

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA
BIBLIOTECA CENTRALĂ

Nr. Inv. _____

Dulap 369 Lit. A

ATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA
UNIVERSITATEA DE HIDROTEHNICĂ
ȘI ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCiare

POPESCU L. DANIELA

UTILIZAREA BETONULUI FIBRAT ÎN LUCRĂRI DE ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCiare

— Teză de doctorat —

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

CONDUCĂTOR ȘTIINTIFIC

Prof. Dr. Ing. ANDREI WEHRY

Membru Corespondent al A. S. A. S.

— 2000 —

	pag.
CAP. I GENERALITĂȚI	
I.1 Caracteristicile betonului clasic și cerințe pentru viitor	1
I.2 Posibilitatea realizării unor noi tipuri de betoane cu o largă utilizare în construcții	2
I.3 Obiectul tezei de doctorat	5
CAP. II PREFABRICATE ÎN LUCRĂRI DE ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCiare	
II.1 Generalități	6
II.2 Canale și conducte	8
II.3 Elemente de alcătuire a tuburilor PREMO	10
II.4 Dale	12
II.5 Jghiaburi	14
II.6 Ziduri de sprijin	16
II.7 Cămine de vizitare	17
II.8 Podețe	18
II.9 Stăvilare	20
II.10 Grătare pentru canale	22
II.11 Reabilitarea unor lucrări de beton armat	22
CAP. III MATERIALELE BETOANELOR SPECIALE	
III.1 Fibrele din fontă amorfă	24
III.2 Fibrele de sticlă	24
III.3 Fibrele metalice	25
III.4 Liantul	26
III.5 Agregate naturale grele	27
III.6 Agregate ușoare din poliuretan rigid	28
III.7 Apa	28
III.8 Aditivii	28
CAP. IV BETONUL ARMAT CU FIBRE DIN FONTĂ AMORFĂ	
IV.1 Betonul armat cu fibre	31
IV.2 Criterii de rezistență	39
IV.2.1 Morfologia materialului	40

	IV.2.2 Caracterizarea c�mportării anizotrope a materialului	42
	IV.2.3 Criterii de rezistență	43
IV.3	Caracteristicile betonului fibrat	44
	IV.3.1 Tipul de epruvete	44
	IV.3.2 Geometria epruvetelor	44
	IV.3.3 Tipul de încărcare	45
	IV.3.4 Răspunsul compozitului	45
IV.4	Diagrama $\sigma - \epsilon$ obținută pe epruvete supuse la încovoiere	46
IV.5	Compararea energiilor de deformație	47
CAP. V	DETERMINĂRI EXPERIMENTALE	
V.1	Programul de determinări fizico-mecanice pe epruvete	50
V.2	Determinări conform programului de experimentări pe epruvete	51
	V.2.1 Determinări asupra liantului	51
	V.2.2 Particularități ale fibrelor din fontă amorfă folosite	51
	V.2.3 Confeccionarea tiparelor	52
	V.2.4 Confeccionarea epruvetelor	53
	V.2.5 Încercarea epruvetelor	54
	V.2.6 Determinarea gradului de impermeabilitate	58
CAP. VI	CALCULUL ELEMENTELOR REALIZATE DIN BETON ARMAT CU FIBRE DIN FONTĂ AMORFĂ	
VI.1	Relația între fibră și matrice	65
	VI.1.1 Lungimea fibrelor	65
	VI.1.2 Influența raportului lungime/diametru	67
	VI.1.3 Influența intervalului dintre fibre	68
VI.2	Identificarea metodologiei de calcul	70
VI.3	Dimensionarea elementelor solicitate la încovoiere dreaptă și întindere centrică	72
CAP.VII	PREFABRICATE ARMATE SAU CONSOLIDATE CU FIBRE	
VII.1	Generalități	77
VII.2	Elemente liniare	77
VII.3	Elemente de suprafață	81
	VII.3.1 Dale nervurate pentru sistemele de irigații	81

VII.3.1.1	Generalități	81
VII.3.1.2	Realizarea dalelor	81
VII.3.1.3	Determinări experimentale asupra dalelor	84
VII.3.1.4	Impermeabilizarea rosturilor	87
VII.3.1.5	Concluzii	87
VII.3.2	Plăci plane armate spațial	88
VII.3.2.1	Generalități	88
VII.3.2.2	Determinarea eforturilor	90
VII.3.2.3	Dimensionarea și alcătuirea	91
VII.3.2.4	Tehnologia de execuție	94
VII.3.2.5	Determinări experimentale	95
VII.3.2.6	Concluzii	97
VII.3.3	Plăci plane din beton fibrat, termorezistente	98
VII.3.3.1	Agregatele din spumă poliuretanică rigidă	99
VII.3.3.2	Tehnologia de încorporare	100
VII.3.3.3	Confecționarea epruvetelor pentru determinări fizico-mecanice	102
VII.3.3.4	Determinări experimentale	105
VII.3.3.5	Plăci plane prefabricate	110
VII.3.3.6	Concluzii	111
VII.3.4	Jghiaburi pentru sistemele de irigații	113
VII.3.4.1	Generalități	113
VII.3.4.2	Realizarea jghiaburilor	113
VII.3.4.3	Determinări experimentale asupra jghiaburilor	115
VII.3.4.4	Îmbinarea jghiaburilor	117
VII.3.4.5	Calculul hidraulic	118
VII.3.4.6	Concluzii	122
VII.4	Calcul economic	123
VII.4.1	Considerații generale	123
VII.4.2	Calcul comparativ al eficienței economice	124
VII.4.2.1	Consumul de manoperă	124
VII.4.2.2	Consumul de materiale	125

	VII.4.2.3 Energia înglobată	125
	VII.4.2.4 Concluzii privind eficiența economică	127
CAP. VIII	RECOMANDĂRI PRIVIND UTILIZAREA BETONULUI ARMAT CU FIBRE DIN FONTĂ AMORFĂ	
	VIII.1 Generalități și domenii de aplicare	128
	VIII.2 Materiale componente și utilaje necesare	129
	VIII.3 Proprietăți fizico-mecanice	131
	VIII.4 Tehnologia de confecționare	131
	VIII.5 Măsuri de protecția muncii	132
CAP. IX	CONCLUZII, CONTRIBUȚII, RECOMANDĂRI	133
	BIBLIOGRAFIE	154
	ANEXE	

CAP. I GENERALITĂȚI

I.1 Caracteristicile betonului clasic și cerințe pentru viitor

Betonul obișnuit, clasic, sau betonul simplu, reprezintă, de multe decenii, principalul material de construcție, folosit, în general, în structuri în asociere cu oțelul. Această dezvoltare a producției de beton se datorește avantajelor pe care le posedă, dintre care se amintesc folosirea materialelor locale naturale, rezistență la compresiune și durabilitate mari, ușoară adaptabilitate la diferite forme, procedee relativ simple de punere în operă și altele.

Studiile de prognoză arată că betonul armat obișnuit va rămâne și în continuare principalul material de construcții, cu o pondere din ce în ce mai mare față de celelalte materiale.

Menținerea competitivității betonului clasic sau "convențional" trebuie să reprezinte o preocupare continuă în domeniu, urmărindu-se diminuarea sau chiar eliminarea deficiențelor lui, dintre care se amintesc :

-densitatea aparentă mare, atât în valoare absolută (2500 kg/m^3), cât și în raport cu rezistența la compresiune, respectiv întindere, exprimate prin indicele de calitate (I_c),

$$I_c = \frac{R_c}{\rho_a} \text{ sau } \frac{R_t}{\rho_a}$$

-rezistența mică la întindere comparativ cu rezistența la compresiune ($1/10 \dots 1/20$), exprimată sintetic prin indicele de rezistență relativă (I_r),

$$I_r = \frac{R_t}{R_c}$$

-conductivitate termică și fonică ridicate și altele.

Menținerea competitivității betonului ca unul din principalele materiale de construcții trebuie făcută pe două căi și anume :

-îmbunătățirea performanțelor materialului obișnuit, având ca rezultat realizarea unor betoane de înaltă rezistență și a unor betoane speciale, pentru domenii specifice de folosire;

-crearea de noi tipuri de betoane, cu proprietăți fizico-mecanice sau chimice deosebite, precum betoanele ușoare, betoanele cu armare dispersă și betoanele cu polimeri.

În acest context, al eliminării neajunsurilor betonului clasic, se înscrie și posibilitatea folosirii fibrelor din fontă, în stare amorfă, obținute prin răcire ultrarapidă a topiturilor (cunoscute și sub numele de sticlă metalică) pentru armarea (fibrarea) betonului, precum și crearea de noi tipuri de betoane foarte ușoare.

1.2. Posibilitatea realizării unor noi tipuri de betoane cu o largă utilizare în construcții

Realizarea unor noi tipuri de betoane implică cunoașterea betonului clasic, obișnuit. Acesta este un material de construcție artificial, obținut după întărirea unui amestec de ciment, apă, agregate și diferite adaosuri, în proporții bine definite. În literatura de specialitate, piatra de ciment este denumită "matrice", reprezentând faza continuă, iar agregatele reprezintă faza dispersată. Datorită structurii sale mixte, betonul este eterogen și anizotrop, cu deformații de natură elastică, vâscoasă și plastică. Proprietățile lui fizico-mecanice sunt dependente de proprietățile constituenților, de conlucrarea dintre ele, de modul de fabricare și punere în operă, de domeniile de folosire și altele.

Dezavantajele cunoscute ale betonului obișnuit pot fi în mare parte eliminate prin realizarea unor betoane de înaltă rezistență, impermeabilizarea prin compoziție sau măsuri constructive, folosirea precomprimării și a prefabricării, utilizarea agregatelor ușoare, a cimenturilor speciale, a aditivilor, a fibrelor de diferite tipuri, singulare

sau în asociere între ele sau cu oțelul. Un parametru important în definirea caracteristicilor fizico - mecanice ale betonului este și densitatea aparentă, > 2500 kg/m³ pentru betoane foarte grele, 2200 – 2500 kg/m³ pentru betoane grele, 1700 - 2200 kg/m³ pentru betoane semigrele, 1000 - 1700 kg/m³ pentru betoane ușoare și < 1000 kg/m³ pentru betoane foarte ușoare. Recomandările CEB – FIP definesc prin beton obișnuit, betonul având densitatea aparentă cuprinsă între 2000 și 2800kg/m³. Clasele de beton obișnuit pentru elemente de construcții sunt Bc 3,5 ; Bc5; Bc 7,5 ; Bc 10 ; Bc 15 ; Bc 20 ; Bc 25 ; Bc 30 ; Bc 35; Bc 40 ; Bc 50 și Bc 60.

Pe lângă betoanele speciale cunoscute este de reținut că, prin îmbunătățirea caracteristicilor constituienților și a relației dintre ele, se pot aduce contribuții pentru îmbunătățirea celor existente și se pot crea altele noi. În atenție sunt betoanele ușoare sau foarte ușoare, betoanele hidrotehnice, betoanele rutiere, betoanele antiacide, betoanele rezistente la temperaturi înalte, betoanele de mare rezistență, betoanele fibrante, betoanele decorative și altele.

Betoanele armate cu fibre scurte, lungi sau țesături sunt denumite betoane cu armare dispersă respectiv cu armare dirijată. Se pot utiliza fibre de sticlă, oțel, fontă amorfă, polimeri și altele.

Betoanele armate cu fibre rezultă prin înglobarea în masa betonului a unei anumite cantități de fibre. Se folosesc lianți hidraulici, agregate grele sau ușoare cu diametrul ≤ 12 mm, apă și aditivi.

Idea armării cu fibre a unor materiale de construcții, în scopul dobândirii unor calități superioare, este cunoscută din cele mai vechi timpuri, astfel de pildă paiele tocate s-au utilizat la armarea cărămidilor nearse și altele. Dar, în acest sens, în primul rând, natura însăși oferă exemple de materiale fibrante natural, cum sunt lemnul, bumbacul, țesăturile musculare la om și altele. Dintre materialele fibrante artificial se relevă azbocimentul și masele plastice armate cu fibre de sticlă.

Adaosurile de fibre în betonul simplu sau betonul armat cu oțel oferă un mijloc convenabil și practic de a obține îmbunătățiri ale proprietăților fizico-mecanice ale materialului, în special rezistența de

rupere, la șoc, oboseală, încovoieră și altele. Se pot utiliza fibre de sticlă, de fontă, de oțel, de carbon, de polipropilenă și altele, în mod individual sau în asociere între ele.

Betonul armat cu fibre are proprietăți intermediare între azbociment și masele plastice armate cu fibre de sticlă, eliminându-se principalele deficiențe ale acestor materiale.

Studiile și cercetările în domeniul betoanelor armate cu fibre sunt determinate de următoarele necesități : reducerea sau chiar eliminarea consumului de oțel din unele elemente de beton armat, reducerea greutateii elementelor și a construcțiilor, realizarea unui material cât mai omogen atât din punct de vedere al fibrării cât și al rezistențelor mecanice. Sub acest aspect, în prezentele cercetări, a fost abordată realizarea betonului armat cu fibre din fontă amorfă, cu certe posibilități de a obține un nou material compozit cu largi posibilități de aplicare. În general, betoanele fibrante diferă de betoanele convenționale și prin aceea că folosesc o cantitate mai mare de ciment ($350 \dots 500 \text{ kg/m}^3$), un conținut redus de agregat mare ($350 \dots 750 \text{ kg/m}^3$) cu dimensiunea granulelor $\leq 12 \text{ mm}$. Conținutul volumic de fibre variază între $0.3 \dots 5 \%$

În prezenta lucrare se urmărește și realizarea unor betoane foarte ușoare, densitatea aparentă sub 800 kg/m^3 , armate cu fibre de fontă în volum sau pe contur cu foarte bune caracteristici de izolare termică, destinate remedierii confortului termic în unele construcții precum și în proiectare. Agregatele folosite sunt de poliuretan rigid, cu densitatea aparentă de $80-100 \text{ kg/m}^3$ măcinat la dimensiuni ale granulelor $\leq 12 \text{ mm}$.

Alegerea materialului de construcție este un factor hotărâtor pentru calitatea construcțiilor și se face pe baza unui studiu al criteriilor tehnico-economice, de durabilitate, de confort, estetice, etc. Prin noile materiale dezavantajele betonului clasic, în mare măsură, pot fi eliminate realizând betoane de înaltă rezistență, cu proprietăți fizico-mecanice îmbunătățite, betoane foarte ușoare, betoane fibrante cu fibre din fontă amorfă, sticlă, oțel și altele, cu remarcabile calități termo-fono-hidroizolatoare.

Betonul armat cu fibre din fontă amorfă, precum și betoanele foarte ușoare pot fi folosite în cele mai diferite domenii:

- construcții pentru căi de comunicații: drumuri, poduri, podete, canale, tuneluri, ziduri de sprijin;
- clădiri civile: clădiri de locuit, administrative;
- construcții în lucrări de îmbunătățiri funciare;
- construcții hidrotehnice: baraje, lucrări portuare și de navigație;
- consolidarea –reabilitarea unor elemente de construcții sau construcții;
- asocierea diferențiată a betonului armat clasic cu betonul fibrat, în anumite elemente de construcții prefabricate sau monolite.

1.3 Obiectul tezei de doctorat

Teza de doctorat își propune să pună în evidență posibilitatea realizării și folosirii unor noi tipuri de betoane în construcții. Se are în vedere utilizarea fibrelor de fontă singulare sau în asociere cu fibre de sticlă și armături obișnuite din oțel în realizarea betonului armat monolit sau prefabricat.

În lucrare sunt tratate elemente prefabricate destinate lucrărilor din sistemele de irigații din agricultură, betonul foarte ușor, elemente de calcul pentru betonul armat cu fibre din fontă amorfă.

Utilizarea asociată a fibrelor cu armătura obișnuită din oțel deschide noi posibilități de investigație, urmărind creșterea performanțelor betonului armat.

CAP. II. PREFABRICATE ÎN LUCRĂRI DE ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCiare

II.1. Generalități

În cadrul amenajărilor de îmbunătățiri funciare, după terasamente, lucrările de beton ocupă al doilea loc ca volume și costuri. Betonul clasic, sau betonul obișnuit, cunoscut de aproape 2000 de ani, iar în forma lui de azi, de peste 100 de ani, are o poziție bine stabilită ca material de construcție. Betonul clasic, sau "betonul convențional" este folosit în asociere cu oțelul sub denumirea de beton armat în general în structuri de rezistență.

O parte din lucrările de beton se execută din prefabricate, pentru construcțiile cu volume mici, iar altele se execută monolit.

Elementele prefabricate ale construcțiilor hidrotehnice se pot clasifica după funcția ce o îndeplinesc, astfel de rezistență, de etanșare, de umplutură, etc.; după rolul pe care îl are construcția în schema hidrotehnică pentru transportul apei, pentru dirijarea și controlul ei, de siguranță, de racordarea biefurilor, stații de pompare, sau după structura piesei fabricate.

În categoria lucrărilor cu volume mari sunt cuprinse stații de pompare sau de repompare, noduri hidrotehnice de distribuție, etc. Aceste lucrări se execută de regulă în chesoane închise sau deschise, ceea ce implică volume mari de beton.

În categoria lucrărilor cu volume mici intră lucrările de artă pe rețea, podețe, podețe-stăvilare, stăvilare tubulare, cămine, masive de ancoraj, dale prefabricate, etc.

Prefabricatele pentru lucrările hidrotehnice se diferențiază de celelalte elemente folosite în sectorul de construcții-montaj în ceea ce privește realizarea asamblării și îmbinării elementelor.

Dacă la construcțiile civile sau industriale îmbinările dintre elementele prefabricate trebuie să asigure rezistența și stabilitatea

ansamblului, în construcțiile hidrotehnice această legătură trebuie să fie în marea majoritate a cazurilor etanșă. Un rol deosebit în realizarea unor îmbinări eficiente între prefabricatele din beton îl vor juca materialele din polimeri și în special rășinile epoxidice, care pot asigura etanșeități și rezistențe ridicate, având în același timp un grad înalt de elasticitate.

Prefabricatele utilizate în lucrările de îmbunătățiri funciare sunt realizate de regulă din beton simplu, beton armat, beton precomprimat și mai rar din alte materiale. Totuși, mai nou își fac loc și prefabricatele realizate din materiale compozite, din beton armat cu diferite tipuri de fibre. Clasa minimă a betonului este $B_c 12$ la elemente prefabricate din beton, $B_c 20$ la elemente prefabricate din beton armat, $B_c 30$ la elemente prefabricate de beton precomprimat.

Lucrările de îmbunătățiri funciare pot fi executate îngropate, de suprafață sau aeriene. În funcție de destinația lor, ele pot fi supuse sau nu acțiunii apei. Localizarea lor în teren precum și destinația lor determină alegerea celor mai potrivite soluții constructive precum și materialele de bază : betonul, oțelul, cărămida, piatra, lemnul și altele.

Utilizarea soluțiilor prefabricate în realizarea unor lucrări de construcții este determinată de avantajele tehnico-economice pe care le prezintă față de soluțiile monolite, și anume :

- se pretează pentru tipizare; pentru folosirea mecanizării;
- se realizează economii de material lemnos;
- se elimină caracterul sezonier al industriei construcțiilor;
- se scurtează termenele de execuție a lucrărilor.

Între dezavantajele prefabricării se rețin următoarele :

- sunt diminuate continuitatea și rigiditatea structurilor;
- necesitatea dotării cu utilaje și dispozitive de ridicare;
- flexibilitatea funcțională este mai restrânsă.

Realizarea elementelor prefabricate poate urma două căi prefabricarea industrială (uzinală) și prefabricarea prin preturnare pe șantier, soluție utilizată când se execută elemente de serie mică.

Canalele și conductele sunt destinate transportului lichidelor sau gazelor, dacă transportul se face sub presiune se vor folosi conducte forțate, iar în celelalte cazuri conducte cu curgere liberă. Canalele se utilizează pentru transportul lichidelor cu scurgere liberă sau pentru pozarea unor rețele de conducte sau linii de transport, în aceste ultime cazuri ele având rol de protecție, vizitare și întreținere.

Canalele utilizate pentru montarea diverselor instalații pot fi nevizitabile, semivizitabile și vizitabile.

Canalele nevizitabile (fig.II.1) au un gabarit redus. Se execută în secțiune dreptunghiulară sau semicirculară din elemente prefabricate. Pentru acces la instalațiile pe care le protejează este necesar ca placa de acoperiș să se poată demonta și apoi remonta.

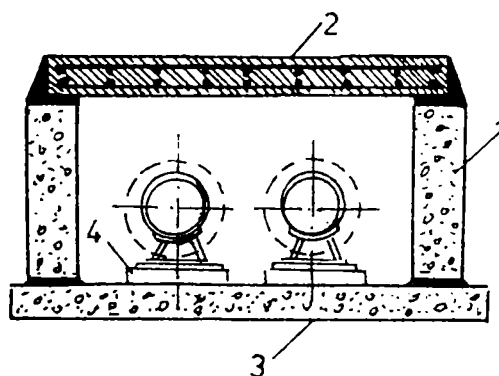


Fig.II.1.Canale nevizitabile:1-bloc din beton;2-placă de acoperiș din beton armat; 3-placă de fund;4-suport conductă

Canalele semivizitabile permit vizitarea și întreținerea precum și unele mici reparații fără a fi necesară îndepărtarea elementelor de acoperiș. Ele au gabarite mai mari comparativ cu cele nevizitabile și se pot executa din elemente prefabricate asemănătoare.

Canalele vizitabile sunt astfel realizate ca să permită întreținerea și repararea instalațiilor pe care le adăpostesc fără a fi necesară demontarea acoperișului. În (fig.II.2) sunt prezentate tipurile de elemente prefabricate utilizate pentru alcătuirea canalelor vizitabile, realizabile și din beton armat asociat cu fibre.

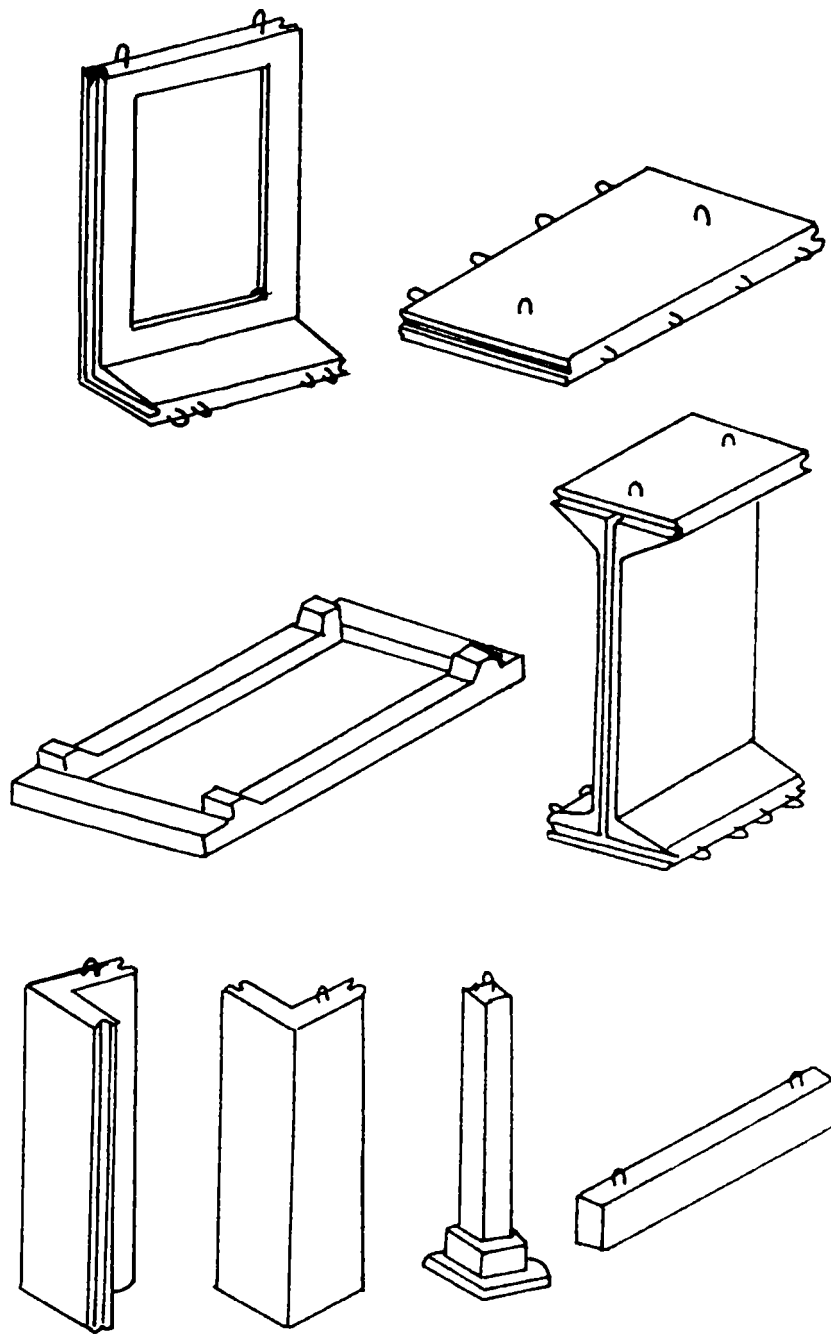


Fig.II.2. Elemente prefabricate pentru canale dreptunghiulare vizitabile

Conductele cu scurgere liberă pot fi executate deschise sau acoperite. Cele deschise se execută cu secțiunea trapezoidală, ovală sau dreptunghiulară. Canalele închise se execută cu secțiune în formă circulară, ovoidală sau dreptunghiulară, pretându-se în mare măsură la utilizarea elementelor prefabricate din beton armat.

Conductele forțate, utilizate la transportul lichidelor sub presiune se execută de regulă din beton precomprimat cu, sau fără, tub metalic din tablă de 1,5 ... 2 mm.

Canalele și conductele din beton armat sunt de obicei pozate în teren și de aceea se admite că ele sunt elemente de construcții sprijinite continuu, pe toată lungimea lor. În cazul traversării unor obstacole (râuri, drumuri, etc.) ele devin grinzi autoportante pe porțiunile respective. Sarcinile la care sunt solicitate conductele și canalele provin din greutatea proprie; greutatea lichidelor care se transportă, presiunea lichidelor sau al gazelor, presiunile pământului și ale apelor subterane, acțiunea suprasarcinilor și a tasării inegale ale terenului.

Canalele cu secțiune transversală, dreptunghiulară sau trapezoidală, deschise se calculează ca grinzi cotite, static determinate. Canalele închise se consideră cadre închise cu bara superioară încastrată sau dublu articulată, în funcție de soluția de execuție monolită sau prefabricată, și canalul nu mai poate fi descoperit. Canalele de formă semicirculară se calculează ca arce încastrate sau articulate în reazeme.

Canalele și conductele forțate de secțiune circulară se calculează la acțiunea sarcinilor din presiunea pământului, din acțiunea suprasolicitărilor și la presiunea apei. La acțiunea presiunii lichidului, conductele se consideră lucrând în stadiul de membrană, fiind solicitate la eforturi de întindere.

II.3. Elemente de alcătuire ale tuburilor PREMO

Tuburile din beton precomprimat sunt construite pentru presiuni de regim de 10 daN/cm^2 în care se includ și eventualele suprapresiuni. Nu este recomandabil să utilizăm tuburi premo pe terenuri alunecătoare sau mâloase.

Se realizează tuburi cu diametrul interior cuprins între 400 mm și 1500 mm. Îmbinarea tuburilor se face în poziție și urmărește realizarea

unei bune etanșeități. În acest scop se utilizează inele de cauciuc, presate și deformate între două porțiuni, una în interiorul mufei și cealaltă pe suprafața capătului fără mufă, delimitată într-o parte de profilul în relief, numite zone de blocare a garniturii.

Pentru racordarea diferitelor conducte cu alte diametre decât ale conductei principale și la nodurile de distribuție se utilizează piese de legătură din tablă de oțel sau din fontă. Aceste piese trebuie tratate atât în interior cât și în exterior împotriva coroziunii, prin straturi de hârtie și bitum.

Pantele minime vor fi de 0,001 în sens ascendent și de 0,002 în sens descendent pentru conductele premo cu diametre de 600-1200mm.

După modul de execuție se deosebesc două tipuri de tuburi din beton precomprimat : tipul I, din beton centrifugat și tipul II, din beton vibrat și presat într-un singur strat de 8,5 ... 12,5 cm grosime.

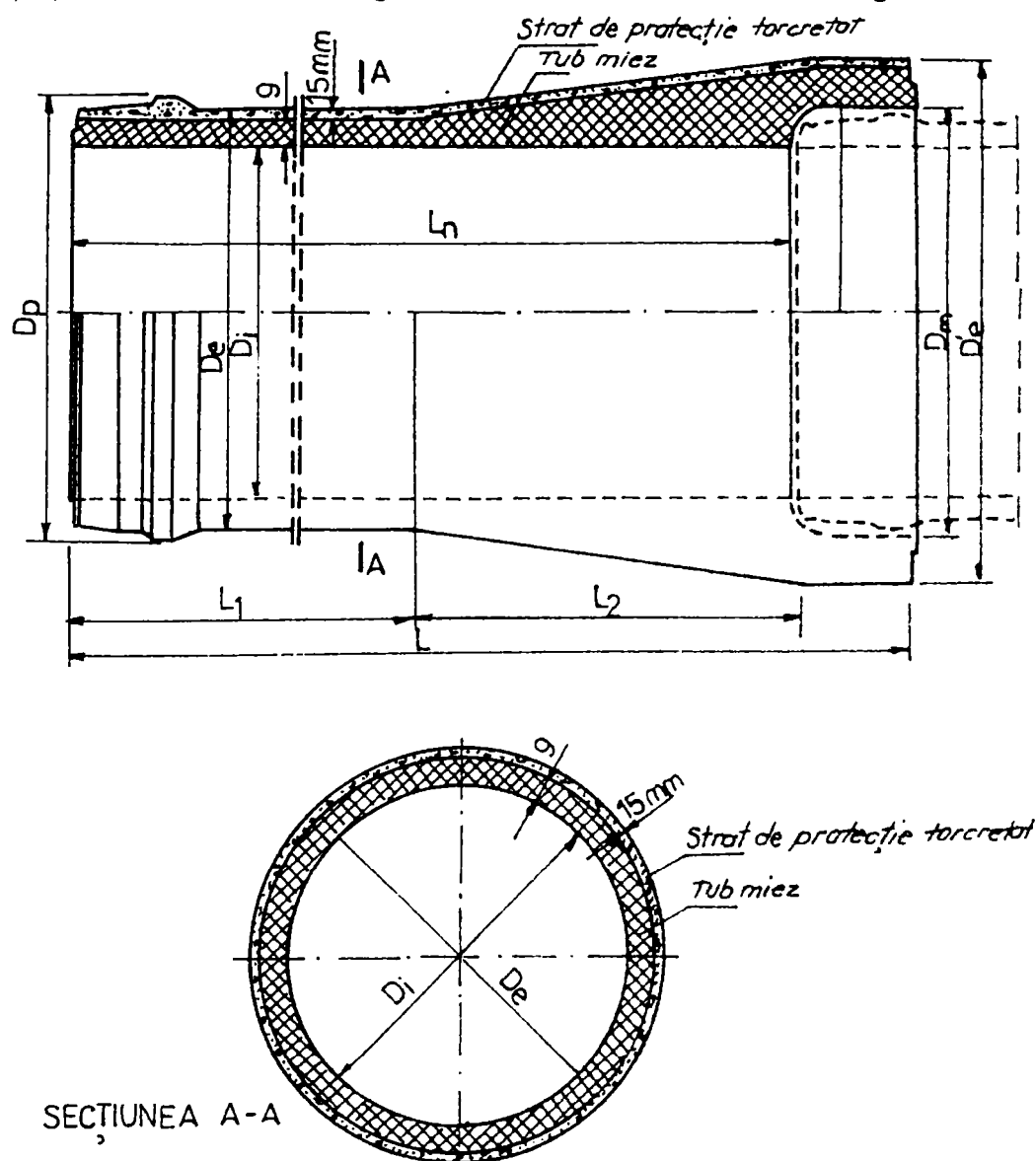


fig.II.3. Tub din beton precomprimat

Tuburile de tipul I se realizează în două variante varianta 1, cunoscută sub denumirea PREMO și varianta 2 sau varianta IPREROM. Ambele variante se execută în două straturi.(fig.II.3)

Primul strat de beton denumit tub de miez, este format prin centrifugare fiind precomprimat longitudinal și transversal. Armătura longitudinală este înglobată în tubul miez, iar cea transversală este înfășurată sub tensiune pe exteriorul tubului miez. Pentru protecția acestei armături transversale se execută un strat de mortar prin torcretare, în grosime de 1,5 cm. Mărimea maximă a agregatelor este egală cu o treime din grosimea peretelui tubului și nu trebuie să fie mai mare de 32mm.

