că sub stratul de binder se găsește un strat de argilă galbenă, care pătrunsese din petul drumului în straturile rutiere contaminînd în întregime sistemul rutier. Lipsa stratului anticontaminat de la nivelul petului a permis ca pămîntul din pet transformat în barbotină (noroi) să contamineze straturile de fundăție din balast grosier și răscol și să contribuie la micșorarea portanței acestuia concretizată prin deflexiuni mari care au provocat ruperea îmbrăcămintii.

### 3.3.1. Prevenirea și repararea fisurărilor

Fisurările apărute ca urmare depășirii pe suprafețe mari a capacității portante a complexului rutier, sau rezistenței la obosală a înbrăcăminții bituminose, se remediază prin reforțarea sares complexului rutier a cărui dimensionare se face după normele cunoscute, iar în cazul al doilea aplicarea de covoare asfaltice sau noi înbrăcăminți bituminose poate conduce la obținerea unor rezultate bune prelungind durata de serviciu a înbrăcăminților bituminose.

O atenție deosebită trebuie acordată faptului că fisurările se transmit înbrăcăminților nou a licete peste suprafețele fisurate, deci nu se iau măsuri pentru eliminarea cauzelor care le-au produs, deci asanarea corpului drumului prin lucrări adecvate (de obicei eliminarea apelor subterane) este necesară în vederea consolidării complexului rutier astfel încât deplasările inadmisibile pe verticală sub efectul traficului să fie evitate.

În cazul suprafețelor izolate fisurate, soluția care dă rezultate bune constă în decuparea straturilor ce nu au rezistența necesară, sînt conținute cu argilă etc. și refacerea întregului sistem rutier ; uneori trebuie scoase și pământul geliv din patul drumului, concomitent este absolut necesar ca să se asanese corpul drumului și să se asigure evacuarea apelor.

### 3.4. Făgașe longitudinale

Făgașele longitudinale sînt tășiri pe distanțe mai lungi situate în profil transversal pe fișile unde rulează repetat în special autovehiculele grele. Ele se prezintă sub formă de alele, de lungime variabilă și de adîncimi diferite. (SI; VI.42).

Făgașele evoluează atunci cînd aproximativ pe scarași unei circuli autovehiciale în special cu greutate mare pe osie.

Le apar și ca urmare săririi capacității straturilor rutiere sub efectul circulației, sau uneori datorită refulărilor laterale.

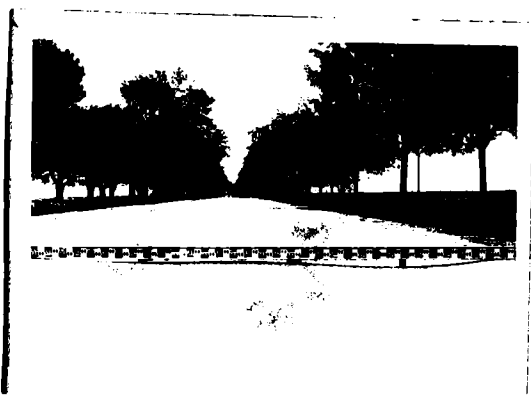


Fig. VI.42. Făgețe longitudinale din materiale stabilizate cu ciment diminuează adâncimea făgețului

Făgețele se situează de obicei în straturile bituminose, apar și se dezvoltă mai ales în sezonul cald.

#### Insercările

A.A.S.H.O. confirmă faptul că natura și grosimea straturilor joacă un rol important în formarea făgețelor. În fig. VI. 3. se arată modul cum influențează grosimea stratului de bază adâncimea făgețului. În fig. VI.44. se poate constata că existența unui strat de bază

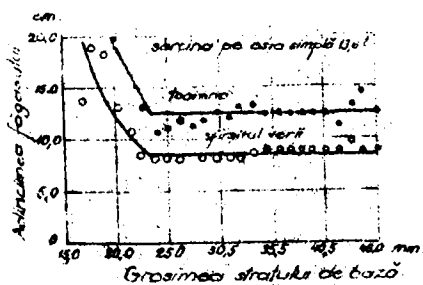


Fig. VI.43. Influența grosimii stratului de bază din amestec asfaltic asupra adâncimii făgețului



Fig. VI.44. Influența grosimii unui strat de bază stabilizat cu ciment asupra adâncimii făgețului.

În fig. VI.45. se arată conform încercărilor A.A.S.H.O., modul cum după un anumit număr de treceri pe același loc a osiei simple, adâncimea fâgșului este în funcție de valoarea deflexiunii. Această relație nu este absolut generală, fiind valabilă numai în cazul când sistemul rutier este construit în cele mai bune condiții tehnice.

Se constată fâgșe și faianșuri pe sectoare, datorită în exclusivitate calității necorespunzătoare a stratului de îmbrăcăminte (agregate necorespunzătoare cu exces de nisip, bitumul prea plastic etc.).

Apariția fâgșelor longitudinale se poate preveni prin : dimensionarea corespunzătoare a complexului rutier, compactarea temeinică a fiecărui strat din sistemul rutier, evitarea umectării pământului din potul drumului, realizarea straturilor asfaltice cu un schelet mineral cu frecare interioară mare, utilizarea la prepararea amestecurilor asfaltice a unui liant cu consistență mare și în limite minime necesară. Pentru remedierea sectoarelor cu fâgșe se necesită studiu de detaliu asupra cauzelor exacte care au provocat apariția fâgșelor și în funcție de acestea se adoptă soluția de remediere. În general, se necesită o reprofilare a profilului drumului cu amestec asfaltic și executarea unui nou covor de acoperire.

#### 3.4.1. Corelația statistică a faianșărilor și fâgșelor cu indicele de calitate a drumului (Noțiunea de indice de structură)

Indicele de calitate a unui drum este legat<sup>de</sup> modul de desfășurare a profilului longitudinal, suprafețele faianșate și de adâncimea fâgșelor.

Aceste defecțiuni depind de structura sistemului rutier, de greutatea osiilor și de numărul de treceri pe același loc. Încercările A.A.S.H.O. au dat posibilitatea cercetărilor să găsească o legătură statistică interesantă între acești parametri.

Se cunoaște [130] că o expresie corespunzătoare a stării unui sistem rutier poate fi făcută prin relațiile :

Sub treceri repetate ale roților vehiculelor straturile superioare și mai ales îmbrăcămintea își măresc treptat compactitatea. Se produce deci o îndesare pe anumite zone care contribuie la formarea făgașelor. Aceasta nu trebuie confundată cu refulările laterale datorită fluxajului mixturii asfaltice. În cazul fluxajului mixturii asfaltice făgașele sînt foarte adînci și sînt însoțite de refulări laterale. Uneori mărirea compactității este deosebit de mare, datorită mai ales insuficienței compactării la punerea în operă a mixturii, în acest caz are loc o micșorare a unghiului de frecare internă a mixturii care antrenează curgerea (fluxajul) îmbrăcămintei.

Acest lucru este deosebit de periculos pe drumurile cu trafic intens și mai ales în cazul pneurilor cu presiune mare. Se necesită în acest caz proiectarea unei mixturii asfaltice foarte compacte cu un conținut minim de liant, cu o bună stabilitate și o îndesare ulterioară cât mai mică.

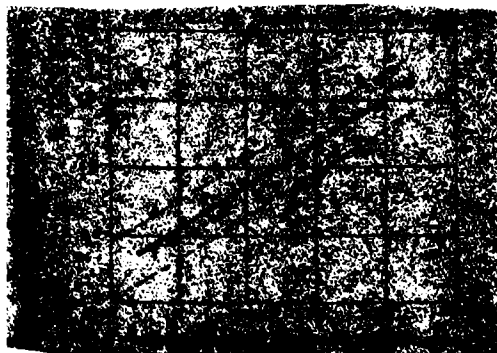
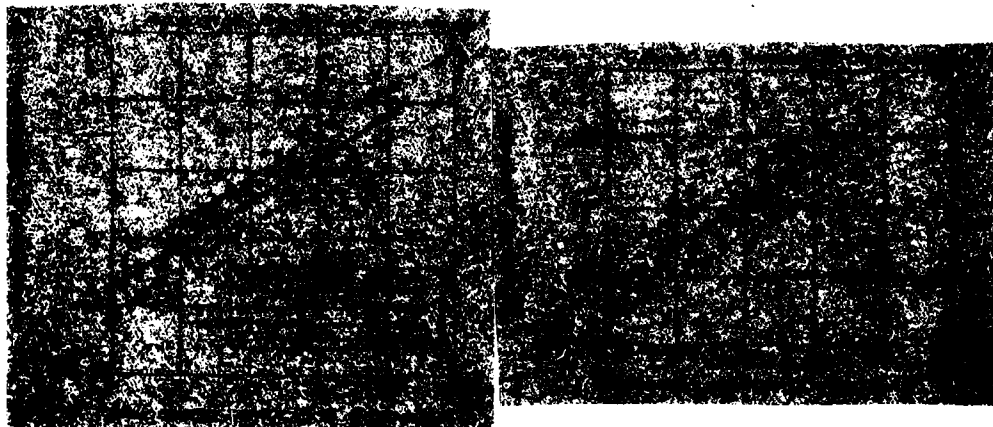


Fig.VI.45-a, b, c, : Rela-  
ția între adîncimea  
făgașului și deflexi-  
une.

$$p = 4,2 - 2,7 \left( \frac{W}{S} \right)^{\beta} \quad (\text{VI.58.})$$

$p$  - indicele de calitate în serviciu a unui drum ;  
 $W$  - număr de treceri a osiei de referință.

$$\beta = 0,4 + \frac{\beta_2 (L_1 + L_2)}{(D + 1)^{\beta_1} \cdot L_2^{\beta_3}} \quad (\text{VI.59.})$$

$$S = \frac{A_1 (D+1)^{A_2} \cdot L_2^{A_3}}{(L_1 + L_2)^{A_2}} \quad (\text{VI.60.})$$

$$D = a_1 L_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \quad (\text{VI.61.})$$

- $D_1$  - grosimea straturilor bituzinoase ;
- $D_2$  - grosimea stratului de bază ;
- $D_3$  - grosimea stratului de fundație ;
- $L_1$  - încălcarea pe osie ;
- $L_2 = 1$  pentru osie simplă ;
- $L_2 = 2$  pentru osie în tandem ;
- $a_1 = 0,44$  ;  $a_2 = 0,14$  ;  $a_3 = 0,11$  ;
- $D$  - indicele de structură.

Rezultatele experimentale exprimate în Fig. VI.46. scot în relief influența fiecărui strat din sistemul rutier și în special al stratului de rulare din beton asfaltic.



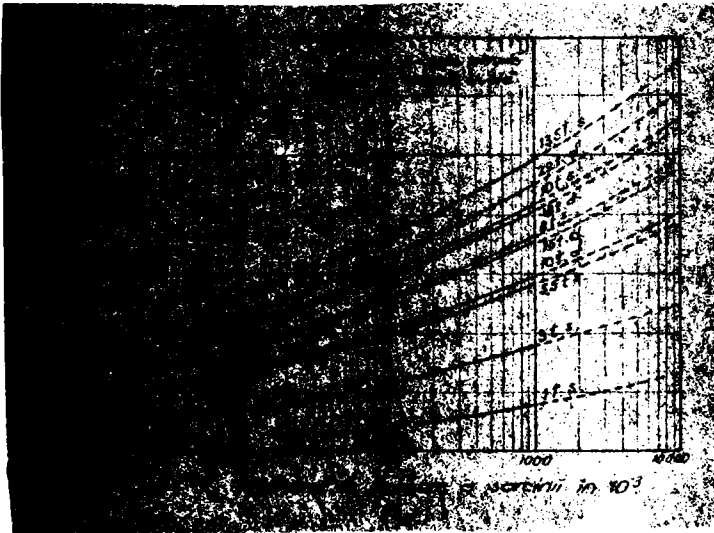


Fig. VI.46. Relația între caracteristicile sistemului rutier și numărul de aplicații al încălzirii pentru  $p = 1,5$

Indicele de grosime =  $0,44 D_1 + 0,14 D_2 + 0,11 D_3$   
 $D_1$  - grosimea stratului de rulare (5 cm minim) ;  
 $D_2$  - grosimea stratului de bază (8 cm minim) ;  
 $D_3$  - grosimea stratului de fundație.

Într-o formă directă, întreprinzând valoarea indicelui de structură se poate aprecia că 1 cm grosime de beton semifaltic în stratul de rulare, echivalează cu 4 cm grosime sarco-bat bituminoasă, din pietriș concasat, în stratul de bază.

Se poate deci aprecia că sisteme rutiere de structuri diferite se pot echivala, ținându-se seama de relația dintre structura diferitelor straturi.

Această constatare a fost explicată teoretic [130] adăugându-se că cele două fenomene care condiționează modul de comportare a unui sistem rutier sînt : presiunea exercitată pe petul drumului și încălzirea straturilor de suprafață, se poate spune că două sisteme rutiere sînt echivalente atunci cînd pe

etecole sistemului tristrat, punctele reprezentative ale ansamblului " roată - drum " vor fi pe aceeași curbo de eforturi.

În acest caz particular echivalențele variază între 4...5,5, după caz. Aceste valori sînt superioare celor stabilite pentru sistemele rutiere supuse încercărilor A.A.S.R.C.

Leșă numis pe D e combinație liniară de h și  $h_1$  :

$$D = m h + n h_1 \quad (\text{VI.62.})$$

$$D = m_0 \alpha_0 s + n_0 \beta_0 s \sqrt[3]{\frac{6 L_1}{L}} \quad (\text{VI.62'})$$

Două sisteme rutiere vor fi echivalente dacă :

$$m_0 \alpha_1 + n_0 \beta_1 \sqrt[3]{\frac{6 L_1}{L}} = m_0 \alpha_2 + n_0 \beta_2 \sqrt[3]{\frac{6 L_1}{L}} \quad (\text{VI.63.})$$

sau :

$$m_0 (\alpha_1 - \alpha_2) = n_0 (\beta_2 - \beta_1) \sqrt[3]{\frac{6 L_1}{L}} \quad (\text{VI.64.})$$

În cazul sistemelor rutiere WASHO s-a obținut :

$$\alpha_1 - \alpha_2 = 2,5 \quad (\text{VI.65.})$$

$$\beta_2 - \beta_1 = 0,8 \quad (\text{VI.66.})$$

$$\frac{m_0}{n_0} = \frac{2,5}{0,85} \times 1,7 = 5 \quad (\text{VI.67.})$$

$\frac{m_0}{n_0}$  fiind raportul de echivalență căutat.

Într-o.Douhtrre, etecole tristrat în cazul cînd  $\beta > 1$  sînt sensibil reprezentate prin :

$$h^2 \cdot E^{2/3} + h_1^2 \cdot L_1^{2/3} = \text{constant} \quad (\text{VI.68.})$$

Se vede deci că fiecare strat al sistemului rutier este caracterizat prin parametrul :  $h\sqrt{E}$ .

Dacă modulul stratului crește, grosimea se poate micșora fără a presiunea pe pământ să varieze.

Admițind următorii moduli pentru :

- anrobote bituminose 100 000 daN/cm<sup>2</sup>
- balast stabilizat cu ciment 40 000 daN/cm<sup>2</sup>
- balast concasat 5 000 daN/cm<sup>2</sup>
- balast 1 500 daN/cm<sup>2</sup>

$h\sqrt{E}$  este cuprins între 45 și 50 pentru următoarele grosimi :

- |                               |        |
|-------------------------------|--------|
| - anrobote bituminose         | 1 cm   |
| - balast stabilizat cu ciment | 1,4 cm |
| - balast concasat             | 3 cm   |
| - balast                      | 4 cm   |

Reluând grosimile sistemelor rutiere echivalente

aveam a analizat rezultatele A. S. M. C. Rest și e arătat că pentru sistemele rutiere care au avut la terminarea încercărilor un indice de calitate de serviciu de 2,5, avem în funcție de înălțarea următoarea grosime echivalentă :

Numărul de aplicare al încăcărilor	Curbele încăcări/grosime			Media
strat de bază bitu- minos	strat de bază cu ciment	strat de bază din ast. netratat		
100 000	0,504	0,411	0,563	
300 000	0,545	0,476	0,488	
500 000	0,595	0,431	0,455	
700 000	0,636	0,394	0,380	
900 000	0,653	0,349	0,349	
1 114 000	0,668	0,359	0,347	
Media	0,599	0,403	0,430	0,48

Aceste valori obținute pe sisteme rutiere foarte ve-  
fiste confirmă proporționalitatea grosimii a nvenibile cu rătă-  
cina patretă a încăcării, coeficientul de proporționalitate

depinzând evident printre altele și de trafic.

Rezultatele încercărilor pe pistă confirmă că în circulațiile rutiere construite fără gregeli de execuție, defecțiunile sub formă de fisuri, falențări, fâgașe, apar în momentul când stratul a depășit limite de oboseală, ca urmare solicitărilor repetate. Indicele de calitate depinzând de un complex de factori ce se referă atât la alcătuirea sistemului rutier cât și la caracteristicile traficului.

### 3.5. Gropi în înbrăcămintea bituminosă

Gropile sînt degradări de formă și dimensiuni variate, care se manifestă prin dislocarea completă a înbrăcămintii bituminose și uneori chiar a stratului suport, fie izolat, fie pe suprafețe mai întinse. Această deranjare în mod evident bună desfășurare a circulației.



Fig.VI.47. Gropă în înbrăcămintea bituminosă

Gropile (fig. VI.47.) pot să apară datorită mai multor cauze, dintre care se menționează:

- dislocarea suprafețelor falențate ;
- înbrăcămintea realizată dintr-o mixtură necorespunzătoare (liant ars, liant insuficient, compactare incorrectă, agregate curdare etc.) ;
- scurgerea pe suprafața înbrăcămintii a

unor carburanți, uleiuri, solvenți ;

- acțiunea brută a vehiculelor cu șenile ;
  - dezvoltarea fisurilor și a crăpăturilor ;
  - realizarea înbrăcămintii bituminose pe timp nefavorabil (ploaie, temperatură scăzută) favorizând apariția
- Gropilor pe sectoare întinse ;
- desambrarea filmului de liant de suprafața granulei minerale ; desambrarea este favorizată de acțiunea apei în spo-

cial în cazul straturilor poroase, de granulele minerale rotunde și din roci solide, de agregate minerale murdare (cu argilă).

Din studiile efectuate pe secțiunile cu gropi frecvente, s-a ajuns la concluzie că majoritatea îmbăcămintelor care prezintă gropi sînt executate din amestecuri cu un conținut de liant redus și care prezintă o absorbție de apă foarte ridicată.

În vederea executării unor îmbăcăminți bituminose, în care sub acțiunea traficului rutier să nu se producă gropi, se vor respecta și următoarele condiții :

- executarea sistemelor rutiere dimensionate corespunzător în funcție de traficul rutier și de condițiile locale ;
- realizarea unor amestecuri asfaltice de bună calitate și punerea lor în operă în condiții tehnice corespunzătoare ;
- amenajarea scurgerii apelor din zona drumului.

Groapa, odată apărută, își mărește rapid dimensiunile, din cauza loviturilor primite din partea pneurilor, precum și din cauza infiltrațiilor de apă provenite din ploaie. Această constatare conduce la concluzia fermă că orice groapă trebuie reparată în faza incipientă.

Repararea gropilor se face în mod obișnuit prin tăierea marginilor pentru eliminarea amestecului necorespunzător și obținerea de muchii vii, curățirea tehnică a gropii, ștergerea și introducerea amestecului necesare pentru umplerea gropii, urmată de cilindrare.

La plombări se poate folosi amestecul de tipul butoanelor asfaltice, asfalt turnat, amestec stocabil preparat cu bitum tăiat sau amestec stocabil cu emulsie.

În general, se poate utiliza orice tip de amestec, cu condiția ca la suprafețe să se asigure un strat etanș. Pe timp de iarnă și pe suprafețe mici se recomandă folosirea asfaltului turnat care dă rezultate bune.

În cazul când suprafețele reparate au fost mari, este recomandabil ca după 6-8 zile să se efectueze plombările să se execute tratamente superficiale, care să etanșeze și să dea un aspect uniform întregii suprafețe a părții caronabile.

În cazul apariției gropilor pe suprafețe foianțate, se va trata nu numai repararea gropii, ci și foianțarea 3.3.1.

Stadiul evoluției defecțiunilor sub formă de gropi pe diverse drumuri au condus la constatarea că anual apar pe îmbrăcămințile bituminose între 0,45...2,620 % (tabelul VI.16.a. și b.).

Voluzul de gropi ce apare anual este în funcție de o serie de factori dintre care menționăm : modul cum a fost pregătit drumul înainte de venirea iernii (reparații, tratamente, bedijonări etc.), durata iernii și valoarea și durata temperaturilor scăzute, cantitatea de fundații folosită pentru combaterea galeiului etc., dezvoltarea traficului, voluzul de lucrări executat pentru întreținerea suprafeței de rulare (tratamente, covosire asfaltice, ranforsări etc.), atarea de solicitare a sistemelor rutiere, asigurarea scurgerii apelor etc. etc.

### 3.0. Rupturi de margine

În cazul cînd îmbrăcămințile bituminose nu au fost încastrate în borduri și nu s-au executat nici pene ranfort, se observă uneori la marginea părții carosabile dislocarea îmbrăcăminții, ruperea acesteia. În marea majoritate, îmbrăcămințile fără încastrare prezintă margini ondulate, cu multe rupturi, care îngustează partea carosabilă și crează conducătorului auto senzația de nesiguranță, determinîndu-l să se apropie de axa drumului.

Marginele îmbrăcăminților fiind libere, neprotejate, la sarcini concentrate (roți cu bandaje) se nasc eforturi interioare care depășesc rezistența îmbrăcăminții și astfel se produc rupturi de margine. Rupturile de margine sînt favorizate de următorii factori : necoacerea marginii îmbrăcăminții de stratul suport, trafic



Fig. IV.48. Rupturi de margine

int:ns de vehicule cu bandaaj pe reși, contaminarea strazului asfalt cu argilă, nesigurarea scurgerii apelor și efectul de îngheț-dezgheț.

Prevenirea acestei defecțiuni se poate face prin încastrarea înbrașămintărilor în borduri, sau dacă acest lucru nu este posibil, prin executarea de pane renfort și benzi de încastrare.

Repararea rupturilor de margine se face prin completarea părții dislocate cu mixtură asfaltică, după ce în prealabil înbrașămintele vechi din zona respectivă a fost curățată și uscată.

#### 4. DEFECTIUNI ALE COMPLEXULUI RUTIER

Degradările înbrașămintărilor rutiere ca urmare unor comportări necorespunzătoare a complexului rutier și în special a pământului din zona activă sînt foarte greve și conduc uneori la întreruperea circulației pentru refacerea completă a întregului sistem rutier sau a unor părți din acesta.

Am considerat că degradările din acțiunea îngheț-dezgheț, precum și tasările inegale pe suprafețe mari constituie principalele defecțiuni care se referă la întregul complex rutier. De multe ori asemenea defecțiuni apar numai datorită zonei active a terasamentelor care prezintă deficiențe fie din punct de vedere al modului de comportare al pământului în raport cu ape fie din cauza unor tasări mari, sau a altor deformații anormale.

##### 4.1. Degradări din îngheț-dezgheț.

Aprecies că nu este cazul să ridic această problemă întrucît a constituit subiectul tezei de doctorat susținută în aprilie 1974 de către ing. Niculea Bonches /136/ și se este tratată și de autor /231/.



Fig.VI.49. Degradare din îngheț-dezghet (burdușire)

#### 4.2. Tesări mari înegale

Tesările mari ale sistemului rutier, repartizate inegal în profil longitudinal și profil transversal se datorează în general unui grad de compactare insuficient a terasamentelor din rambieul drumurilor, sau unor deformații anormale ale terasamentelor sub influența unor factori externi. Absența defecțiunii se observă mai des în apropierea culecilor lucrărilor de artă sau în porțiunile unde au trebuit traversate văi adânci și înguste. În asemenea cazuri, datorită unei organizări și alocării necorespunzătoare, compactarea nu se realizează pe toată înălțimea rambieului la un grad corespunzător și de aceea sub influența traficului au loc tesări ulterioare ale terasamentelor care intră în compoziție cu sine întreg sistemul rutier.

O asemenea defecțiune se remediază foarte greu, uzarea denivelării produse, rezolvă situația pentru o perioadă scurtă, tesarea respărind mai mulți ani consecutiv. O soluție radicală ar fi scoaterea întregului rambieal executat necorespunzător și refacerea lui, fapt ce este uneori imposibil de realizat în mod practic, deoarece presupune întreruperea circulației și cheltuirea unor fonduri mari.



În cazul când economisesc tasări apar după mai mulți ani de la execuție (3...4 ani) se poate presupune că pământul din zone activă s-a umedit din cauza ridicării apei prin capilaritate care a cauzat supraumiditatea pământului, concomitent cu diminuarea capacității portante.

Deocă tasarea apare la scurt timp de la darea drumului în exploatare atunci cauza defecțiunii constă în majoritatea cazurilor în lipsa de compactare corespunzătoare a terasamentelor. Astfel de defecțiuni se pot preveni prin compactarea terasamentelor la umiditatea optimă de compactare, cu utilajele adecvate naturii terenului, astfel încât tasările ulterioare să fie minime.

## 5. Concluzii

Din studiul defecțiunilor care apar la înbrăcămintele rutiere bituminose rezultă că există o mare complexitate și varietate de cauze care pot provoca diverse degradări, cu implicații diferite pentru viabilitatea drumurilor și pentru utilizatori.

În etapa actuală atenția cercetătorilor și specialiștilor este îndreptată în direcția găririi unor soluții care înbrăcățind o gamă largă de probleme să contribuie la alcătuirea unor sisteme rutiere rezistente și ușor de întreținut în condițiile unei creșteri explosive a traficului atât ca intensitate cât și ca greutate pe axle.

Se caută soluții eficiente pentru mărirea capacității portante a pământului din patul drumului și mai ales de a-și menține rezistența ridicată și cât mai constantă sub influența apei și a fenomenelor de îngheț-dezghet (introducerea stratului de farmă), straturile de fundație se preconizează a se realiza din materiale locale ieftine tratate cu diverși lianți pentru a le îmbunătăți rezistențele fizico-mecanice, iar introducerea straturilor de bază din diverse tipuri de anrobate bituminose a devenit o tehnică acceptată și în curs de generalizare.

O atenție cu totul deosebită se acordă înbrăcămintii în special stratului de rulare. Calitățile cerute înbrăcămintii rutiere bituminose sînt uneori contradictorii (rugăminte-

stare ; rigiditate - elasticitate etc.) și pun probleme complexe cercetătorilor. Acestea se referă mai ales la alegerea materialelor și în mod deosebit a liantului, modul de fabricare și punere în operă, crearea unor suprafețe rugoase și menținerea acestora, amestecarea unor mixturi asfaltice care să reziste acțiunii brutale a pneurilor cu cramponi, la solicitările repetate (oboseală) ale autovehiculelor, la variații mari de temperatură în perioade scurte, la acțiunea fondenților folosiți pentru combaterea peleiului și a săposii etc. etc.

Având în vedere complexitatea problemelor pe care le ridică studiul defecțiunilor, apreciem să este dificil de a formula anumite concluzii care să nu fie susceptibile la comentării și controverse, totuși ținând seama de condițiile și posibilitățile noastre reale socotim că s-ar putea face unele propuneri pentru diminșarea volumului defecțiunilor înbrăcămintărilor rutiere bituminose, dintre care menționăm :

• folosirea unor agregate minerale din roci bazice, cu o mare rezistență la uzură, curate și colțuroase, cu un ecart mic între diametrele granulelor, favorizează obținerea unor mixturi asfaltice rezistente la forfecare și uzură, cu o mare capacitate portantă ;

- liantul joacă un rol hotăritor ; rezistența mixturilor la oboseală, la variațiile de temperatură, la fisurare, la înbrăcămire, la descurbare etc. depinde de calitățile liantului ; folosirea diferențiată a lianților în funcție de condițiile climatice, trafic, condiții de exploatare și mai ales adaptarea lor pentru îmbunătățirea radicală a adhezivității, vor contribui la îmbunătățirea caracteristicilor fizice - mecanice ale mixturilor asfaltice și la evitarea apariției premature a defecțiunilor ;

- stabilirea unor doze adecvate pentru tipurile de mixturi proiectate și mai ales fabricarea și punerea în operă a acestora în condiții corespunzătoare (temperaturi, aerobare, grosime, strat supert, compactare etc.) reprezintă o condiție fundamentală pentru obținerea unor straturi rutiere rezistente, cu o suprafață rugoasă, etanșă, uniformă ;

- întreținerea preventivă și curentă a înbrăcămintărilor bituminose volumul defecțiunilor ; repararea acestora în faal

incipientă conduce la scăderea unor suprafețe de rulare în bună stare și la evitarea măririi suprafețelor defectuozităților ;

- pregătirea unor lucrări de reforțare a sistemelor rutiere în funcție de evoluția traficului și de starea înbrăcăminții, proiectarea unor soluții adecvate, pe baza unor studii aprofundate vor da eficiență sporită lucrărilor periodice de adaptare a sistemelor rutiere la noile condiții de exploatare ;

- apreciez de asemenea ca necesar introducerea într-o mai mare măsură și în practica noastră, a aparatului adecvat măsurării stării de rugozitate și uniformitate a suprafeței de rulare, a capacității portante a complexelor rutiere etc. pentru ca pe baza datelor obiective să se poată lua deciziile cele mai eficiente ;

- și propun de asemenea ca în limita posibilităților, făcându-se în prima etapă, clasificarea defectuozităților prezentă în această lucrare, să se facă o inventariere a acestora pe toate drumurile din țară și să se urmărească o anumită perioadă evoluția lor pentru a se putea întocmi o prognoză cât mai aproape de realitate privind evoluția acestora în timp, bineînțeles urmând să se trage concluziile respective ;

Apreciez de asemenea ca absolut necesar aprofundarea studiului defectuozităților înbrăcăminților bituminose, conștient fiind că din analize științifice a cauzelor care le provoacă, se pot trage concluzii utile pentru dezvoltarea tehnicii rutiere.

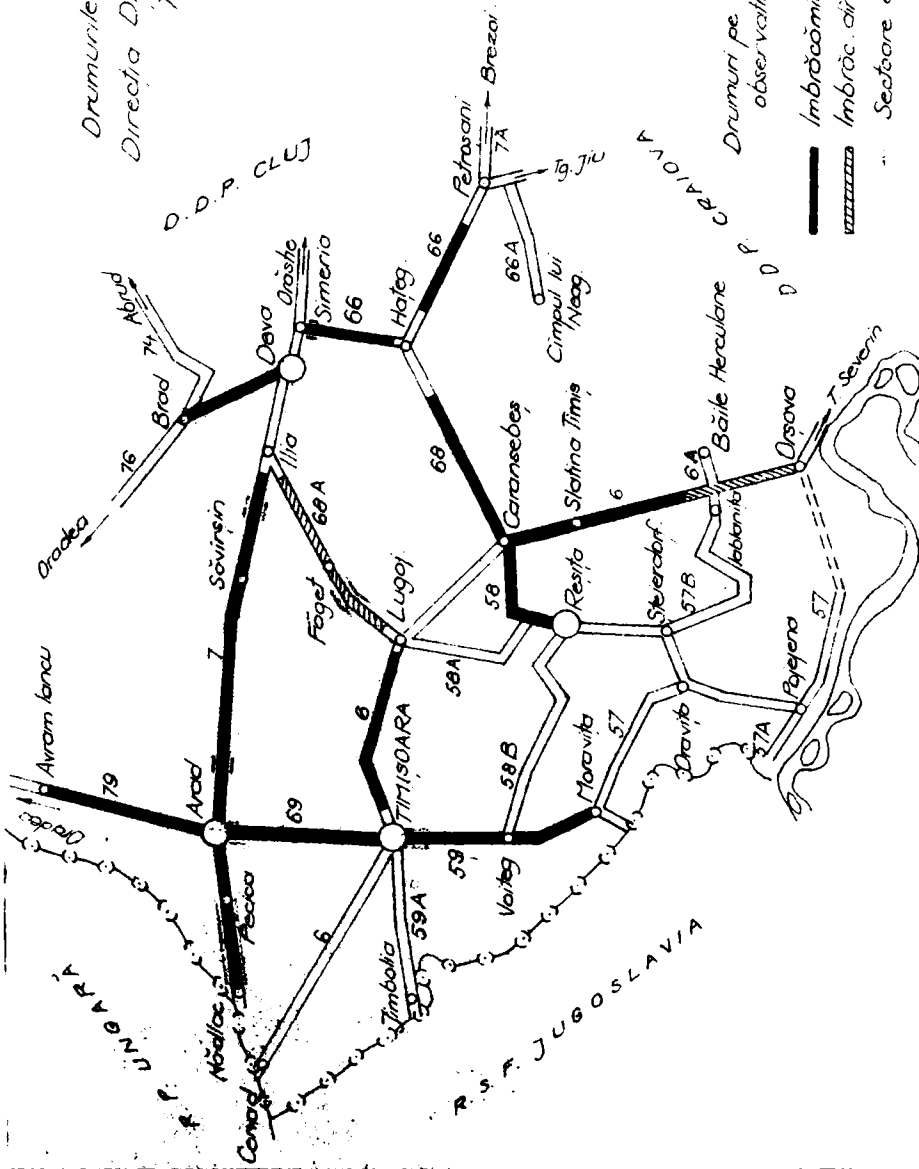
## TABELUL ANEXE

## La partea a doua "Defecțiuni ale îmbrăcămintelor rutiere bituminose"

	pagina
<p>Tabelul V.1. Drumuri pe care s-au făcut studii, observații și experimentări</p>	268 ... ...
<p>Tabelul VI.1. Compoziția granulometrică a agregatelor pentru mixtura asfaltică rugoasă</p>	269 ... ...
<p>Tabelul VI.2. Rugozitatea geometrică</p>	269 ... ...
<p>Tabelul VI.3. Evoluția suprafețelor șlefuite în ultimii 5 ani pe DN 66, DN 68, DN 76</p>	270 ... ...
<p>Tabelul VI.4. Suprafețele exsudate pe drumuri și ani exprimate în procente față de suprafețele executate cu tratamente bituminose superficiale</p>	271 ... ...
<p>Tabelul VI.5. Suprafețele șifonate pe drumuri și ani exprimate în procente față de suprafața totală de tratamente bituminose executată.</p>	271 ... ...
<p>Tabelul VI.6. Caracteristici fizico-mecanice ale unor mixturi asfaltice afectate de peladă</p>	272 ... ...
<p>Tabelul VI.7. Adhezivitatea unor lianță bituminosi determinată cu aparatul cu placă</p>	273 ... ...
<p>Tabelul VI.8. Evoluția peladei pe diferite drumuri și ani</p>	274 ... ...
<p>Tabelul VI.9. Caracteristici pe grupă de probe ale mixturilor vâlvrite</p>	275 ... ...
<p>Tabelul VI.10. Compoziția granulometrică a agregatelor minerale factori pentru executarea mixturilor asfaltice</p>	275 ... ...
<p>Tabelul VI.11. Variația punctului de înmuiere în funcție de timp.</p>	275 ... ...

	pagina
Tabelul VI.12. Caracteristici ale grupelor de mixturi studiate în vederea stabilirii cauzelor valurilor.	276 •••
Tabelul VI.13. Evoluția valurilor pe ani și diverse drumuri	277 •••
Tabelul VI.14. Caracteristicile amestecurilor bituminoase fisurate	278 •••
Tabelul VI.15. Caracteristicile amestecurilor bitumi- noase cu fisuri transversale	278 •••
Tabelul VI.16. Caracteristicile unor amestecuri asfaltice fisurate	279 •••
Tabelul VI.17. Caracteristicile asfaltului turnat faiantat în Timișoara pe Bd. Mînei Viteazul	279 •••
Tabelul VI.18. Amestecuri bituminoase faiantate pe DN 76 Deva - Arad	279 •••
Tabelul VI.19a. Evoluția defecțiunilor sub formă de gropi pe drumuri	280 •••
Tabelul VI.19.b. Evoluția defecțiunilor sub formă de gropi, pe drumuri.	281 •••
Tabelul VI.20. Simbolurile pentru diferite tipuri de amestecuri	282 •••

Tabel V.1  
 Drumurile naționale din  
 Direcția Drumuri și Poduri  
 Timișoara



Drumuri pe care s-au făcut studii,  
 observații și experimentări.

- Imbrăcămintă bituminosă.
- ▨ Imbrăc. din beton de ciment
- ⋯ Sectoare experimentale.

Tabelul VI.1.

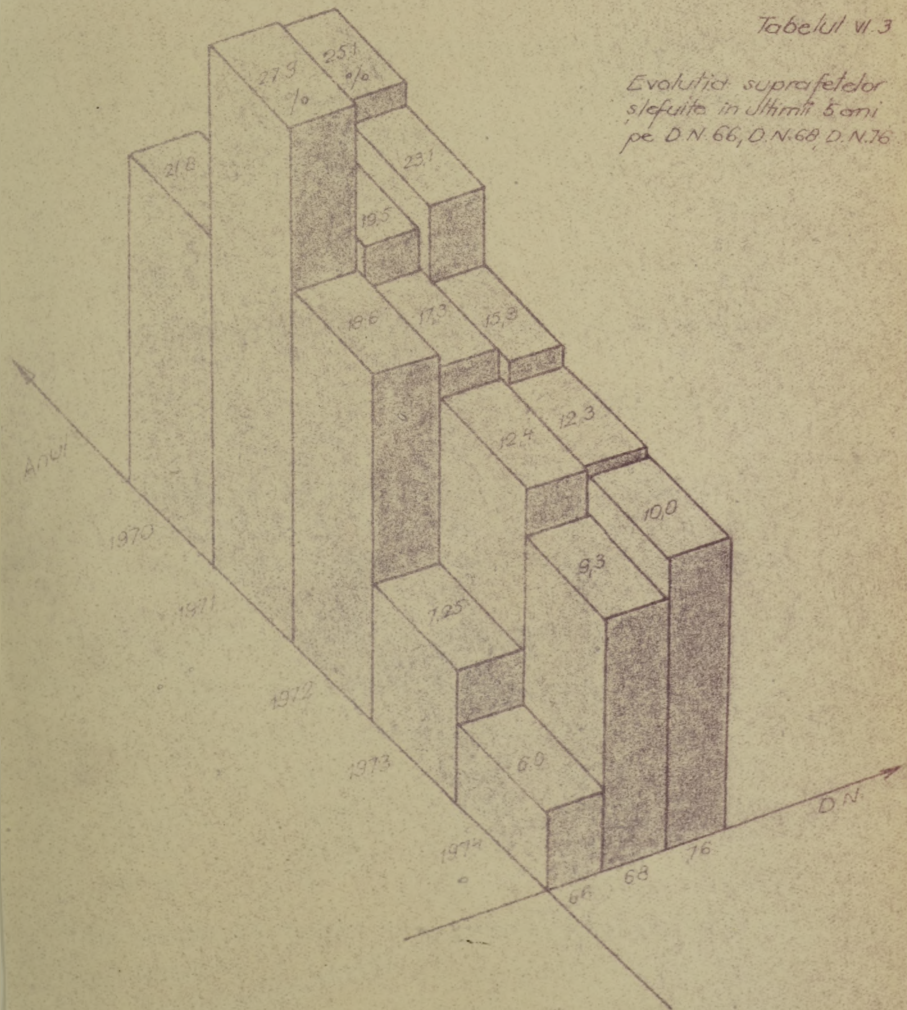
Compoziția granulometrică a agregatelor pentru  
mixture asfaltică rugoasă

agregatul	procente rămase pe ciur (sita)							procent prin sita de 0,09 mm (%)
	15	8	3	1	0,6	0,2	0,09	
bleură 8...16 mm	3,0	36,9	10,1	-	-	-	-	-
bleură 3...8 mm	-	8,8	76,9	4,2	7,1	2,0	1,0	-
șip natural	2,1	2,0	15,1	15,5	20,3	35,1	7,7	2,2
șer de calcar	-	-	-	1,4	0,9	8,9	8,4	79,4

Tabelul VI.2.

Rugozitatea geometrică

Numele de mixtură	Rugozitatea geometrică în mm								
	inițial			după 6 luni			după 12 luni		
	1 m	2 m	ax	1 m	2 m	ax	1 m	2 m	ax
Beton asfaltic peste 15 7 km. 10 + 500	0,70	0,78	0,80	0,65	0,70	0,78	0,60	0,63	0,70
Beton asfaltic bogat în criblură 15 7 km. 10 + 000 sector 12 km	0,28	0,31	0,52	0,24	0,25	0,46	0,20	0,20	0,43
Beton asfaltic bogat în criblură executat cu criblură 8...16 mm și 6 km. 10 + 540	-	-	-	0,12	0,18	0,30	0,10	0,14	0,28
Beton asfaltic bogat în criblură executat cu criblură 8...16 mm și 6 km. 10 + 540	-	-	-	0,24	0,28	0,43	0,20	0,25	0,41





Tabelul VI.4.

Suprafețele executate pe drumuri și ani  
exprimate în procente față de suprafețele  
executate cu tratamente bituminosase su-  
perficiale

nr. art.	Drumul național	A n i i d e s t u d i u				
		1970	1971	1972	1973	1974
1.	DN 59	2,30	1,50	1,13	0,70	-
2.	DN 66	2,10	1,80	1,20	0,80	-
3.	DN 76	2,30	2,00	1,15	0,90	-
4.	DN 68	1,98	1,40	0,90	0,70	-

Tabelul VI.5.

Tabel cu suprafețele pirocite pe drumuri și  
ani exprimate în procente față de suprafața  
totală de tratamente bituminosă executată

nr. art.	Drumul național	A n i i d e s t u d i u				
		1970	1971	1972	1973	1974
1.	DN 6	1,90	1,78	0,90	0,20	-
2.	DN 59	1,90	1,60	0,50	0,40	-
3.	DN 66	1,90	1,90	0,70	0,70	-
4.	DN 69	-	-	1,30	0,80	-

Tabelul VI.6.

Caracteristici fizico - mecanice ale unor  
mixture asfaltice afectate de poluare

Nr. Nr.	Tipul mixturei	Con- ținut de bi- tăm	Curba grava- lome- trică	R <sub>0</sub> la 22°C daN/cm <sup>2</sup>	ρ <sub>20</sub> t/m <sup>3</sup>	AV % vol	I și D ° C.	Consa- darea
1	M.a. 8,5	8,2	coresp.	28,0	1,98	7,0	48°C	temp. soluții la ag- ternere
2	M.a. 8,5	8,3	coresp.	26,5	1,97	7,2	46°C	idem
3	M.a. 8,5	8,1	coresp.	27,2	1,95	7,6	47°C	idem
4	M.a. 8,5	8,0	coresp.	42,6	1,90	10,0	58°C	liant ars
5	M.a. 8,5	8,1	coresp.	50,0	1,88	11,5	62°C	idem
6	M.a. 11	9,2	coresp.	25,0	1,85	7,5	44°C	liant fără adivi- vitate
7	M.a. 11	9,5	coresp.	26,5	1,87	7,3	45°C	idem
8	M.a. 11	9,7	coresp.	25,0	1,88	7,0	45°C	idem

**NOTA :**

M.a. 8,5 : este mortar asfaltic pentru cover subțire cu un  
conținut de bitum între 8,0... 8,5 %

M.a. 11 : este mortar asfaltic executat cu bitum 80...120 cu  
un conținut de bitum între 9,0...11,0 %.

Tabelul VI.7.

**Adezivitatea unor lianți bituminoși  
determinată cu aparatul cu placă**

Tipul de liant	Adezivitatea în % pe :			Observații
	criblură curată (bazică)	criblură murdară (bazică)	pietrip roci acide	
Bitum 80...120	90-98 %	55-60 %	80-90 %	-
Bitum 80...120 cu aditiv naftenat de supra	90-98 %	55-60 %	80-90 %	-
Bitum din Albania (penetrație 125 1/10)	64 %	10 %	-	Bitum folo- sit la pre- pararea măturii a- fectată de pedună.
Amiază bitumi- noasă anticică cu rupere rapidă	94-100 %	-	94-98 %	-

Tabelul VI.5



Caracteristici pe grupe de probe ale  
mixturelor vâlvurite.

Caracteristici	Proba 1	Proba 2	Proba 3
Conținut de bitum %	1,1	10,1	10,4
Punct de înmuiere, °C	29,0	33,0	35,0
Rezistență la compresiune la 22°C daN/cm <sup>2</sup>	18,0	17,0	20,0
Loncitatea aparentă t/m <sup>3</sup>	2,12	2,3	2,25
Absorbția de apă, % vol.	4,2	1,0	3,7

Tabelul VI.10.

Compoziția granulometrică a agregatelor  
minerale factori pentru executarea  
mixturelor asfaltice

Curba granulometrică	Proba 1	Proba 2	Proba 3
Trece prin sita de 0,09 mm	22,5 %	19,5 %	20,0 %
Trece prin sita de 0,2 mm	55,7 %	47,5 %	50,0 %
Trece prin sita de 0,6 mm	76,3 %	73,5 %	73,5 %
Trece prin ciur de 1 mm	87,2 %	78,4 %	82,0 %
Trece prin ciur de 3 mm	95,5 %	83,7 %	97,0 %
Trece prin ciur de 5 mm	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Tabelul VI.11.

Variația punctului de înmuiere  
în funcție de timp

Timpul în ani	Punct de înmuiere - în °C -			
	1	2	3	4
inițial	27,0	34,0	29,0	31,1
la 2 ani	28,0	34,0	29,0	32,2
la 3 ani	28,3	35,0	29,0	32,0
la 6 ani	-	36,0	29,4	32,4

Tabelul VI.12.

**Caracteristici caracteristice ale grupelor de  
niruri studiate în vederea stabilirii  
cauzelor vâlcirii**

Caracteristici	1	2	3	4	5	6
Conținut de bitum, %	0,8	7,5	7,8	0,0	7,9	3,0
Fracțiune 3...15 mm, %	27,5	20,8	29,3	28,3	29,0	23,0
Fracțiune 0,075...3mm, %	55,5	52,6	45,3	57,7	54,7	58,0
Fracțiune sub 0,075 mm, %	17,0	17,0	25,4	16,0	16,3	19,0
Punct de înmuiere, °C	32,0	36,0	27,0	28,0	28,3	31,1
Rezistența la compresie la 22°C, în daN/cm <sup>2</sup>	14,2	24,0	18,8	19,2	19,4	11,0
Rezistența la compresie la 50°C, în daN/cm <sup>2</sup>	6,0	14,0	-	7,3	6,5	4,3
Densitatea aparentă, t/m <sup>3</sup>	2,24	2,21	2,27	2,29	2,30	2,20
Aborbția de apă, % vol.	3,0	6,0	2,9	2,4	2,5	1,0
Aspectul sectorului	vâlcit	urme de vâlcire circumferențiale	vâlcire neregulară	vâlcire neregulară	oțărâre cu proba 4	vâlcire și refuzări de 5-6 cm

Tabelul VI.13.

Evoluția vâlvurilor pe ani și  
diverse drumuri în procente

nr. art.	Drumul național	A n i   d e   s t u d i i				
		1970	1971	1972	1973	1974
1.	Lă 6 Caransebeș- -Tisicoara	3,77	2,37	1,11	0,97	0,7
2.	Lă 58 nești- -Caransebeș	11,7	8,0	7,5	3,1	2,0
3.	Lă 68 Caransebeș- -Sintag	14,3	10,6	8,66	4,30	40

## Caracteristicile mixturilor bituminose fisurate

Tipul mixturii	Bitum %	Curba granulo- metrică	Punct de in- muiere I și B	resis- tența la com- presiu- ne la 22°C. daN/cm <sup>2</sup>	Densi- tatea aparen- tă t/m <sup>3</sup>	Absorb- ția de spă % vol.
B.a.16.40.	6,0	coresp.	62°C	50,0	2,31	7,0
B.a.16.50.	5,5	coresp.	68°C	44,0	2,30	7,0
A.s.30.n.b.	3,7	coresp.	61°C	44,0	2,20	10,5

Tabelul VI.15

Caracteristicile mixturilor bituminose  
cu fisuri transversale

Tipul mixturii	Conținut de bitum %	Punct de inmuiere I și B		resisten- ța la compresii- une daN/cm <sup>2</sup>
		inițial	după 7 ani	
B.a.8.40.	7,2	49°C	60°C	48,0
B.a.16.40.n.b.	7,0	44°C	63°C	40,0
A.s.30.arebat n.b.	5,6	43°C	58°C	52,2
B.a.8.40.	6,6	48°C	59°C	47,0
B.a.16.60	6,5	47°C	64°C	44,0
B.a.16.60	6,7	45°C	60°C	50,0
B.a.16.60	6,4	49°C	64°C	49,0



## Caracteristicile unor mirturi asfaltice fisurate

Tipul mirturii (grupe)	% bitum	Punct de inmuiere I și B	Curba granulometrică	Densitate apă-ventă $t/m^3$	Absorbția de apă % vol.	$\gamma_c$ 22°C $daN/cm^2$
B.a.16.60.	5,7	70°C	coresp.	2,22	7,8	44
B.a.16.60.	5,5	69°C	coresp.	2,30	7,0	26
B.a.16.40.	6,0	64°C	coresp.	2,25	7,0	43

Tabelul VI.17.

## Caracteristicile asfaltului turnat falanșat în Timișoara pe Rd. Mihai Viteazul

Aspect	Grosime cm	Bilum %	Compoz. granulometrică	Densitate $t/m^3$	Av. %	Observații
Falanș falanșat	2,0	8,6	coresp.	2,41	1,5	fără binder
Falanșat	5,0	10,5	coresp.	2,48	0,57	fără binder
Falanșare masivă	2,5	8,5	coresp.	2,41	2,0	fără binder
Falanșat	3,7	3,5	coresp.	2,30	1,1	fără binder

Tabelul VI.18.

## Mirturi bituminose falanșate pe DN 76 Deva - Brad

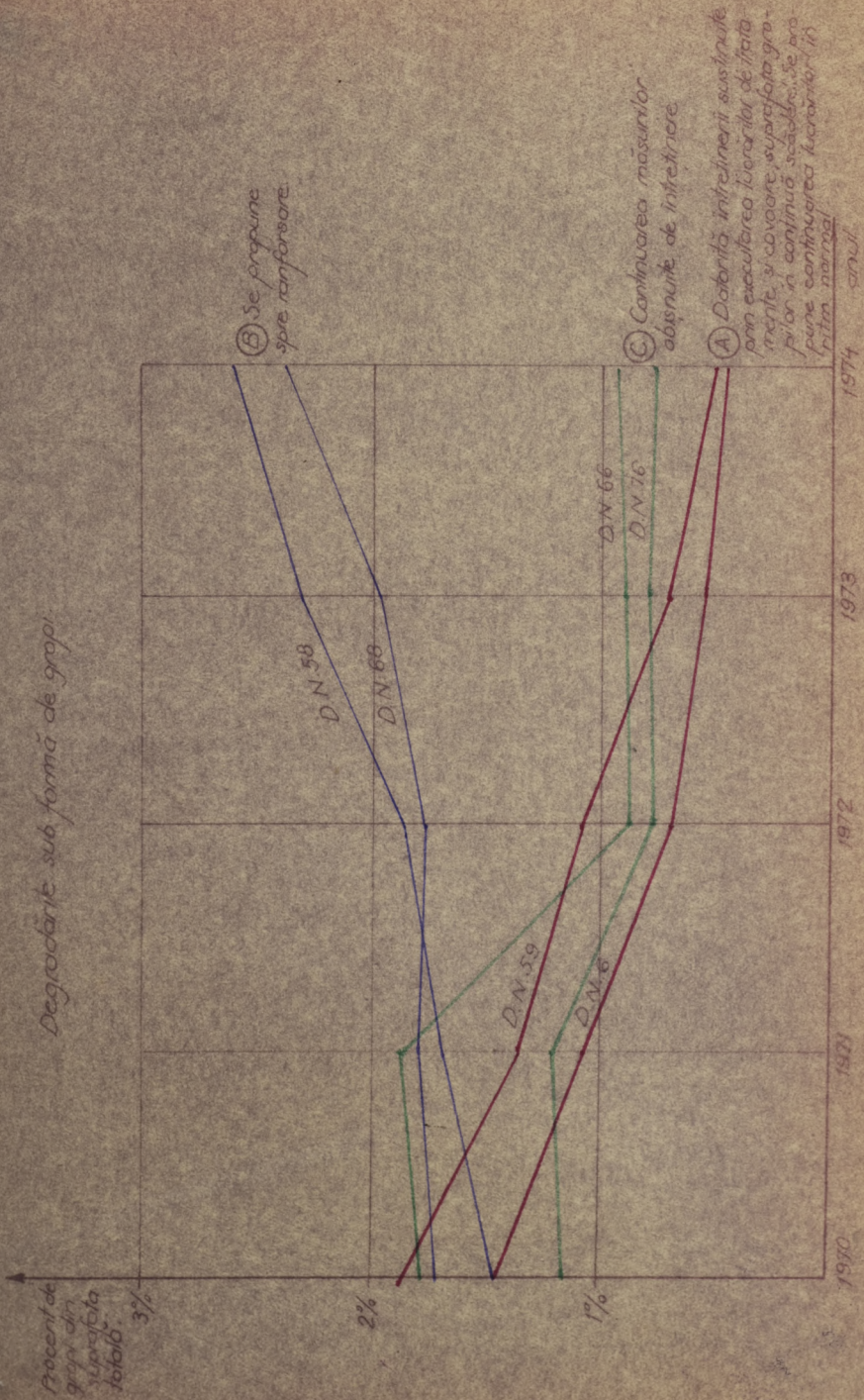
Tipul mirturii	Grosimea stratului cm	Bitum %	Curba granulometrică	Punct de inmuiere I și B °C	$\gamma_c$ la 22°C în $daN/cm^2$	Densitate apă-ventă $t/m^3$	Absorbția de apă % vol.
La.3.40	2,2	7,4	coresp.	47°C	37	2,25	5,0
La.25.30.	5,2	4,0	coresp.	44°C	-	2,23	0,0
La.3.40.	3,2	6,7	coresp.	52°C	40	2,30	4,2
La.16.60.	2,7	6,6	coresp.	54°C	45	2,20	5,9
La.25. 0.	4,0	4,1	coresp.	52°C	-	2,28	3,0
La.16. 0.	2,4	6,5	coresp.	54°C	47	2,20	4,8
La.25.80.	4,4	4,4	coresp.	56°C	-	2,20	7,3
La.8.60.	3,6	6,8	coresp.	56°C	40	2,24	5,0

Tabelul VI.19 c.

**Evoluția defecțiunilor sub forță de  
propi pe drumuri**

N. Gr. Sect. pt. pe	Sector studiat	Procente				
		Anii de studiu				
		1970	1971	1972	1973	1974
1	DN.6 Timișoara-Lugoj	1,45	1,06	0,63	0,55	0,45
2	A DN.59 Timișoara-Morovița	1,85	1,35	1,03	0,63	0,49
3	B DN.53 Cărmăneșeg-Teștița	1,45	1,70	1,90	2,32	2,62
4	DN.68 Cărmăneșeg-Hișeg	1,70	1,78	1,76	1,95	2,36
5	C DN.66 Peteșani-Sicaria	1,76	1,37	0,88	0,90	0,32
6	DN.76 Leve-Brod-Vicfuri	1,15	1,20	0,76	0,75	0,77

Degradările sub formă de gropi.



cuprinzând simbolurile pentru diferite tipuri de  
mixture asfaltice

nr. Srt.	Simbolul	Tipul de mixtură
1.	A.a.11	1. Mortar asfaltic executat cu bitum la cald
2.	A.a.33	2. Mortar asfaltic executat la rece cu suspensie de bitum filerizat
3.	A.a.65	3. Mortar asfaltic executat la rece cu emulsie bituminosă
4.	A.a.11.a.b.	4. Mortar asfaltic executat cu nisip bituminos
5.	A.a.11.f.	5. Mortar asfaltic fin executat cu emulsie bituminosă (procedul slurry-seal).
6.	B.a.8.40.	6. Beton asfaltic cu agregat mărunț sărac în criblură, executat cu criblură 3...8 mm
7.	B.a.16.40.	7. Beton asfaltic cu agregat mărunț sărac în criblură, executat cu criblură 3...16 mm
8.	B.a.8.60	8. Beton asfaltic cu agregat mărunț bogat în criblură, executat cu criblură 3...8 mm
9.	B.a.16.60.	9. Beton asfaltic cu agregat mărunț bogat în criblură, executat cu criblură 3...16 mm
10.	B.a.16.40. a.a.	10. Beton asfaltic cu agregat mărunț sărac în criblură executat cu nisip bituminos
11.	B.a.25.70	11. Beton asfaltic cu agregat mare, amestec de cribluri 3...25 mm într-un singur strat de uzură.
12.	B.a.25.80	12. Beton asfaltic deosebit cu amestec de crib- lură (3...8 mm; 8...16; 16...25 mm).-

Nr. simbolul art.	Tipul de mixtură
13. B.a.31.82	13. Beton asfaltic deschis cu agregate de pietriș (3...7; 7...31).
14. B.a.25. 30.n.3.	14. Beton asfaltic pentru stratul de legătură executat cu nisip bituminos și criblură până la 25 mm.
15. B.a.31. 32.n.b.	15. Beton asfaltic pentru stratul de legătură executat cu nisip bituminos și pietriș până la 38 mm
16. B.a.16. 70.r.	16. Beton asfaltic cu agregat micșunt, rugos
17. B.a.16. 70.e.	17. Beton asfaltic rugos executat prin clataj
18. A.1.8	18. Asfalt turnat dur executat cu criblură 3...8 mm
19. A.t.7	19. Asfalt turnat obținut executat cu pietriș 3...7 mm.
20. M.p.7.	20. Macadam asfaltic penetrat cu bitum la cald
21. M.p.33.	21. Macadam asfaltic penetrat cu mortar cu suspensie de bitum filerizat.
22. M.p.65.	22. Macadam asfaltic penetrat cu emulsie bituminosă
23. M.ep.5	23. Macadam asfaltic semipenetrat

## BIBLIOGRAFIE

referitoare la partea a doua " Defecțiuni ale înbrăcămintilor rutiere bituminose."

1. Haas, A. J. Copper, J. D. Thermal fracture phenomena in bituminous surfaces. Control of Pavement Slipperness Highway Research Board, Washington, 1969.
2. x x x L'écran A.A.S.H.O. Bulletin de liaison F, Paris, 1966
3. Chantereau, J. Léger, Ph. Le catalogue de structure types de chaussées de la direction des routes. Bulletin de liaison nr. 61, Paris, 1972.
4. Lefranc, J. Lucas, J. et Chevet, C. Détection et traitement des points noirs " glissance " Bulletin de liaison nr. 61, Paris, 1972.
5. Nicodan, L. Biliu, A. Defecțiunile înbrăcămintilor bituminose Construcții în transporturi XXIV, București, 1971.
6. Rafiroiu, M., Zimbal, J., Moldovan, J. Considerații pe marginea normativului condițional C 29 - 62 pentru proiectarea și executarea structurilor în pământuri stabilizate cu ciment la lucrările de drumuri. Revista Transporturilor 8 București, 1969.
7. Ministère de l'Équipement et du logement. Catalogue de dégradation de chaussées. France, 1972.
8. Lacroix, E., Tréhou, J. Planches de cloutage sur une déviation de la R.N. 45 dans la norm. Bulletin de liaison 50, Paris, 1971.
9. Chevet, C. Usure <sup>par</sup> un enrobé les points à clous. Influence de divers facteurs. Bulletin de liaison 55, Paris, 1971.

10. Lefranc, J. Revêtements autiderapants testés sur une voie très circulée. Bulletin de liaison 54, Paris, 1971.
11. Holot, J. L'un des chaussées sur l'autoroute A.6. Bulletin de liaison 54, Paris 1971.
12. Siffert, M. Les chaussées d'essai. Premiers enseignements. Bulletin de liaison 53, Paris, 1971.
13. Cartallas, E., Phelep, M., Benoit, O. Réfection du revêtement d'un ouvrage d'art par un béton bitumineux coulé. Bulletin de liaison 53, Paris 1971.
14. Gauthier, Y. Usure d'un revêtement soumis à des pneus à clous sur la table de compartage. Bulletin de liaison 52 Paris, 1971.
15. Faure, M., Renault, D., Saumier, J. Un renforcement de chaussée en grave - bitume à chaud. Bulletin de liaison 52, Paris, 1971.
16. Anchinband, C., Tourenq C. La gélivité des granulats routiers. Bulletin de liaison 51, Paris, 1971.
17. Tourenq, C., Fourmaintraux, D. Propriétés des granulats et glissance routière. Bulletin de liaison 51, Paris, 1971.
18. Fodor, G. Considerații asupra principiilor de elaborare a unui catalog de structuri rutiere tip. Revista Transporturilor, 2/1974
19. Peltier, R. Gélivité des chaussées. Revue generale des Routes nr. 379, Paris, 1963.
20. Ambrosino R, Harcan, M. Messure des faibles déflexions avec la poutre Benkelmann. Bulletin de liaison 44, Paris, 1970.

21. Equand, P., *Summa Editia IV. Bucuresti, Editura tehnica, 1968.*
22. Freyche, J.P., Manquier, P. *Utilisation d'un rébitmètre à bitume. Bulletin de liaison 44, Paris, 1970.*
23. Laure, J., Meleap, M. *Contrôle des bitumes. Bulletin de liaison 44 France, Paris, 1970.*
24. Meyer, P., *Contrôle de fabrication des enrobés. Bulletin de liaison 44, Paris, 1970.*
25. Halesclair, J.M. *Contrôle des enrobés bitumineux, en cours de fabrication. Bulletin de liaison 45, Paris, 1970.*
26. Vivier, M., *Contrôle et constatations à propos du béton bitumineux cloué. Bulletin de liaison 45, Paris, 1970.*
27. Courteau, M., Champion, M. *Pour l'amélioration des joints longitudinaux des tapis d'enrobés. Bulletin de liaison 46, Paris, 1970.*
28. Bernot, J., Innocelli, J.P. *Confaction des plaques en enrobés bitumineux. Bulletin de liaison 46, Paris, 1970.*
29. Trebut, M. *Campagne de glissance 1968, dans le Nord et le Pas-de-Calais. Bulletin de liaison 47, Paris, 1970.*
30. Innocelli, J.P., Chanut, M., Parre G., Moreau, M. *Comportement d'une couche bitumineuse épaisse sous trafic, lent et canalisé. Bulletin de liaison 47 Paris 1970.*
31. Innocelli, J.P. *Influence de la nature du bitume sur les caractéristiques mécaniques d'un enrobé. Bulletin de liaison 48, Paris, 1970.*



32. Introcino, G., Bescat, J. Evolution des températures dans une chaussée pendant une journée chaude. Bulletin de liaison, Paris, 1970.
33. Philippe, A., Boutonnet, G., Laure, G. Aspect technique du problème des barrières de dégel. Bulletin de liaison 51, Paris, 1971.
34. Léger, Ph., D'un des revêtements routiers. Bulletin de liaison 49, Paris, 1970.
35. Boutonnet, G., Chaussée expérimentale de mise hors gel de la 40. 57. Bulletin de liaison 49, Paris, 1970.
36. Requirand, G., Les pneus à crampons. Bulletin de liaison 63, Paris, 1973.
37. Grimaux, J.-P. Inrobée lances à froid à l'émulsion de bitume. Bulletin de liaison 50, Paris, 1971.
38. Couselin, R.-J., Gauthier, G., Cochin, J., Utilisation de traceurs pour l'étude de la répartition du filler dans un enroulé. Bulletin de liaison 50, Paris, 1971.
39. Gauterey, G., Usure des revêtements par les pneus à crampons. Bulletin de liaison 63, Paris, 1973.
40. Requirand, G., Usure des revêtements par les pneus à clics. Bulletin de liaison 49, Paris, 1970.
41. Chaurol, G., Etude des variations de l'effet de bord des chaussées avec le réflectographe Incoix. Bulletin de liaison 55, Paris, 1971.
42. Hode Keyser, J., Le compactage des revêtements bitumineux. Bulletin de liaison 63, Paris, 1973.
43. Iwers, G., Bituminöse Deckschichten auf Autobahnen und Fernverkehrsstraßen in Lichte neuerer Erkenntnisse. Die Bautechnik 5, 1. 1975.

44. Kœnel, A., Etude de la résistance à la fatigue des bétons bitumineux. Revue générale des routes et des aérodromes. n. 483, Paris, 1973.
45. Coffard, A., Les états superficiels en Savère. routes 484, Paris, 1973.
46. Kappel, F., Die Anwendung Asphaltoberbaues an Strasse und Autobahn 2, Bonn 1973.
47. Fric, J., Formulation des enrobés bitumineux à granulométrie discontinue. routes 486, Paris, 1973.
48. Gheorghiu, G., Revêtements bitumineux en éléments préfabriqués sur les chaussées et trottoirs des pâtes routières. routes 485, Paris, 1973.
49. Wanner, B., Schulze, A., Le colloque International sur la glissance et la sécurité de la circulation sur les routes mouillées. routes nr. 449, Paris, 1969.
50. Duris, J., Les revêtements noirs et les divers enrobés. routes 449, Paris, 1969.
51. Moreau, A., Cisaillement des enrobés bitumineux. routes 447 France, Paris, 1969.
52. Popor, G., Ciuşcă, G., Soluții de îmbunătățire a comportării fabricațiilor bituminose la solicitări de întindere. Revista Transporturilor 4/1973.
53. Leonard, J., Recordon, P., La route face au problème gel - dégel. routes 447, Paris, 1969.
54. Berthier, J., La route face au problème gel - dégel. routes 447, Paris, 1969.
55. Maffert, G., La route face au problème gel - dégel. routes 447, Paris, 1969.

56. Ziemer, P., Action des acis de fusion et des pneus à clous sur la tenue des revêtements routiers. routes 446, Paris, 1969.
57. Chanton, G., Valayer, J., recherches sur les enrobés bitumineux. routes 445, Paris, 1969.
58. Léger, Ph., le déflectographe Lacroix. routes 444. Paris, 1969.
59. Wilson, R.T., emploi des matériaux bitumineux dans la construction et le renforcement des chaussées en Grande Bretagne. routes 443, Paris, 1969.
60. Van Nieuvenhuysen, J., les tendances actuelles dans les chaussées souples aux Pays-Bas. routes 443, Paris, 1969.
61. Archambault, J., renforcements coordonnés sur routes nationales en 1969. routes 442, Paris, 1969.
62. Rostizer, J., Léger, Ph., Ou en est le calcul des chaussées après la II<sup>e</sup> Conférence d'Ann Arbor. routes 439 Paris, 1969.
63. Gaugier, J., Autoréparation des enrobés bitumineux. routes 439, Paris, 1968.
64. Slama, R., La glissance des pistes d'aviation. Routes et aérodromes 445/1969 Paris
65. Curiez, L., Les méthodes de calcul de l'épaisseurs des chaussées souples. routes 434, Paris, 1968.
66. Arguël, G., Chaussées souples. routes 432, Paris, 1968.
67. Pasquet, A., Glissance. routes 432, Paris, 1968.

68. Lafiroiu, J. Une nouvelle méthode pour le dimensionnement des chaussées souples . routes 431 ,Paris,1968.
69. Moreau, M., Quevedo, A., Présentation de deux nouveaux appareils utilisés pour l'étude de la fatigue des enrobés bitumineux . routes 465 ,Paris , 1971.-
70. Goss, J. L., Expérience acquise dans l'établissement de revêtements bitumineux . routes 463 ,Paris 1971.
71. Chanton, G. Valayer, P. J. Etude de l'ornitrage en laboratoire. routes 458, Paris ,1970.
72. Quevedo, A. Enrobés bitumineux : fatigue du fil de liant. routes 461 ,Paris ,1971.
73. Fauveau, H. L'état du réseau routier et les conditions techniques de son renforcement. routes 460, Paris 1970.
74. Vivier, J., quelques contrôles et constatations à propos du béton bitumineux clouté de l'autoroute. A. L. dans le Pas-de-Calais. routes 456 ,Paris, 1970.
75. Moreau, M., Guilland, J., Propriétés <sup>mécaniques</sup> du béton bitumineux coulé comparées à celles des enrobés classiques routes 456 ,Paris ,1970.
76. Neukelion, M., Abaque expérimentale décrivant le comportement des bitumes en fonction de la température routes 454 ,Paris ,1970.
77. Durrieu, J., Les chaussées dites " souples ". routes 450 Paris ,1970.

78. Gauterey, R., Problèmes des couches de roulement routes 450, Paris, 1970.
79. Fauveau, P., Châssés souples en Angleterre. routes 450, Paris, 1970.
80. M. de la Hayette. Compactage des enrobés bitumineux. Bulletin de liaison 46, Paris, 1970.
81. Syndicat des fabricants d'émulsions routières de bitume. Les émulsions de bitume et leurs techniques d'applications. Paris - 1966.
82. Petescu J., Nicoară, L., Aparat pentru determinarea aditivității lianților hidrocarbonați. Construcții în transporturi Vol. XXI/1970.
83. Nicoară, L., Observații asupra unei fabricațiuni bituminoase, realizată în piatră spartă cu mortar cu subif, etanșeizată printr-un tratament la cald. Construcții în Transporturi, vol. XXI/1970
84. Direction des routes et de la circulation routière. Colloque français sur les contrôles de qualité et construction routière. Paris, 1972.
85. XIV Congrès Mondial Prague 1971. Comité de la glissance. Rapport 1971 - Prague.
86. Boguslawskij, A.A. Boguslawskij, L.A., Prognozirovanie trescino și sdvigoistoicivosti asfaltobetônîh pokrîtii. III. Budapestskaja obojznaja konferenția Budapesta, 1973.
87. Mucera, K., Asphalt Fabrikationskonstruktionen in der Tschechoslowakei. II. Strassenkonferenz in Budapest, 1973.