Se realizează tuburi cu diametrul interior cuprins între 400 mm și 1500 mm. Îmbinarea tuburilor se face în poziție și urmărește realizarea unei bune etanșeități. În acest scop se utilizează inele de cauciuc, presate și deformate între două porțiuni, una în interiorul mufei și cealaltă pe suprafața capătului fără mufă, delimitată într-o parte de profilul în relief, numite zone de blocare a garniturii.

La stabilirea diametrului unei conducte se are în vedere ca viteza maximă de curgere a apei să nu depășească 1,5-2m/s.

II.4. Dale

Dalele din beton sunt prefabricate plane utilizate la căptușirea canalelor de irigații împotriva pierderilor de apă prin infiltrația în teren și în alte scopuri. Dalele mici prefabricate ocupă un loc important în ierarhia căptușelilor, în special în domeniul canalelor mici și mijlocii. Se recomandă a se aplica pe canalele cu debite mai mici de 2 m³/s.

Se utilizează dale din beton simplu din Bc 15 cu dimensiuni de 50x50x5cm și din beton armat din Bc 20 având lungimea de 3m, lățimea până la 1,5 m și grosimea de 6...6,5 cm. Armarea dalelor se realizează cu plasă din sârmă STNB cu ochiurile de 15...20 cm și diametrul de 3 sau 5mm. Betonul utilizat se caracterizează prin grad de impermeabilitate de minimum P4 și grad de gelivitate G100. Rosturile

dintre dalele de beton vor avea grosimea egală cu a dalelor, iar distanța de amplasare corespunzătoare cu dimensiunile acestora.

Dalele mici din beton simplu se pot realiza în orice șantier pe o pistă improvizată, turnarea făcându-se în tipare orizontale metalice sau din lemn, pe un rând sau etajat și în tipare verticale metalice de tip baterie, în ambele cazuri trebuind asigurată implantarea unor agrafe metalice de agățare (cârlige) din OB 37, Φ 10...12 mm. Pentru fabricarea industrială a dalelor se cunosc două procedee : a)procedeeul prin turnare pe verticală a unui beton vârtos în tipare metalice, vibrarea lui și apoi extragerea cofrajului, dalele rămânând să-și facă priza pe cant; b) procedeeul prin turnare pe orizontală, în tipare, betonul fiind apoi presat sau vacuumat. Dalele se depozitează pe platforme sau pe longrine de lemn dispuse paralel, la distanțe de 40 - 50 cm. Rosturile dintre dale se etanșează cu chituri elastoplastice.

Dale de dimensiuni mai mari se pot realiza asigurând rigiditatea prin dispunerea unei rețele de nervuri longitudinale și transversale. În fig.II.4 se prezintă un exemplu de dală tip cheson. Datorită multiplelor lor avantaje, sunt folosite în multe țări pentru căptușirea canalelor de irigații sau cu alte folosințe : energetice, de navigație, transport apă industrială.

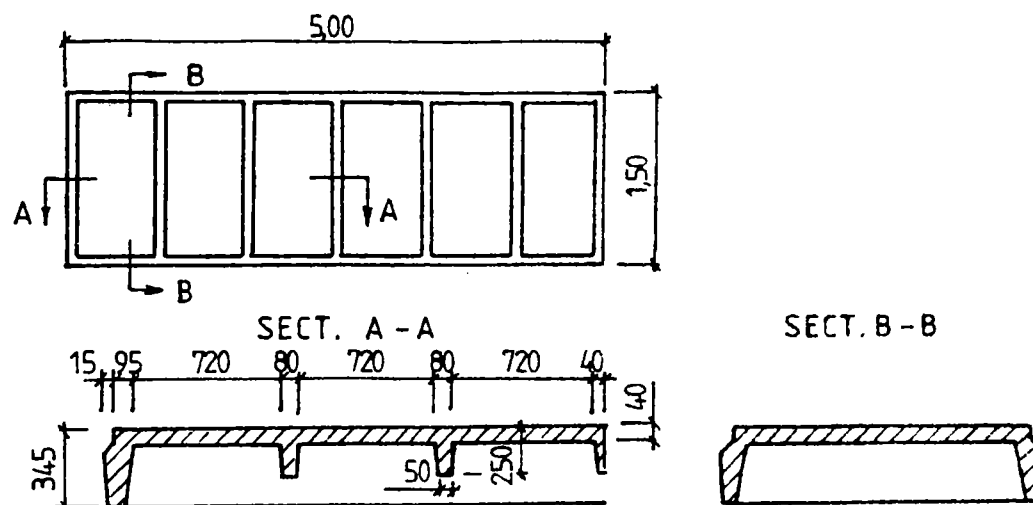


Fig.II.4. Dală tip cheson

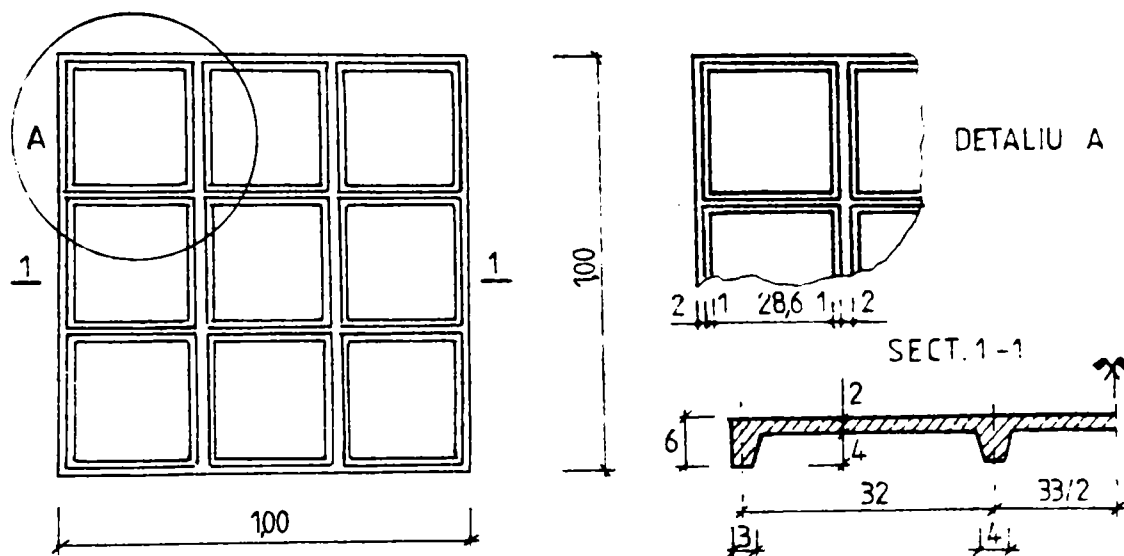


Fig.II.5. Dală nervurată

Pot fi realizate dale nervurate din beton armat asociat cu fibre. la dimensiuni în plan de 100x100 cm sau 100x150 cm și grosimea plăcii redusă la 1,5÷3cm. În fig.II.5 se prezintă o asemenea dală. Principalele avantaje ale acestor dale sunt : diminuarea sau eliminarea consumului de oțel și reducerea cu 50 % a greutatei proprii.

II.5. Jgheaburi

Jgheaburile sunt elemente prefabricate, realizate din beton armat prefabricat sau din beton armat precomprimat, cu secțiunea de regulă parabolică, dispuse într-o rețea supraterană susținută de un ansamblu format din furci, stâlpi și fundații prefabricate, fig.II.6.

Jgheaburile parabolice au lungimile de 8m și înălțimi de 40, 60, 80 și 100 cm, se execută din beton Bc 30 și se armează cu sârmă pentru beton precomprimat (SBP). Jgheaburile reazemă și se îmbină pe furci, etanșarea îmbinării se realizează folosind chituri adecvate.

VEDERE LATERALĂ. / SECTIUNE 1-1

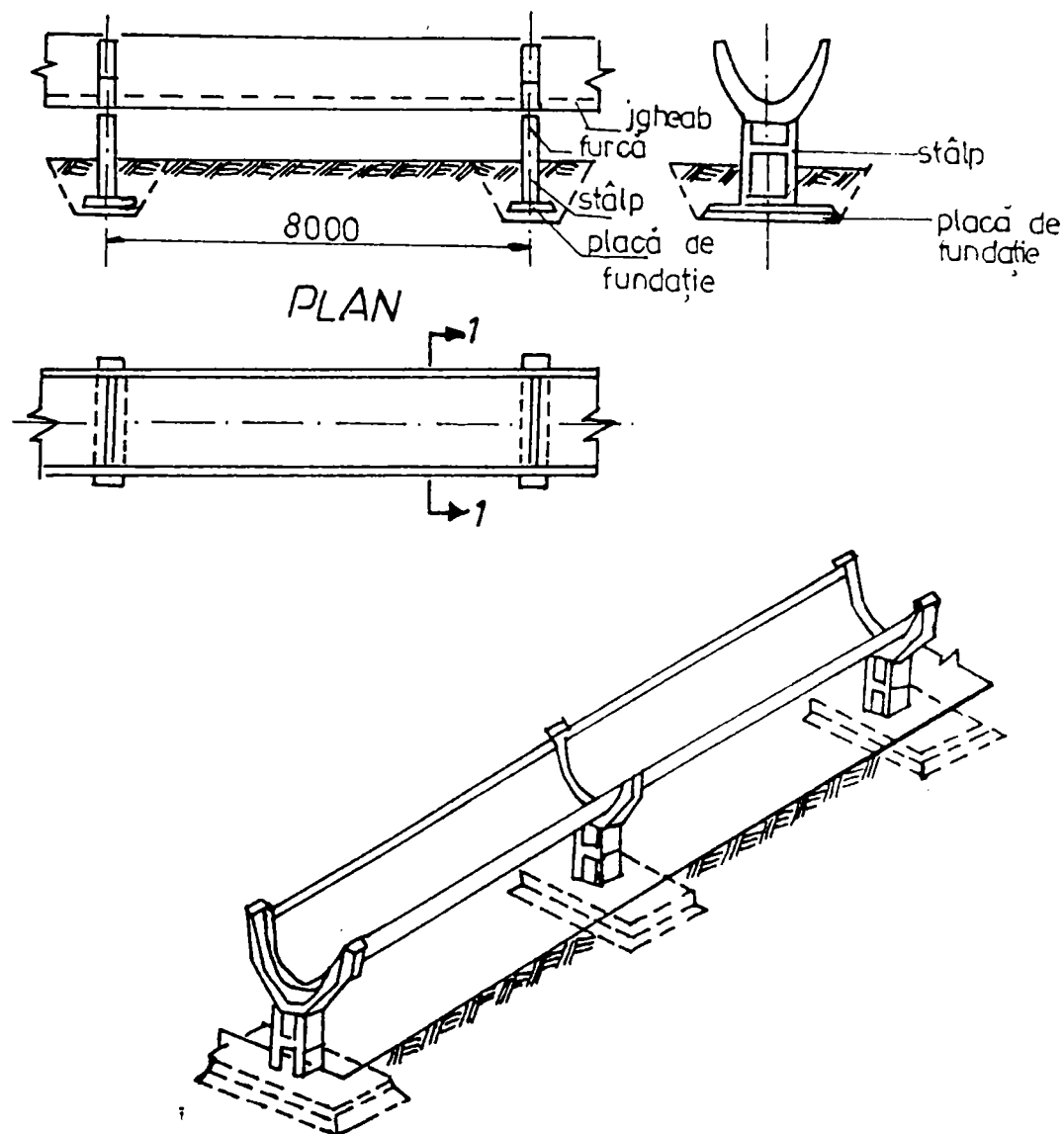


Fig.II.6. Jgheab

Furcile și stâlpii se execută din beton armat, cu beton Bc 20, iar fundațiile sunt tip pahar, prefabricate, din beton Bc 10 ... Bc 15. Stâlpul este dimensionat în raport cu caracteristicile jgheaburilor și de necesitățile de adaptare la teren. El este prevăzut cu goluri pentru micșorarea greutateii sale.

Tipurile de etanșare între jgheaburi sunt variate :

- cu cordoane de material plastic care rezistă la acțiunile agenților atmosferici
- cu frânghie din cânepă impregnată în substanțe bituminoase; are dezavantajul că nu se mulează bine pe furcă, rămânând anumite goluri, datorită dimensiunilor neregulate ale frânghiei, cât și ale suprafeței furcii și ale perimetrului exterior al jgheabului
- cu carton asfaltat și elastochit

Procesul tehnologic de îmbinare a jgheaburilor este următorul

- furcile și jgheaburile trebuie bine curățate cu peria de sârmă înainte de montare
- pe furcă se așează un strat de carton asfaltat și un strat de vată minerală cu grosimea de 2-2,5cm, peste care se așează jgheabul lăsându-se un rost de 2-3cm între jgheaburi
- capetele jgheaburilor în zona îmbinărilor pe furcă se pensulează de două ori pe fața inferioară cu bitum dizolvat în benzină pe o lățime de 10cm de o parte și de alta a rostului de îmbinare
- după amorsare se aplică cu un șpaclu elastochit special până la umplerea completă a rosturilor, precum și un strat de 1cm grosime pe lățimea de 10cm în ambele părți ale rostului. La circa 24 ore se aplică primul strat de lac anticoroziv , iar al doilea strat la circa o oră după primul.

Proba cu apă este bine să fie făcută după 24 ore de la terminarea operațiilor și optim după 2-3 zile. Procedeu descris se poate aplica și pentru colmatarea fisurilor de la jgheaburi, în aceeași ordine a operațiilor.

Calculul debitului de apă ce curge pe jgheaburile parabolice se face ca în cazul canalelor deschise de pământ, cu deosebirea că se aplică un coeficient de rugozitate foarte mic, $n = 0,012$.

O problemă deosebit de importantă pentru jgheaburi o constituie manipularea și transportul lor care se poate face numai mecanizat. Prima operație se execută cu ajutorul draginelor-macara care au un dispozitiv special de prindere. A doua operație se face cu ajutorul traillerelor amenajate în acest scop cu console metalice.

II.6. Ziduri de sprijin

Zidurile de sprijin sunt construcții destinate a prelua împingerea unor masive de pământ.

Execuția lor se realizează, de regulă, cu secțiunea transversală în formă de L cu sau fără console de descărcare și contraforți (diafragme

verticale). În fig.II.7 se prezintă un element prefabricat cu secțiunea în L pentru ziduri de sprijin mai mici. Prefabricatele se montează alăturat într-un zid continuu și se îmbină.

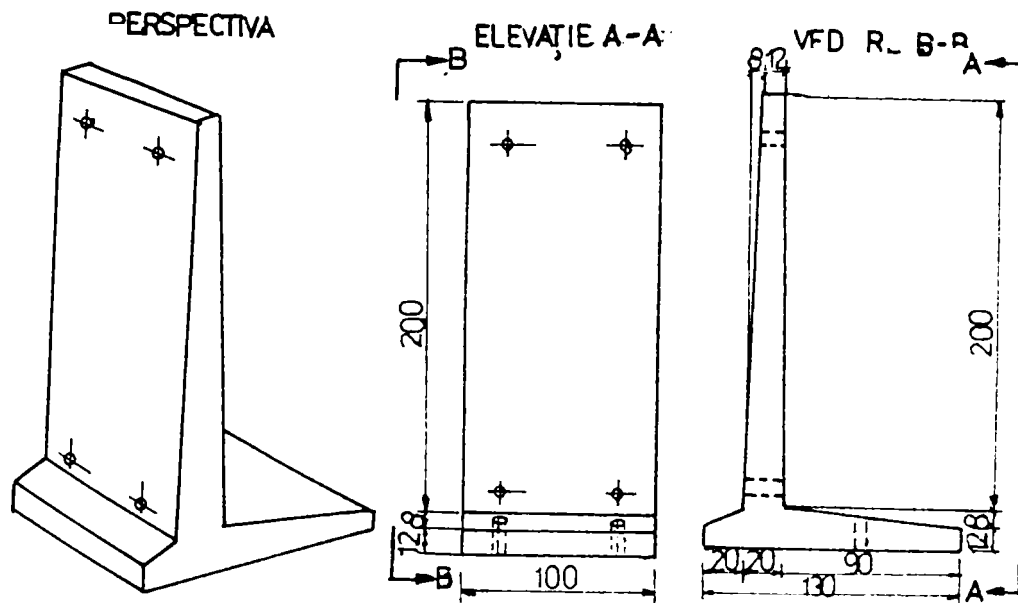


Fig.II.7. Element prefabricat pentru zid de sprijin

II.7. Cămine de vizitare

Căminele de vizitare prefabricate sunt de regulă, tubulare și se realizează din beton simplu. Cele mai obișnuite variante de execuție prefabricată a căminelor tubulare sunt :

a) Prefabricat integral cu două fante pe generatoare. În partea inferioară, pentru trecerea conductelor. După montarea rețelei de conducte și a pieselor din cămin, fantele se completează cu zidărie din cărămidă sau beton monolit. Asemenea cămine s-au utilizat în sistemele de irigații din perimetrul Carasu, cu diametre interioare cuprinse între 1 ... 1,20 m și înălțimi de până la 2 ... 2,5m. Turnarea se face în cofraje metalice, cu radierul în partea superioară.

b) Prefabricarea din segmente pentru pereți și dale pentru radier în cazul căminelor cu diametre mari, de până la 3 m.

La ambele tipuri capacul se prefabrică și se montează separat.

Căminele prefabricate se utilizează cu precădere în zonele fără apă freatică, dar ele se pot folosi și în cazul prezenței pânzei

subterane, pe suprafața lor exterioară executându-se o hidroizolație corespunzătoare și apoi protecția ei. Pentru baza căminului se execută mai întâi o egalizare, hidroizolația orizontală și apoi radierul.

II.8. Podețe

Podețele sunt construcții de traversare a unor obstacole, prin care se realizează continuitatea unor căi de comunicație (drumuri) sau trecerea apei. Ele au deschideri de maximum 10 m, construcțiile de traversare cu deschideri mai mari se numesc poduri.

Podețele pot fi tubulare, ovoidale, dalate, din cadre. Podețele tubulare se execută din tuburi prefabricate din beton simplu, armat sau precomprimat. (fig.II.8)

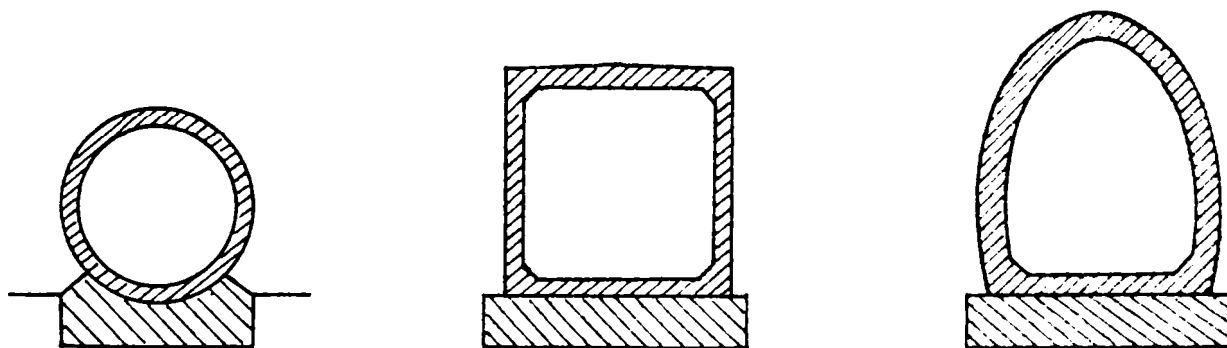
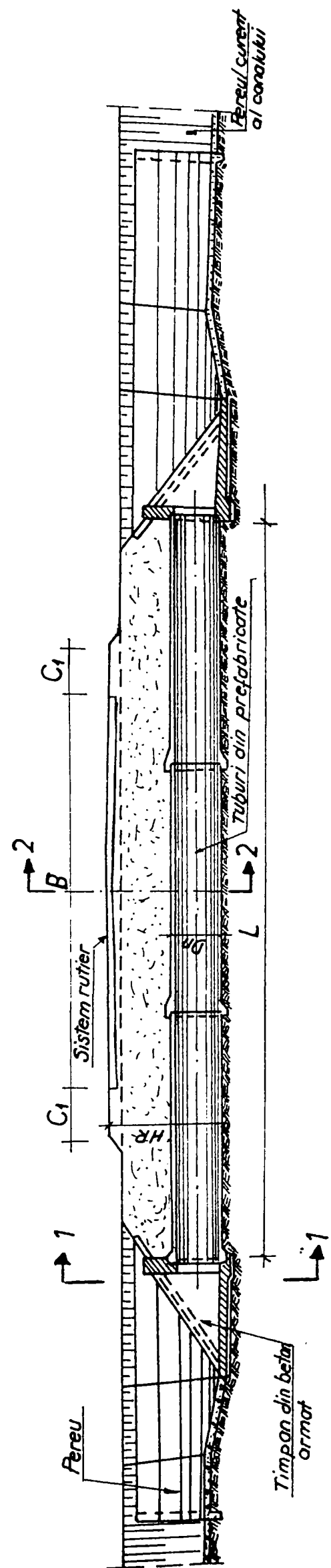


Fig.II.8. Secțiuni de podețe

Elementele prefabricate se execută cu lungimea de 1,00 la 3,00m pentru tuburi cu diametrul de 50 și 75 cm, cu lungimea de 1,00 la 2,00 m pentru diametrul de 1,00 la 1,50 m și cu lungimea de 1,00m pentru diametrul de 200 cm. Tuburile se confecționează din beton Bc 20 și se armează cu oțel beton OB 37, PC 52 sau diferite tipuri de fibre.

Elementele de racord între podețul tubular și terasament se pot realiza, fie cu timpan și aripi sau timpan și sfert de con, fie cu cap teșit. (fig.II.9,10)

SECȚIUNE LONGITUDINALĂ



VARIANTA PENTRU 1 FIR SECȚ. 1-1 SECȚ. 2-2 VARIANTA PENTRU 2 FIRE SECȚ. 1-1 SECȚ. 2-2 VARIANTA PENTRU 3 FIRE SECȚ. 1-1 SECȚ. 2-2

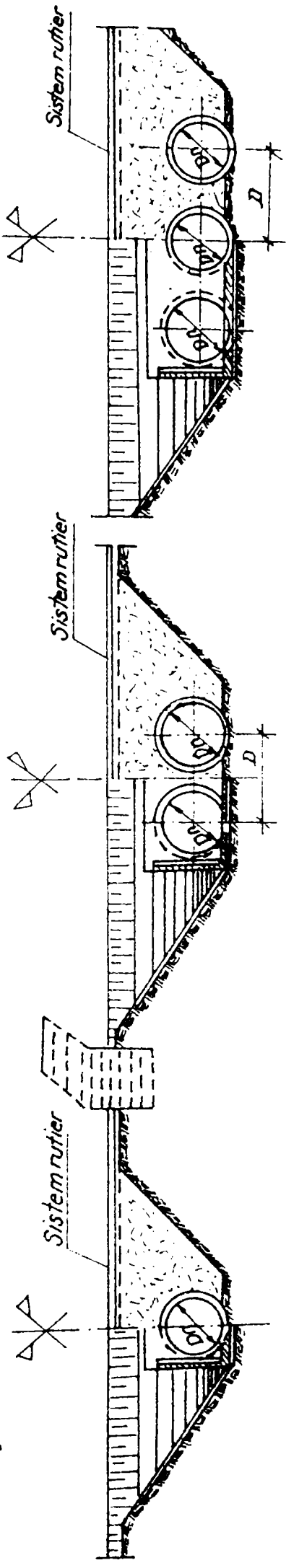


Fig. 11.9. Podet tubular

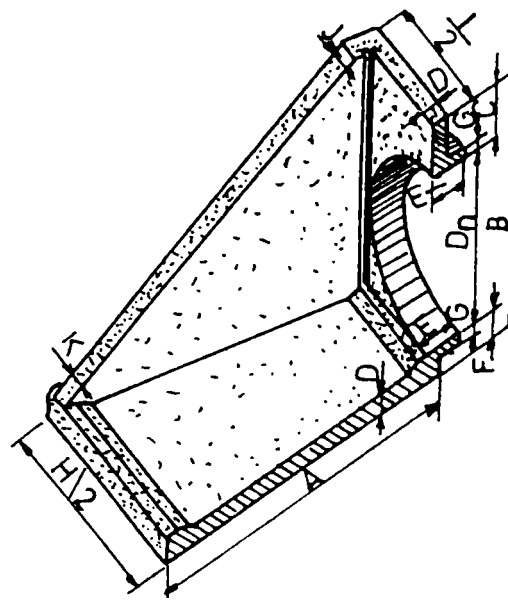


Fig.II.10. Timpan

Panta longitudinală minimă a tubului, pentru a evita depunerea nămolului la viteze mici ale curentului de apă, este de 2 %. Dacă se folosesc pante prea mari, viteza apei poate să distrugă tubul sau zonele de intrare și ieșire..

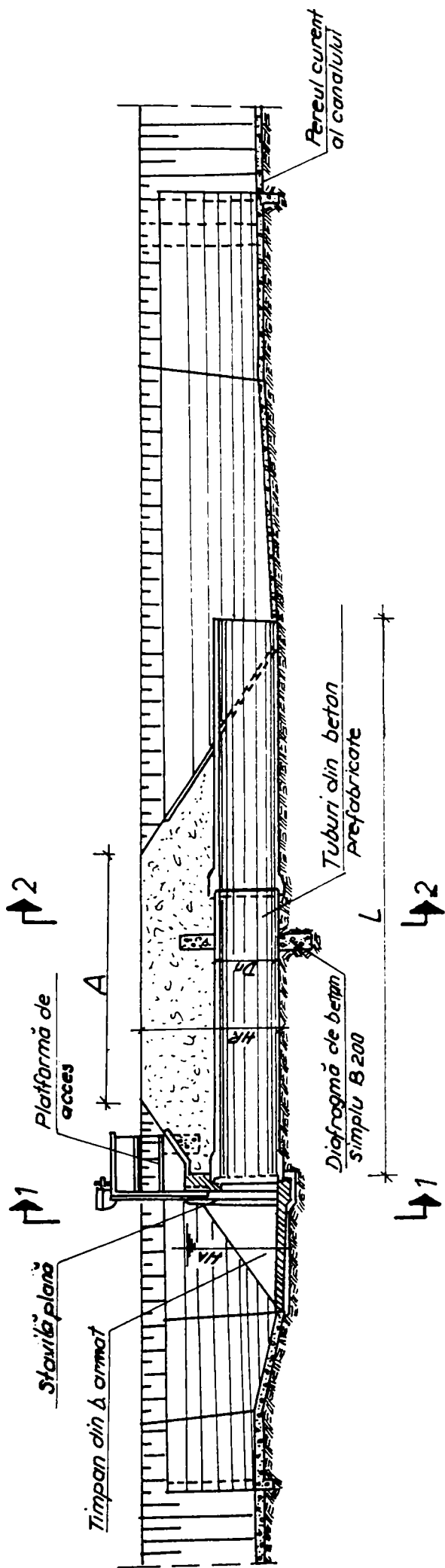
Debitul tubului depinde de caracteristicile geometrice și hidraulice ale tubului propriu zis și ale capătului de intrare.

Tuburile cu secțiunea dreptunghiulară, cu lățimea secțiunii transversale de la 1,0 la 4,0 sau chiar 5,0 m , se folosesc la debite mari. Tuburile se execută din elemente prefabricate. Dezavantajul acestor tuburi constă în numărul mare de rosturi transversale.

II.9. Stăvilare

Stăvilarele sunt construcții amplasate pe canale cu rol de regularizare a debitelor și nivelului apei precum și de evacuare și spălare, care se execută din beton. Elementele de construcție de beton pot fi în totalitate prefabricate. Prefabricatele utilizate curent la executarea acestei categorii de lucrări sunt tuburile de beton, beton armat și azbociment. În fig.II.11 este prezentat un stăvilar, cunoscut sub denumirea de vanetă, executat din tuburi prefabricate.