88. Blumenfeld ,Th. ,ș.a. Cercetarea ,proiectarea ,construcția și întreținerea drumurilor în S.U.A. Construcții în transporturi ,vol. XVIII. 1969.
89. Ivanov ,N.N., Iakovlev ,M.I. O putiah <sup>de l'ucisevo</sup> razvitia metodov rasceta nejestkih dorojnii odejd .III . Budapestkaia Dorojnaia Conferenția .Budapest 1973.
90. Fodor,G., Ciubotaru ,V., Coșoschi ,B., Cercetări privind introducerea în țara noastră a metodei de dimensionare a sistemelor rutiere flexibile bazată pe criteriul deformației admisibile. Revista Transporturilor 2/ 1969.
91. Nicolau ,M., Stadiul actual al problemei dimensionării sistemelor rutiere, Revista Transporturilor 6/1967.
92. Nicolau,M., Probleme actuale ale tehnicii traficului rutier. Revista Transporturilor 3/1970.
93. Pinescu A., Influența vitezei de încărcare asupra valorii modulului de elasticitate la materialele visco - elastice .Revista Transporturilor 7/1971 .
94. Torjescu ,N., Giușcă ,G., Moraru,V., Cercetări privind realizarea îmbrăcămintilor rugoase. Revista Transporturilor 4/1971.
95. Vîrlan,R., Avantajele teoretice și practice ale construcției într-o singură trecere a straturilor rutiere bituminose de grosime mare. Revista Transporturilor 4/1972.
96. Refiroiu ,M., O încercare de rezolvare a problemei dimensionării economice a sistemelor rutiere nerigide .Revista Transporturilor 5/1972.

97. Moraru ,I. ,și sa. realizări recente în țara noastră de îmbrăcămînți asfaltice cu suprafața de rulare antiflăcărantă . în : România , nouăzeci, mai 1973, .I.T.C. I, .C.C., sesiune de comunicări științifice ,mai 1973.

98. Stănescu ,I., orientarea cercetărilor în domeniul <sup>dimensionării</sup> sistemelor rutiere. Construcții în transporturi vol. XX/1970.

99. Iacobanu ,M., Utilitatea folosirii indicelui de grosime în dimensionarea sistemelor rutiere nerigide. Construcții în Transporturi ,vol . XX/1970.

100. Artia ,G., dimensionarea consolidării sistemelor rutiere nerigide prin metoda stratului echivalent. Construcții în transporturi , vol. XX/1970.

101. Craus, I, Jecan ,G., Mănescu , ., ameliorarea rugozității îmbrăcămînților asfaltice. Construcții în Transporturi , vol.XX/1970.

102. Cavalliu ,L., Unele constatări privind comportarea îmbrăcămînților asfaltice compacte executate pe drumurilor locale și masurile ce se impun pentru viitor. Construcții în transporturi Vol.XX/1970.

103. Blümenfeld, Th. Organizarea și executarea întreținerii drumurilor mecanizate cu îmbrăcămînți asfaltice și de beton de ciment. Construcții în transporturi Vol. XVI/1969.

104. Bibinea ,L., ș.a. Probleme actuale privind întreținerea drumurilor. Construcții în transporturi vol. XX/1970.

105. Ungureanu, J., Linu, V., Macinescu, R., Preocupări actuale privind utilizarea materialelor locale la staturile de fundații, de bază și la întreținerea înbrăcămintelor. Construcții în transporturi Vol. XX/1970.
106. Blumenfeld, Th., Probleme actuale ale sectorului de întreținere a drumurilor. Construcții în transporturi Vol. XXV/1971.
107. Blumenfeld, Th., ș.a. Rezultatele obținute în aplicarea înbrăcămintelor asfaltice ușoare în vederea îmbunătățirii viabilității drumurilor naționale impetruite. Construcții în transporturi .ol. IX...X, 1970.
108. Anței, S., ș.a. Consi enții privind executarea înbrăcămintelor asfaltice ușoare pe drumurile naționale din Moldova. Construcții în transporturi, Vol. IX... X ,1970.
109. Ișuta, ..., Bîlcă, ..., Anței, S., Tratarea agregatelor de riu concasate folosind laptele de var . Construcții în transporturi ,vol. XXII/1971 .
110. Ardeanu, ..., Cîteva probleme privind eficiența economică la modernizarea drumurilor. Construcții în transporturi , vol. XVII ,1969.
111. Popescu, R., Cădăteanu, C., Elemente privind compactarea amcobotelor compacte executate în jaleții usce în funcție de iversi lianți , prin prisma unor preluorări statistice, Construcții în transporturi vol. XVII ,1969.
112. Anței, C., ș.a. Intreținerea și consolidarea drumurilor acoperite cu înbrăcămîți asfaltice. Construcții în transporturi vol. XVII, 1969.



113. Popescu ,P., Mărășteanu ,O., Structuri superficiale subțiri de protecție pentru covorașele executate cu anvelope compacte. Construcții în Transporturi vol. XVII/ 1969.
114. Martia ,O., Observații asupra degradării unor sisteme rutiere de străzi . Construcții în transporturi vol. XVII, 1969.
115. Jercan ,S., Tendința de fisurare a în rășinișii aplicate pe asize stabilizate cu ciment. Construcții în transporturi vol. XIX/1970.
116. Jercan ,S., Conlucrarea asfaltului cu betonul de ciment în structurile rutiere mixte . Revista Transporturilor 10/1966.
117. Miliu, A., Unele aspecte privind comportarea betoanelor asfaltice fine ,câșoare în criblură executate cu nisip bituminos. Construcții în transporturi vol. XIX, 1970.
118. F. Jercan ,S., Intreținerea înbrăcăminților asfaltice cu emulsii de bitum cauciucat. Construcții în transporturi vol. XIX / 1970.
119. Tojescu ,P., Cercetarea unor substanțe tensioactive în vederea ameliorării adhezivității lianților bituminoși la agregate minerale. Revista Transporturilor 3/1964.
120. Teodorescu, D., Ciucea ,G., Inserări de laborator privind determinarea modului <sup>de</sup> elasticitate static al amestecurilor asfaltice . Revista Transporturilor 6/1971.

121. Pinescu, I., Cercetări asupra proprietăților structurale mecanice ale amestecurilor asfaltice, Teză de doctorat, București, Institutul de Construcții 1968.
122. Brengarth, M. s.a. Glissance des chaussées et accidents de la circulation. Bulletin de liaison 55/1971
123. Graas J., Zolner, G., Nicolau, M., Evoluția calculului sistemelor rutiere nerigide în lumina ultimului congres mondial de drumuri. Revista Transporturilor 11/1972.
124. Malayer, P.J. Recherches sur les phénomènes mécaniques dans les chaussées et les enrobés bitumineux. Routes 435, Paris, 1963.
125. Casper, L. La pratique hongroise du dimensionnement des chaussées. In : Routes n. 449, Paris, 1969.
126. Kriváň, A. Noi scheme de calcul a sistemelor rutiere nerigide. Autostrăzile Moscova 1971.
127. Smith, G.A. Prediction of pavement deflection from laboratory tests. A paper prepared for presentation at the second international conference on the structural design of asphalt pavements. Ann Arbor, Michigan, 1967.
128. Kriváň, A. M. Alotuirea și calculul sistemelor rutiere nerigide, pe baza echilibrului local limitat. Autostrăzile Moscova, 1969.
129. Masquet, L., Berthier, J., Recherches relatives à la glissance routière. Conséquences sur la conception des revêtements routiers. In : Bulletin de liaison des laboratoires routiers. Spécial Paris, 1966.

130. Jeuffroy ,G., influence de certaines caractéristiques de la surface des chaussées sur la sécurité des véhicules. In Bulletin de liaison special F. Paris ,1966.
131. Lucas ,J., Etude de synthèses sur la glissance des chaussées .In Bulletin de liaison ,pecial F Paris, 1966.
132. Lucas,J., Blavialle ,. La rugosité géométrique des revêtements routiers. In : Bulletin de liaison special F, Paris ,1966.
133. Bloss , .H. Stapel , . Asphalte coulé sur béton bitumineux cylindré pour les chaussées à circulation lourde et active. In : routes 4/70, Paris, 1971.
134. Stanciu ,I., Buci ,G. Echile înbrăcămiți ale străilor orașelor noastre și confortul circulației. In : Revista Transporturilor 4/1970.
135. Teodorescu, I., Torjescu ,.I., Mugaș ,F., Noul proces tehnologic pentru întreținerea înbrăcămițiilor asfaltice cu straturi subțiri din mortar asfaltic la rece ( procedeu lurry-teal ) In : Revista Transporturilor 2/1970.
136. Benchea ,M., Realizarea de sisteme rutiere rezistente la îngheț la noi în țară și direcțiile de cercetare, care se impun pentru soluționarea problemei .In: Revista Transporturilor 10/1971.
137. Jercan ,.S. Anisotropia biturilor. In : Revista Transporturilor 11/1971 .
138. Jercan ,S. Crebanța ,N. Eficiența economică a investițiilor rutiere. In : Revista Transporturilor 1/1966.

139. Varlan I., ș. a. Metode economice pentru întreținerea perfecționată a drumurilor impietruite .In : Revista Transporturilor 9/1964 .
140. Iuster, A., Îmbătrânirea, factor important în deprecierea calității bitunului pentru drumuri .In : Revista Transporturilor 2/1962.
141. Volkova, L.V. Cum se poate întâia îmbătrânirea bitunului. In : Automobilnie Poroghi 12/ 1968. 1968.
142. Lobăceanu, M., Caracterizarea proprietăților fizico - chimice ale bitunurilor ,factor de ameliorare a amestecurilor asfaltice. In : Revista Transporturilor 2/1962.
143. Corjescu, M., Ciuşca, M., Boracu, V. Cercetări privind rugozitatea imbedamenturilor asfaltice rutiere. Lucrările sesiunii științifice a Institutului de studii și cercetări transporturi 23...24 aprilie ,Editura C. .P.T. 1973.
144. Stănescu, P., Preocupări actuale în domeniul lucrărilor de drumuri reflectate în standardele țării cu trafic rutier dezvoltat .In : Lucrările sesiunii științifice a Institutului de studii și cercetări transporturi 23...24 aprilie 1971 Editura C. .P.T. 1973.
145. Benchea, M., Direcțiile de cercetare, care se impun pentru stabilirea măsurilor celor mai indicate de prevenire a degradării sistemelor rutiere la acțiunea de îngheț -deghet . Lucrările sesiunii științifice a Institutului de studii și cercetări transporturi 23...24 aprilie 1971 ,Editura C. .P.T. 1973.

146. Teodorescu, A., Anesou, G., Alexandrescu, F., Evoluția și comportarea îmbrăcămintelor asfaltice în autobate compacte pe drumurile locale din județul Iașova, pe perioada anilor 1960 v... 1970. În: Lucrările sesiunii științifice a Institutului de studii și cercetări transporturi 23...24 aprilie 1971, Editura C.Ș.C.T. 1973.
147. Goldini, J., Gressin G., programmation et contrôle des travaux d'entretien à l'aide d'auscultation systématiques. Strasse und Verkehr, Zürich 36 nr. 4 april 1972.
148. Gusek, R., Bitumenalkobeton - eine wirtschaftliche Bauweise zur Erneuerung von Zementbetonfabrikanen. Strasse, Berlin 12, nr. 20 iunie 1972.
149. Gheorghiu, G., Forjescu, G., Intreținerea și repararea îmbrăcămintelor asfaltice executate cu elemente prefabricate pe calea și trotuarele poartelor de șosea. Revista Transporturilor nr. 77 iulie 1972.
150. Măcintă G., Cugianan, Ph. Teoria indicelui de structură la betoanele asfaltice cilindrare ... I. ... Drumuri 11/1972.
151. x x x Congresul de la Teaga .1971.
152. Bloss, G., Verschleißfestere Beläge mit Bindung - Asphalt. Strasse u. Verkehr, Zürich nr. 1, ianuarie 1972.
153. Gantel, Ph. Die Prüfung der Verformung bitumenreicher Mischungen unter dynamischer Lasteinwirkung. Bitumen, Teere, Asphalte, Leuchte, W.F. u. Germanischei nr. 2/1972.

154. Răscintă, G. Considerații asupra comportării unor mizuri asfaltice la solicitări repetate. M.I.P. Trumuri 9/1972.
155. Archinard, R., Gallard, J. . . . . Apertillage d'étude des matériaux enrobés dans le domaine de la visco-élasticité et de la fatigue. Bulletin de liaison nr. 21, Paris, 1966.
156. Lucas, J., Bazin, . . . , Saunier, J., Essais de fatigue sur enrobés bitumineux. Revue générale des routes et des aéroports nr. 404, Paris, 1965.
157. Lăzăroiu despre fracarea la interfața structurilor șoselelor. Strasse und Verkehr nr. 9, Cluj, Zürich, 1971.
158. Cimincielli, P.J. Cables-bitume în tehnica rutieră. Routes nr. 471 Paris, 1971.
159. Dean, G.E., Southgate, P.H., Havens, H.J. Structural analysis of bituminous concrete pavements. Highway Research Record nr. 407, Washington 1972.
160. Han, S.C.C., Hirst, J.T., Tang, I.H. Determination of the elastic moduli of flexible pavement components. Highway Research Record, nr. 407 Washington 1972.
161. Hajek, J.J., Predicting low-temperature cracking frequency of asphalt concrete pavements. Highway Research Record, nr. 407 Washington 1972.
162. Brown, F.S. Computation of stresses and strains for the design of flexible pavements. Highway Research Record nr. 407 Washington 1972.
163. Moosenschen, F., Stander, G. Effect of aging on flow properties of asphalts. Highway Record, nr. 178, Washington, D.C. 1967.

164. Herbert E. s.a. Composition studies an asphalt cement : a progress report. Highway Research Record ,nr. 178 ,Washington D. . 1967 .
165. Huang,H.Y . Deformation and volume change characteristics of a sand- asphalt mixture under constant direct and triaxial compressive stresses. Highway Research Record, nr.178 Washington D.C .1967.
166. Irene Philip ,John ,G. .,Verdi Man .Compaction of asphaltic concrete pavement with high-intensity pneumatic roller. Highway Research Record nr. 178 ,Washington , .C. 1967.
167. H.C.M., Kett,I. Influence of coarse aggregate shape on the strength of asphalt concrete mixtures. Highway Research Record nr.178 Washington .C. 1967.
168. Charles A.ragen Rheological response of bituminous concrete . Highway Research Record nr.67 Washington ,D.C. 1965.
169. Bisko ,.A. Determination and treatment of asphalt viscosity data. Highway Research Record nr.67 Washington ,.C. 1965 .
170. Edgar F.avis s.a. Stress relaxation of bituminous concrete in tension . Highway Research Record nr.67 Washington D.C. 1965
171. Ganjharv Raj ,Babai ,Mogd P.Boier. Effects of asphalt viscosity on physical properties of asphaltic concrete. Highway Research Record nr. 67 , Washington , .C.1965.

172. Connor, H.K., Konismitz, S.C. viscoelastic response of asphalt paving slabs under creep loading. Highway Research Record nr. 67, Washington, D.C. 1965.
173. Karwan Hajidzadeh, Norland Herrin. Modes of failure and strength of asphalt films subjected to tensile stresses. Highway Research Record, nr. 67, Washington, D.C. 1965.
174. Schulze, H.H. Griffigkeits und Rauheitsmessungen auf Strassen mit dem Rastelgerät und dem Ausflussmesser - Neue Untersuchungen - Strasse und Autobahn nr. 1 v. 1973.  
Prüfverfahren
175. Schulze, H.H. Festlegung eines Prüferfahrens zur Verschleissnachahmung anhand von 1001 Gleichmessungen auf 43 Versuchsfeldern des BASt Salzburg - München - Strasse und Autobahn nr. 3 v. 1973.
176. Hakkol, H. Die Anwendung des Asphaltdeckbaues - Strasse und Autobahn nr. 2 v. 1973.
177. Gauterey, R. Les renforcements en enrobés bitumineux Paris, bulletin de liaison nr. 27 sept.-oct. 1967.
178. Colombier, G., Gianfune, G., Etude de la perméabilité des enrobés, bulletin de liaison nr. 30/1 mars-avril, Paris, 1968.
179. Long, H., Theory and application of sonic testing bituminous mixtures. Washington Highway Research Board nr. 94 D.C. 1968.



180. Bizerec, J., Pata, J.J. Remarque sur la conception des chaussées. routes nr.465 Paris, 1971.
181. Carré, G., Résistance à la traction des enrobés bitumineux, Revue Générale des routes nr. 414 Paris, octobre 1966.
182. Guzier, J., Module complexe des enrobés bitumineux routes nr 421 Ancis, mai 1967.
183. Levigues, G., Tendances en 1968, dans la construction des chaussées souples aux U. I. routes nr. 435 Paris, 1968.
184. Galliani, G., Soreau, H. Les enrobés bitumineux à grosse granulométrie. routes nr.461 Paris 1971.
185. Bell, S.P. Fatigue of asphalt pavement mixes, 2<sup>e</sup> Congrès int. Ann Arbor aug. 1967.
186. Casin, Gaunier, J., Performance, fatigue and healing properties of asphalt mixes. Ann Arbor -1969.
187. Vioq, A., Le renforcement de la déviation de Montargis - historique et déroulement du chantier de renforcement, Bulletin de liaison 47/ Paris, 1970.
188. Lutret, P., Keryell, P., Constatations des laboratoires sur la chaussée existante. Bulletin de liaison 47, Paris, 1970.
189. Wilki, L. Méthodes de construction et matériaux pour la construction de chaussées bien planes en enrobés bitumineux. routes nr. 426, Paris 1967.

190. Paré A. Le cloutage des matériaux enrobés .routes nr. 398 Paris ,1965.
191. Decreusefond ,G., Glissance et bouchardage .routes nr. 353 ,Paris 1961.
192. Keyneveld ,G.M. Les propriétés des fils polyester et leur emploi comme signature dans les enrobés bitumineux . routes 447 Paris ,1969.
193. Peltier ,G., Les travaux des sections . questions générales . routes 432 ,Paris ,1960.
194. Kraemer ,F., État de la surface des revêtements routiers et son influence sur l'adhérence. Bitumen, Teer, Asphalt ,Feche, V.F.Germania nr.11/1962
195. Istros ,A.V. Influence de la rugosité d'un revêtement routier sur l'adhérence pneu-route .In : routes nr .9 Paris ,1962.
196. Verrey ,A., Dégrats provoqués <sup>aux</sup> routes par les pneus à clous . In : Strasse und Verkehr , Zürich nr. 8/1973.
197. Caullier ,A. Enquête sur les couches de roulement soumises aux sollicitation hivernales .? Bulletin de liaison nr.63,Paris ,1973.
- 198.<sup>x)</sup> Cotirlă V. ,Petrescu ,G., Un exemplu de utilizarea calculatoarei electronice la elaborarea unor dosaje optime pentru amesturările tice .In M.I., nr. 4/1974.

198. Atanasiu ,P., Mădăraru ,T., Ceaus ,I., Manual de căi de comunicații terestre .București ,Editura Ministerul Învățământului și Culturii ,1960.
199. Arrambide ,J., Curiez ,A., Plans routiers et enrobés Paris ,Edition Dunod ,1959.
200. Bilițiu ,A., Nicomă ,L., Îndrumător pentru laboratorul șantierului de drumuri .București , Editura tehnică , 1971.
201. Bilelea ,A.K. Proiectarea autodrumurilor ,vol. I și vol. II ( traducere din limba rusă ) .
202. Steinmetz ,K. Diamantfräsen in Strassenbau. Strassen und Tiefbau R.F.G. 4/1975
203. Curiez ,A., Arrambide ,J., Nouveau traité de matériaux de construction .Paris , Edition Dunod ,1962.
204. Iscarie ,J.L. Traité des routes , Paris ,Edition Dunod, 1954.
205. Ionason ,Al., Îndrumătorul asfaltorului . București editura de stat pentru arhitectură și construcții , 1955.
206. Istrăilă , V., Căi de comunicații terestre ,București Editura didactică și pedagogică ,1962.
207. Jeffrey ,G., Conception et construction des chaussées vol.I. și II. Paris ,Edition Eyrolles ,1966.
208. Klinger , B., Fehler und Fehlerquellen in Strassenbau. G. Bertelsman Verlag , Gütersloh ,1961.

209. Mátásaru ,I., Graus ,J., acobaný ,st. Drumuri  
București Editura tehnică , 1966.
210. Neuman ,A., Neuschilicher Strassenbau , springer Verlag,  
Berlin ,1959.
211. Nemesdy, E., Utak és autópályák pályaszervezete  
Budapest: Műszaki Könyvkiadó ,1971.
212. Nicoră ,L., Curs de construcția drumurilor Iașiocara  
Institutul Politehnic " Traian Vuia " ,1973.
213. Nicoră ,L., Băltiu ,A., Indrumător pentru laboratorul  
ganticulă de drumuri ,București ,editura teh-  
nică ,1966.
214. Păunel ,P., Lianți hidrocarbonați .Iași ,Litografia In-  
vățămîntului ,1958.
215. Percec ,R., Introduction à l'étude de la rhéologie,  
Paris ,1960.
216. Peltier, G., Manuel du laboratoire rutier , Paris,Édition  
Lund ,1959.
217. Sechse, H., Der moderne Strassendeckenbau D.F.G . ,  
Köln ,1964.
218. Steapoe ,Al., Materiale de construcții .București ,  
Editura tehnică , 1964.
219. Skramtsov ,B. ,g.a. Materiale de construcții (traducere  
din limba rusă ) București , Editura de stat  
pentru arhitectură și construcții ,1954.

220. Zakor, P., Bitumen zsebkönyv, Budapest Ed. Műszaki Könyvkiadó, 1961.
222. Highway Research Board. Effect of water on bitumen aggregate - mixtures, Washington, U.S.A. 1968.
223. Highway Research Board - Control of pavement slipperiness. Asphalt pavement cracking. Washington D.C. 1969.
224. Highway Research Board. Bituminous paving mixtures. Washington, 1957.
225. Highway Research Board. Bituminous materials and mixes, Washington, U.S.A. 1965.
226. Nicoră, L., Curs de Construcția drumurilor, Timișoara Institutul Politehnic, 1966.
227. Nicoră, L., Biliu, A., Bilog - tein, M., Indrumător pentru lucrări de laborator la drumuri. Timișoara, Editura Institutului Politehnic "Traian Vuia", 1971.
228. Nicoră, L., Construcția drumurilor. Elemente de proiectare. Timișoara, Editura Institutului Politehnic "Traian Vuia", 1971.
229. Nicoră, L., Zacojanu H., Craiovan, M., Construcția drumurilor. Elemente de proiectare. Timișoara Editura Institutului Politehnic "Traian Vuia" 1972.
230. Minet, A., În istoria drumurilor, București, 1957.
231. Nicoră L., Construcția drumurilor, Infrastructura Vol. I. Executarea terasamentelor, Institutul Politehnic Timișoara, 1973.
232. Horia Zacojanu. Drumuri. Suprastructura. Inst. Politehnic Jasi, 1974.

**TABLA DE CONȚINUT**

	<i>pagina</i>
<b>PARTEA A DOUA - <u>DEFECTIUNI ALE ÎMBRĂCĂMINTELOR</u></b>	<b>120</b>
<b><u>RULIERE BITUMINOASE</u></b>	<b>...</b>
<b><u>Generalități</u></b>	<b>120</b>
<b>...</b>	<b>...</b>
<b>CAPITOLUL V. - <u>CONSIDERAȚII ASUPRA ÎMBRĂCĂMINTELOR</u></b>	<b>121</b>
<b><u>BITUMINOASE</u></b>	<b>...</b>
<b>1. STABILUL PROBLEMEI DIMENSIONARII SISTEMELOR RULIERE NOI ȘI A RĂSPUNSĂRII SISTEMELOR RULIERE EXISTENTE</b>	<b>121</b>
<b>...</b>	<b>...</b>
<b>2. FACTORII PRINCIPALI CARE INFLUENȚEAZĂ CALITATEA ÎMBRĂCĂMINTELOR BITUMINOASE</b>	<b>127</b>
<b>...</b>	<b>...</b>
<b>3. CAUZE GENERALE CARE CONTRIBUIE LA DEGRADAREA ÎMBRĂCĂMINTELOR RULIERE BITUMINOASE</b>	<b>138</b>
<b>...</b>	<b>...</b>
<b>CAPITOLUL VI.- <u>STUDIUL DEFECTIUNILOR LA ÎMBRĂCĂMINȚILE</u></b>	<b>142</b>
<b><u>BITUMINOASE</u></b>	<b>...</b>
<b><u>Generalități</u></b>	<b>144</b>
<b>1. DEFECTIUNI CE APAR LA SUPRAFAȚA DE RULARE (UZURĂ)</b>	<b>...</b>
<b><u>1.1. Suprafața șlefuită</u></b>	<b>145</b>
<b>1.1.1. Considerații asupra frecării dintre percu și suprafața de rulare</b>	<b>147</b>
<b>...</b>	<b>...</b>
<b>1.1.2. Factorii care influențează rugozitatea suprafeței de rulare</b>	<b>152</b>
<b>...</b>	<b>...</b>
<b>1.1.3. Măsurarea rugozității și a coeficientului de frecare</b>	<b>158</b>
<b>1.1.3.1. Măsurarea rugozității geometrice</b>	<b>158</b>
<b>1.1.3.2. Măsurarea coeficientului de frecare dintre percu și suprafața de rulare</b>	<b>159</b>
<b>...</b>	<b>...</b>
<b>1.1.4. Soluții tehnice pentru mărirea rugozității stratului de rulare</b>	<b>162</b>
<b>1.1.4.1. Sector experimental executat din amestec asfaltic rugos</b>	<b>163</b>
<b>...</b>	<b>...</b>

1.1.4.2. <u>Tratamente bituminose de rugozitate executate pe suprafețe glefuite</u>	166 ••• 168 •••
1.1.5. <u>Concluzii</u>	170 •••
1.2. <u>Suprafață erodată</u>	172 •••
1.3. <u>Suprafață sicoată</u>	173 •••
2. <u>DEFECTIUNI ALE STRAZILOR DE CULARE (UZURA)</u>	173 •••
2.1. <u>Uzura prematură a stratului de culare</u>	185 •••
2.2. <u>Paladă</u>	190 •••
2.2.1. <u>Aparat pentru determinarea adezivității lianților bituminoși</u>	193 •••
2.3. <u>Vălcări și refulări</u>	197 •••
2.3.1. <u>Considerații asupra uniformității suprafeței de culare</u>	199 •••
2.3.2. <u>Influența uniformității asupra aderenței</u>	201 •••
2.3.3. <u>Metode pentru măsurarea uniformității</u>	206 •••
2.3.4. <u>Considerații privind apariția și tratarea vălcărilor și refulărilor</u>	209 •••
2.3.4.1. <u>Tehnologii pentru remedierea vălcărilor</u>	211 •••
2.4. <u>Suprafața poroasă</u>	213 •••
2.5. <u>Suprafața cu ciupituri</u>	213 •••
2.6. <u>Suprafața incrustată</u>	215 •••
2.7. <u>Prăcuri (dămburi)</u>	215 •••
3. <u>DEFECTIUNI ÎN ÎMBRĂCĂMIȘTE BITUMINOASĂ</u>	215 •••
3.1. <u>Considerații privind influența fenomenului de obcesală</u>	224 •••
3.2. <u>Fisuri și crăpături</u>	226 •••
3.2.1. <u>Formarea și propagarea fisurilor</u>	227 •••
3.2.1.1. <u>Determinarea eforturilor care provoacă fisurarea</u>	234 •••
3.2.2. <u>Fisuri și crăpături longitudinale</u>	235 •••
3.2.2.1. <u>Măsuri pentru prevenirea și remedierea fisurilor și crăpăturilor longitudinale</u>	

<b>3.2.3. Fisuri și crăpături transversale</b>	236 ...
<b>3.2.3.1. Cauze care pot provoca apariția fisurilor și crăpăturilor transversale</b>	237 ...
<b>3.2.4. Fisuri și crăpături multiple pe direcții diferite</b>	240 ...
<b>3.2.4.1. Prevenirea și remedierea fisurilor și crăpăturilor</b>	242 ...
<b>3.2.5. Fisuri unidirecționale multiple</b>	245 ...
<b>3.2.6. Concluzii</b>	246 ...
<b>3.3. <u>Fieștări</u></b>	247 ...
<b>3.3.1. Prevenirea și repararea fieștărilor</b>	250 ...
<b>3.4. <u>Făguse longitudinale</u></b>	250 ...
<b>3.4.1. Corelarea statistică a fieștărilor și făguselor cu indicele de calitate a drumului (Noțiunea de indice de structură)</b>	252 ...
<b>3.5. <u>Groafi în suprafața bituminosă</u></b>	258 ...
<b>3.6. <u>Rupturi de margine</u></b>	260 ...
<b>4. DEFECTIUNI ALE COMPLEXULUI PUIER</b>	261 ...
<b>4.1. <u>Degradări din îngheț - dezgheț</u></b>	261 ...
<b>4.2. <u>Tasări mari inerale</u></b>	262 ...
<b>5. CONCLUZII</b>	263 ...
- <b>Tabele anexă</b>	266 ...
- <b>Bibliografie</b>	308 ...



## **PARTEA A TREIA**

### **Defecțiuni ale îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment**

## PARTEA A TREIA

D E F E C T I U N IALE ÎMBRĂCĂMIŢILOR RUTIERE DIN BETON DE CIMENTCapitolul VII. DEZVOLTAREA CONSTRUCŢIEI DE DRUMURI  
CU ÎMBRĂCĂMIŢI DIN BETON DE CIMENT1. REŢEAUA MONDIALĂ DE DRUMURI CU ÎMBRĂCĂMIŢI  
DIN BETON DE CIMENT

Betonul de ciment, pătruns în domeniul construcţiilor civile, industriale şi hidrotehnice datorită multiplelor avantaje tehnice şi economice pe care le prezintă, şi-a găsit o largă aplicabilitate şi în domeniul construcţiilor rutiere, la realizarea podurilor îmbrăcămişilor rutiere şi a pistelor aerodromurilor. Îmbrăcămişile rutiere din beton de ciment au apărut în 1865 în Europa ( Scoţia ) şi în 1891 în S.U.A. ( Ohio ), fiind realizate la o scară mai largă începând cu anul 1916 în America şi după primul război mondial în unele ţări ale Europei. Arătându-se a fi o soluţie avantajoasă în unele condiţii tehnice şi economice, reţeaua rutieră de acest fel se dezvoltă rapid, ajungând la un volum de 23.000 km. drumuri din beton de ciment în anul 1923 în SUA. Actualmente, lungimea reţelelor de drumuri cu îmbrăcămişe din beton de ciment depăşeşte 200.000 km. drumuri şi autostrăzi în SUA, 3.000 km. în R.F.G. ş.a. cunoaşterea următoarelor rapoarte procentuale faţă de lungimea totală a reţelei rutiere de categoriile specificate : în S.U.A. cea 80% din reţeaua rutieră interstatală şi de mare importanţă, în R.F.G. cea 2 % din reţeaua rutieră de stat, în Franţa cea 25 % din reţeaua de autostrăzi, în Anglia cea 25 % din reţeaua de autostrăzi, în Austria peste 90 % din reţeaua de autostrăzi, în R.P. Ungară cea 25 % din reţeaua de drumuri cu circulaţie intensă, etc.

Experienţa acumulată de constructorii şi administratorii drumurilor cu îmbrăcămişe rutiere din beton de ciment

cu privire la cele mai bune metode și soluții de realizare și posibilitățile de reparare și întreținere, precum și rezultatele cercetărilor experimentale și teoretice efectuate în acest domeniu, au condus la adaptarea în prezent a unor sisteme rutiere rigide care prezintă condiții bune de exploatare pentru traficul rutier actual, deosebit de intens în cazul marilor artere de circulație rutieră ale continentelor și care - în general - au structurile arătate în fig. VII.1. /43/.

Datele de arătate arată faptul că grosimile totale ale sistemelor rutiere din fig. VII.1. nu pot fi comparate nici între țări, nici între tipuri de sisteme, ele nu corespund aceluiași condiții de dimensionare, sînt doar exemple de soluții curent aplicate. S-au menținut denumirile originale pentru diferite tipuri de mixturi asfaltice, în ideea că acestea sînt definite în țările respective.

Cu ocazia celui de al XIII-lea Cîngres Mondial de Drumuri (Tokio, 1967) s-a precizat că acceptarea și dezvoltarea îmbrăcămintilor rutiere din beton de ciment este legată în mod indispensabil de perfecționarea în continuare a cunoștințelor teoretice și practice în acest deceniu. Aprecierea unor asemenea tipuri de sisteme rutiere se bazează în esență pe următoarele trei criterii / 14 / :

- cheltuielile de construcții ;
- întreținerea ;
- calitatea de rulare.

Dintre acestea, nu cheltuielile de construcție sînt hotărîtoare - acestea intervin o singură dată în cazul unei construcții rutiere și în foarte multe cazuri ele impun chiar prin alegerea sistemului rutier rigid în loc de cel nerigid datorită condițiilor de aprovizionare a materialelor de masă sau datorită unui trafic rutier deosebit de intens. Înă această alegere poate fi făcută și în baza analizei comparative a celorlalte două elemente, în urma căreia se pot formula concluzii cu privire la unele avantaje tehnice și economice pe care le prezintă drumurile din beton de ciment față de cele cu îmbrăcămintă asfaltice și care rezultă, în primul rînd, datorită durabilității mult mai mari a sistemelor rutiere rigide față de cele nerigide.

SISTEMELE RUTIERE ALE DRUMURILOR PRINCIPALE  
IN UNELE TARI ALE LUMII

REG

Sisteme rutiere rigide



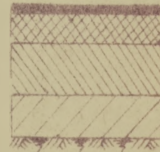
22 cm beton armat, avind rosturi cu gyoane la 7.5 m distanta

15 cm strat de baza din materiale granulare tratate cu gudron (sau 8 cm materiale tratate sau netratate cu liant)

TOTAL = 37 cm

Sisteme rutiere nerigide

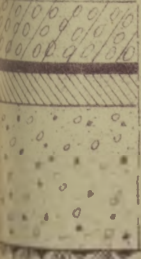
- asfalt turnat 7.5 cm
- anrobate bituminose 8.5 cm
- materiale granulare tratate cu bitum 18 cm
- strat de materiale tratate cu ciment 15 cm



TOTAL = 45 cm

TRIA

Sisteme rutiere rigide



22 cm beton simplu, avind rosturi cu gyoane la 6 m distanta

3 cm beton asfaltic

11 cm materiale granulare tratate cu bitum (sau 15 cm strat de baza din materiale tratate cu ciment)

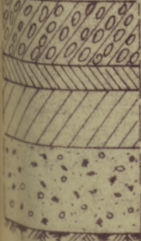
50 cm. materiale granulare netratate cu liant

TOTAL = 86 cm.

Sisteme rutiere nerigide  
in general, sisteme rutiere nerigide nu se accepta in cazul drumurilor importante

BELGIA

Sisteme rutiere rigide



23 cm beton simplu, avind rosturi cu gyoane la 6 - 8 m distanta (sau 20 cm. beton armat continuu, fara rosturi)

6-7 cm. anrobate bituminose dense

8-20 cm. beton slab

30 cm materiale granulare netratate cu liant

TOTAL = 67 - 80 cm

Fig. 11.1

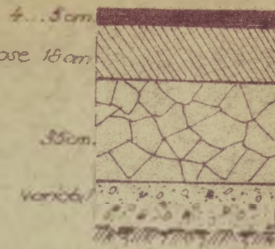
Sisteme rutiere rigide

beton asfaltic

strat de baza din anrobate bituminoase 18 cm

piatră concasată (sau 15..20cm)

fundate din materiale granulare



TOTAL = cca 75 cm.

## RAN A

Sisteme rutiere rigide



23-28 cm. beton simplu, avind rasturi la 5 m.

15 cm. materiale granulare tratate cu ciment sau zgura granulată

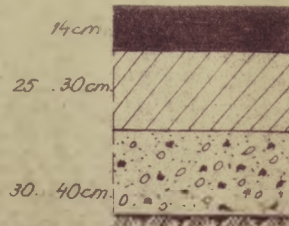
TOTAL = 40..43 cm

Sisteme rutiere rigide

beton asfaltic

balast tratat cu ciment sau zgura granulată 25..30 cm

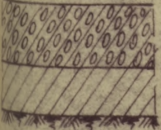
nisip stabilizat cu ciment sau materiale granulare netratate cu lianți



TOTAL = 69..84 cm.

## ITALIA

Sisteme rutiere rigide



24 cm

16 cm.

TOTAL = 40 cm.

Sisteme rutiere rigide

beton asfaltic

anrobate bituminoase dense

balast stabilizat cu ciment.

materiale granulare netratate cu lianți



TOTAL = 39..44 cm.

Fig. VII 1 (continuare).

Lucrările de întreținere trebuie să răspundă la două condiții importante : execuția lor să fie cât mai simplă și rapidă, iar cheltuielile aferente acestora trebuie să fie cât mai reduse.

S-a recomandat cu ocazia acestui Congres, ca specialiștii din domeniul construcției rutiere să-și îndrepte atenția spre a obține și a păstra o bună calitate de rulare la înbrăcămintele rutiere din beton de ciment, ceea ce impune rezolvarea, în primul rând, a trei aspecte : problema rosturilor de dilatație și de contracție, planșitatea precum și rugozitatea suprafeței de rulare.

Concluziile formulate cu ocazia ultimului ( celui de al XIV-lea ) Congres Mondial de Drumuri ( Praga, 1971 ) asupra tematicii III. " Drumuri din beton de ciment ", prezintă câteva recomandări deosebit de importante privind necesitatea generalizării pe plan mondial a unor metode noi de asigurarea obținerii unor rezultate bune referitoare la aceste trei aspecte, precum și la activitatea în ansamblu de întreținere și reparații a drumurilor din beton de ciment. Cunoașterea și adaptarea acestora la condițiile concrete ale fiecărei țări, precum și găsirea a noi metode eficiente din punct de vedere tehnic și economic sînt unele dintre obiectivele principale asupra cărora trebuie să se îndrepte atenția specialiștilor rutieri.

## 2. AVANTAJE SI DEZAVANTAJE ALE SISTEMELOR RUTIERE RIGIDE - STUDIU EFECTUAT REFERITOR LA UNELE SECTARE DE DRUMURI NAȚIONALE DIN RAJA D.D.P., TIMIȘOARA

### 2.1. Secțiunea de drumuri naționale studiate

Atît cu privire la problema eficienței tehnico-economice cît mai ales cu privire la tipul și modul de apariție a defecțiunilor înbrăcămintilor rutiere din beton de ciment, la cauzele care conduc la producerea acestora, precum și la găsirea celor mai adecvate metode de întreținere și reparare a lor, studiile au fost efectuate pe secțiunile de drumuri din raza Districtului de drumuri și poduri Timișoara, cuprinse în județele

Timiș, Arad, Hunedoara, Caraș-Severin și Mehedinți.

Sectoarele de drumuri naționale cu sisteme rutiere rigide sînt următoarele :

Sectoare de drumuri naționale cu îmbrăcămînti rutiere din beton de ciment<sup>x)</sup>

D.N.	Poz.Km de la pînă la	Lungimea KM	Anii de construcție	Traseul cu indicarea unor localități :
6	366+400-383+300	15,800	1933 - 1939	Orșova - Băile-Herculane
6	386+500-394+700	26,180	1960 - 1964	Flugova - Donașnea
6A.	0+133- 3+199	3,046	1933 - 1939	B. Herculane gară-orăș
6A.	10+892- 77+727	62,998	1967 - 1969	Lugoj-Făget-Ilia
TOTAL : 108,004 Km				

X) Notă: Vezi tabelul VII.1. - Sectoare de drum studiate.

Sectoarele cu sisteme rutiere nerigide, studiate la vederea efectuării unor calcule comparative tehnice sau economice, au fost alese din rețeaua de D.N. în funcție de condițiile în care comparativitatea a putut avea un caracter cît mai puțin subiectiv, aceste sectoare fiind nominalizate în cazul studiilor ale căror tratare este cuprinsă în prezenta lucrare.

În ceea ce privește sistemele rutiere cuprinse în tabelul VII.1. acestea prezintă caracteristicile generale arătate în tabelul VII.2.

Se observă, că aceste sisteme rutiere rigide sînt asemănătoare între ele, avînd funcții noi din balast de 20 cm. grosime îmbrăcămînti din beton de ciment de 18 și 19 cm grosime, mărcile de beton fiind de B 350 în stratul de uzură și B 300 în stratul de rezistență, dispunerea asemănătoare a rosturilor de contracție și de dilatație, etc.

## 2.2. Observații privind eficiența sistemelor

### Rutiere rigide.

Pentru a putea compara volumul cheltuielilor inițiale în ceea ce privește realizarea îmbrăcămîntilor rutiere rigide și nerigide, datele de comparație care privesc sistemele rutiere nerigide, au fost stabilite pentru unele sectoare de drum care au fost proiectate în condiții cît se poate de ase-

similare cu cele ale sectoarelor care reprezintă obiectul acestui studiu și în primul rând referitor la traficul rutier de calcul și la natura terenului de fundație. Limitând cheltuielile aferente lucrărilor de terasamente, lucrărilor de artă și (în parte) organizărilor de gantieră concluziile analizei conduc la următoarele rezultate :

Costul realizării sistemelor rutiere rigide și nerigide conform proiectelor de execuție analizate (nuazi suprastructura drumului, fără lucrări anexe)

Nr. crt.	Tipul sistemului rutier	Lungime D.N. Km. Posa. Km.	Cheltuieli de construcție	
			totală ml	mii lei Cost/km
<b>A. Sisteme rutiere rigide</b>				
1	6	387+672-392+397	4.660	2.245
2	6	407+500-414+113	6.801	3.690
3	62A	10+900- 17+500	6.612	3.262
4	62A	24+000- 30+000	5.983	3.208
<b>B. Sisteme rutiere nerigide, executate în condiții asemănătoare</b>				
1. Conform calculului efectuate 400...480 mii lei/km				
C. Rafinări ale sistemelor rutiere nerigide existente				
1. Conform calculului efectuate de 150...220 mii lei/km				
<b>D. Modernizări de drumuri, realizări etapizate</b>				
1. DN6 inițial înbrăcămintă ușoară din mortar cu subif = 300 mii lei/km ;				
după 7...10 ani, lărgire și covor asfaltic = 500 mii lei/km				
Total = 800 mii lei/km				
2. DN7 inițial, înbrăcămintă ușoară din mortar cu subif = 270 mii lei/km ;				
după 7...10 ani, lărgire și covor asfaltic = 520 mii lei/km				
Total = 790 mii lei/km				
3. DN79A inițial, înbrăcămintă ușoară balast bitumat = 350 mii lei/km ;				
după 3...5 ani, lărgire și covor asfaltic = 520 mii lei/km				
Total = 870 mii lei/km				



Aceste rezultate, precum și alte observații formulate cu ocazia studiului efectuat, permit notarea următoarelor concluzii:

**In general, cheltuielile inițiale privind construcția sistemelor rutiere față de cele aferente construcției sistemelor rutiere nerigide, sînt mai mari, și anume în condițiile celor arătate mai sus, această depășire reprezintă cea 5...35%.**

Această situație se datorează în primul rînd faptului că traficul rutier nu prezintă asemenea valori ale intensității, sarcinii pe osie ș.a. care ar impune din acest punct de vedere un sistem rutier nerigid cu o structură deosebit de rezistentă și deci mult mai scumpă decît cele realizate pe traseele studiate, pe cînd sistemele rutiere rigide asupra cărora a fost îndreptată atenția noastră, au o structură care prezintă cel puțin grosimile constructive minime prescrise de normativele tehnice cunoscute.

Observațiile necesită o completare spre a le putea formula cu mai multă obiectivitate. În acest sens, se pot efectua calcule de dimensionare pentru sisteme rutiere rigide și nerigide, conduse după prescripțiile tehnice în vigoare, considerînd condițiile cazului concret al traseului MN68 A km 24+000-30+000 Lugoj - Făget - Ilia, ultimul executat în cadrul D.D.R. Finișarea dintre sectoarele de drum cu lebrucăminte din beton de ciment. Aceptînd caracteristicile tehnice ale zonei traseului, ale terenului de fundație, ale materialelor și condițiilor tehnice de execuție cunoscute, ș.a., cheltuielile inițiale de construcție ale celor două tipuri de sisteme rutiere (rigide și nerigide) realizate pe traseul Lugoj-Făget, variază în funcție de traficul rutier de diferite intensități considerate, conform diagramei din fig.VII.2.

Avînd în vedere caracterul de caz concret tratat în calculele care au stat la baza celor prezentate în fig.VII.2., semnificarea privind intensitatea traficului rutier pentru care se recomandă sistem rutier rigid la construcția drumului, are deosebită, un conținut tehnico-economic particular. Totuși, ele prezintă un model de justificare avantajelor tehnico-economice pe care le prezintă sistemele rutiere rigide, uneori chiar pentru

scaderoa investițiilor inițiale privind alegerea acestora în defavoarea sistemelor rutiere nerigide.

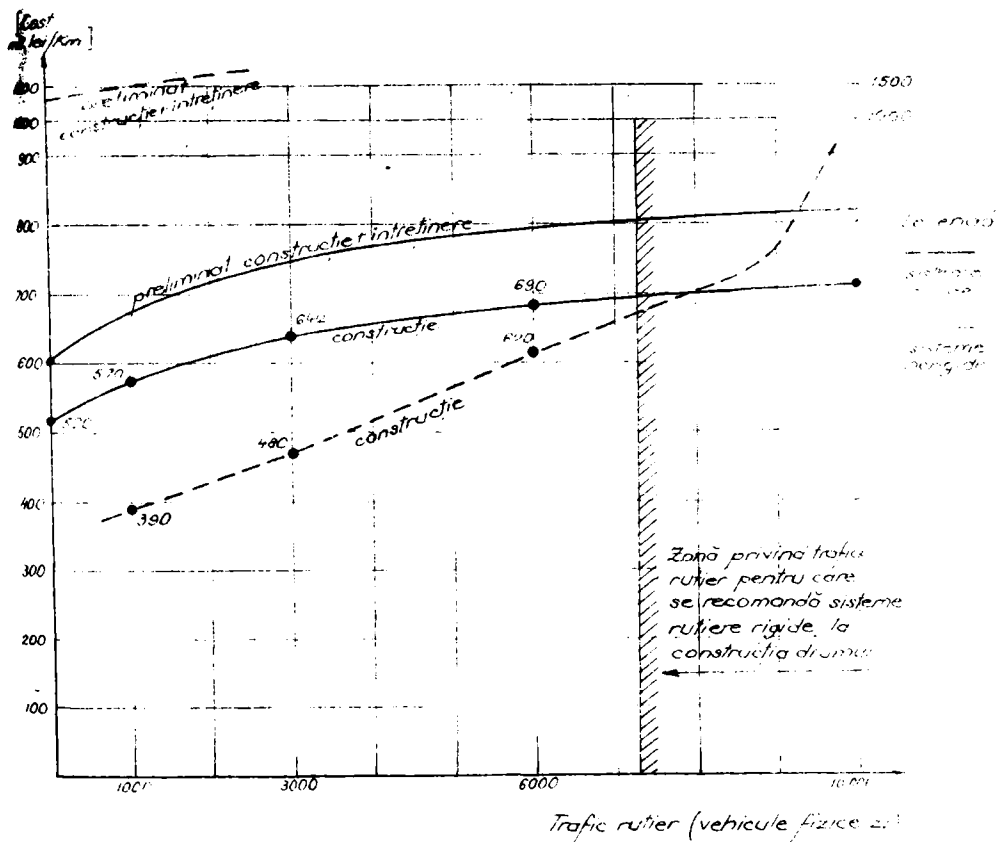


Fig. 12. Variația costului executării sistemelor rutiere rigide și nerigide în funcție de traficul rutier considerat în calcul, pentru condițiile de teren și componența traficului pe D.N. 68A Km. 20+000-30+000, precum și a costurilor totale (construcție și intretinere) pentru o perioadă de de serviciu de 30 ani

Al doilea aspect privind eficiența sistemelor rutiere rigide este cel al economiilor la cheltuielile de intretinere. Amploarea și caracterul acestora depind de intensitatea de circulație, de anumite condiții locale specifice sectorului de drum analizat, precum și - în primul rând - de felul îmbrăcăminții rutiere. Semnificativă este situația comparativă care se prezintă mai jos și în care se indică creșterea medie a cheltuielilor de intretinere ale diferitelor tipuri de îmbrăcăminți rutiere, în prezent, în raport cu îmbrăcămințile rutiere realizate din beton de ciment, îmbrăcăminți care necesită cheltuieli anuale de intretinere

cele mai mici / ll / :

- beton de ciment =	100
- pavaje de piatră cioplită =	118
- beton asfaltic =	136
- pietruiri =	227

În fața de această situație considerată generală în cazul țării noastre, pentru sectoarele de drumuri naționale studiate, se pot stabili - pentru perioada anilor 1969 - 1973 inclusiv - cheltuielile de întreținere arătate în tabelele VII.1., VII.3. și VII.4., în care acestea sînt consecuate și în funcție de principalele cauze (defecțiuni ale îmbrăcămintilor rutiere) care au generat aceste cheltuieli.

Se observă că valoarea cheltuielilor de întreținere care privesc îmbrăcămintile rutiere din beton de ciment sînt mult mai inferioare celor aferente îmbrăcămintilor rutiere din betoane asfaltice, aceste cheltuieli evaluîndu-se în cursul perioadei de timp analizată, conform diagramei din fig.VII.3. (ele fiind transformate în cheltuieli medii pe km de drum).

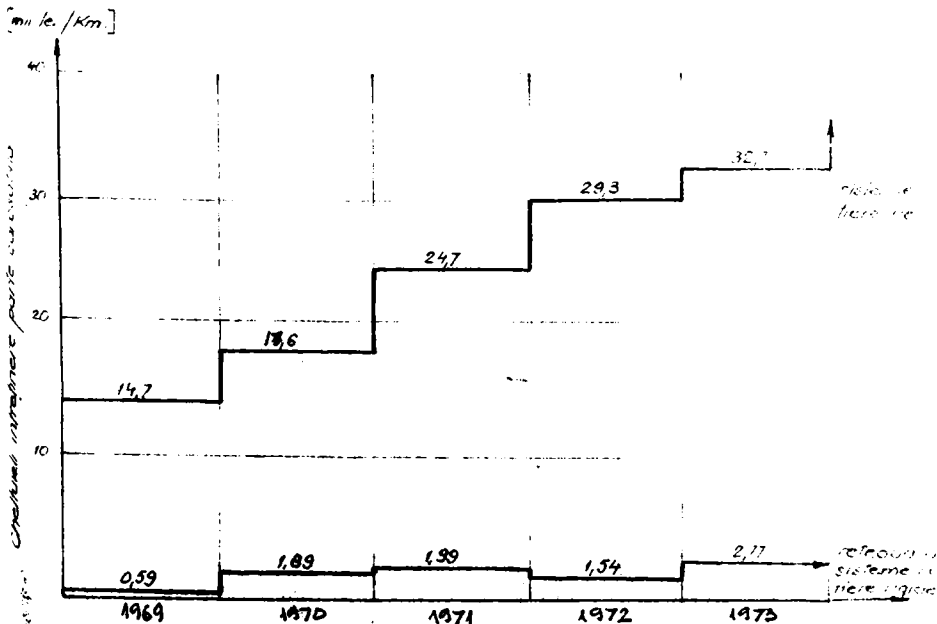


Fig.VII.3. Evoluția cheltuielilor de întreținere și reparare a îmbrăcămintilor rutiere în anii 1969-1973 în cazul traseelor de drum naționale în tabelele 5 și 6.

Față de această prezentare, în diagrama din fig. VII-4. se arată evoluția cheltuielilor totale de întreținere a drumurilor din rețeaua administrată de D.D.P. Timisoara. Se observă volumul deosebit de important al cheltuielilor precum și tendința de creștere a acestora în timp, ceea ce ne obligă în formularea - printre altele - a două concluzii importante în ceea ce privește prezentul studiu :

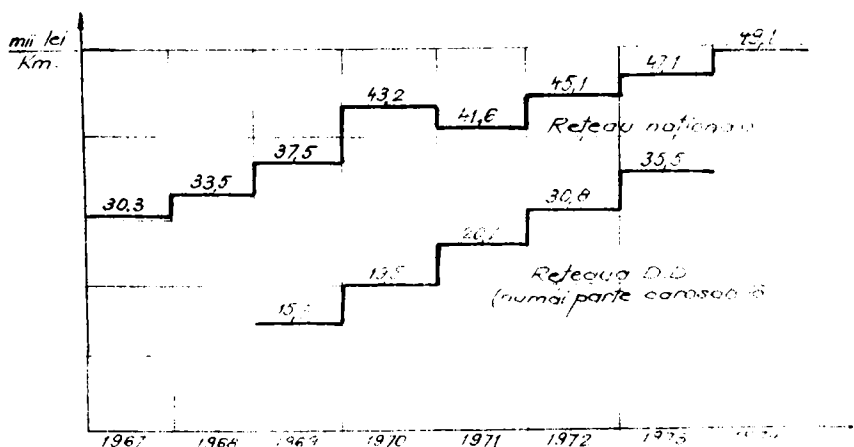


Fig.VII.4. Evoluția în timp a cheltuielilor de întreținere a rețelei de drumuri naționale la scara națională și a cadrului D.D.P. Timisoara.

- este important de studiat în continuare problema eficienței înbrăcăminților rutiere din beton de ciment față de cele asfaltice, avînd în vedere posibilitatea realizării unor economii însemnate de cheltuieli în ansamblu ;

- este important de găsit cele mai corespunzătoare metode de prevenirea defecțiunilor în înbrăcămințile rutiere, precum și a celor mai corespunzătoare metode de înlăturare, reparare și refacere a acestora.

Eficiența înbrăcăminților rutiere din beton de ciment este determinată nu numai de cheltuielile reduse care privesc întreținerea acestora, ci și de faptul că durata lor în serviciu este mult mai mare decît a înbrăcăminților rutiere din betoane asfaltice.

Prin urmare, calculele comparative privind eficiența înbrăcăminților rutiere din beton de ciment, în cazul unui

sector de drum dat, pornesc de la o apreciere care poate fi formulată în relația :

$$Z_1 = I_1 + \sum_{j=1}^t (\sigma_j) \quad (VII.1)$$

în care :

$Z_1$  este un indicator al cheltuielilor, echivalente pe o perioadă de calcul  $T$ , acelaș pentru fiecare dintre soluțiile " 1 " studiate :

$I_1$  - investiția inițială totală în cazul soluției "1" ;

$\sigma_j$  - cheltuielile de întreținere, reparare și refacere a sistemului rutier al soluției "1" aferente anilor

$j = 1, 2, 3, \dots, t$  de exploatare al perioadei de calcul  $T$ .

În cazul înbrăcăminților rutiere din betoane asfaltice, de tip greu, durata de serviciu și ciclurile între două reparații sînt arătate în funcție de intensitatea medie de trafic tone/mi în tabelul VII.5. / 7 /

Din tabelul VII.5. rezultă că o perioadă de timp  $T$ , egală cu durata de serviciu a înbrăcăminților rutiere din beton de ciment, de aproximativ 30 ani, cheltuielile de întreținere, reparare și refacere pentru înbrăcămințile asfaltice de tip greu vor cuprinde și un volum însemnat de cheltuieli care privesc reparațiile curente și reparațiile capitale necesare a fi efectuate pentru menținerea unei viabilități corespunzătoare.

În baza datelor de mai sus, precum și a experiențelor acumulate în cadrul activității de întreținere a drumurilor a D.S.P.T., se poate formula următorul exemplu de calcul numeric :

În cazul unui sistem rutier rigid considerat :

- investiția inițială  $I = 642$  mii lei/km ;
- se consideră o perioadă de calcul  $T = 30$  ani ;
- cheltuielile de întreținere se consideră de 3 mii lei/an ;

deci

$$Z_{\text{beton}} = I_{\text{beton}} + \sum_{j=1}^t (\sigma_{\text{beton}}) j$$

sau  $B_{\text{beton}} = 642 + 30 \cdot j = 732$  mii lei/km

In cazul unui sistem rutier nerigid, considerat pentru aceleași condiții de trafic și loc natural :

- investiția inițială  $I_a = 480$  mii lei/km ;
- se consideră aceeași perioadă de calcul  $T = 30$  ani ;
- cheltuielile de întreținere și refacere se consideră:
 

întreținere anuală ( numai a părții carosabile ) =	$30 \times 8$	=	240 mii lei/km
reparații curente $2 \times 100$	=	200 mii lei/km	
reparații capitale $1 \times 500$	=	500 mii lei/km	
<b>Total</b>	=	<b>940 mii lei/km</b>	

deci  $Z_{\text{asfalt}} = I_a + \sum_{j=1}^t (V_{\text{asfalt}}) j$

sau  $Z_{\text{asfalt}} = 480 + 940 = 1,420$  mii lei/km

adică  $Z_{\text{asfalt}} \gg Z_{\text{beton}}$ , ceea ce demonstrează, în cazul considerat, eficiență finală a îmbrăcăminții rutiere din beton de ciment.

### 2.3. Concluzii privind avantajele și dezavantajele îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment.

In baza celor expuse mai sus, precum și în baza altor observații efectuate și cunoscute, se pot formula următoarele concluzii privind avantajele și dezavantajele îmbrăcăminților rutiere din betoane de ciment față de cele asfaltice / 36 / , / 38 / :

- a.) Avantajele îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment față de cele asfaltice, sînt următoarele :
- în multe situații, ele prezintă o eficiență economică pentru perioada de serviciu prescrisă ;
  - straturile rutiere din beton de ciment prezintă rezistențe mecanice însemnate, în demersul construcțiilor rutiere fiind utilizate betoane de mărci superioare ;
  - volumul lucrărilor de întreținere este redus și acestea constau în general în operații simple și în execuție

periodică ;

- suprafața de rulare este corespunzătoare, rugoasă, prezentând siguranță în desfășurarea traficului rutier ;
- prezintă rezistențe ridicate la acțiunile agenților climatici ;
- se pot executa și pe timp umed și la temperaturi relativ coborâte ;
- durata de serviciu este ridicată (15...30 ani ) ;
- oferă posibilitatea realizării unor sisteme rutiere pentru o circulație rutieră deosebit de intensă sau foarte grea ;
- culoarea suprafeței de rulare prezintă avantaje pentru circulația de noapte ;
- defecțiunile sau degradările care apar cu cea mai mare frecvență ( decolmatarea rosturilor, fisuri, etc.) nu deranjează în desfășurarea normală a circulației autovehiculelor.

b.) Dezavantajele pe care le prezintă îmbrăcămintele rutiere din beton de ciment față de cele asfaltice pot fi formulate astfel :

- cheltuielile inițiale de construcție sînt mai mari ;
- posibilitățile de ranforsare a sistemului rutier pentru un trafic rutier sporit sînt mai greoase ;
- imposibilitatea eliminării tuturor fazelor de producere a unor tasări inegale ale pămîntului este o cauză importantă care favorizează ulterior pierderea stabilității dalilor de beton sau distingerea sistemului rutier ;
- stratul rutier nu se poate da în circulație decît după o perioadă relativ lungă de protejare, pînă ce betonul atinge anumite rezistențe mecanice ;
- existența rosturilor transversale deranjează circulația rutieră, mai cu seamă în cazul unor denivelări relative ale dalilor de beton vecine ;
- în acțiunile de combaterea poleiului și a dezapezirii drumului nu se recomandă utilizarea sării care prezintă un efect coroziv asupra betonului ;
- defecțiunile care apar datorită unor greșeli de execuție sau datorită subdimensionării sistemului rutier se remediază foarte greu și cu cheltuieli însemnate .

**Capitolul VIII. PROGRESUL ÎN TEHNICA RUTIERĂ PRIVIND  
EXECUTAREA ȘI ÎNTREȚINEREA ÎMBRĂCĂMIȘILOR RUTIERE DIN BETON  
DE CIMENT**

În ultimele două-trei decenii au fost înregistrate unele progrese însemnate în realizarea îmbrăcămișilor rutiere din beton de ciment, atât în ceea ce privește obținerea unor betoane rutiere de foarte bună calitate, cât și a introducerii unor tehnologii noi de execuție și întreținere a drumurilor din beton. Înainte de a studia cauzele și metodele de eliminare sau remediere a defecțiunilor drumului de beton, notînd ca prin aplicarea generalizată a lor, se reduce în foarte mare măsură posibilitatea operației defecțiunilor îmbrăcămișilor rutiere din beton de ciment.

**1. PARTICULARITĂȚI ALE COMPOZIȚIEI BETONULUI FOLOSIT  
LA EXECUTAREA ÎMBRĂCĂMIȘILOR RUTIERE.**

Betonul utilizat la realizarea straturilor rutiere de beton de ciment trebuie să prezinte unele caracteristici sau proprietăți deosebite față de betonul utilizat în construcții civile și industriale. Deosebirea esențială constă în faptul că, în general, îmbrăcămișile rutiere se execută din beton simplu (betonul armat constituie un caz particular, o soluție particulară care se va trata separat), deci eforturile unitare de întindere trebuie preluate pe toată perioada duratei de serviciu, de către masa betonului, eliminîndu-se pe cît se poate, posibilitatea de reducere a fisurilor și crăpăturilor. Totodată, betonul trebuie să prezinte o rezistență deosebită la uzură, trebuie să prezinte o bună rugozitate, la îngheț-degheț repetat, la acțiunea sărurilor utilizate la deșăpezire ș.a. Prin urmare, în vederea prevenirii apariției defecțiunilor, betoanele rutiere trebuie alcătuite cu o deosebită atenție.

Practica mondială a demonstrat că una din cerințele care derivă din cele arătate mai sus este găsirea unor cimenturi de tipuri speciale pentru construcții rutiere. Aceste cimenturi armează să asigure realizarea unor betoane cu rezistențe mari la întindere și cu deformații mici din contracție. Spre exemplificare, se notează unele tipuri de cimenturi



rutiere / 35 / :

Tara	Normativul	Tipul	$R_{e 28}$	$R_{t1 28}$	mod determinare
			ciment daN/cm <sup>2</sup>	mod	daN/cm <sup>2</sup> mod determinare
Franta	AFNOR PIS-	CPA	pe cub cu	pe rezeme la	
	302 1964	325	325 latura	55	10 cm
			7.07 cm		prismă 4x4x16 cm
RFG	DIN 1164	Z-275	275	idem	50 idem
RFU	M52	523 C-600	600	idem	35 prin tracțiune
					pe corp cu
					secț. 5 cm <sup>2</sup>

În practică, în Franța și R.F.G. se fabrică și se utilizează cimenturi rutiere cu o rezistență la compresiune la 28 zile, având valori sporite cu 15...30 % față de cele indicate mai sus.

În R.F.G., pe lângă cele arătate mai sus pentru cimenturile utilizate la construcția autostrăzilor și a drumurilor principale, se mai impune / 47 / :

- finețea de măcinare a cimentului să nu fie prea mare ; este adevărat că măririi fineții de măcinare mărește rezistența la întindere a betonului, dar conduce la fisurarea accentuată datorită contracției ; prin urmare suprafața specifică a cimentului (determinare Blaine) trebuie să fie sub valoarea de 4000 cm<sup>2</sup>/g ;

- cimentul să nu fie cu priză rapidă, începutul de priză să fie la cea 2 ore de la momentul amestecării cimentului cu apă, la o temperatură ambientă de + 20°C și la cea 1 oră la 30°C - stit pentru a permite efectuarea transportului betonului proaspăt pe șantiere, cât și pentru a evita fisurarea betonului datorită contracției rapide ;

- rezistența la întindere din încovoiere, să fie de minim 60 daN/cm<sup>2</sup> în loc de 50 daN/cm<sup>2</sup> prescrisă pentru cimentul rutier Z - 275e.

În Franța se impune și " determinarea fisurării " pastei de ciment pe o probă inelară, fiind precarizat ca apariția

fiurilor datorită contracției se nu se facă mai repede decât 15 ore de la confecționare.

Sectoarele de drum cu îmbrăcăminte din beton de ciment studiate au fost executate cu următoarele tipuri de ciment :

DN6 KM 386+500 - 394+700 - ciment tip P.400;

DN68 A KM 10+892 - 77+727 - ciment tip P.400;

iar pe sectoare experimentale , ciment tip CR P.500, M.400.

Se subliniază faptul că în anii 1967-1968, la modernizarea DN 68 A Lagoj-Ilia, s-au executat un număr de sectoare de îmbrăcăminte din beton de ciment cu un ciment special fero portland alitic tip CR (ciment rutier), despre care se tratează în cadrul paragrafului 2.2. " Tehnologia revibrării betonului în perioada de priză la executarea îmbrăcămintelor rutiere " .

În cazul cimenturilor fero-portland , contracția este cu atât mai mică cu cât modulul de silice ( $M_{Si}$ ) este mai mic. Cercetări efectuate pe diferite tipuri de ciment Albert  $M_{Si}$  1,1...1,8 ; modulul de alumina  $M_{Al}$  = 0,45...0,8 și gradul de saturare în calce  $S_k$  = 85...100, care prezintă contracții reduse au arătat că se pot găsi cimenturi rutiere deosebit de eficiente / 143 / .

Se amintesc cu această ocazie primele lucrări de construcții rutiere în ceea ce privește îmbrăcămintele din beton de ciment (34 km drum pe traseul DR 3 București - Pitesti), unde a fost utilizat cu rezultate bune cimentul tip Ferari / 15 / . Acest ciment rutier a fost realizat pe considerentul că silicatul tricalcic dă cea mai mare rezistență mecanică și cea mai redusă contracție la uscare, precum și pornind de la faptul că dacă tot trioxidul de alumina este legat cu brownillerit  $C_4AF$ , piatra de ciment rezultată este rezistentă și la acțiunile corosive. Într-un astfel de ciment, în grupa silicaților de calciu trebuie să predominie alitul, iar în grupa aluminaților să predominie sau să fie numai brownillerit. Compoziția oxidică și mineralogică a cimentului Ferari amintit sînt următoarele / 15 / :

Compoziția oxidică		Compoziția mineralogică	
compuzi	%	compuzi	%
Si O <sub>2</sub>	22,9	C <sub>3</sub> S	51,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,5	C <sub>2</sub> S	26,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,5	C <sub>4</sub> AF	16,7
Ca O	63,8	C <sub>3</sub> A	-

In 1941, cu ocazia realizării noilor îmbrăcămînți rutiere din beton de ciment pe traseul București - Pitești, cimentul utilizat avea următoarea compoziție mineralogică / 15 / : C<sub>3</sub>S 55,85 % ; C<sub>2</sub>S 13,97 % ; C<sub>4</sub>AF 18,08 % ; C<sub>3</sub>A 3,54% .

Cercetările în vederea găsirii unor cimenturi rutiere de mare eficiență continuă și în prezent, atât peste hotare, cât și la noi în țară. Instituții de cercetări, de învățămînt superior tehnic, unități industriale, etc. depun eforturi conjugate în vederea găsirii unor noi soluții. În ultimul timp s-au obținut rezultate însemnate în acest domeniu, printre care amintim studiile efectuate asupra cimenturilor rutiere produse la Medgidia și la Brașov, avînd următoarele caracteristici :

- compoziția mineralogică a cimentului I.C.M.C. Medgidia : C<sub>3</sub>S 65...72 % ; C<sub>2</sub>S 5...10 % ; C<sub>3</sub>A 1...5 % ; C<sub>4</sub>AF min. 18 % ;
- compoziția mineralogică a cimentului Tonelia Brașov : C<sub>2</sub>S 55...65 % ; C<sub>3</sub>S + C<sub>2</sub>S min.75 % ; C<sub>3</sub>A max. 5 % ; C<sub>4</sub>AF min. 15 % ;

Cu aceste cimenturi s-au executat sectoare experimentale de drum pe DN 10 A (Intorsătura Buzăului), Aeroportul M.Kogălniceana, DN 73 A - B Rîgov / 20 / și DN 68 A Lugăj-Ilia / 3 /).

Concluziile formulate privind sectorul experimental pe DN 68 A, se vor prezenta în cadrul paragrafului 2,2, iar cele care privesc restul experimentărilor concluziile sînt următoarele / 20 / :

- prin folosirea acestor cimenturi rutiere în dozaaje usuale, se obțin betoane de mărci mai superioare decît în cazul folosirii cimenturilor Pz 400 ;

- rezistențele la uzură nu sînt afectate de natura cimentului ;
- folosirea aditivului DISAN permite reducerea raportului apă/ciment la 0,40...0,42 ;
- prin revibrarea betoanelor, rezistențele mecanice cerute acestora se realizează chiar la dozaaje de ciment reduse cu oca lo .

Prin utilizarea unui ciment rutier special, de tipul celor prezentate mai sus, la care s-a constatat compatibilitatea aditivării și revibrării betonului, îmbunătățirea calității îmbrăcămintilor rutiere și a pistelor de aviație, se reflectă în creșterea rezistențelor mecanice, a durabilității, a rezistenței la uzură și la îngheț-dezghet repetat, în ieftinirea lucrărilor de construcții și reducerea cheltuielilor ulterioare de întreținere.

In ceea ce privește agregatele minerale, realizarea unor betoane rutiere corespunzătoare impune de asemenea respectarea unor condiții particulare. In primul rînd, scheletul mineral diferă în funcție de felul stratului rutier. La îmbrăcămintierutiere realizate într-un singur strat, acesta corespunde unui beton cu schelet mineral din agregate minerale concasate ; la cele realizate în două straturi, se cunosc două variante de execuție :

- stratul inferior este realizat dintr-un beton de calitate superioară, prin urmare ambele straturi se realizează din betoane cu agregate minerale concasate ;
- stratul inferior este realizat dintr-un beton de calitate inferioară, cu agregate minerale de balastieră necasate (soluție neeconomică și fără justificare tehnică în prezent).

Curba granulometrică a agregatului mineral total trebuie să se înscrie în prescripții (zone granulometrice) stabilite în mod riguros în normativele tehnice ale diferitelor țări. Avînd în vedere eliminarea posibilității apariției ulterioare în îmbrăcăminte din beton de ciment a diferitelor defecțiuni, este foarte importantă respectarea unor condiții speciale cu privire la alcătuirea scheletului mineral al betoanelor rutiere .

Acestea se referă, în primul rînd, la conținutul de agregat mărunt, după unele păreri a fracțiunii sub 5 mm

/ 23 / / 35 /. Nisipul joacă un rol esențial în compoziția unui beton. Este important, în vederea realizării unei lucrabilități bune și a realizării unei etanșietăți a suprafeței de rulare, ca fracțiunea sub 0,2 mm, împreună cu cantitatea de ciment utilizată, să reprezinte 350...400 Kg/m<sup>3</sup>. Prin urmare în funcție de dozajul de ciment stabilit se poate observa dacă este posibilă adăugarea acestei fracțiuni a agregatului mineral în scheletul mineral al betonului. După Hummel, se propune respectarea condițiilor prevăzute în tabelul VIII.1.