SECȚIUNE LONGITUDINALĂ



VARIANTA PENTRU 1 FIR

SECȚ. 1-1 SECȚ. 2-2

VARIANTA PENTRU 2 FIRE

SECȚ. 1-1 SECȚ. 2-2

VARIANTA PENTRU 3 FIRE

SECȚ. 1-1 SECȚ. 2-2

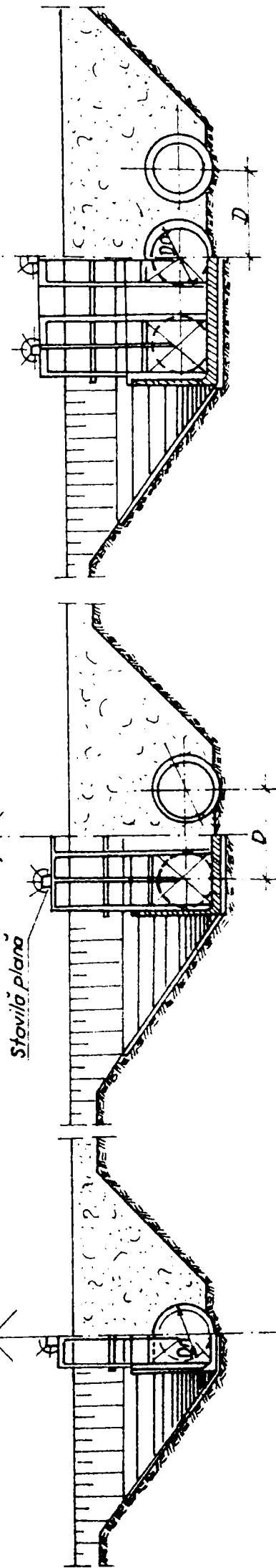


Fig.II.11. Stăvilă din tuburi prefabricate

II.10. Grătare din beton armat pentru canale

Grătarele din beton armat se folosesc la acoperirea canalelor de dejecție cu deschidere de 1,00 și 0,30m. Elementele de grătar, de lungime 1,14 și 0,406m, reazemă pe marginile canalului.(fig.II.12.)

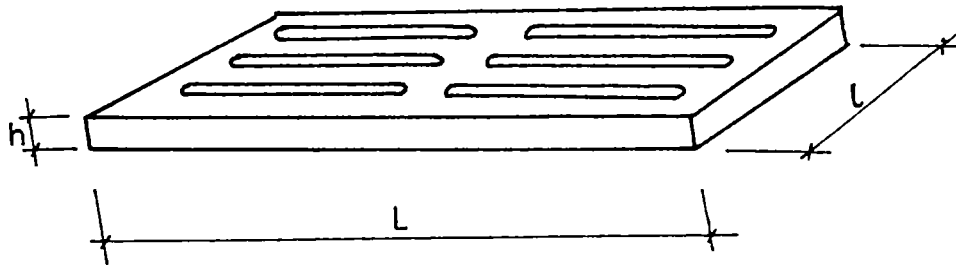


Fig. II.12. Grătar din beton armat

II.11 Reabilitarea unor lucrări din beton armat

Se prezintă, din multiplele construcții reabilitări, prin armare cu fibre de fontă, lucrări subterane, precum diferite colectoare care au suferit degradări datorită vechimii și solicitărilor în timp.

Tehnica folosită în lucrările de reabilitare este cea de pulverizare (torcret) cu procedee uscate și procedee umede.

Prin procedeul uscat amestecul constituenților (ciment, nisip, pietriș și fibre de fontă) este transportat printr-un tub cu ajutorul aerului sub presiune. Apa este introdusă sub presiune. Această tehnologie cere muncă de răspundere și calificată, ea poate duce la pierderi de materiale dozajul de fibre de regulă este inferior celui inițial.

Randamentul în fibre definit ca raport între conținut și amestecul inițial poate varia între 40 % ... 90 %.

Eficiența reabilitării, cu beton armat cu fibre de fontă, prin procedeul uscat, a fost verificată experimental pe o secțiune ovoidală, fig.II.13.

Prin procedeul umed amestecul se realizează anterior transportului și pulverizării.

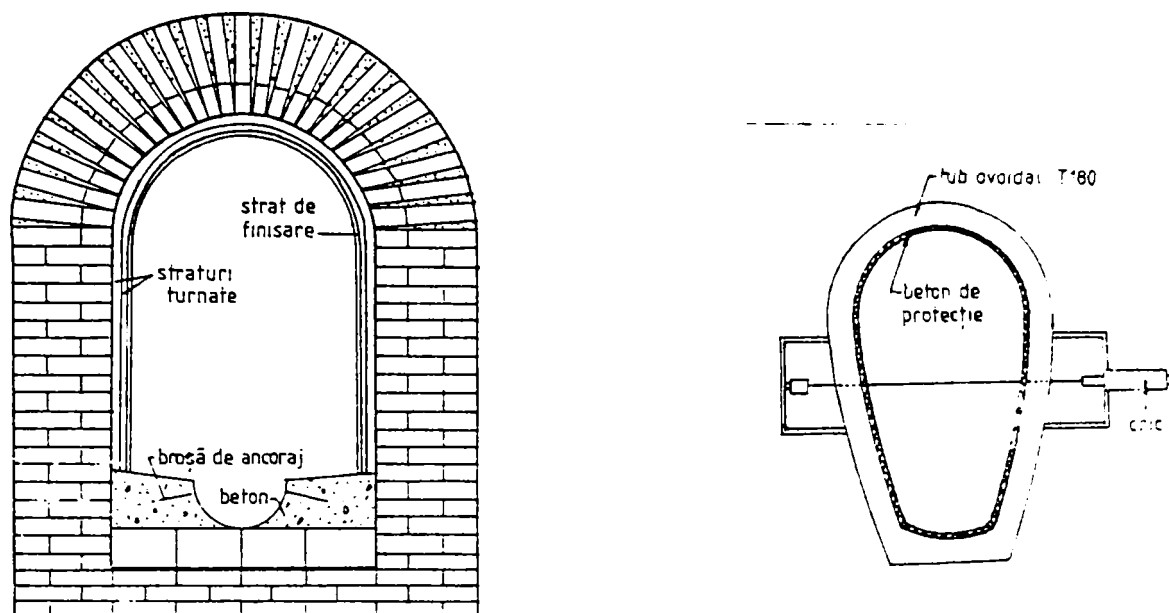


Fig. II.13 Reabilitări de lucrări

CAP.III. MATERIALELE BETOANELOR SPECIALE

III.1. Fibrele din fontă amorfă

Fac parte din categoria fibrelor anorganice(minerale) artificiale. Se obțin prin răcirea ultrarapidă a topiturilor din diferite compozitii de metal. Fibrele din fontă, numite și sticlă metalică au o structură amorfă, necristalină. Compoziția metalică amorfizabilă trebuie să respecte două reguli a) să se situeze în vecinătatea diagramelor pe fază și b) obținerea structurii amorfe se realizează prin adăugare de elemente de aliaj de corecție având caracteristici diferite de a elementelor de bază(reguli de confuzie). În mod curent compoziția cuprinde cca 80 % atomi de metal și 20 % atomi de metaloid. Amestecul în stare lichidă cade pe un disc rece, cu o turație foarte mare (30 - 50 m/s), și produce o bandă (fibre) foarte subțire de metal amorf. În fază industrială banda (fibra) poate fi livrată la lungimi dorite prin tăiere. Starea amorfă le conferă o rezistență foarte mare la tracțiune, de ordinul 2000 MPa, comparabilă cu a oțelurilor superioare sau a fibrelor de sticlă. Modulul de elasticitate este situat între oțel și fibrele de sticlă. Fibrele din fontă amorfă se caracterizează printr-o mare flexibilitate, se pot plia cu ușurință, nu sunt casante, ceea ce le conferă o ușoară și rapidă adaptare la deformații impuse de procesele tehnologice de încorporare. În practică se folosesc fibre scurte, de 25 ... 40 mm lungime, pentru armarea dispersă a betonului. În tabelul IV.2. sunt redată principalele caracteristici ale fibrelor din fontă amorfă. Ele au o bună durabilitate în meul betonului.

III.2. Fibrele din sticlă alcalo-rezistente(zirconice)

Fac parte din categoria fibrelor minerale obținute în mod artificial. Condiția de compatibilitate chimică cu mediul alcalin al pietrei de ciment, obligă la realizarea unor fibre de sticlă alcalo-rezistente(A.R.).

Fibrele alcalo-rezistente sunt de regulă zirconice, sunt produse în 3 forme : fascicule de fibre, corderne de fascicule(rowing) și țesături. Fibrele de sticlă individuale(filamentele) se trag dintr-o topitură printr-o placă de platină având 204 sau 408 orificii. 204 sau 408 filamente cu diametrul de circa 10 μ alcătuiesc un fascicul de fibre, un rowing conține 20 – 60 fascicule, pentru țesături se folosesc rowinguri având 10 – 20 fascicule, cu ochiuri de 4 – 10 mm. Fibra de sticlă individuală posedă două calități fizice de mare importanță : o mare rezistență la tracțiune (9.000 – 40.000 daN/cm²) ce depășește pe cea a sârmei de oțel, în timp ce modulul de elasticitate este abia 1/3 din cel al oțelului. În tabelul IV.1. sunt redată principalele proprietăți ale fibrelor de sticlă.

În funcție de soluția armării elementelor, fibrele de sticlă lungi pot fi folosite pentru armarea unidirecțională, similară armării cu bare lungi de oțel sau pentru armare bidirecțională în cazul folosirii țesăturilor din fibre lungi de sticlă, similare armării cu plase din sârmă de oțel. Fibrele scurte de sticlă se utilizează, în general, în cazul armării disperse a betonului, lungimea lor alegându-se astfel încât "raportul aspectului" (lungime/diametru) să fie cel puțin 200, deci de 25 – 50 mm. Încorporarea în beton a fibrelor scurte este realizată prin procedee speciale care trebuie să păstreze geometria fibrelor în masa de bază. Din acest punct de vedere tehnologia de pulverizare este cea mai potrivită.

III.3. Fibrele metalice

Fibrele metalice se obțin prin tăierea sârmelor laminate, a benzilor subțiri cu sau fără prelucrare în lungul lor. Se folosesc fibre metalice cu ciocuri la capete, fibre metalice lise (drepte), fibre metalice ondulate și țesături din sârmă subțire de 0,6 ... 0,8 mm diametru și ochiuri de 5-15 mm. Prelucrarea, în special, în capete, are menirea de a îmbunătăți aderența lor. Ele trebuie realizate din oțeluri semidure pentru a dobândi o bună rigiditate și mobilitate în procesul de

încorporare în masa de bază. Este recomandabil ca diametrul fibrelor metalice să fie cuprins între 0,2 – 1 mm iar lungimile între 20 și 50 mm.

III.4. Liantul

Cimenturile utilizate la prepararea betoanelor armate dispers trebuie să satisfacă exigențele prevăzute în standardele române de produs și să asigure:

- rezistențele la diferite termene prevăzute în proiectele lucrărilor ce se execută;
- buna conservare a armăturilor disperse, pasive și precomprimate și durabilitatea compozitelor în diferite condiții de expoatare.

La prepararea betoanelor armate dispers se utilizează cimenturile indicate în tabelul VIII.1.

Este cunoscut faptul că în cazul armării cu fibre, rolul pietrei de ciment este de a lega fibrele, de a le proteja, de a le transfera eforturi la și de la fibre. În acest sens liantul trebuie să răspundă următoarelor cerințe:

a) Modulul de elasticitate al pietrei de ciment să fie considerabil mai mic ca cel al fibrelor, astfel cea mai mare parte a efortului în sistem este preluat de fibre și nu de liantul întărit;

b) Deformațiile limită ale pietrei de ciment și ale fibrelor să fie compatibile. Pentru ca piatra de ciment să nu cedeze înainte de ruperea fibrelor, ea ar trebui să aibă o deformație la rupere mai mare ca a fibrelor. În realitate acest lucru nu se realizează. Consecința principală a acestei incompatibilități, privind deformațiile matricei și ale fibrelor, compozitul prezintă fenomenul de microfisurare multiplă a masei de bază dincolo de o limită elastică ce poate fi pusă în evidență prin experiențe;

c) Aderența dintre piatra de ciment și fibre trebuie să poată permite transferul total al eforturilor. Satisfacerea acestei cerințe

impune ca fibrele să aibă suprafețe rugoase, prelucrate, ce asigură o bună aderență.

d) Piatra de ciment folosită trebuie să asigure o bună compatibilitate cu fibrele. Se recomandă utilizarea cimenturilor superioare, fără adaosuri, pentru a se realiza o foarte bună conlucrare între matrice și fibre.

III. 5. Agregatele naturale grele

La prepararea betoanelor armate dispers se folosesc agregate minerale grele de balastieră și de concasaj, sortate și spălate care trebuie să provină din roci mineralogice omogene, să nu aibă urme vizibile de dezagregare fizică sau chimică, să fie lipsite de pirită, limonită și alte impurități și să nu conțină silice cristalină sau amorfă ce poate reacționa cu alcaliile din ciment.

Agregatele de balastieră trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute de STAS 1667-76 iar agregatele de concasaj trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute de STAS 667-90.

Nisipurile cuarțoase fine cu granulozitatea 0-0,3 mm cu un conținut de părți levigabile sub 0,3 % sunt utilizate ca material de corecție a granulozității agregatelor deficitare în părți fine.

Agregatele naturale grele sunt agregate de râu, cu densitatea în grămadă, în stare afânată și uscată, de minimum 1200 kg/m³. Dimensiunile maxime a granulelor se recomandă să nu depășească 10 mm, provenite din râuri sau cariere. Se recomandă ca agregatele utilizate să fie o rezultată a două sorturi, după mărimea granulelor, de 0-5 mm și 5-10 mm.

Agregatele trebuie să îndeplinească următoarele condiții : să fie inerte față de ciment și fibre; să fie stabile, adică nealterabile la aer, apă, îngheț-dezghet; să aibă o bună rezistență la foc; să aibe rezistențe la compresiune suficient de mari, cel puțin cu 25 % mai mari decât clasa produsului; să fie curate; forma granulelor se recomandă să fie

sferică, putându-se realiza amestecuri lucrabile și rezistente; să aibă o bună compoziție granulometrică. Mărimea maximă a granulelor este condiționată și de tipul fibrelor folosite precum și de grosimea produșilor realizați, în cazuri curențe de 10-15 mm.

III.6. Agregatele ușoare din poliuretan rigid

Poliuretanul rigid are o densitate aparentă foarte mică de 80-100 kg/m³, cu foarte bune calități termoizolatoare. Agregatele se obțin prin măcinarea deșeurilor la dimensiuni cuprinse între 0-12 mm, au o pronunțată porozitate. Din această cauză se recomandă îndepărtarea agregatelor foarte fine cu dimensiunea de 0-3 mm și utilizarea unui amestec optim între agregatele cu sorturi cuprinse între 3-5 mm și 5-12 mm.

Aceste agregate se pretează pentru realizarea betoanelor foarte ușoare cu densitatea cuprinsă între 500 și 700 kg/m³, destinate lucrărilor de termoizolații în construcții, cu rezistențe mecanice ce asigură manipularea, transportul și montarea lor în bune condiții.

III.7. Apa

Se utilizează apă potabilă fără acizi, baze sau uleiuri. Apa din alte surse trebuie să îndeplinească cerințele STAS 790-84.

III.8 Aditivii

La prepararea betoanelor armate dispers sunt utilizați în funcție de cerințele concrete aditivi din grupele :

- reducători și superreducători de apă;
- micști cu efect de plastifiant și antrenor de aer;
- aditivi pe bază de silice amorfă precipitată;
- antrenori de aer;
- acceleratori de priză și întărire fără cloruri.



Aditivii trebuie să îndeplinească cerințele standardelor și agrementelor tehnice române în vigoare, să nu conțină cloruri sau alte substanțe ce pot produce coroziunea armăturilor (dispersă, pasivă, precomprimată etc.).

Se recomandă utilizarea aditivului superplastifiant BETOPLAST SUPER, soluție apoasă care adăugată în beton în proporție 0.2 – 0.7 kg pentru 100 kg ciment îmbunătățește caracteristicile acestuia.

Aditivul superplastifiant BETOPLAST SUPER introdus în beton îi îmbunătățește lucrabilitatea iar prin fluidizarea lui permite o reducere a raportului apă/ciment.

Succesul folosirii aditivului constă în faptul că pentru betoanele compacte sporul rezistențelor mecanice depinde în mai mare măsură de raportul apă/ciment decât de dozajul de ciment.

Aditivul superplastifiant BETOPLAST SUPER este un produs pe bază de sulfonat de calciu. Nu conține clor. Este agrementat în România.

Aditivul superplastifiant este o soluție apoasă și neinflamabilă. Are culoare maro și miros caracteristic.

Se fabrică în cadrul firmei NEOTEX-GRECIA pe baza normelor tehnice proprii și agrementat în România.

Aditivul BETOPLAST SUPER se utilizează la :

- producția betonului fluid la dozaje constante de apă și ciment având rezistența cel puțin egală cu betonul martor;
- producția betonului cu rezistență superioară la dozaje egale de ciment, lucrabilitate egală și cantitatea de apă de preparare redusă;
- producția betonului cu lucrabilitate și rezistență egală la dozaje de apă și ciment reduse.

Aditivul se utilizează la prepararea betoanelor destinate realizării elementelor sau structurilor de beton simplu, armat, executat monolit sau prefabricate pentru următoarele categorii de lucrări industriale, social culturale, de locuințe, poduri, lucrări hidrotehnice, îmbrăcămînți rutiere, etc.

Utilizarea aditivului se recomandă în special în următoarele cazuri:

- betoane pentru elemente subțiri și cu armături dese sau fibre;
- betoane puse în lucrare cu pompa;
- betoane cu rezistențe superioare.

Cantitatea de aditivi necesară pentru fiecare 100 kg de ciment este de 0,2 până la 0,7 kg. La o cantitate de 0,2-0,4 kg/100kg ciment, aditivul acționează ca un superplastifiant.

Aditivul se introduce în betonieră împreună cu apa de amestec. Prepararea betonului se face introducând în betonieră agregatele, cimentul și cantitatea de apă împreună cu aditivul, se malaxează minim 5 minute până la obținerea unui amestec omogen și de bună calitate.

CAP. IV BETONUL ARMAT CU FIBRE DIN FONTĂ AMORFĂ

IV.1 Betonul armat cu fibre

Mentținerea competitivității betonului ca unul din principalele materiale de construcții trebuie făcută pe două căi și anume :

- îmbunătățirea performanțelor materialului obișnuit, având ca rezultat realizarea unor betoane de înaltă rezistență și a unor betoane speciale, pentru domenii specifice de folosire;

- crearea de noi tipuri de betoane, cu proprietăți fizico-mecanice sau chimice deosebite, precum betoanele ușoare, betoanele cu armare dispersă sau orientată și betoanele cu polimeri.

Folosirea betoanelor armate cu fibre, ca materiale compozite, capătă o largă răspândire, dovadă multitudinea de norme. În ultima vreme, în întreaga lume (Japonia, S.U.A., Marea Britanie, Franța, Germania etc.)

Compozitele sunt sisteme cu o stare de amestec între faze, care stau în echilibru termodinamic, fără să rezulte o interacție cu reacții nedorite.

După participarea lor la armarea compozitului, componentii sunt fibre, benzi, țesături etc. – ca elemente de legătură și mortare, betoane, rășini etc. – ca materiale care trebuiesc legate.

Numărul componentilor care intră în alcătuirea unui compozit este de minim doi.

Rezistența unui material armat cu fibre depinde de tensiuni, alungiri și comportarea componentilor între ei, ca și de repartiția volumetrică, orientarea, geometria și aderența fibrelor la matrice.

Modulul de elasticitate al fiecărui component joacă un rol important în echilibrul care se stabilește în compozit. Este de dorit ca modulul de elasticitate al fibrelor să fie mai mare ca al matricei.

Rezistența compozitului se poate determina cu relația IV.1 :

$$\sigma_{jm} = \eta \cdot \sigma_f \cdot \frac{V_f}{V_{jm}} + \sigma_m \left(1 + \frac{V_f}{V_{jm}} \right) \quad (IV.1)$$

- În care :
- σ_{jm} , este rezistența compozitului;
 - σ_f , rezistența fibrei;
 - σ_m , rezistența matricei;
 - V_f / V_{jm} , raportul dintre volumul fibrei și al compozitului;
 - η , factor de corecție al rezistenței când se folosesc fibre discontinue.

Fibrele discontinue pot fi folosite dacă lungimea lor este mai mare decât lungimea critică. Lungimea critică este definită ca raportare a lungimii față de diametrul fibrei. În general, pentru compozite armate cu fibre scurte raportul $l / d = 10 \dots 10^4$, unde l este lungimea fibrei și d diametrul.

Experimentul a dovedit că armarea cu fibre conduce la o serie de avantaje, cum ar fi rezistență mai mare la încovoiere și la compresiune, rezistențe mai mari la șoc mecanic și solicitări mai ridicate la rupere.

În obținerea compozitelor de mare performanță privind rezistențele mecanice, s-a dovedit experimental că armarea cu un singur tip de fibră nu rezolvă la cel mai înalt nivel toate cerințele tehnice. Asocierea a diferite tipuri de fibre conduce la cele mai bune rezultate.

Pentru o bună comportare la fisurare, se practică armarea cu o varietate de fibre elastice și puternice ca : azbestul, sticla oțelului, sticla metalică și altele. Azbestul a fost preferat mulți ani, dar datorită riscurilor pe care acesta le crează au fost căutate alternative ca : fibre de sticlă alcalo-rezistente, de oțel, de carbon și chiar din polimeri. În ultimul timp au fost efectuate studii privind utilizarea fibrelor de sticlă metalică(fontă amorfă), rezistente la coroziune, în armarea mortarelor și betoanelor. Efectul benefic al fibrelor este pus în evidență de creșterea lucrului mecanic de fisurare, ca urmare a creșterii lucrului mecanic de frecare al fibrelor smulse, când matricea se fisurează.

Fibrele care traversează fisura se desprind din matrice și sunt succesiv smulse din fețele laterale ale fisurii sub deformare continuă. Aceasta necesită ca fibrele să aibă modulul de elasticitate mai mare decât al matricei și să nu cedeze înainte ca zona de exfoliere dintre piatra de ciment și fibră să se propage de-a lungul fibrei pentru a iniția smulgerea. În aceste condiții fibrele pot conduce la o creștere a rezistenței la apariția primei fisuri. Efortul unitar în compozit (σ_c) sub care fisurile nu se pot propaga este dat de relația IV.2 :

$$\sigma_c = \left[\mu \cdot V_f \left(\frac{E_f}{E_m} \mu \cdot V_f + 1 \right) \right]^2 \cdot \left[\frac{12 \cdot \alpha \cdot \tau_b \cdot E_f}{\gamma (1 - \mu \cdot V_f)} \right]^{1/3} \quad (IV.2)$$

unde : V_f este procentul volumic de fibre;

E_f este modulul de elasticitate al fibrei;

γ este grosimea fibrelor sau a armăturii sub formă de bandă;

E_m este modulul de elasticitate al matricei;

α este energia pe suprafața de rupere a matricei

τ_b este efortul unitar tangențial de frecare la tracțiune dintre fibră și matrice în timpul smulgerii fibrelor;

μ este factorul de eficiență al fibrelor, egal cu 1 pentru fibrele continue aliniat paralel cu direcția forței de tracțiune și 0,41 pentru fibre scurte cu o orientare dispersă în spațiu, și 0,58 pentru orientare dispersă în plan.

Pentru ca compozitul să rămână intact după apariția primei fisuri în matrice, fibrele trebuie să preia întreaga încărcare fără a se desprinde complet de matrice. În acest scop se impune respectarea condiției (IV.3) :

$$\frac{s \cdot l \cdot \mu' \cdot V_f \cdot \tau_b}{4 \cdot A_f} \geq f_{fc} \quad (IV.3)$$

și un exces în rezistența fibrelor prin respectarea relației (IV.4)

$$f_f > f_{fc} / V_f \cdot \mu' \quad (IV.4)$$

unde : f_{fc} este rezistența compozitului la apariția primei fisuri;

f_f este rezistența fibrelor;

μ' este eficiența fibrelor discontinue după apariția primei fisuri

care va fi foarte apropiată de 1, independent de orintare;

s este perimetrul fibrei;

l este lungimea fibrei;

A_f este aria secțiunii transversale a fibrei.

Termenul din partea stângă a relației (IV.3) este rezistența maximă după fisurare a compozitului :

$$f_{cm} = \frac{s \cdot l \cdot \mu' \cdot V_f \cdot \tau_b}{4 \cdot A_f} \quad (IV.3a)$$

Dacă inegalitatea (IV.3) este inversă, rezistența maximă după fisurare va fi mai mică decât rezistența la apariția primei fisuri și în compozit va începe procesul de rupere.

În cazul armării disperse, se folosesc fibre scurte cu o lungime optimă (l_o) pentru care efortul de smulgere, pe lungimea cea mai probabilă de smulgere ($l/4$) este mai mic sau egal cu rezistența fibrei (f_f), adică (IV.5) :

$$l_o \leq \frac{4 \cdot A_f \cdot f_f}{s \cdot \tau_b} \quad (IV.5)$$

În realitate, lungimea de smulgere a fibrei va varia între 0 și $l/2$.

Mortarul utilizat se realizează din nisip, cu sorturile între 1 ... 7 mm și pietriș între 7 ... 12 mm cu o bună granulozitate, ciment și apă. Fibrele se adaugă după amestecarea uscată a componentelor mortarului și înainte de adăugarea apei. După preparare mortarul se toarnă în tipare, de regulă, pregătite pentru realizarea de plăci plane (dale) sau elemente pliate. Pentru compactarea betonului se folosește vibrarea.

Fibrele de sticlă metalică au o compoziție $Fe_{29} Ni_{49} P_{14} B_6 Si_2$, cu o bună rezistență la coroziune și în mediul mortarului. Fibrele sunt de secțiune dreptunghiulară cu lățime de 0,5 mm, grosimea de circa 0,08 mm (aria secțiunii transversale de $0,04 \text{ mm}^2$) și perimetrul de 1,16 mm. Fibrele au o față netedă în timp ce celelalte fețe sunt rugoase. Rugozitatea este de natură să asigure o bună aderență între fibre și piatra de ciment. Lungimea optimă a fibrelor scurte este cuprinsă între 25 ... 40 mm.

În tabelul IV.1 sunt prezentate câteva proprietăți fizico-mecanice ale fibrelor utilizabile la armarea betonului.

În ultima coloană a tabelului IV.1 este dat indicele de calitate (rezistența la întindere/densitate aparentă), cele mai eficiente fiind fibrele de sticlă și carbon, al căror cost este însă foarte ridicat comparativ cu fibrele de oțel cu structură cristalină, care au o eficiență moderată.

Tabelul IV.1

Felul fibrei	Diametru m	Densitate r_a kg/m ³	Rezistența la întindere R_t kN/mm ²	Modulul de elasticitate kN/mm ²	Alungirea la rupere %	$\frac{R_t}{\rho_a}$ MNm/kg
Azbest	0,02-20	3200	0,5-3,00	80-150	0,5-2,0	0.15-0,95
Vată minerală	10	2700	0,5-0,8	70-120	0,6	0.18-0.3
Carbon (grafit)	8-9	1900	1,8-2,6	200-380	0,5-1,0	0.95-1.37
Oțel	5.-800	7850	1,0-3,0	210	3-4	0.13-0.39
Sticlă	9-15	2500	1,0-4,0	70-80	1,5-3,5	0.46-1,60
Alumină policristalină	500-770	3900	0,65	245	-	0.17
Bumbac	-	1500	0,4-0,7	5,0	3-10	0,27-0,47
Sisol	10-50	1500	0,8	-	3	0,53
Polietilenă	20-200	950	0,7	0,14-0,42	10	0,77
Polipropilenă	20-200	900	0,5-0,8	3,5-5,0	20-25	0,55-0,90
Poliesteri	20-200	950	0,7-0,9	8,4	11-13	0,74-0,95

Fibrele sau benzile din fontă sunt materiale metalice cu structură amorfă, denumite și sticle metalice, ele constituie o categorie nouă de metale cu înalte caracteristici de rezistență, duritate și ductilitate care conțin în principal: Fe-Cr-P-Si-C. Fibrele sau benzile se realizează prin metoda răcirii ultrarapide, a topiturilor cu cel puțin 10⁰C/s. Topitura trece printr-o duză, pe o rolă de răcire aflată în mișcare de rotație, pe

exteriorul căreia, la impactul cu rola de răcire topitura se solidifică sub formă de fibre sau benzi.

În tabelul IV.2 sunt prezentate principalele proprietăți fizico-mecanice ale fibrelor sau benzilor din fontă amorfă sau sticlă metalică.

Tabelul IV.2

Denumirea fibreii	Dimensiuni mm		Densitate ρ_a kg/m ³	Rezistența la întindere R_t KN/mm ²	Modulul de elastici- tate KN/mm ²	Alungire la rupere %	$\frac{R_t}{\rho_a}$ MN m/kg
	grosime	lățime					
Fontă	0,015 0,060	1 ÷ 2	7300	2 ÷ 3	130	1,5 ÷ 1,8	0,27 ÷ 0,40

Rezistențele la rupere ale fibrelor metalice amorse sunt superioare metalelor cristaline și implicit oferă un indice de calitate îmbunătățit. Folosirea lor e posibilă sub temperaturi de cristalizare, adică până la 400-500°C. Ele se pot utiliza sub formă de fibre scurte, în cazul armării disperse, fibre lungi sau țesături, în cazul armării dirijate. Prezintă o foarte bună rezistență la coroziune. Suprafața specifică este superioară fibrelor de oțel tradițional.

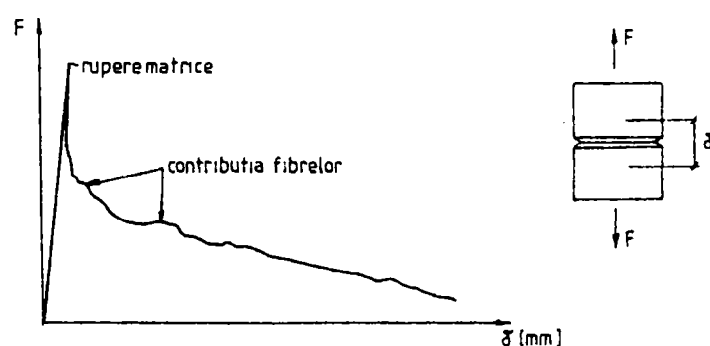


Fig. IV.1.1 Curba efort – deformație

Prezintă o foarte bună rugozitate și, implicit, aderență bună cu betonul. Rezistența la încovoiere, a betonului armat dispers cu fibre scurte din fontă, crește de 3...4 ori în condițiile încorporării a 1.5 % fibre din volum. În fig.IV.1.1 se prezintă curba efort-deformație pentru un beton armat volumic cu 0,8 % fibre din fontă amorfă.

Noul material compozit poate avea multiple utilizări atât în varianta monolită, cât și în cea prefabricată.