Se observă că procentual, conținutul de părți fine (fracțiunea sub 0,02 mm) intervine până la maximum 10 % din greutatea scheletului mineral, la un dozaj de ciment de 250 Kg/m<sup>3</sup> beton, iar în care conținutul total de părți fine în beton (agregate + ciment) ajunge la maximum 430 Kg/m<sup>3</sup> beton.

Conținutul prea mare de părți fine impune un raport apă/ciment necorespunzător de ridicat, o lucrabilitate proastă, iar betonul ulterior devine deosebit de sensibil la variații de umiditate.

Pentru fracțiunea de nisip din scheletul mineral, recomandările AASHTO sînt următoarele / 23 /, / 24 / :

trece prin ciurul de 9,5 mm . . . . .	100 %	
"	4,7 mm . . . . .	95 % ...100 %
trece prin sita de	1,2 mm . . . . .	45 % ... 80 %
"	0,3 mm . . . . .	15 % ... 30 %
"	0,15 mm . . . . .	0 ... 10 %

În fasciculele 23 din " Cahier de Prescriptions communes français " se prescrie următoarea zonă granulometrică pentru partea fină a scheletului mineral / 23 / :

0,16 mm . . . . .	2...10%
0,315 mm . . . . .	10...30%
0,63 mm . . . . .	28...59%
1,25 mm . . . . .	45...80%
2,5 mm . . . . .	70...90%
5 mm . . . . .	95...100%

fiind recomandat totodată ca valoarea echivalentului de nisip să fie mai mare decât  $EN = 70...75$

În ceea ce privește scheletul mineral al betonelor rutiere, inițial s-a considerat că este recomandabilă respectarea unei granulozități de tipul curbei Fuller. În acest caz însă, scheletul mineral este optimal pentru realizarea unei rezistențe la compresiuni mari și nu pentru valori ridicate ale rezistenței la întindere. Pentru betonurile rutiere se recomandă deci respectarea unor granulozități corespunzătoare unei curbe granulometrice care se situează deasupra curbei Fuller. În acest sens prezentăm o exemplificare prin recomandările R.P.C. (R.B.B.1963), arătate în figura VIII.1.

Prin această exemplificare, s-a prezentat și părerea unor specialiști conform căreia este admisă realizarea unor curbe granulometrice discontinue (lipsa unor fracțiuni de agregate de dimensiuni mijlocii sau mari), dacă se respectă anumite condiții de alcătuire a betonului.

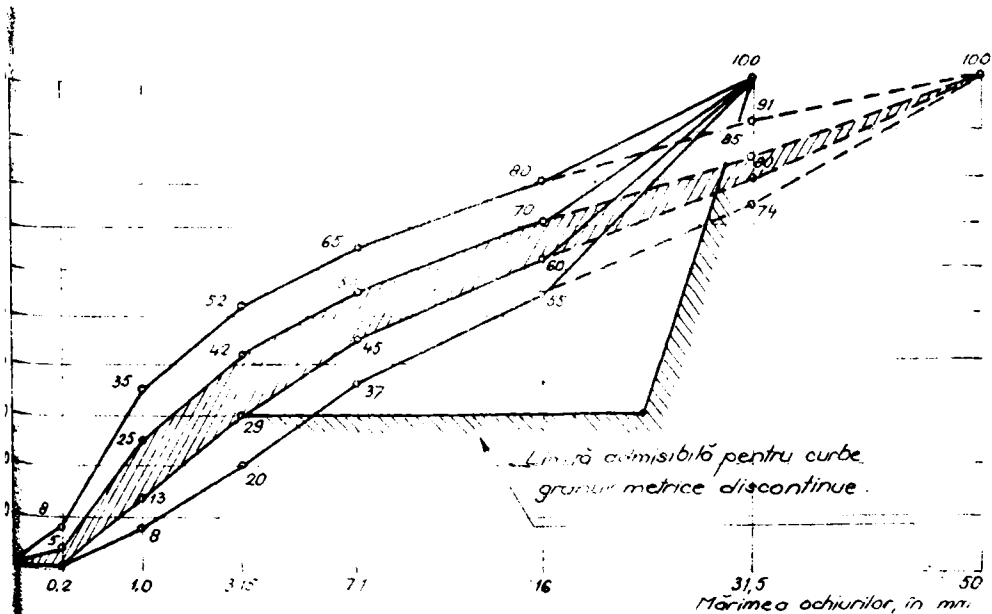


Fig.VIII.1. Zone granulometrice recomandate de R.B.B. 1963 (R.F.G.) pentru scheletul mineral al betonelor rutiere.

Este cunoscută influența valorii raportului apă/ciment asupra calității betonului. În cazul construcțiilor rutiere, aceste valori sînt în general sub 0,5. Recomandările actuale în diferite țări ale lumii sînt următoarele : Belgia 0,40 ; India 0,48 ; R.F.G. și Austria 0,42...0,45 ; Franța 0,50...0,53 ; etc. / 35 / , / 50 / .

Unul din componenții betonului este și aerul adus în masa acestuia. În cazul unui beton rutier bine compactat, acesta reprezintă aproximativ 1,0...1,5 %. Prin adăugarea unor materiale (substanțe) antrenoare de aer, în cantități foarte mici (0,03...0,50 % din masa cimentului) acest conținut de aer adus poate fi mărit la valori de 3,5...6,0 % din volumul betonului, prin realizarea unor microbule de aer uniform dispersate în masa betonului, de aproximativ 50...300 diametru, asigurînd următoarele avantaje deosebit de importante pentru eliminarea producerii multor defecțiuni ale fabricărilor rutiere din beton de ciment :

- Se întrerupe capilaritatea din betonul întărit, deci acesta devine impermeabil, rezistent la acțiunea corozivă a sulfatilor, rezistent la îngheț-dezghet repetat, precum și la sarea utilizată pentru întreținerea drumului pe timp de iarnă.

- Betonul proaspăt devine mult mai lucrabil, adăosurile antrenoare de aer au și un rol sarecare de plasticifiant, totodată betonul este mai rezistent la segregare.

- Avînd în vedere că din acest motiv se poate reduce raportul apă/ciment, nu este însemnată influența acestora adeseori asupra reducerii rezistenței la compresiune a betonului, ele nu influențează de loc în sens negativ rezistența la întindere a betonului. / 1 /, / 8 /, / 9 /, / 12 /, / 14 /, / 18 /, / 23 /, / 32 /, / 35 /, / 40 /, / 45 /, / 50 /. (Asupra rezultatelor obținute în acest domeniu în țara noastră vom reveni mai jos).

În rapoartele naționale prezentate la cel de al XIV-lea Congres mondial de drumuri (Praga, 1971) sînt prezentate cîteva

aspecte cu privire la tipurile de betoane folosite la lucrări rutiere / 8 /. Dintre acestea se remarcă unele încercări de a realiza betoane rutiere de bună calitate, care prezintă un volum mic de defecțiuni pe lângă o durată lungă de serviciu :

- În R.F.G., pentru stratul superior se impune folosirea pietrei concasate care rezistă la variații de climă, prezentând o rezistență la compresiune de cel puțin 1500 daN/cm<sup>2</sup>. Granulele trebuie să reziste la uzură, motiv pentru care nu se recomandă utilizarea rocilor de calcar.

- În Austria, rezistența la compresiune a rocii agregatului mineral utilizat în stratul superior trebuie să fie de cel puțin 2000 daN/cm<sup>2</sup>. Dosejul de ciment în betoanele autostrăzilor este de 330 Kg/cm<sup>3</sup>.

- În Belgia, dosejul de ciment în betoanele rutiere este de cel puțin 350 Kg/m<sup>3</sup>, iar amestecul uscat se recomandă a fi : piatră spartă 22/40 mm 33% ; piatră spartă 8/22 mm 16% ; piatră spartă 2/8 mm 15% ; nisip sub 8 mm 20% ; ciment 16% ; iar raportul a/c de 0,40. Rezistența la compresiune a betonului la 56 de zile (și în cazul drumurilor rurale) este de 600 daN/cm<sup>2</sup> (și în caz particular la drumuri rurale, de 400 daN/cm<sup>2</sup>).

- În India betoanele rutiere de ex. au următoarea compoziție : ciment 340 Kg/m<sup>3</sup> ; nisip de mare 392 Kg/m<sup>3</sup> și calcar coralier 1308 Kg/m<sup>3</sup>. Se propune și utilizarea așurei de furnal înalt.

În Jugoslavia se utilizează agregate minerale economice din nisipiere și balastiere, îmbunătățite cu materiale de carieră concasate și anume din roci eruptive rezistente la abraziune. Pe un tronson experimental s-a utilizat material calcaros în proporție de 63%, înregistrându-se rezultate bune în ceea ce privește rezistența la compresiune, însă cu o rezistență slabă la uzură.

- În U.R.S.S., cercetările efectuate în ultimii ani au condus la elaborarea unor instrucțiuni tehnice privind realizarea diferitelor tipuri de betoane rutiere, dintre care se menționează cele care permit utilizarea unor materiale de



masă sau tehnologii specifice condițiilor de realizare a drumurilor cu îmbrăcăminți din betoane de ciment.

Unul dintre aceste tipuri de betoane rutiere este denumit "beton de carbonate", avînd în vedere că la alcătuirea acestuia, atât părțile fine cit și cele de dimensiuni mari ale scheletului mineral, sînt obținute prin măcinarea, respectiv prin concasarea rocilor sedimentare (calcarul și dolomitul).

În comparație cu betoanele rutiere obișnuite, betonul de carbonate este caracterizat printr-o rezistență sporită, deformații mai mici, prin urmare prin micșorarea posibilităților de fisurare. Aceste caracteristici rezultă datorită faptului că aceste tipuri de roci, în condițiile de întărire normală, sînt foarte active față de ciment, rezultînd o foarte bună adesivitate dintre acestea și piatra de ciment.

Soluțiile studiate permit recomandarea utilizării foarte economice a acestui tip de beton, mai cu seamă pentru realizarea straturilor de bază ale diferitelor sisteme rutiere.

Un alt nou tip de beton rutier realizat în U.R.S.S., este "betonul de nisip". Caracteristicile fizico-mecanice bune pe care le prezintă acest tip de beton rutier se datoresc faptului că se mărește considerabil suprafața de contact dintre scheletul mineral și piatra de ciment. La realizarea betonului de nisip se impune respectarea unor condiții foarte stricte în ceea ce privește granulozitatea scheletului mineral, precum și utilizarea adecurilor plastifiante în vederea reducerii raportului a/s, acesta putînd fi utilizat și în construcția straturilor de îmbrăcăminți rutiere.

- În R.S.R., instrucțiunile tehnice / 32 / prevăd următoarele mărci de betoane în cazul execuției îmbrăcăminților rutiere din betoane de ciment:

Clasa tehnică a drumului	Caracteristici	Rolul stratului usură	rezistență
Autostrăzi și drumuri de clasă tehnică I...IV	Marca $R_{t1}$ daN/cm <sup>2</sup>	B.350 50	B.300 45
Drumuri de clasă tehnică V	Marca $R_{t1}$ daN/cm <sup>2</sup>	B.300 45	B.300 45

Betoanele den marca B.350 se execută numai cu criblu-  
să din rocă eruptivă, iar cele de marca B. 300 se pot executa  
și cu piștrig de rin. Raportul apă ciment este de max. 0,45.  
Densitatea aparentă a betonului proaspăt trebuie să fie cel  
puțin  $2450 \text{ kg/m}^3$  pentru stratul de uzură și de  $2400 \text{ kg/m}^3$  pentru  
stratul de rezistență.

În cadrul studiului descris în paragraful 2.2.  
" Tehnologia revizării betonului în perioada de prisă la  
executarea îmbrăcămintelor rutiere ", se arată compoziția be-  
toanelor supuse la asonona încercări.

Îmbrăcămintele rutiere din beton de ciment de pe  
traseele examinate din punctul de vedere al apariției și  
posibilităților de remediere a defecțiunilor au fost executate  
din beton de compoziție prescrisă în instrucțiunile tehnice  
în vigoare / 32 / , respectiv în vigoare la data execuției  
lucrărilor.

Actualmente, căutarea de noi soluții, respectiv  
extinderea pe scară națională a celor elaborate, continuă.  
Deși în țara noastră nu sînt de semnalat noutăți în ceea ce  
privește tehnica de execuție în general, o atenție deosebită  
s-a acordat îmbunătățirii calității betonului, atît sub as-  
pectul duratei de exploatare, cît și a condițiilor de viabili-  
tate. De remarcă sînt, în acest sens, studiile și cercetările  
întreprinse de Institutul de Studii și Cercetări în Transporturi  
în cadrul M.T.T., și în special cele legate de găsirea unor  
cimenturi rutiere / 20 / , a unor metode moderne de repararea  
defecțiunilor apărute în îmbrăcămintele rutiere din beton de  
ciment / 16 / , precum și cele referitoare la utilizarea adoa-  
surilor antrenoare de aer și plastifianți la prepararea  
betoanelor rutiere.

S-au stabilit condițiile de utilizare și efectele  
produse de doi aditivi separați și produși în țară;

- Bece - abletet de sodiu, ca antrenor de aer ;
- L.S.C. - lignosulfonat de calciu, cu plastifiant.

La prezent se fabrică un aditiv mixt, denumit DISAN, care este un amestec de lignosulfonat de calciu și de alchil- aril - sulfonat de sodiu (C.99-C9 Instrucțiuni tehnice privind folosirea aditivului plastifiant mixt - DISAN - la prepararea betoanelor grele).

Incarcarile efectuate au arătat, că procentul optim de utilizare al produsului DISAN este de 0,3 % din greutatea cimentului / 19 /, . In acest caz, se realizează următoarele îmbunătățiri ale calității betonului :

- se obține în final un procent de 3...5 % aer inclus în beton;
- aditivul acționează foarte bine ca plastifiant, permițând reducerea raportului apă/ciment la 0,40 ;
- permeabilitatea betonului se reduce la 60...22 % în funcție de curba granulometrică a scheletului mineral ;
- uzura betonului prin șlefuire este mai mică cu 14...27 % în cazul stratului de uzură ;
- se reduc pierderile de rezistență la compresiune sub acțiunea îngheț-dezghetului repetat ;
- se reduce aproximativ la jumătate scăderea rezistenței la compresiune după îngheț-dezghet repetat, în prezența unei soluții de sare ;
- conform unor măsurători efectuate pe carote extrase din înbrăcămintă rutiere, rezistența la compresiune pe cuburi a betonului crește de la 262 la 339 daN/cm<sup>2</sup>, iar rezistența la întindere din încovoiere, de la 47 la 59 daN/cm<sup>2</sup>.

## 2. TEHNOLOGII DE EXECUȚIE ȘI SOLUȚII NOI DE REALIZARE A ÎNBRĂCĂMINȚILOR RUTIERE DIN BETON DE CIMENT

### 2.1. Realizarea straturilor rutiere din beton de ciment cu ajutorul cofrajelor aliate.

În domeniul construcțiilor rutiere îmbunătățirea calității lucrărilor (inclusiv realizarea unei suprafețe plane a înbrăcămintăi din beton de ciment) ridică o serie de dificultăți la punerea în operă a betonului. Realizarea plăii nu de mult

a acestei operații cu ajutorul utilajelor convenționale, nu constituia decât o mecanizare a operațiilor manuale, având în vedere că betonul se descurca și se repartiza între cofraje mecanizat, s-a compactat prin vibrare cu ajutorul unei grinzii vibratoare și s-a finisat cu ajutorul grinzii finisoare. Aceste metode tradiționale s-au dovedit a fi insuficiente din punct de vedere tehnic, având în vedere numărul de variabile de care depinde compactarea betonului în straturi rutiere. Astfel vibrarea în suprafață nu realizează o compactare uniformă a betonului pe întreaga grosime a stratului, zonele situate mai adânc nefiind compactate în mod suficient, mai cu seamă în cazul betoanelor rutiere cu rezistența fizico-mecanică mare care necesită un factor a/c mai mic, dificil de pus în operă și greu de compactat. Totodată, realizarea unei suprafețe bune de circulație depinde de compactarea realizată în fiecare punct al acestuia. În aceste condiții, controlul realizării bune a compactării este greu de efectuat pe șantiere.

Noua soluție privind rezolvarea acestor probleme o constituie executarea lucrărilor cu ajutorul vibrofinisatorilor cu cofraje glisante. ( figura VIII.2. )

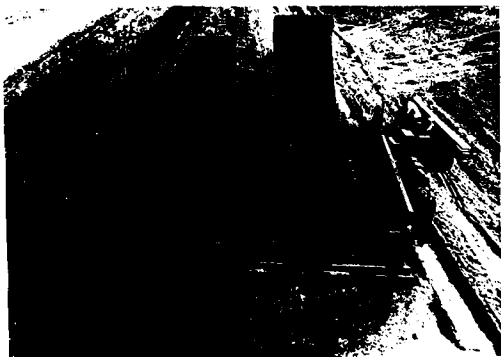


Fig. VIII.2. Realizarea straturilor rutiere din beton de ciment cu ajutorul cofrajelor glisante tip Güntert,

În cazul acestora, perechile de lame metalice, care au rol de cofraj, se deplasează odată cu vibrofinisatorul, iar betonul care nu mai este ținut în cofraje, își păstrează forma datorită coeziunii sale interne. Tipurile de utilaje cele mai

avansate (GUNTERT, ZIMMERMAN, etc) se bazează pe o scurgere fluidizată a betonului.

Betonul este fluidizat, sub presiune constantă, de o serie de vibratoare și se scurge pe sub o placă finisare menținută la nivel dorit, astfel nivelul betonului pus în operă este independent de compactarea lui. Unele tipuri noi de utilaje (BLAW-KNOX, etc) sînt concepute în mod special pentru betoane de consistență vîrtoasă, foarte economice și cu rezistențe fizico-mecanice mari / 41 / .

Utilizarea finisarelor cu cofraje glisante pentru execuția lucrărilor din beton nu este răspîndită în toate țările și șantierele rutiere, avînd în vedere, în primul rînd, costul însemnat al acestora, eficiența utilizării lor numai în cazul șantiierelor rutiere mari, dotarea executanților de lucrări cu utilaje convenționale încă în stare bună de funcționare 1/ 14 / / 41 / / 50 / .

## 2.2. Tehnologia revibrării betonului în perioada de priză la executarea înbrăcămintilor rutiere.

S-a arătat în cadrul celor spuse mai sus, că punerea în operă a betonului la realizarea straturilor rutiere se impune a fi efectuată prin procedeul vibrării acestuia. Prin acest procedeu - aplicat în toate domeniile de construcții din beton de ciment se realizează o compactare corespunzătoare a betonului, se obțin o serie de caracteristici fizico-mecanice de valoare superioară. Vibrarea betonului în condițiile prescrise în diferite normative - durata, amplitudine, frecvență - conduce la obținerea unor construcții rutiere existente, aplicarea procedurii a condus la eliminarea apariției premature a multor defecțiuni ale înbrăcămintilor rutiere din beton de ciment.

Față de aceasta, vibrarea repetată (revibrare) în perioada de priză a betonului este un procedeu tehnologic nou, pentru cercetarea și perfecționarea cărui s-a efectuat numeroase

carcetări în cadrul Institutului Politehnic " Traian Vuia " din Timișoara / 2 / ; iar aplicarea în producție a rezultatelor acestor carcetări s-a realizat la executarea înbrăcăminții rutiere din beton de ciment cu ocazia modernizării DN 68 A Lugoj - Iliș / 3 / .

Carcetările de laborator au arătat că prin revibrarea betonului în perioada de priză se realizează o creștere a compactității, însoțită de intensificarea proceselor de hidratare și de anulare a eforturilor unitare interne generate de construcția inițială a cimentului. Ca urmare a acestui fapt, se obține o îmbunătățire esențială a caracteristicilor chimice și fizico-mecanice ale pietrei de ciment, respectiv ale betoanelor, cum sînt sporirea rezistențelor mecanice, reducerea deformațiilor la sarcini de scurtă și lungă durată, reducerea deformațiilor din construcție, mărirea impermeabilității, ameliorarea rezistențelor la îngheț-dezghet repetat, urmărirea durabilității, etc. Carcetările au demonstrat că aceste multiple avantaje ale aplicării procedurii revibrării betonului nu se datoresc în primul rînd realizării unui spor de compactare al acestuia (acest spor fiind de fapt neglijabil din acest punct de vedere), ci efectul revibrării se pare că este datorat distrugerii rețelei cristaline aluminatice sau sulfoaluminatice de formă aciculară care se formează prin hidratarea aluminatului tricalcic în prima jumătate de oră la amestecarea betonului și care conduce la eforturi unitare interioare mari, eforturi care reduc în fond toate rezistențele mecanice ale betonului. Aceste rezistențe mecanice ridicate sînt datorite în principal toamii rețelelor formate de hidroxicilicați, iar distrugerea rețelelor hidroaluminatice permite o mai bună formare a celor hidroxicilicite. S-a putut dovedi, că sporul de rezistență înregistrat în urma revibrării este mai mare la cimenturile care sînt mai bogate în aluminați / 12 / .

În funcție de natură mineralogică a cimentului de compoziția betonului, de regimul și de criteriile de revibrare

ale betonului, s-au obținut sporuri de rezistențe de 10...70 % și reduceri din contracție și curgere lentă de 15...40 %.

Regimul cel mai eficient de revibrare s-a dovedit a fi următorul :

- începutul revibrării să fie la 15...30 minute de la amestecare ;
- numărul de cicluri de revibrare este una sau doi ;
- durata unui ciclu de revibrare să fie cuprinsă între 1...2 minute / 2 / .

Avind în vedere că metoda poate fi aplicată betoanelor care suportă vibrarea - betoane plastice și în deosebi betoane vârtose -, ea poate fi aplicată în cazul construcțiilor rutiere, la realizarea înbrăcămintșilor din beton de ciment.

Pe baza unei convenții de colaborare între Secția materiale de construcții a Academiei R.S.R. Timișoara, catedra de beton armat și clădiri a I.P.T., I.C.T. Timișoara și D.R.D.P. Timișoara, s-au executat în cursul anilor 1967 și 1968, două sectoare de drum cu ocazia modernizării DN 68 A Lugoj- Iliș, cu înbrăcămintșe din beton de ciment, utilizând procedeul revibrării betonului în perioada de priză.

Aceste sectoare de drum sînt următoarele :

Nr. crt.	DN	Posiția Km a sectorului	Partea drumului	Anul execuției	Total lungime
1	68A	14+634-14+699	stg.	1967	65 m
2	68A	26+200-28+200	stg-dr.	1968	2000 m

Aplicarea în producție a procedurii revibrării a fost precedată de o serie de studii de laborator în vederea găsirii metodelor și condițiilor celor mai corespunzătoare acestei aplicări. Cu ocazia acestora au fost concepute următoarele :

1. S-au stabilit compozițiile recomandabile la prepararea betonului.

Cimentul utilizat a fost ciment fero portland alitic (denumit C R) care a fost produs de fabrica " Temeșia " Brașov, la cererea colectivului de studiu. Acest " ciment rutier "

sunt caracteristicile fizico-mecanice arătate în tabelul VIII.2., iar compozițiile lui oxidomineralogice sînt date în tabelul VIII.3.

Agregatele folosite au fost nisipul și pietrișul extrase din albia râului Bega, la Leucești (exploatătă cu ocazia lucrărilor de modernizare a IM 68 A), care au fost spălate, uscate și sortate la laborator pe fracțiunile cuprinse în tabelul VIII.4., în care s-au notat și unele caracteristici fizico-mecanice ale acestora.

Apa folosită satisface condițiile STAS 490-61.

S-au considerat trei rețete de beton, compozițiile fiind diferențiate prin granulozitate, dozaj de ciment și raport apă/ciment - două compoziții referindu-se la stratul de rezistență și una la cel de uzură. Compozițiile betoanelor sînt arătate mai jos. Curba granulometrică a compoziției 1 corespunde curbei medii a acestui domeniu. Dozajul de ciment a fost redus, pentru ambele straturi, cu 15 % față de dozajul prevăzut în norme. La stratul de uzură 50 % din criblură a fost înlocuită cu pietriș.

Compozițiile de beton folosite în laborator.

Destinația betonului	Tip compoziție	Tip ciment	Dozaj ciment Kg/m <sup>3</sup>	Raport a/e	Fracțiunea de agregat, în %				
					Nisip 0/3	5/7	7/15	15/30	8/15
Strat de rezistență 1	CR	272	0,475	22	18	15	45	-	-
Strat de rezistență 2	CR	270	0,500	38	17	15	30	-	-
Strat de uzură	3	CR	340	0,450	20	20	15	15	15

2. Probele de beton care urmau să fie supuse încercărilor de laborator, s-au confecționat în urma preparării



betonului într-o betonieră de 250 l, cu amestecare forțată timp de 2 minute. În funcție de raportul apă/ciment a rezultat un beton cu consistență virtos - plastică cu o tasare de 3...6 cm și răspîndirea 40...43 cm. Pentru stratul de uzură s-au turnat cuburi cu latura de 20 cm și 10 cm în vederea determinării rezistenței la compresiune, a impermeabilității, a rezistenței la uzură și la îngheț-dezgheț repetat, iar pentru stratul de rezistență, cuburi cu latura de 20 cm și prisme de lățime 30 cm și lățime 50 cm, în vederea determinării rezistențelor mecanice, a modului de elasticitate și a contracției betonului. Compactarea probelor s-au efectuat pe o vibromasă de laborator cu frecvența de 50 Hz și amplitudinea de 0,1 mm, prin vibrare și revibrare, conform celor precizate în tabelele VIII.5. - VIII.6. Probele au fost decofrate după 24 ore, apoi au fost păstrate, pînă la data încercărilor, în condiții controlate cu privire la regimul de umiditate și de temperatură (umiditate cuprinsă în general între 50...60 % și temperatură de 20...30°C).

3. Interpretarea rezultatelor studiilor de laborator s-a referit la rezistențele mecanice înregistrate, la contracție, impermeabilitate, rezistență la îngheț-dezgheț repetat și la uzură (vezi tabelul VIII.5 și VIII.6).

Valorile rezistenței la compresiune și la întindere pentru stratul de rezistență și de uzură sînt notate în tabelele VIII.5. și VIII.6. Se constată sporuri însemnate de rezistențe în cazul betoanelor revibrate.

De asemenea, se observă că valoarea contracției la probele revibrate este mai mică în medie cu 12,9 % față de probele martor.

Din analizele rezultatelor încercărilor de laborator rezultă că probele revibrate au o pierdere de rezistență în urma supunerii lor la cicluri de îngheț-dezgheț repetat, în medie cu 60 % mai mică decît probele martor.

Rezistența la uzură a fost determinată cu apăsătorul de uzură Böhme la 220 rotații și la 440 rotații. Probele revibrate prezintă față de probele martor un spor de rezistență la uzură în medie 17,5 %.

În urma studiilor de laborator s-a putut formula concluzia ca, prin procedul de revibrare în perioada de priză a cimentului și prin alegerea unor compoziții adecvate, se pot obține betoane cu proprietăți fizico-mecanice cerute de STAS 183-64, în condițiile reducerii cu 15 % a dozajului de ciment și a înlocuirii la stratul de uzură a 50 % din criblură cu pietriș de râu. (Modificarea ulterioară a STAS 183-64 în STAS 183-72 nu influențează în esență rezultatele și concluziile experiențelor). În baza rezultatelor favorabile obținute s-a trecut la aplicarea procedurii revibrării betonului în perioada de priză a cimentului, la executarea unor tronșoane experimentale pe DN 68 A. Iugoș - Ilia. / 3 /

La realizarea tronșoanelor experimentale s-a utilizat același ciment fero portland alitic (denumit CR - ciment rutier), ca și cel descris în tabelele VIII.2 și VIII.3. Paralel cu acesta s-a urmărit și comportarea unui tip de ciment portland alitic P500, cu care s-a executat o suprafață de  $3.140 \text{ m}^2$  îmbrăcămintă rutieră.

Ca agregate au fost folosite nisipul și pietrișul din balastiera Leucusești (din râul Bega), sortate în fracțiunile 0/3, 3/7, 7/15 și 15/30 mm, precum și criblură bazaltică rezultată prin dublă concasare, sortată în fracțiunile 0/15 și 15/25 mm. Agregatele minerale având aceleași caracteristici cu cele utilizate la încercările de laborator.

Compoziția betonului, cu mici modificări, este cea prezentată în tabelul VIII.7.

În condițiile de șantier, betonul a fost preparat la stația de betoane instalată în comuna Bujorul Bănățean (Kraien Vuia), folosindu-se betoniere de 500 l. capacitate. Dozarea agregatului și a cimentului s-a făcut gravimetric. Betonul proaspăt a fost transportat la locul de punere în operă cu autocamioane basculante, la o distanță de aproximativ 6 km.

În porțiunile experimentale s-au executat sectoare de îmbrăcăminte - martor, executate după tehnologia obișnuită (punerea în operă a betonului făcându-se prin vibrare obișnuită), precum și sectoare de îmbrăcăminte revibrate după tehnologia propusă (betonul fiind vibrat la turnare și apoi revibrat în perioada de priză).

Vibrarea și revibrarea betonului s-a efectuat cu un vibrofiniser folosit curent la punerea în operă și compectarea betoanelor de ciment în straturi rutiere. Acest utilaj este prevăzut cu o lamă vibrantă de 3,50 x 0,50 m. Frecvența oscilațiilor verticale, în ipoteza unui contact perfect cu betonul, a fost 2800 oscilații/minut iar amplitudinea oscilațiilor, de 0,17...0,18 m.m. Viteza de înălțare a utilajului a fost de 1,00 g/minut, revenind fiecărui punct din masa betonului un timp de vibrare de 30 secunde.

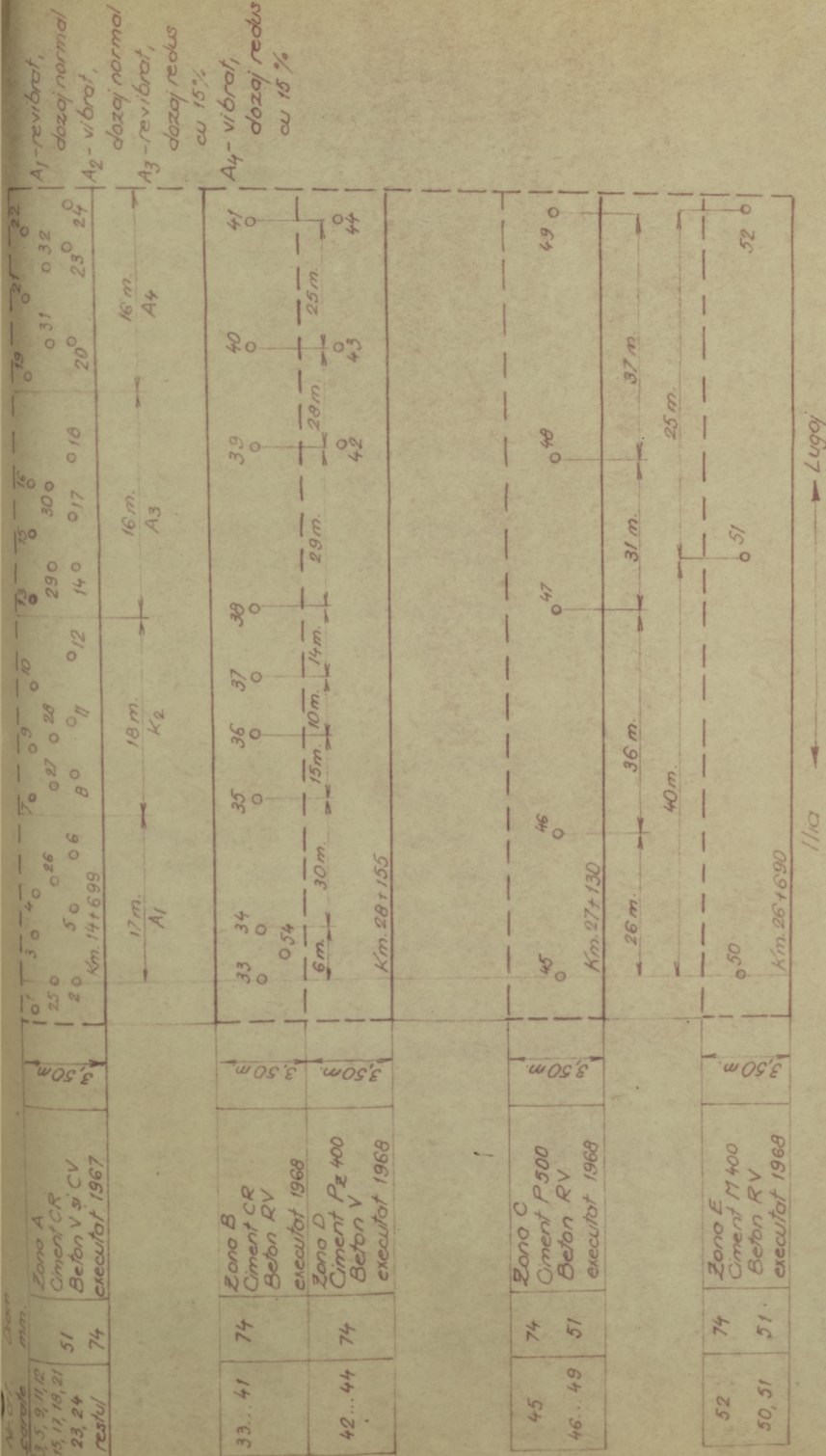
Revibrarea a fost efectuată - pentru ambele straturi deodată - la mijlocul perioadei de priză a cimentului.

După executarea îmbrăcămînții din beton de ciment, aceasta a fost acoperită cu un strat de balast menținut umed, pentru evitarea uscării și pentru reducerea contracției betonului în perioada de întărire a acestuia.

Extragerea carotelor de beton necesare pentru determinarea greutății specifice aparente și a rezistenței la compresiune s-a efectuat cu mașina de tip "Craelius Percor" (de fabricație franceză), cu sprijinul I.C.M.P.C. București.

Sectoarele de drum pe care au fost extrase carotele și locul exact al acestora sînt prezentate în fig. 5. Au fost extrase în total 52 carote, sondele de pe figura VIII.3. notate cu A,B. și C, fiind de pe transecele experimentale executate cu ciment rutier și ciment portland alitic, după noua tehnologie de revibrare, iar sondele D și E fac parte din producția curentă, executate cu cimenturi de tipul Pz 400 și M 400, după tehnologia obișnuită.

Carotele au fost extrase la două dimensiuni diferite ale diametrelor.



A1 - revibrat,  
dozaj normal  
A2 - vibrat,  
dozaj normal  
A3 - revibrat,  
dozaj redus  
cu 15%  
A4 - vibrat,  
dozaj redus  
cu 15%

Fig. VIII.3. Poziția carotelor extrase din îmbrăcămintile rutiere experimentale de pe D.N. 69 A.

Cele cu diametrul de 74 mm, care s-au extras pe toată grosimea înbrăcămintii rutiere, (adică 6 cm strat de uzură și 13 cm strat de rezistență) au fost tăiate cu fierăstrăul mecanic, obținându-se cîte două epruvete - una pentru studiul stratului de uzură și una pentru studiul stratului de rezistență -, iar cele cu diametrul de 52 mm au reprezentat numai stratul de uzură. Din cele 76 de epruvete încercate în final, 37 au fost pentru stratul de uzură, 22 pentru stratul de rezistență și 17 epruvete pentru ambele straturi.

Probele au fost pregătite și încercate în conformitate cu STAS 1275 - 62, determinându-li-se greutatea specifică, rezistența la compresiune și viteza de propagare în masa materialului a ultrasunetelor.

Rezultatele încercărilor efectuate asupra probelor prelevate din înbrăcămintea rutieră, sînt arătate în tabelul VIII,8.

Din analiza rezultatelor obținute pe porțiunea experimentală realizată în 1967 rezultă următoarele :

- pentru stratul de uzură, la un dozaj normal de ciment, rezultă o creștere a rezistenței la compresiune de 11 % prin revibrare, iar pentru un dozaj redus cu 15 % creșterea rezistenței la compresiune prin revibrare este de 13,6%; pentru stratul de rezistență, aceste sporuri sînt de 15 %, respectiv de 18 %;

- rezistența la compresiune pe probele executate prin revibrare cu dozaj redus de ciment este mult superioară rezistenței la compresiune pentru probele din producția curentă ; astfel sporul de rezistență pentru stratul de uzură este de 53 %, iar pentru stratul de rezistență este de 30 % ;

- avînd în vedere că nu s-a constatat o corespondență directă între vitezele ultrasonice și rezistența la compresiune (în sensul că pentru sporul de rezistență nu corespund sporuri ale vitezelor ultrasonice la probele revibrate)

aceasta se poate explica prin faptul că revibrarea diminuează eforturile de tensiune interne, care determină creșteri de rezistență dar aceasta nu poate fi sesizată prin metoda ultrasonice.

- s-a putut constata și cu această ocazie o bună corelare între creșterea greutateii specifice aparente a betonului și creșterea vitezei de propagare a ultrasunetelor în beton ;

- de asemenea s-a constatat că betoanele turnate în 1967, după o vechime de aproximativ un an și jumătate, au avut un spor de rezistență între 20 și 50 %, obținându-se următoarele rezistențe medii :

- betoane cu dozaj normal, revibrate :  $703 \text{ daN/cm}^2$  ;
- betoane cu dozaj normal, vibrante ;  $698 \text{ daN/cm}^2$  ;
- betoane cu dozaj redus, revibrate ;  $668 \text{ daN/cm}^2$  ;
- betoane cu dozaj redus, vibrante :  $620 \text{ daN/cm}^2$  ;

Din analiza rezultatelor obținute pe transoanele experimentale realizate în 1968 au rezultat următoarele :

- pentru betoanele cu ciment rutier, executate prin revibrare, s-au obținut următoarele rezistențe medii ;

- stratul de uzură  $595 \text{ daN/cm}^2$
- stratul de rezistență  $565 \text{ daN/cm}^2$
- stratul de rezistență și uzură (eprovete mixte) ;  $600 \text{ daN/cm}^2$ .

prin urmare la utilizarea procedurii revibrării la betoanele cu ciment rutier, chiar în dozajul redus de ciment, s-a depășit rezistența prescrisă pentru stratul de uzură cu 67 %, iar stratul de rezistență cu 76 %, față de mărcile stabilite prin STAS 183-64 ; (în vigoare la data execuției lucrărilor) ;

- pentru betoanele executate cu ciment alitic în producția curentă, folosind procedul revibrării, s-au obținut rezistențe la compresiune în medie de  $462 \text{ daN/cm}^2$  pentru stratul de uzură și de  $370 \text{ daN/cm}^2$  pentru stratul de rezistență, (pe epruvete mixte  $395 \text{ daN/cm}^2$ ) ;

- pentru betoanele executate cu ciment Pz 400 din producția curentă, a rezultat o valoare medie a rezistenței

la compresiune a stratului de rezistență și uzură (epruvete mixte) de  $276 \text{ daN/cm}^2$ , deci cu puțin mai mici decât cele prescrise de STAS 183-64, în vigoare la data experiențelor ;

- pentru betonurile executate cu ciment M 400 din producția curentă a rezultat o valoare medie a rezistenței la compresiune la stratul de uzură de  $477 \text{ daN/cm}^2$  ; din compararea rezultatelor obținute în aceleași condiții cu ciment rutier, rezultă un spor de 22,6 % în favoarea CR ;

- încercarea prin ultrasunete " în situ " cit și pe carote, a arătat că - în general - betonurile cercetate sînt omogene.

În concluzie, prin revibrarea betonului în perioada de priză se realizează o îmbunătățire esențială a caracteristicilor fizico-mecanice ale betonului. Ca urmare, dosajul de ciment poate fi redus cu 10...15 % față de prevederile normelor tehnice pentru ambele straturi. Încercările au arătat că folosirea cimentului fere portland alitic (rutier) corespunde mai bine cerințelor impuse îmbrăcămintilor rutiere, în același timp acest ciment prezintă o sensibilitate mare, la îmbunătățirea caracteristicilor fizico-mecanice prin revibrarea în perioada de priză. Totodată, o parte din criblură poate fi înlocuită cu agregate locale de rin, cu respectarea unei compoziții corespunzătoare .

Aplicarea noului procedeu, al revibrării betonului în perioada de priză a cimentului, la executarea lucrărilor rutiere care necesită un consum foarte mare de beton , poate asigura realizarea unor însemnate economii de cheltuieli, pe lângă realizarea unor lucrări de foarte bună calitate.

Efectul revibrării se resimte pe aproape întreaga perioadă de serviciu a îmbrăcămintilor rutiere, din beton de ciment. Rezistențele mecanice sporite împiedică apariția unor serii întregi de degradări, defecțiuni sau distrugeri ale stratului rutier din beton de ciment, cum sînt fisurile și crăpăturile transversale datorită încovierii accentuate sub circulație, fisurile și crăpăturile diagonale și de colț, falșurile datorită cedării dalilor sub traficul rutier foarte

greu, ruperile de margine datorită necompactării betonului, distrugerea totală a dalelor, etc. Reducerea deformațiilor la sarcina de scurtă și lungă durată, reducerea deformațiilor din contracție, mărirea impermeabilității, ameliorarea rezistențelor la îngheț-dezghet repetat conduc la mărirea durabilității și la întârzierea sau eliminarea apariției diferitelor degradări în îmbrăcămintea rutieră din beton de ciment revibrat. (În cadrul celor tratate mai jos vom reveni asupra acestor aspecte deosebit de importante).

Într-adevăr, pe sectoarele de îmbrăcămintă din beton de ciment revibrat în perioada de priză a cimentului, pînă în luna februarie 1974 - deci după aproape 7 ani de exploatare - au apărut mult mai puține defecțiuni decît pe sectoarele de drum adiacente, așa cum se arată în tabelul VIII.9.

### 2.3. Realizarea rosturilor de contact, de dilatație și de contracție.

În ceea ce privește apariția defecțiunilor în îmbrăcămintele rutiere din beton de ciment, existența și modul de execuție a rosturilor longitudinale și transversale de contact, de dilatație și de contracție ridică o serie de probleme importante, care se referă în general, la următoarele aspecte :

- rosturile prezintă puncte cu denivelări locale ale suprafeței de rulare, datorită unor greșeli de execuție sau de întreținere, cum sînt denivelările locale între dale, mastie bituminos de umplutură în exoes în rosturi, muchii de rosturi ridicate datorită tăierii lor cu unele tipuri de mașini de tăiere, etc. ;

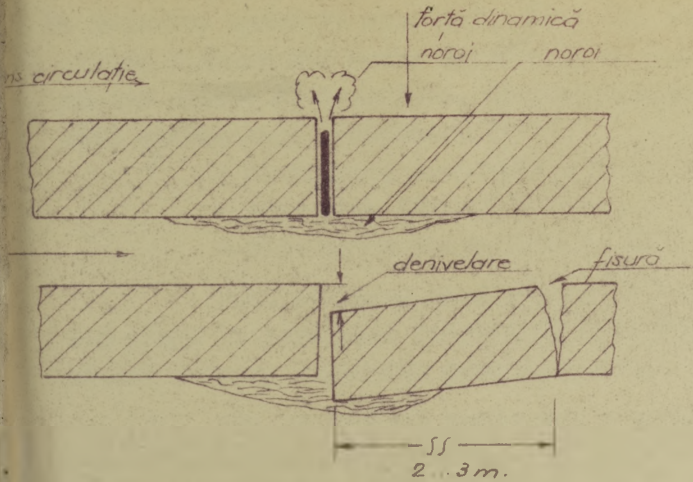
- în unele situații create sau favorizate prin comiterea diferitelor greșeli de execuție, se pot crea asemenea condiții de transfer de sarcină în dreptul rosturilor, care generează apariția unor tasări, fisuri, ruperi de colț și de muchie ;

- rosturile prezintă puncte slabe în ceea ce privește etanșeitarea îmbrăcămintii rutiere ;

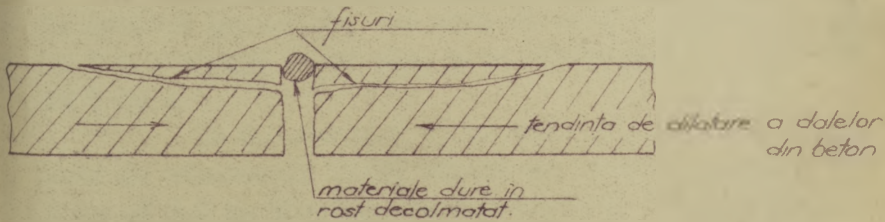
- întreținerea rosturilor reprezintă un volum însemnat din lucrările de întreținere cu caracter periodic, cu o muncă mare de muncă anuală ș.a. (vezi figura VIII.4.).



## a) Fenomenul de pompaj



## b.) Rigidizarea rostului activ



## c.) Inclinarea dalelor permisă de rosturi cu fețe neperpendiculare pe axa longitudinală a dalelor.

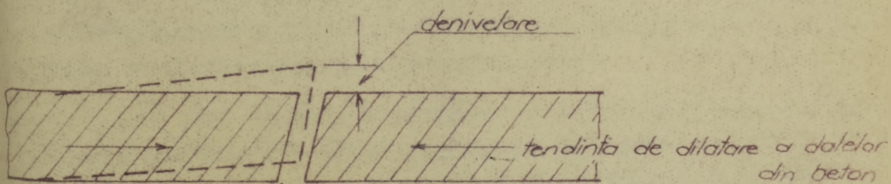


Fig. VIII 4 Cele mai curente defecțiuni care se pot produce la rosturi incorecte sau neintretinute.

Pentru a nu deranja circulația autovehiculelor și a favoriza apariția unor defecțiuni sau degradări ale înbrăcăminții rutiere din beton de ciment, se încearcă aplicarea a mai multor metode de remediere, dintre care cele mai importante sînt acelea care realizează :

- diminuarea numărului rosturilor transversale ;
- reducerea lățimii de lucru a rostului ;
- eliminarea rosturilor de dilatație .

Prin căutarea unor soluții optime în acest sens, s-a ajuns la concepția înbrăcăminților rutiere din beton de ciment armate, respectiv precomprimate.

Din rapoartele naționale prezentate la ultimul Congres Mondial de Drumuri (Praga 1971) rezultă adaptarea următoarelor soluții în diferite țări ale lumii / 43 / , / 50 / .

În R.F.G. nu se execută rosturi de dilatație, decît în dreptul podurilor, iar cele de construcție se realizează la 5 m distanță între ele, prin vibrații pe o adîncime de 5 cm .

În R.D.Germană nu se execută rosturi de dilatație, cele de contracție fiind tăiate cu diamant pe o adîncime de 5 cm și 3,6 cm lățime, la 6 m distanță între ele. În dreptul lucrărilor de artă, rosturile de dilatație se execută odată cu executarea stratului rutier din beton. Se realizează și rosturi de contracție cu guloane.

În Austria, de asemenea, numai în dreptul podurilor se realizează rosturi de dilatație, iar cele de contracție sînt la o distanță de 6 m între ele.

În Belgia, rosturile de dilatație sînt eliminate în principiu, (în afara punctelor de recordare la lucrări de artă), iar cele de contracție există la 7,5 m în cazul celor guloanate și la 5 m în cazul celor neguloanate (vezi figura VIII.5.)

În Marea Britanie, în cazul execuției lucrărilor în perioada aprilie-septembrie, nu se realizează rosturi de dilatație. Pentru grosimi ale dalei de beton de peste 15 cm, de

obicei rosturile de contractie sînt gujonate.



a. Elemente prefabricate fixate pe loc înaintea turnării betonului



b. Introducerea rosturilor prin vibrație în betonul încă neîntărit.

Fig. VIII.5. Rosturi gujonate

În Japonia distanța între rosturile de contractie variază între 6...10 m, iar cele de dilatație, între 80...100 m, în funcție de grosimea dozelor. Rosturile sînt gujonate.

În R.S.F. Jugoslavie, distanța între rosturi s-a redus de la 10...9 m la 6 m, fiecare al treilea rost fiind de dilatație. Rosturile sînt prevăzute cu gujoane.

Cele mai avansate concepții stabilesc realizarea la distanțe relativ mari a rosturilor de dilatație (la peste 80...100 m), sau eliminarea totală a acestora, bazîndu-se și pe faptul că în perioade dilatării generale a betonului, existența rosturilor de dilatație conduce la apariția unor eforturi unitare de compresiune în stratul rutier, care poate anula în parte apariția celor de întindere din încovoiere

rezultată în urma aplicării saraminilor din circulația rutieră, metoda fiind aplicată de mult timp în SUA.

#### 2.4. Îbrăcăminți din beton de ciment armate și armate, precomprimate.

În ultimele decenii proiectanții și constructorii de drumuri au încercat să aplice și în domeniul realizării îbrăcăminților rutiere din beton de ciment tehnica armării și a comprimării betonului. Dacă la cel de al XIII-lea Congres Mondial de Drumuri (Tokio, 1967) au fost prezentate doar primele rezultate înregistrate - fiind încercate o mare varietate de soluții tehnice și tehnologice -, la următorul Congres (Praga, 1971) multe țări au putut raporta dezvoltarea importantă a acestui domeniu al construcției drumurilor, iar Comitetul de Drumuri din beton a prezentat un raport de sinteză referitor la problema drumurilor din beton, cu armătură continuă.

Alegerea betonului armat și a betonului comprimat este impusă de dorința eliminării rosturilor, a reducerii consumului de beton, precum și de alte aspecte tehnice și economice. Primele realizări însemnate au fost obținute la construcția pistelor de aerodromuri, precum și sectoarelor experimentale de drumuri. Soluțiile nu sînt unanim acceptate, existînd păreri și tendințe de a le neglija în totalitate (avînd în vedere consumul însemnat de oțel sau introducerea noilor faze tehnologice mai puțin sau mai mult complicate). În figura VIII.6 se poate vedea dispunerea armăturii înainte de turnării betonului.

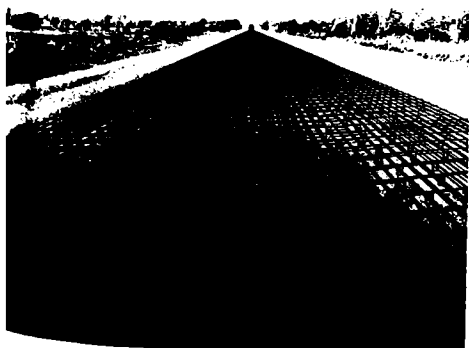
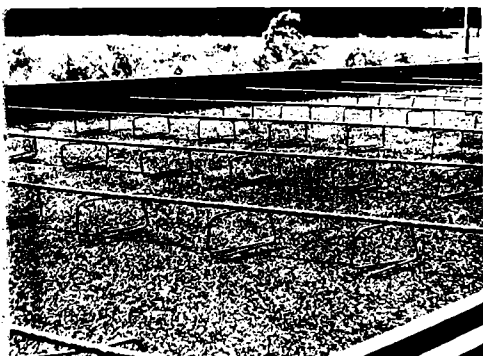


Fig.VIII.6. Modul de dispunere a armăturii continue, înainte de turnării betonului.

Concluziile care pot fi formulate în urma studiilor efectuate pe 22 sectoare de drum cu îmbrăcămîți din beton de ciment, cu armătură continuă, executate în Belgia, R.F.G., Marea Britanie, Spania, Elveția și Franța între anii 1950-1970, sînt următoarele / 8 / :

- în general, se observă o comportare bună a îmbrăcămîților rutiere, pentru diverse tipuri de straturi portante și procente de armare longitudinală (0,3...0,7 %), sau tip de garnitură (sistem bare, placă sudată, rețea de bare nelegate, etc. vezi figura VIII.7).



b.

- a. Dispunerea armăturii transversale
- b. Armarea longitudinală cu bare sudate
- c. Panou prefabricat de armătură

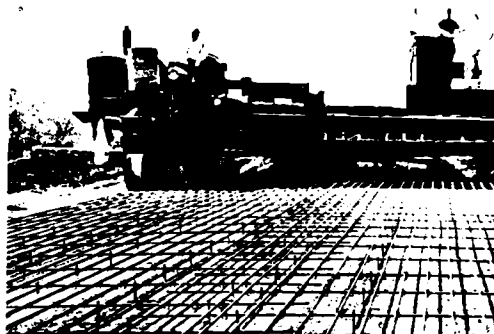
Fig. VIII.7. Tipuri și soluții de armare .

- se poate aplica la punerea în operă a betonului metoda cofrajelor glisante ( vezi figura VIII.8.) ;

- una dintre principalele probleme urmărite este realizarea unor îmbrăcămîți cu fisuri transversale de lățime

(deschiderea) eșt mai mică, (favorizând chiar și apariția lor în număr mai mare, la distanțe mici între ele), în vederea evitării pătrunderii apei în sistemul rutier sau a unor granule de materiale rigide în fisuri ; majoritatea soluțiilor se condus la acest rezultat, fisurile fiind sub 0,5 mm deschidere (și în număr de 7505 pe un sector de drum de 3700 m lungime executat vara și 7152 fisuri pentru acelaș sector executat la sfârșit de toamnă, conform unor date Belgiene) ;

Fig.VIII.8. Punerea în operă a betonului cu ajutorul vibrofinisarelor și a cofraajelor glicante, în cazul betonului armat continuu.



- această situație este favorizată de procentaje ridicate de armare, de reducerea diametrelor armăturii și buna ei aderență la beton, de valori ridicate ale coeficientului de frecare între stratul de beton și suport, de valorile reduse ale coeficienților de dilatație și contracție ale betonului, etc. ;

- formarea și depunerea unor cantități de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  libere la hidratarea cimentului, precum și a prafului impregnat cu hidrocarburi constituie un mod de autoprotecție împotriva coroziunii armăturilor straturilor rutiere din beton de ciment ;

- față de înbrăcămințile rutiere nearmate, se pot obține economii de beton de ordinul 20...25 % în volum.

Conform concepției de realizare a înbrăcăminților rutiere din beton armat, cu armătură continuă, în cazul acestora se admite apariția fisurilor în betonul de ciment. Înă în acest caz, rolul armăturii <sup>este</sup> de a menține aceste fisuri în permanență închise și de a asigura transferul de sarcini în dreptul

acestora, fără a permite apariția unor denivelări (tasări relative) în stratul de îmbrăcăminte rutieră. Având în vedere, că în cazul acestui tip de îmbrăcăminte rutieră se elimină construcția rosturilor transversale în totalitatea lor, rezultă că suprafața de rulare a părții carosabile a drumului este uniformă. S-a putut constata totodată, că fisurile fine care există în betonul de ciment permit pătrunderea apei în armătură și prin urmare coroziunea acestuia, doar într-o măsură în care acest fenomen poate fi neglijabil. În cazul îmbrăcămintelor rutiere din beton armat continuu se reduce în mod considerabil cheltuielile de întreținere, având în vedere că în cazul betonului simplu, aceste cheltuieli reprezintă în primul rând întreținerea rosturilor.

Sistemul rutier cu îmbrăcăminti din beton armat continuu, în cazul autostrăzilor cu intensitate mare a traficului rutier, poate fi conceput de exemplu cu următoarea structură :

- 20 cm beton armat ;
- 6 cm asfalt bituminos ;
- 20 cm beton slab ;
- 20 cm strat drenant ;

prin urmare în total de 66 cm grosime, pe oînd pentru condiții identice de funcționare, sistemul rutier cu îmbrăcăminte din beton simplu, ar fi de 82 cm (datele fiind corespunzătoare unei prescripții belgiene) ;

La dimensionarea sistemului rutier, cantitatea de armătură longitudinală se stabilește în baza unui criteriu de dimensionare, conform căruia armătura poate prelua eforturi unitare de întindere în așa fel, ca să nu fie depășit  $0,75 \sigma_{el}$  (adică valoarea limitei de elasticitate redusă cu  $0,75$ ), impunându-se deservenența formarea unei noi fisuri în betonul de ciment, înaintea atingerii acestei limite. Prin urmare, procentul de armătură longitudinală în secțiune transversală se poate calcula în baza relației generale de echilibru :

$$a \cdot 0,75 \sigma_{el} \geq b \cdot \sigma_b + m \cdot a \cdot \sigma_b \quad (\text{VIII.1.1.})$$

in care

$a$  este suprafața armăturii în secțiune transversală în  $\text{cm}^2$  ;

$\sigma_{el}$  - limita de elasticitate convențională a oțelului în  $\text{daN/cm}^2$  ;

$b$  - suprafața secțiunii transversale a înbrăcăminții rutiere, în  $\text{cm}^2$  ;

$\sigma_b$  - rezistența betonului la întindere, în  $\text{daN/cm}^2$  ;

$m$  - raportul modurilor de elasticitate ale oțelului și betonului, deci

(VIII.2.)

$$m = \frac{E_a}{E_b}$$

in care

$E_a$  este modulul de elasticitate al oțelului, în  $\text{daN/cm}^2$  ;

$E_b$  - modulul de elasticitate al betonului în  $\text{daN/cm}^2$  .

Rezultă un procent de armare conform relației :

$$A = \frac{\sigma_b}{0,75 \sigma_{el} - m \sigma_b} \cdot 100 \%$$

În ceea ce privește apariția și existența fisurilor fine în înbrăcămințile rutiere din beton armat continuu, acestea nu se consideră defecțiuni ale acestui strat rutier în baza considerațiilor expuse mai sus, iar în acest caz, se satisfac următoarele relații :

- lungimea de ancoraj, pentru o distribuție uniformă a eforturilor unitare de aderență între armătură și beton, este :

$$L_a = \frac{\sigma_b \cdot \varphi \cdot b}{4 \tau_{ad} \cdot a} \quad [\text{m}] \quad (\text{VIII.4.})$$

- distanța medie între două fisuri este :

$$d = \frac{\sigma_b^2 \cdot \varphi}{4 \tau_{ad} \left(\frac{a}{b}\right)^2 \cdot E_a \cdot (\alpha \Delta T + \varepsilon \frac{\sigma_b}{E_b})} \quad [\text{m}] \quad (\text{VIII.5.})$$



- deschiderea (lăţimea medie) a unei fisuri este :

$$l_f = \frac{\sigma_b^2 \cdot \varphi \cdot (1 + m \cdot \frac{a}{L})}{4 \cdot \tau_{ad} \left(\frac{a}{b}\right)^2 \cdot E_a} \quad [mm] \quad (\text{VIII.6.})$$

relaţiile fiind aproximative, în cadrul cărora fiind utilizate în plus, următoarele notaţii :

$L_a$  - este lungimea de ancoraj a armăturii în betonul de ciment, pe ambele părţi ale fisurii produse , în m ;

$\varphi$  - diametrul barei armăturii, în mm ;

$\tau_{ad}$  - efortul unitar de aderenţă între oţel - beton în daN/cm<sup>2</sup> ;

$d$  - distanţa medie între două fisuri, în m ;

$\alpha$  - coeficientul de dilataţie tehnică a betonului în mm/mm °C ;

$\Delta T$  - diferenţa de temperatură între temperatura de betonare şi temperatura minimă, la mijlocul stratului, în °C ;

$\varepsilon$  - coeficientul de contracţie lineară a betonului, în mm/mm ;

$l_f$  - deschiderea (lăţimea) medie a unei fisuri, în mm .

Se menţionează faptul că aceste relaţii nu pot avea în vedere o serie întreagă de factori reali, cum ar fi de exemplu variaţia caracteristicilor fizico-mecanice ale betonului în masa acestuia. Dificultăţile care intervin la determinarea exactă a valorilor  $\sigma_b, E_b, \Delta T, \varepsilon, \tau_{ad}$  etc. - totuşi un volum mare de încercări şi constatări efectuate pe înbrăcămişi rutiere din beton armat continuu, aflate mulţi ani în exploatare, demonstrează utilitatea acestora pentru calcule preliminare aproximative.

În ceea ce priveşte apariţia fisurilor longitudinale şi influenţarea fenomenului prin dispunerea armăturilor transversale, studiile efectuate prezintă mai puţine concluzii utile, se recomandă totuşi pentru determinarea cantităţii de armătură transversală, relaţia :

(VIII.7.)

$$a' = \frac{f \cdot B \cdot h_0}{2 \cdot 0,75 \cdot \sigma_{al}} \quad [\text{cm}^2/\text{m}]$$

in care au mai intervenit relațiile :

- $a'$  - este cantitatea de armătură transversală, în  $\text{cm}^2/\text{m}$  înbrăcăminte ;
- $f$  - coeficientul de frecare între stratul de înbrăcăminte și stratul suport, fără dimensiuni ;
- $B$  - lățimea de betonare, în m.

Panourile de armături care urmează a fi sudate între ele în vederea realizării armării continue a stratului de beton se confecționează în uzine sau pe loc, așezarea lor înaintea betonării efectuându-se cu ajutorul unor suportă metalici .

O formă mai avansată de aplicare a betonului armat la realizarea înbrăcămintelor rutiere o constituie aplicarea tehnologiei precomprimării betonului. În general, se pot deosebi două categorii de sisteme aplicate : tipuri de dale individuale și tipuri de dale continue.

Din categoria tipurilor de dale individuale se evidențiază următoarele sisteme :

- sistemul de precomprimare, utilizându-se două rețele provizorii, care servesc la realizarea comprimării dalei, respectiv la ancorarea armăturii (a cablurilor) rețelele fiind așezate la cele două capete ale tronsonului. Cablurile sînt dispuse longitudinal, după realizarea eforturilor unitare de întindere în acestea, se execută betonarea întregului tronson. Rețelele transversale de lucru sînt dispuse la loc...200 m distanță între ele. Precomprimarea este realizată dealungul întregului tronson de înbrăcăminte rutieră, prin aderența betonului la oțel. Se realizează, totodată, o bună protecție a armăturii împotriva agenților corosivi.

- sistemul de postcomprimare poate fi aplicat cu rezultate bune în cazul dalilor de beton de 30...120 m lungime. După ce betonul a atins un oarecare grad de întărire, cablurile

se supun întinderii. Înainte de a atinge eforturile unitare de întindere prevăzute, se aplică în canale un mortar sau un lapte de ciment pentru protejarea armăturii de agenți corozivi. Dispunerea armăturilor se poate realiza în diferite soluții, așa cum se vede în figura VIII.9.

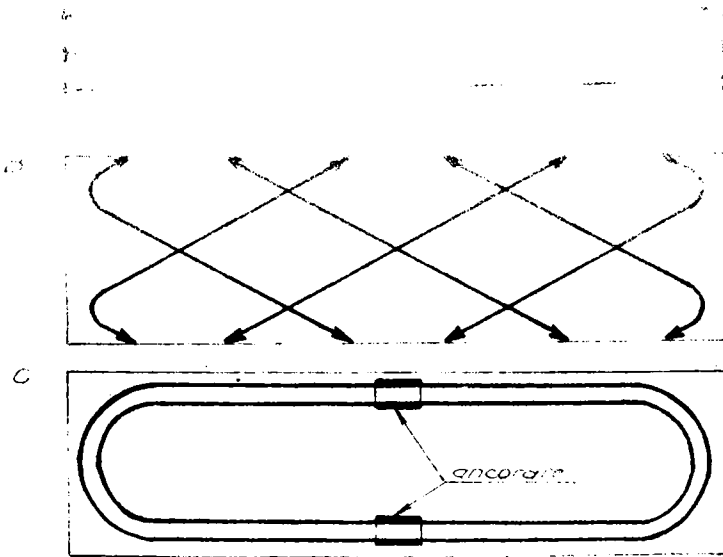
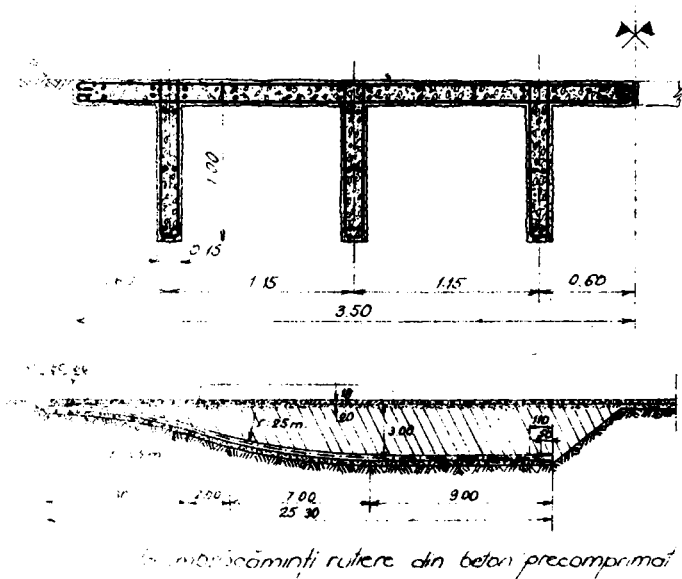


Fig. VIII.9. Dispoziția cablurilor în sisteme postcomprimate

În cazul tipurilor de dale continue, unul dintre aspectele cele mai importante ale realizării acestora este conceperea și executarea "culeelor". Acestea pot fi "culee fixe", bazate pe rezistența terenului de fundație, sau "culee elastice", cu acumularea presiunii (vezi fig. VIII.10.)



După execuția culcilor, se execută stratul de înbrăcăminte rutieră, amenajându-se câte un rost „activ” la loc...300 m distanță între ele. Aceste rosturi active sînt construcții speciale, așa cum se vede în figura VIII.11, avînd în vedere că după întărirea betonului, în acestea se introduc dispozitivele hidraulice cu ajutorul cărora se realizează progresiv comprimarea betonului. Apoi se îndepărtează aceste dispozitive, betonîndu-se locul acestora.

Din punct de vedere economic, soluția betonului precomprimat se recomandă la realizarea pistelor aerodromurilor, (în prezent peste două milioane  $m^2$  în RFG), în cazul construcțiilor de drumuri încă nu au fost formulate pe plan mondial concluzii definitive. Se poate afirma însă, că metoda precomprimării externe cu rosturi active se pare că este mai avantajoasă decît cea a precomprimării externe între culci fără sau



Ca volum, aceste lucrări sînt mult mai reduse față de drumurile asfaltice, însă gradul de dificultate al execuției bune ale acestora este, în general, mult mai sporit. La Congresul Mondial de Drumuri din 1967, s-a formulat părerea conform căreia reparația druzurilor din beton este o problemă încă nerezolvată, / 14 / De atunci și pînă în prezent se studiază și se experimentează o varietate mare de soluții în funcție de natura defecțiunilor, acestea fiind, în general, soluții particulare ale diferitelor țări, majoritatea fiind mult discutate fără a rezulta păreri unanime asupra eficienței aplicărilor.

Pentru repararea degradărilor superficiale ale dalelor în multe țări se utilizează rășini epoxidice și poliesterice, cu diferite caracteristici speciale. Acestea sînt recomandate în RFG, Belgia, Spania, India, Polonia, URSS - sau nerecomandate în Marea Britanie. Experiințe realizate la noi în țară arată că se pot utiliza mortare cu rășini epoxidice la repararea fisurilor (compoziția acestora variind în funcție de deschiderea fisurii), dar pentru reparația suprafețelor de rulare se preferă - din punct de vedere economic - utilizarea amestecurilor pe bază de acetat de polivinil, precizînd că pentru a efectua o reparație convenabilă este necesar ca stratul de mortar să aibă o grosime de cel puțin 3 cm / 14 / .

O problemă deosebit de importantă este asigurarea, pe tot timpul duratei de serviciu, a unei suprafețe de rulare rugoasă, corespunzătoare unei circulații rutiere care se poate desfășura în deplină siguranță. Au fost experimentate multe metode de intervenții bazate pe strivirea lambrăminții prin tăiere cu diamant, buciardare, sablare, tratare cu acid clorhidric, cu sodă caustică etc. Utilaje corespunzătoare realizate în acest scop au dovedit posibilitatea unor suprafețe de rulare care prezintă valori ridicate ale coeficientului de frecare roată-drum, chiar și în timpul unei suprafețe căii este umedă / 50 / .

Înlocuirea dalelor de beton distruse complet se face în modul cel mai operativ cu dale noi prefabricate, eventual

precomprimate, pentru reducerea greutateii acestora.

Foarte multe studii și cercetări au fost efectuate în vederea găsirii unor metode eficiente de prevenirea apariției defecțiunilor în îmbrăcămintele rutiere din beton de ciment, unele fiind amintite în cadrul acestui capitol.

În cazul țării noastre, cu o rețea de drumuri cu îmbrăcăminți din beton de ciment relativ redusă, însă importantă în ceea ce privește obligativitatea și răspunderea unităților de administrare și întreținere pentru a menține în permanență o stare de viabilitate corespunzătoare pe întregul traseu al acestora, este foarte importantă găsirea și aplicarea unor metode de întreținere și reparații tehnice, ușor de realizat pe lângă dotarea și posibilitățile organizatorice existente și economice.

**Capitolul IX. STUDIUL DEFECTIUNILOR ÎNBRĂCĂMIŢILOR  
RUTIERE DIN BETON DE CIMENT. SOLUŢII  
TEHNICE DE PREVENIRE ŞI REMEDIEREA LOR**

**1. CAUZELE GENERALE ALE PRODUCERII DEFECTIUNILOR**

**1.1. Clasificarea defecţiunilor înbrăcămiştilor  
rutiere din beton de ciment**

„Defecţiunile înbrăcămiştilor rutiere din beton de ciment se pot clasifica astfel :

A. După cauzele generale ale producerii lor, defecţiunile pot fi generate de :

- greşeli şi erori de proiectare ;
- greşeli şi neglijenţe în serviciu ;
- activitate de întreţinere - reparaţii necorespunzătoare ;
- apariţia unor condiţii de serviciu defavorabile neprevizibile .

B. După efectul pe care îl au defecţiunile existente în înbrăcămiştea rutieră din beton de ciment, acestea pot fi de următoarele tipuri :

- nu stănjinesc de loc desfăşurarea circulaţiei rutiere în mod direct ;
- impune luarea unor măsuri privind restricţiile de circulaţie rutieră ;
- împiedică desfăşurarea circulaţiei rutiere.

C. După modul de apariţie a lor, defecţiunile înbrăcămiştilor rutiere din beton de ciment sînt cu :

- apariţie normală, etapizată de-a lungul perioadei de serviciu ;
- apariţie periodică ;
- apariţie spontană sau instantanee .