În varianta monolită se pot realiza : îmbrăcămînți rutiere, piste de aviație, construcții hidraulice, lucrări de îmbunătățiri funciare, consolidări și altele.

În varianta prefabricată se pot realiza : panouri de închidere la clădiri, panouri fonoabsorbante, chesoane pentru planșee, conducte de presiune și tuburi, jgheaburi și dale pentru sistemele de irigații, șarpante pentru acoperișuri, cofraje autoportante și altele.

Cunoașterea și dezvoltarea domeniilor de utilizare a betonului armat cu fibre metalice amorse (sticla metalică) rămâne o problemă deschisă, dependentă de contribuțiile cercetării științifice în domeniu.

Betonul simplu supus la întindere se caracterizează prin rezistențe mici și o comportare casantă. De aceea asocierea cu bare-fibre pentru armare este benefică. Se mărește capacitatea portantă și comportarea se schimbă de la una casantă la una ductilă. Betonul armat cu fibre poate fi considerat ca o variantă a principiului armării. În acest caz armarea nu se realizează cu bare independente ci cu un număr foarte mare de fibre distribuite în mod aleator în amestec. Fibrele au ca scop preluarea efortului de întindere atunci când are loc ruperea betonului. Mecanismul transmiterii efortului printr-o fisură este diferit de cel al betonului armat, când armătura este ancorată. Capacitatea de rezistență limită este atinsă când are loc ruperea oțelului. În cazul fibrelor, cea mai bună comportare este alunecarea lor în beton când fisurile cresc. Din acest considerent capacitatea de fixare a fibrei trebuie să fie suficient de mare pentru ca ea să nu se rupă. Eficiența fibrelor este condiționată de orientarea lor în plan sau spațiu

față de direcția solicitărilor. Betonul armat cu fibre oferă un număr de particularități favorabile cu largi posibilități de aplicare.

Fibrele orientate haotic în plan sau spațiu pot întârzia propagarea microfisurilor în matrice. Efectul fibrelor depinde și de caracteristicile lor geometrice și de concentrația lor. Microfisurarea începe deja în timpul procesului de hidratare a cimentului datorită deformațiilor matricei. Propagarea microfisurilor este întârziată de prezența fibrelor deoarece ele generează o rezistență la întindere post-fisurare, concentrarea efortului în jurul fisurii fiind redus. Prezența fibrelor în matrice realizează practic o cusătură a microfisurilor, condiționată de rezistența de rupere la întindere, de modul de fixare a fibrelor și raportul lungime / diametru.

Compoziția betonului armat cu fibre din fontă trebuie să satisfacă condiția :

$$1000 = \frac{C}{\rho_c} + \frac{g}{\rho_g} + w + a + \frac{f}{\rho_f}$$

unde : C – cantitatea de ciment în kg

ρ_c - greutatea specifică a cimentului în kg/dm³

g – greutatea agregatelor

ρ_g - greutatea specifică a agregatelor în kg/dm³

w – cantitatea de apă în dm³

a – volumul de aer în dm³

f – cantitatea de fibre în kg

ρ_f - greutatea specifică a fibrelor în kg/dm³

Pentru o bună conlucrare între matrice și fibre, agregatele sunt practic nisipuri și pietrișuri cuprinse între 1 – 16 mm. Aceasta pentru că numărul de fibre din unitatea de volum deservește odată cu creșterea diametrului maxim al agregatului.

Se utilizează cantități sporite de ciment deoarece fibrele considerate ca "agregate adiționale" au o mare suprafață specifică care se acoperă cu pastă de ciment. De asemenea volumul de pastă de ciment determină spațiul disponibil pentru fibrare. Cu cât volumul de

ciment e mai mare crește posibilitatea de a încorpora fibre în anumite clase de consistență.

Conținutul minim de fibre este de 25 kg/m^3 , adică 0,3 % din volum. Limita superioară este cuprinsă între 50 și 100 kg/m^3 , adică 0,6...1,2 % , în funcție de proprietățile mecanice ale compozitului.

Se recomandă a folosi un raport apă/ciment între 0,45 și 0,55. Consistența cerută poate fi obținută prin adăugarea de adaosuri specifice de superplastifianți.

IV.2 Criterii de rezistență

Cercetările arată că modul de fisurare al betonului fibrat diferă de cel al betonului simplu, nefibrat.

Pentru fundamentarea criteriilor de rezistență, specifică betonului fibrat, este esențial a se pune în evidență rolul fibrelor în matricea de ciment supusă la solicitări mecanice. Mecanismul de degradare a materialelor fragile, cum este piatra de ciment, mortarul sau betonul este importantă în dezvoltarea procesului de fisurare.

Pentru elemente supuse la solicitarea de întindere, procesul de fisurare a betonului pune în evidență trei stadii:

- a) fisurarea uniformă în volum;
- b) tendința de orientare a microfisurilor după direcția întinderilor maximale ce conduc la un proces de multifisurare;
- c) corespunde propagării microfisurilor în direcția principală a întinderilor.

Primul stadiu corespunde unui fenomen inerent al materialului, este independent de geometrie și condiții limită. Materialul este considerat un mediu continuu caracterizat de o lege specifică de comportament. Fibrele joacă un rol de cusătură a microfisurilor și a propagării lor, regularizând comportamentul betonului.

Al doilea și al treilea stadiu depind de condițiile limită, materialul având o comportare diferită de structură. (Fig.IV.2.1)

Modul de rupere este determinat și de influența caracteristicilor geometrice ale fibrelor. Adică lungimea și forma fibrelor sintetizate în procentul volumic. Fibrele scurte prezintă în amestec o distanță mai mică între ele și astfel favorizează omogenitatea și dezvoltarea procesului de fisurare. Eficacitatea lor este evidentă mai mult pe durata primului stadiu de fisurare.

Rezistențele sunt influențate de efectul orientării preferențiale a fibrelor și de stratificația materialului creată de fibre. Pentru precizarea criteriilor de rezistență este necesară o analiză morfologică și un studiu de comportament mecanic al materialului.

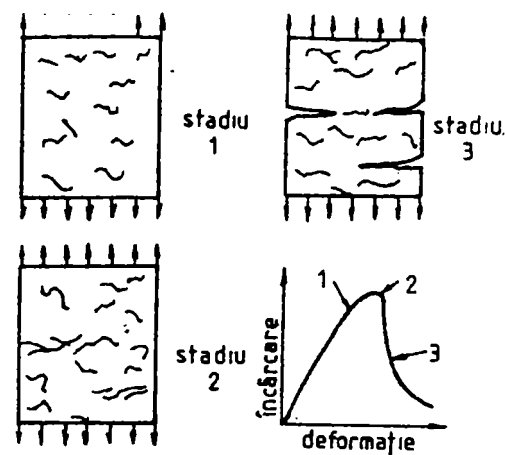


Fig.IV.2.1 Fisurarea elementelor întinse

IV.2.1 Morfologia materialului

Operațiunea de punere în operă a materialului este hotărâtoare în orientarea fibrelor. Datorită gravitației și geometriei fibrelor, ele se orientează perpendicular pe direcția de turnare. Această orientare este favorizată de o foarte bună lucrabilitate, o mare densitate de fibre, o bună vibrare a compozitului. Direcția de turnare devine astfel ca o axă de simetrie naturală a materialului ce îi conferă un caracter de mișcare circulară.

În punerea în evidență a caracteristicilor compozitului, un rol important îl are modul de identificare a celor mai bune soluții de a realiza epruvete cât mai autentice. În acest sens pentru a evita efectele

de margine ale epruvetelor realizate în mod individual, se consideră mai autentică soluția de decupare a epruvetelor din materiale compozite masive, din zona de mijloc. (Fig.IV.2.2) Punerea în evidență a anisotropiei compozitului caracterizat de deviații ale sistemelor structurale în dispunerea fibrelor, are la bază raportarea la o stare de dezordine completă și utilizează în acest scop două tipuri de orientare parțială a fibrelor.

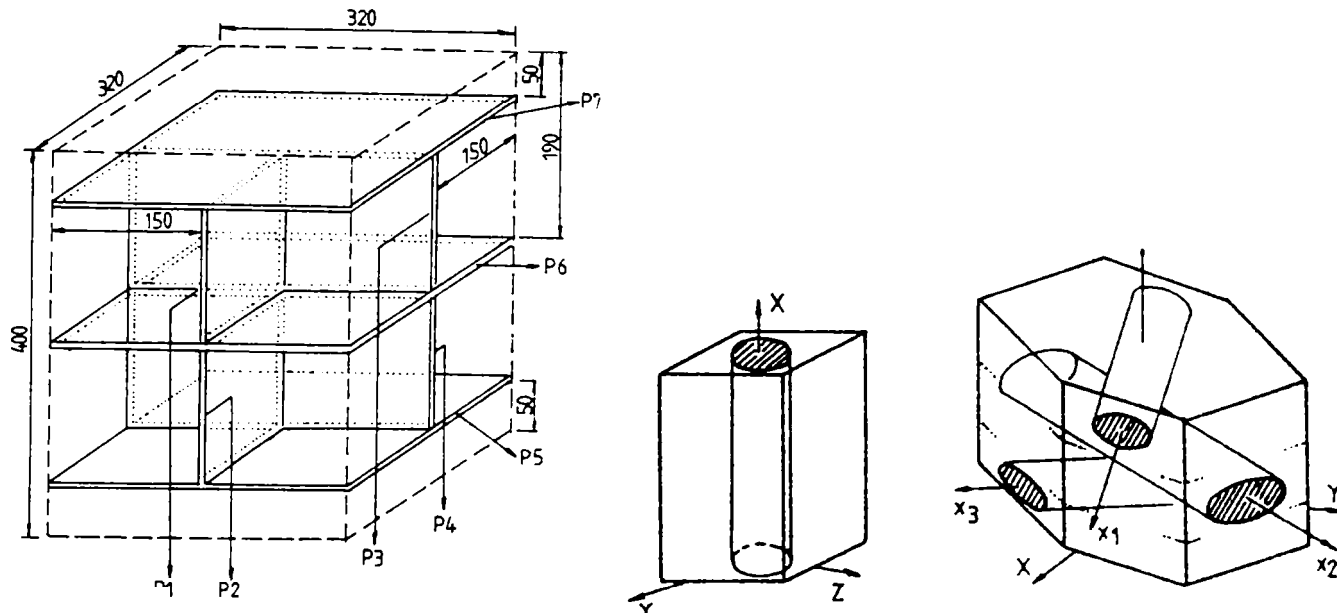


Fig. IV.2.2 Decuparea epruvetelor

Sistemul de fibre existent este descompus într-un sistem dispersat în spațiu și unul dispersat în plan, perpendicular pe axa de simetrie. Pe această bază se poate identifica coeficientul de eficacitate al fibrelor, $\mu(\theta)$, ca raport între proiecția totală a fibrelor pe un ax și lungimea totală a fibrelor din zona de mijloc. În fig.IV.2.3 se prezintă acest coeficient în funcție de orientarea sub un unghi θ al fibrelor. Pentru $\theta = 0$ fibrele sunt paralele cu direcția de turnare și corespunde momentului turnării în tipar.

Un alt coeficient este coeficientul de anisotropie Φ , definit de raportul între lungimea fibrelor repartizate nealeator și lungimea totală a fibrelor introduse la mijloc.

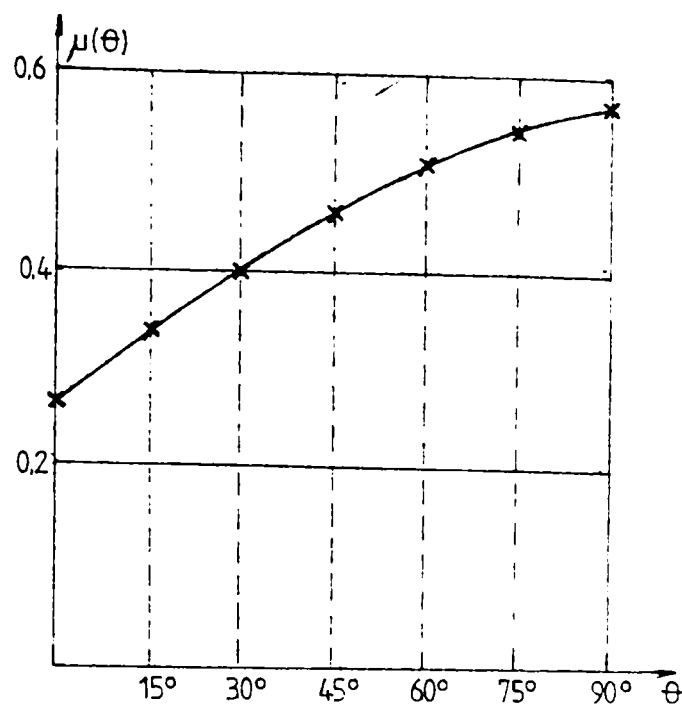


Fig. IV.2.3 Variația coeficientului de eficacitate a fibrelor

Pe baza studiului anisotropiei, rezultă că operația de turnare a materialului este un factor important pentru orientarea fibrelor. Fibrele au o direcție de orientare preferențial perpendiculară pe direcția de turnare.

IV.2.2 Caracterizarea comportării anisotropice a materialului

Ca epruvete reprezentative, din acest punct de vedere, se consideră cele cilindrice, extrase din mijlocul compozitului masiv. Studiul comportamentului la compresiune și întindere sunt edificatoare în acest sens.

a) Epruvetele. Din masa compozitului masiv se extrag carote cu diametrul interior de 80 mm orientate pe diferite direcții. La extremități, carotele se taie pentru a obține epruvete lungi de 160 mm și cu fețele paralele. Fibrele se consideră dispersate în plan, trebuind corelată aceasta cu direcția de extragere a carotelor.

b) Încercări la compresiune. Ele sunt direcționate în funcție de direcția de extragere a carotei din masiv. În acest sens se pot lua în discuție 7 direcții pentru $\theta = 0^{\circ}, 15^{\circ}, 30^{\circ}, 45^{\circ}, 60^{\circ}, 75^{\circ}, 90^{\circ}$.

Din analiza planului de rupere al materialului rezultă următoarele:

-pentru orientări $\theta = 0^{\circ}, 15^{\circ}, 30^{\circ}$ există multe fisuri principale ce traversează planele de fibră (mod I de fisurare);

-pentru orientare $\theta = 45^{\circ}$, fisurile se formează în planul fibrelor, fie le traversează (mod II de fisurare);

-pentru orientare $\theta = 60^{\circ}, 75^{\circ}$, fisurile se înșiră în plane preferențiale reperate de fibrele din epruvete (mod II de fisurare);

-pentru orientare $\theta = 90^{\circ}$ se regăsesc fisuri verticale (mod I de fisurare).

S-a dovedit că poziția perpendiculară a fibrelor la solicitarea de compresiune este mai favorabilă $\theta = 90^{\circ}, 75^{\circ}$. Poziția mai puțin favorabilă apare pentru $\theta = 60^{\circ}$.

θ este unghiul format din direcția eforturilor de compresiune normale și planul preferențial de orientare a fibrelor. Anisotropia rezistențelor materialului compozit este deci discontinuă, în timp ce evoluția deformațiilor este de tip continuu.

c) *Încercarea la tracțiune.* Aceasta se realizează tot pe epruvete decapate. Ruperea apare sub un plan perpendicular pe direcția efortului principal.

IV.2.3 Criterii de rezistență

Criteriile de rezistență sunt corelate cu cele 2 moduri de fisurare. Pentru modul II de fisurare criteriile de rupere sunt dependente de relația între eforturile tangențiale și cele normale din planele de rupere, precum și de efectul confinării. Pentru modul I de fisurare se acceptă ipoteza corpurilor izotrope.

Fibrele și matricea de ciment au un triplu rol : permit mobilizarea unei mai mari energii elastice în material; cresc energia volumică consumată în vecinătatea fibrelor și servesc ca elemente de cusătură ale fisurilor. Sunt observate două moduri de fisurare, fiecare depinzând de elementul care influențează fisurarea : matricea sau stratificarea fibrelor. Rezistențe mai slabe se obțin pentru $\theta = 60^{\circ}$ având o ruptură prin tăiere sub un plan preferențial de repartiție a fibrelor.

Asocierea celor două criterii de rezistență permit a prevedea rezistența și modul de rupere.

IV.3. Caracteristicile betonului fibrat

Mărimile caracteristice sunt cele clasice, adică :

- granulozitatea structurii betonului;
- dozajele de nisip, pietriș, ciment, apă și eventual filler și fibre;
- adaosuri plastifiante

Determinarea caracteristicilor betonului fibrat impune pentru început, definirea epruvetelor asupra cărora se fac determinări, precum și a tehnicilor de încercare, adică :

- a. – tipul de epruvetă (clasică, grindă, plăci etc.);
- b. – geometria tipului de epruvetă (îngroșată, subțire etc.);
- c. – tipul de încărcare (sub efort, sub deplasări sau mixt);
- d. – răspunsul compozitului.

IV.3.1. Tipul de epruvete

Pentru înțelegerea alegerii tipului de epruvetă trebuie cunoscut faptul că prezența fibrelor conduce la o comportare total diferită față de a matricei de ciment. Aceasta poate fi pusă în evidență de încercare la întindere a compozitului (fig.IV.1.1)

Când apare prima fisură se produce o redistribuție a tuturor eforturilor, este un nou mod de funcționare. Se constată o lejeră diminuare a rigidității.

IV.3.2. Geometria epruvetelor

Epruvetele trebuie lăsate la dimensiuni modeste fără a îngreuna manipularea, transportul și încercarea. Aceasta impune o geometrie tip grindă sau eventual tip placă. Pentru dimensiuni de fibre de 25...40 mm

lungime pentru a diminua efectele de margine, se pot preleva epruvete prin tăiere dintr-un material masiv.

Pentru determinările la încovoiere se pot folosi următoarele dimensiuni : grosimea $h=100-150$ mm, lățimea $b=200$ mm (de 3-4 ori lungimea fibrei), lungimea nu este legată de lungimea fibrei. $L=10 h$. Practic epruvetele pot avea dimensiunea de $120 \times 200 \times 800$ mm.

IV.3.3. Tipul de încărcare

Două cazuri sunt de considerat. În cazul barelor sistemul de încărcare punctual este favorabil solicitărilor maxime în secțiune. Aspectul aleator al defectelor este greu de prins în calcul. În cazul structurilor tip placă încărcate punctual, prima fisură nu conduce rapid la rupere, ci doar la o redistribuție a eforturilor interne. Celelalte secțiuni ale epruvetei se vor angaja ulterior în procesul de rupere.

IV.3.4. Răspunsul compozitului

Este o problemă delicată. Calculul corect al caracteristicilor mecanice ale fibrelor, dozajul lor, precum și modul lor de ancorare în matricea de beton, se regăsesc în creșterea rezistenței la întindere. Răspunsul epruvetei pentru o încărcare sub săgeata (δ) controlată este indispensabil pentru a stăpâni, măcar parțial, procesul de rupere.

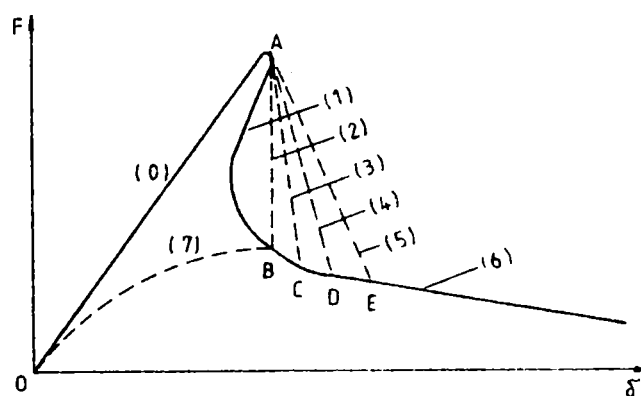


Fig.IV.3.1 Proces de rupere la încovoiere

- 0≡Comportare elastică înainte de fisurare;
- 1≡Revenirea, redistribuirea energiei de deformare în procesul de fisurare controlat pentru o încărcare cu 2 forțe;
- 2≡Răspuns pentru o încărcare sub săgeată constantă, încărcarea fiind quasi-instantanee;
- 3≡Situția identică cu precedentă, încărcare nefiind mai instantanee;
- 4≡Răspunsul (F, δ) sub viteză constantă de deplasare a forței. bazinul mașinii fiind infinit rigid;
- 5≡Situția analoagă cu precedentă, bazinul mașinii nefiind mai infinit rigid;
- 6≡Ansamblul curbelor precedente racordate la cele obținute plecând de la o încercare identică, matricea fiind prefisurată.

Ilustrarea procesului de rupere este redată în fig.IV.3.1. cazul unei întinderi din încovoiere rezultată din 4 moduri de răspuns al compozitului. Măsurarea săgeții are ca reper axul median al grinzii. evitându-se efectele locale de strivire în reazeme.

IV.4. Diagrama efort-deplasări obținută pe epruvete de 120x200x800 mm supuse la încovoiere

Ansamblul curbelor obținute este ilustrat în fig.IV.4.1. Încărcarea este menținută până se obține o săgeată $\delta=L/150$ de 4.8 mm. aproximativ.

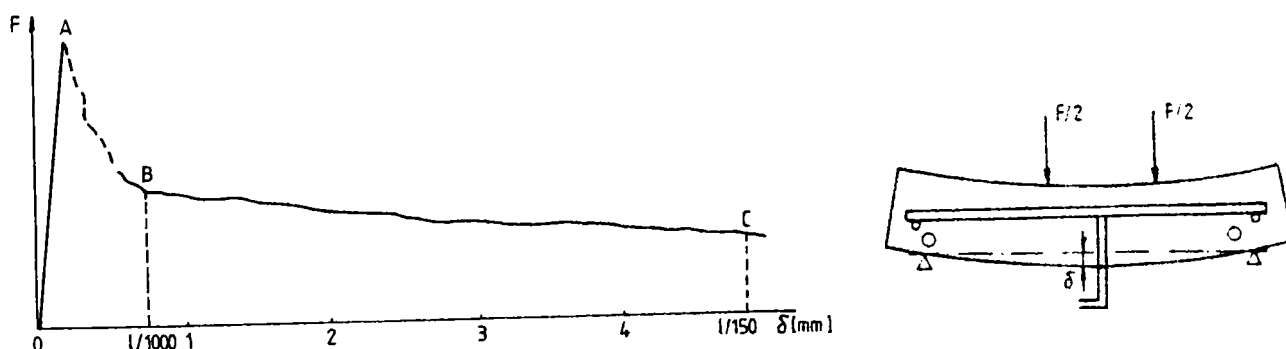


Fig.IV.4.1. Ansamblul diagramelor efort-deplasări

Particularitățile zonelor OA, AB și BC sunt :

OA≡Ansamblul betonului fibrat are un răspuns quasielastice până la ruperea matricei, panta curbei depinzând doar de geometria epruvetelor și natura materialului. Pentru 0, 20, 30, 40 kg fibre aceste segmente sunt sensibil aceleași.

AB≡Comportamentul poate fi pus în evidență având la dispoziție un sistem de încărcare și deformații performant;

BC≡Deformațiile sunt localizate în secțiunile fisurilor, fibrele participând în totalitate la acest comportament.

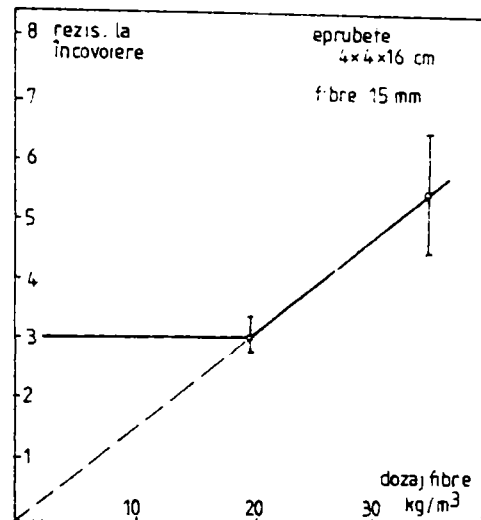


Fig.IV.4.2. Relația rezistență-dozaaj fibre

Avantajele date de utilizarea fibrelor de fontă sunt limitarea fisurării din contracție și creșterea rezistenței finale la deformații din încovoiere.

În fig.IV.4.2 se prezintă valorile rezistenței la încovoiere în funcție de dozaajul de fibre de 15 mm lungime pe epruvete de 40x40x160 mm.

IV.5. Compararea energiilor de deformații

Se definesc trei(3) tipuri de energie (fig.IV.5.1)

E_0 – energie elastică;

E_i – ($i=0,1,2,3,4$ și 4,8 mm) energia cumulată pentru săgețile date;

E_i' – identic cu E_i , dar pentru material elasto-plastic perfect.

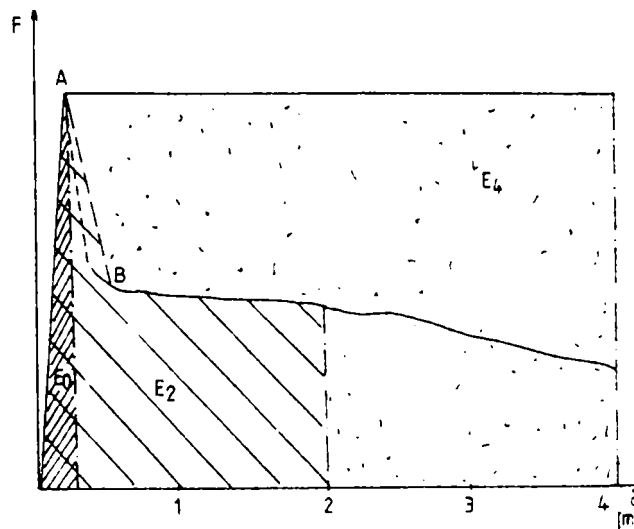


Fig.IV.5.1. Tipuri de energii

Contribuția energetică a matricei este E_0 , identică cu a unui beton nefisurat, simplu. Însă armarea este extrem de benefică vis-à-vis de fragilitatea la rupere.

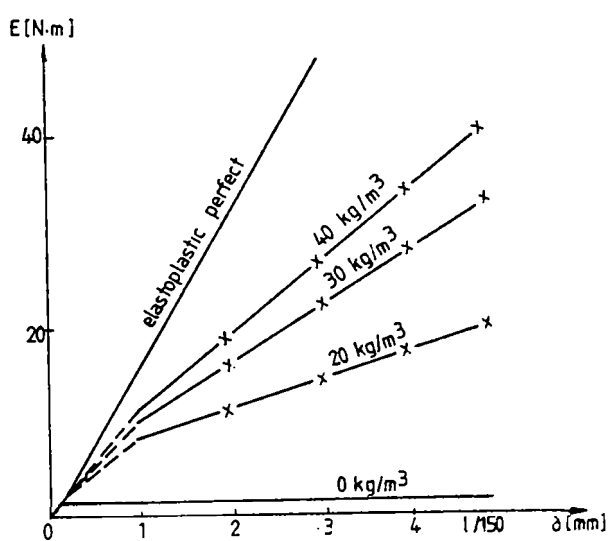


Fig.IV.5.2 Influența dozajului de fibre asupra energiei

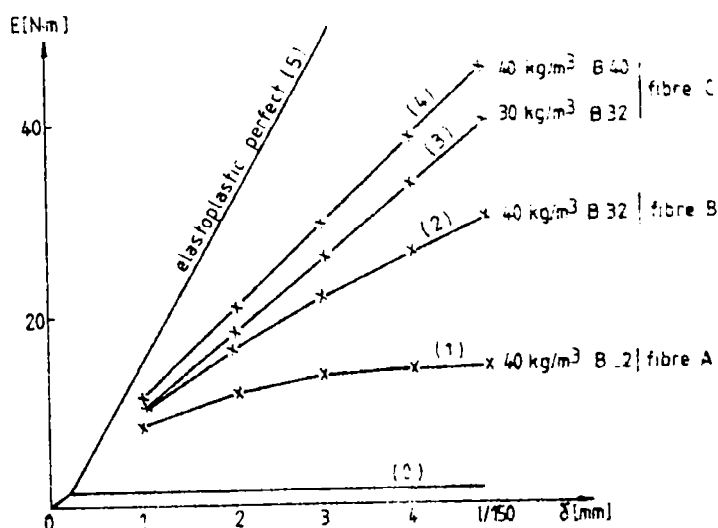


Fig.IV.5.3. Influența tipului de fibră și matrice asupra energiei

Explicarea energiei, pentru diferite dozaje de fibre în funcție de deformațiile epruvetelor oferă informații cantitative asupra proprietăților betonului fibrat. Astfel curbele din fig.IV.5.2 pun în evidență proporționalitatea între energia disipată și săgeata epruvetelor pentru câteva dozaje aproximative de fibre.

Această reprezentare permite clarificarea utilizării cu eficacitate a armării cu fibre pentru o matrice dată.

În fig.IV.5.3 sunt puse în evidență influența tipului de fibră, curbele 1, 2 și 3 la dozaje egale și influența proprietăților matricei, 3 și 4, asupra energiei disipate în ruperea lor.

Mărimile energiilor definite de relația matrice fibră permit a estima rezervele de siguranță date de fibre.

CAP. V DETERMINĂRI EXPERIMENTALE

V.1 Programul de determinări fizico-mecanice pe epruvete

a) Încercări fizico-mecanice pe epruvete tip placă decupate din plăci plane

Confecționarea epruvetelor tip placă prin decupare din plăci, elimină marginile și implicit îndepărtează efectele nedorite de margine, conducând la o mai corectă determinare a caracteristicilor fizico-mecanice, cu excepția modulului de elasticitate E_b , unde se efectuează determinări obișnuite.

Programul de determinări fizico-mecanice a cuprins rapoarte ciment/agregat de 1/2 ; 1/3 ; și procente volumice de fibre din fontă amorfă de 0,0% (probele martor) ; 0,3% ; 0,5% și 0,7%.

Din plăci plane de 200x200x12 mm sunt decupate câte 6 epruvete pentru :

R_{ti} – rezistența la întindere din încovoiere 200x50x12 mm ;

R_t – rezistența la întindere centrică 200x25x12 mm ;

R_c – rezistența la compresiune 75x25x12 mm ;

σ_d – rezistența la șoc 200x25x12 mm ;

ρ_{ap} – densitatea aparentă 75x25x12 mm ;

E_b – modulul de elasticitate 100x100x300 mm.

b) Încercări fizico-mecanice pe epruvete tip placă decupate din masive (cuburi de 200x200x200 mm).

Confecționarea epruvetelor tip placă prin decupare din plăci masive, urmărește îndepărtarea efectelor de margine pe toate direcțiile, fiind, practic, supuse încercărilor zonele din mijloc.