D. Prin urmare, defecțiunile apărute în îmbrăcămințile rutiere din beton de ciment pot necesita următoarele lucrări de întreținere și reparații :

- întreținerea curentă periodică ;
- întreținerea curentă accidentală ;
- reparații curente ;
- reparații capitale ;
- r faceri ale îmbrăcăminții rutiere.

E. După natura și modul de apariție, aceste defecțiuni se pot clasifica astfel :

a. defecțiuni ale suprafeței de rulare ;

- exfolierea (decojirea) ;
- suprafața șlefuită ;
- fâgașe longitudinale de circulație ;
- ondulații în profil în lung ;
- coroziunea chimică a betonului ;

b. defecțiuni ale structurii dalei de beton :

- fisuri și crăpături transversale ;
- fisuri și crăpături longitudinale ;
- fisuri și crăpături diagonale ;
- fisuri și crăpături de colț ;
- fisuri și crăpături multidirecționale ;
- fisianțări ;
- ruperi de muchii la dale ;
- ruperi de margine la rosturi ;
- gropi ;
- distrugerea totală a dalei ;

c. defecțiuni ale îmbrăcăminții rutiere cauzate de pierderea stabilității dalilor de beton ;

- tasări de dale ;
- fenomenul de „pompaž” ;
- lunecarea dalei ;

d. defecțiuni la rosturi de contact de contracție și dilatație :

- decolmatarea rosturilor ;
- umplerea în exces a rosturilor cu materiale de întreținere ;

- blocarea (rigidizarea) rosturilor ;
- e. defecțiuni la elemente metalice :
  - coroziunea armăturilor metalice ;
  - blocarea (rigidizarea) gujoanelor ;
- f. elemente geometrice neasigurate :
  - lățimi necorespunzătoare a benzii de circulație ;
  - parte carosabilă cu pantă transversală neasigurată ;
- g. alte defecțiuni :
  - luminozitate redusă datorită reparațiilor cu mixturi asfaltice ;
  - defecțiuni ale benzilor de încadrare ;

Apariția principalelor defecțiuni pe sectoarele de drum studiate sînt în volumele arătate <sup>mai jos</sup> (pentru perioada 1969 ...1973) inclusiv :

Volumul unor defecțiuni pe DN studiate

DN	Poziția Km	Exfoliere	Slefuire	Fisuri și crăpături	Paianță-ri	Dale distruse	
		mp	mp	ml	mp	buc	
o	1	2	3	4	5	6	
68A	1e+892-	53+000	6850	9900	5980	-	6
6	366+400-	383+300	-	7200	22100	200	-
6	386+500-	394+700	380	-	18500	110	4

### 1.2. Solicitare asupra îmbrăcămintilor rutiere din beton de ciment

Îmbrăcămintile rutiere din beton de ciment reprezintă elemente de construcții din beton care sînt expuse poate la cele mai variate și multiple solicitări pe parcursul perioadei lor de serviciu. Traficul reprezintă încercări utile extrem de variate (statice sau dinamice), de diferite intensități, cu diferite distribuții, etc., pe lângă efectul căruia sistemul rutier este expus la acțiunile agenților atmosferici și ale mediului înconjurător ( diverse condiții climatice, hidrologice,

etc.). Toate aceste aspecte trebuie luate în considerare la proiectarea lucrărilor prin calcule de dimensionare adecvate, prin găsirea unor soluții de realizare corespunzătoare. Având în vedere că operația defectiunilor în îmbrăcămintele rutiere din beton de ciment este favorizată de anumite erori care se pot înregistra la proiectarea acestora, precum și unele aspecte noi legate de aceste probleme, ce prezintă mai jos câteva observații cu privire la analiza unora dintre solicitări, luând în considerație și unele noi recomandări enunțate de specialiști în ultima perioadă de timp.

### 1.2.1. Alcătuirea sistemelor rutiere rigide.

Dimensionarea îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment este mult îngreunată datorită condițiilor speciale în care funcționează construcțiile rutiere : ele sînt supuse unor solicitări extrem de variate, provenită din circulația rutieră, acțiunea agenților atmosferici și climatici, a condițiilor hidrologice, iar efectul acestora asupra construcției este greu de determinat cu precizie, necunoscîndu-se exact modul lor de acționare, diferitele aspecte ale variației caracteristicilor lor, precum și mulțimea de parametri de calcul, caracteristici ale materialelor de construcție și terenului de fundație, influența reală a introducerii multor ipoteze simplificatoare de calcul.

Practica inginerescă - concretizată nu în ultimul rînd prin analiza și studiul cauzelor și modul de apariție a diferitelor defecțiuni ale îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment a constituit elementul primordial care a condus la elaborarea unor metode de calcul empirice sau metode de calcul teoretice adaptate actualmente în diferitele țări ale lumii. Aceste metode <sup>de</sup> calcul suferă modificări și îmbunătățiri în prezent în vederea găsirii soluțiilor celor mai corespunzătoare din punct de vedere tehnic și economic / 8 / ; / 14 / ; / 50 / ;

Una din orientările actuale în acest domeniu este elaborarea unor așa-zise " cataloage ale structurilor-tip " pentru construirea sistemelor rutiere rigide. Spre exemplu în

R.F.G. pentru drumuri cu mare circulație, se prescriu două structuri tip :

- în cazul soluțiilor de beton slab armat, se prevede grosimea dalei de beton de 22 cm (5 cm strat de uzură și 17 cm strat de rezistență), cu rosturi de contracție la 7,5m și rosturi de dilatație la 50...100 m ;

- în cazul soluțiilor de beton simplu, se prevede grosimea dalei de beton de 22 cm (într-un singur strat), cu rosturi de contracție la 5 m și rosturi de dilatație numai în dreptul lucrărilor de artă ;

- în ambele cazuri, se prevede realizarea unui strat suport cu rol de fundație din materiale granulare stabilizate cu gudron cu bitum sau cu ciment.

În Japonia, pentru un trafic rutier mai mic decât 3000 autovehicule într-un singur sens de circulație, grosimea îmbrăcăminții rutiere din beton de ciment este prescrisă la 25 cm, în caz contrar acesta fiind de 30 cm (se încearcă introducerea unei metode de calcul foarte exacte rezolvabilă cu calculatoare electronice) .

În Belgia, de asemenea, proiectarea sistemelor rutiere rigide se bazează pe concluziile formulate în cursul anilor de practică în construcții rutiere, prescripțiile elaborate fiind însoțite de unele reguli, cum sînt :

- grosimea totală a părții rigide (îmbrăcămintă + fundație) trebuie să fie de 40...45 cm ;

partea nerigidă a complexului rutier (substratul de fundație) se realizează în general din nisip cu rol de drenarea apelor, avînd un coeficient de permeabilitate de cel puțin  $10^{-2}$  cm/sec.

- în cazul terenurilor de fundație necorespunzătoare (turbă, argilă descompusă, etc.) se efectuează studii speciale de proiectare, etc.

Pe lângă aceste recomandări, în Belgia, se prescriu următoarele grosimi ale îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment :

- pentru drumuri statale 23 cm (cu 15...20 cm beton slab în fundație, sau piatră spartă stabilizată sau m., cu sau fără strat intermediar din anrobat bituminos, de 6...7 cm) ;

- pentru drumuri rurale primare, 18...20 cm ;
- pentru drumuri rurale secundare, 18 cm ;
- pentru drumuri agricole, 15 cm .

O importanță deosebită au prezentat și prezintă în acest domeniu al metodelor empirice de dimensionare a înbrăcămintărilor rutiere, rezultatele încercărilor AASHO (asupra unora din acestea vom reveni mai jos) .

Sunt bine cunoscute încercările de a găsi metode eficiente, sigure și ușor de aplicat prin continuarea diferitelor metode de calcul teoretice și empirice.

În Republica Democrată Germană s-a elaborat (în cadrul unui acord internațional OSJD) o metodă bazată pe :

- metodele semiempirice bine cunoscute în întreaga lume, ale lui Westergaard, Picket și Ray, Bradbury ș.a. ;
- metoda de calcul al eforturilor și tensiunilor din solicitări ale variațiilor de temperatură, elaborată de Eisenmann ;

- adaptarea unor concluzii ale încercărilor AASHO (monograma de echivalare sarcini repetate, etc) ;

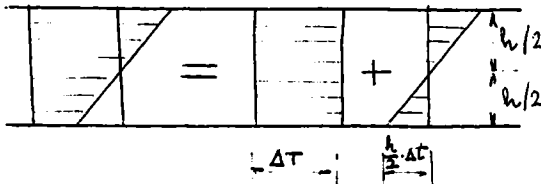
- rezultatele încercărilor cehoslovace cu privire la rezistența dalelor de beton rezemate elastic, la obosala materialului sub încercări repetate.

Cu toate că nici în acest caz nu s-a putut ține cont de multe aspecte importante ale problemei dimensionării (de ex. varietatea posibilităților de rezemare a dalelor, etc) s-a ajuns la unele rezultate interesante, dintre care merită atenție problema dimensionării la efectul variațiilor de temperatură "Gradientul de temperatură" (notat în °C/cm pentru un material dat) are valori variabile în funcție de grosimea dalei de beton, prin urmare considerându-l de valoare constantă, la calculul eforturilor unitare se pot înregistra erori de aproximativ 10 % în cazul dalelor de 24 cm grosime, respectiv de 60 % în cazul celor de 36 cm grosime .

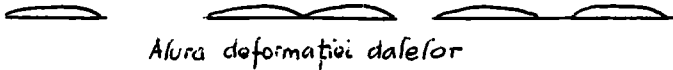
Având în vedere efectul diferențelor de temperatură, în funcție de gradientul maxim și mediu de temperatură au fost stabilite

raporturi "critice" între mărimile lunginii și grosimii dalelor de beton, conform cărora se pot trage concluzii privind dimensionarea tehnică justă din acest punct de vedere a înălțărilor rutiere din beton de ciment. Se observă de exemplu că pentru grosimi de dală de 33...35 cm lungimea de dală de 5 m (în mod curent acceptată în diferite țări) nu este recomandabilă din acest punct de vedere.

Deformația dalelor de beton, în funcție de lungimea acestora, poate avea alura notată în figura IX.1.



Repartiția temperaturii în dală încălzirea feței superioare



Alura deformației dalelor

Fig IX.1. Efectul variației temperaturii asupra dalelor de beton

Se constată că, în cazul dalelor care au lungimea egală cu lungimea critică, o repartiție neuniformă a temperaturilor în interiorul dalei conduce la apariția unei deformații a acestora. În situația limită, în care încă nu s-a produs această deformație, se poate scrie relația de echilibru :

$$\omega_1 + \omega_2 = \omega_g \quad (\text{IX.1.4})$$

în care

$\omega_1$  este deformația dată de variația neuniformă de temperatură ;

$\omega_2$  = deformația dată de excentricitatea forței

de compresiune, rezultată din variația uniformă de temperatură ;  
 $\omega_g$  - deformația dată de greutatea proprie a dalei de beton.

În această relație, termenii au următoarele valori :

$$\omega_2 = \frac{12}{E \cdot h^2} \cdot \frac{M_1 \cdot l^2}{8} \quad (\text{IX.2.})$$

în care

$E$  este modulul de elasticitate al betonului, în  $\text{daN/cm}^2$  ;

$h$  - grosimea dalei de beton, în cm ;

$M_1$  - arc valoarea dată mai jos ;

$l$  - lungimea dalei, în cm ;

având :

$$M_1 = \frac{h \cdot \Delta t}{2} \cdot \alpha \cdot \frac{E \cdot h^2}{6} \quad (\text{IX.3.})$$

în care

$\Delta t$  este valoarea gradientului de temperatură, în  $^{\circ}\text{C/cm}$  ;

$\alpha$  - coeficientul de dilatație a betonului, în  $\text{cm/cm}/^{\circ}\text{C}$  ;

$$\omega_2 = \frac{1}{2} \alpha \cdot \beta \cdot \lambda \cdot \Delta t \cdot I^2 \quad (\text{IX.4.})$$

În care față de notațiile de mai sus, intervine :

$\beta$  este o notație cu semnificația dată mai jos ;

$\lambda$  - excentricitatea forței de compresiune dată de variația uniformă a temperaturii pe întreaga grosime a dalei, în fracțiune din  $h$  ; (fiind în funcție de existența și tipul rețurilor de contracție) ;

$I$  - momentul de inerție ;

avini în vedere că :

$$\beta = \frac{C \cdot \Delta T}{h \cdot \Delta t} \quad (\text{II.5.})$$

în care

$C$  reprezintă cea parte a dilatației dalei de beton care este transformată în eforturi unitare longitudinale, avind valoarea cuprinsă între 0 și 1 ;

$\Delta T$  = valoarea variației uniforme de temperatură pe înălțimea dalei în  $^{\circ}\text{C}$  ;

și în final, al treilea termen din relația (I.1.), are valoarea :

$$c_{09} = \frac{0,144}{384} \cdot \frac{l^4}{E \cdot h^2} \quad (\text{II.6.})$$

Înlocuind aceste valori în relația (II.1.), se obține :

$$l_{\text{crit}} = 20 h \sqrt{\alpha \cdot \Delta t \cdot E (1 + 10 \times \beta)} \quad [\text{cm}] \quad (\text{II.7.})$$

respectiv pentru :

$$\alpha = 10^{-5} \text{ cm/cm/}^{\circ}\text{C} ;$$

$$\Delta t = 0,9 \text{ }^{\circ}\text{C/cm} ;$$

$$E = 350.000 \text{ daN/cm}^2 ;$$

rezultă :

$$l_{\text{crit}} = 36 h \sqrt{1 + 10 \times \beta} \quad [\text{cm}] \quad (\text{II.8.})$$

Dacă lungimea dalei este egală sau mai mare cu această lungime critică, este creștută posibilitatea apariției unor eforturi unitare și deformații maxime provenite din variațiile uniforme și neuniforme de temperatură pe înălțimea dalei de beton. Se obligăște acceptarea recomandății conform căreia lungimea reală  $l$  a dalei să fie cuprinsă între valorile :



$$0,2 l_{crit} > L < 0,9 l_{crit} \quad (IX.1.)$$

Observația făcută anterior se referă tocmai la erorile care pot fi incluse în rezultatele date de relațiile (IX.8. și IX.9.), dacă se consideră că în  $\Delta t$  reprezintă o variație constantă pe întreaga înălțime a dalei .

Studii efectuate în URSS au demonstrat că straturile intermediare, elastice, cuprinse între dale rigide sporesc în mod important portanța drumurilor de beton.

Rezultatele studiilor teoretice și experimentale efectuate sub conducerea lui M.A. Zeleznikov permit definirea metodei de dimensionare luându-se în considerare starea de echilibru limită la forfecare în stratul rutier. A.I. Mednikov stabilește metoda de definire a caracteristicilor "echivalent" ale straturilor de bază, în particular a straturilor eterogene aflate sub dala de beton. A.P. Sinitsin elaborează, cu ajutorul calculatcruului electronic, posibilitatea determinării influenței acceptării corecte a unui raport între rigiditatea dalelor de beton și a stratului de bază elastic asupra calculelelor de dimensionare.

Metoda de dimensionare prescrisă la noi în țară /11/, /21/, /32/, /37/, este o soluționare judicioasă tehnică și economică a dimensionării sistemelor rutiere rigide, bazată pe rezultatele unor metode de calcul teoretice și empirice bine cunoscute (Westergaard-Ivanov-Mednicov-AASHO ș.a.)

"Metoda de dimensionare recent studiată în URSS /50/ urmărește luarea în considerare - pe lângă compoziția și intensitatea traficului rutier, eforturile unitare date de încercările repetate din acțiunea simultană a traficului rutier și a variațiilor de temperatură, etc. și a duratei de exploatare a straturilor rutiere din beton de ciment. Se studiază modul de comportare a dalelor de beton realizate pe diferite tipuri de fundații, supunându-se acestor studii, imbrăcămiși rutiere din beton de ciment având vârsta de 10, 20 și 30 de ani.

Studiile efectuate în Polonia au demonstrat că portanța sistemelor rutiere prezintă valori efective mai mari decât cele prevăzute inițial. Totodată s-au putut formula indicații precise cu privire la importanța naturii terenului de fundație (natura pământului, existența drenajelor) asupra capacității portante a sistemelor rutiere rigide /8/, /50/ .

Deosebit de importante sînt rezultatele experiențelor AASHO pentru cunoașterea modului de comportare a sistemelor rutiere aflate în exploatare (asupra cărora vom reveni mai jos) /24/.

1.2.2. Solicitări provenite din circulația autovehiculelor.

Instrucțiunile tehnice în vigoare /21/ prevăd ca la dimensionarea sistemelor rutiere rigide se iau în considerare următorii factori :

- încărcarea masivă pe roată ;
- acțiunea dinamică a încărcărilor ;
- suprapunerea efectelor din trafic și din temperatură ;
- fenomenul de oboseală a materialului.

Luarea în considerație a acestor factori conduce la realizarea unor înbrăcăminți rutiere din beton de ciment de o grosime corespunzătoare, capabile să reziste în timp la solicitările care derivă din acțiune. Apariția sau existența cu caracter accentuat a altor aspecte importante sub care se manifestă circulația rutieră poate influența asupra aparițiilor defecțiunilor.

Încărcarea din circulația autovehiculelor prezintă următoarele caracteristici :

- greutatea totală a autovehiculului ;
- greutatea pe ochi ;
- greutatea pe roată ;
- presiunea unitară pe suprafața de contact roată-înbrăcămințe rutieră ;
- durata de aplicare a sarcinii ;
- frecvența aplicării sarcinii ;
- modul de aplicare a sarcinii ( static, dinamic)

- numărul total de aplicare a sarcinii ;
- poziția aplicării sarcinii pe dală ;
- distanța dintre roți, osii, vehicule, etc ;

Greutatea autovehiculului joacă un rol important în durata de serviciu a drumurilor, Intensitatea cu care este provocată apariția defecțiunilor în îmbrăcămintele rutiere din beton de ciment este mult mai accentuată în cazul circulației autovehiculelor foarte grele decât în cazul celor grele sau mijlocii. În vederea ușurării calculului de dimensionare, se obișnuiește de a alege " autovehicule echivalente " sau de " calcul ", stabilindu-se modul de transformare în acestea, a celor care compun circulația rutieră efectivă.

În ceea ce privește verificarea dalelor de beton la secțiunea unui autovehicul greu, izolat, instrucțiunile necesare prevăd efectuarea calculului la autovehiculul MAN ( 6x4, cu sarcina pe osie de 10 tone (sarcina pe roată P = 5000 daN), iar în cazul autostrăzilor, la autovehiculul A 30 (sarcină pe roată P = 6000 daN). În cazul în care circulația rutieră viitoare (1970 - 2000) va cuprinde autovehicule mai grele într-un procentaj considerabil în compoziția ei, acestea vor genera solicitări însemnate asupra sistemelor rutiere rigide, chiar într-o măsură în care ar putea prevedea degradarea sau distrugerea acestora într-un termen mai scurt decât cel prevăzută în perioada de serviciu normată. Dezvoltarea traficului de mărfuri ar duce incontestabil la această situație, dacă pe linie administrativă nu se vor lua măsuri de limitare a fabricării mijloacelor de transport rutiere în ceea ce privește greutatea utilă maximă a acestora.

În cazul construcțiilor rutiere, sarcinile nu sînt statice. Aplicarea dinamică a încărcărilor rezultă din deplasarea autovehiculelor, iar în cazul drumurilor cu îmbrăcămintă din beton de ciment, acest aspect este cu atît mai evident, avînd în vedere că în dreptul rosturilor transversale și longitudinale, apariția lor are un caracter de șoc .

In cazul acestor sarcini dinamice, durata de aplicare poate fi cuprinsă între 0,059...0,028 secunde, iar efectul lor se manifestă la o distanță de 0,40...2,90 m de rosturi (în medie de 1,50 m). Experiențe efectuate în R.S.Cehoslovacia /8/ în vederea stabilirii unor concluzii privind fenomenul de oboseală a betonului la încărcări dinamice repetate au demonstrat că oboseala betonului are loc la o încărcare dinamică repetată care conduce la eforturi unitare de întindere din încovoiere de peste 54 % din  $R_{t128}$ , precum și faptul că există un număr de repetări de aplicării sarcinilor, peste care durata de serviciu al sistemelor rutiere rigide este influențat în mod direct de natura straturilor inferioare (de fundație și terenul de fundație). Prin urmare - și aceasta este concluzia importantă din punct de vedere al studiului apariției defecțiunilor îmbrăcămintilor rutiere din beton de ciment aflate în exploatare, chiar dacă la dimensionarea acestora acest fenomen nu este luat în considerare sub toate aspectele ei, este importantă acordarea unei atenții deosebite straturilor inferioare ale sistemelor rutiere rigide. (În unele țări, se prevede în mod obligatoriu stabilizarea sau tratarea materialelor granulare cu lianță hidraulică sau hidrocarbonați care compun aceste straturi) .

Problema dimensionării dalelor de beton cuprinde nu numai determinarea grosimii acestora, ci și a celorlalte două dimensiuni : lungimea și lățimea lor. În general, acestea sînt cuprinse între 5...8 m, respectiv 3...3,75. Întru aceste cazuri, există o posibilitate de 80 % de a suporta concomitent sarcini din două axii în cazul dalelor de 5 m lungime, de 97 % în cazul dalelor de 7 m lungime și 100 % în cazul dalelor de 8 m lungime. Totodată, s-a putut stabili că există o repartiție transversală a traficului rutier pe partea carosabilă a drumului, care poate reprezenta o importanță deosebită asupra producerii deformațiilor permanente ale fundațiilor și terenului de fundație, precum și asupra stabilirii lățimilor optime ale dalelor de beton.

În cazul sectoarelor DE studiate, intensitatea circulației rutiere este prezentată în tabelul IX.1.

### 1.2.3. Solicitări provocate de variațiile de temperatură.

În afara solicitărilor provenite din traficul rutier, construcțiile rutiere sînt expuse în permanență unor solicitări ale condițiilor climatice - atmosferice în care funcționează pe întreaga lor durată de exploatare. Razele solare, vîntul, ș.a. nu au o influență pronunțată asupra înbrăcăminților rutiere din beton de ciment în măsura în care aceasta există în cazul înbrăcăminților rutiere asfaltice, apariția unor defecțiuni se poate datora însă unor factori, cum sînt variațiile de temperatură și existența precipitațiilor atmosferice.

Una dintre problemele foarte mult studiate în cazul drumurilor de beton este luarea în considerare a efectelor pe care le pot provoca diferențele de temperaturi între cele două fețe ( de suprafață și de rezemare) ale dalilor. Con tracția internă și contracția de încadrare la deformare care pot da eforturi unitare de întindere însemnate - sînt cauzate de variația zilnică a temperaturii, dar după cum arată de ex. unele studii japoneze /42/, discordanța de bază dintre ele nu este 12 ore, ci o altă periodicitate, schițată în figura II.2.

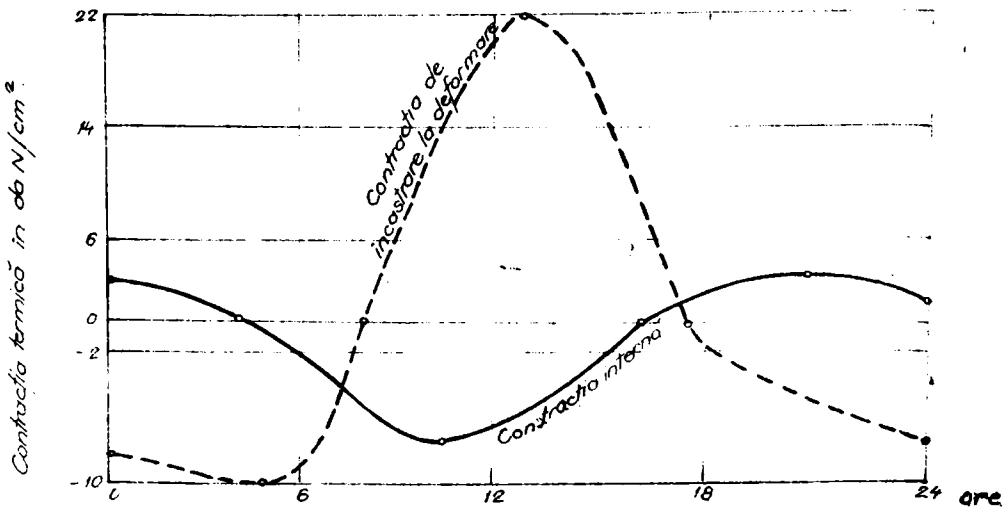


Fig. 2. Representarea variației zilnice a contracției interne și a contracției de încadrare la deformare (cazul rosturilor cu guloane).

Aceste studii indică formula :

(IX.10)

$$\sigma_t = 0,35 \cdot C \cdot \alpha_t \cdot \Delta t$$

in care :

$\sigma_t$  este valoarea calculată a eforturilor unitare  
din contractia termică

$C$  = gradul de împiedicare a deformației ( de  
"încastrare") a dalei de beton, avind valori  
cuprinse între 0,40 (pentru dale de 5 m  
lungime și la diferență de temperatură  
negativă) și 0,98 (pentru dale de 15 m lungi-  
me și la diferență de temperatură pozitivă)

lăsindu-se în considerare rosturi cu gujoane ;  
 $\alpha_t$  = coeficientul de dilatare tehnică a betonului ;  
 $\Delta t$  = diferența de temperatură (temperatura de  
suprafață-temperatura de la partea inferioară  
a dalei) ; din care rezultă că dimensionarea

dalelor este legată de zona climatică a drumului precum și  
de lungimea dalelor de beton.

Pentru ilustrarea modului de variație a temperaturii  
în interiorul dalei de beton, se reproduc unele dintre rezulta-  
tele AASBO, pentru anotimp de vară, în figura IX.3.

Conform instrucțiunilor noastre, /11/ 21/ /31/ /37/,  
în calculul celor două ipoteze de calcul privind verificarea  
dimensionării dalei de beton la solicitările suprapuse din  
traficul rutiar și diferențelor de temperatură între cele  
două fețe ale dalei, se calculează :

a) Ipoteza I - verificarea la acțiunea repetată a autovehicula-  
lui de calcul A 13 și solicitarea medie din temperatură, cu  
formula :

$$\sigma_{\max} = \frac{\alpha \cdot I_0 \cdot \psi \cdot P}{h^2} + 0,8 \cdot \alpha \cdot t \quad \sigma \leq \beta_1 \cdot R_{ct}$$

$\leq R_{ct}$

(IX.11)

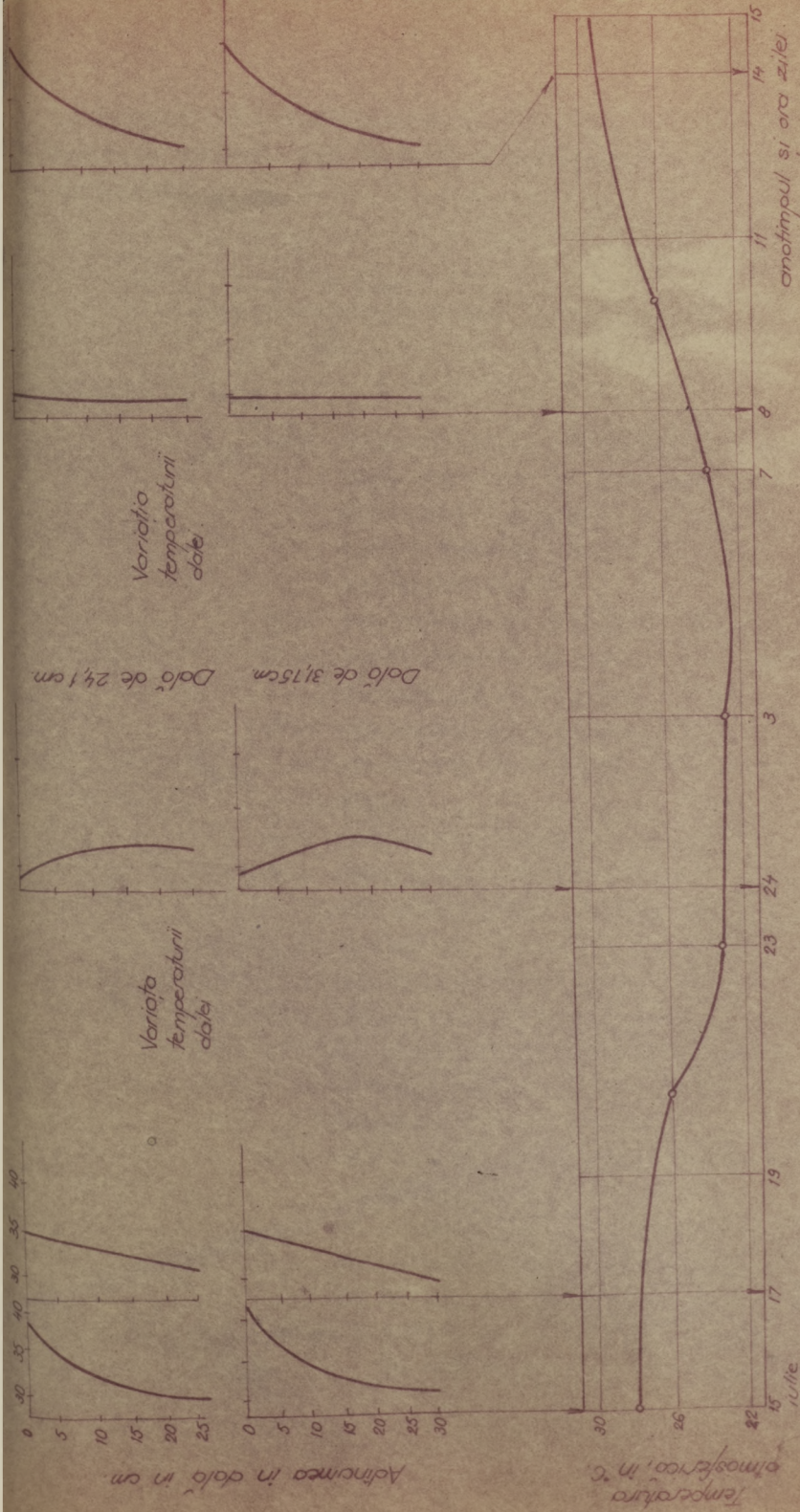


Fig. X.3 Modul de variație a temperaturilor într-o îmbrăcăminte rulantă din beton de ciment în perioada anotimpului cald (vară).

b) Ipoteza II - verificarea la acțiunea izolată a autovehiculului de calcul MAH 6x4 și solicitarea maximă din temperatură, cu formula :

(IX.12)

$$\sigma_{\max} \frac{\alpha_1 P_{\max}}{h^2} + 0,8 \alpha' t \cdot \beta_1 \leq R_{t1} \text{ adm}$$

formule în care

- $\sigma_{\max}$  este efortul unitar de întindere maximă rezultată din cele trei poziții considerate ale aplicării sarcinilor (mijlocul, marginea și colțul dalei) în cadrul celor două ipoteze de verificare ;
- $\alpha_1$  - coeficient al poziției sarcinii utile pe dală ;
- $\psi$  - coeficientul de impact (al caracterului dinamic al sarcinilor utile) ;
- P - greutatea pe roată a autovehiculului A13 ;
- $P_{\max}$  - greutatea pe roată a autovehiculului MAH 6x4 ;
- $\alpha$  - coeficientul de dilatare termică a betonului ;
- h - grosimea calculată a dalei ;
- c - factor de considerare al valorilor medii ale eforturilor unitare din temperatură ;
- $\beta_1$  - termen al cazurilor de poziții considerate ale sarcinilor, (ține cont - după caz - de elementele geometrice ale dalei, modulul de elasticitate și coeficientul lui Poisson al betonului, modulul de deformăție al terenului de fundație) ;
- $E'$  - modulul de elasticitate de lungă durată al betonului ;
- și în care t fiind valoarea diferenței de temperatură între cele două fețe ale dalei de beton, se recomandă a fi considerată :
- $t = 0,67 \cdot h$  - pentru cazul poziției sarcinii utile la mijlocul și la marginea dalei.



$t = 0,40.h$  - pentru cazul poziției sarcinii utile  
la colțul dalei,  
această valoare fiind exprimată în  $^{\circ}\text{C}$ .

În continuare, pentru o dală de 19 cm grosime,  
 $t = 0,67.19^{\circ}\text{C}$  adică  $t = 12,7^{\circ}\text{C}$ . Într-adevăr, gradientul de  
temperatură de  $0,7...0,9^{\circ}\text{C/cm}$ , în cea mai mare parte a țării  
noastre poate fi considerat doar în decursul a citorva zile  
pe an, deci o valoare de  $0,67^{\circ}\text{C/cm}$  este just recomandată.

Având în vedere importanța fenomenului solicitărilor  
din variații de temperatură asupra dalei de beton, merită să  
acordăm atenția deformațiilor care se produc din această cauză.  
În figura IX.4. și IX.5. /35/ este schițată producerea acestora  
pe perioada duratei unei zile de vară.

Variațiile de temperatură zilnice și sezoniere conduc  
la contracția sau dilatația dalelor de beton. Aceste modificări  
de volum se caracterizează prin valoarea coeficientului de  
dilație tehnică, care are valoarea stabilită experimental,  
considerată de  $0,0001 \text{ m/m}$  pentru o variație de  $1^{\circ}\text{C}$  a tempe-  
raturii /11/ /21/ /37/. În trecut, acestul fenomen de contrac-  
ție-dilație termică generală a dalelor de beton i s-a acordat  
o atenție exagerată, asigurând toate condițiile pentru posibili-  
tatea dilatării fiecărei dale. Concepții moderne contrasie  
această optică, precizând că lipsa unor rosturi de dilatație  
provocă eforturi unitare de compresie în dală, care anulează  
parțial eforturile unitare de întindere din încovoire, deci  
au un efect favorabil asupra construcției. Practica a demonstrat  
că lipsa rosturilor de dilatație nu provoacă deformații (în-  
doiri) în cazul apariției eforturilor unitare de compresie  
în dalele de beton care au o grosime de peste 16 cm.

Un al treilea aspect al problemei variațiilor de  
temperatură este efectul temperaturilor joase asupra apariției  
defecțiunilor în îmbrăcămintele rutiere din beton de ciment.  
La temperaturi de sub zero grade Celsius, apa trecând în stare

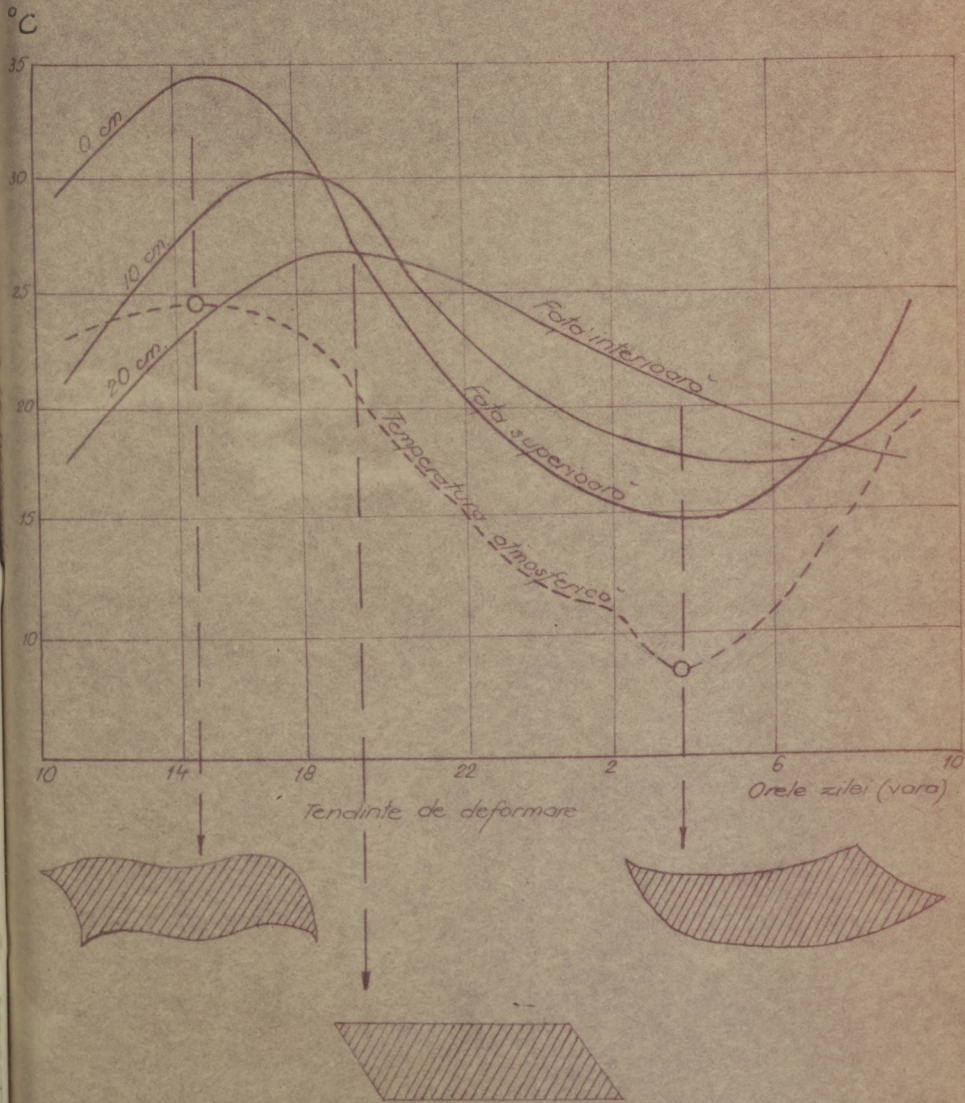


Fig IX 4 Variatii de temperatură in dala de beton in timpul unei zile de vară și deformatiile corespunzătoare ale dalelor.

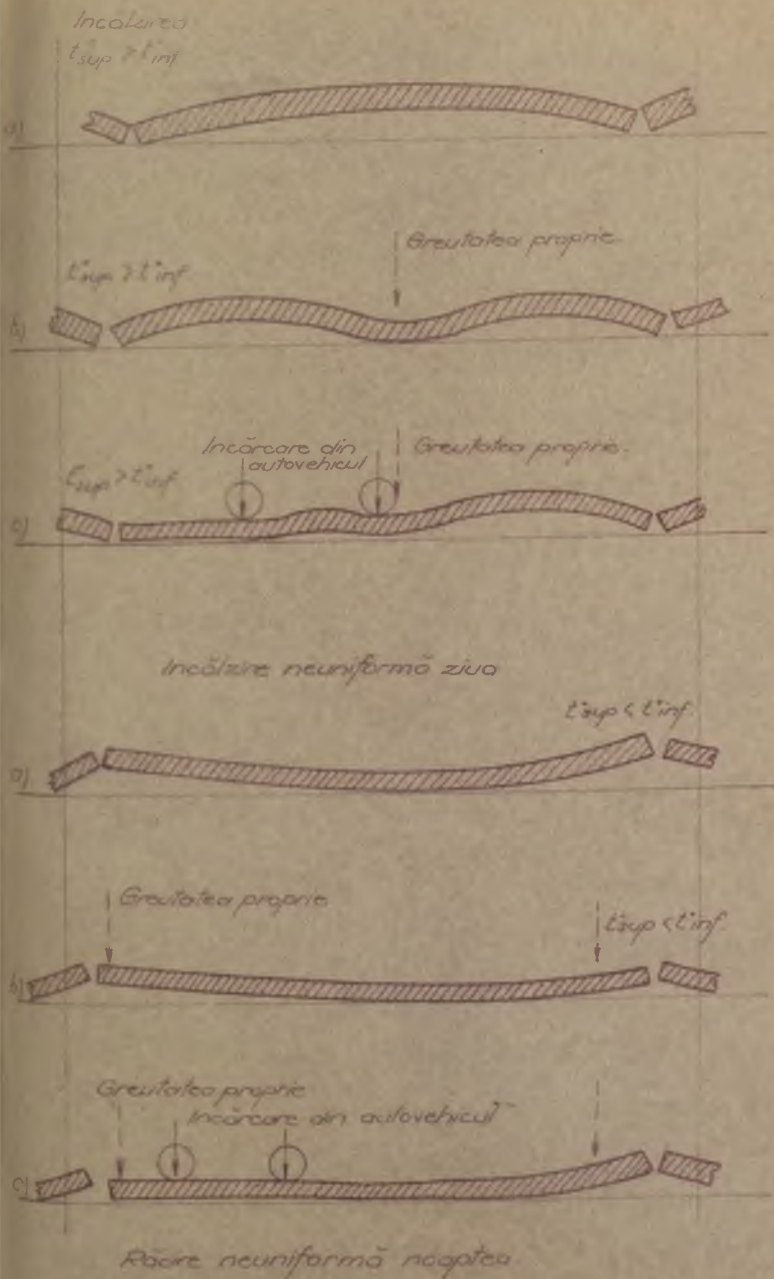


Fig. 1.5 Deformarea dalilor din beton de ciment provocată de variațiile de temperatură zilnice (și de vară).

lichidă în stare solidă, la presiune constantă, prezintă o creștere de volum de aproximativ 9 %. La prezența apei în material, înghețul are efecte dăunătoare la atingerea " coeficientului critic de saturare " privind cantitatea de apă congelabilă și care are valoarea de 0,917 . S-a observat că îmbrăcămintele rutiere din beton de ciment sînt mai avariate de îngheț și deșgheț acolo unde se folosesc săruri decongelante în timpul iernii. În cazul unei dale acoperite cu apă , înghețul pătrunde în dală de sus în jos, după ce apa a înghețat, iar în cazul unei dale acoperite cu sare în soluție, temperatura în dală coboară sub valoarea de 0° înainte de a ajunge la această valoare și la suprafața ei. În acest al doilea caz, cînd apa îngheață și la partea superioară a dalei (la temperaturi foarte joase) în zona interioară deja înghețată sau naștere presiuni hidraulice blocate de această zonă, care generează acțiuni distructive asupra materialului. (Cristalizarea în interiorul betonului a soluțiilor de săruri pătrunse poate provoca presiuni distructive chiar la temperaturi superioare celei de îngheț) /29/. În urmare, pentru a evita producerea acestor fenomene, trebuie luate măsuri eficiente de protecție a betonului, care pot fi de două moduri de soluționare : ori se realizează betoane cu structură impermeabilă (în primul rînd, prin utilizarea unor adăscuri antrenoare de aer la prepararea acestora), ori se evită folosirea sării de decongelare la întreținerea drumului pe timp de iarnă.

Comiterea unor greșeli sau erori de alcătuire sau dimensionare pot conduce la apariția unor defecțiuni în îmbrăcămintele rutiere din beton de ciment date în exploatare. Referindu-ne la metodologia noastră de dimensionare a sistemelor rutiere serigide /11/ /21/ /32/ /37/, este posibilă comiterea următoarelor greșeli sau erori de calcul :

- Determinarea valorii sarcinii pe roată (P), făcîndu-se conform recomandării cu privire la autovehiculul de calcul A 13 cu  $P = 45\% \text{ daN}$ , exclude posibilitatea introducerii erorilor de calcul. Coeficientul de reducere al valorii rezistenței

la întindere din încovoiere la 28 zile ( $R_{t,1}$ ), coeficientul ( $n$ ) care ține seamă de fenomenul de oboseală la care este supusă dala prin trecerea repetată a încărcărilor mobile din circulația autovehiculelor, se determină printr-un calcul de echivalare al trecerilor diferitelor tipuri de autovehicule, în treceri echivalente ale autovehiculului de calcul A 13, ceea ce se efectuează în baza unei diagrame sau a unui tabel de echivalare foarte accesibile, fixându-se apoi trei valori posibile ale coeficientului, chiar dacă aceasta se alege greșit, calculul conduce la supradimensionarea sistemului rutier. Verificarea soluției pentru acțiunea izolată a celor mai grele autovehicule care compune traficul rutier de perspectivă în proporție de peste 5% se face  $P_{\max} = 5000 \text{ daN}$ . Dacă în realitate  $P_{\max}$  astfel considerat depășește această valoare, acest fapt trebuie cuprins în calcule, cunoscându-se efectul deosebit de defavorabil al circulației foarte grele asupra durabilității sistemului rutier. (Actualmente nu se înregistrează asemenea cazuri) .

Dala este caracterizată prin modulul de elasticitate la încovoiere și prin rezistența admisibilă la întindere din încovoiere a betonului, iar mediul liniar deformabil pe care reacționează dala este caracterizat prin modulul de deformare liniară.

Caracteristicile betonului, fixate prin instrucțiuni ca și valoare, se realizează în mod sigur dacă se respectă prevederile privind compoziția, precum și procesul tehnologic de preparare, punere în operă și întreținerea ulterioară a betonului.

Stabilirea valorii modulului de deformare liniară al stratului suport compoartă însă considerații, calcule sau determinări mai dificile. Acest modul este un " modul echivalent" al bistratului teren de fundație - strat de fundație rutieră, iar determinarea valorii modulelor de deformare ale acestora, pentru efectuarea calculelor de echivalare, este laborioasă. Este posibilă înregistrarea unor erori de ordinul  $E_{\text{calcul}}$  teren de fundație =  $E_{\text{real}}$  teren la fundație

$\pm ( 30...50 ) \text{ daN/cm}^2$  și  $R_{\text{calcul strat suport}} = R_{\text{real strat suport}} \pm ( 50...70 ) \text{ daN/cm}^2$ . În asemenea cazuri limită, valoarea modulului echivalent (pentru o grosime usuală a stratului de fundație rutieră) poate fi cu aproximativ 10...12% mai mică decât de cea reală, ceea ce conduce la subdimensionarea dalelor (în cazul celor de 14...19 cm grosime) cu aproximativ 3...1 %. Din aceste calcule ar rezulta că influența straturilor inferioare asupra stabilirii grosimilor de beton este foarte redusă, dacă erorile rămân în limitele considerate mai sus.

Instrucțiunile de mai sus prevăd aplicarea măsurilor de prevenire a fenomenului de îngheț-dezgheț prin dimensionarea și din acest punct de vedere al sistemelor rutiere. Rezultă că la proiectare trebuie prevăzută sursa de aprovizionare cu pământ și materiale necesare realizării straturilor rutiere inferioare, cât și stabilirea grosimii corespunzătoare a acestora în caz de nevoie. Neglijarea acestui aspect de proiectare poate conduce la pierderea stabilității dalelor sau la distrugerea lor datorită rezemării acestora în condiții necorespunzătoare.

Cu ocazia elaborării proiectelor de execuție se tratează cu deosebită atenție problema îndepărtării apelor freatice și atmosferice din zona drumurilor. Posibilitatea pătrunderii apei în straturile rutiere și în terenul de fundație poate conduce la degradarea îmbrăcăminții rutiere din beton de ciment sau la pierderea stabilității dalelor, mai cu seamă în perioadele de îngheț-dezgheț repetat.

### 1.3. Execuția corectă a lucrărilor

Dintre cauzele care generează apariția defecțiunilor îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment, ponderea cea mai mare o au - atât din punct de vedere al posibilităților de înregistrare a lor, cât și din cel al influenței asupra serviciului normal - greșelile de execuție. Ele rezultă din nerespectarea fidelă a prescripțiilor cu privire la procesele tehnologice.

fiind în general posibile de eliminat printr-o organizare tehnică a execuției și a controlului execuției lucrărilor /13/ /23/ /34/ /35/ /36/ /38/ /47/ .

Având în vedere că asupra acestor deficiențe au fost și vor fi făcute observații în continuare, se amintesc aici foarte pe scurt unele dintre cele mai curent întâlnite pe șantierele rutiere și care pot avea urmări deosebit de grave asupra duratei reale de serviciu a drumului :

**a) La prepararea betonului rutiere, prima condiție importantă este respectarea prescripțiilor de calitate pentru materialele componente ale betonului.**

Nerespectarea compoziției scheletului mineral influențează asupra caracteristicilor fizico-mecanice ale betonului. Nerespectarea raportului agregate concasate - agregate rotunde de râu, în defavoarea primului sort, conduce la scăderea rezistențelor mecanice, conform celor arătate în fig. II.6. și II.7.

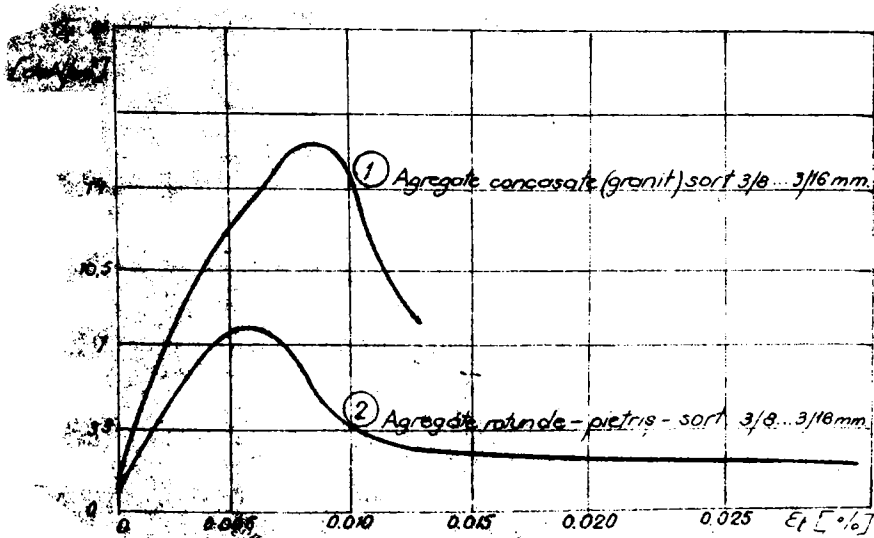
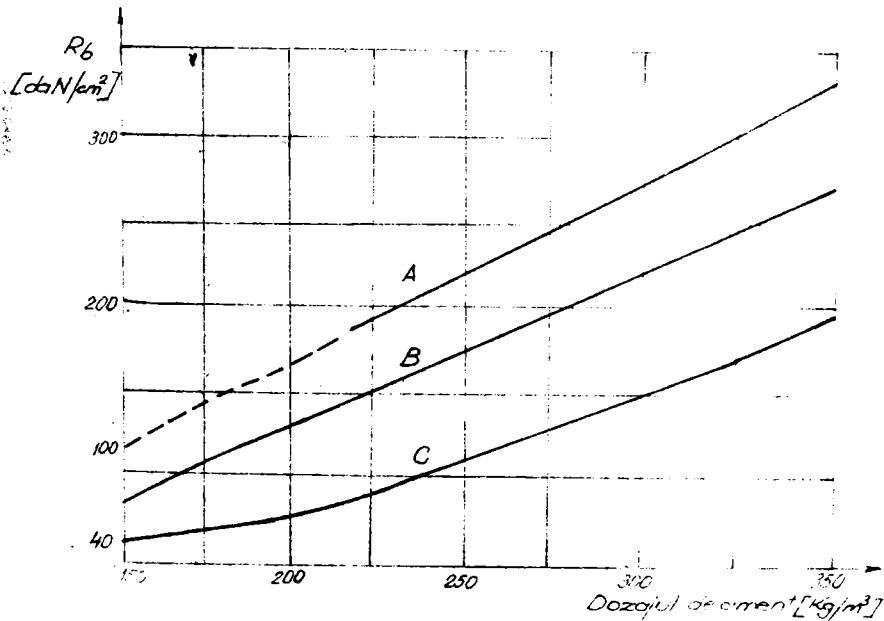


Fig. II.6 Influența naturii agregatului asupra alurii curbei caracteristice a betonului



A, B, C - tipuri de curbe granulometrice, A - bogată în agregate mari; C - bogată în nisip.

Fig. IX.7. Influența granulozității agregatelor asupra rezistenței la compresiune a betonului.

Compoziția scheletului mineral influențează asupra caracteristicilor fizico-mecanice ale betonului și prin mărirea dimensiunii maxime a granulelor agregatului, în modul arătat în figura IX.8. /35/ .

Este de remarcat modul în care influențează - defavorabil - conținutul ridicat de nisip asupra rezistențelor mecanice ale betonului, precum și faptul că există o dimensiune maximă optimă a granulelor, la depășirea căreia, valoarea rezistenței la întindere din încoviere scade.

Prin urmare, nerespectarea compoziției prescrise a scheletului mineral (mărirea și natura granulelor agregatului mineral) poate conduce la reducerea nedorită a rezistențelor mecanice în proiecții foarte importante. Rezolvarea tehnică a



a acestei probleme constă în organizarea stațiilor de preparare a betoanelor cu privire la dozarea automatizată a agregatelor minerale.

Dozajul de ciment influențează în mod direct asupra calității betonului. Conform prescripțiilor noastre /32/, mărcile de betoane rutiere se obțin conform dozajelor stabilite pentru cimentul de mărca dată, de către laboratoare de specialitate, pe bază de studii și încercări de laborator. Nerespectarea pe șantiere a dozajului de ciment prescris conduce la scăderea rezistențelor mecanice ale betonului, conform celor arătate în figura IX.9. /2/ .

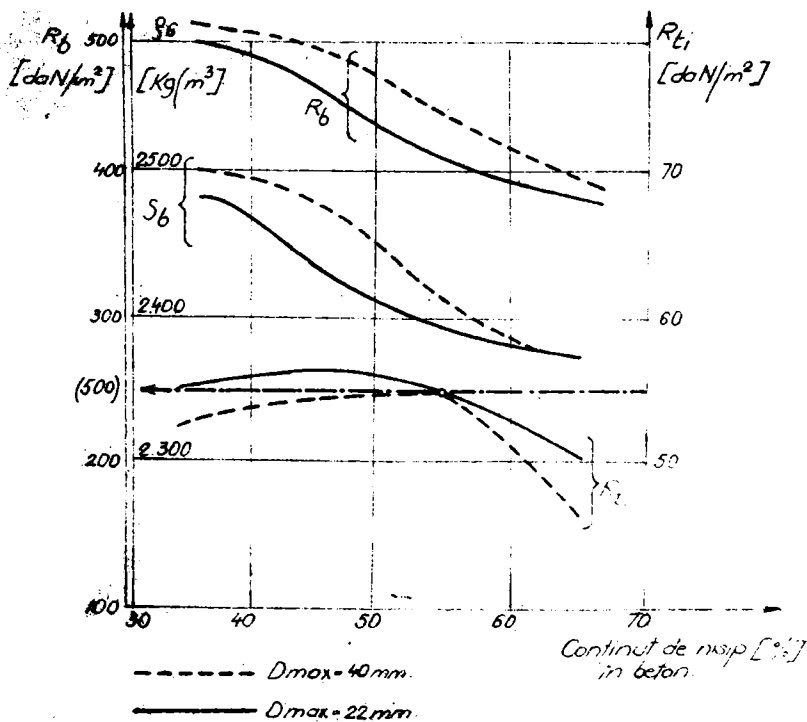


Fig. IX.9. Influența dimensiunii maxime a agregatului mineral și al conținutului de nisip asupra caracteristicilor fizico-mecanice ale betonului.

Evitarea posibilităților producerii unor defecțiuni în înbrăcămintățile rutiere din beton de ciment este de asemenea, rezolvarea dozării gravimetrice automatizate a cimentului la stațiile de preparare a betonului .

Una dintre greșelile de execuție cele mai des întâlnite pe șantierele rutiere este nerespectarea prescripțiilor privind raportul apă/ciment. Standardul în vigoare /32/ precizează că valoarea maximă  $a/c$  este de 0,45. Având în vedere diferitele opinii existente cu privire la acceptarea unor cantități de " apă de amestecare " respectiv neacordarea atenției cuvenite dozării apei la prepararea betonului (situații întâlnite ocazional și pe șantierele pe DN 6-1960...1964 - și DN 68 A), pot conduce la realizarea unor betoane de calitate slabă față de cea prevăzută, influența raportului a/c manifestându-se în modul arătat în figura IX.10 și IX.11 /2/.

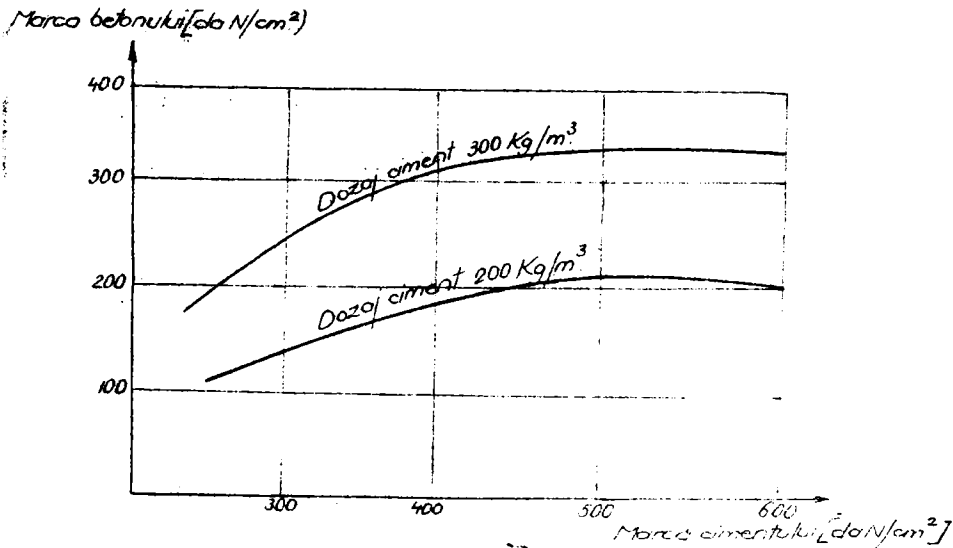


Fig IX.9 Influența dozajului de ciment asupra mărcii betonului.

Stațiile automatizate de preparare a betoanelor, cu dozarea gravimetrică sau volumetrică a apei, elimină posibilitatea nerespectării raportului a/c prescris.

la betonului

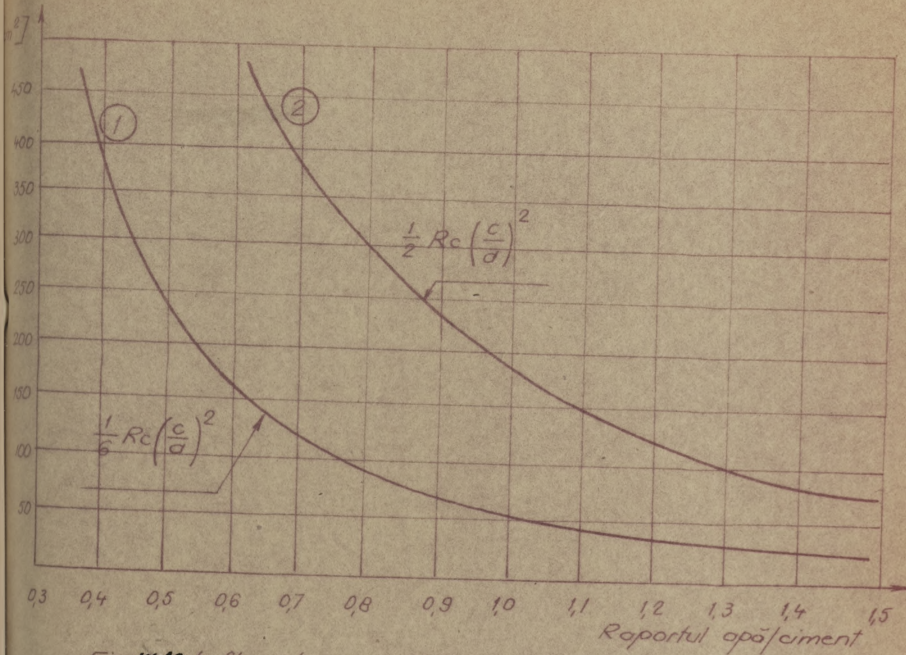


Fig. IX.10 Influența raportului apă/ciment asupra mărcii betonului.

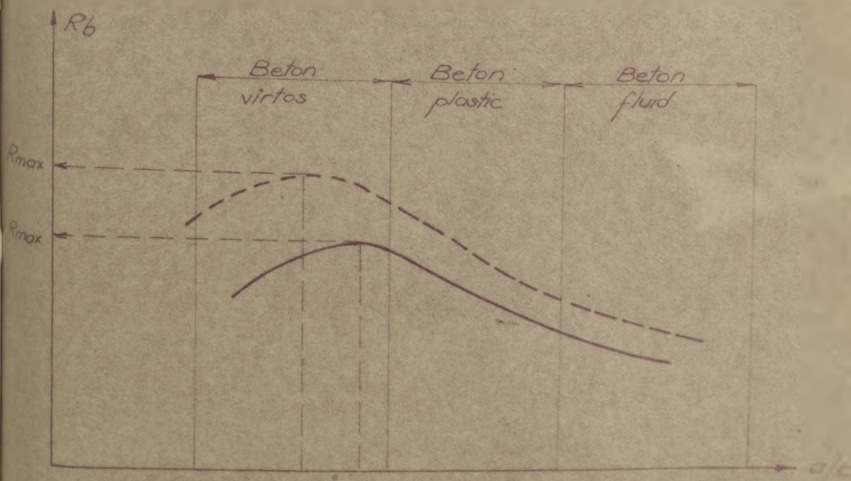


Fig. IX.11 Influența raportului apă/ciment și a modului de compactare asupra mărcii betonului.

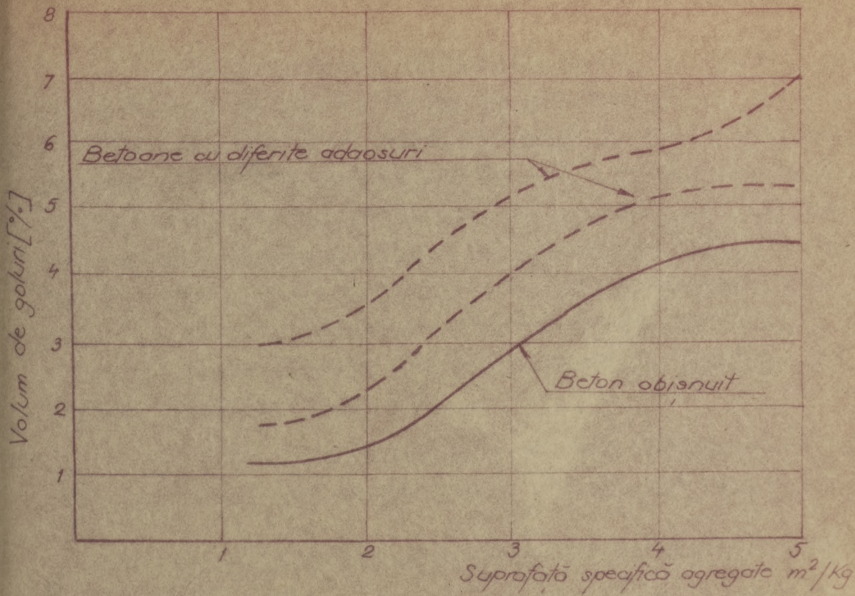


Fig. IX.12 Influența adaosurilor antrenori de aer asupra volumului de goluri al betonului.

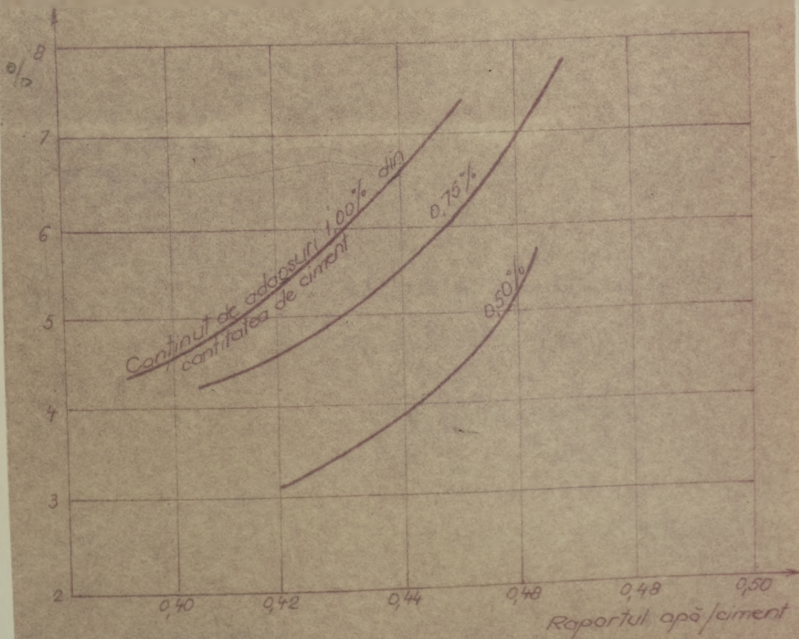


Fig. IX.13 Influența conținutului în adaosuri și a valorii raportului apă/ciment asupra volumului de goluri al betonului.

La prepararea betoanelor rutiere, adaosurile antrenoare de aer și plastifiante se pot introduce în amestec prin dozarea acestora (sub formă de praf) la alcătuirea scheletului mineral sau prin dozarea lor în apă. Adaosurile se utilizează în proporții extrem de reduse, în general sub 1 % din greutatea cimentului, pentru a obține un procent de volum de goluri prescris. Prin urmare, posibilitatea înregistrării unor erori de dozare a acestor adaosuri este însemnată. Influența acestor erori se poate observa din reprezentările grafice redată în figura IX.12 și IX.13 /35/ .

După Springenschmid, efectul volumului de goluri creat și modul lor de producere pot fi /6/ următoarele :

**A. Efectul adaosurilor antrenoare de aer asupra calității betonului :**

<b>Caracteristici</b>	<b>Efectul produs asupra caracteristicii</b>
<b>Consistența</b>	Betonul proaspăt devine mai puțin virtos pentru 1 % microbule de aer, se poate reduce cantitatea de apă cu cea $3 \text{ l/m}^3$ și nisipul fin ( 0,1..1) cu cea 0,5 %
<b>Transport, punere în operă</b>	Se reduce tendința de segregare a betonului în timpul transportului și punerii în operă.
<b>Rezistența la compresiune</b>	Scade puțin, dacă nu se reduce cantitatea de apă în cea $3 \text{ l/m}^3$ și nisipul fin cu cea 0,5 % .
<b>Rezistența la întindere din încoțare</b>	Apocope neschimbată
<b>Rezistența la îngheț-dezghet repetat</b>	Se mărește considerabil
<b>Rezistența la săruri decongelante</b>	Se mărește considerabil

**B. Influența asupra conținutului de microbule cu aer și asupra distanței dintre acestea .**

Utilizarea adăso- rilor în cantitate înduplată	Volumul de goluri cu aer crește cu cel puțin 2 %
Mărirea conținutului de nisip fin 0,2/0,6 mm .	Se mărește volumul total de goluri.
Mărirea conținutu- lui de material fin, sub 0,2 mm	Se micșorează volumul total de goluri
Ciment măcinat fin, de înaltă rezisten- ță	Se micșorează volumul total de goluri
Disolvarea adăso- rilor în apa de amestec	Se mărește volumul total de goluri
Mărirea timpului de malaxare cu 1,5 min.	Se reduce distanța între goluri
Transportul la dis- tanță mare a betonu- lui proaspăt.	Volumul de goluri se reduce cu cea 0,5...0,8 %, distanța între ele nu se modifică.
Vibrarea prelungită a betonului.	volumul total de goluri se reduce puțin distanța între goluri se micșorează puțin.
Temperatura scăzută a betonului proaspăt.	Volumul total de goluri se mărește puțin.

Prescripțiile și recomandările cunoscute stabilesc că în cazul betoanelor rutiere, eficiența adăso-  
rilor antrenare de aer este maximă dacă în urma utilizării lor, volumul total de goluri cu aer crește de la 1...1,5 % la 4...5 % în cazul beto-  
nului întărit. Depășirea acestei valori, respectiv mai cu seamă neintroducerea adăso-  
rilor prevăzute în masa betonului produc apariția unor defecțiuni în înbrăcămintea rutieră conform celor arătate mai sus. Se recomandă verificarea cel puțin de trei ori pe fiecare schimb, dozarea corespunzătoare a adăso-  
rilor.

Totodată, se acordă atenție - și se rezolvă prin automatizarea stațiilor de fabricare a betoanelor - respectării

modului și duratei de amestecare a materialelor.

La punerea în operă a betoanelor rutiere, se are în vedere, în primul rând, realizarea transportului betonului proaspăt în asemenea condiții încît să se evite producerea fenomenului de segregare. Aceeași observație este valabilă și pentru descărcarea și așternerea acestuia.

Asigurarea calităților ulterioare ale betonului depind în cea mai mare măsură, de modul de compactare al betonului proaspăt. Vibrarea betonului este procedeul de compactare aplicat în cazul construcțiilor de drumuri din beton.

În timpul vibrării coeziunea amestecului de beton proaspăt și frecările interioare sînt anulate, în așa fel încît betonul se comportă ca un lichid, umplînd cu ușurință tiparele (și spațiile dintre armături în cazul îmbrăcămînții rutiere din beton armat) și eliminînd aerul ocus în amestecare. Sub efectul vibrării, spațiile dintre granulele de diferite mărimi se vor reduce la minimum printr-o așezare rațională a acestora, care trec dintr-o poziție inițială carecarea într-o poziție finală mai stabilă. Se obține în acest fel un beton compact bine îndesat și cu cît mai puține goluri rezultate din procesul tehnologic de punere în operă /2/ .

Rezistențele betonului compact prin vibrare sînt influențate de :

- durata de vibrare ;
- frecvența vibrării ;
- amplitudinea și accelerația oscilațiilor ;

aceste influențe fiind prezentate în figura IX.14 și IX.15 .

Dacă frecvența, amplitudinea și accelerația oscilațiilor pot fi caracteristici ale utilajului vibrator utilizat, durata de vibrare poate fi influențată de reglarea lor în timpul lucrului ; ori reducerea duratei de vibrare (sau revibrare) prescrise poate conduce la red cere importante ale valorii caracteristicilor fizico-mecanice ale betonului, provocînd apariția defecțiunilor corespunzătoare acestora.

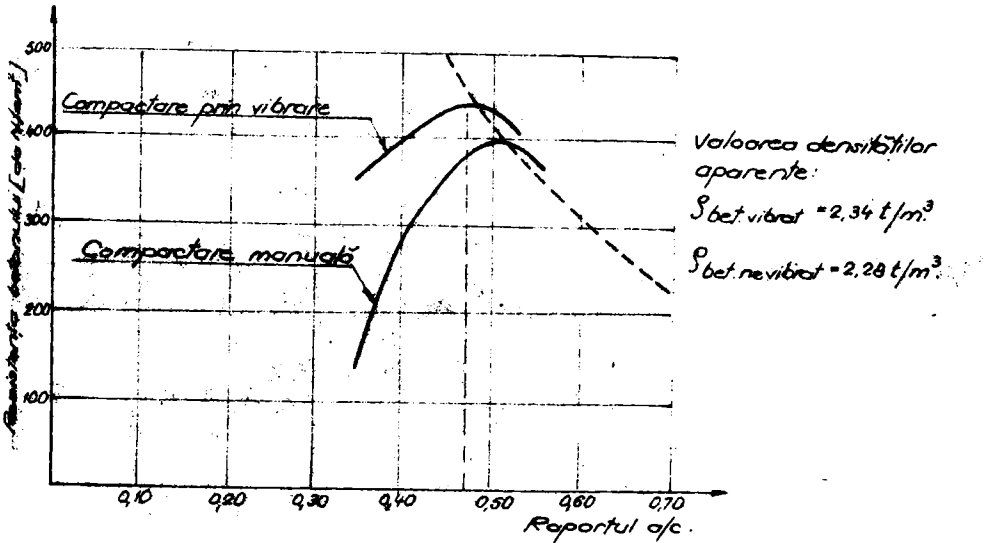


Fig.11.14 Influența modului de compactare în cazul unui beton de ciment dat.

Îmbunătățiri importante ale calității betoanelor pot fi obținute prin aplicarea procedurii revibrării betonului în perioada de priză, studiile efectuate în această direcție pe traseul DN 68 A Lugoj-Păget-Iliș fiind descrise în cadrul paragrafului 2.2. din capitolul VIII.

Prescripțiile noastre referitoare la realizarea straturilor rutiere din betoane de ciment prevăd ca betonul preparat în stații fixe să se transporte ferindu-le de condițiile atmosferice defavorabile (ploi, vânt, soare) la distanță maximă de 10 km pe drumuri pe care se asigură o viteză de circulație de cel puțin 30 km/oră. În caz ca se constată seprizarea betonului în timpul transportului, acesta se va reamesteca înainte de punerea în operă. În cazul unor distanțe mai mari decât cea stabilită mai sus, betonul proaspăt trebuie transportat în autobetoniere. Timpul care se scurge de la prepararea



betonului pentru straturile de rezistență și până la completa finisare a suprafeței stratului de azură trebuie să nu depășească cu mai mult de o oră durata începutului urzei /32/, însă contrar acestor prescripții, se recomandă ca transportul betonului să se efectueze întotdeauna ca autobetoniere.

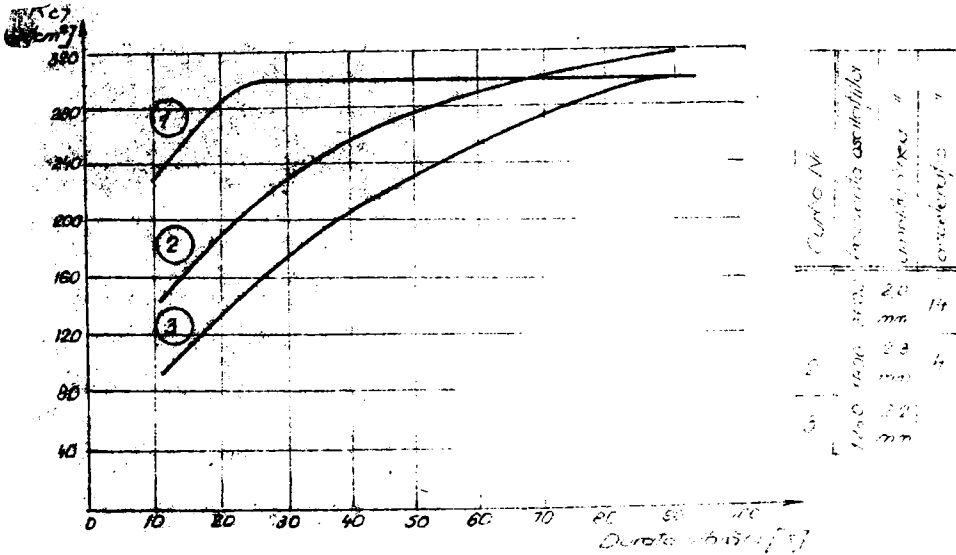


Fig. 16. Influența duratei de vibrație, a frecvenței oscilațiilor și accelerației oscilațiilor vibrației asupra rezistenței la compresie la 7 zile a betonului.

Se prescrie, de asemenea, că betonul se pune în operă numai între lungrine metalice care se vor așeza pe platforma pregătită cu benzi de beton sau mortar de ciment. Betonul se execută într-unul sau mai multe straturi, funcție de titlajul de compactare și de grosimea îmbrăcăminții rutiere. Înainte de așternerea betonului suprafața fundației se va acoperi cu un strat de nisip de riu în grosime de 2 cm după compactare, iar pe suprafața nisipului se așează o foaie de hirtie sau de polietilenă. Așternerea betonului se face numai cu repartizatoare

mecanice (cu excepție unor suprafețe reduse, cum sînt supra-lărgirile curbelor, platforma sau locuri de parcare mici și izolații, etc.). Compactarea se efectuează cu vibrofinisoare (în cazul lucrărilor mici și izolate, cu ajutorul plăcilor sau grinzi vibratoare), avînd minimum 3000 vibrații/minut. Pe isonca suprafeței se face cu ajutorul vibrofinisarelor prevăzute cu grinzi finisoare. /32/.

Protejarea betonului proaspăt turnat în înbrăcăminte rutieră cere o atenție deosebită din partea constructivului de drumuri. După prescripțiile noastre, această operație se face cu unul din următoarele procedee :

- folie de polietilenă pe timp de lo zăle ;
- peliculă de emulsie de parafină ;
- peliculă de bitum tîiat și nisip ;
- peliculă de emulsie bituminoasă cationică și nisip ;
- strat de nisip în grosime de 3 cm menținut umed timp de lo zăle.

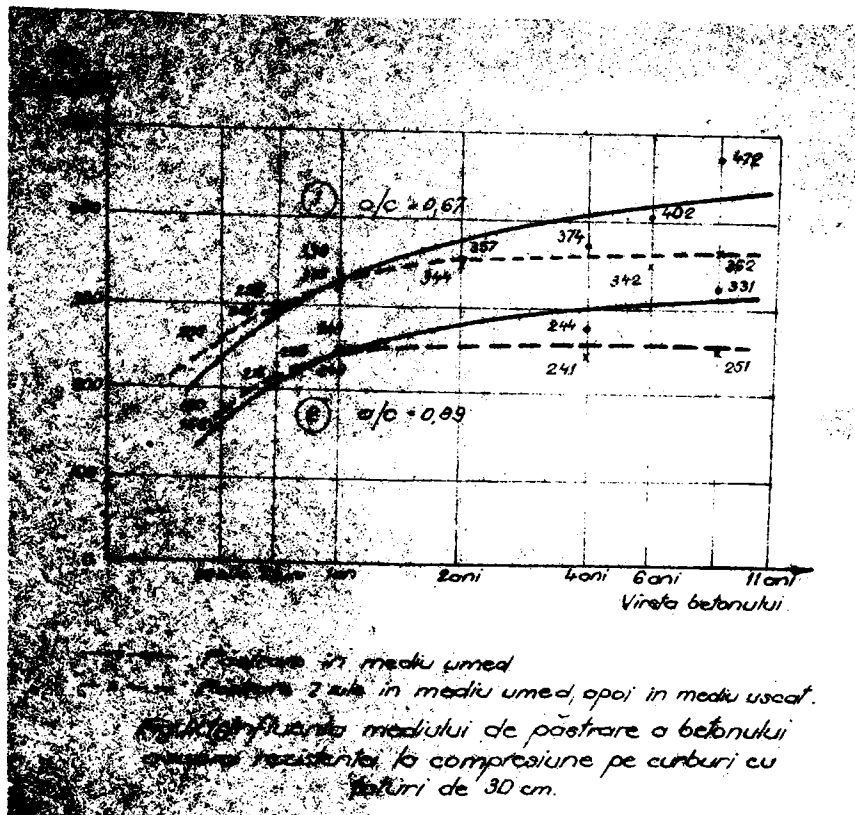
Totodată, pe perioada de întărire a betonului, se iau măsuri de împiedecarea circulației autovehiculelor pe suprafața acestuia /32/ .

Netratarea ulterioară a betonului în prima perioadă de întărire, conduce la obținerea unor rezistențe mecanice mult scăzute, precum și la apariția fisurilor și crăpăturilor de contracție.

Rezistența la compresiune, obținută în timp pe cuburi cu latura de 30 cm , variază în funcție de modul de protejarea ulterioară, în proporțiile arătate prin exemplificare în figura IX.16. Totodată, mediul de păstrare influențează și asupra rezistențelor la întindere, la betoanele păstrate în mediu uscat se nasc eforturi unitare de contracție care reduc valoarea rezistenței la întindere din încovoire /2/ .

Umiditatea și temperatura influențează în gradul cel mai înalt modificările de structură ale betonului în timpul întăririi. Temperatura sub 0 °C aplicată în primele 24 ore de la

turnare, au drept efect o distrugere a structurilor cristaline slabe, ca urmare a înghețării a unei cantități de apă liberă aflată în beton.



Temperaturi sub  $0^{\circ}\text{C}$  aplicate între una și trei zile de la turnare au drept efect o diminuare a rezistențelor finale ale betonului, cuprinsă între 40...10%. După 3 zile de la turnare, temperaturile negative nu mai au influență asupra structurii betonului, apa fiind aproape în întregime legată. Temperaturile cuprinse între  $0...+4^{\circ}\text{C}$  nu provoacă nici o degradare în mod direct, dar au drept efect o încetinire puternică a formării structurii betonului. /2/ Din aceste considerații rezultă reguli precise în ceea ce privește executarea înbrăcămintelor

rutiare din beton de ciment pe timp friguros, ale căror necorectare pe gantioanele de construcții rutiere atrage după sine apariția unor defecțiuni și degradări chiar dintre cele mai grave. Betonările la temperaturi joase pot fi executate numai în condiții de lucru bine stabilite (de ex. metode elaborate în URSS).

Greșeli de execuție pot fi înregistrate cu privire la realizarea rosturilor de contact, dilatație și contractie, la realizarea elementelor geometrice referitoare la suprafașarea căii, a rugozității, etc. asupra cărora vom reveni mai jos.

Întreținerea necorespunzătoare a drumului, precum și administrarea nestentă a acestuia pot provoca sau favoriza apariția defecțiunilor înbrăcăminților rutiere din beton de ciment.

Una dintre cele mai importante probleme ale întreținerii drumurilor este asigurarea condițiilor pentru îndepărtarea permanentă și în orice situație a apelor superficiale de pe platformă și din zona acestora. Dacă este posibilă umedirea straturilor rutiere inferioare, a pământului de fundație, se pot produce diverse fenomene de modificare a structurii acestora, cauzând inabilitatea întregului sistem rutier solicitat de către circulația autovehiculelor.

De asemenea, este foarte importantă organizarea unei activități permanente de întreținerea drumului. Orice întârziere - precum și orice execuție greșită - în remedierea sau repararea unor defecțiuni ale stratului rutier din beton de ciment pot genera dezvoltarea nedorită a acestora, aceste probleme având aspecte economice deosebit de importante.

Acțiunile întreprinse în cadrul activității de întreținere a înbrăcăminților rutiere din beton de ciment trebuie să fie tehnice și eficiente, organizate în baza unor prescripții și studii formulate de către factori competenți. Executarea întocmai a instrucțiunilor date în lumina acestora subunităților de întreținere a drumurilor, formează obiectul unui control permanent riguros și competent.

Adminstrarea drumurilor înseamnă și elaborarea metode sau forme de utilizare corespunzătoare ale drumurilor în funcție de tipul și caracteristicile acestora, în concordanță cu cerințele utilizatorilor, dar și cu posibilitățile tehnice ale construcției rutiere, în vederea prelungirii, cât mai posibil, a duratei de serviciu.

Scopul principal al lucrării de față este de a aduce contribuții la îmbunătățirea calității lucrărilor de drum, atât la construcția cât mai ales în activitatea de întreținere a acestora.

## 2. PRINCIPALELE DEFECTIUNI ALE BEMACAMENTILOR RUTIERE DIN BETON DE CIMENT

### 2.1. Defectiuni ale suprafeței de rulare

În cadrul acestui subcapitol se tratează descrierea, modul de apariție, cauzele și posibilitățile prevenirii apariției, precum și metodele de eliminare sau remediere a acelor defectiuni, care apar și se dezvoltă pe partea superficială a stratului rutier din beton de ciment, adică în suprafața de rulare a părții carosabile a drumului. Acestea sînt exfolierea (decojirea) și gîlfuirea suprafeței de rulare, apariția făgașelor de circulație și existența undulațiilor în profilul în lung, respectiv coroziunea chimică superficială a betonului.

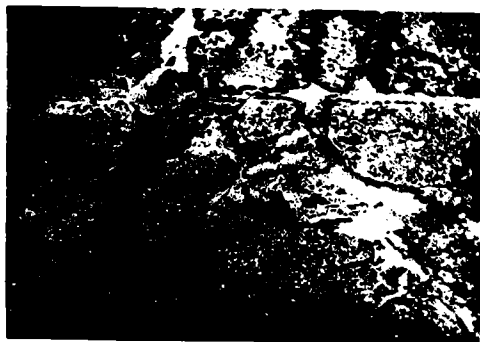
#### 2.1.1. Exfolierea (decojirea) suprafeței de rulare

Exfolierea (cojirea) betonului se manifestă prin spargerea crustei de mortar de în suprafața înbrăcăminții din beton de ciment și îndepărtarea acesteia sub acțiunea traficului. În urma acestui fapt, granulele mai mari ale scheletului mineral, aflate în zona superficială a stratului de beton vor rămîne dezvelite, iar sub acțiunea traficului, acestea pot fi afîrîsate, respectiv se poate produce dislocarea și îndepărtarea lor. În unele cazuri această degradare poate înainta în adîncime. Se favorizează bîltirea apei pe suprafața căii, pătrunderea ei

În masa betonului, iar sub acțiunea înghețului-dezghețului repetat, procesul de degradare se poate continua prină un caracter pronunțat. Se reduce treptat grosimea stratului rutier, deci micșorarea capacității lui portante. Degradarea poate avea un caracter neuniform de-a lungul suprafeței de rulare, provocând condiții anevoioase pentru desfășurarea circulației autovehiculelor la viteze de deplasare sporite (Vezi fig.



a. DN 6 km 380+200



b. DN 6 km 378+300

Fig. IX.17 Suprafață exfoliată (decojită)

Cauzele producerii exfolierii sînt următoarele :

- Finisarea prea accentuată a suprafeței betonului la execuție produce separarea unei părți a mortarului din masa betonului, realizează un strat de mortar la suprafața de rulare, care prezintă caracteristici fizico-mecanice mult mai reduse decît cele ale betonului rutier, este sensibil la variații de umiditate și temperatură (în primul rînd la acțiunea înghețului-dezghețului repetat) avînd o valoare redusă a rezistenței la uzură.

- Amestecul neuniform al betonului la prepararea acestuia poate produce aceeași situație, cu caracter local.

- Execuția defectuoasă a compactării (vibrații) betonului. În general, orice ne lîjintă manifestată la execuția

lucrărilor conduce la apariția inevitabilă a unor defecțiuni în îmbinămintele rutieră din beton de ciment. Se constată de exemplu unele sectoare izolate, referente unor șurje de beton, unor zile de lucru, etc., pe care cojirea betonului este deosebit de pronunțată (DN 68 A Km 20+400 dr, 28+000...28+150 stg. 49+310 dr. etc). Semnificativă este în această ordine de idei, situația sectorului exfoliat DN 68 A Km 28+000-28+150 stg., pe care au fost extrase carote în vederea verificării calității betonului /3/ .

Rezultatele, în comparație cu banda de circulație alăturată, precum și cu prescripțiile tehnice în vigoare arată că nu au fost obținute rezistențele mecanice necesare unei exploatări normale a drumului. În figura IX.13 se notează datele referitoare la rezistența la compresiune a betonului din această porțiune a drumului.

- Folosirea agregatelor minerale necorespunzătoare produce de asemenea apariția acestui mod de degradare a suprafeței stratului din beton de ciment, spargerea granulelor slabe, apoi fenomenul de dislocare a mortarului de ciment coadus, în final, la decojirea suprafeței de rulare.

- Întărirea betonului în condiții normale, mai cu seamă la temperaturi joase (sub 0°C) la care a ajuns zona superioară a stratului, sau tratarea ulterioară neîngrijită a betonului turnat și prin urmare uscarea (chiar și periodică) a părții superioară a stratului de beton în perioada de priză și întărire conduc la obținerea unui strat din beton de ciment care parțial este necorespunzător în ceea ce privește valoarea rezistențelor fizico-mecanice.

- Efectul fizic al fluctuațiilor (stăruirilor decongelante) care se folosesc pentru combaterea poleialului și a săpezii în timpul iernii, provoacă, de asemenea, apariția acestor defecțiuni (vezi paragraful 2.1.5.)

- Nerespectarea conținutului optim prescris de apă la prepararea betonului conduce, de asemenea, la realizarea unor straturi din beton, de ciment de slabă calitate, mai cu seamă în unele cazuri - în zona superioară a stratului .

Provenirea apariției degradărilor de acest gen rezultă din definirea cauzelor producerii lor, precum și din cele notate anterior, în paragrafele precedente ale prezentu-

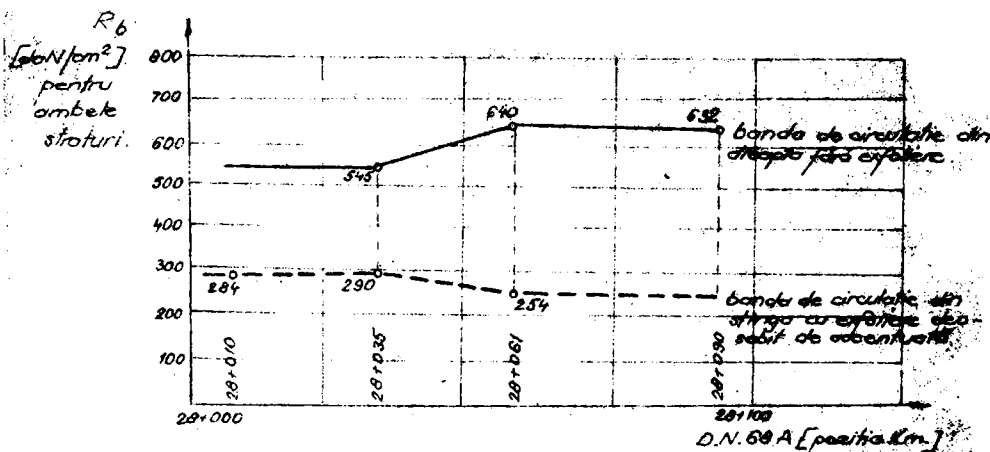


Fig. 18 Rezistența la compresionare a betonelor de pe sectorul D.N. 68 A Km. 28+000 - 28+150, influența valorii acestora asupra apariției exfolierilor suprafeței de rulare.

- este de menționat faptul că pe toate sectoarele experimentale pe care s-a aplicat procedeu revibrării betonului în perioada de priză, nu a apărut deloc coșirea suprafeței de rulare, ceea ce denotă că, pe de o parte, aplicarea acestui procedeu de compactare conduce la lucrări de foarte bună calitate din aceste puncte de vedere - precum și că pe lângă o execuție îngrijită și controlată a lucrărilor, producerea diferitelor defecțiuni este mult atenuată.

Repararea suprafețelor exfoliate (coșite) se poate efectua prin aplicarea următoarelor metode :

- Utilizarea mortarelor preparate cu liforite tipuri de rășini sintetice a găsit o largă aplicabilitate în diverse țări ale lumii. Dintre acestea, rășinile epoxidice sînt cele mai des studiate și utilizate, avînd în vedere că ele produc o adesiune sigură a mortarului proaspăt la betonul vechi, permițînd o reparare rapidă și durabilă a degradărilor.

Au fost studiate metode de remediere a degradărilor superficiale, utilizînd o gamă variată de produse (rășini epoxidice Avaldit C de producție elvețiană și Ch-S Epoxy de producție cehoslovacă) la repararea directă a suprafețelor exfoliate



bine curățite, aplicând pe acestea straturi de 35...40 mm grosime, în mod asemănător cu aplicarea altor tipuri tradiționale de lianți. Stratul nou se răspândește prin stropire mecanizată (cu ajutorul unor pistoale de stropire în cazul suprafețelor limitate, în care caz se pot așeza și cofraje pentru a împiedica răspândirea materialului) așternându-se peste acesta, imediat după stropire, nisip de sortul C/2 mm. Noul strat se compactează cu ajutorul compactoarelor pe pneuri, într-o perioadă de la 25 la 45 minute după terminarea preparării liantului sintetic. "Estricția de circulație pentru autovehicule durează cea 5 ore dacă reparațiile se execută în perioadă de vară. Pentru straturi de grosime cuprinsă între 1...5 mm, consumul de liant este de 0,15...0,75 Kg/m<sup>2</sup>. /8/. Dacă betonul vechi este umed, sau dacă la reparații executate la temperaturi sub 5...10°C, nu se încălzește betonul vechi, atunci este posibilă apariția ulterioară a exfolierii. Astfel, reparațiile sînt de foarte bună calitate.

Dacă suprafața exfoliată necesită reparații de volum mai mare (grosimea stratului de regenerare depășește în general sau în totalitatea ei, grosimea de 5 mm), metoda simplă mai sus nu mai este o soluție tehnică (stratul nu poate fi deteriorat și deplasat în scurt timp) și mai cu seamă, economică. Din aceste motive, au fost studiate diferite posibilități de a realiza mortare pe bază de rășini epoxidice. Spre exemplu, în Polonia, după multe încercări, s-a ajuns la concluzia că cele mai corespunzătoare rășini epoxidice în aceste scopuri sînt cele cu viscozitate foarte redusă (de tip E51, E53, E57) utilizându-se cu rol de întăritor trietilentetramina. Exemple de compoziții pentru mortare cu rășini epoxidice sînt următoarele : / 8 /

liant %	Nisip C/2 mm. %	Granule mari (bazalt, granit, cuarțit)			
		0/5 mm %	2/5mm %	5/8mm %	0/16 mm %
33...16	87...84	-	-	-	-
15	38	-	47	-	-
15	-	85	-	-	-
15	30	-	55	-	-
13...16	35...33,5	-	52...50,2	-	-
10...12	18...17,6	-	-	-	72...70,4

11	17,8	-	28,4	42,7	-
11	31	-	23	35	-

Aceste mortare prezintă următoarele proprietăți:

- densitatea aparentă : 18,8...25,0  $\text{KN/m}^3$
- absorbția de apă (în greutate) = 0,11...0,47 % ;
- rezistența la acțiunea înghețului-dezghețului repetat, la soluție cu 10 % NaCl : pierderea în masă după 250 cicluri este de 0,004...0,35  $\text{g/cm}^3$  ;
- influența hulei și a carburanților de avioane : după 120 ore de saturație : creșterea valorii absorbției de apă este de 1,5...2 ori mai mare) compactibilitatea scade până la 40 % ;
- influența temperaturilor înalte : la 50 cicluri de încălzire superficială la 300°C, compactibilitatea scade cu 0...20 % ;
- rezistența la întindere din încovoiere (pe epruvete de dimensiunea 4x4x16 cm) este de 140...300  $\text{daN/cm}^2$  ;
- rezistența la poansonare (cu aparatul PAGE) este de 15...21 cm ;
- coeficientul de dilatație liniară (la variații de temperatură cuprinse între -30°C  $\rightarrow$  +30°C) este de 0,00014...0,00020 etc. ;

Repararea exfolierilor cu mortar cu rășini epoxidice a dat rezultate foarte bune la grosimi de 1...2,5 cm ale noilor straturi. După curățirea suprafeței betonului vechi, acestea se amorsează cu oca 0,10...0,15  $\text{kg/m}^2$  rășină epoxidică înaintea așternerii mortarului pentru realizarea unei aderențe perfecte. Stratul de mortar se acoperă cu nisip 0/2 sau 0/5 mm, care se îndepărtează după efectuarea unei compactări ușoare a stratului. Lucrările se execută pe timp frumos, la o temperatură atmosferică de 18...28°C.

- Stadiile efectuate la noi în țară arată / 16 / utilitatea folosirii rășinilor epoxidice în activitatea de întreținere și reparații ale drumurilor noastre naționale cu

**Îmbrăcămintă din beton de ciment.**

Rășinile termoplastice (de tipul celor epoxidice sau de tipul poliesterice) pot fi utilizate fie ca adăos la prepararea mortarelor și betoanelor de ciment, fie direct ca liant, înlocuind pasta de ciment, - apă a acestora. În cel de al doilea caz, rolul rășinilor este de a peliculiza granulele de agregat mineral, ușurând formarea scheletului de bază al mortarului, cit și de <sup>le</sup>obținerea golurilor dintre granule.

Rășinile noastre se prezintă sub formă de două componente :

- componentă epoxidică și
- componentă de întărire, în care se înglobează sau nu, în funcție de domeniul de aplicare, un agregat mineral (nisip, filer, etc.)

Cele mai bune rezultate s-au obținut / 16 / cu rășinile turnabile, de tipul Epodur C, după amestecarea componentelor rezultând liantul cu caracteristicile :

- greutatea specifică :  $12...14 \text{ KN/m}^3$  ;
- rezistența la compresiune :  $800...850 \text{ daN/cm}^2$  ;
- rezistență la uzură :  $0,88 \text{ mm}$  ;
- aderențe la beton :  $30...40 \text{ daN/cm}^2$  ;
- începutul întăririi (la  $26...30^\circ\text{C}$ ) :  $2...3 \text{ ore}$  ;
- timp de întărire :  $4...6 \text{ ore}$  ;
- compoziția indicată : la 4 părți componentă epoxidică, 1 parte componentă de întărire, altfel se modifică timpul de întărire și caracteristicile fizico-mecanice ale betonului.

Se pot utiliza agregate minerale de felul :

- nisip natural de râu  $0/3$  sau  $0/7 \text{ mm}$  ;
- nisip de concasaj  $0/3 \text{ mm}$  ;
- filer de cuarț  $0/0,2 \text{ mm}$  ;

acestea trebuie să fie dure, curate și uscate .

Compozițiile optime de chit și mortar epoxidic sînt de  $1/1...2/3$  pentru chitul de filer de cuarț,  $1/2...1/3$

pentru mortarul cu nisipuri 0/3 mm și 1/4...1/5 pentru mortarul cu nisip de sortul 0/7 mm .

Chiturile și mortarele preparate în acest fel prezintă 70...80 % din rezistențele obținute la 28 zile, deja după 24 ore. Încercările de laborator arată că prepararea acestora trebuie să se facă la temperaturi de 10°C...30°C, la aceleași temperaturi fiind recomandată și punerea lor în operă.

Cu chituri și mortare epoxidice se pot executa o gamă largă de lucrări de reparații (la exfolierea suprafeței dalelor, ruperile de margini, fisuri de colț etc.) care nu necesită volum mare de material nou, altfel valoarea lucrărilor este foarte ridicată.

Rășinile epoxidice sînt sensibile la umezeală, se recomandă punerea lor în operă numai atunci cînd umiditatea aerului este de maximum 70 %. Iar pe timpul întăririi lor, ele se feresc de ploaie.

Indiferent de tipul de degradare care se repară prin această metodă, pregătirea suprafeței betonului vechi se face prin spargerea zonei de beton degradat, înlăturarea materialului dislocat și îndepărtarea prafului, resturilor de ulei, bitum, cauciuc, vopsea de marcaj, etc. astfel încît amestecul epoxidic să fie legat direct de structura de bază a betonului. Cele mai bune metode de curățire a suprafețelor sînt cele mecanice : sablarea, perierea cu perii de sîrmă și suflarea cu aer comprimat ; cele chimice : folosirea acidului clorhidric, etc. nu sînt recomandate, prin aplicarea lor se distruge structura betonului iar execuția lucrărilor este mult încetinită.

Punerea în operă a amestecurilor pe bază de rășină epoxidică trebuie făcută în maximum 45 minute de la preparare. Pentru împiedicarea formării bulelor de aer pe suprafața de contact cu betonul și pentru asigurarea unei bune aderențe, se recomandă amorsarea betonului vechi prin aplicarea unui film subțire de liant epoxidic fluid. Aplicarea amestecurilor

se face apoi în straturi, care se compactează energic cu mături metalice sau prin vibrare. Până la întărire, suprafețele reparate se protejează de ploaie, insolăție sau acțiuni mecanice prin acoperire cu folii din material plastic sau carton asfaltat.

Comportarea în timp a sectoarelor reparate cu ajutorul rășinilor epoxidice a confirmat, pe de o parte, calitatea bună a lucrărilor executate, iar pe de altă parte, posibilitatea de a putea da în circulație într-un timp extrem de scurt (după maximum o zi) aceste sectoare / 16 / .

Extinderea utilizării rășinilor epoxidice ( posibilă în viitor în urma ieftinirii acestor produse) reprezintă metoda cea mai adecvată de repararea degradărilor, execuția lucrărilor fiind prescrisă prin instrucțiunile tehnice pentru repararea degradărilor dalilor din beton de ciment cu mortar epoxidic (ISCT-1966).

Se cunosc și multe soluții încercate privind realizarea unor mortare cu bună aderență la betonul vechi și cu caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare, lianții utilizați fiind diferite materiale sintetice, care circulă sub denumirile lor comerciale, fără a le cunoaște compoziția și modul de obținere. Acestea sînt deosebit de scumpe, iar rezultatele obținute - în cele mai multe cazuri - nu par a fi concludente.

b. Printre metodele de reparare a exfolierilor (decojirilor) suprafeței înbrăcămintii din beton de ciment, o mai largă aplicabilitate prezintă utilizarea în acest scop a betonștelor și mortarelor de ciment. Avantajele aplicării metodei constau în cunoașterea proceselor tehnologice în cauză, existența dotărilor necesare execuției lucrărilor, costul și redus față de cazurile utilizării lianților sintetici mai sus amintiți. Însă este de menționat faptul că este dificil de aplicat în cazul traseelor cu circulație rutieră intensă, deoarece presupune adoptarea unor măsuri de restricție de circulație pe timp îndelungat (de ordinul a cîtorva zile) precum și faptul că în multe cazuri, aceste reparații nu sînt durabile, după 1...3 ani.

apar noi de rădări în suprafața de rulare, atât datorită mai ales a unor greșeli de execuție a lucrărilor de reparații, cât și a altor cauze, proprii însăși metodei aplicate.

În baza unor experiențe proprii efectuate în ultimii ani pe traseele DN 68 A și DN 6, cu îmbrăcăminți rutiere din beton de ciment, cât și a diferitelor observații cunoscute din literatură de specialitate, se recomandă utilizarea unor mortare de ciment preparate cu ciment de marca 400, în cazul unor lucrări de preferință cu ciment cu priză rapidă și nisip de sortul 0/2 și 2/4 mm, respectiv 0/3 și 3/7 mm. Dimensiunea maximă a granulelor mari nu trebuie să depășească 1/3 din grosimea stratului de mortar de ciment aplicat. Se recomandă ca mortarul pe bază de 0/2 sau 0/3 mm să aibă 5 % pori, iar cel cu 0/4 sau 0/7 mm, 7% pori. Este foarte utilă folosirea adacurilor antrenori de aer (de ex. DISAN sau clorură de calciu). Raportul ciment/nisip trebuie să fie de 1/3, raportul apă/ciment de maximum 0,45, iar clorura de calciu se adaugă în proporție de 1...3 % din greutatea cimentului.

În legătură cu aplicarea metodei prezentate, în mare măsură, în respectarea riguroasă a unor reguli de execuție a lucrărilor. Particulele dezagregate de beton trebuie îndepărtate de pe suprafața betonului vechi cu ajutorul unor unelte pneumatice sau a perilor de sîrmă. Asprirea suprafeței sănătoase pentru realizarea unei bune aderențe a noului strat la aceasta, se efectuează prin sablare sau cu ajutorul unei soluții diluate de acid clorhidric. În acest ultim caz, este important să se neutralizeze ulterior suprafața betonului vechi, de obicei prin spălări succesive cu apă, verificînd pH-ul apei rămase, în gropile mici ale acestora, apoi se acoperă complet betonul vechi. Cu cîteva minute înainte de asternerea mortarului, pe suprafața curățată, asprită și uscată a betonului vechi, se aplică cu ajutorul perilor, o pastă de ciment cu raportul apă/ciment de 0,32 (sau un mortar cu raportul ciment/nisip de 1/1 avînd consistența unei paste moi), care în final trebuie să aibă o grosime de cea 1,5 mm. Mortarul de ciment în strat

(sau în unele cazuri, betonul de ciment) se va aşterne înainte de filmul de amorţare să-şi piardă lustrul. Compactarea stratului de mortar de ciment (sau de beton de ciment) aşternut manual sau mecanizat se poate efectua cu rziul de mână de 12...16 daN greutate, sau cu o riglă de finisare pneumatică. Suprafeţele astfel reparate se acoperă cu foi de polietilenă sau alte materiale recuperabile, sau se asigură prin alte procedee menţinerea lor în permanenţă în stare umedă, cel puţin timp de 6 zile. În acest timp circulaţia trebuie oprită.

În S.U.A., reparaţiile cu betoane şi mortar de ciment găsesc o foarte largă aplicabilitate. Una dintre metodele de utilizare ale acestora se poate adapta şi la repararea suprafeţelor exfoliate : pe suprafaţa betonului asprit, curăţat cu soluţie de acid clorhidric, spălat cu apă şi amorţat cu un mortar de ciment lucrabil, se realizează un strat de beton de ciment de 1...7,5 cm grosime (în funcţie de scopul lucrării), care se compactează prin vibrare, fiind tratat ulterior prin acoperire cu o peliculă de răşină. Rosturile vor fi realizate deasupra rosturilor îmbrăcămintii rutiere / 49 / .

În R.F.G., după experimentarea diferitelor tipuri de betoane pentru reparaţii (mai cu seamă pentru suprafeţe degradate din cauza sării de decongelare) betoane cu amestec de Rubeton, clorură de calciu, Latex, Piston, Emulsie EM, etc.) s-a ajuns la concluzia că se pot executa reparaţii superficiale coresponsătoare cu betoane cu adăcări de clorură de calciu, suprafaţa betonului fiind curăţită prin sablare, tratarea ulterioară făcându-se prin acoperirea stratului din beton proaspăt cu folie de supraten / 26 / .

e. Din dorinţa de a găsi o metodă de reparare a suprafeţelor exfoliate care să fie ieftină, posibilă de executat cu dotarea existentă a unităţilor de întreţinere de drumuri în ceea ce priveşte utilajele şi materialele disponibile, să fie executabilă uşor şi rapid şi fără a necesita restricţii de circulaţie extrem de anevoioase, studiile noastre s-au îndreptat cu multă atenţie asupra căutării unor posibilităţi

de utilizare și în acest domeniu, a lianților hidrocarbonați și a diverselor mortare și betoane pe bază de asemenes liantia. În perioada anilor 1969-1973 au fost experimentate mai multe variante de soluții pentru remedierea unor defecțiuni ale îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment - printre care și a suprafețelor exfoliate - pe drumul național 68A Lugoj-Făget-Iliș (Km 29+000...30+000 și multe puncte izolate ale traseului). Dintre acestea, merită amintite în acest loc cele bazate pe utilizarea lianților hidrocarbonați sub formele descrise în tabelul II,2, adică: betonul asfaltic cu agregat mărunț, sărac în criblură ră ; betonul asfaltic cu agregat mărunț, bogat în criblură ; mortarul asfaltic, badijonarea cu bitum încălzit, badijonarea cu bitum tăiat (cu White spirit); badijonarea cu emulsie bituminosă cationică ; nivelarea cu mortar asfaltic, acoperit cu un tratament superficial bituminos întărit .

În general, aceste soluții păreau a fi acceptabile, realizându-se - în prima perioadă de timp după aplicare - o bună remediere a situațiilor anterioare. Betoanele asfaltice s-au aplicat pe suprafețe de beton bine curățite, fiind cilindrate la temperaturi de 130...140°C cu ajutorul cilindrilor compresori de 10...12 tone, suprafața betonului fiind amorțită cu bitum tăiat sau suspensie de bitum filerizat. Încercările cu beton asfaltic cu agregat mărunț sărac în criblură s-au efectuat în primii 1...3 ani după executarea îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment, pe unele sectoare unde în urma unor greșeli de execuție, au apărut imediat suprafețe exfoliate, iar cu beton asfaltic cu agregat mărunț bogat în criblură, în perioade anilor următori. Dacă la început reparațiile păreau a fi de bună calitate, mai târziu (după 1...2 ani) au apărut degradări sub formă de cojire sau peledă, stratul de mixtură asfaltică s-a deteriorat. Aceste inconveniente se datoresc în primul rând producerii efectului de ciocan-nicovală, stratul asfaltic fiind situat între stratul rigid de beton și circulația rutieră directă a autovehiculelor. Totodată, se



constată că nu se realizează o aderență destul de bună între stratul de mixtură asfaltică și stratul de beton, iar structura acestor tipuri de mixturi asfaltice - atât din cauza mărimii granulelor scheletului mineral, cât și din cauza conținutului de liant - nu este cea mai adecvată în vederea realizării unor asemenea lucrări. S-a încercat repararea poladelor stratului de mixtură asfaltică, obținându-se aceleași rezultate, adică acest strat se deteriorează după o nouă perioadă de timp. Prin urmare, aceste metode de remediere pot fi aplicate numai în cazul în care :

- exfolierea a apărut și progresează numai pe unele dale, necesitând reparații care să asigure totodată eliminarea denivelărilor în punctele de vecinătate cu dale de beton nedegradate (stratul de beton asfaltic urmînd a fi de 1,5...4 cm grosime) ;

- există condiții de a organiza efectuarea în continuare a lucrărilor de întreținere și reparații a acestor sectoare de drum.

Încercările efectuate prin diferite metode de badijonare cu lianți hidrocarbonați a suprafețelor exfoliate ale înbrăcămintărilor rutiere din beton de ciment au condus, de asemenea, la rezultate parțial mulțumitoare. Prin aplicarea lor, s-a încercat protejarea exfolierilor împotriva accentuării producerii acestor degradări, în vederea apărării suprafețelor de beton printr-o etanșeizare a suprafeței de rulare, de pătrunderea apelor superficiale. În general, aceste soluții asigură doar o eficiență temporală, slabă aderență a liantului de beton ( mai puțin în cazul emulsiei cationice), uzura în continuare a suprafeței de rulare, etc. compromit lucrarea. Aceste genuri de remedieri presupun, prin urmare, o activitate de întreținere - reparații permanente. Pe DN 68A, în unele puncte ale traseului, care au fost executate cu nerespectarea diferitelor reguli de execuție (insuficiență compactare, lucrări pe timp friguros, fără luarea unor măsuri adecvate, etc) s-a aplicat pe suprafețele exfoliate o etanșeizare, cu rezultate relativ corective, prin stropirea bitumului cald de tip

D 80/120, încălzit de 150...160°C, în cantitate de 1...1,2 Kg/m<sup>2</sup>, închis cu un strat protector de nisip natural grunțos del...3 mm grosime. Utilizarea emulsiei cationice pentru etanșare a dat rezultate relativ bune numai în cazul stropirii acestuia /36/ .

S-au efectuat încercări în volum și varietate mare de soluții cu utilizarea mortarului asfaltic la remedierea exfolierilor îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment. Rezultatele obținute sînt asemănătoare cu cele de mai sus - adică după 1...3 ani de la execuția lucrărilor de reparații, în stratul de mortar asfaltic au apărut deteriorări, dislocări, peladă, necesitînd noi intervenții în vederea asigurării unei bune suprafețe de rulare. Nu s-au constatat diferențe deosebite de notat între rezultatele obținute cu cele două moduri de lucru, cu betoane sau cu mortare asfaltice, în afara faptului că ele se aleg în funcție de grosimea stratului de mixtură asfaltică de aplicat. Covearile de grosime redusă din mortare asfaltice preparate cu emulsie cationică în curs de experimentare pot conduce la obținerea unei soluții acceptabile.

O altă soluție încercată constă în aplicarea pe suprafața bine curățită și amorsată a îmbrăcăminții din beton de ciment cu exfolieri a unui strat foarte subțire de mortar asfaltic care are rol de a prezenta o suprafață netedă a căii de rulare, prin umplerea denivelărilor, gropilor mici și asperităților betonului cojit, fără a constitui un strat continuu de acoperire, peste care se execută un tratament superficial întărit, în vederea asigurării unei suprafețe de rulare rugoasă. Și în acest caz, este necesară executarea periodică a regenerării tratamentului superficial. Executate cu emulsie cationică - atît amorsarea cit și mortarul de egalizare și tratamentul superficial simplu obișnuit - această metodă dă rezultate satisfăcătoare și deci se recomandă a fi aplicată în condițiile noastre.

Se remarcă existența unui interes general față de reparațiile executate cu mixturi asfaltice, căutarea unor noi

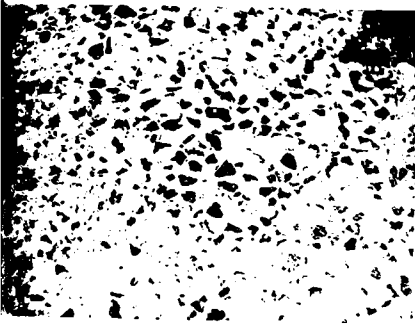
soluții privind compoziția acestora în vederea reușitei lucrărilor. Dintre acestea amintim experiențele efectuate în URSS cu privire la realizarea unor mixturi asfaltice ale căror schelet mineral este înlocuit cu agregate fibroase, cum sînt de exemplu deșeurile Industriei asbestului. S-au experimentat compoziții de tipul : asbestibluură + asbonisip + anhidridă + asbest măcinat + bitum, care în urma unui procedeu de preparare la rece au condus la obținerea unor straturi de mixturi asfaltice, care prezintă mai puține degradări în timp decît cele cu compoziție clasică / 17 /

### 2.1.2. Suprafață glefuită

Una dintre defecțiunile cele mai des întîlnite în cazul îmbrăcămintilor rutiere din beton de ciment reprezintă suprafețele lunecose, glefuite ale căii de rulare. În aceste cazuri, este foarte mult favorizată deraparea ( mai ales pe timp de ploaie în timpul iernii) autovehiculelor care circulă cu viteze relativ ridicate. Sub influența traficului rutier, fața aparentă a particulelor de agregate minerale din stratul superior de beton de ciment se glefuieste, devine lunecasă, fenomenul fiind favorizat mai ales de existența în compoziția betonului a unor agregate minerale de tipul basaltului precum și a granulelor de piatră neconcasat care au suferit o glefuire naturală ( vezi figura IX.19. )

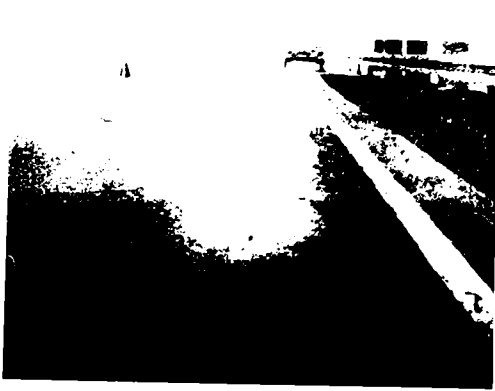
Pentru prevenirea apariției acestei defecțiuni, se acționează atât asupra îmbunătățirii compoziției și în special al scheletului mineral al betonului rutier (utilizînd, în primul rînd agregate minerale cu o bună rezistență la uzură) cit și prin realizarea unei suprafețe speciale rugoase cu ocazia finisării stratului superior de beton / 5 / / 15 / / 25 / .

În acest sens, agregatele minerale pot fi caracterizate prin " coeficientul de glefuire ", alegerea lor făcîndu-se în funcție de valoarea acestuia / 5 / . Unele roci calcareoase (de exemplu cu conținut redus de siliciu) prezintă coeficienți de glefuire total necorespunzători, recomandîndu-se totodată evitarea din acest punct de vedere, al rocilor basaltice .



a) Suprafața grefuită  
DN 68 A Km 18+300

b) Suprafața grefuită  
DN 6 Km 379+600



b),c) Suprafața de rulare grefuită favorizează deraparea autovehiculelor și creează condiții de luminositate necorespunzătoare.

Fig. IX.19. Suprafață grefuită

Cu toate că aderența cauciucului pneurilor autovehiculelor la betoane este destul de bună, este foarte importantă realizarea " rugozității geometrice " a suprafeței de rulare, pentru creșterea posibilităților de eliminare a fenomenului

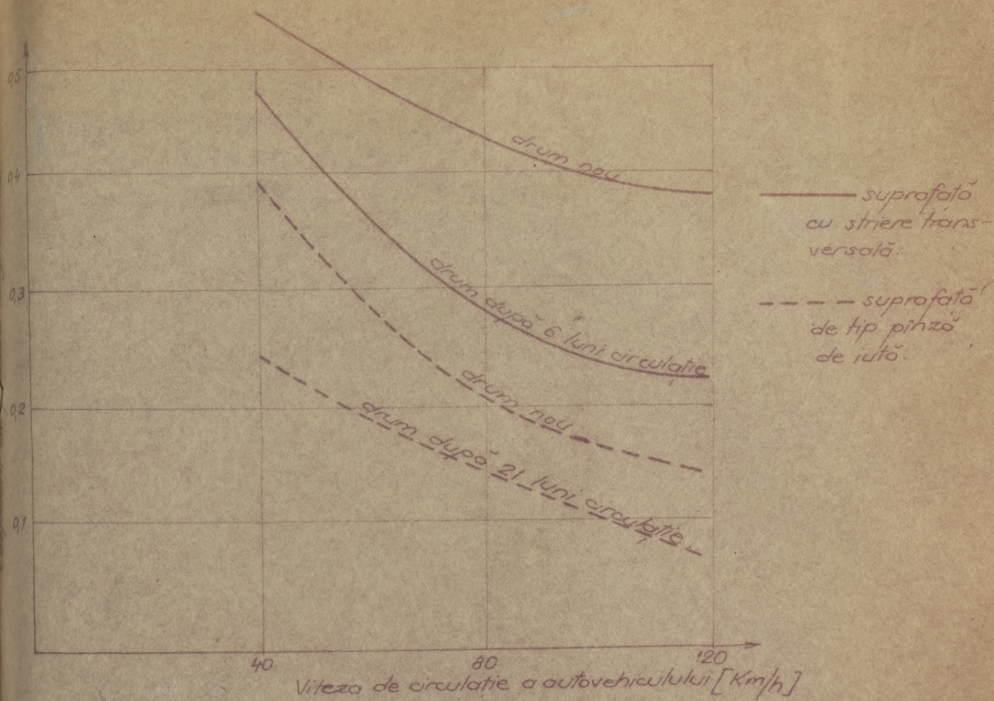


Fig IX.20 Scăderea valorii coeficientului de frecare după darea în circulație a îmbrăcămintilor rutiere din beton de ciment pentru diferite valori ale vitezei de circulație.

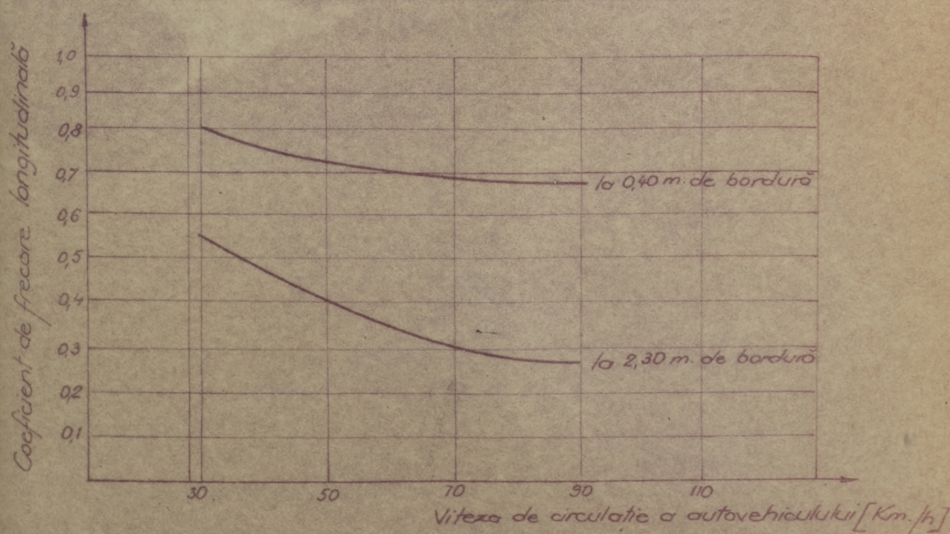


Fig IX.21 Variația scăderii valorii coeficientului de frecare în cazul drumurilor aflate în exploatare, în funcție de repartizarea (prin urmare a intensității) traficului rutier.

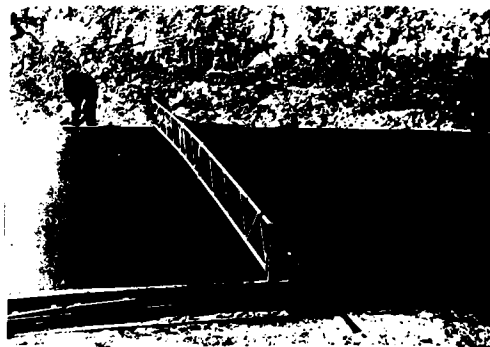
"ocva - planing" a întreruperii unei pelicule de apă pe timp umed între roată și drum. O bună rugozitate geometrică înseamnă atât un volum mare de goluri exterioare, cât și o colțurozitate pronunțată a asperităților, situație la realizarea căreia se ține prin măsurile amintite în aliniatele precedente.

Se observă că în ciuda măsurilor luate anterior, valoarea coeficientului de frecare se reduce în timp sub acțiunea circulației autovehiculelor, observație ce rezultă și din experiențele efectuate în alte țări, cum <sup>se</sup> arată în figura IX.20 și IX.21.

Cu toate acestea, măsurile de prevenire a apritiei suprafețelor glesuite nu se pot neglija. Conștiința betonului influențează întotdeauna asupra eficacității oricăror intervenții ulterioare efectuate în vederea remedierii situației, iar o suprafață corespunzător realizată la fixarea stratului de beton asigură corecarea valori acceptabile ale coeficientului de frecare, pe lângă o relativă ușurință a execuției lucrărilor aferente pe betonul încă neîntărit. Studiile efectuate recomandă, în concluzie, strierea transversală a suprafeței betonului proaspăt, ce se poate executa prin perierea sau greblarea acesteia, sau prin tăierea cu lame sau cațite metalice sau din materiale plastice, antrenate de obicei mecanizat (vezi figura IX.22 a.)



a) Strierea prin tăierea betonului proaspăt



b) Strierea cu ajutorul unei pinze de iută

Fig. IX.22 Strierea suprafeței de rulare .

Este de menționat faptul că pe sectoarele de drum ale DN 68 A pe care s-a aplicat metoda revibrării betonului în perioada de priză, suprafața de rulare prezintă această defecțiune. Atât sectorul Km 14+700 cât și cel de la Km 28+100 prezintă o suprafață glefuită, aceasta fiind favorizată și de faptul că nu s-a executat nici o metodă de aspirare cu ocazia finisării stratului de uzură. Sectorul revibrat de la Km 26+700 (executat cu ciment M 400), dar mai ales cel de la Km 27+100 (executat cu ciment P 500) nu prezintă această defecțiune.

Pentru remedierea acestui tip de defecțiuni, se pot aplica următoarele metode : / B / / 36 / / 50 / :

a. Strierea transversală prin tăierea betonului cu cuțite de diamant este una dintre metodele cele mai larg răspândite în unele țări din occident. Lucrările se efectuează cu ajutorul unor utilaje speciale, de tipul " Bump Cutter " și altele. Acest tip de utilaje execută deodată 22 de striuri pe o lățime de bandă de 60 cm, obținându-se striuri de 3 mm adâncime și 7,5 mm lățime. Cercetări franceze au stabilit că distanța optimă între striuri, calculată în baza elementelor eficacitate - cost, este de 100 mm, iar forma adânciturilor se recomandă a fi de V, rotunjită la partea inferioară.

b. Strierea longitudinală prin tăierea betonului cu cuțite de diamant pare a fi o metodă de remediere de o eficacitate mult inferioară, în general nu este recomandată de bibliografia de specialitate.

c. Strierea transversală prin tăierea betonului cu cuțite de oțel se execută cu utilaje speciale de tipul " Rutt Concrete Speedy Plane " lucrând pe o bandă de 25...30 cm, realizând striuri prin tăiere cu oțeluri dure, de 2 mm adâncime și 5...6 mm lățime.

d. Ștergerea suprafeței glefuite cu acid clorhidric constă în turnarea unei cantități de aproximativ 0,5 litri de acid clorhidric de concentrație 30 %, repartizată în mod uniform pe suprafața betonului și îndepărtat după ce au avut loc reacțiile chimice acid-beton, prin spălarea betonului cu apă. Efi-

eficiența metodei este destul de redusă, execuția fiind manuală, iar rezultatele rutiere se anulează destul de repede sub acțiunea traficului rutier.

e. Buciardarea suprafețelor șlefuite constă în realizarea unor asperități prin aplicarea unor forțe concentrate pe suprafețe mici de contact prin lovire sau presare. Conform unor experiențe franceze, metoda este ineficăc, avînd în vedere că rezultatele sînt anulate în timp de un an în urma desfășurării unui trafic rutier intens pe sectoare experimentale. Se cunosc totuși utilaje de productivitate corespunzătoare, de exemplu tipul "Sailler Mac Donald U - 5", acționînd pe 5 pistoane cu aer comprimat, extremitatea acestora fiind formată din metal dur, de secțiune (suprafața de contact), redusă, care realizează buciardarea <sup>betonului</sup> în bune condițiuni.

Încercări de <sup>a</sup> adaptare diferite dispozitive de buciardare la cilindrii compresori de 10...12 tone nu au dat rezultate acceptabile pînă în prezent.

f. Sablarea este realizată cu utilaje speciale care aplică un jet de nisip cresc cu ajutorul aerului comprimat (de la compresoare de 6 m<sup>3</sup> capacitate), în cantitate de cea 8 Kg/m<sup>2</sup>. Rezultatele obținute nu ating eficiența strierii suprafeței de rulare.

g. Tratarea cu sodă caustică (NaOH) este asemănătoare cu metoda amintită utilizînd acid clorhidric diluat. Consumul de sodă caustică este de aproximativ 0,25 Kg/m<sup>2</sup>, soluția fiind realizată cu o parte sodă caustică și două părți apă. Pentru a realiza soluția, se obișnuiește utilizarea unei cantități de pînă la 0,2 litri/m<sup>2</sup> acid clorhidric. În final, betonul se spală cu apă executarea lucrărilor nu se face nici unde mecanizat.

h. O altă metodă de a realiza o suprafață de rulare rugoasă constă în aplicarea unei asperități pe suprafața stratalui rutier din beton proaspăt cu ajutorul unei pinze de iută (vezi figura IX.22 b<sub>1</sub>)

Metoda aceasta găsește o destul de largă aplicabilitate în străinătate, dar rezultatele obținute sînt inferioare celor obținute la strierea transversală, valoarea coeficientului de frecare



rontă-drum scade repede în timp în cazul unei circulații rutiere intense .

1. Recomandări americane se referă la aplicarea pe suprafețele lunecase ale îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment a unui covor antiderapant din mixtură asfaltică. După spălarea (curățirea) suprafeței betonului, aceasta se amorsează cu emulsie bituminosă, apoi se așterne mixtura asfaltică preparată cu agregate colțuroase și dure, care se compactează cu ajutorul compactoarelor pe pneuri. Având în vedere observațiile făcute cu privire la utilizarea mixturilor asfaltice la diferite lucrări de remediere pe DR 68 A Lugoj-Păget-Ilia, se poate afirma că această metodă prezintă o soluție eficientă în timp doar dacă grosimea stratului de mixtură asfaltică atinge valori deosebit de mari, de cel puțin 4...5 cm, prin urmare un cost foarte ridicat al lucrărilor, parametrii la care ea nu mai poate fi economică.

Variația valorii coeficientului de frecare în timp după realizarea lucrărilor de remediere de diferite tipuri (precum și productivitatea în cazul utilajelor și metodelor amintite mai sus) *sînt prevăzute în tabelul IX.3.*

Se observă din cele cuprinse în acest tabel, (cu toate că există dificultăți de determinare a valorii coeficienților de frecare) că strierea cu oțelul dur și mai ales tratările cu acid clorhidric și sodă caustică nu prezintă eficiență tehnică și economică după șase luni de circulație corespunzătoare unui trafic rutier intens.

În cazul drumurilor naționale cu îmbrăcăminți din beton de ciment, intensitatea actuală a traficului rutier nu atinge asemenea valori, la care ștergerea (șlefuirea) striurilor transversale ar fi favorizată în mod deosebit. Cu atât mai mult, executarea striurilor cu coaja finisării suprafeței de rulare a îmbrăcăminților din beton de ciment, poate prezenta o eficacitate sporită. Efectuarea acestor lucrări se prescrie la construcția unor asemenea îmbrăcăminți rutiere, dar în realitate se execută cu nu prea multă atenție. Instrucțiunile tehnice în vigoare / 32 / nu prevăd trimiteri în acest sens și nu impun în cadrul condițiilor de verificarea calității și recepției lucrărilor strierea suprafeței de rulare. Totodată, instrucțiunile cu privire la metodele de măsurare și valorile limită ale rugozității

Întrăchămînților rutiere se referă numai la întrăchămînți rutiere executate cu lianți bituminosi / 33 / .

În încheierea prezentului paragraf trebuie să menționăm și faptul că indiferent de formularea părărilor specialiștilor despre necesitatea efectuării unor studii în continuare privind coeficientul de frecare roată-drum (carute în unele țări / 23 / 25 / sau declarate ineficiente în altele / 47 / ), se enunță unaniam recomandarea de a creșta suprafețe rugoase și cu asperități atât la construcție, cît și în perioada întreținerii întrăchămînților rutiere din beton de ciment.

### 2.1.3. Făgașe longitudinale .

Înșurările cu crampoane folosite din ce în ce mai mult în timpul iernii pe drumurile din străinătate care au întrăchămînți din beton de ciment, generează apariția unor făgașe longitudinale în acestea, datorită acțiunii mecanice exercitată de aceste crampoane metalice asupra suprafeței de rulare a betonului. Efectul produs - făgașe longitudinale de circulație - atîng în unele cazuri un caracter deosebit de îngrijosător, ceea ce determină specialiștii din aceste țări să efectueze studii în vederea găsirii metodelor cele mai adecvate de prevenire și remediere a acestei forme de degradare a întrăchămînților rutiere din beton de ciment (Franța, RFG, etc) / 8 / .

Cercetările din Franța se bazează, în primul rînd, pe determinarea sensibilității la uzură a carotelor cilindrice extrase din întrăchămînțele rutieră sub acțiunea șocurilor produse prin lovire prin bile (carote cilindrice cu înălțimea de 50 mm, diametru de 100 mm supuse la lovirile a 8 bile de 10 mm diametru și 13,5 g masă, în prezența spei, la o frecvență de 595 mișcări pe minut, cu amplitudine de 25 mm, utilizînd o mașină de uzură de tip Californian). S-au putut stabili următoarele cu privire la prevenirea și refacerea degradării :

- nu există diferențe deosebite de notat privind uzura betonului în ceea ce privește matura cimentului, variațiile ( în liante nu exagerate ) ale dozajului de ciment, utilizarea

plastifiantilor, natura calcaroasă sau dioritică a agregatului mineral mare ;

- o tratare superficială a betonului cu ulei de in  $330 \text{ g/m}^2$  (în două straturi) diminuează uzura cu pînă la 40 % ;

- de asemenea, tratarea cu fluosilicați de sodiu, diminuează uzura cu pînă la 45 % ;

- tratarea cu bauxită calcinată ( $0,5/2 \text{ mm}$  în cantitate de  $530 \text{ g/m}^2$ ) reduce valoarea uzurii cu 30 % ;

- închiderea unei cantități de  $700 \text{ g/m}^2$  carborundum (sort  $0,5/1 \text{ mm}$ ) nu aduce îmbunătățiri esențiale.

Aceste experiențe sînt continuate la scară naturală, cu ajutorul simulatorului de circulație a laboratoarelor rutiere din Anger, reproducînd încărcarea grea (70 kN) avînd 176 de crampeone de 8 mm pe fiecare roată, care circulă pe o suprafață de drum de  $4 \times 1,40 \text{ m}^2$ .

Cele mai importante concluzii ale experiențelor din R.F.G. se rezumă la următoarele observații :

- se recomandă creșterea ponderii agregatelor rezistente la uzură în stratul superior al betonului ;

- se recomandă un conținut redus de nisip în compoziția betonului de uzură, iar nisipul utilizat să provină din roci dure ;

- se recomandă întărirea stratului superior de beton prin fluosilicați ;

- executarea unui strat subțire din material plastic, conținînd un procent mare de filer rezistent la uzură poate întîrzi apariția degradărilor.

Bineînțeles, cea mai sigură cale de prevenire a producerii unor asemenea degradări ale îmbrăcămintilor rutiere este excluderea utilizării crampeonilor pe pneurile autovehiculelor. Această măsură impune în același timp organizarea corespunzătoare a întreținerii drumurilor pe timp de iarnă

și a remedierii suprafețelor de rulare șlefuite, lunoase.

#### 2.1.4. Ondulații în profilul în lung.

Prescripțiile noastre tehnice / 32 / prevăd că denivelările admisibile ale suprafeței îmbrăcăminții rutiere din beton de ciment, existente în sens longitudinal, măsurate sub o lată de 3 m lungime pe fiecare bandă de circulație sînt :

+ 4 mm la autostrăzi, piste de aerodromuri, drumuri și străzi de clasa tehnică I...IV și drumuri industriale asimilate acestora ;

+ 5 mm la drumuri și străzi de clasa V, drumuri industriale asimilate acestora, drumuri agricole și platforme de parcare.

Prin urmare, trebuie luate măsuri adecvate la execuția lucrărilor pentru a respecta aceste instrucțiuni. În general, rigiditatea cofrajelor (șinelor metalice) și viteza constantă de înaintare a utilajelor de compactare și de finisare asigură eliminarea unor asemenea defecțiuni ale suprafeței de rulare. La o compactare (vibrare) în salturi, de durată sau eficacitate variabilă, ondulațiile pot apărea - în cazuri destul de rar întâlnite - prin apariția exfolierii de profunzime, variată în profilul în lung al drumului, respectiv pot apărea, din anumite motive particulare, unele denivelări locale ale îmbrăcăminții rutiere.

Remediarea acestor tipuri de defecțiuni se poate realiza prin :

a. buciardare și rabotare ;

b. dacă aceste metode nu sînt eficiente , se procedează prin îndepărtarea îmbrăcăminții rutiere respective și refacerea ei / 32 / ;

c. se egalizează suprafața de rulare cu mortar de ciment ;

d. se execută un nou strat rutier, în cazul existenței defecțiunii pe o lungime relativ mare de drum.

Ondulațiile în profilul în lung al drumului, chiar dacă sînt de amplitudine egală sau mai mică decît 4...5 mm, sau lungimea de undă mai mare decît 3 m, însă prezintă o corecare periodicitate relativ constantă, pot influența în mod negativ asupra siguranței și confortului circulației rutiere de viteză mare. În această privință, studiile și experiențele efectuate arată că există anumite domenii ale formei geometrice ale undulațiilor în profilul în lung care se recomandă a fi evitate.

Autovehiculele constituie sisteme vibratorii extrem de complexe, cu numeroase piese componente care au o comportare neliniară în timpul deplasării pe drum. Se poate afirma / 27 / că accelerațiile verticale suferite de călătorii sînt în funcție de suprafața de rulare a căii, cînd frecvențele sînt de 1...2 Hz, iar forța dinamică la contactul cu suprafața drumului depinde de aceasta din urmă cînd frecvențele sînt de 10...20 Hz. Transformînd aceste date în lungimi de undă în funcție de viteza vehiculului, se obțin următoarele rezultate :

Viteza autovehicu- lului. km/h	Lungimea de undă a ondulațiilor la frec- vența de 1...2 Hz, în m	Lungimea de undă a ondulațiilor la frec- vența de 10...20 Hz în m
36	5...10	0,5...1
72	10...20	1...2
108	15...30	1,5...3
144	20...40	2...4

Lungimile de undă ale undulațiilor care au anumite influențe asupra desfășurării traficului rutier sînt deci cuprinse între 0,5...50 m. Variațiile forței verticale dinamice influențează aderența la contactul dintre roată și suprafața căii. Totodată, forțele dinamice verticale influențează și asupra confortului călătorilor forțe care depind de amplitudinea și frecvența vibrațiilor. Densitatea spectrală a profilului în lung al drumului se poate da indicații asupra

dispersiei conțrar acestor forțe dinamice. Măsurătorile efectuate / 27 / indică faptul că se pot distinge două componente ale densității spectrelor la un profil longitudinal al suprafeței de rulare :

- componentă continuă pentru care densitatea spectrală crește uniform cu lungimea de undă ;
- o componentă discretă care indică prezența unor defecte de suprafațare cu caracter periodic.

Acest aspect din urmă se poate observa frecvent la drumurile cu îmbrăcăminți din beton de ciment, fiind pentru lungimea de undă corespunzătoare intervalului dintre rosturi se ajunge la un fenomen de rezonanță.

Din cele arătate mai sus, se desprind o serie de observații cu caracter practic și teoretic :

- calitatea de suprafațare a drumului influențează asupra comportării autovehiculelor în circulație ;

- punerea în evidență a defecțiilor de suprafațare periferice necesită o analiză spectrală a profilului în lung al drumului ;

- defectele de suprafațare locale pot fi puse în evidență cu rigla, cu viagraful, profilograful, etc) ;

- este deosebit de important prevenirea producerii undulațiilor în profilul în lung al suprafeței de rulare, atât a celor locale, cât și a celor cu frecvențe cuprinse între 0,5...50 m, prin alegerea și folosirea cu atenție a utilajelor de punere în operă și de fisurare, precum și prin dispunerea rosturilor transversale la distanțe variate între ele ;

- remediarea defecțiunilor locale de acest gen a fost amintită mai sus, însă eliminarea undulațiilor de mare lungime de undă și amplitudine relativ mică este deosebit de dificilă, aceasta găsindu-și soluționarea doar cu ocazia refacerii sau consolidării sistemului rutier e

Acestei probleme a „ variației pantei în profilul în lung ” i s-a acordat o deosebită atenție și în cadrul experiențelor AASRD / 24 / e. Aspectul undulațiilor este luat în considerare la determinarea indicelui de viabilitate a drumului ;

$$p = 5,41 - 1,86 \log (1 + SV) - 0,09 \sqrt{C+P} \quad (\text{IX},13.)$$

in care :

$p$  este indicele de viabilitate (avind valoarea 4,5 in cazul drumurilor noi, respectiv 1,5 in cazul celor deteriorate, impracticabile) ;

$\overline{SV}$  - media variației pantei in cazul celor două benzi de circulație ;

$c$  - indicele referitor la fisuri de gradul 3 și 4 (cu deschiderea peste 6,2 mm), lungimea lor fiind măsurată in picioare, raportată la  $c$  suprafață de 1000 picioare pătrați ;

$P$  - suprafața reparațiilor in îmbrăcămintea rutieră, exprimată in %

Termenul referitor la undulațiile longitudinale ale căii se determină cu relația :

$$\overline{SV} = 0,5 \sum_{j=1}^2 SV_j \quad (\text{IX},14)$$

in care :

$$SV_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n-1} - \frac{1}{n-1} \left( \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n-1} \right)^2 ; (j = 1,2) \quad (\text{IX},15)$$

$x_i$  este valoarea măsurată a pantei, pentru ordinal "i" de măsurători ;

$n$  - numărul total de măsurători inregistrate.

Avind in vedere că termenul  $\overline{SV}$  este caracteristic mai mult casurilor cu îmbrăcăminți rutiere asfaltice, pentru cele din beton de ciment, in cazul cărora utilizarea profilografului longitudinal nu este destul de concludentă, s-a înlocuit acest termen cu un " indice de rulare " care definește starea de

iregularitate a suprafeței căii pentru confortul circulației, definind în total o altă relație de forma :

$$p = 5,41 - 1,80 \log (0,40 R - 33) - 0,09 \sqrt{C+P} \quad (IX.16)$$

în care :

R este " indicele de confort " exprimat în degete/milă, p.C.P. - au semnificațiile de mai sus.

Se poate observa, că după această formulare a stării de viabilitate a drumurilor din beton de ciment, în cazul drumurilor noi, când fisurile de clasa dată încă nu au apărut, iar reparații în întreținerea rutieră nu au fost executate, valoarea indicelui de viabilitate este evident influențată de indicele de confort R.

În acest caz,  $C = P = 0$ , iar pentru :

$p = 4,5$ . (drum aproape foarte bun),  $R = 95...97$

$p = 2,7$  (ce necesită reparații de volum)  $R = 130$ ,

adică pe fiecare loc ml de drum, există undulații cu amplitudini însumate de o valoare aproximativ egală cu opt țoli, prin urmare și singur acest parametru (indicele de confort aferent undulațiilor longitudinale) poate fi dătător de ton în planificarea activității de întreținere și reparații a drumurilor date în exploatare.

În cazul DN 68 A măsurătorile efectuate în prezent cu rigla de 3 m lungime / 32 / arată că nu există denivelări mai mari decât 4 mm (în cazul suprafețelor fără exfolieri neuniforme precum și în cazul nerescării riglei pe masticul în exces cu care au fost întreținute rosturile și fisurile transversale), putându-se constata în multe sectoare undulații de lungime de undă cuprinse între 20 - 40 cm și amplitudine de 1...3 mm care nu deranjează circulația rutieră, iar dispunerea rosturilor transversale, avind în vedere și operația unor fisuri și crăpături transversale (chiar dacă acestea sînt destul de rare) întreținute cu mastic bituminos în exces, în general nu favorizează apariția fenomenului de rezonanță. Sectoarele experimentale executate cu procedeul revibrării betonului în perioada de priză nu prezintă undulații mici arătate mai sus, datorită atenției acordată în timpul construcției, mișcării utilajului de vibrare și revibrare.