Programul de determinări este același cu cel precizat la punctul a.

c) Încercări fizico-mecanice pe epruvete tip carotă extrase din masive

Confecționarea epruvetelor, tip carotă, prin decupare din masive (cuburi 200x200x200 mm) urmărește îndepărtarea efectelor de margine și studierea efectelor anizotropiei materialului compozit.

Programul experimental de determinări urmărește determinarea rezistenței la compresiune (R_c) și de întindere prin despicare (R_{td}) pe cilindrii (carote) de 150 mm lungime și diametrul de 80 mm.

V.2 Determinări conform programului de experimentări pe epruvete

V.2.1. Determinări asupra liantului

Tabelul V.1

Tipul cimentului	Finețea $R_{0,09}$ %	Apa pt. consistență normală %	Priza		Constanța de volum		Rezistențe mecanice (N/mm ²)				Obs.
			Început	Sfârșit	La Chatelier d_2-d_1 mm	turte	la 2 zile		la 28 zile		
							R_t	R_c	R_t	R_c	
I42,5R (fost P45)	0,7<10	25,82	1h45'	2h45'	0,5<10	bună	6,09	25,46	7,94	40,62	Apropiat de clasa prescrisă

V.2.2. Particularități ale fibrelor din fontă amorfă folosite.

În tabelul IV.2 sunt prezentate principalele caracteristici fizico-mecanice ale fibrelor din fontă amorfă. Rezistențele la rupere sunt superioare metalelor cristaline. Folosirea lor e posibilă sub temperatura de cristalizare, adică până la 400...500 °C. Au fost utilizate fibre scurte. În experimentările din 1999-2000 a fost utilizată o singură lungime de fibră (40 mm). Fibrele prezintă o foarte bună rezistență la coroziune. Suprafața specifică este mare, se asigură o bună aderență cu piatra de ciment.

V.2.3. Confectionarea tiparelor

Tiparele pentru determinările fizico-mecanice pe epruvete tip placă au fost realizate din material lemnos, pentru dimensiuni de placă de 200x200x12 mm.

Pentru determinări fizico-mecanice din epruvete masive, au fost utilizate tipare metalice standardizate. Pentru realizarea epruvetelor tip placă au fost folosite și tipare metalice din dotarea laboratorului

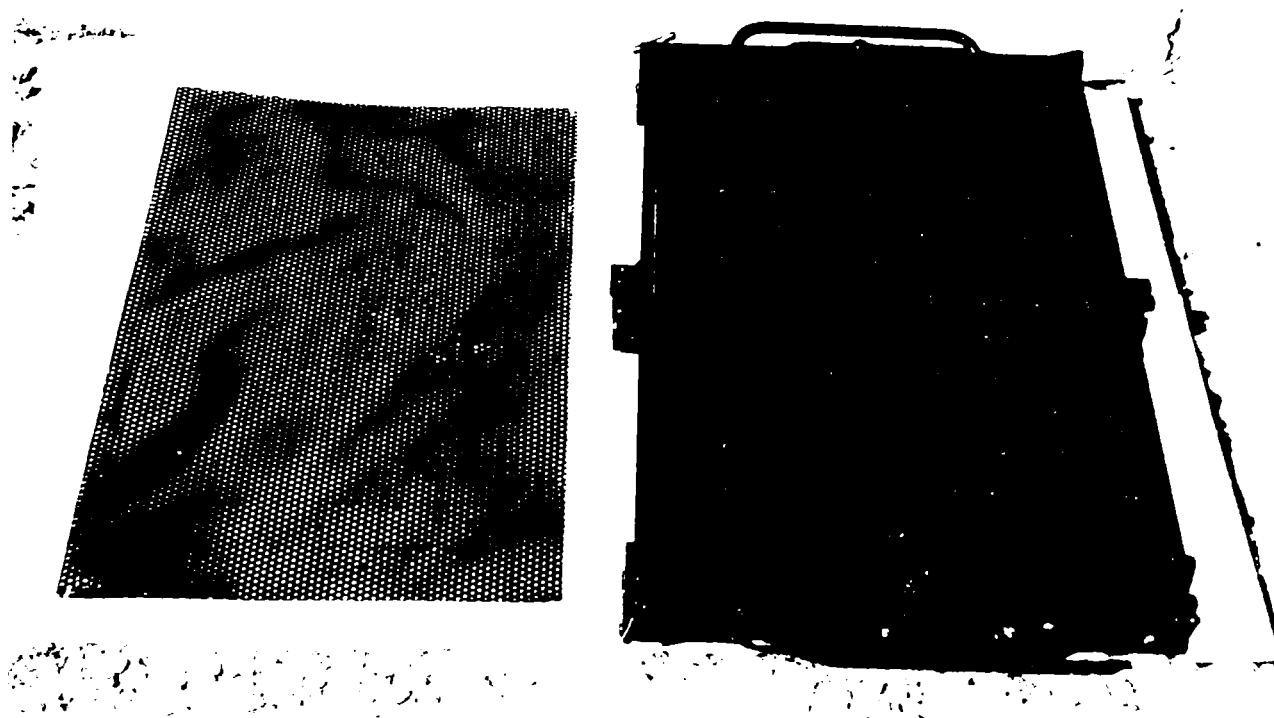


Fig.V.2.1 Tipar metalic

S-a folosit tiparul metalic din fig.V.2.1, astfel executat încât fiind supus presării să favorizeze îndepărtarea apei în surplus din compozitul proaspăt. În acest scop tiparul cuprinde o rețea rectangulară de canale destinate colectării și îndepărtării apei în surplus în timpul presării probelor. Pentru a împiedeca antrenarea spre exterior al mortarului de ciment, în timpul presării, se utilizează o sită din pânză care se interpune între amestec și tipar, pe o sită metalică, care împiedecă deformarea amestecului după profilul canalelor. Îndepărtarea apei în surplus se face prin presare cu o forță de 0.5 daN/cm²

Tiparele pentru jghiab au fost proiectate și executate din material lemnos, conform planșelor PLE 1, PLE 2 și PLE 3.

Tiparele metalice pentru dale au provenit din dotarea laboratorului. Sunt tipare de 1x1 m și 1x1.5 m cu nervuri ortogonale respectiv cu nervuri diagonale, fig.V.2.2 reprezintă tipar de 1x1 m



Fig.V.2.2. Tipare metalice pentru dale

V.2.4. Confecționarea epruvetelor

Epruvetele tip placă supuse încercărilor fizico-mecanice, au fost extrase prin tăiere, cu disc abraziv, din plăci plane de 200x200 mm, 600x375 mm și grosimea de 12...15 mm. Au fost decupate și 5 tipuri de epruvete, corespunzător următoarelor determinări

- 1 – R_{tt} – rezistența la întindere din încovoiere, 150...200/50 mm ;
- 2 – R_t – rezistența la întindere centrică 150...200/25 mm ,
- 3 – R_c – rezistența la compresiune centrică 75/25 mm ;
- 4 - σ_d – rezistența la șoc 100/25 mm ;
- 5 - ρ_{ap} – densitate 50/50 mm și 75/25 mm

Epruvetele tip placă extrase din masive (cuburi cu laturile de 141mm sau 200 mm), la dimensiuni anterior precizate, sunt ferite de efectele de margine, fiind scoase din zona de mijloc a masivului

(fig.IV.2.2a). Acest tip de epruvete permite pe baza experimentărilor să fie mai bine puse în evidență proprietățile fizico-mecanice ale compozitului.

Ca epruvete reprezentative pentru caracterizarea comportării anizotrope a compozitului se consideră cele cilindrice (carote) extrase din mijlocul compozitului masiv, (fig.IV.2.2b). Din aceste epruvete pe baza experimentărilor rezultă rezistența la compresiune (R_c) și rezistența la întindere prin despicare (R_{td}).

V.2.5. Incercarea epruvetelor la întindere din încovoiere indicativ (1), întindere centrică (2), compresiune centrică (3), șoc (4) și densitate (5).

Încercările au fost efectuate cu presa universală din dotarea proprie, urmărindu-se în special modul de fisurare, de rupere și rezistențele de rupere.



Fig.V.2.3.Încercarea la încovoiere

Rezistența la întindere din încovoiere s-a determinat pe epruvete tip 1, sub viteză constantă de încărcare, utilizând presa universală din dotare fig.V.2.3. Valorile absolute ale rezistențelor la întindere din încovoiere (R_{ii}) au fost determinate cu relația V.1, acceptând ipoteza corpului elastic, unde :

$$R_u = \frac{M_r}{W} = \frac{6M_r}{bh^2} \quad (V.1)$$

M_r este momentul de rupere în daN.cm, iar W este modulul de rezistență în cm^3 . Schema statică pentru încercarea la încovoiere este redată în Fig.V.2.4.

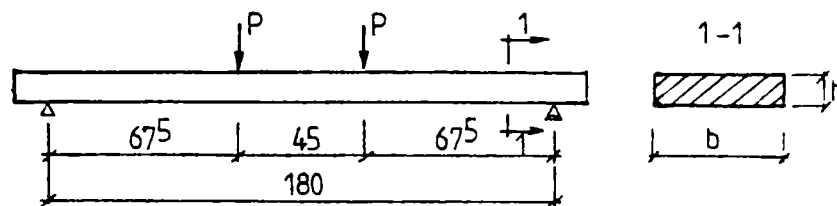


Fig.V.2.4.Schema statică pentru încovoiere

Rezistența la întindere centrică s-a determinat sub viteză constantă de încărcare de 1 daN/cm²/s la vârsta de 28 zile. Prinderea epruvetelor în presă s-a realizat astfel ca să asigure o cât mai bună centrare la acțiunea forței de întindere Fig.V.2.5. Valorile absolute ale lui R_t au fost determinate cu relația V.2.

$$R_t = \frac{P_r}{A} \quad (V.2)$$

unde : P_r este încărcarea de rupere în daN, iar A este aria secțiunii transversale, în cm^2

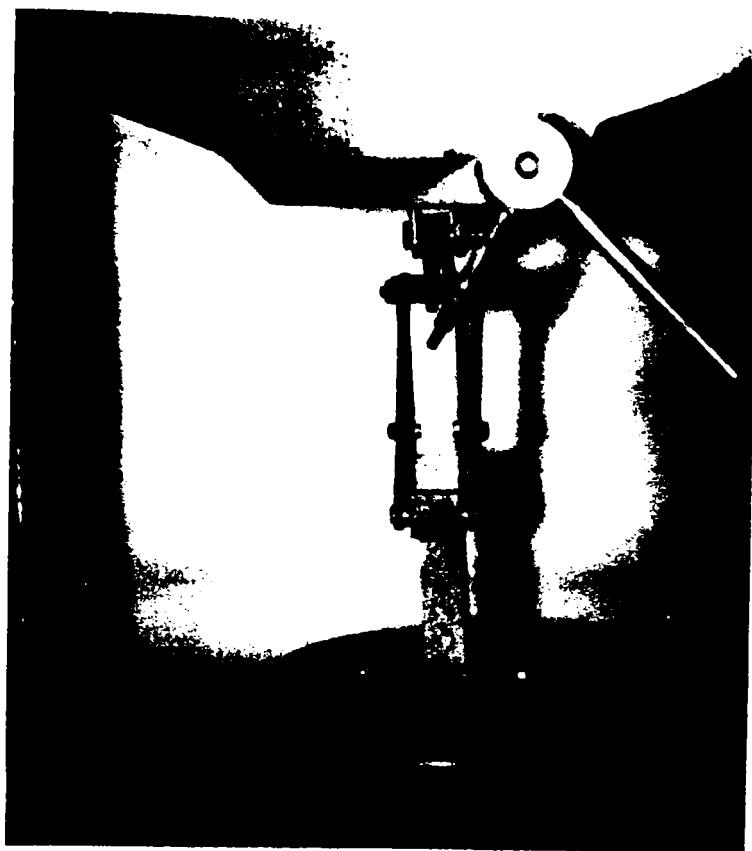


Fig.V.2.5.Încercarea la întindere centrică

Rezistența la compresiune centrică s-a determinat pe epruvete tip 3. Valorile absolute ale rezistențelor (R_c) au fost determinate cu relația V.3.

$$R_c = \frac{P_r}{A} \quad (V.3)$$

unde P_r este încărcarea de rupere în daN, iar A aria secțiunii transversale în cm^2 .

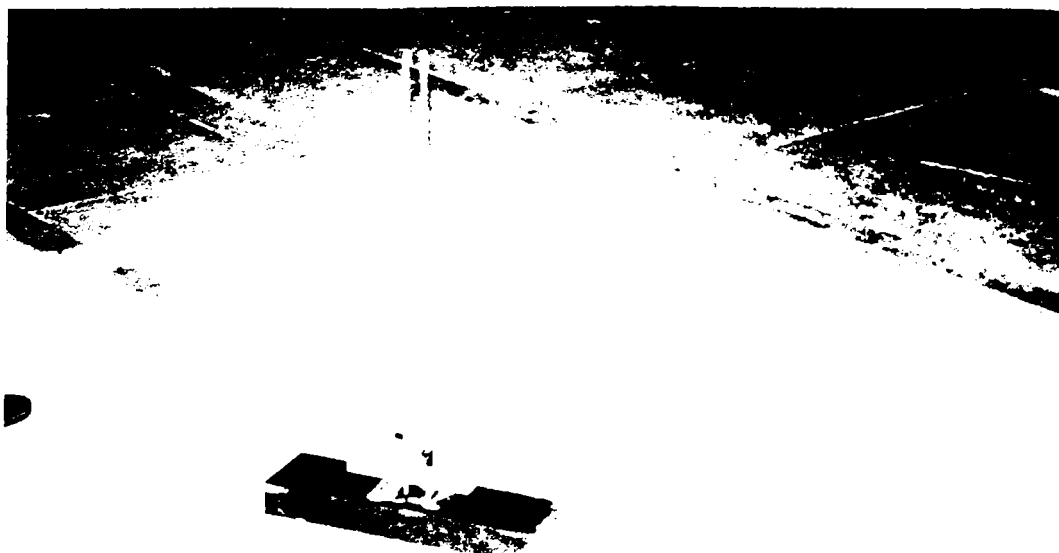


Fig.V.2.6.Încercarea la șoc

Rezistența la șoc s-a determinat pe epruvete tip 4. Încercările au fost efectuate cu un aparat relativ simplu, realizat prin autoutilare fig.V.2.6.

Aparatul are un indicator gradat în dreptul căruia glisează o greutate de 0,5 kg putându-se marca înălțimea de la care căderea greutății produce ruperea epruvetei. În fig.V.2.7 este prezentată schema de încărcare a epruvetei la șoc.

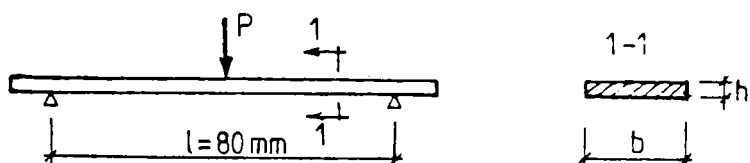


Fig.V.2.7.Schema statică pentru șoc

Elementul care caracterizează capacitatea unei epruvete de a rezista la șoc este lucrul mecanic de deformație pe care-l poate acumula epruveta. Rezistența la șoc se determină din ipoteza egalării energiei de deformație a epruvetei solicitate cu energia corpului care produce șocul.

Valorile absolute ale rezistenței la șoc se determină cu relația V.4. :

$$\sigma_d = \frac{h}{b} \sqrt{\frac{12P_r h_r E_{bc}}{l}} \quad (V.4)$$

unde : E_{bc} este modulul de elasticitate al compozitului ;

P_r este încărcarea de rupere a epruvetei ;

h_r este înălțimea de cădere a încărcării care produce ruperea epruvetei ;

l este distanța dintre reazemele epruvetei ;

b este lățimea secțiunii epruvetei ;

h este înălțimea epruvetei.

Densitatea aparentă ρ_{ap} , s-a determinat pe epruvete tip 5. Determinările au fost precedate de măsurarea dimensiunilor și a masei epruvetelor. Densitatea aparentă s-a determinat cu relația V.5 :

$$\rho_{ap} = \frac{Gr}{V_{ap}} \quad (V.5)$$

unde : Gr este masa epruvetei în grame, iar V_{ap} este volumul aparent al epruvetei în cm^3 .

Rezultatele tuturor acestor cinci determinări sunt redată în tabele V.2, V.3, V.4, V.5 și V.6.

Din analiza rezultatelor se reține că pentru rapoarte ciment/agregat cuprinse între $\frac{1}{2}$ și $\frac{1}{3}$ rezistențele la întindere din încovoiere (R_{ti}) cresc cu 42...56%, rezistențele la întindere centrică (R_t) cu 45...68%, rezistențele la compresiune centrică (R_c) cu 10...11%, iar densitatea aparentă (ρ_{ap}) este cuprinsă între 0,9...1,0 fiind aproape de cea a probelor martor.

Modulul de elasticitate static (E_{bc}) s-a determinat pe epruvete de 100x100x300 mm.

V.2.6. Determinarea gradului de impermeabilitate a elementelor plane din beton armat cu fibre din fontă amorfă

Au fost folosite fibre scurte asigurându-se o armare dispersă în plan. Cercetările au fost urmărite pe mai multe serii de epruvete utilizând în principal două tipuri de fibre de lățimi diferite ale secțiunii transversale. S-a utilizat un ciment portland cu adaosuri Pa 35, existând o deplină compatibilitate chimică cu fibrele de fontă amorfă. Apa care a fost folosită este potabilă, curată, fără acizi, baze sau uleiuri. Agregatele utilizate sunt nisipuri cu dimensiunea granulelor între 1 ... 3 mm provenite din râuri și pregătite în prealabil prin spălare și uscare.

Au fost utilizate fibre de fontă amorfă, de lățime 1,5 mm și 2,0 mm, grosimea lor este aceeași (20 ... 60 μ), iar lungimea cuprinsă între 25 și 40 mm, adică se încadrează în categoria fibrelor scurte utilizabile în armarea dispersă.

Au fost realizate epruvete în tipare metalice, adecvate, pentru realizarea unor plăci de 375/150mm.

Rețetele utilizate sunt menționate în tabelul V.7 :

Tabel V.7

Indicativ placă	P _{fg} % FF	Lățime fibră mm	$\frac{C}{Agr}$	Cantități material pentru o placă de 375/150mm			
				C(kg)	Agr.(kg)	A/C	FSM (gr)
Martor	-	-	2/1	0,8	0,4	0,45	-
300	6	2,0	2/1	0,8	0,4	0,45	48
600	4	1,5	1/1	0,6	0,4	0,4	24

Obs.: FF = fibre din fontă amorfă

În vederea determinării absorbției de apă s-a utilizat un aparat construit în cadrul catedrei CCIA prin similitudine cu testul ISA(initial surface absorption) aparat pentru determinarea absorbției de suprafață a apei, redat în fig.V.2.8a și V.2.8b.

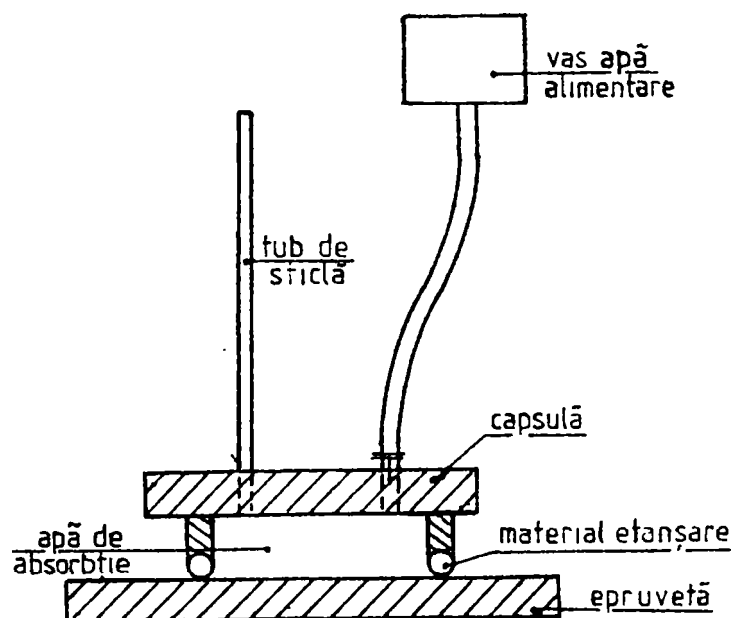


Fig.V.2.8a.Schema pentru absorbția de suprafață

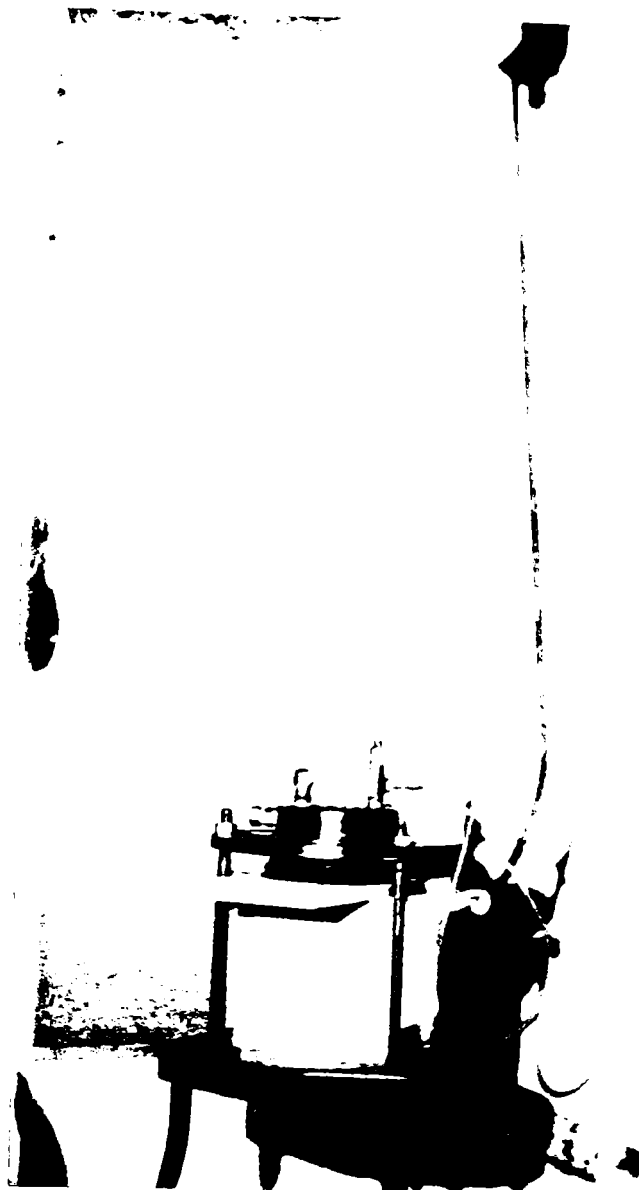


Fig.V.2.8b.Instalația pentru absorbția de suprafață

Aparatul se compune dintr-o capsulă, fixată etanș pe suprafața betonului, care este umplută cu apă, la presiune joasă, dintr-un vas, printr-un furtun. Capsula este în legătură cu un tub subțire de sticlă cu ajutorul căruia se măsoară nivelul apei în capsulă. În momentul începerii experienței, după ce capsula și tubul capilar cu care comunică au fost umplute cu apă, se va închide robinetul de acces a apei în capsulă din vasul de alimentare. Pe măsură ce apa pătrunde în beton, se măsoară volumul acestuia pe tubul de sticlă.

Prin cercetările efectuate în diverse țări cât și în laboratorul Catedrei CCIA s-a constatat că există o bună corelație între proprietățile structurale și indicele A_s (ISA). Astfel se poate stabili o legătură între indicele A_s și raportul apă-ciment, marca betonului, condițiile de mediu în decursul întăririi betonului și vârsta acestuia.

Calcululele bazate pe testul A_s (ISA) au în vedere următoarele :

Volumul de apă V_a pentru o arie de contact apă-beton, unitară, este dat în relația :

$$V_a = \frac{A_s}{\rho_{\text{apa}}} \sqrt{t_s} \quad (\text{V.6})$$

în care : ρ_{apa} - densitatea apei

t_s - timpul de expunere (sucțiune)

A_a - coeficientul absorbției de apă care se determină din relația :

$$A_a = K_2 \sqrt{2 \cdot r_h} \frac{\varepsilon_{\text{abs}}}{a_{T_{\text{abs}}}} \quad (\text{V.7})$$

unde : ε_{abs} - porozitatea capilară efectivă, parte a porozității care este între limitele $10 \mu\text{m} < r < 100 \mu\text{m}$

$r_h = \varepsilon_{\text{abs}} / S_{\text{abs}}$ este raza hidraulică în care S_{abs} este suprafața specifică

$a_{T_{\text{abs}}} = h_{\text{id}} / h_n > 1$ este factorul care reprezintă raportul adâncimii de sucțiune a unui corp poros ideal h_{id} la cea a unui corp poros real h_n

K_2 - coeficient fizic care ia în considerare tensiunea superficială, unghiul de contact, vâscozitatea și temperatura apei.

Coeficientul A_a trebuie să fie determinat experimental.

În conformitate cu relația de mai sus, valoarea A_s (ISA) se poate exprima astfel :

$$A_s(t_s) = V_a(t_s) = \frac{dV_a}{dt_s} = \frac{A_s}{2 \cdot \rho_{\text{apa}}} t_s^{-\frac{1}{2}} \quad (\text{V.8})$$

Volumul V_a corespunde porozității capilare (porozitatea aparentă) efectivă ($r > 100 \mu\text{m}$) care se umple cu apă fiind funcție de conținutul de umiditate și temperatură.

Pe baza testului A_s se poate stabili o lege teoretico-experimentală de calcul a adâncimii de carbonatare a betonului.

În vederea determinării absorbției și permeabilității plăcilor din mortar armate cu fibre metalice amorse cu aparatul descris în fig.V.2.8

s-a determinat absorbția de suprafață. Datele rezultate din măsurătorile efectuate sunt prezentate în tabelul V.8.

Tabel V.8

EPRUVETA 300		EPRUVETA 300		EPRUVETA MARTOR		EPRUVETA 600		EPRUVETA 600	
t _s (min)	L (cm)	t _s (min)	L (cm)	t _s (min)	L (cm)	t _s (min)	L (cm)	t _s (min)	L (cm)
1	3,2	1	2,6	1	17,8	1	0,6	1	0,6
2	2,2	2	2,1	2	13,5	2	0,6	2	0,3
3	2,0	3	1,8	3	9,2	3	0,4	3	0,3
4	2,0	4	1,8	4	5,9	4	0,6	4	0,3
5	2,4	5	1,7	5	5,0	5	0,5	5	0,3
6	2,4	6	1,7	6	4,6	6	0,5	6	0,3
7	2,2	7	1,6	7	4,3	7	0,4	7	0,3
8	2,0	8	1,6	8	3,8	8	0,4	8	0,3
9	2,0	9	1,7	9	3,9	9	0,5	9	0,3
10	1,8	10	1,5	10	3,4	10	0,5	10	0,3
11	1,9	11	1,5	11	3,1	11	0,4	11	0,3
12	1,9	12	1,6	12	3,0	12	0,4	12	0,3
13	2,1	13	1,5	13	3,0	13	0,4	13	0,3
14	1,7	14	1,5	14	2,9	14	0,4	14	0,3
15	1,7	15	1,5	15	2,8	15	0,4	15	0,3
16	1,8	16	1,6	16	2,5	16	0,4	16	0,3
17	1,7	17	1,5	17	2,5	17	0,4	17	0,3
18	1,6	18	1,5	18	2,5	18	0,4	18	0,3
19	1,6	19	1,4	19	2,2	19	0,3	19	0,3
20	1,7	20	1,4	20	2,2	20	0,3	20	0,3
21	1,5	21	1,3	21	2,9				
22	1,5	22	1,3	22	1,8				
23	1,4	23	1,4	23	2,9				
24	1,4	24	1,3	24	2,8				
25	1,3	25	1,2	25	2,8				
26	1,5	26	1,2	26	2,8				

27	1,6	27	1,1	27	2,8				
28	1,3	28	1,1	28	2,7				
29	1,5	29	1,0	29	2,5				
30	1,2	30	1,0	30	2,5				
31	1,4	31	1,0	31	2,5				
32	1,1	32	1,0	32	2,8				
33	1,2	33	0,9	33	2,7				
34	1,2	34	0,9	34	2,6				
35	1,1			35	2,6				

Corelația absorbție de suprafață A_s (ISA) în funcție de durata de absorbție t_s (min) este dată în fig.V.2.9, pentru epruvetele 300, 600 și martor.

Se constată o absorbție inițială și finală cu mult mai mari la epruvete martor față de cele armate cu fibre metalice amorfe; între cele două epruvete absorbția este cu mult mai mică la epruveta 600 armată cu o cantitate mai mare de fibră.

Se poate trage concluzia, avantajoasă pentru cercetările efectuate, ca armarea cu fibre amorfe contribuie într-o măsură substanțială la micșorarea absorbției și deci a sporirii impermeabilității acestor noi materiale.

În fig.V.2.10 sunt prezentate variația absorbției de suprafață în funcție de $1/\sqrt{t}$ în conformitate cu relația (V.8) de mai sus.

Reprezentările s-au făcut identic ca și în fig.V.2.9.

Din aceste diagrame se pot trage aceleași concluzii ca și cele arătate mai sus în ceea ce privește variația în timp a absorbției de suprafață.