## 215. Corosiunea chimică a betonului.

Exceptând unele cazuri cu totul particulare și locale, studiul acestui aspect al favorizării apariției degradărilor imbrăcăminților rutiere din beton de ciment poate să se rezume la analiza efectelor pe care le prezintă sarea de decongelare (sau fondanții chimici utilizați în acest scop în perioade de iarnă) asupra betonului rutier.

Utilizarea sărurilor pentru topirea zăpezii și înlăturarea poleiului a dovedit indispensabilă pentru siguranța circulației rutiere, / 14 / / 50 /. Efectul utilizării lor conduce la degradarea betonului rutier, forma de degradare cea mai evidentă fiind exfolierea (cojirea) suprafeței de rulare. Metodele generale de remediare a acestor degradări au fost prezentate mai sus (în cadrul acestui paragraf) urmînd ca să ne mai oprim aici asupra unor aspecte specifice, care interesează în activitatea de construcția și întreținerea drumurilor din beton de ciment.

Sărurile utilizate pot fi de tipul :

- sarea obișnuită ( $\text{NaCl}$ ), în general din deșeuri de la mine de sare ;
- sarea rezultată din minele de potasiu ;
- sarea de mare ;
- clorură de calciu ( $\text{CaCl}_2$ ) ;
- fondanți organici (rar utilizați pînă în prezent).

Experiențele efectuate în Belgia, Cehoslovacia, RFG, Franța, etc. / 8 / / 14 / au demonstrat că eventualele degradări produse de aceste substanțe în timpul iernăi asupra betonelor rutiere nu au un caracter chimic însemnat, efectul lor negativ se produce prin acțiune fizică.

Degradarea betonului se produce datorită următoarelor condiții existente :

- betonul saturat cu apă este supus unor temperaturi negative ;
- betonul nu are pori ocuși care să permită preluarea unor modificări (măsură) de volum în cazul în care apa îngheață în masa acestuia.

Pentru prevenirea apariției degradărilor de această natură, este unanim acceptată părerea conform căreia se prescrie folosirea adăsurilor antrancoare de sare la prepararea betonului. Totodată trebuie subliniată și observația cercetătorilor belgieni, care au constatat că în cazul betonelor rutiere preparate cu respectarea riguroasă a tuturor regulilor de alcătuire a unor betoane rutiere rezistente de bună calitate, utilizarea sărurilor decongelante nu produce nici un efect asupra straturilor rutiere.

Diferite studii efectuate arată că datorită producerii unor șocuri termice asupra betonelor tratate cu săruri decongelante, usura constatată (pierderea în greutate a probelor încercate) în cazul utilizării unei soluții de clorură de calciu este cea 50 % mai pronunțată decât la utilizarea sării de mare. Folosind diferite tipuri de ciment la prepararea betonului, se observă o rezistență mai scăzută la acțiunea înghețului-dezghetului repetat în prezența sărurilor decongelante în cazul cimenturilor care conțin mai puțin aluminaș tricalex.

Pentru combaterea sau remedierea uzurii betonului la acțiunea sării decongelante, se recomandă adaptarea următoarelor metode :

- realizarea pe suprafața betonului a unei pelicule protectoare formate dintr-un triplu strat de amestec de ulei de in și petrol în proporție de 1 : 1 ;
- realizarea pe suprafața betonului a unei pelicule de siliciu ;
- realizarea pe suprafața betonului a unei pelicule pe bază de emulsie din materiale plastice ;
- realizarea unui tratament superficial al betonului prin impregnarea acestuia cu ulei de in, etc.

În cazul drumurilor din beton de ciment studiate în cadrul D.D.P. Timișoara, nu se utilizează sare decongelantă la combaterea poleiului și săpezii, folosindu-se nisipuri sau alte materiale granulare antiderapante și acționând cu multă

stanție la îndepărtarea imediată și permanentă a săpezii de pe platforma drumului.

## 2.2. Defecțiuni ale structurii dalei de beton

### 2.2.1. Aspecte generale

• Istoricul înbrăcămintelor drumurilor din beton de ciment prezintă vaste capitole care se referă la încercările tehnicienilor de drumuri de a rezolva problema prevenirii apariției fisurilor și de a elimina inconvenientele pe care le generează formarea acestora.

Majoritatea drumurilor din beton executate în trecut s-au realizat din betoane simple, în general fără rosturi (în afara celor de lucru sau celor necesare în dreptul podurilor), cunoscându-se mii de kilometri de aceste tipuri de drumuri în S.U.A., construite înainte de 1930. În aceste cazuri, ulterior au apărut în înbrăcămintea rutieră o mulțime de crăpături transversale și longitudinale, care au necesitat anumite lucrări de întreținere, o bună parte dintre aceste sectoare de drumuri aflându-se și azi în exploatare / 30 /. Pentru a evita crăpăturile longitudinale, constructorii au realizat rosturi longitudinale. Fisurile transversale au prezentat încă o problemă mai complexă, acestea erau urâte, erau puncte slabe în înbrăcămintea rutieră, au produs fenomenul de pompage, erau greu de întreținut. S-a trecut la eliminarea lor, prin realizarea rosturilor transversale de dilatație la distanțe mari, apoi rosturi de dilatație în combinație cu cele de contracție. Neamenajate și neîntreținute corespunzător, rosturile de contracție se închideau complet, cele de dilatație au ajuns în mod progresiv la pierderea spațiului necesar, dalele de beton prezentau fisuri și crăpături. Aceste deficiențe (împreună cu altele, cum sînt : absența transmiterii eforturilor din circulația autovehiculelor, deranjarea planității suprafeței de rulare și altele) au cerut aplicarea unor noi soluții, mai eficiente. Astăzi, tehnica execuției rosturilor transversale este mult avansată (găjonarea, tipuri și soluții de rosturi ingeniere, întreținerea corespunzătoare, etc) totuși se continuă căutarea modalităților de eliminare a lor. S-a aplicat și în domeniul rutier soluția betonului

armat - dar acesta nu a eliminat decit într-o proporție redusă construcția rosturilor și nu împiedică nici apariția fisurilor în beton, rolul armăturii fiind doar de a ține în loc fisurile apărute și de a menține încreștarea agregatelor. / 30 /

Experiențele arată că betonul rutier armat își păstrează proprietatea de a ține crăpăturile strinse și închise. Pasul următor al evoluției drumurilor de beton a pornit de la aspectul teoretic conform căruia, precompunerea dalilor de beton chiar și peste 240 m lungime este o metodă promițătoare în reducerea apariției fisurilor. Printre metodele nu de mult introduse în vederea apariției fisurilor se menționează încă, cea referitoare la utilizarea unor cimenturi expansive / 30 /, precum și experimentarea îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment cu armătură continuă. / 14 / / 23 / / 30 / / 39 / / 43 / / 50 /

cert este, că soluțiile care împiedică apariția fisurilor sînt aplicate, în general, ca titlu experimental, studiul fenomenului de fisurare a betonului rutier și al reducerii lor între limite inevitabile, precum și al măsurilor care trebuie luate în urma apariției lor de către unitățile de întreținere a drumurilor, merită și în prezent multă atenție. "dalele de beton se distrug prin sfărșimare (apariția și dezvoltarea exfolierilor, sau în cazul unor betoane deosebit de prost executate, sfărșimarea acestora pînă la distrugerea totală a dalei) sau prin rupere, prin apariția și dezvoltarea fisurilor și crăpăturilor. Înainte de a stabili cauzele care produc această a doua formă a degradării, este bine să arătăm cum se manifestă - în cazul cu totul general - acest fenomen.

Descrierea cea mai sugestivă este reproducerea unor prezentări făcute în urma încercărilor AASHTO în figura II.23 / 24 /.

Rețeaua de fisuri și crăpături arătată în figura II.23 a apărut și s-a dezvoltat în urma apariției unor fisuri longitudinale marginale, studiul fiind efectuat pe un sector de drum experimental, pe care s-a urmărit efectul traficului greu aplicat în timp pe îmbrăcămintă rutiere din beton de ciment de anumite grosimi. Pot exista și alte forme de apariția și dezvoltarea fisurilor, de exemplu în modul arătat în figura X.24 care reprezintă în alte cazuri limită, de această dată referitor

## numai la fisuri transversale marginale / 42 /

Fisurile apar, în general, datorită contracției betonului în timpul întăririi acestuia, datorită solicitărilor care sînt generate de traficul rutier greu, precum și datorită celor generate de variațiile de temperatură (despre cauzele care conduc la fisurarea dalelor de beton se va trata mai jos în mod detaliat).

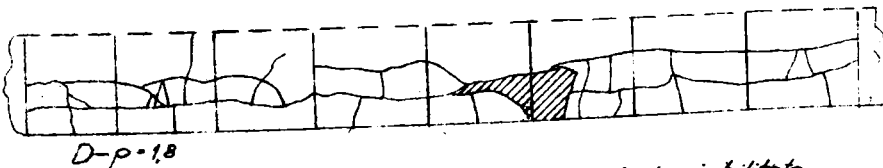
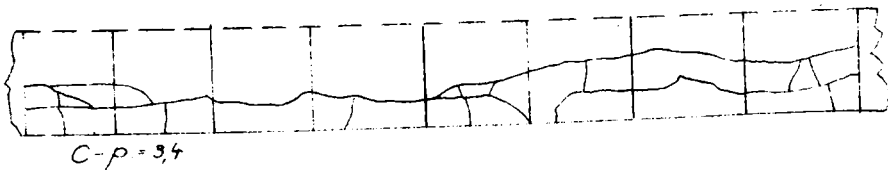
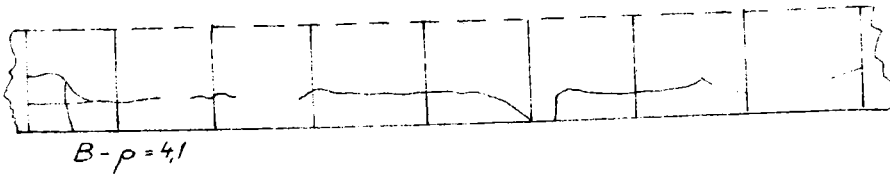
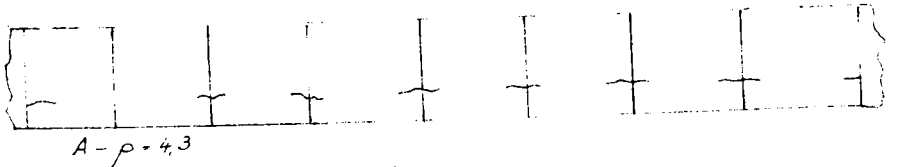


Fig. 11.23  
11.23  
Apariția și evoluția fisurilor și indicele ( $p$ ) de viabilitate AASMO pentru cazurile considerate.

a

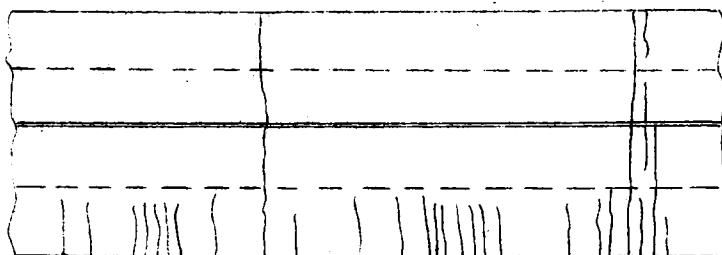


Fig. IX.24 Apariția fisurilor transversale marginale  
(exemplificare de pe drumul lingă Omiya, Japonia).

Lugoj  
b

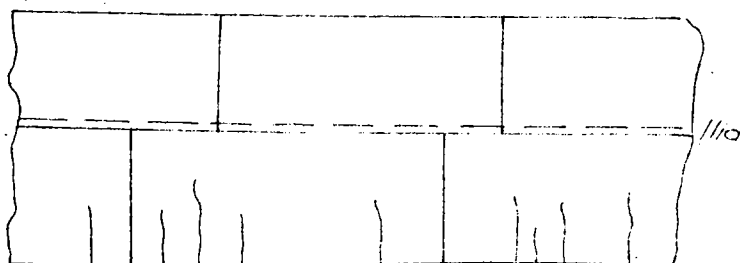


Fig. IX.24 Apariția fisurilor transversale marginale  
(exemplificare de pe D.N. 68 A Km.

Figurarea dalilor sub traficul rutier greu este în funcție de grosimea dalilor de beton, așa cum rezultă și din experiențele AASHO / 24 / , cele japoneze / 42 / , etc. de exemplu apariția fisurilor în funcție de grosimea dalilor de beton, pentru un trafic rutier de intensitatea dată, se produce astfel / 42 / :

Tipul fisurării	Grosimea dalei de beton în cm		
	20	23	25
Fisuri de colț	9,7 %	17,3 %	Nu s-a produs
Fisuri transversale	61,3 %	62,5 %	aproape nici
Fisuri longitudinale	12,3 %	15,0 %	o fisură
Fisuri multiple sau multidirecționale	11,7 %	14,3 %	
Total	100 %	100 %	

Se remarcă deasemeni o variație în localizarea fisurilor generate de variațiile de temperatură, în funcție de grosimea dalei de beton, de exemplu / 42 / :

Partea unde s-a produs fisurarea transversală	Grosimea dalei de beton în cm		
	20	23	25
Spre partea marginii libere	28 %	40 %	Nu s-a produs
Spre partea restului longitudinal	72 %	60 %	aproape nici o fisură.
Total	100 %	100 %	

În cadrul prezentării modului în care apar fisurile în îmbrăcămintă rutiere din beton de ciment, este interesant încă de arătat cum apar primele fisuri în dale care ulterior ajung în stare faianțată, precum și influența în general, a armării îmbrăcămintilor rutiere din beton de ciment asupra apariției fisurilor. În acest scop, se redau unele rezultate ale experimentelor AASHTO figura IX.25 și IX.26 / 24 / .

Se observă că primele fisuri longitudinale apar la aproximativ 0,80...1,80 m distanță de la marginea liberă a dalelor ele pornesc din rosturile transversale, în dreptul gujoanelor, dacă acestea sînt gujonate, în cazul betoanelor simple și la aproximativ 0,90...1,70 m în cazul celor armate, însă aici în proporții mult mai reduse pentru aceleași condiții de execuție și solicitări.

Fisurile și crăpăturile se caracterizează prin poziția lor, precum și prin mărimea deschiderii, adîncimea sau înălțimea și lungimea lor. Date fiind aceste caracteristici geometrice,

in funcție de acestea există foarte multe feluri de clasificări a fisurilor și crăpăturilor .

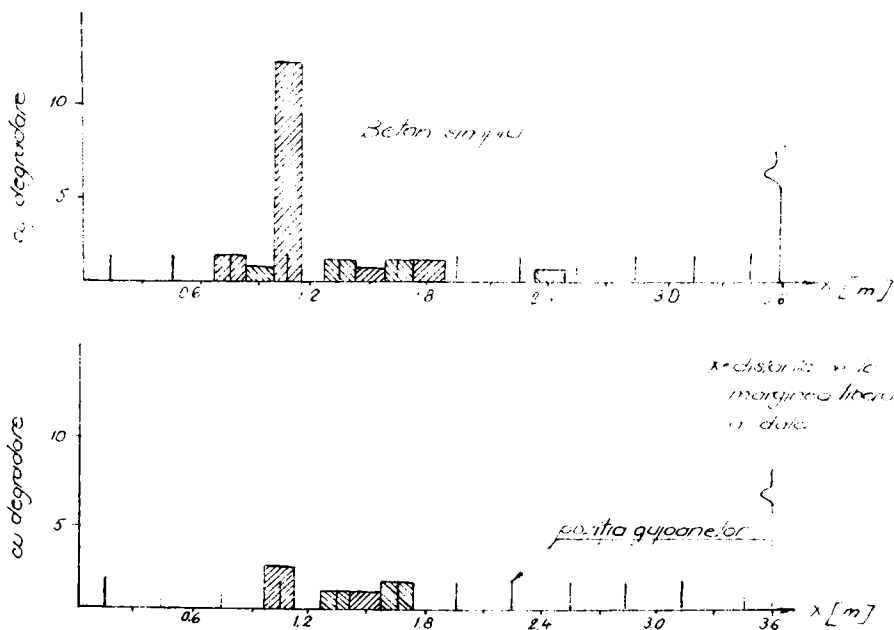


Fig. 1.25 Apariția primei fisuri longitudinale, pe un sector dat și un trafic rutier dat, datele având grosime constantă.

In cadrul experiențelor AASHO, clasificarea fisurilor și crăpăturilor s-a făcut în patru clase, în modul următor :

- clasa 1 cuprinde fisurile fine, care nu se observă de la o distanță de 4,50 m ;

- clasa 2 cuprinde fisurile care se observă de la o distanță de 4,50 m, dar a căror deschidere (lățime) nu depășește 6,2 mm ;

- clasa 3 cuprinde fisurile care au o deschidere (lățime) mai mare decît 6,2 mm (toate porțiunile de fisuri cu lățimea mai mică decît 6 mm lățime la suprafață aflate la o distanță de 90 cm sau mai mare, se clasează în parte ;

- clasa 4 cuprinde fisurile care nu au fost astupate / 24 .

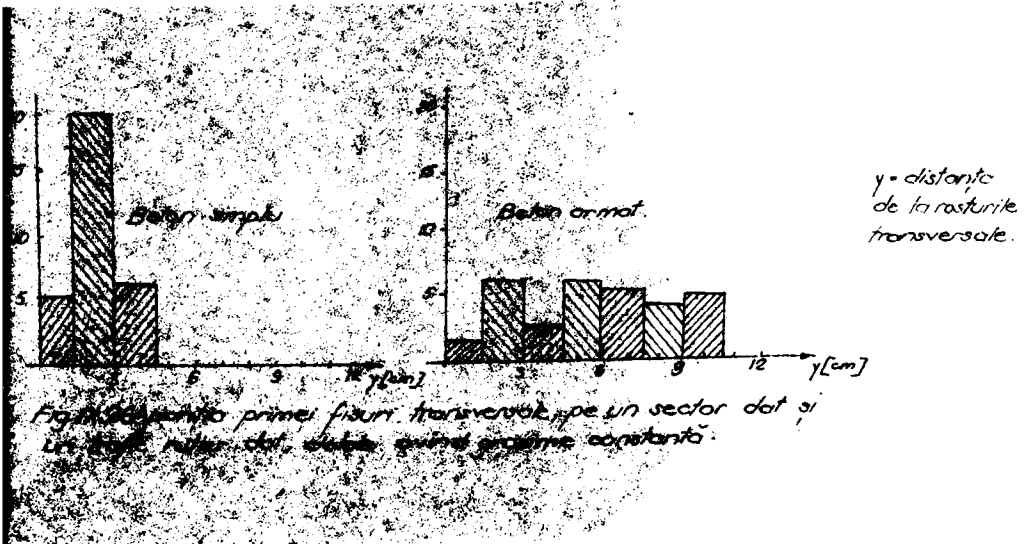


În R.F.G., se deosebesc :

- fisuri fine (fisuri "fir de păr") ;
- fisuri medii, aproximativ de 1...5 mm deschidere ( lățime ) ; și
- crăpături, de peste 5 mm deschidere / 47 /

În cele ce urmează, propunem următoarea clasificare :

- fisurile cu o deschidere (lățime) la suprafață de până la 5 mm ;
- = crăpăturile cu o deschidere (lățime) la suprafață de peste 5 mm / 36 / / 33 /



Apariția și dezvoltarea fisurilor și crăpăturilor influențează în mod direct asupra stării de viabilitate a drumului, așa cum rezultă de altfel și din formula (II.12) a determinării indicelui de viabilitate în funcție și de termenul  $C$ , prin care se notează indicele de fisuri clasa 3 și 4, acesta reprezentând raportul dintre lungimea lor totală și suprafața părții carosabile exprimată în unitatea de măsură a acestuia. Totodată, în cadrul acestor experiențe s-a stabilit utilitatea definirii unui indice defisurare care reprezintă

lungimea totală a tuturor f surilor, de toate clasele, raportată la unitatea de măsură a suprafeței de rulare, notat cu  $I_f$  și la calculul căruia, suprafețele reparate se iau în considerare printr-o echivalare, pentru fiecare  $929 \text{ cm}^2$  de suprafață reparaată considerându-se un volum de fisuri de 30 cm lungime. În cadrul analizei indicelui  $I_f$ , s-a putut stabili printre altele, influența armăturilor asupra apariției fisurilor în înbrăcămintă, în le ratiere din beton de ciment, așa cum rezultă mai jos / 24 / :

Condiții de comparație	Nr. de secțiuni studiate	Nr. cazurilor la $I_f$ armat		Valorile medii pentru $I_f$ în $0,30 \text{ m}/93 \text{ m}^2$		
		$I_f$ nearnat	$I_f$ noarnat	$I_f$	$I_f$	
Pentru indice de viabilitate $p=1,5$	27	13	14	182	161	21 <sup>1)</sup>
Pentru indice de viabilitate $p=2,5$	29	19	10	114	94	20 <sup>2)</sup>
Pentru un trafic rutier de $N_f=1.114.000$ treceri efective <sup>3)</sup>	77	68	9	30	6	24 <sup>4)</sup>

Notă : 1) -nesemnificativ ; 2) -semnificativ pentru diferență de 10 % ; 3) - $p = 4,15$  în medie ; 4) -semnificații pentru diferență de 1 %

Analiza statistică a indicelui de măsurare  $I_f$  în funcție de traficul rutier înregistrat de intensitatea de  $N_f$  treceri efective a vehiculului etalon (deci nu în funcție de traficul ponderat pentru luarea în considerare a efectelor anotimpurilor în perioada experiențelor ) a condus la stabilirea armăturii model matematic de determinare a acestui indice :

$$I_f \propto \frac{P_1 \beta N_f^2}{h^r} \quad (\text{IX.17})$$

in care :

- $I_f$  este indicele de fisurare ;  
 $P_1$  - greutatea pe osie ;  
 $N_t$  - numărul de treceri echivalente a vehiculu-  
 lei etalon ( de 18,1t ), valoare neponde-  
 rată ;  
 $h$  - grosimea stratului rutier ;  
 $\alpha, \beta, \gamma$  - coeficienți care se determină experimental.

Transformând relația de mai sus sub o altă formă și determinând valoarea coeficienților, s-au obținut următoarele expresii, care exprimă legătura între intensitatea traficului rutier, indicele de fisurare și structura sistemului rutier:

$$\log N_t = 4,70 + 0,5 \log I_f - 2,62 \log P_1 + 4,84 \log h \pm 0,26 \quad (\text{IX.18})$$

rezultată pentru autovehicule cu osii simple și îmbrăcăminte rutieră din beton simplu ;

$$\log N_t = 4,55 + 0,5 \log I_f - 2,30 P_1 + 3,57 \log h \pm 0,17 \quad (\text{IX.19})$$

rezultată pentru autovehicule cu osii simple și îmbrăcăminte rutieră din beton de ciment ;

$$\log N_t = 6,61 + 0,5 \log I_f - 4,38 P_1 + 6,33 \log h \pm 0,24 \quad (\text{IX.20})$$

rezultată pentru autovehicule cu osii tandem și îmbrăcăminte rutieră din beton simplu ; și

$$\log N_t = 6,37 + 0,5 \log I_f - 3,13 \log P_1 + 3,96 \log h \pm 0,11 \quad (\text{IX.21})$$

rezultată pentru autovehicule cu osii tandem și îmbrăcăminte rutieră din beton armat . / 24 /

Se observă că valoarea indicelui de fisurare  $I_f$ , pentru un trafic rutier de intensitate dată, variază mult și accentuat în funcție de greutatea pe osie a autovehiculelor în cazul dalelor de beton nearmat, precum și în funcție de grosimea stratului rutier. (De menționat, că aceste concluzii se

referă la o armare realizată în mod special pentru reducerea posibilității de fisurare superficială a dalelor, aceasta fiind așezată la o distanță de 5 cm adâncime la suprafața de rulare și prin urmare nu i s-a atribuit rolul de a prelua eforturile unitare de întindere din încovoiere în zona inferioară a îmbrăcăminții rutiere din beton de ciment).

Cu ocazia acestor experiențe s-a constatat de asemenea că apariția fisurilor se produce - în cazul de solicitări și parametrii de construcție identice - în funcție de distanța dintre rosturile de contracție. S-au stabilit modificări importante de formă datorită variațiilor de temperatură a dalelor, care împreună cu solicitările provenite din traficul rutier au provocat apariția fisurilor în modul următor / 35 / :

Obiectul determinărilor :      Tipul dalelor delimitate prin  
rosturi de contracție tăiate în  
stratul de uzură  
dale armate, de 12 m : 4,6 m dale  
simple

Numărul dalelor care nu s-au distrus în timpul experiențelor (de 58 buc) .	46	47
Lungimea fisurilor de direcție întâmplătoare, pe dalele nedistruse, raportată la o suprafață de 300 m <sup>2</sup>	1970 m	196 m
Lungimea rosturilor de contracție tăiate, raportată la o suprafață de 300 m <sup>2</sup>	1130 m	3082 m
Lungimea totală a fisurilor și a rosturilor, raportată la o suprafață de 300 m <sup>2</sup>	3103 m	3278 m

În baza acestor rezultate se poate observa, că în

cazul îmbrăcămintilor rutiere din beton de ciment care nu se armeană în scopul reducerii posibilităților de apariție a fisurilor, se recomandă executarea rosturilor de contracție prin tăiere a stratului de uzură, la distanțe relativ reduse, avînd în vedere că acestea sînt mult mai estetice decît fisurile care apar sub forma unor linii frînte și că lungimea totală a acestora și a fisurilor este invariantă, se poate accepta soluția betonului simplu, cu rosturi de contracție, controlul și întreținerea lor fiind mult mai ușoară.

Forma sub care apar și se dezvoltă fisurile și crăpăturile în îmbrăcămintile rutiere din beton de ciment, poziția lor pe suprafața dalei, perioada în care apar, precum și alte caracteristici ale acestora denotă că ele trebuie, deosebite în funcție de diverși factori care le cauzează, putîndu-se acționa în acest fel la prevenirea și eliminarea cauzelor care provoacă sau favorizează apariția și dezvoltarea lor.

Înainte de a trata detaliat cazurile particulare cunoscute definite din acest punct de vedere, se subliniază, în primul rînd, cauzele cele mai semnificative ale apariției fisurilor în elementele de construcție realizate din beton de ciment și care sînt următoarele :

- contracția betonului în perioada de întărire ;
- solicitările exterioare, care în cazul drumurilor sînt încărcarea provenită din traficul rutier precum și efectul variațiilor la temperatură în masa betonului.

Gradul de fisurare a betonului în urma contracției în perioada de întărire este influențat - după cum s-a arătat și mai sus - de următorii factori :

- netretarea ulterioară corespunzătoare a betonului în prima perioadă de întărire conform recomandărilor date anterior, conducînd la apariția fisurilor și crăpăturilor de contracție. (vezi figura IX.16) .

- folosirea unor cimenturi nerecomandate pentru execuția lucrărilor rutiere, din punctul de vedere al compoziției mineralogice sau al finetei de măcinare, provoacă, de asemenea, aceste defecțiuni ale betonului.

- împiedicarea contracției libere a dalelor de beton (precum și a variațiilor ulterioare de volum datorită variațiilor de temperatură) prin neasigurarea unei suprafețe de rezemare cu frecare redusă (în practica noastră de execuție, neșternera hîrtiei sau a foilor de polietilenă pe suprafața nivelată a stratului de fundație), poate provoca apariția fisurilor în dalele de beton ;

- neexecutarea rosturilor de contracție la distanțe optime în funcție de modul de realizare a îmbrăcăminții rutiere din beton de ciment determină apariția neregulă a acestora.

Din enumerarea acestor cauze formulate atît în baza studiilor bibliografice, cit și în urma efectuării unor observații îndelungate pe sectoarele de drumuri naționale cu îmbrăcămințe din beton de ciment din raza D.E. Timișoara, rezultă reguli precise de prevenire și eliminare a fisurilor generate de contracția betonului în perioada de întărire a acestuia.

În ceea ce privește solicitările exterioare (încărcări din traficul rutier și variații de umiditate și de temperatură) acestea au fost analizate, de asemenea, în cadrul para-grafelor anterioare.

Fisurile și crăpăturile care apar datorită acestor cauze, sînt în funcție atît de mărimea încărcărilor din traficul rutier, de intensitatea acestuia și de mărimile absolute și relative ale variațiilor de temperatură în dalele de beton, cit și de unele aspecte constructive, cum sînt grosimea stratului de beton, lungimea dalelor, existența mediului de rezemare cu caracteristicile impuse în ipotezele fundamentale ale calculelor de dimensionare, etc. În condiții nefavorabile, fisurile și crăpăturile se dezvoltă în timp, pînă la ruperea sau distrugerea totală a dalelor de beton, aceste condiții nefavorabile fiind cauzate de neîntreținerea corespunzătoare a drumului.

La fel ca și în cazul altor elemente de construcție realizate din beton, ruperea sau distrugerea dalelor de beton ale îmbrăcăminților rutiere rigide se produc datorită depășirii rezistenței la întindere a materialului. Procesul de rupere al betonului se explică prin teoriile structurale care reflectă în mod corespunzător acest proces și în baza cărora se poate afirma

că ruperea prin întindere se produce prin omulgară sau decoeziune.

Ruperea betonului solicitat la întindere centrică este un fenomen complex care începe prin apariția unor microfisuri în piatră de ciment, la suprafața de contact dintre piatră de ciment și agregate, sau în cazuri mai rare, chiar prin agregate / 2 /. În acest caz, procesul de afinare al structurii interne se dezvoltă o dată cu creșterea efortului unitar de la valoarea  $\sigma = 0$  până  $\sigma = R_t$ . Datorită existenței porilor în masa betonului, eforturile unitare inițiale provocate de contracția și variația umidității se distribuie neregular în masa betonului, în jurul unei microfisuri sau a unui por din piatră de ciment. Concentrarea eforturilor unitare de întindere la capetele fisurii pot avea valori de până la trei ori mai mari decât valoarea medie pe secțiune și se păstrează până la rupere / 2 /. Microfisurile normale pe direcția eforturilor de întindere se deschid, se unesc între ele, apar fisuri mai mari, diagrama caracteristică efort unitar - deformația atestă caracterul pronunțat plastic al deformațiilor betonului întins în momentul ruperii.

Compoziția betonului influențează în mod hotărât asupra valorii rezistenței la întindere a betonului și anume :

- în general, cimenturile de calitate superioară, fin măcinată, cu un conținut mai bogat în silicat tricalcic, dau rezistențe la întindere mai mari ;

rezistența la întindere ( $R_t$ ) crește o dată cu sporirea dosajului de ciment (dar într-o măsură mai mică decât valoarea rezistenței la compresiune, având în vedere mărirea eforturilor unitare inițiale o contracție mai accentuată) ;

- creșterea valorii raportului apă/ciment conduce la scăderea rezistenței la întindere (de asemenea în proporții mai reduse, decât în cazul rezistenței la compresiune, dar în valoare absolut considerabilă de ex. pentru a/c = 0,70 în loc de 0,40, rezistența la întindere din încovoiere  $R_{t1}$  scade de la 90 la 40 daN/cm<sup>2</sup> pentru un caz de determinare dată) ;

- agregatele minerale cu suprafață șlefuită, provenite din rocă slabă, cu curbă granulometrică necorespunzătoare (conținut mai mare de agregate fine) conduc la scăderea valorii rezistenței la întindere ;

- betoanele păstrate în mediu uscat în perioada de întărire (datorită eforturilor unitare mari de contracție) prezintă rezistențe la întindere scăzute.

Dacă nu se iau măsuri corespunzătoare la prepararea și punerea în operă a betoanelor - care rezultă din cele enumerate în prezentul subcapitol - se produc fisuri și crăpături în îmbrăcămintea rutieră aflată în exploatare, care iau diverse forme de apariție și amploare și care trebuie întreținute, așa cum se arată în paragrafele următoare .

### 2.2.2. Fisuri și crăpături transversale

Fisurile și crăpăturile transversale apar pe o direcție aproximativ perpendiculară pe axa drumului, ele pot traversa întreaga dală, sau pot fi extinse doar pe o porțiune a acesteia (vezi figura IX.27).

În baza unor studii de bibliografie (destul de restrinse ca număr și complexitate în modul de abordare a acestor probleme) precum și a unor studii și observații efectuate pe teren în cadrul traseelor drumurilor naționale cu sistem rutier rigid din sud-vestul țării, se pot formula unele concluzii, conform cărora cauzele generale ale apariției fisurilor și crăpăturilor transversale sînt următoarele :

- contracția betonului care este mai mare în cazul neglijării tratării ulterioare în perioada de întărire ;

- depășirea rezistenței la întindere din încovoiere a dalilor de beton datorită solicitărilor din traficul rutier ;

- depășirea rezistenței la întindere din încovoiere a dalilor datorită deformațiilor provocate de variațiile de temperatură, respectiv suprapunerea acestui efect cu cel al solicitărilor din traficul rutier ;

- tendința de dilatare a dalilor în cazul rosturilor de dilatație infundate ;



- tendința de dilatare a dalelor în cazul unor crăpături existente înfundate ;

- variațiile de volum ale dalei de beton cauzate de variațiile de temperatură și umiditate, în cazul stratului suport care se opune alunecării la nivelul acestuia, etc .



a) DN 6 Km 395 + 600

b) DN 6B A Km 61 + 400

Fig.IX.27 Fisuri și crăpături transversale

Eliminarea acestor defecțiuni (a fisurilor transversale, precum și a celorlalte tipuri de fisuri și crăpături) este deosebit de dificilă, în cele mai multe cazuri însă nici nu este necesară, decât o întreținere corespunzătoare a fisurilor și crăpăturilor în vederea asigurării posibilității variațiilor de volum ale betonului, precum și în vederea realizării unei etanșeități a îmbrăcăminții rutiere. Impiedicarea pătrunderii apei în straturile inferioare elimină posibilitatea producerii altor defecțiuni care necesită lucrări de remedieri și mai complexe.

Lucrările de reparații sînt bazate, în general, pe colmatarea fisurilor și crăpăturilor cu diferite masticuri preparate cu lianți hidrocarbonați, cu rășini și mortare cu

rășini epoxidice, cu mortare de ciment, alte materiale în compoziția cărora există diferite produse sintetice, materiale plastice etc.

În primul rând, este necesară stabilirea cauzelor care au produs producerea fisurii sau crăpăturii. Dacă acestea provin din condiții de rezemare - stabilitate necorespunzătoare ale dalei ele vor fi eliminate prin aplicarea unor metode care urmează a fi tratate în cadrul paragrafului 2.3. Reparațiile propriu-zise ale fisurilor și crăpăturilor încep cu deblocarea și curățirea atentă a acestora, apoi se aplică materialul de umplură, fără a-l întrebuiți în exces, ceea ce ar deranja circulația autovehiculelor creând denivelări locale în suprafața de rulare.

Înainte de a trece la descrierea propunerilor de remediere sau reparare a fisurilor și crăpăturilor, este necesar să se analizeze dacă acestea sînt pasive sau active, înțelegîndu-se sub aceste denumiri următoarele / 8 / / 36 / :

- se consideră fisuri pasive acele fisuri a căror deschidere rămîne aproape invariabilă la variații de temperatură adică la o variație de  $10^{\circ}\text{C}$  a temperaturii betonului, deschiderea ei variază mai puțin de 0,5 mm ;

- se consideră fisuri active acele fisuri, a căror deschidere variază cu mai mult de 0,5 mm la o variație zilnică a temperaturii betonului de  $10^{\circ}\text{C}$ .

În general se consideră că fisurile cu deschidere foarte mică, numite și fisuri sub formă de „ fir de păr ”, nu trebuie întreținute. Totuși se recomandă și tratarea acestora, de exemplu prin colmatarea lor cu parafină diluată în triclor-etilenă, în proporție de 1 : 10, sau cu alte materiale asemănătoare.

Dintre metodele bazate pe utilizarea lianților hidrocarbonați se recomandă aplicarea următoarelor :

- colmatarea cu bitum fluid ;
- colmatarea cu mastic de bitum - filler ;
- colmatarea cu mastic bituminos cu adăos de cauciuc ;
- colmatarea cu emulsie bituminoasă cationică ;

- colmatare cu mortar cu emulsie bituminoasă ;
- colmatare cu suspensie de bitum filerizat ;
- colmatarea cu mortar cu suspensie de bitum filerizat ;
- colmatare cu bitum tăiat , etc .

Compoziția și modul de realizare a acestor materiale de umplură este tratată în cadrul paragrafului 2.4., referitor la întreținerea rosturilor de contact, de contracție și de dilatație .

Pentru repararea fisurilor pasive se propune următoarea tehnologie :

- curățirea fisurii, ceea ce se efectuează cu un utilaj special, sau în lipsa acestuia, prin spălare, suflarea cu aer comprimat sau suflarea unui jet de nisip ;
- decaparea părții din material ce nu este suficient de stabil, prin tăierea unui rost de 5...6 cm adâncime pe toată lățimea dalei, decaparea cu ajutorul unui ciocan pneumatic, sub o formă neregulată, a porțiunilor ce au tendințe de dezaprozare ;
- umezirea suprafeței betonului ;
- betonarea golului.

Pentru repararea fisurilor active, se propune următoarea tehnologie :

- repararea comportă amplasarea unui rost de contracție în înbrăcăminta rutieră, care permite mișcarea (variația de volum) a dalei sub efectul variațiilor higrometrice și termice ;
- se decapează în lungul fisurii un rost ;
- acesta va fi umplut cu materiale care își păstrează proprietățile elastice (rășini speciale) sau plastice (amestecuri pe bază de lianți hidrocarbonați sau materiale sintetice) în timp ; umplerea efectuându-se în așa fel, ca materialul de umplură să nu ajungă în exces nică în perioada îngustării fisurilor sau crăpăturilor.

Rezultă din cele expuse mai sus, că în legătură cu repararea și întreținerea fisurilor și crăpăturilor, una dintre principalele probleme este alcătuirea compoziției materialului de umplură. Acesta poate fi pe bază de liant bituminos, pe bază de ciment, sau pe bază de materiale sintetice

diverse, precum și ale unor amestecuri ale acestora.

Umplerea fisurilor și crăpăturilor pasive cu mortare și betoane de ciment (la fel și repararea unor defecțiuni ale dalelor în dreptul rosturilor) impune anumite condiții pentru betonul de umplură, dintre care subliniază următoarele:

- ▼ proprietățile fizico-mecanice ale betonului proaspăt nu trebuie să fie inferioare betonului vechi ;

- se aplică, de preferință, regula generală conform căreia betonul nou trebuie să aibă compoziție și proprietăți identice sau asemănătoare cu cel vechi ;

- trebuie create posibilități pentru realizarea unei adeziuni foarte bune a betonului nou la cel vechi ;

- se recomandă cimenturi cu priză rapidă pentru a elimina inconvenientele efectelor nedorite ale circulației rutiere asupra betonului proaspăt ;

- compoziția betonului se determină în așa fel, încât să se poată obține caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare pentru betonul întărit, știind că în general, în cazul acestor lucrări de umplerea fisurilor și crăpăturilor se pun probleme deosebite cu privire la comportarea betonului.

Aplicarea soluțiilor bazate pe utilizarea materialului și betonului de ciment prezintă o serie de inconveniente, dintre care subliniem următoarele :

- determinarea naturii fisurilor și crăpăturilor, adică dacă acestea sînt într-adevăr pasive, este o determinare destul de laborioasă în practică, fiind totodată și o determinare care necesită observații îndelungate în timp, ori betonarea fisurilor și crăpăturilor active poate conduce, în majoritatea cazurilor, la sfîrșirea și dislocarea materialului de umplură, deci în compromiterea lucrărilor de reparații ;

- executarea lucrărilor de reparații solicită întreruperea circulației rutiere pe un timp carecun mai îndelungat, decît aplicarea altor metode de lucru ;

- aplicarea procedurii rebetonării impune executarea mai multor operații sau faze de lucrări, decît aplicarea celorlalte metode de reparații ;

- în cazul concret al organizării și dotării tehnice a unităților noastre de administrarea și întreținerea drumurilor publice, aplicarea metodelor rebetonărilor impuse, în general, dotări și tehnologii noi ;

- costul acestor remedieri nu prezintă avantaje deosebite față de aplicarea altor metode de lucru.

În cazul DN 68 A au fost efectuate o serie de încercări pentru repararea fisurilor și crăpăturilor care au apărut după 1...2 ani de la execuția lucrărilor, perioadă în care s-au mai continuat lucrările pe alte sectoare de drum ale traseului și a existat posibilitatea obținerii betonului preparat în condițiile și de calitate identică identice cu cel utilizat la realizarea stratului rutier .

Aceste reparații au fost executate - cum s-a dovedit ulterior - tocmai în cazul unor defecțiuni care au apărut ori din cauza condițiilor nefavorabile de rezemare a dalelor de beton, favorizând fisurarea acestora datorită înăviorii lor sub efectul su raps al traficului rutier și al variațiilor de temperatură și umiditate în dale, ori din cauza contractiei betonului cu compoziție sau întreținere ulterioară necorespunzătoare, adică din cauza naturii active a fisurilor și crăpăturilor. Se poate afirma doar, că aceste reparații s-au dovedit a fi, în marea lor majoritate ineficiente, fiind reexecutate ulterior cu materiale pe bază de lianță hidrocarbonați.

Se remarcă însă tendințele care se manifestă în cadrul unor țări privind rebetonarea fisurilor și crăpăturilor, încercând realizarea unor mortare și betoane de ciment cu calități adecvate, în compozițiile cărora intră diferite adăuceri de substanțe sintetice.

Cu privire la utilizarea mortarului și betonului de ciment, în afara cerințelor și recomandărilor expuse mai sus, se mai propun a fi luate în considerație următoarele :

- se recomandă utilizarea mortarilor de ciment cu ciment portland de marca P 500...P 600 (în lipsa unor cimenturi speciale sau rutiere), cu dozajul de nisip-ciment de 1:1, cu un conținut de apă aproximativ 7...10% (0,35 litri la 1 Kg.

ciment) ;

- betoanele de ciment utilizate să aibă o consistență mai virtuoasă decât cea prezentată de betonul vechi la realizarea stratului rutier, și cu lucrabilitate de cel puțin 25 ...30 secunde, cu trasarea conului standard de 1...2 cm;

- se recomandă utilizarea adoesurilor de clorură de calciu ș.a. (clorura de calciu pînă la 2 % din greutatea cimentului) ;

- în crăpături, betonul pus în operă cu 1...3 cm, peste suprafața înbrăcăminții, se compactează cu malul de mînă de 12...16 Kg., iar în tăieturile adînci și largi cu vibratoare de adîncime și de suprafață ;

- întreținerea ulterioară a betonului proaspăt se face prin acoperire cu nisip și stropire cu apă, etc.

În străinătate, repararea fisurilor și crăpăturilor apărute în înbrăcămințile rutiere din beton de ciment se execută foarte des cu ajutorul rășinilor epoxidice și a mortarelor pe bază de rășini epoxidice. Acestea fiind tratate, în general, în cadrul paragrafului 2.1.1., considerăm că nu mai este necesară prezentarea soluțiilor, acestea fiind identice cu cele amintite, deosebindu-se de acestea doar prin câteva particularizări care derivă din aplicabilitatea lor în cazul fisurilor și crăpăturilor. Se remarcă rezultatele deosebit de bune obținute în acest de eniu.

În țara noastră, s-au efectuat experiențe valoroase și în această direcție, este de așteptat ca în viitorul apropiat, să se generalizeze utilizarea unor rășini epoxidice pentru repararea defecțiunilor înbrăcămințiilor rutiere din beton de ciment.

I.C.T.A.N.A. a experimentat cu ani în urmă, repararea exfolierilor și fisurilor (prin colmatare) pe LN 72 Găiești-Tirgoviste, cu ajutorul unei mase de lucru bazată pe utilizarea unor combinații de rășini - plastifianți - întăritori, în cazul cărora au fost urmărite și pe teren proprietățile deosebite pe care le-a prezentat rășina epoxidică de tipul DIOXOTE (adesiune perfectă cu betonul de ciment, rezistențe mecanice mari, rezistență bună la uzură și temperaturi înalte, etc) în condițiile

incercărilor de laborator. În continuarea experiențelor, în cadrul ISCT au fost studiate posibilitățile de utilizare a rășinii epoxidice livrate sub formă de smectec (componentă epoxidică) + componentă întăritor) la repararea îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment . / 16 /

De asemenea, colmatarea fisurilor și crăpăturilor se poate realiza cu alte materiale sintetice, dintre care în străinătate se utilizează pe scară largă neoprenul, pe care îl vom descrie tot în cadrul paragrafului 2.4., fiind întrebuintat în primul rând la întreținerea rosturilor.

### 2.2.3. Fisuri și crăpături longitudinale

Fisurile și crăpăturile longitudinale apar și se dezvoltă sub o formă apropiată de linii paralele cu axa drumului (vezi figura IX.28). Cauzele particulare care conduc la apariția defecțiunilor de acest fel sînt următoarele :

- contracția transversală a betonului, mai cu seamă în cazul îmbrăcămintelor rutiere executate concomitent pentru mai multe benzi de circulație, fără a fi prevăzute rosturi longitudinale în mod corespunzător ;
- variațiile de volum în direcția transversală a căii, generate de variațiile de temperatură și de umiditate ale betonului (de asemenea, în mod pronunțat în cazul benzilor multiple de circulație, fără realizarea rosturilor longitudinale) ;
- încovoierea transversală din traficul rutier, înregistrîndu-se greutatea pe osii prea mari, respectiv încări neuniforme pe suprafețele mari ale structurilor rutiere inferioare sau ale patului drumului, care poate cauza apariția fisurilor și crăpăturilor longitudinale în mod accentuat în cazul în care rosturile longitudinale sînt la distanțe prea mari între ele, sau dacă acestea nu au fost executate destul de adînci, respectiv executarea lor (tăierea acestora) s-a efectuat relativ tîrziu ;
- efectul traficului rutier greu în dreptul cujoanelor rosturilor transversale și în general în dreptul celor situate la 0,75...1,10 m de marginea părții carosabile ;

- natura expansivă a pământului de fundație ;

- micșorarea capacității portante a terenului de

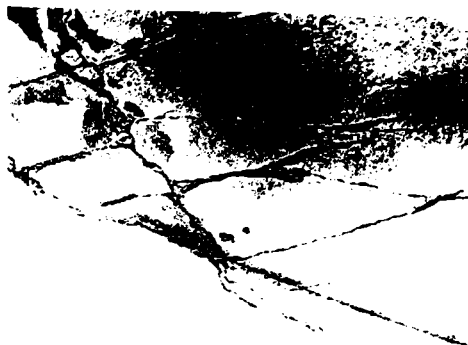
fundație sau neasigurarea acesteia în zonele marginale ale părții carosabile, provocând schimbarea schemei statice, a ipotezei de rezemare a dalelor, acesta lucrând în consolă. Această situație a fost înregistrată și pe DN 68 A Km 50+000...50+300, 61+100...61+200, etc. În aceste puncte ale traseului drumului, s-au proiectat deplasări relative ale axei drumului nou față de cea a drumului împietruit existent dinainte, aceste deplasări fiind înregistrate atât în plan orizontal cât și în plan vertical. În urma acestora, o fișie marginală a sistemului rutier actual ( de aproximativ maximum 0,70...1,10 m lățime) se situează în afara vechiului complex rutier, sau în dreptul unor spături efectuate în vechiul complex rutier în vederea coborârii liniei roșii a drumului. În timp, în aceste zone au apărut fisuri și crăpături longitudinale, apoi ruperi de dale dealungul acestora, la 0,60...1,20 m de marginea exterioară a suprafeței rutiere. Studiile geometrice efectuate în aceste puncte ale DN 68 A au demonstrat că defecțiunile apărute se datorează pe de o parte contaminării balastului din strotul de fundație rutieră, iar pe de altă parte, datorită naturii terenului de fundație (pământ argilos în unele locuri), respectiv gradului de compactare asigurat terenului de fundație ( în cadrul pozițiilor kilometrice mai sus notate, local gradul de compactare Proctor normal la nivelul patului drumului a fost de 90...93 în loc de 100, iar la o adâncime de 50 cm de 89...92 față de 97, cât se impune în cazul drumurilor în debleu și a terenului de fundație de pământuri coezive.)

Lucrările de remediere și reparații în cazul fisurilor și crăpăturilor longitudinale vor cuprinde, în primul rând, încercări de eliminarea cauzelor de apariție, dacă acestea se referă la terenul de fundație (vezi paragraful 2.3. precum și aplicarea metodelor cu privire la colmatarea lor, descrise în cadrul paragrafelor 2.2.2. și 2.4.





a) DN 68 A Km 61+120



b) DN 6 Km 397+500

Fig.IX.28 Fisuri și crăpături longitudinale

## Fisuri și crăpături diagonale

Aceste tipuri de fisuri și crăpături apar și se dezvoltă în dalele de beton în direcția paralelă cu diagonala acestora, traversind integral sau parțial întreaga dală, putând fi superficiale sau de adâncime (chiar pe toată grosimea stratului rutier din beton de ciment).



Fig. IX.29 Fisuri și crăpături diagonale DN 68 Km 50+700

Cauzele care provoacă apariția fisurilor și crăpăturilor diagonale (vezi figure IX.29) sînt în primul rînd următoarele :

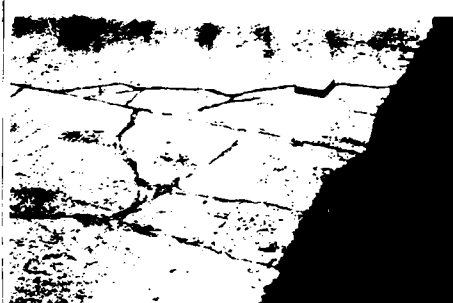
- încălcări în zona de colț a dalelor, provenite din circulația rutieră grea ;
- încooierrea dalei sub efectul variațiilor de temperatură sub o formă care favorizează apariția eforturilor unitare maxime, mai mari decît rezistențele mecanice ale betonului, producînd fisurarea dalelor pe această direcție ;
- tasarea terenului de fundație în zona colțurilor dalelor de beton, acestea lucrînd „ în consolă ” ;
- producerea efectului de consolă la colțurile interioare ale dalelor după apariția fenomenului de „ pompaj ” (vezi paragraful 2.3.2. ) .

Eliminarea cauzelor care favorizează apariția fisurilor și crăpăturilor diagonale, precum și modul și metodele de remediere sau reparații ale acestora nu impun măsuri particulare față de cele amintite în cadrul altor paragrafe.

#### 2.2.5. Fisuri și crăpături de colț

Fisurile de colț sînt dispuse aproximativ diagonal, care formează un triunghi împreună cu un rost longitudinal sau o margine de dală și cu un rost transversal sau fisură (crăpătură) transversală, așa cum se arată în figura IX.30.

Fisurile de colț sînt cauzate de sarcinile care depășesc pe cele luate în calcul de dimensionare aplicate pe colțuri de dale, aflate în consolă sau pe dale ondulate sau strîmbe, respectiv de sarcinile aplicate pe colțuri de dale executate din betoane de calitate inferioară. Apariția lor este favorizată de straturi de fundație executate necorespunzător (materiale granulare necompactate) sau teren de fundație necorespunzător (de exemplu pămînt geliv), precum și de degarnisirea rosturilor și pătrunderii apelor superficiale la aceste straturi ceea ce poate modifica caracteristicile acestora, chiar și în cazul în care ele au fost executate din materiale tratate cu lianți hidrocarbonați sau hidraulici.



a) DN 68 A km 56+280

b) DN 68 A Km 62+750

Fig. IX.30 Fisuri și crăpături de colț

Deformațiile prin încovoiere ale dalelor de beton sub acțiunea sarcinilor mobile aplicate pe colțurile acestora, mai cu seamă în cazul rosturilor de contact și de dilatație ne-gujonate, precum și a rosturilor de contracție și a fisurilor și crăpăturilor transversale, longitudinale sau diagonale, dezvoltate pe întreaga grosime a dalei, conduc la solicitări concentrate pe zone (suprafețe) relativ reduse în straturile rutiere inferioare sub colțurile dalei, care pot genera deformația sau reșezarea straturilor de fundație sau a terenului de fundație, fenomen ce se poate dezvolta în timp sub acțiunea sarcinilor repetate. Prin urmare se creează condiții defavorabile pentru rezanarea uniformă a dalei pe suprafațe stratului suport - mai cu seamă dacă materialul necorespunzător a fost antrenat prin apariția fenomenului de pompaj la eliminarea lui pe suprafața de rulare -, aceasta lucrând în continuare cu colțuri în consolă, favorizând apariția unor eforturi unitare de întindere din încovoiere în zonele superioare care depășesc rezistența betonului la întindere din încovoiere, producându-se fisurarea și ruperea betonului.

Prevenirea apariției acestei defecțiuni se poate realiza prin straturi suport stabilizate cu ciment sau din

anrobate bituminose, avind rosturile și fisurile (crăpăturile) întreținute corespunzător prin colmatarea acestora pe toată perioada de serviciu a drumului.

Repararea acestui tip de defecțiuni poate fi efectuată, în funcție de necesități locale concrete, sub două forme :

- fisurile sau crăpăturile se curăță și se colmatează sau se umple cu mastic bituminos, mortar de ciment, mortar de rășină epoxidică, etc ;

- este nevoie de rebetonarea colțului dalei, ceea ce se execută după refacerea, după caz, a stratului suport în zona respectivă, prin înlăturarea colțului rupt al dalei și rebetonarea acestuia după procedeele prezentate în cadrul paragrafului 2.2.7.

#### 2.2.6. Fisuri și crăpături multidirecționale.

În multe cazuri, fisurile și crăpăturile apar și se dezvoltă sub forma unor linii frunte, sau sub formă multidirecțională. Acest fenomen se produce datorită faptului că materialul (betonul sau betonul armat) nu este de fapt un material omogen și isotrop, datorită structurii pe care o are, precum și a punerii în operă, ceea ce conduce la apariția în interiorul materialului la unele zone de slabă rezistență sau respectiv, de rezistențe sporite, prin urmare și microfisurarea și ruperea betonului turnat în straturi rutiere este influențată de aceste condiții. Totodată, atât condițiile de rosemare, cât și de aplicarea unor sarcini grele pot provoca producerea unor fisuri și crăpături neregulate.

Decă nu se iau măsuri de eliminarea cauzelor care au condus la apariția oricărui tip de fisură și acestea nu sînt întreținute sau reparate corespunzător, este favorizată dezvoltarea acestora, apariția a noi fisuri și crăpături, iar în final falșarea, apoi distrugerea totală a dalei.

Faptul că datorită solicitărilor din circulația

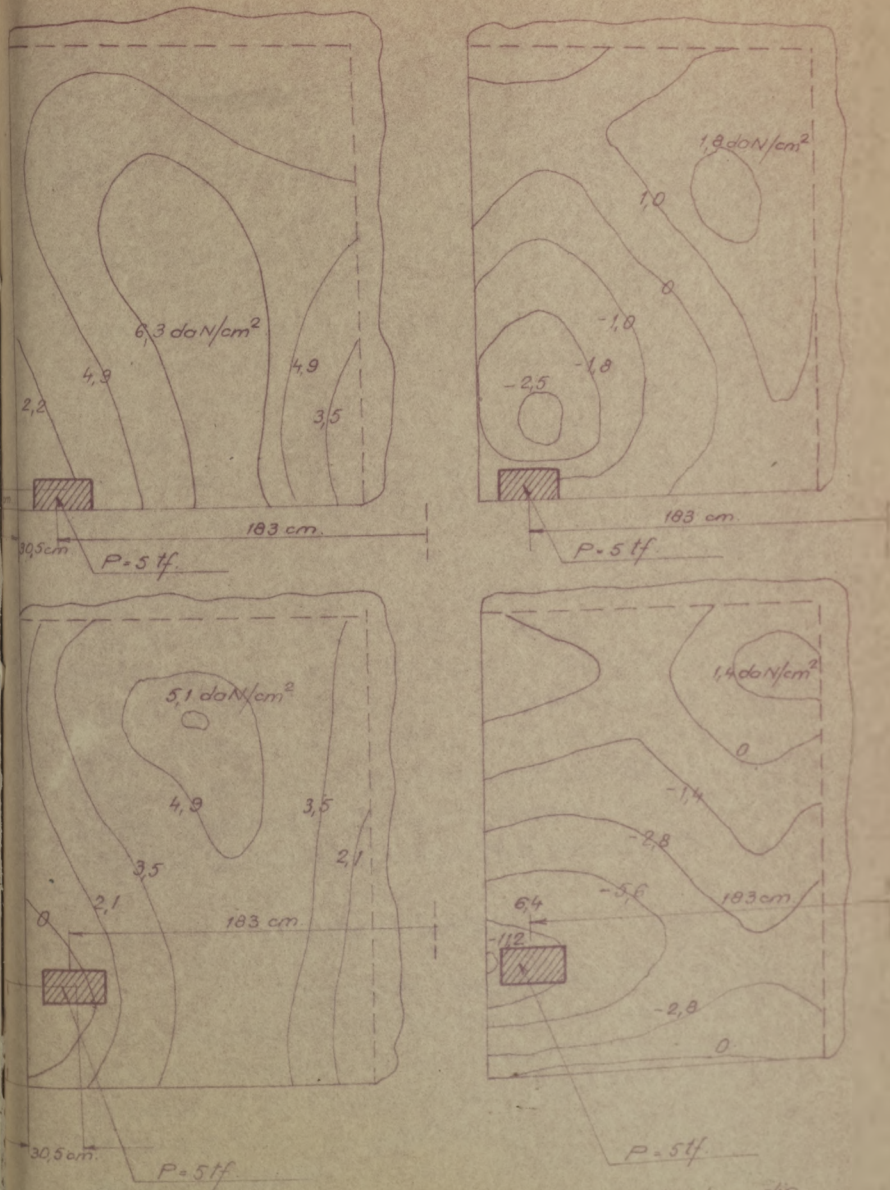


Fig IX.31 Curbe de tensiune de compresiune și întindere din încovoiere pentru diferitele poziții ale încărcării pe dala de beton.

rutieră, jocul tensiunilor maxime și minime în dale de beton conduce la continua modificare a direcției și valorilor acestora, deci având în vedere neomogenitatea materialului - la posibilitatea apariției fisurilor de direcții variate, poate fi ilustrat prin prezentarea curbelor tensiunilor de compresiune și de întindere maxime, așa cum se vede în figura II.3.

În cazurile prezentate în figura II.3. (datele fiind înregistrate cu ocazia experiențelor AASHO / 24 /), grosimea dalei este de 24,1 cm, lungimea dalei, condițiile de rezemare, rezolvarea rosturilor (prin gujoane), greutatea pe roată, tipul osiei și frecvența de aplicare ( 6 Hz) sînt constante, variază doar poziția încărcării pe dală - cu toate acestea se observă, atât în cazul tensiunilor de compresiune cît și pentru cele de întindere, apariția foarte variată a direcțiilor și valorilor maxime în fibra superioară a dalelor.

Lucrările de remediere și de întreținere a fisurilor și crăpăturilor multidirecționale sînt identice cu cele recomandate în cadrul celorlalte paragrafe referitoare la aceste tipuri de defecțiuni, adică se încearcă eliminarea cauzelor care au produs apariția lor (asanzarea terenului de fundație, asigurarea funcționării rosturilor și a fisurilor și crăpăturilor active, etc.) - se curăță și <sup>se</sup>colmatează acestea cu mastic bituminos, rășină epoxidică, mortar de ciment, materiale plastice, ș.a. descrise în cadrul paragrafelor respective.

### 2.2.7. Faianțări

Faianțarea îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment înseamnă degradarea dalelor de beton prin apariția și dezvoltarea fisurilor și crăpăturilor de diferite direcții, care se unesc și se intersectează între ele, producînd degradarea dalelor sub formă de plăci de diverse forme, cu lungimile laturilor variînd între 10...30 cm, plăcile fiind separate între ele prin fisuri și crăpături care s-au dezvoltat pe întreaga grosime a stratului rutier din beton. Faianțarea poate să cuprindă sectoar

întregi de drum sau numai suprafețe izolate și mici (figura II.32):



Fig.II.32 Suprafață falezată  
DN 6 Km 390+200

Cauzele producerii acestei defecțiuni sînt în general multiple, aspecte dominante fiind următoarele :

- lipsa fundației sub stratul de îmbrăcăminte, situație nefavorabilă care poate fi agravată de umezirea patului drumului, prin urmare de reducerea simțitoare a portanței patului drumului;

- slăbirea capacității portante a întregului sistem rutier poate fi provocată și de infiltrațiile de apă superficială prin fisuri, crăpături sau rosturi neîntreținute, chiar și în cazul existenței unui strat de fundație ;

- oboseala betonului după o durată mare de serviciu, mai cu seamă în cazul unui trafic rutier care a cunoscut o dezvoltare deosebit de intensă față de cele prevăzute inițial la proiectarea sistemului rutier ;

- falezări se pot produce și în cazul în care îmbrăcămîntea rutieră din beton de ciment a fost așezată pe o fundație de nisip - prăfos - argilos sau pe pînături sensibile la îngheț - dezgheț repetat, atunci cînd acestea nu sînt ferite de umeseală și în perioade defavorabile de dezgheț drumul este solicitat de un trafic rutier greu ;

- subdimensionarea îmbrăcămîntii rutiere din beton de ciment ;

- ~~nerespectarea~~ nerespectarea mărcii prescrise a betonului din cauza unor greșeli de execuție a lucrărilor .

Faianțarea reprezintă o defecțiune foarte gravă a îmbrăcămintei rutiere din beton de ciment, având în vedere că reprezintă de fapt starea premargătoare pentru apariția unor defecțiuni care fac ca drumul să fie impracticabil, acestea fiind dislocații masive (bucăți întregi) de material din masa dalelor, apariția gropilor, precum și distrugerea totală a îmbrăcămintei rutiere. Prin urmare, apariția faianțărilor reprezintă un indiciu cu caracter avertizor, făcând cunoscut celor care administrează drumul că sînt obligați de a lua măsuri eficiente și urgente în vederea restabilirii condițiilor normale ale funcționării construcției rutiere. Avînd în vedere că asupra acestor lucrări necesare de executat vom reveni în paragraful 2.2.11., se precizează, în cele ce urmează, doar următoarele în legătură cu lucrările de remediere ale faianțărilor :

- se execută lucrări cu caracter restrîns dacă defecturile sînt pe suprafețe mici, incluzîndu-se în acestea amenajarea fundației și a terenului de fundație, curățirea și colmatarea tuturor fisurilor și crăpăturilor sau înlocuirea totală a dalei ;

- se execută lucrări cu caracter extins în alte cazuri, asupra cărora vom reveni în cadrul paragrafului 2.2.11

În general, în cadrul activității de întreținere și reparații curente ale drumurilor cu îmbrăcăminte din beton de ciment se întîlnește primul caz de intervenție, avînd în vedere că la apariția faianțărilor pe suprafețe reduse, locale, se execută în primă urgență remedierea defecțiunii, aceasta neputînd lua formă extinsă decît în cazul în care drumul a ajuns din punct de vedere al rezistenței și capacității portante la sfîrșitul perioadei de exploatare posibilă.

Avînd în vedere că apariția faianțărilor este de fapt prevestirea producerii într-un viitor foarte apropiat a unor defecțiuni care prin volumul și natura lor determină luarea unor măsuri importante în ceea ce privește exploatarea actuală a construcției rutiere și refacerea acesteia. Această



defecțiune impune necesitatea unei activități de întreținere susținute pe întreaga perioadă de timp, până ce se aplică soluțiile de remediere totală și definitivă. Adică, aceste sectoare sau puncte izolate de pe traseu cer supravegherea continuă, asanarea grabnică a fundației drumului și a terenului de fundație, precum și impermeabilitatea suprafeței de rulare sau a îmbrăcăminții propriu-zise, prin lucrări de întreținere repetate. Între timp, se organizează efectuarea lucrărilor de refacere definitivă a sectorului de drum, care pot fi bazate pe înlocuirea structurilor rutiere necorespunzătoare, inclusiv a stratului de îmbrăcăminte din beton de ciment, sau pe ranforsarea (consolidarea) sistemului rutier existent prin aplicarea de noi straturi rutiere peste cele existente degradate (2.2.11.)

### 2.2.8. Ruperi de muchii la dale

Din categoria defecțiunilor rar întâlnite la îmbrăcămințile rutiere din beton de ciment face parte ruperea muchiei exterioare a benzii de beton.

Cauzele care produc apariția acestei defecțiuni sînt următoarele :

- în timpul perioadei de priză și întărire, betonul a înghețat în zonele marginale ale dalei ;

- amestecarea necorespunzătoare a betonului sau compactarea neuniformă a acestuia au creat zone neomogene în dala de beton la margine exterioară a acesteia ;

- din cauza unor drumuri de acces neamenajate corespunzător (la nivelul suprafeței de rulare a drumului) accesul autovehiculelor grele sau a celor cu șenile se face în mod necorespunzător ;

- tasarea fundației sau a terenului de fundație sub zonele marginale exterioare ale părții careabile au favorizat fisurarea, apoi ruperea dalei sub acțiunea încălzirilor concentrate provenite din traficul rutier greu.

Refacerea acestei defecțiuni impune în primul rînd îndepărtarea materialului dislocat, examinarea și refacerea terasamentelor și a straturilor rutiere inferioare, ( de suprafață din beton alab sau materiale stabilizate cu ciment

sau lianți hidrocarbonați) și completarea stratului de îmbrăcăminte, aplicând una dintre următoarele metode de refacere a acestuia :

a. În mod obișnuit, refacerea marginii rupte a dalei de beton se execută cu beton de ciment. Indiferent de alegerea noului material de completare, prin operație reprezintă curățirea perfectă a betonului vechi, prin utilizarea unui jet de aer comprimat, a suflării nisipului și spălarea acestuia. În cazul completării cu beton de ciment, suprafața betonului vechi se menține umedă înaintea turnării acestuia, de preferință pe o perioadă de 24 ore, apoi se amorsează cu lapte de ciment. Betonul de completare trebuie să fie de marcă cel puțin egală cu cea a betonului vechi, utilizându-se cu precădere cimenturi de mărci superioare, cu priză rapidă. Compactarea se realizează prin vibrare la adâncime (dacă este cazul) și cu placa vibratoare. Se acordă o atenție deosebită tratării ulterioare a betonului proaspăt prin păstrarea acestuia în mediu umed asigurat cu ajutorul uneia dintre metodele cunoscute, expuse anterior. Pentru a avea forma regulată impusă de forma dalei de beton, betonul proaspăt se toarnă în cofraje metalice săi din lemn, sprijinite spre exterior.

b. O rezolvare mai puțin recomandată - atât din punct de vedere tehnic, cât și estetic - este completarea dalei de beton cu mixturi asfaltice. Acestea se execută prin procedeul la cald, de compoziție cunoscută și aplicată în general la construcția drumului, asternerea efectuându-se în straturi de maximum 3...4 cm grosime, avându-se în vedere că în aceste cazuri compactarea lor se efectuează cu ajutorul mașinilor mecanice sau manuale. Este importantă și în acest caz curățirea suprafeței betonului vechi, deci a suprafeței de contact cu amestecul asfaltic care se amorsează cu emulsie cationică, suspensie de bitum filerizat sau bitum tăiat, respectiv bitum cald. Soluția se aplică în cazul existenței la dispoziția amestecurilor asfaltice, intervenția putând fi proaspătă în interesul îndeplinirii cerințelor siguranței circulației

totodată aceasta poate constitui o rezolvare temporară, înlocuită ulterior.

Ce cea mai bună rezolvare - și singura soluție de mare randament și posibilă de aplicat mai cu seamă la defecțiuni ale muchiilor propriu-zise ale dalei - este utilizarea la aceste lucrări de reparații a rășinilor epoxidice. Metoda de utilizare a acestora este identică cu cea descrisă cu această ocazie, referindu-se la repararea suprafețelor exfoliate (decoțite) și anume a aceluia, care au produs defecțiuni de aderență. Mai precis, ne referim la procesul tehnologic care constă în curățirea și spălarea suprafeței betonului vechi, tratarea acestuia cu rășină epoxidică și turnarea betonului proaspăt.

În aceste cazuri, adesiunea noului beton la betonul vechi se realizează în modul cel mai corespunzător, calitatea reparației depinzând în continuare de calitatea betonului nou aplicat la refacerea marginilor dalelor de beton.

În toate cazurile prezentate - precum și chiar în cazul construcției drumului din beton - se recomandă executarea unor benzi de încadrare a părții carosabile a drumului, de o lățime de 0,50-1,00 m, din beton de ciment, materiale granulare stabilizate cu ciment, amrobate bituminose sau pavaje de piatră.

### 2.2.9. Ruperi de margine la rosturi

Același fenomen de rupere a muchiilor sau marginilor exterioare ale dalelor de beton se poate produce și în dreptul marginilor interioare ale acestora, respectiv în dreptul rosturilor longitudinale și transversale de contact, sau de dilatație și contracție. Defecțiuni de acest fel se pot întâlni mai des în cazul drumurilor cu perioadă de serviciu îndelungată, având în vedere că față de cauzele anulate în cadrul paragrafului precedent, apariția lor se mai poate datore și următoarelor :

- compactarea necorespunzătoare a betonului

in dreptul rosturilor generează zone de slabă rezistență în aceste locuri, fisurile și crăpăturile apărute, favorizate de această situație se pot dezvolta în timp, provocând ruperea marginii dalei de beton ;

- rosturile de dilatație înfundate (ridizate sau pasive) provoacă dezvoltarea unor eforturi unitare de compresiune neuniform distribuite în preajma rostului, dând naștere în unele locuri la depășirea rezistenței la compresiune a betonului, producându-se fisurarea, apoi ruperea acestuia în această zonă marginală;

- în cazul tăcărilor inegale ale dalelor, la existența unor mici diferențe de nivel relative ale acestora în dreptul rosturilor (mai ales în cazul celor fără gujoane), șocul produs de circulația autovehiculelor grele asupra muchiei dalei mai ridicate reprezintă o solicitare care poate conduce la fisurarea apoi ruperea marginii dalei ;

- în cazul rosturilor gujonate, s-a arătat că în dreptul acestora apar de obicei cu cea mai mare frecvență fisurile longitudinale în dale din beton, fenomen care dacă este secundat de fisurarea transversală a marginii dalei (dintr-un motiv carocare), se poate produce ruperea muchiei sau a marginii acesteia.