Determinarea impermeabilității a mai fost urmărită, folosind un procedeu similar celei pentru țiglele de acoperiș, STAS 315/71. În acest caz plăcile de 375/150mm au fost așezate într-un chenar metalic fără fund, marginile au fost chituite și s-a turnat apă.(fig.V.2.11)

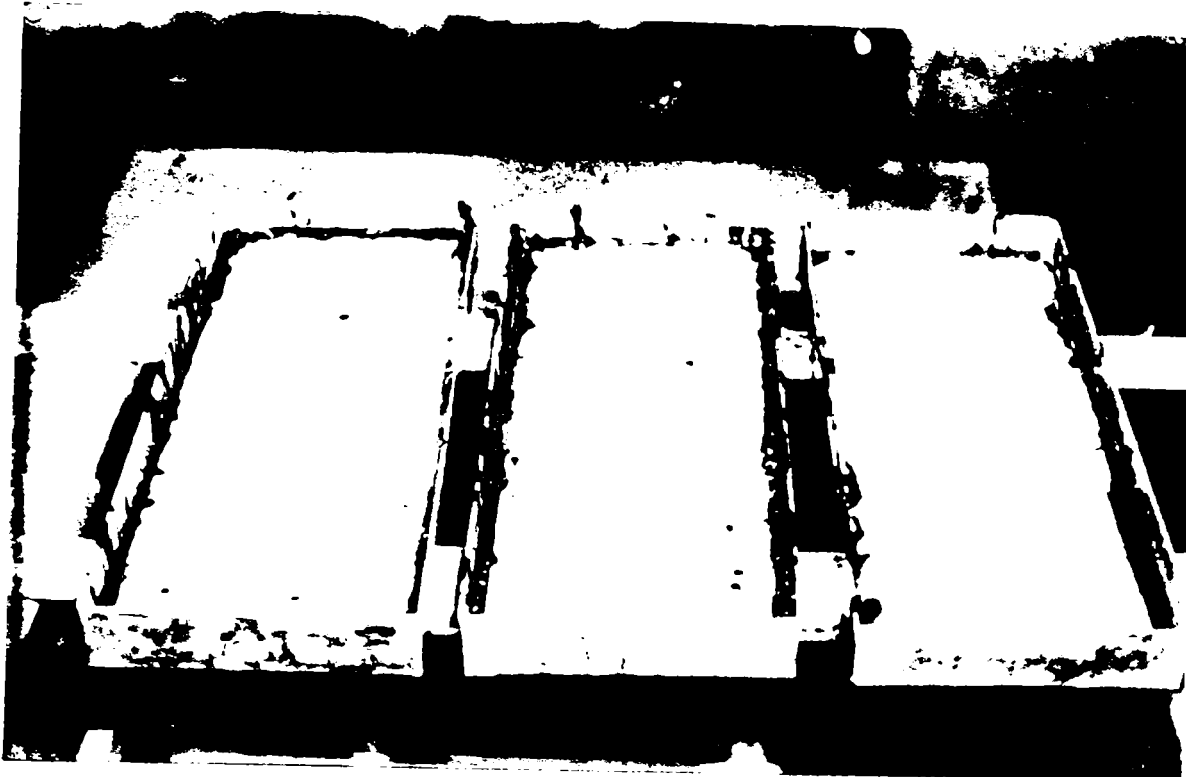


Fig.V.2.11. Determinarea impermeabilității

După o oră și apoi din sfert în sfert de oră s-au efectuat observații pe partea inferioară a plăcii, dacă se formează sau nu picături de apă. După 5 ore, apoi nici după 24 ore, nu s-au observat picături de apă la plăcile experimentale conținând fibre de sticlă metalică în proporție de 4 % și 6 % . Conform STAS 515/71, la țiglele de acoperiș prima picătură de apă nu trebuie să apară mai devreme de 3 ore.

Impermeabilitatea este apreciabilă în cazul folosirii acestor fibre. S-a dovedit că absorbția de apă e minimă și deci acest material va putea fi folosit cu bune rezultate din acest punct de vedere. Concret poate fi folosit cu bune rezultate în lucrări de îmbunătățiri funciare și altele.

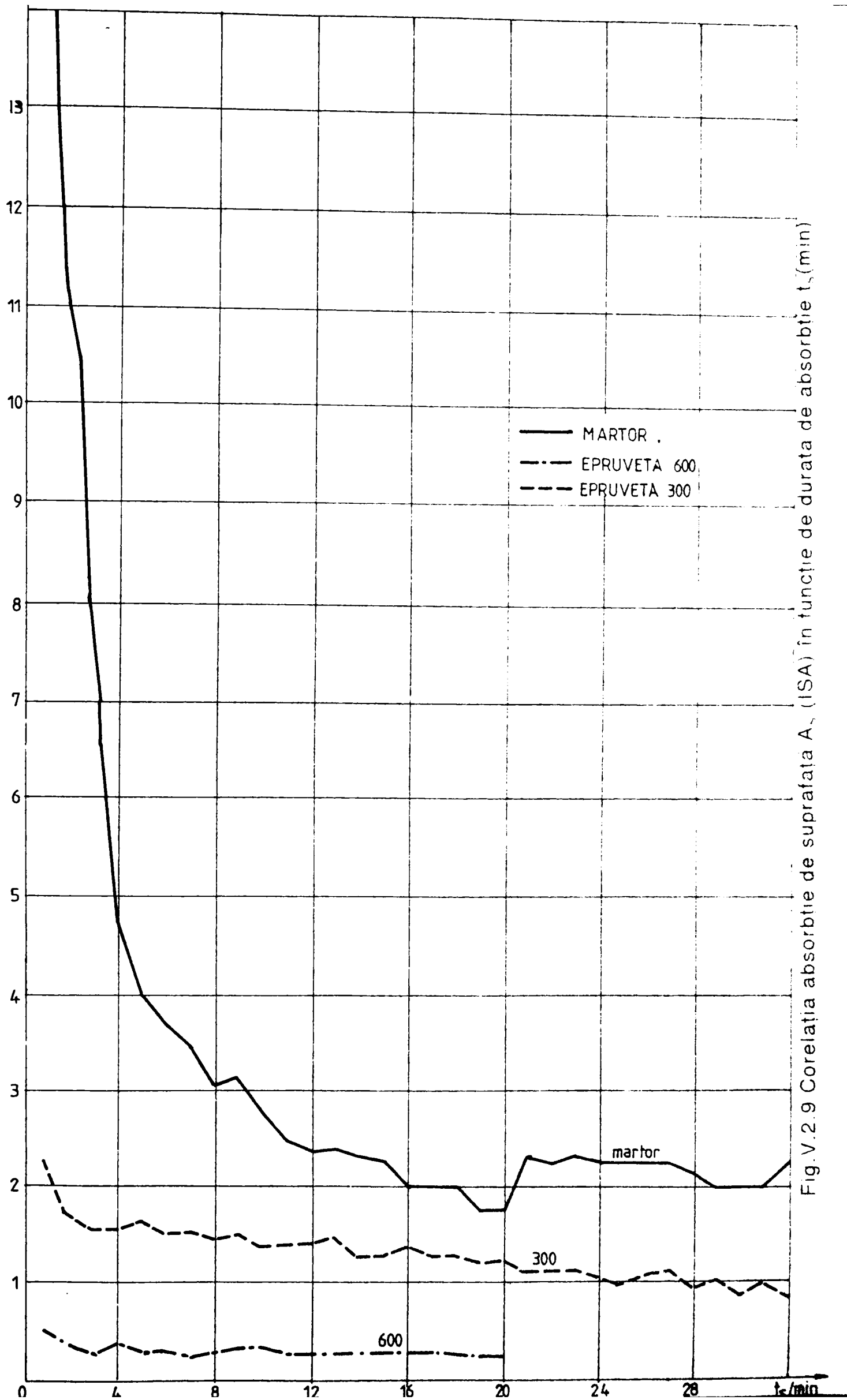


Fig. V.2.9 Corelația absorbției de suprafață A_s (ISA) în funcție de durata de absorbție t_s (min)

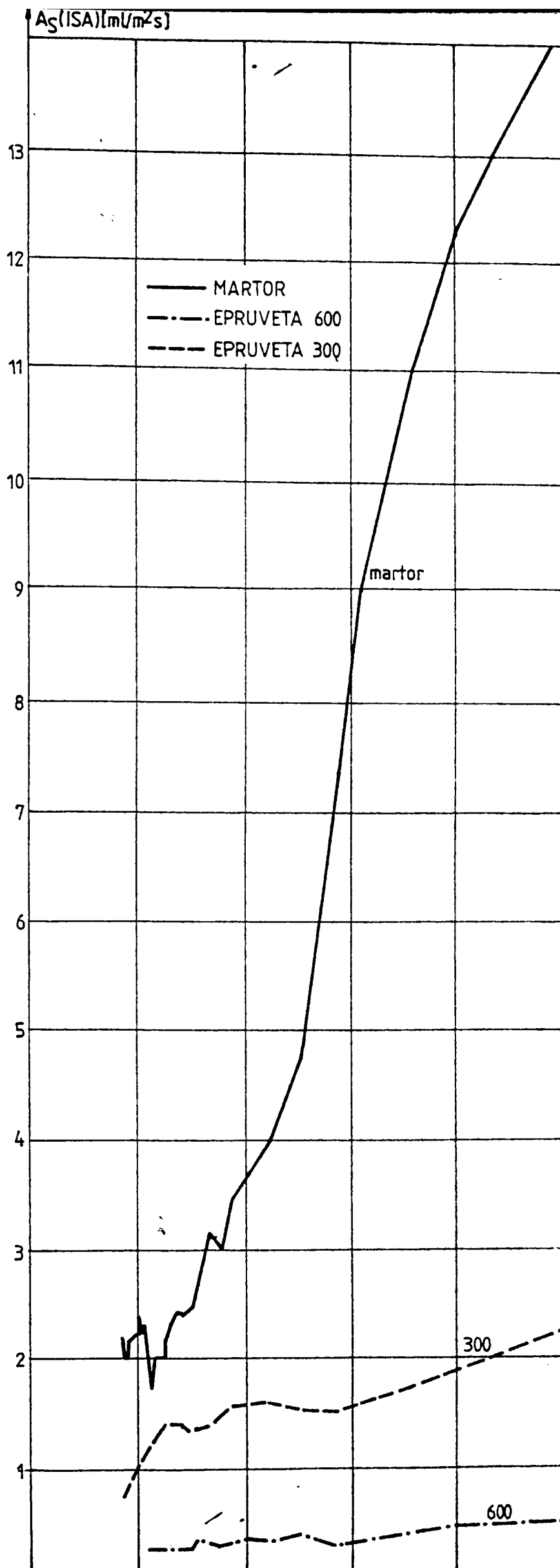


Fig.V.2.10 Variația absorbției de suprafață în funcție de $1/\sqrt{t}$

CAP.VI. CALCULUL ELEMENTELOR REALIZATE DIN BETON ARMAT CU FIBRE DIN FONTĂ AMORFĂ

VI.1. Relația dintre matrice și fibre

Modul de comportare al materialului compozit sub încărcări și capacitatea lui portantă la diferite solicitări, sunt dictate de relația dintre matrice și fibrele de fontă. Această relație este influențată de următorii parametrii :

- caracteristicile fizico-mecanice ale betonului simplu (matricea), în special rezistența la întindere R_t și modulul de elasticitate E_b ;
- lungimea l a fibrelor de fontă ;
- raportul între lungimea fibrelor și diametrul lor l/d ;
- intervalul dintre fibre.

VI.1.1. Lungimea fibrelor din fontă

Pentru a studia dependența între matrice și lungimea l a fibrelor din fontă, trebuie să ne raportăm la noțiunea de lungime critică l_c .

Funcție de lungimea fibrelor se disting trei moduri de comportare a materialului compozit, prezentate în continuare :

a).În cazul fibrelor cu lungimea l mai mică decât lungimea critică l_c , eforturile unitare de aderență, ce realizează ancorarea fibrei în matrice, sunt mai mici decât σ_m și fibrele se smulg, lunecă în beton, înainte ca în fibre eforturile unitare de întindere σ_f să ajungă la efortul unitar de rupere al fibrei σ_{fr} , și capacitatea portantă a materialului compozit, dependentă de eforturile de întindere ce solicită matricea - σ_m este aproape de cea a betonului simplu, fibrele nefiind eficient solicitate

$$R_t < \sigma_{m,max,a} < \sigma_{fr} \quad (VI.1)$$

b). În cazul fibrelor cu lungimea egală cu cea critică, ancorarea lor prin aderență este suficientă pentru ca σ_f să ajungă egal cu σ_{fr} în dreptul primei fisuri apărută în matrice. Cedarea materialului compozit se va face prin ruperea fibrelor în această secțiune, critică de pe lungimea fibrei (vezi fig.VI.1.1).

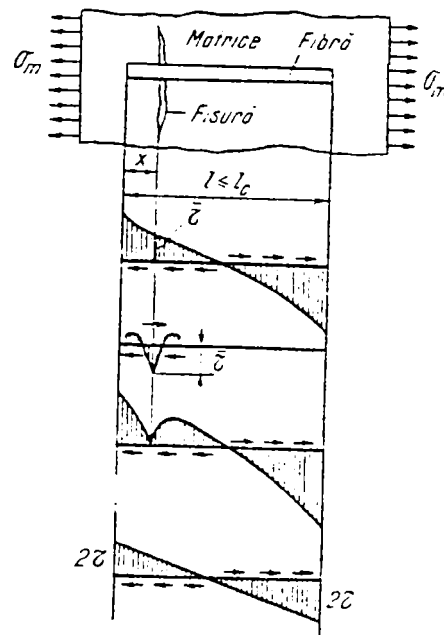


Fig.VI.1.Distribuția efortului unitar de aderență înainte și după apariția unei fisuri în matrice

În acest caz eforturile unitare de întindere maxime ce solicită matricea $\sigma_{m,max}$, ajung egale cu σ_{fr} , mai mari decât efortul de rupere a betonului simplu la întindere R_t

$$\sigma_{m,max,b} = \sigma_{fr} > R_t \quad (VI.2)$$

Acest mod de cedare al materialului compozit sporește capacitatea lui portantă, dar îi conferă o cedare casantă, nedorită.

c). Cea mai bună, și dorită comportare o are materialul compozit în care lungimea fibrelor este $l \geq 2l_c$.

La aceste lungimi ale fibrelor, după apariția primei fisuri (la un $\sigma_m < \sigma_{fr}$) materialul compozit poate suporta o nouă creștere a eforturilor

unitare σ_m , $\Delta\sigma_m$. Dacă notăm cu “n” numărul de fisuri apărute perpendicular pe o fibră de lungime l, creșterea totală a eforturilor unitare σ_m , post-fisurare, până la ruperea fibrei, este :

$$(\Delta\sigma_m)_{total} = (n-1) \Delta\sigma_m \quad (VI.3)$$

Cedarea materialului compozit, în acest caz, se produce când în una din secțiunile fibrei (din dreptul unei fisuri) efortul σ_f ajunge egal cu σ_{fr} .

Capacitatea portantă maximă a materialului compozit va fi dată de o relație de forma:

$$\sigma_{m,max,c} = \sigma_{mf} + (n-1) \Delta\sigma_m \quad (VI.4)$$

unde :

σ_{mf} – efortul unitar în materialul compozit la apariția primei fisuri în beton, în dreptul unei fibre de lungime l ;

$\Delta\sigma_m$ – creșterea de efort unitar în materialul compozit la apariția fiecărei fisuri ulterioare primei ;

n – numărul de fisuri apărute pe o fibră de lungime l.

Acest mod de comportare a fibrelor în materialul compozit duce pe lângă sporirea capacității portante maxime ($\sigma_{m,max,a} < \sigma_{m,max,b} < \sigma_{m,max,c}$), la o cedare ductilă a materialului compozit, ceea ce este foarte important în identificarea și elaborarea metodologiei de calcul a elementelor realizate din beton armat cu fibre din fontă.

VI.1.2. Dependența matrice-fibre funcție de raportul l/d

Raportul l/d influențează rezistența materialului compozit - σ_{mf} - în stadiul de apariție a primei fisuri.

Conform relației $\frac{l}{d} = \frac{R_f E_f}{\tau_m E_s}$, acest raport depinde, prin τ_m , de natura suprafeței fibrei și de forma marginilor ei. Orice procedeu de fasonare

sau prelucrare a suprafeței fibrelor și a marginilor, duce la mărirea efortului de aderență și a creșterii efortului unitar σ_{mf} .

Pentru că fibrele realizează o țesere a betonului, preluând efortul de întindere pe direcțiile de apariție a fisurilor, modulul lor de elasticitate E_f și deci deformabilitatea lor este un alt factor important în relația matrice-fibre.

În acest context, fibrele de fontă, ce au $E_f=140000$ MPa și deformația specifică la întindere $\varepsilon_f = 1,5...1,8\%$ sporesc mult ductilitatea la întindere a betonului simplu, una din deficiențele majore a acestui material.

VI.1.3. Dependența matrice-fibre funcție de intervalul dintre fibre

Rezistența materialului compozit în stadiul de apariție a primei fisuri, poate fi apreciată cu ajutorul conceptului de interval dintre fibre, introdus pentru prima dată de Romualdi și Baston. Ei au arătat că rezistența la întindere a materialului compozit, în momentul apariției primei fisuri, pentru un anumit volum de fibre (exprimat prin procentul de armare volumic) este invers proporțional cu intervalul geometric mediu dintre fibre.

Stabilirea intervalului mediu dintre fibrele scurte haotic distribuite într-o matrice volumică a fost abordată de Romualdi și Mandel :

$$S = \sqrt{\frac{V_b}{m}} \quad (VI.5)$$

unde :

V_b este volumul de beton fibrat ;

m – numărul total de fibre din volumul V_b , ce poate fi exprimat funcție de procentul volumic de armare p_v și de dimensiunile geometrice ale fibrelor l și d .

$$m = \frac{p_v V_b}{25\pi d^2 l} \quad (VI.6)$$

Intervalul dintre fibre este un parametru important pentru precizarea caracteristicilor mecanice ale betoanelor armate cu fibre.

Pe baza acestei noțiuni și a exprimărilor teoretice date de relațiile (VI.5) și (VI.6) foarte mulți cercetători au abordat problema probabilității de orientare a fibrelor pe direcția eforturilor de întindere date de încărcările exterioare. Această problemă a fost definită prin noțiunea mai generală de eficiența fibrelor.

Abordarea pe baza calculului probabilistic a problemei eficienței fibrelor a dus la următoarele date :

- orientare într-o singură direcție - 100%;
- ortogonală în plan - 40...50% ;
- întâmplătoare în plan - 30...40%;
- întâmplătoare în spațiu - 41% (15...20) %.

Infuența reală a intervalului mediu dintre fibre și implicit a numărului total de fibre dintr-o matrice volumică este dată de procentul volumic de armare. El se poate exprima cu relația (VI.7) de mai jos, pentru o matrice cubică de latură L :

$$p_v = \frac{25\pi l d^2 m}{L^3} \quad (VI.7)$$

Ținând cont de eficiența fibrelor în direcția eforturilor normale de întindere date de încărcările exterioare, procentul de armare volumic efectiv al fibrelor orientate după această direcție, p_{ve} , se obține din relația (VI.7), prin aplicarea factorului de eficiență al orientării fibrelor de 41%(luând în considerare valoarea minimă a orientării în spațiu) :

$$p_{ve} = \frac{25\pi l d^2 (0,41m)}{L} \quad (VI.8)$$

Raportul celor două procente, ținând seama de relația (VI.6), este :

$$p_{ve}/p_v = 0,41 \quad (VI.9)$$

VI.2. Identificarea metodologiei de calcul

Metoda de dimensionare a elementelor realizate dintr-un material rezistent se bazează pe definirea corelației efort unitar-deformație specifică (curba σ - ε) și pe identificarea stadiilor de lucru a elementului la diferite solicitări.

Comportarea cea mai complexă o au elementele solicitate la încovoiere, așa că se prezintă în continuare considerațiile asupra tematicii enunțate mai sus la această solicitare.

Diagrama σ - ε pentru solicitarea la încovoiere este dată în fig.VI.2.1.

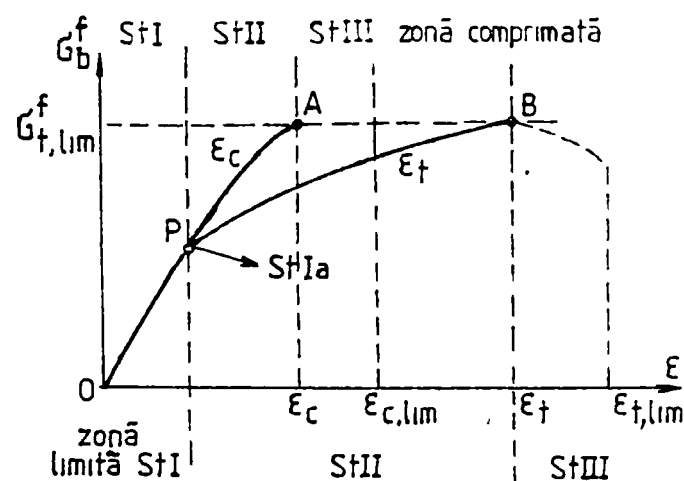


Fig.VI.2.1. Diagrama σ - ε la încovoiere

Prezența fibrelor din fontă face ca această diagramă să fie sensibil modificată față de cazul betonului simplu.

Se disting trei stadii de lucru :

stadiul I elastic (0-P) în care diagrama σ - ε este caracterizată printr-o singură curbă – o dreaptă cu panta practic egală cu a betonului simplu ;

materialul este nefisurat, iar axa neutră trece prin centrul de greutate al secțiunii, comportarea betonului fibrat întins și comprimat fiind identică în acest stadiu; variația diagramei de eforturi σ_b^f a betonului fibrat, în cele trei stadii de lucru este prezentată în fig.VI.2.2.

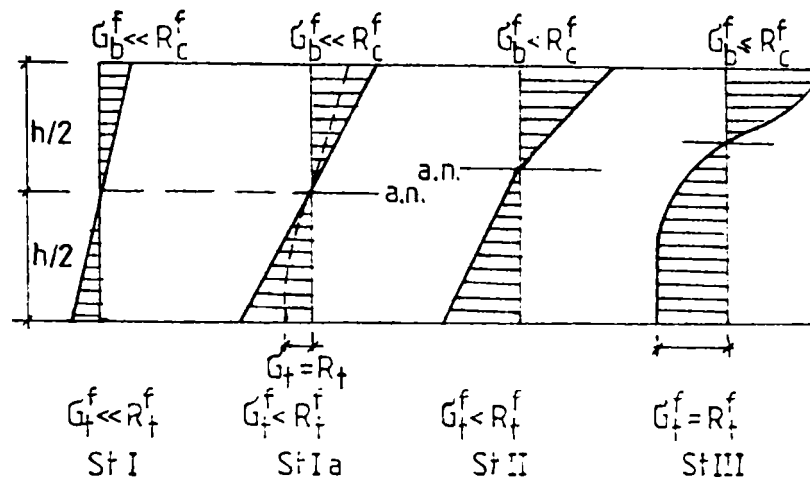


Fig.VI.2.2.Stadiile de lucru

stadiul Ia (punctul P) este stadiul limită a stadiului I și este caracterizat prin apariția în matrice, a primei fisuri ; efortul unitar în betonul fibrat întins este mai mic decât rezistența la întindere a betonului fibrat R_t^f , dar în matricea din beton simplu, efortul unitar $\sigma_t = R_t$ (diagrama punctată) în stadiul Ia ; axa neutră e încă la mijlocul înălțimii secțiunii ;

stadiul II – este un stadiu elasto-plastic în acest stadiu cele 2 curbe se separă, deformația specifică ϵ_t din zona întinsă crește cu mult mai repede decât cea din zona comprimată ϵ_c , indicând că axa neutră se deplasează înspre partea cea mai comprimată ; comportarea diferită a betonului fibrat întins și comprimat duce la două pante a diafragmei σ_b^f , ambele indicând o comportare elastică a materialului compozit, componenta plastică a acestui stadiu se referă doar la betonul întins microfisurat.

stadiul III este un stadiu plăstic caracterizat de punctele A și B din diagrama σ - ε , în care se atinge valoarea maximă a efortului unitar $\sigma_b^f = \sigma_{t,lim}^f$ fiind efortul unitar de întindere maxim al materialului compozit ; stadiul III este considerat stadiul de rupere al elementelor din beton armat cu fibre din fontă și diagrama din fig.VI.2.2 este diagrama de calcul în metoda de dimensionare la stări limită.

Curba descendentă (punctată în fig.VI.2.2) a stadiului III se pune în evidență numai la betoanele fibrante, ductile, cu lungimea fibrelor de fontă $l > 2 l_c$. Lungimea curbei este funcție de ductilitatea materialului.

VI.3. Dimensionarea elementelor solicitate la încovoiere dreaptă

În metoda de calcul la stări limită (în care se operează cu încărcări și rezistențe de calcul) dimensionarea se conduce în stadiul III de rupere (fig.VI.2.2).

Se consideră toată secțiunea activă, cu zona întinsă plasticizată, la efortul unitar de întindere R_f^t (rezistența la întindere a betonului fibrat).

Pentru dimensionare se pornește de la ecuația adimensională propusă de C.Avram și C.Bob pentru capacitatea grinzilor din beton fibrat solicitate la încovoiere :

$$r = \frac{M_{cap}^{of}}{M_{cap}^a} = 1 + (0,57 \frac{l}{d} - 1)\mu \quad (VI.10)$$

unde :

r este raportul dintre capacitatea portantă la încovoiere a grinzii din beton fibrat (M_{cap}^{of}) și al grinzii din beton simplu (M_{cap}^a) ;

l , d și μ - lungimea, diametrul și respectiv coeficientul de armare volumic pentru fibre.

Având în vedere probabilitatea de orientare a fibrelor scurte, gradul de eficiență a fibrelor orientate întâmplător în spațiu este de 41%.

În relația (VI.10) se va înlocui μ cu μ_e dat de relația (VI.10)

$$\mu_e = 0,41\mu = 0,41 \frac{V_f}{V_b} \quad (VI.11)$$

μ_e este coeficientul de armare efectiv al fibrelor orientate după direcția de încovoiere.

V_f – volumul de fibre ;

V_b – volumul betonului

$$r = 1 + (0,57 \frac{1}{d} - 1) \mu_e = 1 + (0,57 \frac{1}{d} - 1) \cdot 0,41\mu \quad (VI.11a)$$

Momentele capabile M_{cap}^{bs} și M_{cap}^{bf} se exprimă cu relațiile de mai jos pentru secțiuni transversale dreptunghiulare ;

$$M_{cap}^{bs} = k_b b h^2 R_t \quad (VI.12)$$

$$M_{cap}^{bf} = k_f \cdot b h^2 R_t^f \quad (VI.13)$$

în care :

b, h sunt lățimea și înălțimea secțiunii transversale ;

$R_t; R_t^f$ – rezistența de calcul la întindere a matricii și a elementului armat cu fibre cu considerarea plasticizării zonei întinse ;

k_b, k_f – coeficienți ce țin cont de plasticizarea parțială a betonului întins
 $k_b = 0,236$.

Din relațiile (VI.11.a), (VI.12) și (VI.13) se deduce expresia pentru rezistența la întindere a betonului fibrat.

$$R_t^f = k_f / k_b R_t (1 - \mu_e) + 0,57 \frac{k_b}{k_f} R_t \mu_e \cdot \frac{1}{d} \quad (VI.14)$$

Înlocuind relația (VI.14) în (VI.13) se obține capacitatea portantă la încovoiere a secțiunilor dreptunghiulare din beton armat cu fibre din fontă.

$$M_{cap}^{bf} = M_{cap}^{bs} \left[1 + 0,41\mu(0,57\frac{l}{d} - 1) \right] \quad (VI.15)$$

Înlocuind pe $\mu = \frac{p_v}{100}$ (p_v este procentul de armare volumic) se obține relația de dimensionare la stări limită :

$$M_{ext} \leq M_{cap}^{bf} = 0,236bh^2R_t \left[1 + 0,41\frac{p_v}{100}(0,57\frac{l}{d} - 1) \right] \quad (VI.16)$$

Pentru dimensionare, cunoscând caracteristicile geometrice (b , h , V_b) și mecanice (R_t) ale elementului și respectiv ale betonului și caracteristicile geometrice ale fibrelor din fontă (l și d) se parcurg următoarele etape :

1) Se calculează procentul de armare volumic necesar :

$$p_v^{nec} = \frac{100}{0,41} \cdot \frac{M_{ext} - M_{cap}}{M_{cap}^{bs} (0,57l/d - 1)} \quad (VI.17)$$

2) Se verifică dacă p_v^{nec} este cuprins în domeniul optim de armare

$$0,3\% \leq p_v^{nec} \leq 1\% \quad (VI.18)$$

- dacă $p_v^{nec} < 0,3\%$ se va lucra cu $p_v = 0,3\%$;
- dacă $p_v^{nec} > 1\%$ se va schimba clasa betonului (R_t), sau raportul l/d pentru a ne încadra în dubla inegalitate (VI.18).

Pentru ușurința efectuării dozajului de fibre din fontă se poate lucra și cu procentul de armare masiv, definit funcție de procentul

volumic printr-o formulă de recurență, funcție de raportul densităților fibrelor din fontă ($\rho_g=78,5 \text{ KN/m}^3$) și a betonului proaspăt ($\rho_f=24 \text{ KN/m}^3$)

$$p_m = \frac{m_f}{m_b} = \frac{\rho_f}{\rho_b} p_v \cong 3,27 p_v \quad (\text{VI.19})$$

unde :

m_f este masa fibrelor din fontă ;

m_b – masa betonului proaspăt.

3) Se determină masa necesară de fibre din fontă m_f :

$$m_f = 3,27 m_b p_v^{nec} \quad (\text{VI.20})$$

Calculul se poate conduce și cu tabele, dacă relația (VI.16.a) se scrie sub forma :

$$M_{cap}^{bf} = B b h^2 R_t \quad (\text{VI.21})$$

unde :

$$B = 0,236 \left[1 + \frac{0,41}{3,27} \frac{p_m}{100} \left(0,57 \frac{l}{d} - 1 \right) \right] \quad (\text{VI.22})$$

Coeficientul B se va da în tabele pentru diferite procente de armare și diferite rapoarte l/d .

Dimensionarea elementelor solicitate la întindere.

$$N_{ext.} \leq N_{cap}^{bf} = b h R_t^f \quad (\text{VI.23})$$

Raportul rezistențelor la întindere centrică a betonului fibrat și a betonului simplu se poate exprima ca mai jos :

$$\frac{R_t^f}{R_t} = 0,994 + 0,16 \mu \frac{l}{d} \quad (\text{VI.24})$$

Din aceleași considerente arătate la paragraful anterior se va înlocui în formulă μ , cu $\mu_e = 0,41 \mu$. Cu această precizare și înlocuind relația (VI.23) în (VI.22), N_{cap} devine :

$$N_{cap}^{bf} = bhR_t (0,994 + 0,16 \cdot 0,41 \frac{p_v}{100} \frac{l}{d})$$

$$N_{cap} = R_t (0,994 + 0,0656 \frac{p_v}{100} \frac{l}{d}) \quad (VI.25)$$

Pentru dimensionare, se determină p_v^{nec} din relația (VI.25) și se calculează funcție de el masa de fibră necesară pentru o masă de beton m_b .

$$p_v^{nec} = \frac{N_{ext} - 0,994bhR_t}{0,0656 \frac{l}{d}} \cdot 100 \quad (VI.26)$$

Masa de fibre din masa betonului va fi :

$$m_f = 3,27 m_b p_v^{nec} \geq m_{f\ cons} = 3,27 m_b \cdot p_v^{min} \quad (VI.27)$$

unde : $0,3\% \leq p_v^{nec} \leq 1\%$

CAP.VII. PREFABRICATE ARMATE SAU CONSOLIDATE CU FIBRE

VII.1. Generalități

Ținând cont de proprietățile fizico-mecanice ale betoanelor armate cu fibre, de compoziția compozitelor (conținutul de ciment, agregate, fibre, aditivi), prefabricarea este propice în general elementelor zvelte, subțiri, neportante, semiportante și uneori chiar portante. Prefabricatele armate cu fibre completează aria de folosință a betonului clasic, ele sunt în general mai ușoare.

VII.2. Elemente liniare

Elementele liniare au dimensiuni mari pe o singură direcție și mici pe celelalte două direcții. Ele pot fi realizate sub formă de : profile cornier(L) ; profile "U" ; profile circulare (O) pentru tuburi etc.

- a) Profilele cornier. Se execută din beton armat cu fibre din fontă turnate în tipare plane, care, după compactare se pliază în stare neîntărită. Se pot executa corniere cu brațe egale sau inegale. Cornierele se folosesc, similar cornierelor metalice, în realizarea unor structuri portante, precum fermele unor construcții industriale sau ferme de acoperiș, îmbinarea în noduri efectuându-se cu platbande și buloane metalice. Este recomandată utilizarea fibrelor sub formă de țesătură cu ochiuri de 5...10 mm.
- a) Profile de formă "U", se execută similar profilelor cornier cu precizarea că sunt necesare două plieri pentru realizarea celor două tălpi.
- b) Profile circulare pentru tuburi. Se execută tuburi pentru scurgere liberă și sub presiune fiind destinate, în mod deosebit, în lucrări de canalizare, alimentări cu apă și irigații, putându-se astfel înlocui

parțial sau total tuburile de scurgere din fontă, tuburile ceramice, tuburile de presiune din beton armat, din azbociment sau chiar metalice.

Realizarea tuburilor se execută în tipare metalice alcătuite din doi pereți, unul interior și altul exterior. Între cei doi pereți se toarnă compoziția, în poziția verticală a tiparului, se compactează și se lasă să-și câștige rezistențele necesare decofrării, transportului și utilizării în lucrări specifice. Conținutul volumic de fibre variază între 0,3...0,7 %. Se folosesc fibre scurte de 25...40 mm lungime. Pentru asigurarea unui raport optim apă/ciment în condițiile unei bune lucrabilități se folosește superplastifiantul "Betoplast super".

Tuburile reprezintă elemente de construcții care, prin specificul destinației lor, sunt de regulă pozate în teren și deci nu pot fi considerate ca fiind sprijinite continuu, pe toată lungimea lor. În aceste condiții în tuburi nu se dezvoltă eforturi de încovoiere longitudinală. În cazul însă a rezemării pe capete, tuburile devin autoportante și se comportă ca niște grinzi, fiind sollicitate la încovoiere și forfecare.

Calculul static și de rezistență a tuburilor de presiune din B.A.F.F. constă în rezolvarea următoarelor probleme evaluarea încărcărilor exterioare posibile maxime și a presiunii hidraulice interioare, care acționează asupra tubului ; determinarea efortului de calcul și calculul de rezistență.

Principalele încărcări care acționează asupra tuburilor provin din: greutatea și presiunea pământului; încărcarea suplimentară prevenită din circulația autovehiculelor sau de la materialul rulant de cale ferată; greutatea proprie a tubului; greutatea și presiunea interioară a apei din tub.

Calculul de rezistență se conduce conform metodologiei teoriei elasticității. Se consideră tubul cilindric din fig.VII.2.1. supus unei presiuni uniforme pe fețele sale interioare și exterioare conform soluției date de Lamé. Se notează cu r și R raza interioară și exterioară a tubului și cu P_i și P_o presiunile uniforme, interioară și exterioară. Cu ajutorul a două plane perpendiculare pe axa tubului se izolează un inel

de grosime egală cu unitatea în vederea studierii problemei plane. Studiul eforturilor se face pe un element din acest inel limitat de două plane care trec prin axa tubului făcând un unghi $d\varphi$ între ele.

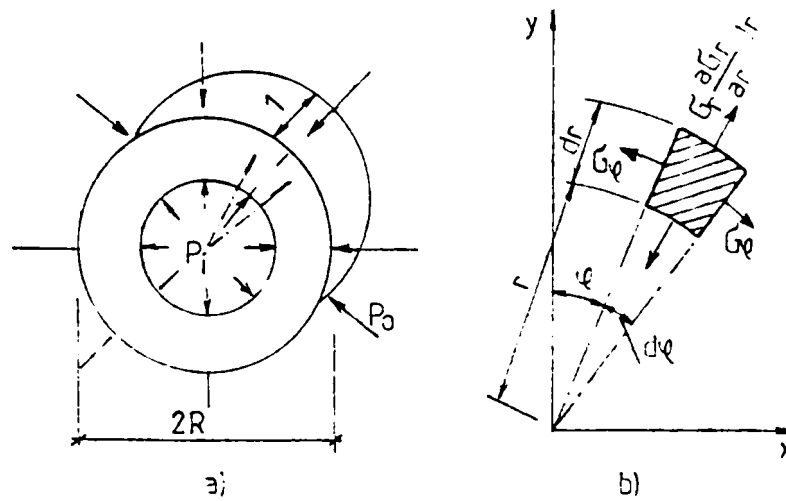


Fig.VII.2.1.Tub cilindric supus la presiuni :

vedere axonometrică și starea de tensiuni

Se notează cu σ_r efortul unitar radial și cu σ_φ efortul unitar normal pe raza vectorie. Datorită simetriei, efortul unitar σ_φ este invariabil. În timp ce σ_r variază cu creșterea razei.

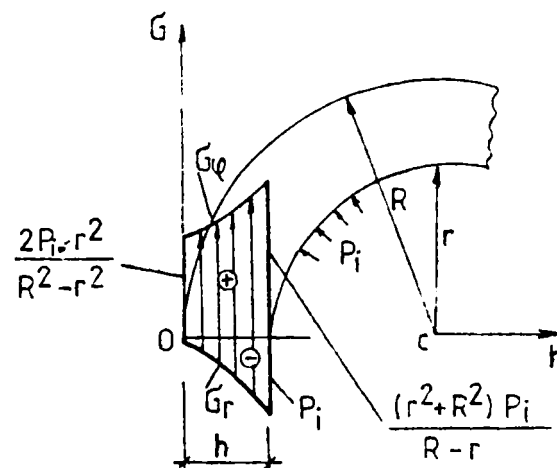


Fig.VII.2.2.Variația eforturilor unitare pe secțiunea peretelui

În fig.VII.2.2 se prezintă diagramele de variație ale eforturilor unitare σ_r și σ_φ pe grosimea peretelui tubului.

După teoria de rupere, pentru efortul unitar normal maxim rezultă următoarea ecuație generală de rezistență pentru tubul cilindric supus numai la presiune interioară (p_i) :

$$\sigma_{\varphi \max} = \frac{(r^2 + R^2)p_i}{R^2 - r^2} \leq \sigma_{ad} \quad (\text{VII.1})$$

După teoria de rupere, pentru efortul unitar tangențial maxim, rezultă că diferența cea mai mare dintre eforturile unitare principale în punctele de pe suprafața interioară a tubului (fig.VII.2.2), are ecuația generală de rezistență va fi de forma :

$$(\sigma_p - \sigma_r)_{\max} = (\sigma_{\varphi \max} + p_i) = \frac{2R^2 p_i}{R^2 - r^2} \leq \sigma_{ad} \quad (\text{VII.2})$$

deci :

$$\sigma_{\varphi \min} = \frac{2R^2 p_i}{R^2 - r^2} \quad (\text{VII.3})$$

Pentru grosimi relativ mici (h) nu există diferențe sensibile între valorile maxime și minime ale lui σ_φ . Ca urmare se poate aproxima că în cazul tuburilor de diametri mari, eforturile unitare de întindere σ_φ sunt uniform repartizate pe grosimea peretelui și se pot determina cu relația

$$\sigma_\varphi = \frac{p \cdot r}{h} \quad (\text{VII.4})$$

Efortul unitar σ_r este totdeauna un efort de compresiune, iar σ_φ un efort de întindere în cazul tuburilor cilindrice fără presiune interioară.

Efortul unitar σ_r este nul în fibrele de pe suprafața exterioară, deci :

$$\sigma_{r \max} = -p_i \quad (\text{VII.5})$$

VII.3. Elemente de suprafață

Elementele de suprafață plane sau curbe au dimensiuni mari pe două direcții și mici pe cea de a treia direcție. Din această categorie fac parte : dalele plane; panouri de pereți de închidere sau despărțitori, învelitori din plăci, jgheaburi și altele.

VII.3.1. Dale plane nervurate pentru sistemele de irigații

VII.3.1.1. Generalități

Dalele din beton armat cu fibre din fontă sau sticlă alcalo-rezistentă, sunt destinate căptușirii canalelor de irigații din agricultură. Practic, cele mai frecvente soluții de irigare se realizează în canale amplasate deasupra nivelului apelor freatice, caracterizate prin pierderi de apă din canal în teren, motiv pentru care se impun condiții de impermeabilitate.

Regimul de funcționare al canalelor este condiționat de destinația lor : astfel, în marile sisteme de irigații canalele de aducțiune se dimensionează pentru debitul maxim, calculat în regim de funcționare de 24 ore/zi, cu debit de cel puțin 1...2 m³/sec., în timp ce pentru canalele de distribuție cu debite mai mici, dimensionarea se face în regim de 20 ore/zi. Dalele se consideră în exploatare rezemate pe mediu elastic realizat din pat de nisip.

VII.3.1.2. Realizarea dalelor

Față de soluția clasică de dale din beton armat, realizate la dimensiuni în plan de 50x50 cm și grosimi de 6...10 cm, dalele din beton armat cu fibre permit realizarea lor la dimensiuni în plan de

100x100 cm sau 100x150 cm, și grosimi de 2...3 cm, cu nervuri rectangulare sau diagonale la partea inferioară. În fig.V.2.2 se prezintă cele două tipuri de tipare metalice folosite pentru realizarea dalelor nervurate.

S-a utilizat cimentul I 42,5R ale cărui caracteristici determinate conform STAS 5156/74 sunt prezentate în Tabelul V.1 Consumul de ciment, față de dalele clasice s-a redus cu 10...20 % pe m².

Agregatele folosite pentru betoane au fost realizate dintr-un amestec de 2 părți pietriș între 3...7 mm și o parte nisip între 0...3 mm. Pentru mortare au fost utilizate nisipuri cu granulație cuprinsă între 0...3 mm. Au fost utilizate 3,5 părți agregate la o parte ciment.

Dalele sunt armate la partea inferioară a plăcii cu o plasă de armătură $\phi 4$ mm cu ochiuri de 16 cm, iar la partea inferioară a nervurilor câte o bară de $\phi 4$ mm, total 3,0 kg la placa de 1x1 m și 4,0 kg la placa de 1x1,5 m. Pentru aceeași suprafață de dală obișnuită se folosesc 8,0 kg, respectiv 12 kg oțel-beton. Economia de oțel este evidentă în condițiile utilizării țesăturii de fibre de sticlă cu ochiuri de 1 cm, dispusă la partea inferioară a plăcii sub armătura din oțel-beton. Pentru o bună comportare la fisurare și pentru o bună impermeabilizare, în partea superioară se dispune un strat subțire, de 3...4 mm., din mortar de ciment armat cu fibre din fontă în proporție de 0,3...0,5 % din volum

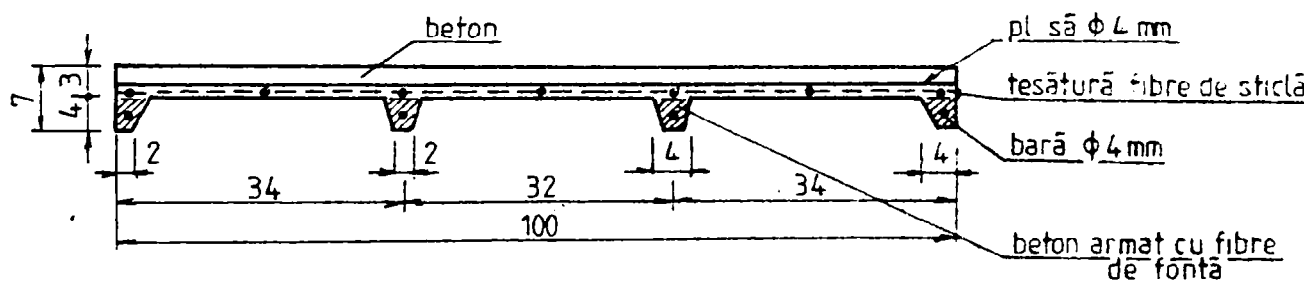


Fig.VII.3.1.1 Secțiune transversală prin dală

Pentru o bună lucrabilitate a betonului proaspăt și a mortarului de ciment armat cu fibre din fontă, în condițiile utilizării unui raport apă/ciment optim (0,50...0,55) se folosește superplastifiantul "Betoplast super" 0,4...0,5% din cantitatea de ciment. În fig.VII.3.1.1 se prezintă o secțiune transversală prin dală.

Au fost realizate câte trei dale de 1x1 m cu nervuri ortogonale și de 1x1,5 m cu nervuri diagonale. Dalele au fost păstrate primele 7 zile în condiții de umiditate ridicată și apoi în condiții obișnuite de laborator până la încercare. Greutatea dalei este de 50...100 kg/m² adică de 1,5...2 ori mai mică față de dalele clasice. În fig.VII.3.1.2 se prezintă dalele nervurate ortogonal și diagonal.

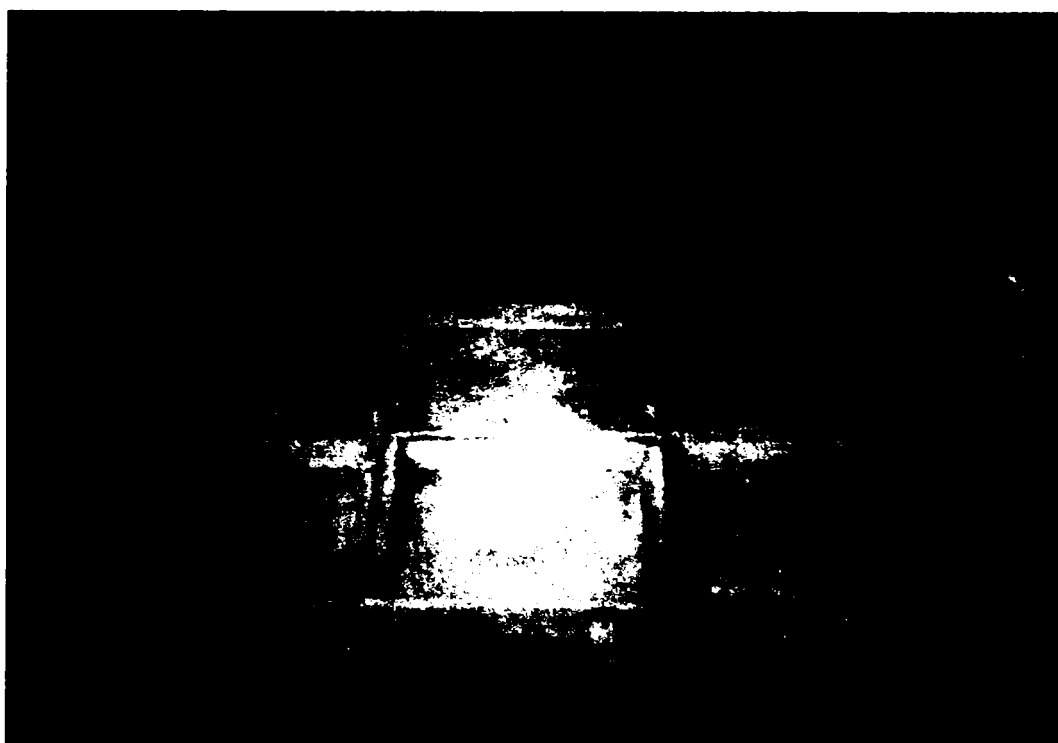


Fig.VII.3.1.2. Dale nervurate

Realizarea dalelor are la bază următoarea rețetă pentru 1 m³ beton :

nisip 0-3 mm	515 kg
nisip 3-7 mm	1030 kg
ciment 441 kg
apă 221,8 kg
<u>superplastifiant</u>	<u>2,2 kg</u>
	2210 kg

Se observă că s-a folosit un raport ciment/agregate de 1/3,5, raport nisip 0-3mm/pietriș 3-7 mm de 1/2, superplastifiant 0,5 % din cantitatea de ciment și raport apă/ciment de 0,5. În condițiile utilizării superplastifiantului "betoplast super" s-a realizat o compoziție plastică propice unei bune puneri în lucru și unei bune compactări prin vibrare.

Au fost determinate caracteristicile fizico-mecanice ale betonului folosit, ele fiind redate în tabelele VII.3.4.1 și VII.3.4.2, fiind pusă în evidență clasa betonului cuprinsă între Bc 20 și Bc 25. Modulul de elasticitate determinat este $E_b = 310.000 \text{ daN/cm}^2$.

Pentru una din dale, de 1x1 m, s-a folosit următoarea rețetă

- 1,0 m² țesătură din fibre de sticlă a 130 g/m²
- 110 g fibre de fontă
- 1,8 kg oțel beton Φ 4mm
- 24 kg nisip 0-3 mm
- 48 kg pietriș 3-7 mm
- 21 kg ciment
- 11 kg apă
- 100 g superplastifiant

Total : 105 kg

VII.3.1.3. Determinări experimentale asupra dalelor

Determinările experimentale asupra dalelor nervurate din beton armat asociat cu fibre au fost efectuate la 28 zile de la turnare, urmărind comportarea lor sub acțiunea încărcărilor de scurtă durată precum și impermeabilitatea lor.

a) Comportarea sub încărcări statice de scurtă durată

Deși rezemarea pe teren a dalelor se realizează pe toată suprafața lor, inclusiv a nervurilor, încercările s-au efectuat prin rezemare pe nervurile de contur, ipoteza cea mai defavorabilă. Încercarea s-a efectuat pe un suport metalic corespunzător realizat , fig.VII.3.1.3.

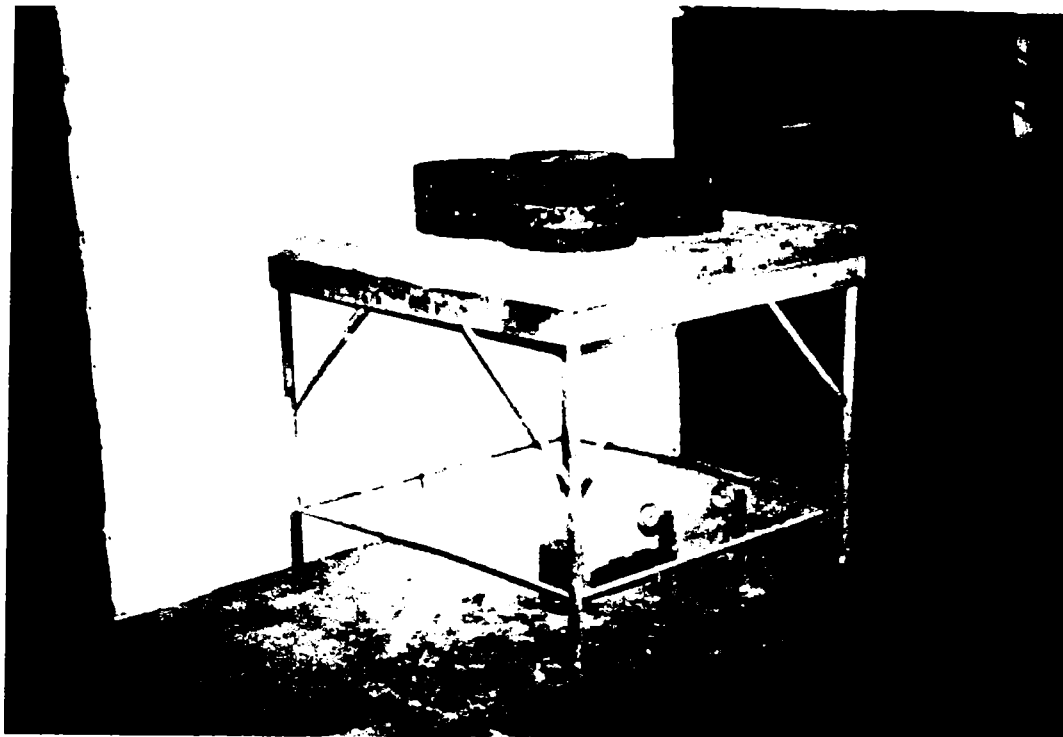


Fig.VII.3.1.3 Aspect de la încercarea dalelor

Încercările au permis determinarea încărcărilor de rupere și a săgeților în punctele de intersecție a nervurilor. Încărcările au fost aplicate prin intermediul discurilor metalice de 20-25 kg. în trepte de câte 100 kg și 50 kg, plasate în punctele de intersecție a nervurilor dispuse ortogonal și pe nervurile diagonale în cazul dalelor cu nervuri diagonale. După fiecare treaptă de încărcare, dala a fost lăsată sub sarcină timp de circa 5 minute și apoi au fost făcute citirile asupra mărimii săgeților, folosind ceasurile comparatoare M_1 și M_2 .

În tabelul VII.3.1.1 și fig.VII.3.1.4 și VII.3.1.5 sunt redată rezultatele experiențelor pentru dalele de 1x1 m cu nervuri ortogonale și pentru dalele de 1x1,5 m cu nervuri diagonale, rezultând capacități sporite de rezistență și un nivel ridicat al comportării elastice.

b) Determinarea permeabilității la apă

Impermeabilitatea a fost verificată folosind un procedeu similar celui pentru țiglele de acoperiș STAS 515/71. Practic dalele au fost așezate cu nervurile în sus și spațiile dintre ele au fost umplute cu apă. În prealabil ele au fost supuse unei colmatări a porilor cu lapte de ciment. După o oră și apoi în continuare s-au făcut observații pe partea

Tabelul VII.3.1.1

Dală 1x1 m cu nervuri ortogonale				Dală 1x1,5m cu nervuri diagonale		
Nr. crt.	Treapta de încărcare[daN]	Săgeata mm		Nr. crt.	Treapta de încărcare[daN]	Săgeata(M) mm
		M ₁	M ₂			
1	0	0,00	0,00	1	0	0,00
2	100	0,15	0,15	2	100	0,20
3	200	0,35	0,35	3	200	0,45
4	300	0,55	0,60	4	300	0,65
5	400	0,70	0,75	5	400	0,90
6	500	0,90	0,95	6	500	1,20
7	600	1,10	1,15	7	600	1,55
8	700	1,30	1,35	8	700	1,90
9	800	1,50	1,55	9	800	2,50
10	900	1,75	1,80	10	900	3,45
11	1000	2,15	2,25			
12	1100	2,60	2,90			

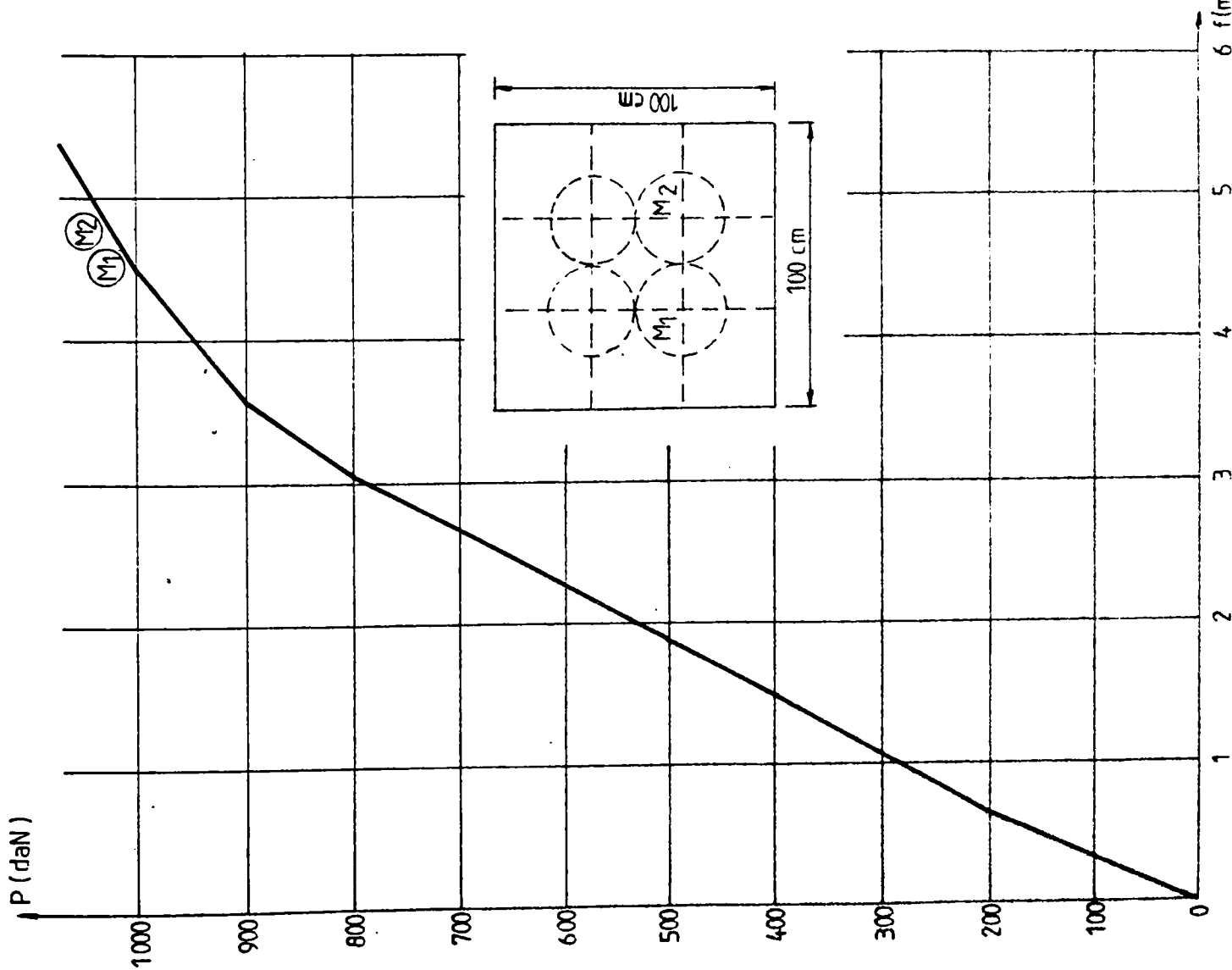


FIG. VII 3.1.3 Diagrama încărcări - săgeți la date nervurate ortogonale

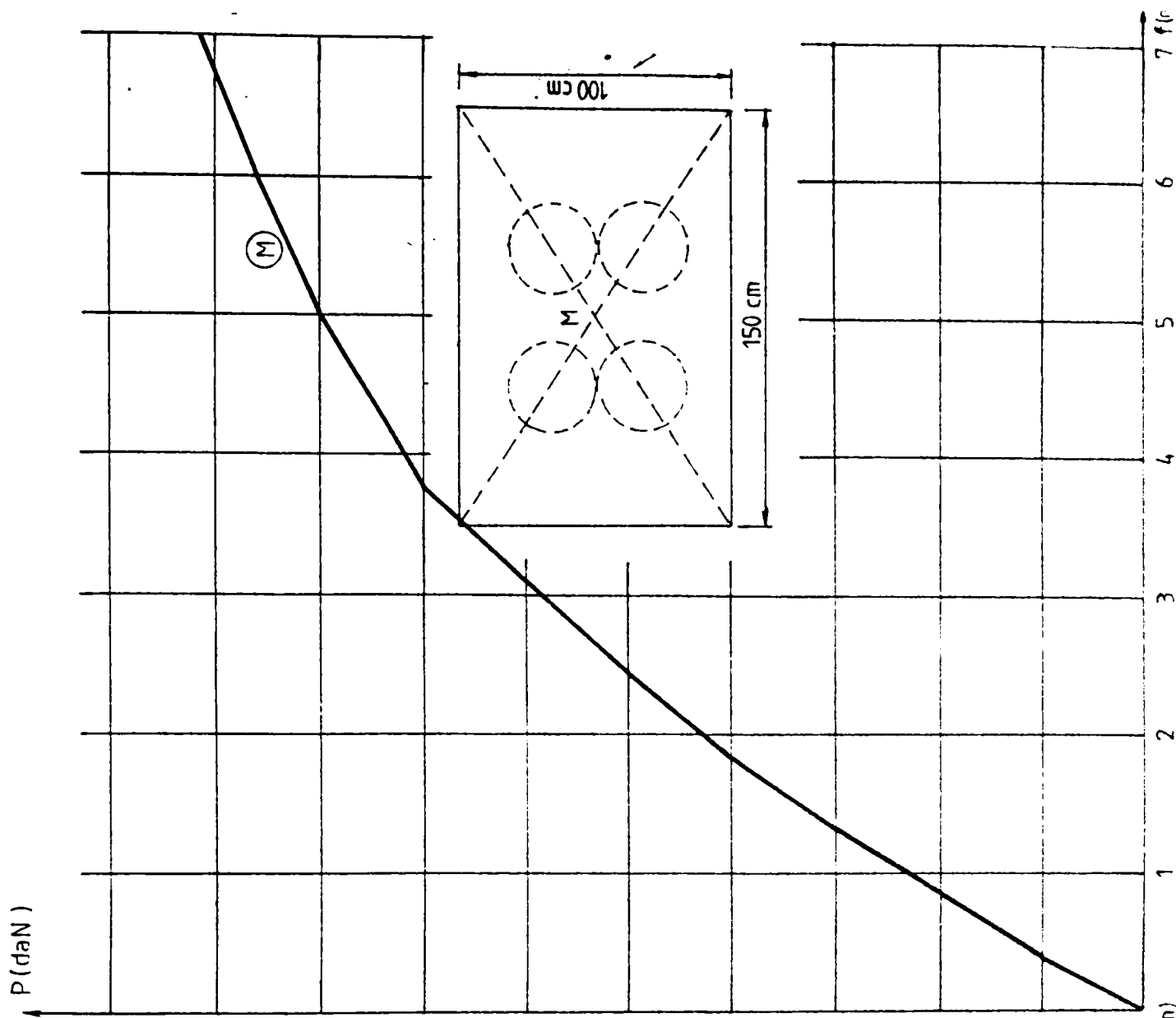


FIG. VII 3.1.4 Diagrama încărcări - săgeți la date nervurate diagonale

inferioară a dalei, dacă se formează sau nu picături de apă
fig.VII.3.1.6.