Modul de remediere al acestor defecțiuni este același cu cele prezentate în cadrul paragrafului precedent, însă în luarea în considerare a unor particularități care derivă din poziția acestora. Și anume, aici marginea dalei nu este liberă, în dreptul ei există elemente de construcție importante, rosturile. Prin urmare tehnologia de reparație va cuprinde faze care asigură refacerea corectă a rosturilor, asigurând buna lor funcționare în continuare. Se acordă o atenție deosebită refacerii corecte a rosturilor de dilatație gujonate, funcționării neimpiedicate a acestora.

Se recomandă aplicarea soluției cu beton proaspăt, de foarte bună calitate, adeziunea la betonul vechi fiind realizată prin rășină epoxidică, respectiv în cazul unor

ruperi de margine mici și izolate, chiar și a utilizării mortarelor pe bază de rășină epoxidică. (A se vedea paragraful 2.1.1)

### 2.2.10. Gropi

O formă deosebit de gravă a defecțiunii înbrăcămintelor rutiere din beton de ciment este apariția în suprafața carosabilă a unor gropi, care prin forma lor geometrică, prin adâncimea lor, reprezintă obstacole foarte periculoase, pentru autovehiculele care circulă cu mare viteză. Apariția gropilor în dalele de beton se poate datora dezvoltării locale deosebit de accentuate a exfolierii suprafeței înbrăcămintii rutiere, sau dislocării din această a unor bucăți de material în cazul suprafețelor faianțate. Gropile pot avea adâncimi diferite, de la 3...4 cm până la dezvoltarea sau apariția lor pe grosimea stratului de uzură sau a întregului strat rutier din beton de ciment. În general, spre deosebire de înbrăcămintele rutiere bituminoase, apariția gropilor în suprafața de rulare poate fi prevădută și eliminată cu mai multă precizie având în vedere că atât exfolierile, cât și faianțările apar nu pe moment, ci într-o perioadă mai îndelungată de timp. Prin urmare, există posibilități reale de prevenire sau înlăturare a producerii acestui tip de defecțiuni, considerând că apariția ei este rezultatul unei activități neorganizate la nivelul cerințelor - subunității care administrează și întreține sectoarele de drum în cauză. ( Vezi figura IX.33.)

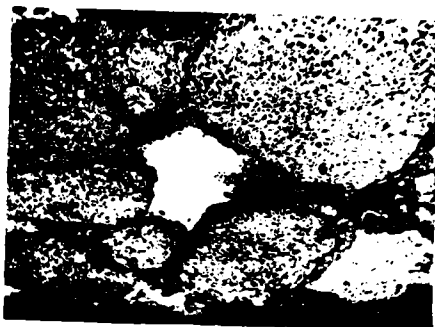


Fig.IX.33. Apariția gropilor în înbrăcămintea rutieră din beton de ciment DN 6 Km 392+100

*identice* **Cauzile** care conduc la apariția gurilor și înfrământărilor cu cele care produc exfolierea, respectiv falșarea acestora, peste care se suprapune o activitate de întreținere și reparație a drumurilor în mod defectuos organizat.

În cazul reparațiilor exfolierilor și falșărilor (precum și a ruperilor de margine în dreptul roșturilor), prin îndepărtarea materialului vechi necorespunzător, se ajunge la crearea artificială, voită a unor gropi în suprafața de rulare, asupra refacerii sau remedierii cărora s-au făcut recomandările convenite, în cadrul paragrafelor care tratează aceste tipuri de defecțiuni.

În afara acestora, se subliniază cu această ocazie necesitatea unor intervenții imediate în cazul apariției în înfrământările rutiere de beton de ciment a unor defecțiuni, cum sunt exfolierile neuniforme, relativ adânci în unele puncte ale suprafeței de rulare, ruperile de margine de volum relativ mari în dreptul roșturilor, falșările deosebit de avansate, gropile, tășările relative ale dalelor de beton, alunecările laterale ale dalelor, distrugerea completă a acestora, în vederea asigurării siguranței depline și confortului pentru circulația autovehiculelor. În acest scop, se pot ivi cazuri în care soluționarea problemei impune utilizarea temporară a oricăror mijloace și materiale, precum și asigurarea unei semnalizări rutiere corespunzătoare a zonelor traseelor în cauză. Prin urmare, aceste defecțiuni se remediază cu materiale locale sau de care dispune subunitatea de întreținere a drumului, acestea putând fi :

- mixturi asfaltice preparate la cald în cazul existenței în apropiere a unei stații de preparare aflate în stare de funcționare ;

- mixturi asfaltice stocabile, utilizate în mod curent la întreținerea înfrământărilor rutiere bituminose ;

- materiale de carieră, cum sunt diferite sorturi de piatră spartă, deșeură de carieră, etc

- materiale granulare locale sau de carieră penetrabile pe loc cu bitum tăiat, emulsie bituminoasă cationică sau suspensie de bitum fularizat ;

- orice alte materiale de construcție aflate în

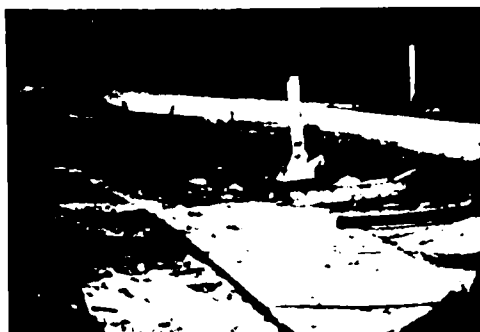
sonă, în cazuri extreme recoltate din corpul altor construcții rutiere anexe de mai mică importanță, cum sînt locurile de parcare, drumurile laterale, etc. ;

- material lemnos cioplit la dimensiunile necesare, cărămizi, sau alte materiale de construcție ș.a.

Lucrările de remediere cu caracter provizoriu, bazate pe utilizarea materialelor amintite mai sus, trebuie înlocuite cu alte lucrări de remediere corespunzătoare, care sînt recomandate în cadrul diferitelor paragrafe referitoare la defecțiunile îmbrăcămintilor rutiere din beton de ciment.

### 2.2.11. Distrugerea totală a dalei

Această formă de defecțiune reprezintă cea mai gravă și ultima formă posibilă de degradare a îmbrăcămintii rutiere din beton de ciment. Se poate produce izolat sau local, în cazul unei, sau a unui număr restrîns de dale, sau pe secțiune sau trasee întregi de drum, în funcție de cauzele care au generat-o. (Vezi figura IX.34.)



a) Distrugerea datorită alunecării terasamentelor (DN 68A Coșevița)

b) Distrugerea datorită flambării la variații de temperatură (SUA)

Fig.IX.34 Distrugerea totală a dalelor de beton

Distrugerea totală a dalci de beton sau a înbrăcăminții rutiere din beton de ciment a unui sector de drum impune admiterea unor restricții de circulație, respectiv chiar închideri de circulație, iar remediile sau refacerea sistemului rutier cer executarea unor lucrări de mare volum și de înaltă tehnicitate.

Vorbind despre cauzele distrugerii totale a înbrăcăminților rutiere din beton de ciment, se repetă de fapt enumerarea cauzelor care conduc la apariția unor tipuri de defecțiuni amintite anterior, cum sînt exfolierea suprafeței și avansarea acesteia în adîncime, fisurile și crăpăturile longitudinale, diagonale, multidirecționale, faianțările, gropile, etc., la care se adaugă o activitate de întreținere și reparații necorespunzătoare, sau chiar corespunzătoare, însă insuficientă în condițiile locale înregistrate și ale traficului rutier existent.

Prin urmare, cauzele care produc distrugerea dalcelor de beton în puncte izolate sau sectoare relativ scurte de drum, pot fi următoarele :

- în general, aceste defecțiuni se datoresc unor condiții locale nefavorabile și în primul rînd calității betonului stratului rutier, erorile de fabricație sau punere în operă a materialului (dozaj greșit de ciment, compactarea insuficientă, etc) pot cauza distrugerea totală prematură a unor dale de beton pe sectoare de drum izolate :

- reducerea locală, într-o zonă izolată, a capacității portante a patului drumului, datorită mișcărilor ulterioare a teren samentelor, a umesirii patului drumului, etc ;

- stratul de fundație a fost executat din materiale necorespunzătoare, sau acesta a fost contaminat cu material argilos provenit din terenul de fundație ; stratul de fundație a fost executat de o grosie prea mică (sub 7 cm) sau lipsește de tot din sistemul rutier ;

- înghețarea betonului în perioada de prînz și întărire.

Distrugerea totală a înbrăcăminții rutiere din



beton de ciment, pe trasee sau sectoare relativ lungi de drum se datorează următoarelor cauze :

- complexul rutier a fost proiectat greșit, prin evaluarea greșită a traficului rutier, sau a neluării în considerație a unor caracteristici nefavorabile ale terenului de fundație ;

- traficul rutier s-a dezvoltat foarte mult, ajungând la o intensitate care nu putea fi previzibilă, dezvoltarea a fost determinată de dezvoltarea generală economică a teritoriului pe care este amplasată construcția rutieră ;

- depășirea perioadei de serviciu a drumului.

În funcție de aceste cauze și forme de producere a defecțiunii în cauză și lucrările de remediere sau refacere diferă între ele, deosebindu-se :

- lucrări de înlocuire a dalelor distruse ; și
- lucrări de refacere sau de consolidare a drumului.

Din prima categorie de lucrări, fac parte următoarele soluții de remediere :

a. înlocuirea dalelor prin realizarea unui nou strat rutier din beton de ciment turnat pe loc ;

b. înlocuirea dalelor cu dale din beton prefabricate ;

c. înlocuirea dalelor cu straturi rutiere din mixturi asfaltice ;

d. înlocuirea dalelor prin realizarea unui pavaj de piatră cioplită ;

e. reșterea dalelor pe un strat suport îmbunătățit.

g. înlocuirea dalelor de beton prin realizarea unui nou strat rutier din beton de ciment a fost o metodă larg aplicată în trecut, aceasta constând din înlăturarea dalei distruse, eliminarea cauzelor care au produs defecțiunea (în cazul în care acestea nu au fost legate în exclusivitate de materialul

dalei, ei și de anumite condiții locale referitoare la stratul de fundație (sau terenul de fundație) și executarea stratului nou de beton de ciment.

În aceste cazuri, înlăturarea dalelor de beton vechi se poate efectua utilizând ciocane pneumatice pentru sfărâmarea betonului, îndepărtându-se apoi bucățile de beton prin tracțiune laterală cu ajutorul unui tractor sau tractor pe șenile, sau chiar manual.

Se recomandă ca stratul rutier nou să fie realizat în așa fel, încât rezistențele mecanice ale betonului, capacitatea portantă a sistemului rutier, stabilitatea dalelor să fie asigurate la parametri superiori aceluia pe care le prezintă sectoarele adiacente ale sistemului rutier și ale înbrăcăminții rutiere existente. Acestea se obțin realizând straturi de fundație rezistente și stabile (de obicei prin tratarea materialului cu lianți rutieri), stabilind o compoziție corespunzătoare betoanelor noi, compactarea acestora în bune condițiuni cu ajutorul plăcilor vibratoare, iar sectorul în cauză este redat circulației numai după întărirea betonului. Se acordă o atenție deosebită realizării rosturilor de contact, de contracție și de dilatație (obligatorii la marginea de contact cu înbrăcămintea rutieră existentă), care se execută după regulile cunoscute de execuție ale acestora.

Aplicarea acestei soluții de remediere prezintă inconvenientul inevitabil de a introduce restricții sau închideri de circulație pe sectorul de drum pe care se execută lucrările de reparații, pe o perioadă relativ îndelungată de timp.

b. Din aceste motive, actualmente se preferă înlocuirea dalelor distruse prin elemente de prefabricate din beton

După eliminarea eventualelor cauze ale distrugerii dalelor datorate terenului sau stratului de fundație, se realizează, la cota prescrisă în funcție de nivelul suprafeței de rulare și de grosimea dalei din beton prefabricate, noul strat suport din materiale granulare foarte bine compactate cu ajutorul

maiorilor mecanice sau a plăcilor vibratoare (în funcție de natura materialului), sau din materiale granulare tratate cu lianți hidrocarbonați. Elementele prefabricate se așează cu ajutorul automacaranelor de capacitate corespunzătoare, controlându-se cu multă atenție planșitatea suprafeței de rulare, eliminându-se orice denivelare în dreptul rosturilor de contact între îmbrăcămintea rutieră veche și cea nouă. Lucrările se execută cu respectarea strictă a unor procese sau faze tehnologice care elimină și în timp posibilitatea producerii unor aserenea denivelări.

Si necesită soluție prezintă unele dezavantaje, dintre care amintim imposibilitatea realizării unor rosturi de contact și de dilatație cu gujoane, deci nu poate fi asigurat un sistem de transfer de sarcini, motiv pentru care de multe ori apar denivelări în dreptul acestora după tasarea straturilor rutiere sau a terasamentelor noi.

c. O metodă de remediere relativ ușor aplicabilă este înlocuirea dalelor de beton distruse cu straturi rutiere din mixturi asfaltice. Acestea se execută după regulile cunoscute la executarea sistemelor rutiere nerigide de tip greu (permanente), la care se adaugă, după caz, unele particularități de execuție. În primul rând, se recomandă execuția sa stratului de bază tot din materiale tratate cu lianți hidrocarbonați, materiale stabilizate cu bitum, preparate în stații fixe, prin procedeul la cald. Se execută apoi stratul de binder și de uzură, de compoziție obișnuită. Având în vedere, că în cazul înlocuirii dalelor izolate, compactarea cu ajutorul rulourilor se poate efectua doar la nivelul suprafeței de rulare al drumului, deci la nivelul ultimului strat unitar, celelalte straturi trebuie compactate cu ajutorul unor mașini mecanice. Suprafața de contact a betonului vechi se curăță bine și se amorsează cu emulsie bituminoasă cationică. Avantajul acestei metode de reparație este că se pot executa foarte ușor lucrări de nivelare ulterioară în funcție de necesități. Se va avea în vedere că punctul de înmuiere a liantului utilizat, precum și doza de liant să fie corespunzător pentru a evita realizarea unei îmbrăcăminti rutiere bituminoase care în timpul verii să admită deformații plastice care conduc la apariția unor ondulații ale suprafeței de rulare.

d. Avind în vedere că distrugerea totală a dalei sau a mai multor dale ale unei porțiuni de drum poate fi cauzată de deformațiile terasamentelor, după înlăturarea dalelor și a remedierii situației (asănarea corpului drumului, executarea de lucrări de sprijiniri de terasamente, etc) refacerea îmbrăcăminții rutiere se poate realiza și cu pavaje de piatră cioplită, în primul rând în vederea urmăririi consolidării în timp a fenomenelor nedorite pe care le-a prezentat infrastructura drumului.

Prin aplicarea acestei metode de remediere s-a reușit asigurarea unor condiții de circulație corespunzătoare pe DN 68 A., sectorul Km 50...52, unde datorită unor alunecări de teren, mai multe dale de beton ale drumului au fost total distruse. În prezent, în această zonă au fost executate lucrări de drenare a apelor, prin forarea orizontală a unor dispozitive de colectare și evacuare a apelor și puțuri absorbente, iar sistemul rutier a fost refăcut, cu îmbrăcămințe din pavaj de calupuri. Aceste lucrări de remediere se comportă foarte bine în prezent, după câțiva ani de exploatare.

e. Observind că distrugerea locală a unora dintre dalele de beton ale unui sector de drum este cauzată de crearea sau producerea unor condiții nefavorabile datorate stratului suport sau a terenului de fundație, iar această distrugere nu se produce de obicei în mod instantaneu, ci poate fi prevăzută cu destul timp înainte, se cunosc recomandări conform cărora / 47 / este bine cu studiul, și eliminarea cauzelor să cuprindă înlăturarea temporară a dalelor de beton, iar după executarea lucrărilor de remediere, dalele să fie - pe cât posibil reșezate la locul lor. Aplicarea acestor metode de investigație și intervenție este îngreunată de dificultățile care se întâlnesc la ridicarea și reșezarea dalelor, acestea fiind în general elemente de beton de dimensiuni mari. Se propun următoarele metode de ridicare a dalelor.

- ridicarea și reșezarea dalelor cu ajutorul macaralelor, operație pentru care este necesară formarea unor

găuri de prindere în dale de beton care ulterior vor fi betonate;

- ridicarea dalelor cu ajutorul aerului comprimat este o metodă foarte economică și larg utilizată în străinătate; în acest scop se formează găuri prin care se introduc conductele cu aer comprimat, una pentru aproximativ  $2,50 \dots 3,00 \text{ m}^2$  suprafață, iar materialul de umplură (materiale granulare uscate sau tratate cu lianți) se introduce sub dală sub presiune, tot cu ajutorul aerului comprimat; metoda poate fi aplicată economic și în cazul mai multor dale vecine, chiar dacă rosturile sînt gujonate;

- ridicarea dalelor prin acționare mecanică, cu ajutorul unor instalații de oricuri, axe filetate, etc, care se rezază pe reazeme betonate în corpul drumului, prin formarea găurilor (de această dată cu diametru mai mare, de pînă la aproximativ 85 mm) în dalele de beton; și în acest caz materialul de umplură este de preferință un material granular uscat, introdus sub dală sub presiune, cu aer comprimat;

- ridicarea dalelor cu ajutorul unor prese hidraulice, etc;

Aceste metode de intervenție se aplică în primul rînd în cazul tasărilor locale și inegale ale dalelor, dar ele pot fi aplicate și în cazul în care dalele nu au fost încă distruse, nu au apărut încă crăpăturile și faianțările, iar apariția acestor defecțiuni trebuie prevenită, cunoscîndu-se situația locală creată.

Din a doua categorie de lucrări fac parte lucrările de refacere sau de reforșare (consolidare) a complexului rutier, pe sectoare relativ mari de drumuri. În aceste cazuri, se pot aplica următoarele metode de remediere sau refacere:

a. îmbunătățirea calității stratului suport prin subinjectarea de bitum cald;

b. îmbunătățirea calității stratului suport prin subinjectare de lapte de ciment;

c. reforșarea sistemului rutier prin aplicarea unui nou strat de îmbrăcăminte din mixturi asfaltice;

- d. idem, cu noi straturi din beton de ciment ;
- e. idem, din beton armat ;
- f. idem, cu armătură continuă .

În primul rând se subliniază faptul că și în cazul în care se constată atingerea limitelor acceptabile ale capacității portante a drumurilor cu îmbrăcăminti rutiere din beton de ciment, S-ar putea întâmpla ca printr-o îmbunătățire a caracteristicilor fizico-mecanice ale straturilor inferioare, acestea să satisfacă în condiții acceptabile, traficul rutier existent. În aceste cazuri, se poate aplica o metodă elaborată în acest sens, cum este de exemplu cea recomandată de instrucțiunile tehnice respective redactate în S.U.A. / 44 / .

Aceasta specifică că îmbrăcămintele rutiere din beton de ciment trebuie subinfectate la primele semne de distrugere, pentru a se preveni acumularea de apă sub dale prin rosturi și fisuri, ceea ce ar conduce la degradarea stratului de fundație. Apa acumulată reduce capacitatea de legătură a îmbrăcămintei cu fundația permițând ridicarea dalelor, iar sub acțiunea sarcinilor repetate din traficul rutier, vor apărea solicitări suplimentare în dreptul marginilor și colțurilor dalelor, ceea ce înseamnă fisurarea și ruperea acestora.

Existența cavităților sub dale în aceste sensuri poate fi recunoscută și după apariția fenomenului de pompaie, sau după modul de deplasare sau deformare a dalelor sub sarcina autovehiculelor.

În aceste cazuri se recomandă luarea de măsuri de întreținere preventivă, evitând cu mulți ani necesitatea refacerii îmbrăcămintei rutiere.

Metoda de intervenție constă în injectarea sub îmbrăcămintea rutieră a bitumului cald, efectuându-se totodată și eventuale corecții ale liniei regiilor prin ridicarea dalelor.

Pentru aceasta, se formează cu ajutorul burghiurilor niște orificii în stratul de beton, amplasate la cea l m de axa drumului, la o distanță de cîte 3 m între ele de-a lungul benzilor de circulație, respectiv la cea l m de fiecare fisură, crăpătură sau rost transversal. Prin aceste găuri se infiltrează, cu ajutorul unui filtru cu injector, aer comprimat la interval

de minimum 15 secunde și maximum 60 secunde, înainte de injectarea bitumului. Se recomandă utilizarea bitumului asparafinos pentru drumuri tip D 8a/12a, încălzit la temperatura de cea  $180^{\circ}\text{C}$ . Injectarea acestuia prin găurile forate se face la o presiune de  $1,5 \dots 3,5 \text{ daN/cm}^2$  cu ajutorul unor injectoare. La terminarea injectării găurile se astupă temporar cu depuri din lemn, apă sau mortar de ciment.

b. O metodă asemănătoare cu cea precedentă este injectarea sub îmbrăcămintea rutieră din beton de ciment a laptelui de ciment sau a mortarului de ciment.

În acest sens se recomandă rezultatele experiențelor efectuate recent în R.S.F. Jugoslaviei / 8 /, în cadrul cărora metoda a fost combinată cu ranforsarea complexului rutier prin straturi noi aplicate peste îmbrăcămintea existentă, aceste straturi noi fiind constituite din mixturi asfaltice.

În ceea ce privește injectarea mortarului de ciment sub îmbrăcămintea rutieră, se subliniază faptul că în urma aplicării acestui procedeu - după tehnologia asemănătoare celor arătate în cadrul acestui paragraf cu privire la injectarea și consolidarea straturilor de suport ale îmbrăcămintii rutiere - s-au obținut rezultate cu mult mai bune la ranforsarea prin straturi de mixturi asfaltice.

S-au executat 8 găuri pe o dală de beton, mortarul fiind injectat sub o presiune de  $1 \dots 2 \text{ at}$ , într-o cantitate de  $45 \dots 70 \text{ kg/m}^2$ . Compoziția mortarului a fost de ciment/nisip = 1/2, utilizându-se și un material de adăos de tip special.

Influența injectării mortarului asupra capacității portante a drumului - precum și influența straturilor de mixturi asfaltice, asupra cărora vom reveni în cadrul subpunctului următor - a fost urmărită prin măsurarea, la diferite intervale de timp, a deflexiunii totale la nivelul suprafeței de rulare, urmărindu-se totodată și apariția sau transmiterea unor defecțiuni la suprafața noului strat rutier bituminos.

Se remarcă utilizarea injectării mortarului de ciment, având în vedere că valoarea deflexiunii totale măsurate după injectare, sînt  $18 \dots 40\%$  inferioare celor măsurate inițial, ele fiind cuprinse între  $d_0 = 0,23 \dots 0,46 \text{ mm}$  (înregistrate cu deflectometrul optic tip ZYC - B2).

c. Una dintre metodele cele mai larg utilizate pentru renforșarea sistemelor rutiere rigide constă în aplicarea peste înbrăcămintea drumului a unui sau mai multor straturi rutiere noi, realizate din mixturi asfaltice.

În primul rând și în continuare la cele arătate la subpunctul precedent b - se prezintă unele concluzii formulate de specialiștii iugoslavi. În cadrul experiențelor efectuate în această țară referitoare la injectarea mortarului de ciment, s-a executat concomitent și renforșarea sistemelor rutiere rigide cu straturi rutiere noi din mixturi asfaltice, așternute într-un strat (de 5 cm grosime), în două straturi (5+5cm) și în trei straturi (5+5+3 cm) .

Aplicându-se numai straturile bituminose, s-a constatat că o bună parte a defecțiunilor s-au transmis prin acestea la suprafața de rulare. Realizând și injectarea stratului de fundație cu mortar de ciment, s-a îmbunătățit în mod considerabil calitatea renforșărilor. Totuși, s-a observat că la nivelul sau gradul de distrugere a dalilor și pe lângă traficul rutier existent, - fisurile și crăpăturile se transmit prin straturile rutiere bituminose noi, apariția lor fiind accentuată în timp, în cazul renforșărilor de 5 și 10 cm grosime, iar acest fenomen nu este cunoscut în cazul celor cu grosimea de 13 cm. În urma observațiilor îndelungate, s-a formulat concluzia conform căreia grosimea minimă recomandată a stratului rutier bituminos de renforșare trebuie să fie de 13 cm.

În ceea ce privește mărirea capacității portante a complexului rutier renforșat, se menționează că valorile deflexiunilor totale după renforșare și injectarea sînt inferioare cu cea 25...38 % (în unele cazuri chiar cu 50 %) valorilor înregistrate înainte de executarea renforșării dar după injectare.

Aplicarea metodei de renforșare a sistemelor rutiere rigide este recomandată și practică și în alte țări.

/ 8 / / 50 / .



În India, se prevede, în general, executarea renforșării prin aplicarea a două straturi bituminose : un strat de asfalt bituminos de 7,5 cm grosime și un strat de uzură de beton asfaltic, de 4 cm grosime.

În Japonia, se aplică noi straturi rutiere bituminose peste înfrământarea din beton de ciment, dacă în aceasta din urmă densitatea fisurilor și crăpăturilor a atins valoarea de 20...30 cm lungime pe  $m^2$ .

De asemenea, în cadrul experiențelor AASHO au fost studiate posibilitățile de îmbunătățirea capacității portante a sistemelor rutiere rigide prin aplicarea de noi straturi rutiere din mixturi asfaltice. Această s-a efectuat pe mai multe sectoare ale circuitelor experimentale, după ce sistemul rutier rigid a prezentat un indice de stabilitate de 1,5 (deci au fost considerate distruse). Numai în 28 % dintre aceste cazuri s-a putut constata remedierea a situației, restul vestoarelor s-au distrus sub traficul rutier. Rezultă de aici că lucrările de renforșare a sistemelor rutiere rigide prin aplicarea de noi straturi rutiere bituminose pot constitui o formă de remediere a situației doar în cazul când nu se așteaptă distrugerea totală a înfrământării rutiere vechi din beton de ciment. Renforșarea sistemelor rutiere rigide prin aceste soluții este prin urmare o acțiune de prevenire a producerii defecțiunii „distrugerea totală a dalcelor”.

d. O altă soluție de renforșare a sistemelor rutiere rigide este aplicarea unui sau a mai multor straturi rutiere din beton de ciment peste înfrământarea veche. În primul rând, aceasta se poate realiza cu utilizarea betoanelor simple.

Metoda este aplicată în multe țări / 8 / / 50 /, dintre care amintim următoarele :

În India, renforșarea drumurilor din beton de ciment se realizează prin aplicarea unei noi înfrământări rutiere din beton de ciment, care poate atinge o grosime de până la 19 cm. În aceste cazuri, se realizează o înfrământare din două straturi, stratul inferior fiind de 7,5 cm, realizându-se o bună aderență a acestuia la înfrământarea veche prin tratarea acesteia cu acid clorhidric diluat și amestecarea cu lapte de ciment.

În Poldnia, pentru ranforsarea îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment, în cazul cărora dimensiunile dalelor de beton sînt  $7 \text{ m} \times 7,5 \text{ m}$ , se aplică peste acestea un strat subțire din mîxtură asfaltică (de  $0,5 \dots 1,2 \text{ cm}$  grosime), apoi o îmbrăcăminte din beton de ciment de  $15 \text{ cm}$  grosime. Avînd în vedere că după scurt timp s-au constatat fisuri în noua îmbrăcăminte, se afirmă că apariția acestora se datorește modului de punere în operă a betonului, adică condițiilor specifice în care se execută vibrarea betonului așezat pe o fundație (vechea îmbrăcăminte) rigidă.

În general, s-a constatat că pentru a se realiza straturi rutiere de ranforsare economice și tehnice, nu este recomandabilă executarea noilor îmbrăcăminți din beton simplu, ci se cere aplicarea altor soluții noi, rentabile.

e. Una dintre aceste soluții este realizarea unor noi straturi de îmbrăcăminți, din beton de ciment, cu armătură. Spre exemplificare se amintesc propunerile cehoslovece cu privire la proiectarea acestor lucrări de ranforsări / 8 /.

Principiile generale pe care se bazează aceste recomandări sînt următoarele :

- grosimea straturilor pentru reconstrucție se calculează cu ajutorul relațiilor lui Hatchinson ;
- grosimile echivalente ale dalelor pentru aplicarea acestor formule, se calculează prin metodele clasice ale lui Westergaard, Pickett, Peltier, etc.

Pe baza rezultatelor cercetărilor efectuate se recomandă reconstrucția sub forma realizării unui strat de beton de ciment relativ subțire (de  $8 \dots 13 \text{ cm}$  grosime), prevăzut cu un procent redus de plasă metalică cu rol de armătură în dale, noul strat rutier fiind așezat pe un strat intermediar din mortar asfaltic în grosime de  $1 \text{ cm}$ .

Calcululele de dimensionare a ranforsării se con-  
duc în următoarele etape :

1. se alege grosimea echivalentă  $h_2$  a unei dale de beton echivalente, nearmată, ținînd cont de încădrările

date din traficul rutier, precum și de caracteristicile terenului de fundație ; această alegere a grosimii echivalente se bazează pe studii ce se efectuează în lumina teoriilor cunoscute și aplicate a lui Westergaard, Pickett, etc. luându-se în considerare următoarele aspecte ale solicitărilor :

- contracția provocată de variațiile de temperatură ;
- majorarea valorii încălzirilor din traficul rutier prin aplicarea unui coeficient dinamic ;
- repartizarea construcțiilor în zonele de margine și colțuri ;
- coeficientul de siguranță datorită obosirii dalei din beton ca urmare caracterului aplicației repetate a sarcinilor ;
- alte influențe care trebuie luate în considerare în mod curent în calculele de dimensiuni ;

2. grosimea finală a dalei  $h_v$  pentru reconstrucția drumului cu beton armat se stabilește cu relația :

$$h_v = m \cdot \sqrt[1.4]{\frac{h_d^{1.4}}{C} - C} \cdot h^{1.4} \quad (\text{II}, 22)$$

în care :

- $h_v$  este grosimea stratului nou, din beton armat ;
- $m$  - un coeficient de reducere a grosimii stratului de la dale considerate nou-născute la dale armate ;
- $h_d$  - grosimea echivalentă a dalei de beton, calculată conform celor spuse mai sus, în baza teoriilor clasice cunoscute ;
- $h$  - grosimea dalei deteriorate existente, care urmează a fi ranforsată .

Valoarea coeficientului de reducere depinde de procentul de armătură al secțiunii dalei din beton armat, iar valoarea  $h_d$  din relația de mai sus notată simplificat prin  $h_v = m \cdot h_d$  se determină în funcție de valorile  $h_d, C$  și  $h$  și cu ajutorul unor grafice, exemplificate în figurile II. 35 și II. 36

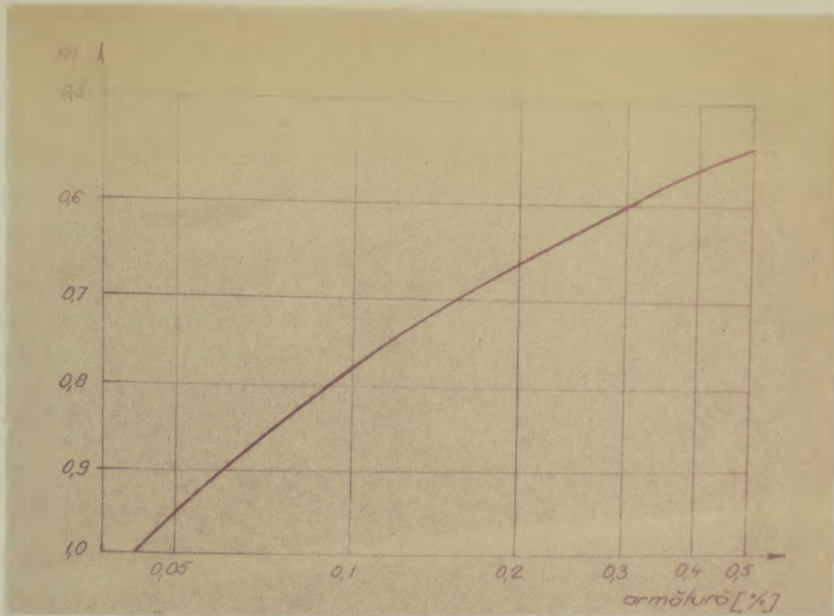


Fig. IX.35 Determinarea pe cale grafică a valorii coeficientului de reducere a grosimii în cazul ranforsărilor executate cu un strat rutier nou din beton armat.

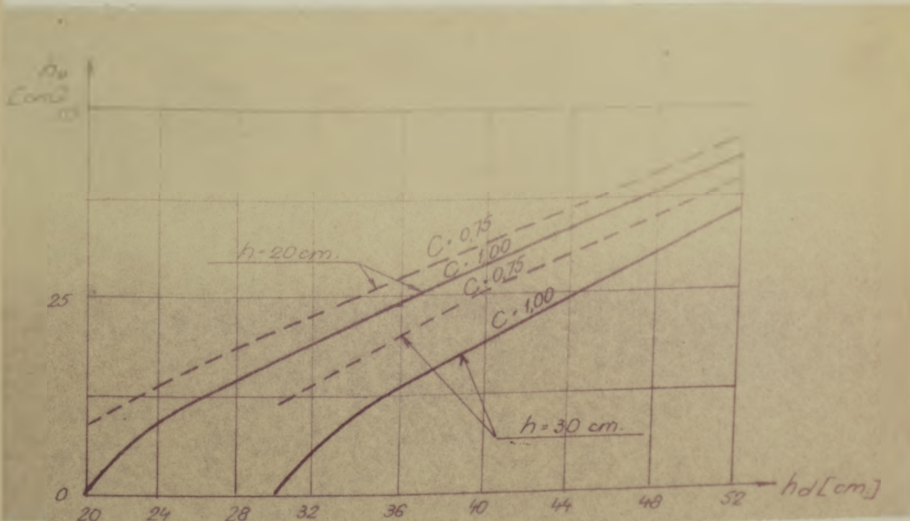


Fig. IX.36 Determinarea pe cale grafică a grosimii datei de beton simplu  $h_0$  pentru ranforsare, în funcție de grosimea  $h$  a datei existente, al coeficientului  $C$  al stării de deteriorare și de grosimea echivalentă  $h_d$  după calculul dinainte.

Dacă valoarea coeficientului de caracterizare a îmbrăcăminții vechi este sub 0,5, se recomandă efectuarea unor studii în vederea analizării posibilității de refacere completă a drumului.

În cazul când calculele de dimensionare a ranforsării sistemului rutier indică o valoare pentru grosimea noului strat mai mică decât 6,0 cm, se recomandă acoperirea dalelor vechi cu un nou strat rutier din mixtură asfaltică, sau se va executa o îmbrăcămințe nouă din beton de ciment slab armat, de 8,0 cm grosime.

Dacă aceste calcule de dimensionare indică necesitatea executării ranforsării cu strat nou din beton de ciment armat, de o grosime mai mare decât 13,0 cm, se va mări procentul de armătură a secțiunii dalei, respectiv se impune luarea unor măsuri speciale de consolidare a terenului de fundație.

Înainte de executarea ranforsării, se efectuează repararea degradărilor dalelor de beton (fisuri, crăpături, gropi, falanșări, rosturi, etc). Se recomandă ca înainte de executarea stratului nou din beton de ciment, să se așterne peste îmbrăcămințea rutieră existentă bine curățată, un strat egalizator din mixtură asfaltică de 0,5...1,0 cm grosime.

Pe o altă metodă de ranforsare a sistemelor rutiere cu îmbrăcămințe din beton de ciment este executarea unui nou strat de îmbrăcămințe rutieră din beton armat, cu armătură continuă. Metoda este recomandată în unele țări / B / 50 / ca fiind de mare eficiență economică.

În R.F.G., grosimea acestui nou strat rutier din beton armat cu armătură continuă, este fixată la 16 cm. Distanța prevăzută între fisurile transversale (din contracție) variază între 3...4,5m. Se utilizează plasă metalică cu rol de armătură continuă, respectiv oțel rotund sau bare de oțel în cazul elementelor prefabricate. Se folosesc 8 Kg/m<sup>2</sup> oțel sub formă de plasă, sau 10 Kg/m<sup>2</sup> oțel în cazul oțelului rotund.

În Belgia, grosimea noului strat din beton armat cu armătură continuă, este de 20 cm. Este interesant de menționat

să au fost experimentate mai multe soluții cu privire la noua structură a sistemului rutiar, dintre care se menționează următoarele :

- noul strat de îmbrăcăminte rutieră este așezat pe un strat intermediar de materiale granulare de 20 cm grosime, a cărui parte superioară (cca 6 cm) este stabilizată cu ciment ;

- noul strat de îmbrăcăminte rutieră este așezat pe un strat de nisip de 10 cm grosime și un strat de beton slab de 15 cm grosime ;

- noul strat de îmbrăcăminte rutieră este așezat direct pe vechiul sistem rutiar, după o reprofilare a îmbrăcămintei existente.

Procentul de armătură longitudinală este de 0,5 %.

După cum se observă, lucrările de reforțare a sistemelor rutiere cu îmbrăcăminte din beton de ciment, sînt lucrări de mare complexitate, mai cu seamă dacă au fost luate din timp măsuri corespunzătoare de eliminarea cauzelor sau întirzierii distrugerii lor, aplicîndu-se cu rigurozitate cele recomandate în cadrul celorlalte paragrafe ale prezentului capitol.

## 2.3. Deformații ale integrității rutiere cauzate de pierderea stabilității dalelor de beton

În cele ce urmează, se consideră pierderea stabilității dalelor de beton, înregistrându-se mișcările acestora datorită unor mișcări sau tasări de terenuri sau ale straturilor rutiere inferioare. Tăcările acestor cauze, se produce o discontinuitate a suprafeței de rulaaj, pe la începutul perioadei, dalele nu suferă alte genuri de deflexiuni, fisurarea, ruperea sau falșarea lor putându-se produce ulterior, datorită condițiilor de răsărire schimbate, neprevăzute ale acestora. În urma mișcării sau tăcării terenului de fundație sau a straturilor rutiere inferioare, se produce mișcarea dalelor de beton, apare tasarea sau lunecarea lor, precum și fenomenul de "pompaaj".

### 2.3.1. Tasări de dale

Tasarea dalelor - ceea ce se produce în marea majoritate a cazurilor în mod inegal, deci existând tăcări relative între dale - sunt cauzate, prin urmare, de tasarea ulterioară a straturilor rutiere inferioare de compoziție necorespunzătoare și compactate în mod insuficient, de variațiile de volum ale acestor straturi datorită compoziției lor necorespunzătoare, sensibile la variațiile de umiditate și de temperatură, respectiv la tasarea sau modificările de volum ale terenului de fundație.



Fig IX 37 Tasarea dalelor  
de beton DN 68A - COSEVITA

Chiar dacă tasările relative ale dalelor de beton sînt mici, acestea conduc la anulara planității suprafeței de rulare, se produc praguri în dreptul rosturilor sau a fisurilor și arăpăturilor, care constituie obstacole pentru circulația autovehiculelor, împiedicînd desfășurarea circulației rutiere în deplină siguranță și confort.

Pentru prevenirea producerii acestor defecțiuni, este necesară verificarea terenului de fundație din punct de vedere al compoziției și naturii pămîntului, al condițiilor hidrologice locale, al alunecărilor de teren, etc. Luîndu-se măsuri corespunzătoare de eliminare a deficiențelor, însă în perioada de construcție a drumului.

În cea ce privește realizarea straturilor rutiere inferioare (substratul anticapilar - anticontaminant și stratul de fundație) pe lângă faptul că acestea trebuie executate din materiale corespunzătoare și compactate conform prevederilor tehnice cunoscute, în foarte multe țări se recomandă și se circumscrie straturii suport din materiale stabilizate cu ciment sau lianți hidrocarbonați.

Una dintre cauzele frecvente a producerii denivelărilor relative între dale este existența unui pămînt sau material geliv în complexul rutier, cazul în care totuși nu este împiedicată posibilitatea pătrunderii apei în acestea (precipitațiile atmosferice sau apa freatică), în zona de îngheț se formează lentilele de gheață care conduc la rîdicarea dalelor și formarea pe praguri la rosturi. Ulterior, în aceste locuri se poate produce și fisurarea și ruperea dalelor.

Denivelările locale la capetele de dale - delimitate de rosturi, fisuri sau arăpături transversale - se produc și în situații favorizate de modul defectuos în care se realizează transferul de sarcini în dreptul acestora.

În trecut nu s-a acordat nici o atenție problemei transferului de sarcini în dreptul rosturilor de contact, de construcție și de dilatație, nici în cazul straturilor de fundație netratate cu lianți. În timp, și în cazul produs de circulația rutieră în condițiile unui transfer defectuos de sarcini generată o serie de defecțiuni ale îmbrăcămintei rutiere, cum sînt denivelări locale de dale, ruperi de margini, praguri, fisuri și arăpături transversale, fisuri și ruperi de colț.



măsurători efectuate pe sisteme rutiere vechi din R.F.G. în privința formulării unor concluzii prezentate schematic în fig. II.38, se observă încovierile și pragurile produse în aceste cazuri în dreptul rosturilor transversale. /35/

În cele măsurători efectuate în acest sens în S.A. ca urmare la formularea concluziilor arătate în fig. II.39., conform cărora în cazul unor fundații de balast netratat cu lianți rutieri, transferul de sarcini în cazul rosturilor gajonate atinge valori de 90...100 %, pe când în cazul rosturilor negajonate, această valoare este în jur de 20 % (pentru deschiderea rosturilor de 1,5...4,0 m) / 35 /.

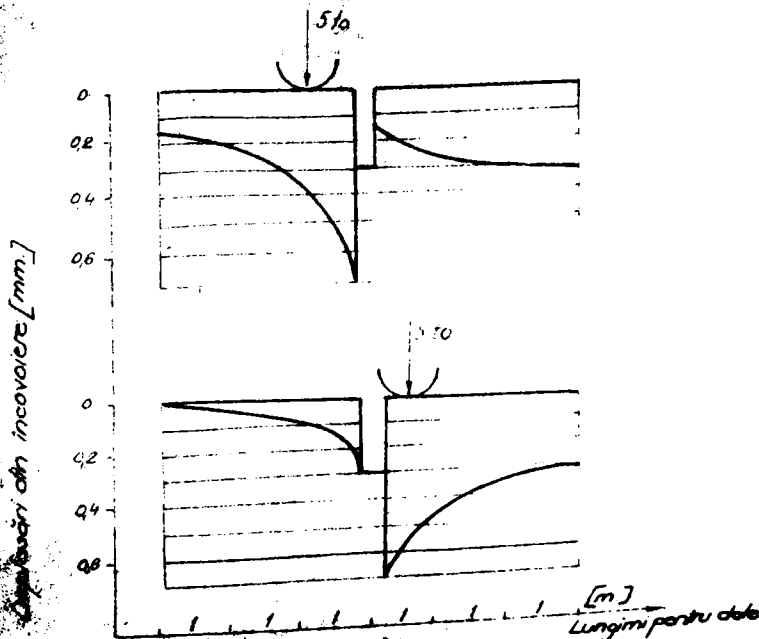


Fig. II.38. Depănări (din încovierirea abitelor) și praguri produse în cazul unor rețele rutiere gajonate, imbrăcămintea din balast netratat cu lianți rutieri pe o fundație din nisip, și în cazul unor rețele rutiere negajonate, imbrăcămintea din balast netratat.

Se observă deci că o altă metodă eficientă de a preveni apariția denivelărilor între dale în dreptul rosturilor este amenajarea acestora cu gujeane metalice. Metoda se aplică mai cu seamă în cazul rosturilor de contact și de dilatație, având în vedere că în cazul celor de contracție, rostul creat prin fisurarea betonului din stratul de rezistență nu are pereți netezi, și se realizează în bună măsură transferul de sarcini. Cu toate acestea și mai ales în cazul soluțiilor în care nu se realizează rosturi de dilatație, în unele țări (R.U.C., Elveția, etc) se execută gujeane și în rosturile de contracție.

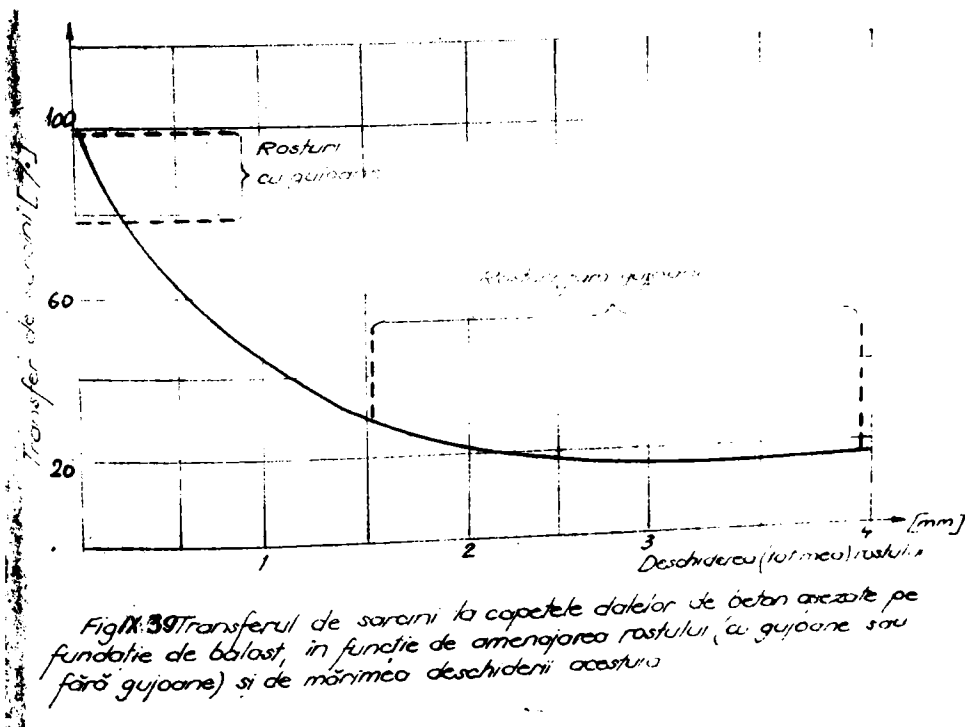


Fig. 39 Transferul de sarcini la capetele dalelor de beton așezate pe fundație de balast, în funcție de amenajarea rostului (cu gujeane sau fără gujeane) și de mărimea deschiderii acestuia

Instrucțiunile noastre tehnice nu prevăd executarea gujeanelor în cazul rosturilor transversale de contact, de contracție și de dilatație, ci doar în cazul rosturilor longitudinale de contact. În lungul acestora, întrucât acestea se

ancorată cu ancore de oțel beton  $\phi$  10 mm, CL 38 și 1 m lungimeș  
aparată la 1 m distanță între ele./32/.

Măsurile de remediere ale acestor defecțiuni se bazează  
pe două categorii de soluții:

- ridicarea dalelor la acelaș nivel și realizarea  
unui strat corespunzător de fundație;
- așternerea unor noi straturi de egalizare pe supra-  
fața dalelor în dreptul denivelărilor.

Ridicarea dalelor existente se efectuează cu ajutorul  
unor vinclouri sau traverse metalice, respectiv prin metodele  
descrie în cadrul paragrafului anterior (2.2.7.). Umplerea  
spațiului gol de sub dală se recomandă a se executa cu mortar  
slab de ciment sau de var, respectiv cu nisip bitumat 0/3 sau  
0/7 mm.

În cazul țării noastre, în general se acceptă solu-  
țiile celei de a doua variante, acoperirea suprafeței denive-  
late punându-se executa cu:

- mortar pe bază de rășini epoxidice ;
- mortar asfaltic ;
- beton asfaltic ;

tehnologiile de aplicare a acestora pe suprafața betonului  
vechi fiind identice cu cele cunoscute din subcapitolele an-  
terioare (2.2. și 2.3.)

### 2.3.2. Fenomenul de "pompaj"

Caracteristicile din învelișele ale dalei, înregistrate  
mai cu seamă la colțuri și margini și în mod deosebit în ca-  
zul când sub aceste zone există coluri sau material granular  
în mod insuficient compactat, produce scuturarea ("pomparea")  
la suprafață a amestecului format din apă, nisip, argilă  
existente în aceste zone. Caracterul mobil și repetativ al  
carcinilor din traficul rutier provoacă apariția fenomenului în  
timp, ori de câte ori aceste straturi rutiere inferioare ajung  
în contact cu apă. (vezi fig. VIII.4.)

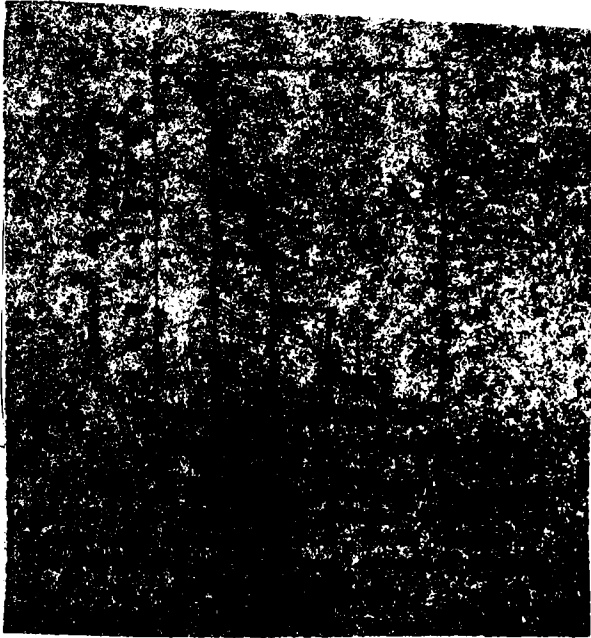
Pompajul poate să apară de-a lungul rețetelor transver-  
sale sau longitudinale, în dreptul fisurilor și crăpăturilor  
și al marginilor înbrăzămînții rutiere. Este favorizat de ne-  
întreținerea rețetelor, fisurilor și crăpăturilor, prin care  
se permite pătrunderea apei superficiale în straturile inferio-  
are, precum și apariția materialului pompat la suprafața

drumului.

Una dintre condițiile de prevenire a apariției acestei defecțiuni - care este urmată de alte defecțiuni grave ale îmbrăcăminții rutiere din beton de ciment, cum sînt fisurile și ruperile de colț și de margine ale dalelor, denivelările în suprafața de rulaj<sup>2</sup>, etc. - este executarea unor straturi de fundație care nu favorizează declanșarea fenomenului. Aria urmarelui stratului de fundație trebuie să fie alcătuită din materiale granulare corespunzătoare bine compactate, așezat pe un substrat anticapilar - anticontaminator - antigel. Soluția cea mai recomandată este și în acest caz, tratarea materialului granular din fundația drumului cu lianți rutieri (materiale stabilizate cu ciment, cu bitum, cu agard de furnal, cenugă de termocentrală și ciment, etc.). Roșturile, fisurile și crăpăturile trebuie întreținute în mod corespunzător, fiind colmate bine în permanență.

Este de menționat faptul, că în cazul experiențelor AMMO, principalul motiv care a condus la degradarea totală a dalelor de beton - și prin urmare principalul motiv pentru care nu s-au putut formula concluzii importante referitoare la apariția și evoluția unor serii întregi de alte defecțiuni - a fost apariția fenomenului de pompaj. Pompajul a apărut cu toate că straturile de fundație de diferite grosimi au fost realizate dintr-un balast corespunzător, dar așezat pe un teren de fundație fără drenaje corespunzătoare. Este drept că fără acest strat de fundație, indicele de viabilitate a sectoarelor de drum respectiv a ajuns la valoarea proastă minimă de 1,5 la un număr de treceri de axă care reprezintă doar 33% din numărul de treceri pe lângă care s-a înregistrat distrugerea drumurilor care aveau strat de fundație, totuși trebuie remarcat faptul că fenomenul de pompaj s-a manifestat și în cazul acestora.

În punct de vedere calitativ, fenomenul se manifestă în mod pregnant în dreptul marginii libere a drumului, iar nici în dreptul roșturilor, fisurilor și crăpăturilor nu poate fi neglijat. În cazul sectoarelor cu fundație din balast, materialul pompat conține atât balast cit și pământ de fundație. - se observă că pompajul este mai accentuat în cazul dalelor de grosimi mai mici, (de ex. sub 14 cm grosime, ceea ce reprezintă de fapt limita inferioară la noi). Totodată se remarcă și faptul că pompajul nu se produce în cazul unui trafic rutier ușor (autovehicule cu greutatea pe osia simplă de pînă la 1000 kg), avînd în vedere că



Remedierea defecțiunii constă în asigurarea condițiilor hidrologice locale favorabile, în umplerea rosturilor, fisurilor și crăpăturilor cu materiale de colmatare corespunzătoare. Dacă s-a constatat producerea fenomenului de pompage, înainte de a efectua colmatarea rosturilor, fisurilor și crăpăturilor, se introduce sub presiune un material de umplutură sau de stabilizare sub dala de beton. Acest material de umplutură poate fi un bitum cu punct de înmuiere înalt și bilă răscolită (de ex. bitum neparafinos pentru drumuri tip L 40/50 sau L 30/40), încălzit la o temperatură de aproximativ 180...220°C, în funcție de utilajul care se află în dispoziție pentru introducerea lui sub presiune prin rosturi sau crăpături sub dalele de beton. Dacă fenomenul de pompage apare într-un volum mare, metodele de remediere pot fi cele aplicate în cazul arătat mai sus al tesării, faianțării sau consolidării fundațiilor înainte de reforțării înrobomântărilor rutiere din beton de ciment.

nu se produce deformarea dalelor. Fenomenul de pompaž poate să apară în zid cruce, după crearea simultană a tuturor condițiilor care îl produc, respectiv poate să oprimă și să reapară ori de câte ori se întrunesc toate condițiile producerii acestuia.

Se poate defini un "indice de pompaž" care servește la aprovizionarea volumului cupulat de materiale pompate pentru unitatea de lungime a drumului.

Au s-a putut stabili /23/ o rotație între valoarea indicelui de viabilitate pentru drumul distrus ( $p_{1,5}$ ) și indicele de pompaž (i.p.). În unele cazuri s-a ajuns la  $p_{1,5}$  pentru i.p. = 5, iar în altele numai pentru i.p. = 20%. Inăi s-a putut demonstra importanța pe care trebuie să-i acordăm acestui fenomen, având în vedere frecvența cu care posibilă apariția și evoluția acestuia, precum și efectele pe care le poate produce în legătură cu favorizarea apariției altor defecțiuni ale îmbrăcămintii rutiere din beton de ciment. În fig. IX.40 înalțează relația de probabilitate cu care poate apare fenomenul de pompaž în proporțiile de volum de material dislocat luat în considerare.

De asemenea, nu s-au putut stabili relații nici între grosimea dalelor de beton și indicele de pompaž, precum nu s-au observat diferențe concludente în ceea ce privește armarea sau nearmarea dalelor.

Având în vedere op fenomenul în sine nu prezintă o deficiență deosebit de gravă, doar este urât de apariția altor defecțiuni ale îmbrăcămintii rutiere din beton de ciment, cum sînt fisurile și crăpăturile de colț și de margine, fulanțarea dalei, etc.- este recomandabil înăturarea cauzelor care condue la apariția lui.

### 2.3.3. Lunecarea dalei

Lunecarea laterală a dalelor de beton se produce datorită instabilității terenului de fundație. În cele mai multe cazuri, aceste lucrări de dale se produc pe lângă apariția unor denivelări relative între dale, care conduc la oprirea circulației rutiere în cazul benzilor respective ale drumului. În aceste cazuri este necesară efectuarea unor studii speciale geotehnice în baza cărora se vor stabili metodele de remediere și prevenire cele mai adecvate.

Încă aceste lucrări de dale sînt relativ reduse, se pot lua unele măsuri de asigurare condițiilor de răspundere de circulație pînă la intervențiile de refacerea a stabilității terasamentelor. În cazul acestor lucrări, se utilizează amesturări asfaltice pentru umplerea golurilor dintre dalele de beton, respectiv pentru nivelarea suprafeței de rulare, așa cum s-a arătat în cadrul subcapitolelor precedente.

### 2.4. Defecțiuni la rosturi de contact, de contractivitate și de dilatație

Rosturile de contact, de contracție și de dilatație reprezintă punctele cele mai sensibile ale îmbinărilor rutiere din beton de ciment. După unele păreri crearea acestora înseamnă a crea defecțiuni în îmbinările rutiere de la bun început, adică de la realizarea propriu zisă a acestora. Actualmente se fac nenumărate studii și experiențe în vederea căutării unor posibilități de eliminare a acestora.

În cazul șirii noastre, instrucțiunile tehnice /2/ prevăd la un drum cu îmbinări din beton de ciment, avînd două benzi de circulație următoarele :

- Rosturile longitudinale de contact se realizează între benzile de beton pe toată grosimea îmbinării. Suprafața verticală a betonului se unge cu bitum țîțat, sau emulsia de bitum și se acoperă o fișă de carton asfaltat sau o fișă de polistilenă. În lungul lor, îmbinările se acoperă cu ancore de oțel beton de la un număr de 1 a lungime, aşezate la 1 a distanță între ele.

- Rosturile transversale de contact (de construcție) se realizează pe toată grosimea îmbrăcăminții când se intrerupe turnarea betonului. La soluarea lucrărilor, fața verticală a rosturilor se unge cu bitum tăiat sau emulsie de bitum și se acoperă cu o fișie de carton asfaltat sau o folie de polietilenă. Rosturile de contact se realizează și la viaducte, panaje și poduri la capetele tablierelor sau pilonilor de racordare.

- Rosturile transversale de dilatație trebuie să se execute la distanța de circa 100 m lungime de bandă de beton și se realizează pe toată grosimea îmbrăcăminții în două feluri:

a) prin introducerea unei scinduri imregnate din lemn moale sau înlocuitor, pe toată grosimea stratului de rezistență, care răsine în respectiv prin străpungerea stratului de usură pe toată grosimea sa prin vibrarea cu o platbandă sau prin tăierea betonului pe grosimea aceluia strat prin orice alt procedeu, golul realizat fiind colmatat cu un castic bituminos (mestec din 40 % bitum tip P 90/120, 2 deșeură de cauciuc, 4 % fibre textile și 48 % praf de azbest);

b) prin folosirea unui rost integral prefabricat care se așază înainte de betonare, scindure sau înlocuitorul PAA sau PFA avind greutatea de 18...20 kg.

În cazul tăierii betonului stratului de usură, lățimea la partea superioară a rostului este de 4... 6 mm, iar în cazul utilizării platbandei metalice, grosimea rostului va fi de 3 mm.

- Rosturile transversale de contracție "încovoieră" se execută la distanța de 4...6 m între ele, adâncimea lor fiind egală cu grosimea stratului de usură. Ele pot fi executate perpendicular pe axa drumului, sau cu o înclinare uniformă și simetrică de 1/6, executându-se prin tăierea betonului întărit în grosime de 4...6 mm în intervalul de timp 12...24 ore de la punerea în operă a betonului sau prin introducerea în betonul proaspăt a unei foi de carton asfaltat sau folie de polietilenă. Solurile rosturilor tăiate se unge cu castic bituminos.

Făcînd analiza cauzelor apariției diferitelor defecțiuni ale îmbrăcăminții rutiere din beton de ciment, efectuîndu-se studii și observații pe teren în cazul drumurilor naționale din raza regiunii, s-a constatat următoarele defecțiuni în legătură cu aceste prescripții :



Se pare că distanțele între rosturi sînt stabilite în mod corespunzător pentru cazul general de execuție, fiind necesare însă efectuarea unor studii privind distanța în cazul lucrărilor executate pe timp friguros, respectiv stabilirea mai concretă a distanței între rosturile de contracție în funcție de tipurile de ciment utilizate și valorile efective ale gradientelor de temperatură ce se pot înregistra în funcție de zona (locul geografic) al drumului.

Su se observă defecțiuni apărute în care volum datorită lipsei gazoanelor metalice în rosturile de dilatație și de contracție, concluzie ce derivă din faptul că intensitatea traficului rutier (număr total de treceri și treceri de vehicule de tip greu) înregistrat pînă în prezent nu impune executarea lor.

Utilizarea emulsiei bituminoase la ungerea pereților de beton nu dă rezultate, decît dacă aceasta se aplică prin stropirea cu ajutorul unei instalații adecvate.

Su se recomandă realizarea rosturilor prin procedul tăierii betonului în perioada de întărire, betonul rămîne necompactat în zonele marginale, ruperea marginilor dalei etc. Prin urmare se recomandă acceptarea numai a variantelor de realizare a rosturilor transversale de dilatație cu elemente de rosturi prefabricate, și rosturi transversale de contracție prin introducerea în betonul proaspăt a unei foi de carton acfălitat.

Masticul bituminos de compoziție dată nu poate fi preparat pe lângă dotarea actuală a subunităților de întreținere a drumurilor de beton, prin urmare acestea trebuie să caute și alte metode practice și eficiente pentru întreținerea permanentă a rosturilor degarnisite.

Se recomandă executarea de rosturi transversale de dilatație în loc de rosturi de contact la capătul tablierelor în dreptul viaductelor, pauzelor și podurilor.

Rosturile de dilatație etanșate la partea lor superioară cu mastic bituminos nu reprezintă soluția cea mai eficientă. Prepararea și executarea colmatării cu mastic permit înregistrarea a multor greșeli de execuție, iar în timp nu se comportă, în general, în mod corespunzător. După cum se va vedea mai jos, există soluții mai adecvate pentru realizarea acestei

probleme foarte importante a funcționării construcțiilor rutiere cu învelișuri din beton de ciment.

#### 2.4.1. Decolnatarea rosturilor

Masticul bituminos introdus în rosturile de dilatație sau în alte tipuri de rosturi și crăpături, este uneori - mai ales pe timp friguros - sfărâmat și îndepărtat prin circulația rutieră din rost.

Fenomenul în sine nu deranjează defășurarea normală a circulației rutiere, însă conduce sau favorizează apariția a mai multor tipuri de defecțiuni ale învelișurilor rutiere din beton de ciment prin faptul că se permite infiltrarea apelor superficiale la straturile rutiere inferioare și la torenul de fundație, permițând totodată introducerea unor materiale granulare (pietris, criblură, piatră spartă) în rosturi și crăpături, împiedicând în acest fel funcționarea activă. Rezultatul decolnatarea rosturilor și crăpăturilor este una dintre defecțiunile care trebuie observată și eliminată imediat, pentru a evita apariția altor defecțiuni mai grave, pentru a prelungi durata de serviciu al construcției rutiere.

Studiile efectuate pe traseele drumurilor naționale cu sisteme rutiere rigide din rasă D.L.F.1. au condus la unele concluzii importante cauzele producerii decolnării rosturilor. Acest fenomen se întâmplă mai des atunci când cimentul utilizat pentru prepararea masticului este de consistență dură, alegerea lui făcându-se greșit, sau procesul de fabricare, masticul bituminos a fost răcit. În aceste cazuri, pe timp friguros masticul devine caș, nu urmărește contracția caldă și se sfărâmă, îndepărtându-se din rost sub acțiunea circulației autovehiculelor.

Colmatarea rosturilor (și crăpăturilor) reprezintă una dintre activitățile permanente cele mai importante ale subunităților de întreținere a drumurilor cu învelișuri rutiere din beton de ciment. Această activitate este bazată pe analiza rezultatelor cuprinse în tabelele VII.3. și D.4.

Lin cotele prezentate în tabelul VII.3. și în.4. rezultă câteva concluzii importante:

- decolmatarea rosturilor se produce anual în volume mari, prin urmare este necesară efectuarea unor studii pentru îmbunătățirea metodelor de întreținere a rosturilor;

- defecțiunea s-a produs în mod indiferent de vîrsta construcției rutiere,

- costul lucrărilor de remediere reprezintă 63...65 % din costul total al tuturor lucrărilor de întreținere efectuate pe partea carosabilă a drumurilor;

- în general, s-au efectuat colmatări ale rosturilor de circa 500...1500 ml rost/m<sup>2</sup> drum/an, adică pe circa 35...60 % din lungimea totală a rosturilor de contact longitudinale și de dilatație transversale.

Avînd în vedere ultima situație înregistrată (februarie 1974) s-au efectuat încercări de laborator asupra masticului bituminos din rosturile înlocuimintilor rutiere din beton de ciment unele din rezultatele obținute fiind arătate în tabelul II.5.

Aceste rezultate ale încercărilor de laborator permit formularea unor concluzii importante privind producerea decolmatării rosturilor (și crăpăturilor) colmatate cu mastic bituminos.

În primul rînd se observă că în cazul rosturilor decolmatate, punctul de înmuiere înel și căldura masticului bituminos este mai ridicat, determinat de punctul de înmuiere ridicat al bituzului pur (extras din masticul bituminos). Aceasta din urmă ajunge la valori cuprinse între 55...60°C vorrin urmare, bituzul poate fi considerat din acest punct de vedere, bitum neparafinos pentru acuzări de tip 140/50 %, adică un bitum dur, care nu se recomandă pentru executarea unor asemenea lucrări, avînd în vedere proprietățile casante pe care le prezintă în anumite condiții de temperatură și ace de utilizare.

S-a constatat, că la executarea lucrărilor de colmatare a rosturilor s-a utilizat bitum de tipul 140/120, cu un punct de înmuiere înel și căldură de 43...49°C. Rezultă că în prepararea materialului de colmatare, bituzul a fost ars, caz în care valoarea punctului de înmuiere crește întrucît cu 10...15°C.

Arderea bituzului se înregistrează ontocita marinyei execuțenților lucrărilor de a dist. une de un material de colmatare din cui fiind, care străune mai ușor în rosturi și crăpături la executarea lucrărilor de colmatare a rosturilor și

crișăturilor.

Tot din acest motiv, se execută masticiuri bituminosase săsece în filer (s-au observat și colmatări executate numai cu bitum cald), în cazul probelor studiate procentul de filer din masticul bituminos considerat (în ipoteza că lucrările de caldare s-au executat inițial numai cu mastic bitum-filer restul conștului mineral actual fiind provenit din exterior ulterior) este de 16,7...54,9 %.

În cazul probelor la fel de casante și a rosturilor decolmate în procente identice, acolo unde compoziția masticului bituminos este relativ corespunzătoare (ca să zicem 76+500, bitum 45,1 %, filer 54,9 %) s-a constatat că principala cauză a producerii acestui tip de defecțiune a fost arderea bitumului la prepararea masticului (punctul de înmuiere înel și bilă a bitumului este de 59,5 °C față de 43...49°C, cel al bitumului utilizat în acestea).

De fapt, pe lângă materiale de umplutură necorespunzătoare, o altă cauză foarte frecventă datorită căreia este favorizată producerea decolării rosturilor, este modul defectuos de executare a procesului propriu-zis de colmatare. S-a observat că în acele cazuri, unde rosturile (sau crișăturile) nu au fost curățate în mod corespunzător, unde colmatarea cu mastic (sau chiar bitum încălzit) nu a fost executată pe toată adâncimea rostului, ci numai în partea superioară a acestuia, rostul fiind umplut cu pământ, nisip, beton degradat, etc.

Analiza granulometrică a conștului mineral separat din probele de mastic bituminos cuprinse în acest tabel ne arată că (mai cu seamă în cazul probelor recoltate de pe ml. 6 Km. 399+250 și ml. 68 a ml. 51+250), precum și în alte cazuri întâlnite cu ocazia studiilor efectuate (în afara bitumului și filerului, aceste materiale conțin și alte materiale granulare cum sînt nisipul, pietrișul sau criblurile, care pot proveni din exterior în timpul exploatării drumurilor), dar s-a constatat că în unele cazuri, colmatarea rosturilor și crișăturilor s-a executat cu diferite tipuri de mixturi asfaltice (mortare asfaltice, estome asfaltice cu agregat uscat) care datorită proprietăților lor - și anume în primul rînd datorită caracteristicilor fizico-mecanice pe care le prezintă în stare necompactată sau în mod insuficient compactată - nu corespund utilizării lor la execuția lucrării.

Aceste observații, precum și alte experiențe și încercări efectuate de traseele drumurilor naționale amintite stau la baza următoarelor recomandări în ceea ce privește executarea colmatării rosturilor și fisurilor în condiții corespunzătoare:

- În primul rând, se recomandă utilizarea masticurilor bituminoase de tip special, așa cum s-a precizat mai sus, la începutul acestui paragraf, având următoarea compoziție :

- bitum neparafinos pentru drumuri, tip B 30/120 40 ;
- deșeuri de cauciuc 8 % ;
- fibre textile = 4 % ;
- praf de azbest = 48 % ;

Asemenea masticuri bituminoase prezintă caracteristici deosebit de adecvate scopului utilizării lor, încă - așa cum am menționat și mai sus - prepararea lor, pe lângă dotarea actuală a unităților de întreținere a drumurilor din țara noastră prezintă greutate deosebite.

- Colmatarea rosturilor și a crăpăturilor se poate executa prin utilizarea unui mastic bituminos de compoziție simplă, în cazul în care nu există condiții de preparare a masticului de compoziție specială. Se va avea în vedere - în toate cazurile - curățirea rostului cu mătura și jet de aer furnizat de un autocolector, eventual spălarea pereților de beton cu apă sau <sup>lapte</sup> de var și uscarea completă a acestora.

Masticul bituminos recomandat este de următoarea compoziție :

- bitum neparafinos pentru drumuri, tip B 30/120 -  
20.....25 % ;
- fier de calcar  
30.....75 % ;

Se accentuează asupra executării corecte a lucrărilor spre a evita situațiile necorespunzătoare consemnate în tabelul IX.5.

În cazul rosturilor de contracție care prezintă deschideri foarte mici ( de ordinul de mărime al fisurilor) ale căror colmatare se execută mai greu cu materialele de colmatare de tipuri masticurilor recomandate mai sus, esențialul ar fi pot fi executate, după posibilități, cu următoarele soluții:

- bitum încălzit la 180...200°C;
- emulsie bituminosă cationică, utilizată la rece;
- suspensie de bitum filerizat (33 % bitum neparafinos pentru drumuri tip F 180/200; 14,5 % var pastă  $Ca(OH)_2$  și 52,5 % apă) utilizată la rece;
- bitum tăiat (70 % bitum neparafinos pentru drumuri tip F 80/120 ; 30 % white spirit);
- parafină diluată în tricloretilan, în proporție de 1:10; acestea urmând a fi turnate, sau introduse sub

presiune în rosturi (fisuri) cu ajutorul unor dispozitive speciale care asigură atât o bună calitate lucrării executate, cât și o mai mare operativitate în execuție.

Se remarcă faptul că în cazul emulsiilor bituminosă și a suspensiei de bitum filerizat și a bitumului tăiat, după scurgerea, evaporarea sau separarea solventului (a apei sau a white spiritului) nu se realizează o colmatare completă, continuă a rostului, motiv pentru care se recomandă (după caz) repetarea procesului imediat după prima colmatare.

O altă soluție de etanșare a rosturilor de dilatație se bazează pe utilizarea combinată a unor materiale de colmatare cu alte materiale elastice, dintre aceste metode un randament foarte bun a fost obținut cu folosirea unor tucuri flexibile (din cauciuc) așezate în rost. De fapt, metoda este aplicabilă chiar la construcția înbrăzării rutiere din beton de ciment la amenajarea rosturilor de dilatație.



Fig. 12.41. Închiderea rosturilor cu tucuri flexibile (din cauciuc)

Tubul de cauciuc trebuie să aibă un diametru exterior mai mare decât lățimea rosturilor, de 1,5... 1,30 ori (în funcție de grosimea peretelui tubului) pentru a fi bine fixat în rost, în care se introduce forțat (presat prin lovituri mecanice). Soluția prezintă avantaje, având în vedere că tubul de cauciuc, fixat bine între pereții rostului, realizează o bună etanșeizare a acestuia, iar volumul de materiale de colmatare care se toarnă deasupra tubului este mai redus, se elimină în mare măsură fenomenul de "mastic în exces la rosturi" în cazul dilatării betonului, iar masticul este îndepărtat de circulație, rostul rămâne în continuare etanșeizat.

- Pentru colmatarea rosturilor se mai poate utiliza pe lângă obținerea unor rezultate bune, neoprenul. În unele țări, chiar în construcția drumului, rosturile de dilatație sînt etanșeizate în partea lor superioară cu neopren, furnizat și sub formă de bandă de lățime și grosime dată.

Având în vedere rezultate bune obținute cu utilizarea tuburilor flexibile sau a neoprenului, pare a fi justificată recomandarea conform căreia este necesară modificarea instrucțiilor tehnice cu privire la realizarea rosturilor de dilatație ale înălțimintilor rutiere din beton ce cizant prin aplicarea unei metode mai avantajoase, de tipul acestora, în locul folosirii masticului bituminos.

- În cazul în care mărimea deschiderii rosturilor sau a crăpăturilor depășește 3...3,5 cm, se poate utiliza la colmatarea acestora și mortarul asfaltic preparat la cald. Au fost obținute rezultate corespunzătoare cu mortarul asfaltic de următoarea compoziție :

- bitum neparafinos pentru drumuri, tip D 30/120 -  
10... 12 %
- filler de calcar -  
20... 22 %
- nisip natural sortat.  
C... 7 mm -  
70... 65 %

În acest caz, curățirea și spălarea betonului este urmată de amestecarea acestuia cu emulsie bituminosă cationică, suspendie de bitum filerizat sau bitum tăiat. Rostul se umple cu mortar asfaltic cald (120...140°C) în exces, aducându-se apă materialului la nivelul suprafeței calcarilor prin compactare cu roluri compactoare sau maluri metalice. Respectarea cantității de mortar necesar și a compactării are o importanță deosebită.

avind în vedere că altfel se va produce decolmarea rosturilor.

Dintre metodele de colmatare a rosturilor largi, și a crăpăturilor (deschiderea de peste 1...3,5 cm lățime) care se aplică în caz de urgență (atunci când, mai cu seamă în timpul iernii, când se produce decolmarea rosturilor) și este impusă necesitatea intervenției operative a acelor care răspund de întreținerea corespunzătoare a drumului, amintim posibilitatea utilizării amestecurilor asfaltice stocabile, care obțin rezultate multumitoare la utilizarea în timpul iernii a amestecurilor stocabile de compoziție:

- bitum neparafinos pentru drumuri, tip D 80/120 -	69 % ;
- white spirît -	30 % ;
- naftenat de cupru	2 % ;
Total bitum tăiat	100 % ;

care se amestecă cu agregate minerale în dozele corespunzătoare granulozității scheletului mineral, liantul variind între 8...12 % în amestecul preparat.

Aceste soluții de obicei au o aplicabilitate cu caracter temporar, dar sînt avantajoase avind în vedere că amestecul stocabil poate fi depozitat în permanență și în timpul iernii, în cadrul subunităților de întreținerea drumurilor.

Se acordă o atenție deosebită și în acest caz compoziției corespunzătoare a materialului în rosturi cu ajutorul rularelor compactoare sau a mîsurilor metalice.

#### 2.4.2. Umplerea în eroare a rosturilor cu materiale de colmatare

Una dintre defecțiunile des întîlnite în cazul înfrîngimintilor rutiere din beton de ciment, proprie suprafeței de rulare în cazul acestora, reprezintă materialul de colmatare existent în eroare în dreptul rosturilor sau fisurilor și crăpăturilor. datorită acestui fapt, circulația autovehiculelor se desfășoară în condiții reduse de siguranță și confort, mai ales dacă această defecțiune afectează un sector mai mare de drum.



Cauza apariției acestei defecțiuni este umplerea în exces al rosturilor cu mastice bituminoase, respectiv umplerea rosturilor cu material de colmatare în perioada friguroasă, fără să se țină cont de dilatarea șaiselor de beton în perioadele călduroase, când se produce împingerea acestuia la suprafața drumului (fig. 11.42)



a) KM 6 Km. 392+000



b) KM 681 Km. 48+000

Fig. 11.42. Mastic bituminos în exces la rosturi sau crăpături

Pentru prevenirea producerii acestei defecțiuni, lucrătorii care execută colmatarea rosturilor, fisurilor și crăpăturilor trebuie să fie instruiți în vederea executării unor lucrări corespunzătoare, executând colmatările fără exces, ținând cont totodată și de perioada în care se execută lucrările (temperatura atmosferică) și proprietățile de dilatare-construcție a betonului.

Eliminarea defecțiunii se realizează prin îndepărtarea materialului în exces, cu ajutorul unor instalații speciale speciale sau manual, cu o lopată unghiulară.

### 2.4.3. Blocarea (rigidizarea) rosturilor

În cazul rosturilor precum și a fisurilor și crăpăturilor active este important de a asigura în permanență funcționarea necostisitoare a acestora. Dacă activitatea de întreținere a drumurilor nu asigură atenția cuvenită acestui aspect, rosturile, fisurile și crăpăturile pot fi rigidizate prin pătrunderea în acestea a materialelor sau impurităților care le blochează (le rigidizează), acestea putând fi materiale granulare din rocă dură (piatră spartă, split, cribluri) sau alte materiale, în unele cazuri chiar beton sau mortar sau mortar cu rășină epoxidică dacă fisurile sau crăpăturile au fost considerate pasive în mod greșit.

Rigidizarea rosturilor, fisurilor și crăpăturilor conduce la imposibilitatea funcționării lor normale generând eforturi unitare suplimentare în dalele de beton, care pot conduce la fisurarea dalelor, apoi la ruperea lor.

Prevenirea rigidizării rosturilor, fisurilor și crăpăturilor este asigurată prin colmatarea corespunzătoare permanentă ale acestora.

Ablocarea lor se efectuează prin curățirea cu ajutorul unei măști, jet de aer comprimat sau ciscan pneumatic după care și prin colmatarea lor cu material corespunzător de colmatare.

### 2.5. Defectiuni ale crăpăturilor metalice

#### 2.5.1. Coroziunea crăpăturilor metalice

Materialele corozive - atât pentru betonul, atât și pentru elementele metalice ale îmbinărilor rutiere din beton de ciment - pot ajunge în contact cu acestea în primul rând prin intermediul apei, în care ele ajung ori din aer și de la autovehicule, ori pământul de fundație. Aceste materiale nocive pot fi gazul carbonic, oxigenul, gazul sulfuros, hidrogenul sulfurat, acizii humici, sărurile de magneziu, reziduurile industriale, diferiți lubreficanți și carburanți, etc.

În cazul unor rosturi, fisuri sau crăpături necolmate, este posibilă producerea atât a coroziunii chimice, cât și a coroziunii electrochimice ale elementelor metalice, adică ale armăturilor și gajanelor metalice.

Coroziunea chimică poate fi produsă prin acțiunea gazelor uscate sau a neelectrolitelor asupra metalului, care în cazul drumurilor pot fi oxigenul, sau hidrogenul sulfurat, acidul clorhidric gazos, dioxidul de carbon, dioxid de sulf etc. în prezența oxigenului.

Coroziunea electrochimică poate fi produsă prin acțiunea curenților electrici locali rezultați între metal și electrolitul cu care este în contact, care în cazul drumurilor poate fi acidul rezultat din gazele emise și aerul, în prezența umidității (dioxidul de sulf trece în acid sulfuric, dioxidul de carbon în acid carbonic, etc.) respectiv acizii humici, acidul clorhidric utilizat la diferite lucrări de întreținere ș.a.

În general, nu există modalități sau posibilități de remediere ale acestui tip de defecțiuni, se cunosc doar condiții de prevenire și de înlăturarea posibilității producerii acestuia. Pe lângă utilizarea unor elemente din metale corespunzătoare, realizarea unor betoane etanșe, asigură în mod corespunzător prevenirea coroziunii. Cu mai mare atenție trebuie să se acorde întreținerii corespunzătoare a rosturilor, fisurilor și crăpăturilor precum și lucrărilor de asanare a corpului drumului și a terasamentelor.

### 2.5.2. Blocarea gajanelor

În cazul drumurilor naționale supuse studiilor privind cauzele și posibilitățile de remediere ale defecțiunilor infrastructurii rutiere din beton de ciment ( prezentate în Anexa A), rosturile transversale nu sînt executate cu gajane, prin urmare nu pot fi prezentate date sau concluzii concrete cu privire la defecțiunile care se pot ivi în funcționarea normală ale acestora.

Aceste defecțiuni se referă în primul rând la rigidizarea (blocarea) acestora. Cauzele producerii acestora sînt neasigurarea condițiilor de mișcare liberă prin înălbănirea posibilității deplasării relative a suprafeței laterale a părții mobile a gajonului față de ansamblul de beton din jur (de obicei gajonul metalic primește o peliculă de bitum înaintea turnării celei de a doua dale de beton, sau capătul liber este imbrăcat într-un tub fixat în beton, sau a capetelor de gajone în dreptul dopurilor).

Aceste defecțiuni nu pot fi eliminate decît prin distrugerea betonului și refacerea gajonelor. De aceea, la apariția lor - ceea ce este greu de observat - se produc fisuri sau crăpături în dalele de beton, care se întrețin apoi în mod corespunzător.

Prevenirea producerii acestor defecțiuni se face prin executarea corectă a lucrărilor respective cu ocazia construcției drumului, iar apoi prin întreținerea corespunzătoare a rosturilor.

## 2.6. Concluzii.

Studiul cauzelor și al modului de apariție și remediere a celor mai însemnate forme de defecțiuni ale îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment, efectuate pe drumurile naționale, administrate de D.N.R. Timișoara în total 108 km, repartizate în județul Hunedoara, Mehediți, Caraș-Severin și Timiș, cu durata de serviciu cuprinsă între 5...40 de ani), precum și analiza unor date bibliografice referitoare la aceste probleme, cunoscute și comunicate în Franța, R.F. a Germaniei, SUA, URSS, Japonia, C.Ș. Cehoslovacă, R.F. Jugoslaviei, etc. precum și celor prezentate și dezbătute la ultimele două Congrese mondiale de drumuri (Tokio 1967, Praga 1971) sau cu ocazia altor acțiuni inițiate de Comitetul tehnic pentru "Drumuri din beton de ciment" din cadrul Asociației Internaționale Permanente a Congresurilor rutiere, au permis formularea unor observații importante, atât teoretice cât și practice, expuse în limitele paragrafelor acestui material.

Prima observație - de altfel cunoscută în fața specialiștilor din domeniul construcțiilor și întreținerii drumurilor publice-, cea a eficienței economice a realizării îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment față de cele asfaltice, a fost prezentată fiind aduse noi argumente și date certe în favoarea și în sprijinul concluziei formulate.

Dintre acestea se subliniază următoarele :

1. Costul suprastructurii drumurilor cu îmbrăcămintă rutiere din beton de ciment, în cazul sectoarelor de drumuri naționale acceptate în studiu, etc. de 482...642 mii lei/km, față de costul suprastructurii drumurilor care au fost modernizate în două etape (îmbrăcămintă asfaltică ușoară + lucrări și covor asfaltic), pentru un trafic de perspectivă chiar mai mic, care este de 790...830 mii lei/km în total.

2. Pentru o perioadă de serviciu de cel puțin 30 ani, lângă actualele considerații și elemente de calcul economic, cheltuielile totale de construcție - reparații - întreținere sînt incomparabil mai mici în cazul sistemelor rutiere rigide,

față de cele nerigide, putându-se ajunge la aproximativ 50...60 % din valoarea acestora.

3. Cheltuielile anuale de întreținere a părții esențiale a drumului cu îmbrăcăminte din beton de ciment este de circa 1,5...3,0 mii lei/km, față de cele aferente îmbrăcămintelor asfaltice, care sînt de 30,7 mii lei/km pentru rețeaua rutieră studiată în 1973, (prin umere doar 5...10 % din valoarea acestora), acestea din urmă avînd însă și un caracter periodic, crescînd în ultimii ani cu circa 3...5 mii lei/km.

Analize posibilităților de producere, a cauzelor multiple și concrete care provoacă apariția defecțiunilor îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment - fiind vorba de o clasificare a tuturor defecțiunilor care prezintă interes în activitatea practică de proiectare, construcție și întreținere a drumurilor de acest tip - pornește de la studiul cauzelor generale care favorizează sau impun apariția defecțiunilor, adică de la studiul solicitărilor care acționează asupra îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment, trecîndu-se apoi la analiza posibilităților de înregistrare ale unor erori de proiectare, ale unor aspecte privind execuția greșită a lucrărilor, precum și în rețineren și administrarea necorespunzătoare a rețelei rutiere.

Apelînd la cunoștințele teoretice și practice dobîndite în domeniul realizării îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment sau al betonului în general, se formulează observații importante pentru respectarea unor reguli, prescripții, metode etc. privind aceste aspecte, avînd în vedere în permanență posibilitatea apariției unor condiții nedorite pentru producerea, sau producerea prematură, a unor defecțiuni, mai cu seamă a celor care determină o scădere importantă a stării de viabilitate a drumului, sau favorizează apariția în continuare apariția altor defecțiuni de această natură. Se subliniază prin acestea importanța pe care trebuie să acorde toți factorii interesați sau implicați în unele faze sau aspecte ale acestor probleme, cum sînt : unele fenomene privind dimensionarea dozelor la acțiunile combinate ale diferitelor solicitări; considerarea justă a caracteristicilor traficului rutier puțin înțeles de calcul; asigurarea obținerii caracteristicilor fizico-mecanice ale bo-

teanelor; unele considerații cu privire la terenul de fundație și la stratul suport; unele observații privind tehnologiile curent aplicate la prepararea, transportul, aglomerarea și întărirea ulterioară a betoanelor, etc.

În mod concret, se accentuează asupra următoarelor aspecte :

- Cu privire la cuprinderea în calculele de dimensionare a tuturor aspectelor legate de suprapunerea efectelor sarcinii utile provenite din circulația autovehiculelor și din solicitări generate în elementele de construcție din beton datorate variațiilor de temperatură, se propune studiul situațiilor critice privind raportul dimensiunilor în spațiul ale dalilor de beton, având în vedere variația valorii gradientului de temperatură în funcție de grosimea dalilor.

- Se accentuează asupra concluziei cu privire la analiza caracteristicilor încălzirilor utile din trafic rutier prin prisma efectelor produse asupra îmbărcămînții din beton de ciment, conform căreia este absolut necesară luarea unor măsuri administrative refacitoare la limitarea mărimii sarcinii pe roată la aproximativ 6000 daN.

- În ceea ce privește stabilirea valorii intensității traficului rutier prelevat - caracteristică de importanță primordială în calculele de dimensionare ale sistemelor rutiere conform metodologiei actuale în vigoare în țara noastră - se observă necesitatea efectuării unor studii de prognoză în cazul fiecărui traseu de drum, deoarece aplicarea mecanică a unor coeficienți de creștere medii stabilite la scară națională s-a dovedit a fi o metodă de lucru care poate genera comiterea unor erori de proiectare.

- Se recomandă ca la elaborarea proiectelor de execuție ale construcțiilor rutiere să se acorde o atenție mai mare unor calcule de dimensionare tehnică ale sistemelor rutiere, prevenindu-se în acest fel în găsirea a multor defecțiuni ale acestora, provenite din schimbarea în timp a condițiilor de rezistență a dalilor din beton de ciment.

- Analiza cauzelor generale ale apariției diferitelor defecțiuni ale îmbărcămînții rutiere din beton de ciment

ne demonstrează că aceste cauze derivă în cea mai mare măsură din greșelile de execuție care se comit cu ocazia preparării, transportului, punerii în operă și tratării ulterioare a betonului. Se impune deci luarea unor măsuri eficiente în vederea eliminării acestora prin automatizarea lucrărilor și prin organizarea unui control sigur al tuturor fazelor de execuție.

- Cu privire la obținerea unor betoane rutiere de bună calitate, se recomandă influența a mai mulți factori care trebuie luați în considerare. Dintre acestea, se recomandă influența naturii agregatului mineral, a grenulozității și dimensiunii maxime a acestora, a dozajului de ciment, a raportului apă/ciment, a suprafeței specifice a agregatului mineral, a conținutului de aditivi plastifianți și antrenare de aer, etc.

- Totodată, se recomandă rezultatele bune obținute în urma revibrării betonului în perioada de priză și întărire, metodă de compactare experimentată și în cadrul rețelei rutiere a D.D.R.T.

Totodată se recomandă - așa cum se arată în material-, în baza multor studii efectuate pe teren și a unor însemnări bibliografice de actualitate, introducerea noului în construcția drumurilor din beton de ciment, analizându-le sub aspectul eficienței în ceea ce privește înlăturarea cauzelor apariției defecțiunilor îmbrăcămintilor rutiere din beton de ciment, de exemplu automatizarea stațiilor de preparare a betoanelor, punerea în operă a betoanelor cu cofraje glisante, vibrarea și revibrarea în perioada de priză și întărire a betoanelor, acceptarea soluțiilor de beton armat, beton armat continuu, beton armat pretensionat sau posttensionat, utilizarea plastifianților și antrenarelor de aer, aplicarea unor metode noi de întreținere și reparare a îmbrăcămintii rutiere.

În această direcție, lucrarea de față conține atât formularea unor concluzii și recomandări în urma diferitelor studii și experiențe efectuate pe drumurile naționale din reșea D.D.R.T., cât și câteva rezultate obținute în alte țări, considerate interesante.

Se subliniază importanța cuantificării de către cei care participă la construirea și întreținerea drumurilor cu



îmbărcăminții rutiere din beton de ciment, a tuturor cauzelor care provoacă sau favorizează apariția defecțiunilor acestor îmbărcăminții rutiere, pentru a putea aplica în activitatea lor practică cele mai adecvate metode de lucru și tehnologii de execuție și de întreținere a drumurilor.

Cea mai eficientă preocupare depună în vederea menținerii drumurilor pe timp îndelungat în condiții de stare de vizibilitate corespunzătoare este îndrumarea atenției asupra prevenirii apariției defecțiunilor îmbărcămințiilor rutiere din beton de ciment.

În acest sens, se accentuează asupra necesității respectării prescripțiilor tehnice elaborate în domeniul construcțiilor îmbărcămințiilor rutiere din beton de ciment, în particular - precum și în domeniul construcțiilor rutiere în general -, prescripții care trebuie să sufere modificări în timp. În acest sens, prezentul material cuprinde câteva idei și propuneri demne de luat în considerare, dintre care subliniază următoarele :

- se pare că metoda recomandată pentru stabilirea vitezei și nivelărilor suprafeței îmbrăcăminții în sens longitudinal, prin măsurătoare efectuate cu lățe de 3,00 m lungime nu prezintă o vacifacere completă, pentru asigurarea siguranței și confortului circulației autovehiculelor este importantă elaborarea unei metode de determinare unui indice de confort, pornind de la caracteristicile densității spectrale a undulațiilor în profilul în lung a suprafeței de rulare.

- referitor la rosturile de dilatație, se recomandă studierea în continuare a posibilității eliminării acestora, în cazul execuției lucrărilor în condiții normale de temperatură, totodată, în deosebi lucrărilor de artă, se recomandă executarea acestor tipuri de rosturi, în locul rosturilor de contact;

- se impune necesitatea elaborării și acceptării unor noi metode de colțare a rosturilor - așa cum rezultă și din unele propuneri ale lucrării de față-, având în vedere că actualmente această operație se execută, în general, în mod necorespunzător, prin urmare reprezintă ponderea cea mai de seamă în

volumul și valoarea lucrărilor de întreținere periodice, reprezentând una dintre sursele cele mai periculoase de favorizare a apariției multor tipuri de defecțiuni ale îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment,

- actualul standard pentru îmbrăcămintă din beton de ciment nu cuprinde referiri la calitatea suprafeței de calare din punct de vedere al rugozității acesteia, nici în ceea ce privește realizarea rugozității (stricteea) suprafeței asfelor de beton și nici asupra unor condiții de verificare și recepție a lucrărilor executate, totodată, standardul referitor la rugozitatea îmbrăcămintelor rutiere (metodă de măsurare și valori limită) cuprinde elemente numai cu privire la îmbrăcămintele rutiere realizate cu lianți bituminoși.

Se accentuează asupra modului de formare a defecțiunilor, asupra leziunilor existente între unele tipuri de defecțiuni, asupra evoluției acestora, asupra eficienței intervențiilor făcute la timpul potrivit. O bună parte dintre defecțiunile considerate nepericuloase (de exemplu din punct de vedere al asigurării siguranței și confortului circulației autovehiculelor) reprezintă indici incontestabili cu privire la posibilitățile de apariție și dezvoltare a altor defecțiuni deosebit de grave. Se subliniază deci importanța depistării primelor defecțiuni aparute, de orice natură, în urma acestora putându-se lua măsuri de remediere și de prevenire corespunzătoare, foarte eficiente.

Rezultă de aici necesitatea efectuării unei revisii sistematice, permanente a drumurilor. Totodată, rezultă și necesitatea efectuării periodice - în cadrul acestor revisii - a unor investigații tehnice, a studiului rețelei rutiere cu ajutorul sau prin metode și aparatură adecvată, în urma cărora se pot formula concluzii importante privind prognoza apariției unor tipuri de defecțiuni. Se remarcă în acest sens importanța studiului în timp a deflexiunilor elastice pe care le prezintă îmbrăcămintele rutiere sub sarcină, a depistării zonelor sau punctelor slabe (în funcție de modul de uniditate, de zone de slabă rezistență ale betonului, de rugozitatea suprafeței de calare, etc) cu ajutorul unor aparate moderne.

In cadrul ultimului capitol al lucrării au fost prezentate o serie de metode de remediere a defectelor efectuate ale îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment. Aceste metode se referă atât la remedierea temporară (având în vedere necesitatea efectuării unei intervenții imediate pentru asigurarea siguranței circulației rutiere), cât și la remedierea cea mai eficientă a defectărilor. Cu privire la aplicarea acestora, se remarcă necesitatea îmbogățirii cunoștințelor cadrelor tehnice de execuție, cât și a dotării subunităților de întreținere cu mijloacele necesare executării unor lucrări de reparații corespunzătoare. Dintre acestea se remarcă importanța generalizării în activitatea practică de întreținere a utilizării unor materiale rutiere noi, cum sînt rășinile epoxidice, masticiuri bituminoase pe bază de adaosuri de cauciuc și azbest, neoprenul, res activ a folosirii unor utilaje și mașini cu mare randament, cum sînt mașinile de executarea strierii suprafeței de rulare, mașinile de forat în îmbrăcămintea rutieră din beton, instalații de subinjectarea a unor lianți rutieri la nivelul stratului suport, instalații de executarea colmatării fisurilor, crăpăturilor și rosturilor, utilaje de compactare pe suprafețe liante, etc.

In încheiere, trebuie subliniat faptul că atât în ceea ce privește lucrarea deciziilor privind propunerile reforțitoare la natura îmbrăcămintei în cazul noilor lucrări rutiere, cât și metodele actuale curent aplicate sau chiar și cele mai avansate aplicate la realizarea îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment, și nu în ultimul rînd metodele de întreținere și reparație a acestora, este necesară efectuarea în continuare a studiilor și cercetărilor, care să țină seama de posibilitățile de introducere a unor noi elemente formulate, respectiv de cât mai rapidă generalizare în activitatea curentă a tuturor rezultatelor bune care au fost obținute în acest domeniu. In acest fel se poate ajunge pe cît se poate de înalt în ceea ce privește dorința noastră de a realiza lucrări rutiere de cât mai bună calitate pe lângă atingerea unor parametri superiori în ceea ce privește eficiența economică a activităților din acest domeniu important al economiei naționale.

## T A B E L E A N E X E

referitoare la partea a III-a „ Defecțiuni ale înbrăcăminților rutiere din beton de ciment ” .

	Pagina
VII.1. Sectoare DE cu înbrăcăminți rutiere din beton de ciment din rasa D.D.P.E.	317 ... ...
VII.2. Caracteristici generale privind sectoarele de drumuri cu înbrăcăminți din beton de ciment, cuprinse în tabelul VII.1.	317 ... ...
VII.3. Cheltuieli de întreținere ale părții carosabile privind înbrăcămințile rutiere din beton de ciment	321 ... ...
VII.4. Cheltuieli de întreținere ale părții carosabile privind înbrăcămințile rutiere din mixturi asfaltice ale rețelei de drumuri naționale din D.D.P. Timișoara	321 ... ...
VII.5. Durata de serviciu și cheltuielile între două reparații la înbrăcăminți rutiere asfaltice de tip greu	323 ... ...
VIII.1. Recomandări privind conținutul de părți fine (nisip sub 0,2 mm) în betonurile rutiere (după Hammel)	331 ... ...
VIII.2. Caracteristicile fizico-mecanice ale cimentului rutier CR	342 ... ...
VIII.3. Compoziția oxidică și mineralogică a cimentului rutier CR	342 ... ...
VIII.4. Caracteristicile agregatelor folosite la laborator (DE 68 A - sectoare de drum cu înbrăcăminți din beton, revizuit în perioada de primă)	342 ... ...

- VIII.5.** Valorile medii ale rezultatelor de laborator pentru probele destinate stratului de rezistență (sectoare de drum experimentale pe DN 68 A Lugoj - Iliș) 343  
...
- VIII.6.** Media rezultatelor de laborator pentru probele destinate stratului de uzură (sectoare de drum experimentale pe DN 68 A Lugoj - Iliș) 343  
...
- VIII.7.** Compoziția betoanelor folosite la realizarea sectoarelor experimentale de pe DN 68 A 294  
...
- VIII.8.** Rezultatele experimentale pe înbrăcămințile rutiere de pe DN 68 A 347  
...
- VIII.9.** Situația comparativă privind apariția degradărilor și defecțiunilor în înbrăcăminți rutiere din beton de ciment revibrat, față de cele fără revibrare 350  
...
- IX.1.** Date privind traficul rutier al sectoarelor de drumuri studiate 378  
...
- IX.2.** Soluții încercate la remedierea exfolierii (cojirii) suprafețelor de rulare ale înbrăcăminților rutiere din beton de ciment, pe unele sectoare de drum ale DN 68 A 414  
...
- IX.3.** Eficacitatea unor metode de remediere a suprafețelor glefuite ale înbrăcăminților rutiere din beton de ciment (Referință la elementele date în text) 423  
...
- IX.4.** Rezultatele încercărilor de laborator efectuate asupra masticurilor bituminose din rosturile înbrăcăminților rutiere din beton de ciment 437  
...
- IX.5.** Date privind decolmaterea rosturilor și lucrărilor de remediere efectuate pe sectoarele de drumuri naționale studiate 444  
...

tabelul VII.1.

**Sectoare D.N. cu îmbrăcăminti rutiere  
din beton de ciment din raza D.L.P.F.**

**A. Rețeaua D.N.- D.L.P.F. la 31.XII.1973**

- îmbrăcăminti cu beton de ciment :	108 Km.
- "- bituminose, tip greu :	457 Km.
- "- "- tip mijlociu :	503 Km.
- "- din povaje piatră cioplită :	141 Km.
- "- ugoare :	217 Km.
- drumuri pietruite :	134 Km.
<b>Total</b>	<b>:1640 Km.</b>

**B. Sectoare D.N.- D.L.P.F. cu îmbrăcăminti rutiere din beton de ciment :**

D.N.6 - Km.366+400 - 372+550	6,150
373+050 - 380+050	6,200
380+450 - 383+300	<u>3,450</u>
	15,800
386+500 - 394+700	8,200
394+720 - 395+500	0,700
395+510 - 395+840	0,330
395+850 - 397+200	1,430
398+900 - 399+250	0,270
399+300 - 409+320	10,130
409+700 - 411+300	2,200
412+000 - 412+000	0,000
413+700 - 414+100	<u>0,400</u>
	26,160
D.N.6 A 0+133 - 3+100	<u>3,046</u>
	3,046
D.N.68.A. 10+892 - 30+648	19,757
31+474 - 32+078	0,604
33+718 - 40+150	6,432
41+000 - 58+250	17,250
65+028 - 77+727	<u>12,748</u>
	62,008
<b>Total general</b>	<b>108,004 Km.</b>

Tabloul VII.2.

**Caracteristici generale  
privind sectoarele de drumuri cu înbrăcămintă din beton de  
ciment cuprinse în tabelul VII.1.**

Caracteristici	Sectoare de drum	
	D.11.6	D.11.63.A
<b>1. Sisteme rutiere</b>		
<b>1.1. Pe drumuri pietruite existente</b>	-fundatie balast existent 20 - 40 cm. -înbrăcămintă beton de ciment 18 cm.	-fundatie balast existent 30 - 40 cm. -înbrăcămintă beton de ciment 19 cm.
<b>1.2. În cazul traseelor noi sau la lărgiri de fundații de drumuri</b>	-fundatie balast 20 cm. -înbrăcămintă beton de ciment 18 cm. (12 cm. strat rezistență, 6 cm. strat uzură)	-fundatie balast 20 cm. -înbrăcămintă beton de ciment 19 cm. (13 cm. strat rezistență 6 cm. strat uzură)
<b>2. Caracteristici fizico-mecanice ale componentilor complexului rutier.</b>		
<b>2.1. Tipul terenului de fundatie</b>	în general, bun	în general, bun
<b>2.2. Stratul de fundatie</b>	balast natural, curat	balast natural, curat
<b>2.3. Căderea betonului în stratul de uzură</b>	B.350	B.350
<b>2.4. În stratul inferior</b>	B.300	B.320
<b>2.5. Compoziția betonului</b>	consum total pe m <sup>2</sup> înbrăcămintă ciment P.400-61,570 kg. pietrig-0,094 mc	consum total pe m <sup>2</sup> înbrăcămintă ciment P.400-64,920 kg. pietrig-0,101 mc

Caracteristici	Sectoare de drum	
	D.1.6	P.N.68.A
	cribluri-0,018 mc	cribluri-0,043 mc
	nisip -0,124 mc	nisip -0,129 mc
	apă -0,097 mc	apă -0,098 mc
<b>a.modul de elasticitate</b>		
<b>al betonului în stratul</b>		
de uzură :	280.000 daN/cm <sup>2</sup>	280.000 daN/cm <sup>2</sup>
<b>în stratul inferior:</b>	280.000 daN/cm <sup>2</sup>	280.000 daN/cm <sup>2</sup>
<b>b.Realizarea rosturilor</b>		
<b>a.rosturi de contracție</b>		
distanțe medie între		
rosturi:	5...6 m	5...8m
<b>mod de realizare :</b>	hârtie gudronată	hârtie gudronată
	introdusă în betonul proaspăt (stratul de uzură)	introdusă în betonul proaspăt (stratul de uzură)
<b>b.rosturi de dilatație</b>		
distanțe medie între		
rosturi :	36...50 m	36...80 m
<b>mod de rezolvare</b>	STAS 183 - 49	STAS 183 - 64
<b>c.Traficul de calcul</b>	de intensitate mijlocie	de intensitate mijlocie
<b>d.zonă și relief :</b>		
<b>a.zonă climatică :</b>	III	III
<b>b.relief :</b>	dealuri	dealuri și șes
<b>c.înclinașe înghet :</b>	70 cm	30 cm
<b>d.condiții hidrologice</b>	în general, medii-ocare	în general medii-ocare
<b>e.Executant</b>	I.C.T.Cegiova 1960 - 1964	I.C.T.Fimigova 1967 - 1969
<b>f.Exploatarea sectoarelor de drum</b>	10...14	5...7
<b>g.ani în folosință</b>		



.....  
**Caracteristici**

**Secțiune de drum**  
 -----

D.N.6

D.N.68.A  
 .....**Trafic rutier**

intensitate actuală,

unități fizice

(MAI 1973 preliminar):

1200...21000

1000...1200

trafic suportat

(tonaj aproximativ):

30.000

45.000

mod de întreținere

administrare :

corespunzătoare

corespunzătoare  
 .....

Tabelul VII.3.

Calculul de întreținere ale părții ceresabile privind îmbinățiile rutiere din beton de ciment

D.N.	Realizația de la	Anul pînă la	ml		mi		mp		mi		mp		Total mi lei/ km/en
			lei	lei	lei	lei	lei	lei	lei	lei			
6	366+400	-	303+300	1969	12000	10	600	6	-	-	-	-	27
				1970	33000	46	7121	10	112	2	-	-	50
				1971	28000	45	1060	30	40	1	-	-	76
				1972	7000	13	3375	5	80	1	-	-	19
				1973	23000	32	21630	31	210	3	-	-	66
				<b>Total</b>	105000	153	56256	84	442	7	-	-	246
6	306+500	-	304+700	1969	18000	20	3700	9	-	-	-	-	35
				1970	33000	54	5455	0	636	11	-	-	73
				1971	32000	43	17300	27	10	1	-	-	76
				1972	21000	20	330	5	119	2	-	-	36
				1973	36000	50	13170	25	65	1	-	-	76
				<b>Total</b>	146000	210	43005	71	330	15	-	-	236
68 A	10+392	-	77+727	1969	-	-	-	-	131	2	-	-	22
				1970	42300	64	2250	4	242	5	-	-	73
				1971	33020	45	7130	14	175	2	-	-	42
				1972	40000	63	14280	29	702	10	3500	4	112
				1973	60610	90	20000	38	1372	3	1340	3	159
				<b>Total</b>	184040	252	43540	15	2212	54	5040	7	408
				<b>Total</b>									1,950

520

Caracteristici de întreprindere ale părții servabile  
privind fabricațiile rutiere din mirturi asfaltice ale ceșelei  
de drumuri naționale din L. P. România

numirea și anul de referință al fabricii și valoarea în milioane  
de lei

	1969	1970	1971	1972	1973	Total							
	P	V	F	V	I	V							
olmetri													
leuri													
operații													
abricațiile													
afaltice	mp	122350	2362	18772	3861	218085	5022	294129	6754	248163	5469	1071495	
adijoncti	mp	-	-	-	-	-	-	-	-	600	565302	600	565302
rețesmente													
serviciile													
ituaționale	km	64	1102	5645	1112	111	1879	127	2326	148	2964	5065	9393
efacerea													
ardupirilor	mp	3928	204	7316	371	5614	347	6101	304	4773	242	25732	1528
ovore as-													
altice pe													
abricațiile													
distante	km	20,32	10016	29,6	12383	41,07	19030	43,8	22935	54,5	27477	130,00	92694

Denuntes UM Anua de referența, rezultată din valoarea din anii 191

1962 1970 1971 1972 1973 Total

6 7 8 9 10 11 V

-Ovoare												
asfaltice												
de granit												
pedun	20,44	1409	27,9	2322	23,07	13,7	39	2465	43	3309	153,41	10642
TOTAL	15953		19398		27695		34784		41140		138370	
TOTAL	14,7		17,6		24,7		29,3		32,7		-	

tabelul VII.5.

**Durata de serviciu  
și cheltuielile între două reparații la îmbrăcăminți  
rutiere asfaltice de tip greu**

Tipul de îmbrăcămințe	Intensitatea medie de trafic în tone/si									
	1000- 2500	2500- 5000	5000- 7500	7500- 10000	10000- 15000					
	Duratele în ani între două reparații									
	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15
Betoane asfaltice și mortare asfaltice pe binder de criblură	$\frac{7}{12}$	10	$\frac{5}{10}$	15	$\frac{4}{3}$	12	$\frac{3}{6}$	10	$\frac{2}{5}$	8
Asfalturi turnate, pe binder	$\frac{8}{12}$	20	$\frac{7}{15}$	18	$\frac{4}{8}$	15	$\frac{4}{7}$	12	-	-
Covoare asfaltice pe îmbrăcăminți asfaltice existente de tip greu.	5	10	4	8	-	-	-	-	-	-

Tabelul VIII.1.

recomandări privind conținutul de părți fine  
(nisip sub 0,2 mm) în betoanele rutiere (după țara)

Dosaaj de ciment Kg/m <sup>3</sup>	Fractiunea sub 0,2 mm		Conținutul total frac- țiuni fine și ciment, în Kg/m <sup>3</sup>
	% din greutatea scheletului mineral	Kg în m <sup>3</sup> beton	
400	0	0	400
350	4...5	60...70	410...420
300	6...7	110...130	410...430
250	8...10	170...180	420...430



**Carakteristicile agregatelor folosite la laborator  
(UN 68 A - sectoare de drum cu îmbrăcăminte din beton, revizuit în perioade  
de paisă)**

**Carakteristici**

	0/7	7/30	8/15	15/25	0/3	3/7	3/15	15/30
<b>Frământarea în trecut</b>								
<b>Oribură criblură</b>								

**Dimensiunea ochiului (mm): 40**

130		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
115	100,0	69,2	36,8	13,7		100,0	100,0	0
17	86,4	20,5	0,0	1,2	100,0	0		
13	67,8	9,0	2,2	0,4	100,0	0		
11	23,2	1,2	0,6	0,4	36,0			
10,2	4,6	0,3	0,2	0,1	10,2			

**Crezutetea specifică a granulelor în stare uscată (dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)**

1573	1565	1295	1351	1520	1425	1510	1438
		aleb, gîlbui	-	-	-	-	-
		2	2	-	-	-	-
		cu 21,5 ml de ce decît cea a pietrişului					
		5	5	-	-	-	-



Valorile medii ale rezultatelor de laborator pentru probele destinate  
 testării de rezistență (sectoare de drum experimentale pe DN 68A  
 Lugoj - Ilija)

Caracteristici

U.M.

Indicativul și criteriul de vibrație

Compoziția 1

Compoziția 2

Indicativul și criteriul de vibrație

	1 W	1 W	2 W	2 W	2 W	2 W
V2(1,2)	V1'4+1/30"ip	V1'4+1/30"ip	V2'4	V1'4+1/30"ip	V2'4	V1'4+1/30"ip
	1/30"mm	1/30"mm		1/30"mm		1/30"mm

	1	2	3	4	5	6
0						
Luorabilitatea						
- tasarea	cm					
- săpîndirea	cm	40,5	42,5	43,5		31,5
Δb	daN/cm <sup>2</sup>					
- la 3 zile	"	147,5	156,7	162,9		112,9
- "	"		+6,3			+9,3
- 7 zile	"	233,8	209,6	199,4		182,7
- "	"		-11,5			- 3,5
- 28 zile	"	200,5	333,7	200,0		325,0
- "	"		+47,7			-2,5
Δt	daN/cm <sup>2</sup>					
- la 3 zile	"	13,3	21,7	11,3		0,2
- "	"		+6,0			+27,2
- 7 zile	"	21,7	23,8	15,8		17,5
- "	"		+3,7			+10,7

	1	2	3	4	5
- 28 zile	den/cm <sup>2</sup>	24,5	31,9	20,6	24,2
- %	-"		+30,0		+17,6
Creut. specific	den/cm <sup>3</sup>	2370	2390	2300	2310
- %	-"		0,9		+0,4
Contractia	mm/m	0,120	0,190	0,250	0,220
- %	-"		-13,6		-12,1
Modul de elasticitate	den/cm <sup>2</sup>	309	355	295	320
- %	-"		+15,0		+3,5

Tabelul VIII.6.

Media rezultatelor de laborator pentru probele destinate stratului de uzură (sectoare de drum experimentale pe Dr. 68 A Lugoj-Ilia)

Compoziția	Indicele	Criteriul de	Indicele	Indicele	Indicele	Indicele	Indicele
zile	vibrație	28 zile	da/cm <sup>2</sup>	tate ca	rezist. la	rezist. la	da/cm <sup>2</sup>
					inghet -	dezghet	
					(plăduri)		
3	3W	V30"t	405	2302	3,00	2,50	0,120
	3W	V30"t +	448 + 10,7	2400 + 0,3	2,13 - 27,0	1,00 - 0,00	0,104 - 12,0
		+ IV30"t <sub>2</sub>					
		+ IV30" Ip +					
		+ IV30" mp					

Notă : V = vibrații; IV = revivății; t = mortar; t = taracosa; ip = înălțime de priză; mp = mijloc de

Tabelul III.7.

Compozițiile betonelor folosite la realizarea  
sectoarelor experimentale de pe LII 60 A.

Destinația betonului	Tipul ci- ment	Doseaj kg/m <sup>3</sup>	Raport g/c	Frațiunea de agregate (%)					
				nisip		pietris		criblură	
				0/3	3/7	7/15	15/30	8/15	15/25
Strat de re- sistență, do- saj normal <sup>x)</sup>	CR	320	0,475	20	20	30	30		
Strat de re- sistență, do- saj redus.	CR	270	0,475	20	20	30	30	-	-
Strat de u- sură, doseaj normal	CR	400	0,446	20	20	10	15	15	15
Strat de u- sură, doseaj redus	CR	340	0,446	20	20	15	15	15	15
Strat de re- sistență, do- saj redus	CR	270	0,475	20	20	30	30	-	-
Strat de u- sură, doseaj redus	CR	340	0,50	20	20	15	15	15	15
Strat de re- sistență, do- saj redus	P500	270	0,475	20	22	20	20	-	-
Strat de u- sură, doseaj redus	P500	340	0,450	20	20	15	15	15	15

x): doseaj normal înseamnă conform ST S 183-64

Tabela VIII.9.

Rezultatele experimentale pe înbrăcămintele cutiere de pe DW.68 A

Nr. Carote	%	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>	K <sub>9</sub>	K <sub>10</sub>	K <sub>11</sub>	K <sub>12</sub>	K <sub>13</sub>	K <sub>14</sub>	Obs.
1	74	2 250	488	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	
2	74	2 380	462	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	
3	51	2 350	2 360	2 360	2 360	2 360	2 360	2 360	2 360	2 360	2 360	2 360	2 360	2 360	2 360	
4	74	2 370	577	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	
5	51	2 360	525	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	
6	74	2 350	495	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	4 060	
7	74	2 370	610	4 010	4 010	4 010	4 010	4 010	4 010	4 010	4 010	4 010	4 010	4 010	4 010	
8	74	2 440	644	4 030	4 030	4 030	4 030	4 030	4 030	4 030	4 030	4 030	4 030	4 030	4 030	
9	74	2 430	612	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	
10	74	2 440	560	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	
11	74	2 420	445	4 070	4 070	4 070	4 070	4 070	4 070	4 070	4 070	4 070	4 070	4 070	4 070	
12	74	2 410	437	4 130	4 130	4 130	4 130	4 130	4 130	4 130	4 130	4 130	4 130	4 130	4 130	
13	51	2 400	545	4 170	4 170	4 170	4 170	4 170	4 170	4 170	4 170	4 170	4 170	4 170	4 170	
14	74	2 420	444	4 050	4 050	4 050	4 050	4 050	4 050	4 050	4 050	4 050	4 050	4 050	4 050	
15	51	2 310	514	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	4 040	
16	51	2 330	505	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
7	74	A2	Strat dosaj normal		Strat dosaj normal	2 499		582		4 998				
8	74				Strat dosaj normal	2 420		560		4 298				
10	74				Strat dosaj normal	2 410		567		4 150				
13	74					2 420		528		4 120				
14	74	A3				2 370		465		4 990				
15	51		Strat dosaj redus		Strat dosaj redus	2 330	2 376	551	551	4 020	4 005			
17	51					2 330		572		2 940				
18	51					2 360		626		3 960				
13	74					2 430		533		4 150				
14	74					2 440	2 400	426	551	4 170	4 140			
15	51					2 340		495		4 140				
16	74	A3				2 410		609		4 920				
17	51					2 390		554		4 170				
18	51					2 330		577		4 110				
19	74					2 390		432		4 950				
20	74					2 380		454		4 700				
21	51					2 320		512		4 900				
22	74					2 430	2 373	450	485	4 150	4 050			
23	51	A4				2 360		520		2 250				
24	51					2 360		541		4 110				
19	74					2 410		550		4 220				
20	74					2 350	2 333	466	467	4 990	4 080			
22	74					2 330		415		4 120				



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
42	74		2 310	254	2 480	2 313	276	3 660	2 510	3 440				
43	74		2 320	234	2 320									
44	74		2 330	463	2 330									
46a	51	C1	2 340	466	2 350	2 330	462	3 510	3 570					
47a	51		2 310	352	2 320									
48a	51		2 360	367	2 340	2 592	343	3 750	3 950	3 600				
48b	51		2 340	374										
49	51	C3	2 320	273										
50	51		2 320	482	2 320									
51	51		2 340	485	2 340	2 340	477	4 120	2 630	2 720				
52	41		2 320	465										

54



Tabelul VIII.9

Situația comparativă privind  
aparitia degradărilor și defecțiunilor în îmbecămintă  
cutiere din beton de ciment revibrat, față de cele fără  
revibrare x)

Denumirea defecțiunilor	Un	Cantități apărute 1968 - 1974			
		Sector DE cu beton revibrat <sup>x)</sup>		Sector IN adiacent fără revibrare	
		Total Cantit.	mp Cantit./mp	Total Cantit.	mp Cantit./mp
Exfoliere-cojire	mp	-	-	6250	0,025
Suprafață șlefuită	mp	2400	0,600	7500	0,028
Fisuri și crăpături					
• transversale	m	-	-	4270	0,016
• longitudinale	m	-	-	50	0,004
• diagonale	m	-	-	250	0,001
• de colț	m	-	-	510	0,002
Falanțuri	mp	-	-	-	-
Șuperi de margine	m	-	-	710	0,003
Distrugerii dală	buc	-	-	6	1/6,5 km drum

Notă :

x) DE 58 A km 10+392 - 53+000, în administrarea IRIU Timișoara, care include toate secțiunile experimentale, iar restul tronului fiind considerat "sectoare adiacente".

Tabelul IX.1.

Date privind traficul rutier al sectoarelor  
de drumuri studiate

## A. Recensământul circulației 1970

Caracteristici	Autoturisme sub 1,5 tone	Autocamioane de 1,5-5 tone	Idem mai mari de 5 tone	Autobuze	Autotrac- toare cu trac- siune centrală	Trectoare	Total vehicule
<u>DN 6 km 363+700</u>							
vehicule fizice	727	643	4.3	172	53	75	2158
Medie zilnică vehicule etalon în unități de turisme	717	1236	376	344	220	150	3603
Tonaj mediu zilnic anual							15934
<u>DN 6 km 344+200</u>							
vehicule fizice	537	539	31	56	58	22	1242
Medie zilnică vehicule etalon în unități de turisme	537	1078	62	112	203	404	2035
Tonaj mediu zilnic anual							6716
<u>DN 68 A km 28+500</u>							
vehicule fizice	464	399	153	20	107	30	1239
Medie zilnică vehicule etalon în unități de turisme	464	798	306	56	378	176	2175
Tonaj mediu zilnic anual							7982

**B. Medie zilnică anuală în vehicule fizice, stabilite  
pein înregistrare automată cu contoarele de trafic  
(posturi fixe, înregistrare permanentă)**

Posturi	1970	1971	1972	1973 (pre- limi- nat)
D.N.6 km 363+700	1046	1700	1914	2100
D.N.6 km 384+200	1152	911	1071	1200
D.N.6A km 2+300		537	895	1000
D.N.6A km 2+800	1065	797	991	1000
D.N.6BA km 76+800	534	831	904	1100



Tabelul II.3.

Eficiențele unor metode de  
remediere a suprafețelor glufuite ale îmbinărilor  
rutiere din beton de ciment (referiri la elemente date  
în text)

Metoda aplicată	Prod ctivitate m <sup>2</sup> /h	Variația în timp a coeficientului de frecare	pentru viteze de circulație km/h		
			Perioada		
			20	50	80
Înainte remedie- rii	-		0,63	0,33	0,23
Strigare transver- sală cu diamante	15..20	la execuție	0,65	0,52	0,43
		la 1 lună	0,70	0,62	0,54
		la 6 luni	0,70	0,63	0,56
Strigare transver- sală cu oțel dur	13..15	la execuție	0,65	0,52	0,43
		la 1 lună	0,72	0,62	0,54
		la 6 luni	0,68	0,37	0,20
Ruciarăre	30..35	la execuție	0,76	0,60	0,58
		la 1 lună	0,78	0,72	0,6
		la 6 luni	0,80	0,67	0,58
Tratare cu acid clorhidric	10..22	la execuție	0,87	0,63	0,52
		la 1 lună	0,92	0,67	0,47
		la 6 luni	0,67	0,36	0,20
Tratare cu sodi caustic	17..20	la execuție	0,84	0,45	0,33
		la 1 lună	0,82	0,40	0,22
		la 6 luni	0,60	0,13	0,16

Tabelul IX.4.

Rezultatele încercărilor de laborator  
efectuate asupra masticurilor bituminoase din resturile im-  
brăzămînturilor caiere din beton de ciment.

Caracteristici	Rezultate pozitive kilometrice				
	6 333+500	6 333+250	68 A 13+500	68 A 51+250	68 A 76+500
<b>Compoziție :</b>					
- conținut de bitum					
% =	28,56	18,2	43,5	32,2	25,5
- Curba granulometrică a scheletului mineral:					
rest pe 3 mm	0	40,0	0	11,2	0
"    3 mm	9,5	19,5	14,3	29,0	10,1
"    1 mm	6,0	7,5	22,2	20,0	18,0
"    0,5 mm	5,1	3,5	12,3	9,4	9,0
"    0,2 mm	30,8	10,0	12,3	13,0	10,1
"    0,09 mm	15,7	5,9	9,9	8,4	11,2
"    0,08 mm	2,8	1,6	3,7	2,0	3,0
trece prin 0,08 mm	30,1	12,0	24,8	8,0	31,6
Total %	100	100,0	100,0	100,0	100,0
- conținut filor în agregat sub 0,09 mm) % =	32,9	13,5	28,5	10,0	41,6
- conținut mastic bituminos (filor + bitum) % =	52,0	29,3	59,7	39,5	56,7
- compoziție mastic bituminos, %					
bitum	54,8	61,8	73,6	83,3	45,1
filer	45,2	38,2	26,4	16,7	54,9
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Valoarea punctului de încăiere înel și bilă					
- pentru mastic <sup>°C</sup>	63,0	63,0	63,5	71,5	73,0
- pentru bitumul pur <sup>°C</sup>	55,0	56,0	50,2	58,0	59,5
Aspectul probei	coasant	coasant	coasant	coasant	coasant
Locul recoltării	rest de colmatat	rest de colmatat	rest cu mastic colmatat	rest de colma-	rest de colmatat

Tabelul D.5.

Date privind decolmatarea rosturilor și lucrările de remediere efectuate pe sectoarele de drumuri naționale studiate.

Sectorul Lă. P.O.S.K.M.	Anul	Colmatarea rosturilor, ml	Costuri ml	Decolmatare pe cil/km drum	din valoarea totală tă întreținere parte caros.	
6 366...395	1969	30000				
	1970	72000				
	1971	60000				
	1972	30000				
	1973	59000				
	1974					
	febr.		68000	1510		
Total		105000			63 %	
68A 11...78	1969	-				
	1970	42400				
	1971	33000				
	1972	48100				
	1973	60600				
	1974					
	febr.		41200	660		
Total		184100			65,3 %	

## BIBLIOGRAFIE

reforitoare la partea a III-a - Defecțiuni ale înbrăcămintelor rutiere din beton de ciment.

1. x x x - Aditivi pentru betoane. Concrete, 1, ianuarie 1968, S.J.S., p. 39-44, (traducere în limbină în Utilizarea aditivilor în mortar și betoane, alegere de traduceri I.O.T.-I.G.D.T. 1969 București)
2. Avram, C., Fărcașoru, I., Filimon, I., Șirgu, C., Tooteș, I., - rezistențele și deformațiile betonului București Editura Tehnică, 1971.
3. Avram, C., Voine, M.I., Șirgu, C., Mănescu, C., Venoth, I., Beheleanu, Gh., Nicorac, L., - Aplicarea tehnologiei revizării la executarea înbrăcămintelor rutiere din beton de ciment revista transporturilor, 10, nr.11, noiembrie 1969, București, p. 512-517.
4. Belkovski, S.V. Inamăntarea defecțiilor datorite variațiilor de temperatură la executarea înbrăcămintelor auto drumuri. Stroitelstvo i Arhitektura, nr.6, noiembrie 1962, p.106 - 114, (traducere în limbină în Construcția și întreținerea drumurilor și podurilor. Căi selectiv nr. 6, 1963, I.O.T. București).
5. Bertlier, J. Necesitatea înbrăcămintelor rutiere. (traducere din limba franceză, C.O.T.T. București)
6. Blumel, Spragenschmid Grundlagen und Praxis der Herstellung und Überwachung von Luftporenbeton. Part 1, 1 - ev Symposium Europees sur les revêtements Betons, July 1969.
7. Blumenfeld, Th., Munteanu, V., Ionescu Beiteriu, D., Șivulacu, D. Întreținerea și consolidarea înbrăcămintelor asfaltice, executare, executare în exploatare și asigurări pentru îmbunătățirea calității, creșterea rezistenței



- și scăderea costului de întreținere. A III-ea Conferință de drumuri lași. Ediție C.N.I.T.-M.T.F.C. Institutul Politehnic George Asachi, 1973).
8. X X X - Chaussées en beton de ciment. XIV-e Congrès Mondial Prague 1971 (Rapport N.F.d'Allemagne, I.F. Allemande, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Grand-Bretagne, Finlande, France, Inde, Italie, Japon, Pologne, Suisse, Tchécoslovaquie, U.R.S.S., Yougoslavie).
9. Chisvella, S.M. Aditivi pentru beton. Travaux publics et entreprises, nr. 72, noiembrie 1968, p. 1-16. (-traducere în limba română în Utilizarea aditivilor în mortare și betoane. Culegere de traduceri I.D.T.-I.C.D.T. București).
10. X.X.X - Construcția drumurilor de beton în California. Brüche und Stresse, J.F. 3. 20 nr. 8, 1968, p. 225-230 (traducere în limba română E.C.P.-C.D.P.F., 1968, ucurești).
11. Jecus, I., Jecan, I., Tomancou, I. Istoria rutiere. Exemple de calcul București. Editura Pedagogică și Didactică, 1973.
12. X X X Date bibliografice despre principalele edecuri. Revue des Matériaux de Construction et de Travaux Publics, nr. 626-627, noiembrie-decembrie 1967, Franța, p. 401-420. (traducere în limba română în Utilizarea aditivilor în mortare și betoane, Culegere de traduceri I.D.T.-I.C.D.T. 1969 București).
13. X X X Degradările, repararea și modernizarea drumurilor de beton. Treckenbau - Technik, nr. 4, 1971, J.F. 8. p. 25-220. (prezentare în limba română în M.I.D.-Construcții inginerești nr. 10, 1971 București).
14. X X X Extracte din raportul general întocmit de dr. ing. Herbert Schnecke la Congresul XIII, 1967. Culegere de comentarii-Sisteme rutiere rigide București- M.C.T.-C.L.P.F., 1968.
15. X.X X Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen S.V. Merkblatt über Strassenhaftigkeit und Verkehrssicherheit bei Nässe, KStA, 1968, (-traducere în limba română M.T.F.C.-C.D.P.F. 1972).

16. Ciugă, G., Băbeș, C. Utilizarea rășinilor epoxidice la repararea degradărilor înbrăcăniților rutiere din beton.
17. Gecovet, C. Folosirea ebestului la repararea înbrăcăniților din beton de ciment. *Automobilne docoži*, nr. 1, 1964, p. 17-18. (-traducere în limba română în C.I.D.P. Caiet Selectiv nr. 6, 1964, I.L.F. București).
18. Grdin, G. Cunoștințe și rezultate practice obținute la utilizarea adsoacurilor chimice la betoane. *Držke und stroje*, 20, nr. 1, ianuarie 1960, t. F. S. p. 16-22. (-traducere în limba română în Utilizarea editivilor în mortare și betoane, culegere de traduceri I. S. C. I. S. S. R. 1960 București).
19. Iepureanu, A., Băbeș, C., Ionescu, S. Înaltățirea coeziunii betoanelor de ciment rutiere prin editivarea cu E. S. C. I. S. S. R. Sesiune de comunicări, mai 1973 București, lucrările Secțiunii IV, comunicarea 36).
20. Iepureanu, A., Băbeș, C., Virlean, I., Ionescu, S. Utilizarea cimenturilor rutiere fabricate în țara noastră la executarea înbrăcăniților din beton de ciment. I. S. C. I. S. S. R. Sesiune de comunicări, mai 1973, București, lucrările Secțiunii IV, Comunicarea 35).
21. x x x Instrucțiuni pentru dimensionarea sistemelor rutiere. București I. S. C. T., 1973.
22. James, J. G. Rășini epoxidice folosite ca lianți pentru înbrăcăniți rutiere și înbrăcăniți pe poduri, o trecere în revistă a situației actuale. *roads and road Construction*, 41, nr. 488, aug. 1963, p. 236-243. (traducere în limba română în C.I.D.P. Caiet selectiv nr. 6, 1964, I.L.F. București).
23. Jeuffroy, J. Conception et construction des chaussées. Paris, Eyrolles Editeur, 1967, tome II, p. 345-418.
24. Jeuffroy, J., Essai de A. A. A. A. A. Rapport Nr. 5. Paris, Bulletin de liaison des laboratoires routiers - Spécial S. M. T. F. T. - C. C. P. C., mai 1966, p. 153-272.
25. Jeuffroy, J., Borthier, J., Lucot, J. G. S. J. Connaissance. Paris, Bulletin de liaison de L. K. P. C., Spécial P. L. C. P. C. novembre 1966.

26. Kloss, D. Reparații șoselelor de beton. Strasse und Autobahn, nr. 7, iul. 1962, r.F.U.p. 240-243, (-traducere în limba română în C.I.C.F. Caiet colectiv, nr. 6, 1963, I.B.F. București)
27. Lege, Ph - 21 ani des chaussées. revue Générale routes Aérodrômes, fasc. 4, mai 1970, p. 1-3, (traducere în limba română în informații tehnice - Drumuri, nr. 4, 1971, editura I.I.-C.D. S.F.).
28. x x x Les chaussées en béton recis, legs Groupe des techniques routières - A.S. S.F., 1968.
29. della Libera, G. Effetti della neve e del gelo sulle strutture stradali in conglomerato cementizio. Le strade, nr. 2 febr. 1972, p. 86-96, -(prezentat în limba română în I.I. Drumuri pentru nr. 12, 1972).
30. Lindsay, D. Observații asupra fisurilor în îmbrăcămintele din beton de ciment. A crican Concrete Institute special publication nr. 20, 1968, p. 15-177, (-traducere în limba română M.C.F.-C.D. S.F.T., 1970, București).
31. x x x Lucrări de drumuri. Dimensionarea sistemelor rutiere. Principii fundamentale. (I.I. 1973)-68.
32. x x x Lucrări de drumuri. Îmbrăcămintă din beton de ciment. I.I. 1973.
33. x x x Lucrări de drumuri. Capacitatea îmbrăcămintelor rutiere. Metode de măsurare și vitezele limită. I.I. 1973.
34. Sutoanu, V. Controlul execuției îmbrăcămintelor asfaltice și de beton de ciment pe șantiere. Material redactat pentru reciclarea inginerilor lucrări și I.I. S.F. S.F. 1970.
35. Hemesdy, S. Itak és autópályák pályaszervezése. Budapest, Műszaki Könyvtudó, 1971 p. 451-542.
36. Nicoră, L. Lespre unele defecțiuni ale îmbrăcămintelor rutiere din beton de ciment. Material produs la Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, metode de beton și ciment, 1973.

37. Nicossă, L. Construcția drumurilor Elemente de proiectare Timișoara Editura Institutului Politehnic "Traian Vuia" 1971.
38. Nicossă, L. Curs de construcția drumurilor. Suprastructură. Predat la Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, Secția Căi ferate, drumuri și poduri, 1973-1974.
39. Nicolescu, I. Determinarea tendinței de fisurare a cimentului, betonului, mortarelor și mol-cimentului, datorită contracției hidraulice București IIL-Drumuri-material documentar, nr.2, 1972.
40. Popovici Măndoc. Ce trebuie să știe un inginer despre natura aditivilor. Concrete, 7 Iulie 1960, S.U.A. p.272-277, (-traducere în limba română în utilizarea aditivilor în mortare și betoane, culegere de traduceri București IIL-DRUMURI, 1969).
41. x x x Progrese în construcția de drumuri și poduri București C.C.F.T., anul 1970 - 1971.
42. x x x raportul Japoniei la problema nr.4- Sisteme rutiere rigide - dale de beton, tesuturi și materiale prezentat la Congresul Mondial de Drumuri, Tokio, 1967. Culegere documentară- sisteme rutiere rigide București IIL-DRUMURI, 1968.
43. x x x Rapport- Comité des routes en beton. XIV<sup>e</sup> congrès Mondial Regue 1971 Paris, Association Internationale éminente des Congrès de la route, 1971.
44. x x x Specificații privind consolidarea îmbinărilor din beton de ciment cu bitum asfaltic. U.S.A., The Asphalt Institute, 1966 (-traducere în limba română în editura C.C.F.T.-C.D.P.F. București, 1970).
45. Stepos, Al. Indrumător pentru utilizarea cimenturilor în construcția București Editura Tehnică 1967.

46. Stepop, A. Indrumător pentru laboratorul de teste al șantierului București. Editura Tehnică, 1972.
47. Steit, J. Handbuch des Beton- und Eisenbetons. 13. Aufl. Berlin, Bauverlag, G.m.b.H.
48. Turcu, I. Metode noi de întreținere a drumurilor. Studiu de sinteză. București, Editura M.C.P.-C.D.P.P. 1967, p.37-52.
49. Williams, J.I.T. Structuri subțiri de beton aplicate pe fundațiuni de beton existente. Road and Road Construction, 37, nr.439 iul.1959, (=prezentare în limba română în C.I.D.P. Caiet selectiv nr.1, 1961, I.I. București).
50. Rena, J. Rapport General - Question III Chaussees en beton de ciment. XIV.-e Congrès Mondial Reque 1971 Paris, Association Internationale permanente des Congrès de la route, 1971.
51. Zellinger, J. Infrastructuri rezistente la uzură, pe bază de beton. Revue un strasse, nr.6 iun.1963, p.264-268, (traducere în limba română în C.I.D.P. Caiet selectiv nr.1, 1964, I.D.P. București).

52. Filimon Jean Curs de beton armat. <sup>Tipăritură</sup> <sup>Politehnica</sup> <sup>Trăia</sup> <sup>Terminarea</sup>  
1971.
53. Filimon Jean Curs de beton armat. Partea a III-a.  
Elemente de construcții din beton stăpânit armat în construcții masive.  
Procedura de fabricație de stăpânit de beton și  
pedagogică 1962.

**TABLA DE MATERII**

	<b>pagina</b>
<b>PARTEA A TREIA - <u>DEFECTIUNILE ALE ÎMBRĂCĂMIŢILOR</u></b>	
<b><u>PUTIERE DIN BETON DE CIMENT</u></b>	<b>311</b>
<b>CAPITOLUL VII. - <u>DEZAVANTAJEA CONSTRUCŢIILOR DE ZIDURII</u></b>	
<b><u>CU ÎMBRĂCĂMIŢI DIN BETON DE CIMENT</u></b>	<b>312</b>
<b>1. <u>RETEAUA MONDIALĂ DE ZIDURII CU ÎMBRĂCĂMIŢI DIN</u></b>	
<b><u>BETON DE CIMENT</u></b>	<b>312</b>
<b>2. <u>AVANTAJE ŞI DEZAVANTAJE ALE SISTEMELOR PUTIERE</u></b>	
<b><u>RIGIDE. STUDIU EFECTUAT ÎN REPUBLICA LAUSANNE</u></b>	
<b><u>TOARE DE ZIDURII NAŢIONALE DIN JAZA D.D.P.</u></b>	
<b><u>TIMBOARA</u></b>	<b>316</b>
<b><u>2.1. <u>Secţiunea de cercuri naţionale studiate</u></u></b>	<b>316</b>
<b><u>2.2. <u>Observaţii privind eficienţa sistemelor</u></u></b>	
<b><u>putiere rigide</u></b>	<b>317</b>
<b><u>2.3. <u>Concluzii privind avantajele şi dezavan-</u></u></b>	
<b><u>tajele îmbrăcămişilor putiere din beton</u></b>	
<b><u>de ciment.</u></b>	<b>324</b>
<b>Capitolul VIII. - <u>PROGRESUL ÎN ÎMBRĂCĂMIŢI</u></b>	
<b><u>EXECUŢIA ŞI ÎMBRĂCĂMIŢIA</u></b>	
<b><u>PUTIERILOR DIN BETON DE CIMENT</u></b>	<b>325</b>
<b>1. <u>PARTICULARITĂŢI ALE COMPOZIŢIEI BETONULUI POCOSIT</u></b>	
<b><u>LA EXECUŢIA ÎMBRĂCĂMIŢILOR PUTIERE</u></b>	<b>326</b>
<b>2. <u>TEHNOLOGII DE EXECUŢIE ŞI SOLUŢII NOI DE REALIZA-</u></b>	
<b><u>REA ÎMBRĂCĂMIŢILOR PUTIERE DIN BETON DE CIMENT</u></b>	<b>327</b>
<b><u>2.1. <u>Realizarea straturilor putiere din beton</u></u></b>	
<b><u>de ciment cu cimentul caldului cimentat</u></b>	<b>327</b>
<b><u>2.2. <u>Tehnologia realizării betonului în serie</u></u></b>	
<b><u>de ciment la executarea îmbrăcămişilor</u></b>	
<b><u>putiere</u></b>	<b>329</b>
<b><u>2.3. <u>Realizarea costurilor de costuri, de distribu-</u></u></b>	
<b><u>ţie şi de contracţie.</u></b>	<b>330</b>

2.4. <u>Imbrăcămintă din beton de ciment armat și armată precomprimată.</u>	354 000
2.5. <u>Procedee în activitatea de întreținere și reparații ale imbrăcămintilor cutiere din beton de ciment</u>	363 000
<b>Capitolul IX. - <u>STUDIUL DEFECȚIUNILOR IMBRĂCĂMIILOR DE BETON DIN BETON DE CIMENT ARMAT ȘI PRECOMPRIMAT ÎN CĂMINUL DE CĂMIN.</u></b>	366 000
<b>1. CAUZELE GENERALE ALE ÎNDOCIRII PĂRȚII CĂMINULUI</b>	366 000
1.1. <u>Clasificarea defecțiunilor imbrăcămintilor cutiere din beton de ciment.</u>	366 000
1.2. <u>Solicitări asupra imbrăcămintilor cutiere din beton de ciment</u>	368 000
1.2.1. Alătuirea sistemelor cutiere rigide	369 000
1.2.2. Solicitări provenite din circulația autovehiculelor.	376 000
1.2.3. Solicitări provocate de variațiile de temperatură.	379 000
1.3. <u>Imbrăcămintă elastică a lucrărilor</u>	388 000
<b>2. PRINCIPALELE DEFECȚIUNI ALE IMBRĂCĂMIILOR CUTIERE DE BETON DE CIMENT</b>	403 000
2.1. <u>Defecțiuni ale suprafeței de rulare.</u>	403 000
2.1.1. Exfolierea (decojirea) suprafeței de rulare.	403 000
2.1.2. Suprafață pufuită.	417 000
2.1.3. Răgoase longitudinale	414 000
2.1.4. Onduleții în profilul în lung	416 000
2.1.5. Căderea chimică a betonului	431 000
2.2. <u>Defecțiuni ale structurii de la de beton</u>	433 000
2.2.1. Aspecte generale	433 000
2.2.2. Fisuri și crăpături transversale	446 000
2.2.3. Fisuri și crăpături longitudinale	453 000

2.2.4. Fisuri și crăpături diagonale	455
2.2.5. Fisuri și crăpături de colț	456
2.2.6. Fisuri și crăpături multidirecționale	458
2.2.7. Fisurări	460
2.2.8. Ruperi de muchii la dale	463
2.2.9. Ruperi de margine la costuri	465
2.2.10. Scopi	467
2.2.11. Distrugerea totală a dalei	469
<b>2.3. Defecțiuni ale intr. cimentii rutiere cauzate de pierderea stabilității dalelor de beton</b>	485
2.3.1. Tăcări la dale	485
2.3.2. Fenomenul de "pompej"	487
2.3.3. Lăncoarea dalei	493
<b>2.4. Defecțiuni la costuri de contact, de contractie și de dilatație.</b>	493
2.4.1. Decolmarea costurilor	496
2.4.2. Explorarea în exces a costurilor cu materiale de colmatare	502
2.4.3. Blocarea (rigidizarea) costurilor	504
<b>2.5. Defecțiuni ale armăturilor metalice</b>	504
2.5.1. Coroziunea armăturilor	504
2.5.2. Blocarea gârlonilor	505
<b>2.6. Concluzii</b>	507
<b>Tabelele anexa</b>	514
<b>Bibliografie referitoare la partea a III-a -Defecțiuni ale învelișurilor rutiere din beton de ciment.</b>	542
<b>Tabela de materii.</b>	548