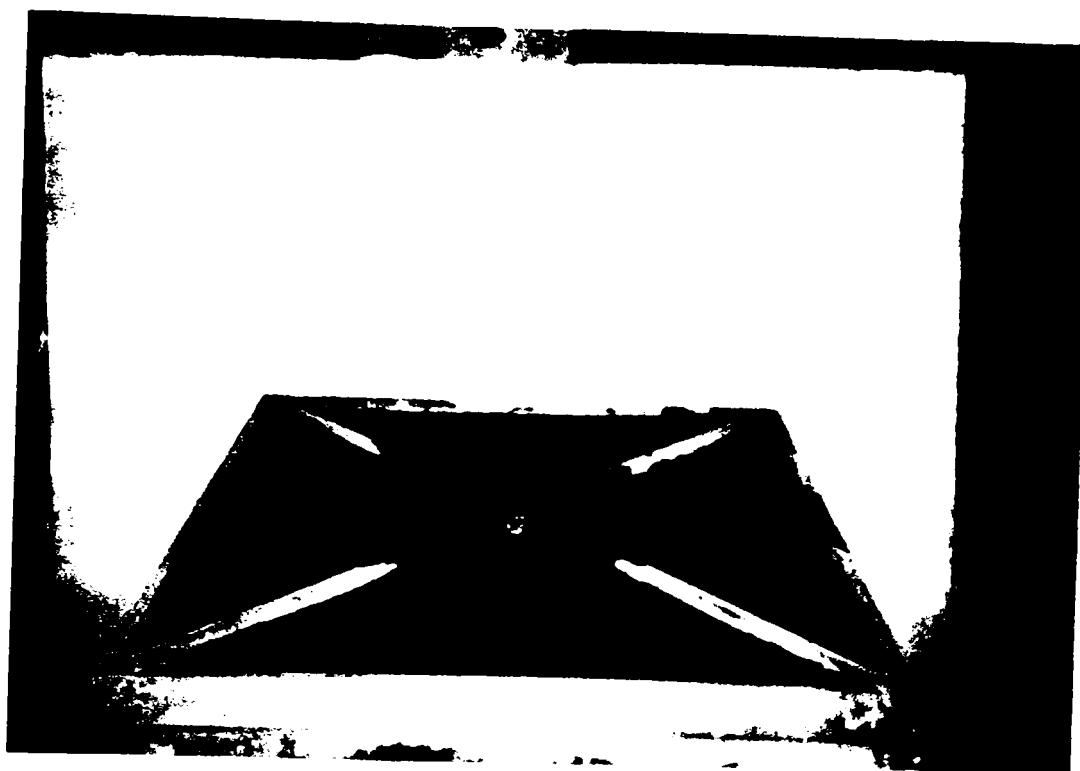


Fig.VII.3.1.6 Urmărirea impermeabilității dalei

După 12 ore de încercare nu s-au observat picături de apă la dalele studiate. Conform STAS 515/71, la țiglele de acoperiș prima picătură de apă nu trebuie să apară mai devreme de 3 ore

c) Interpretarea rezultatelor experimentale

Din analiza diagramelor din fig.VII.3.1.4 și VII.3.1.5 rezulta că dalele cu nervuri ortogonale și cele cu nervuri diagonale au practic rigidități apropiate. Un spor al rigidității se remarcă totuși la dalele cu nervuri ortogonale.

Dalele au dovedit, sub acțiunea încărcărilor, o comportare elastică până aproape de rupere, limita de microfisurare fiind aproape de limita de rupere. Încărcarea de rupere a ajuns la 800-1000 kg. Se remarcă în aceste dale asocierea efectelor armării cu țesătura din fibre de sticlă, cu fibre din fontă și cu armătură obișnuită de siguranță. În acest context, pentru cercetările viitoare, o asociere a fibrelor de fontă cu cele de sticlă, alcalo-rezistente, prezintă interes, mai cu seamă dacă din fibrele de fontă se vor putea realiza țesături

VII.3.1.4 Impermeabilizarea rosturilor

Rosturile dintre dale se impermeabilizează cu scopul reducerii sau a eliminării pierderilor de apă prin infiltrație. Deschiderea rostului se ia egală cu înălțimea nervurilor marginale. Înainte de așezarea dalelor, sub rosturi se recomandă să se pună fâșii de circa 8-10 cm lățime, din împâslitură de fibre de sticlă bitumată, câte două foi lipite între ele cu mastic bituminos (bitum circa 25-30 % și filer de calcar 70-80 %). Apoi, după așezarea dalelor, rosturile create se ung cu o amorsă din bitum și se umplu pe 2/3 din înălțimea lor cu un chit bituminos. Peste chitul bituminos se dispune un strat de mortar de ciment, până la umplerea completă a rosturilor, acesta având rolul de a proteja chitul de efectul de oxidare al razelor solare. Rostuirea se poate realiza și cu chituri elasto-plastice, cu foarte bune rezultate în procesul de impermeabilizare a canalelor.

VII.3.1.5 Concluzii

Utilizarea betonului armat asociat cu fibre, reprezintă o contribuție originală în lucrare și permite realizarea dalelor prefabricate și nervurate, ortogonal sau diagonal, cu posibilități de folosire în lucrările de irigații din agricultură. Ele sunt de 1,5-2 ori mai ușoare comparativ cu dalele clasice și asigură o bună comportare sub încărcări. Greutatea dalelor poate scădea și mai mult, ea fiind funcție de grosimea plăcii și de modul de armare. Plantarea lor pe taluz asigură o mai bună stabilitate ca urmare a prezenței nervurilor, rezemarea lor făcându-se pe întreaga suprafață.

VII.3.2. Plăci plane armate spațial

VII.3.2.1 Generalități

Este cunoscută tehnologia de realizare, cu metode adecvate, în tipare (cofraje) de lemn sau metalice, a plăcilor din beton armat, cu armare în plan pe două direcții cu plase de oțel dispuse pe una sau ambele fețe.

Dezavantajul procedurii cunoscute, cu metodele adecvate de realizare, constă în aceea că nu folosește eficient capacitatea de rezistență a plăcilor, prin aceea că nu pune în evidență posibilitatea dobândirii efectului spațial la plăcile plane, ceea ce împiedică realizarea, din beton armat, a unor plăci de capacitate portantă și rigiditate mai mari.

Plăcile obținute prin procedeul cunoscut nu asigură o rezistență corespunzătoare pe toate direcțiile și pe întreaga lor suprafață, capacitatea lor de rezistență fiind relativ mică și deformațiile mari. Din aceste cauze utilizarea lor în construcții este mai limitată.

Realizarea plăcilor spațiale din beton armat elimină dezavantajele arătate, prin aceea că, în scopul obținerii unor plăci de mai mare capacitate de rezistență și cu rigiditate mai mare, folosește o armare spațială unitară, pe toate cele trei direcții. Armarea spațială se realizează din două plase de armături dispuse pe cele două fețe ale plăcii plane și montanți verticali, sub formă de călăreți sau bare continue, dispuși continuu sau cu intermitență, între punctele de intersecție ale barelor din cele două plase. Distanța dintre montanții realizați sub formă de călăreți sau bare continue, va fi de cel mult de două ori grosimea plăcii din beton armat. Călăreții sau barele continue se dispun pe direcția și între barele de pe rândul doi ale plaselor, între fiecare rând de bare de pe această direcție, sau cel mult din două în două rânduri. Cele două plase sunt astfel alcătuite ca punctele de intersecție ale barelor lor să se afle pe aceeași verticală, fiind dispuse la aceeași distanță între ele. Legătura dintre cele două plase și

montanții sub formă de călăreți sau bare continue se realizează prin legare cu sârmă sau prin sudură, obținându-se o carcasă spațială. Carcasa spațială, astfel realizată, se constituie într-o structură metalică a cărei particularități sunt definite de modul de legare al barelor între ele. Conlucrarea dintre beton și carcasa metalică asigură stabilitatea barelor la compresiune, precum și a nodurilor. În aceste condiții asocierea betonului cu armătura determină un nou mod de transmitere a eforturilor pe toate direcțiile.

Fig. VII.3.2.1 prezintă o redare în perspectivă privind dispunerea montanților sub formă de călăreți, între barele din rândul doi ale plaselor și punctele lor de legătură;

Fig. VII.3.2.2 prezintă o redare în perspectivă privind dispunerea montanților sub formă de călăreți, între tot al doilea rând de bare de pe rândul doi ale plaselor și punctele lor de legătură;

Fig. VII.3.2.3 redă montanți realizați sub formă de călăreți independenți;

Fig. VII.3.2.4 redă montanți realizați sub formă de bare continue.

Pentru realizarea plăcilor spațiale din beton armat se utilizează tipare (cofraje) metalice sau din lemn, corespunzătoare geometriei produsului finit. Se alcătuiesc plasele din bare de oțel, pentru partea inferioară și superioară a plăcilor, corespunzător calculului de dimensionare la încovoiere. Plasa superioară se dispune, de regulă, din considerente de ordin constructiv. Plasele sunt astfel alcătuite ca barele lor să se petreacă una peste alta, în zonele terminale ale plăcilor, pe înălțimea secțiunii, realizându-se montanții marginali. Distanța dintre bare nu va depăși două înălțimi, fiind aceeași atât la plasa inferioară, cât și la plasa superioară.

Se confecționează montanții intermediari sub formă de călăreți independenți sau bare continue, prin intermediul cărora se leagă între ele punctele de intersecție ale barelor dintre cele două plase.

Realizarea carcusei spațiale din bare de oțel constă în dispunerea celor două plase, la o distanță egală cu înălțimea montanților, dispunerea montanților sub formă de călăreți independenți sau bare

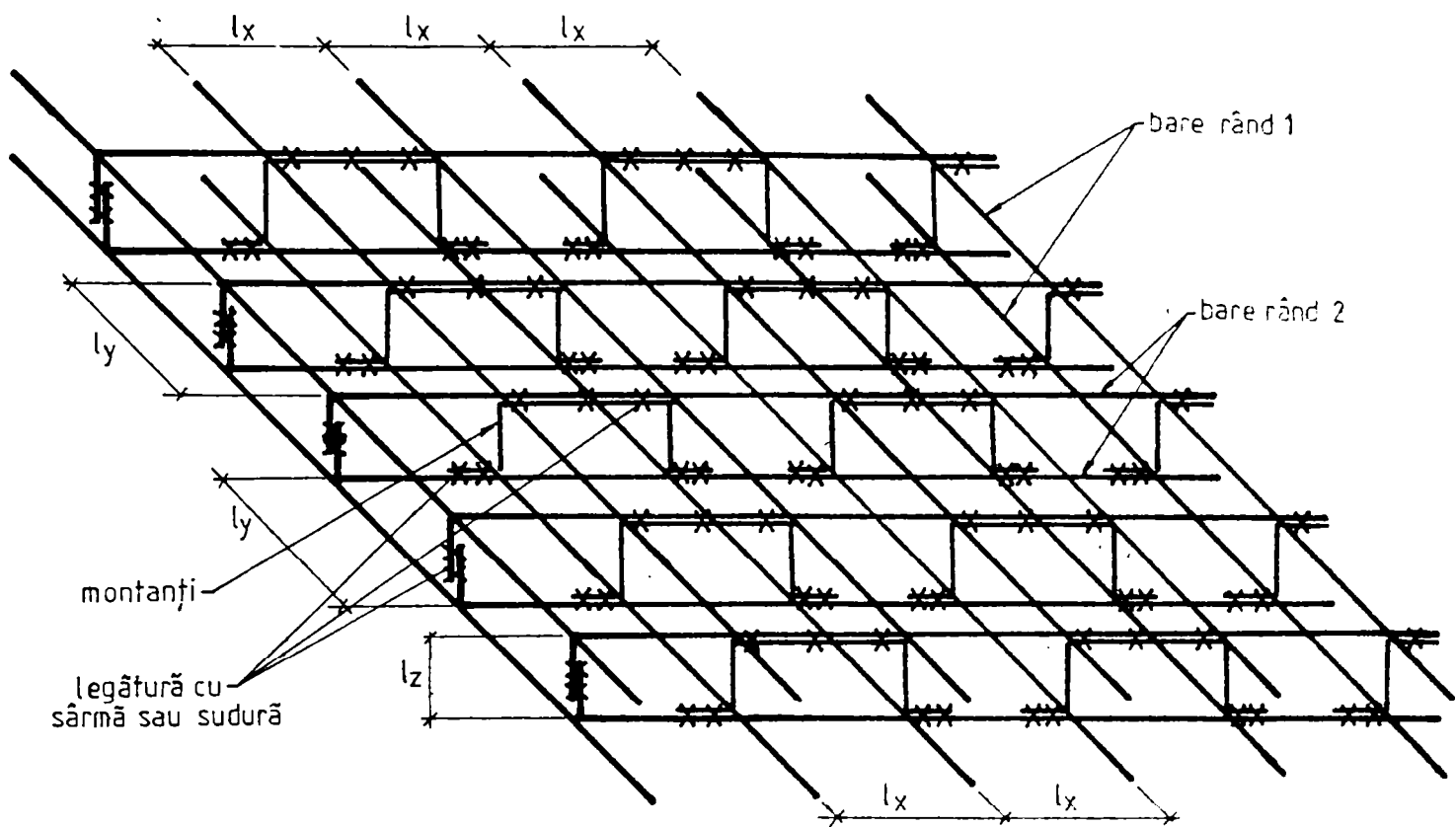


Fig. VII.3.2.1

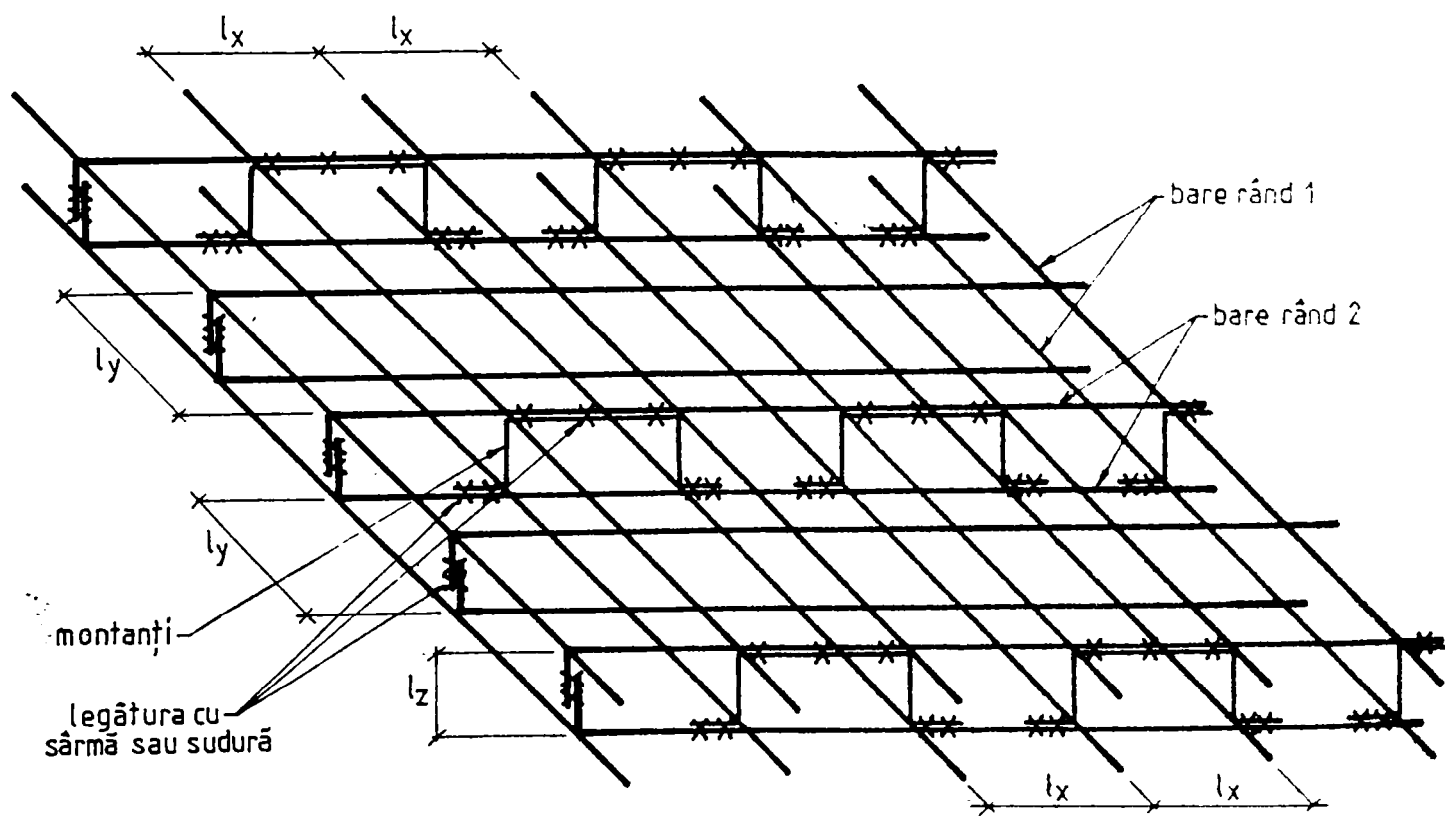


Fig. VII.3.2.2

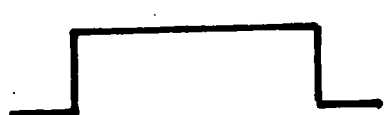


Fig. VII.3.2.3



Fig. VII.3.2.4

continue și apoi legarea acestora de cele două plase, cu sârmă sau prin sudură, asigurând astfel realizarea unei structuri metalice legate sau sudate, apreciabil de rigidă. Legătura cu sârmă sau prin sudură între montanți, plasa de jos și plasa de sus, se realizează în dreptul capătului fiecărui montant în cel puțin câte două puncte.

Pentru a se asigura grosimea stratului de acoperire cu beton și planeitatea carcasei, între carcasă și tipar (cofrag), se introduc purici din oțel beton. Betonarea se efectuează cu tehnologii cunoscute.

Prin realizarea plăcilor spațiale din beton armat cresc considerabil capacitățile lor de rezistență, deformație și posibilitățile de utilizare.

În acest scop au fost efectuate determinări experimentale asupra unor plăci destinate pavării liniilor de tramvai în Timișoara, renunțându-se la soluția mai greoaie de plăci din beton precomprimat, precum și la amenajarea unor drumuri de acces la lucrări de construcții.

În cazul folosirii plăcilor de beton armat, dimensiunile lor în plan vor fi determinate, între linii, de distanța (lumina) dintre șine, iar la exteriorul lor se vor determina din considerente de ordin constructiv, fiind puse în evidență 3 tipuri de plăci.

Destinația celor trei tipuri de plăci este următoarea : placa mare (P1) se amplasează între șine; placa mijlocie (P2) se amplasează în afara șinelor și placa (P3) se amplasează între ansamblul a două linii de tramvai.

Plăcile P1, P2 și P3 rezemă pe o infrastructură de criblură din piatră spartă bine compactată, adică pe mediu elastic. Se utilizează ca materiale : B_c 30 și PC 52.

VII.3.2.2 Determinarea eforturilor

a) Determinarea eforturilor M și Q în ipoteza rezemării plăcilor pe mediu elastic

Rezemarea plăcilor se face pe un pat de criblură din piatră spartă cu un coeficient de pat $C = 20 \text{ daN/cm}^3$.

Au fost luate în considerare cele mai defavorabile ipoteze de încărcare cu sarcina $P = 6 \text{ tf}$. S-a utilizat un beton $B_c 30$ cu modulul de elasticitate $E'_b = 230.000 \text{ daN/cm}^2$.

Determinarea eforturilor din încovoiere este prezentată în tabelul VII.3.2.1.

Forța tăietoare, în ipoteza cea mai defavorabilă de încărcare, în toate cazurile, este $Q = P$.

b) Determinarea eforturilor M și Q în ipoteza simplei rezemări pe laturile scurte

S-a apreciat ca axele reazemelor sunt dispuse la o distanță de margini, egală cu grosimea plăcii, adică 140 mm . Ca urmare deschiderile pe cele două direcții vor fi de $1720/1020$ la placa P 1; $1720/320$ la placa P 2 și $1720/-$ la placa P 3 (placa P 3 nu face obiectul calculului pe direcția scurtă). În tabelul VII.3.2.2 sunt redată valorile de calcul ale eforturilor pe direcția X (M_x și Q_z) în funcție de P și g (greutatea proprie a plăcii).

Valorile eforturilor pe direcția y sunt următoarele :

- placa P 1 : $M_y = 1,58 \text{ tfm}$; $Q_z = 3,06 \text{ tf}$
- placa P 2 : $M_y = 0,50 \text{ tfm}$; $Q_z = 3,01 \text{ tf}$.

VII.3.2.3 Dimensionarea și alcătuirea

a) Dimensionarea la moment încovoietor și alcătuirea

Dimensionarea are ca scop determinarea cantității de armătură din plăci în condițiile unei exploatări normale

S-a pornit prin a utiliza procente de armare optime, în creștere de la placa mare la placa mică, pe ambele direcții în plan, cuprinse între $0,488 \% \dots 0,895 \%$.

Dimensionarea s-a efectuat la moment încovoietor și forță tăietoare rezultate din calcul static. Ținând cont de faptul că încercările experimentale se fac în ipoteza de simplă rezemare a plăcilor pe laturile scurte, din calculul de dimensionare a secțiunilor, considerate simplu armate, au rezultat momente capabile M_{cap} situate în apropierea

momentelor rezultate din simplă rezemare (M) și rezemare elastică (M_{el}), (tab.VII.3.2.3 și VII.3.2.4).

Armarea s-a realizat din două plase dispuse pe cele două fețe și legate între ele prin distanțiere, realizând practic o carcasă spațială legată (PLE 1, PLE 2 și PLE 3). Astfel dimensionarea plăcii P1 în lungime (pe o fâșie de 1 m) trebuie să satisfacă cerințelor momentelor încovoietoare $M_x = 2,13 \text{ tfm}$ și $M_{x.el} = 1,51 \text{ tfm}$ și $M_y = 1,58 \text{ tfm}$ și $M_{y.el} = 1,75 \text{ tfm}$. (tab VII.3.2.4).

Dispunerea armăturilor în placa P 1 se realizează practic printr-o carcasă spațială legată (PLE 1).

Plăcile P 2 și P 3 sunt alcătuite asemănător, urmărind menținerea, în linii generale, a principiilor de alcătuire a plăcii P 1, chiar dacă în unele cazuri momentele capabile de calcul au rezultat mai mici. Acceptarea acestor momente încovoietoare capabile de calcul are în vedere rezerva de capacitate portantă ce s-a pus în evidență în cadrul încercărilor experimentale, ca urmare a adoptării unei armări cu carcasa spațială legată (tab.VII.3.2.3 și VII.3.2.4, PLE 2 și PLE 3).

Momentele încovoietoare capabile atât pe direcția x cât și pe direcția y sunt superioare momentelor încovoietoare rezultate din rezemarea pe mediu elastic.

b) Verificarea la forțe tăietoare

Din calculul eforturilor se reține forța tăietoare maximă de 6 tf. În cazul fiecărui tip de placă ($Q = 6 \text{ tf}$).

În cazul plăcilor P 1 și P 2 fiind îndeplinită condiția :

$$0,75 bh_o R_t > Q$$

adică : pentru placa P 1 $15,2 \text{ tf} > 6 \text{ tf}$

pentru placa P 2 $7 \text{ tf} > 6 \text{ tf}$

nu este necesar calcul la forța tăietoare.

În cazul plăcii P 3 se impune calculul de verificare la forța tăietoare deoarece :

$$0,75 bh_o < Q$$

adică : $3,2 \text{ tf} < 6 \text{ tf}$.

Se dispun în acest scop  trieri $\varnothing 8/140$ mm cu 4 bra e de forfecare, pe o lungime de 500 mm la capetele plăcii.

Capacitatea portantă a  trierilor  i betonului (Q_{eb}) rezultă de 7,9 tf, deci mai mare dec t Q.

Pentru verificarea capacit ii portante la for a tăietoare a col urilor se acceptă raza suprafe ei de contact pneu-placă de 150 mm. Forța tăietoare pe traseul afectat este preluată în totalitate de beton  i distanțieri ( trieri). Ie irea de pe col  mic orează zona de influen a a încărcării mic orându-se propor ional  i traseul afectat.

c) Verificarea la oboseală

Prin acest calcul se urmărește determinarea eforturilor unitare principale σ_1  i compararea lor cu valorile limită admise.

Astfel la placa P1 rezultă :

$$\sigma_1 = \frac{Q}{b \cdot z} = 0,56 \text{ N/mm}^2 < 0,5R_t = 0,625 \text{ N/mm}^2$$

La placa P2 rezultă :

$$\sigma_1 = \frac{Q}{b \cdot z} = 0,94 \text{ N/mm}^2 > 0,5R_t = 0,625 \text{ N/mm}^2$$

Din cele două verificări rezultă că în cazul plăcii P2 se impune a se lua în calcule  i armăturile transversale sub formă de  trieri (distanțieri). Ca urmare se  ine cont de prezența  trierilor $\varnothing 8/140$ mm cu 4 bra e de forfecare ce determină o capacitate de efort :

$$\sigma_e = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

Consider nd că betonul singur preia în condițiile unui ciclu pulsator sau oscilant $0,3 R_t = 0,375 \text{ N/mm}^2$, capacitatea portantă totală rezultă :

$$0,375 + 0,86 = 1,235 \text{ N/mm}^2 > 0,94 \text{ N/mm}^2$$

VII.3.2.4 Tehnologia de execuție

Betonul folosit fiind de clasă superioară se folosesc agregate de râu sortate. Se folosește oțel PC 52 fără ciocuri la capete.

Tiparele se confecționează din material lemnos sau metal astfel ca să satisfacă dimensiunile produsului finit și să permită o ușoară decofrare și recuperare a elementelor lor componente. În același timp tiparele trebuie să fie suficient de rigide, indeformabile sub acțiunea greutății proprii a betonului și a procesului de compactare prin vibrare.

Din armăturile fasonate, în conformitate cu PLE 1, PLE 2 și PLE 3 se confecționează carcusele spațiale legate. Aceste carcuse se realizează din 2 plase de armătură distanțate prin distanțieri. Distanțierii se leagă de barele de rezistență prin 2-3 puncte de legătură, iar barele de rezistență se vor lega între ele în noduri și pe lungimea de suprapunere la capete cu sârmă moale de diametru de 2 mm.

Carcusele au greutatea de 66 kg, 34 kg și respectiv 18,5 kg, ceea ce permite montarea manuală în cofrag. Ele se așează pe purici (distanțieri) de 10 mm pentru a se asigura grosimea stratului de acoperire cu beton. Acoperirea cu beton pe părțile laterale se va realiza tot cu purici de 10 mm.

Greutatea proprie a plăcilor este de 1000 kg, 420 kg și 210 kg, astfel că pentru decofrare, depozitare și montare sunt necesare utilaje de ridicat de mică capacitate. În vederea ridicării și manipulării, în plăci, sunt implantate profile tubulare din metal de Ø 50 mm și lungime 200 mm, îngropate în beton, câte două pe fețele laterale ale laturilor mici la plăcile P 1 și P 2 și câte una la plăcile P 3. Ele se leagă bine de armăturile învecinate pentru a se asigura stabilitatea poziției lor pe timpul turnării și vibrării betonului. Pozițiile lor sunt redate în PLE 1, PLE 2 și PLE 3. Cârligele pentru ridicare vor fi agățate de buloanele introduse în interiorul profilelor tubulare. Această soluție elimină prezența ciocurilor, pentru ridicare, asigură o suprafață netedă a plăcilor pentru exploatare.

VII.3.2.5 Determinări experimentale

Plăcile au fost încercate la presa hidraulică de 20 t a laboratorului de Beton armat, din cadrul catedrei C.C.I.A., Facultatea de Construcții Timișoara, respectându-se prevederile STAS-ului 6657/2-89. Prevederile constau în posibilitatea înlocuirii, în cadrul încercării, a situației reale de rezemare a plăcii pe mediu elastic, cu situația acoperitoare de schemă statică grindă simplu rezemată după direcția lungă.

Încărcarea s-a realizat cu o forță concentrată aplicată la mijlocul plăcii, reprezentând roata unui autovehicul care ar acționa pe placă.

Verificarea sub încărcare s-a efectuat în două etape :

- etapa I (nedistructivă), la care se verifică săgeata și fisurarea;
- etapa II (până la rupere), la care se verifică săgeata, regimul de fisurare, capacitatea portantă și modul de rupere.

Nivelul maxim de încărcare pentru etapa I corespunde cu încărcarea de exploatare pentru fiecare tip de placă, conform figurilor VII.3.2.5 la VII.3.2.9.

Încercarea în etapa I s-a efectuat în două cicluri de încărcare-descărcare, respectându-se între cicluri o pauză de 30 minute.

În ciclul unu încărcarea s-a efectuat în trepte, în număr mai mare de patru trepte, conform prevederilor STAS 6657/2-89, figurile VII.3.2.5 la VII.3.2.9.

Între încărcările stabilite pentru fiecare treaptă s-a menținut o pauză de 5 minute.

După ultima treaptă de încărcare pauza a fost de 30 minute, necesară stabilizării deformațiilor, după care au început treptele la descărcare.

În cadrul fiecărei trepte de încărcare s-au măsurat săgețile la mijlocul deschiderii plăcilor și la sferturi din deschidere. Pentru măsurarea săgeților s-au folosit fleximetre cu fir, (M_1 , M_2 și M_3) tip

INCERC, cu precizia 1:100, amplasate conform figurilor VII.3.2.5 la VII.3.2.13.

În cazul plăcilor P1-A și P1-B, a căror lățime depășește un metru, s-au prevăzut suplimentar două fleximetre cu fir, dispuse la extremitățile secțiunii considerate, figura VII.3.2.5 și VII.3.2.6 (VII.3.2.10 și VII.3.2.11).

În al doilea ciclu din etapa I se aplică încărcarea și descărcarea cu treptele și pauzele respective, identice cu primul ciclu.

Încercarea în etapa a II-a s-a efectuat în continuarea etapei I, după consumarea pauzei corespunzătoare după ultimul ciclu.

Încercarea s-a efectuat în trepte, reîncărcându-se plăcile în treptele aplicate în etapa I până la încărcarea de exploatare, după care treptele de încărcare au fost de max. 20 % din aceasta, până la 80 % din încărcarea de rupere, urmate de trepte de max. 10 % din încărcarea de exploatare, până la epuizarea capacității portante a plăcilor.

Deformațiile plăcilor, în cadrul fiecărei trepte de încărcare, sunt redate în figurile VII.3.2.10 la VII.3.2.14. Forțele de rupere sunt cuprinse în tabelul VII.3.2.5.

Tipul de placă		Sarcina de rup.tf			$\frac{P_r}{P} 100$	$\frac{P_r'}{P} 100$	Sarcina de fisurare tf	$\frac{P_r}{P_r'} 100$	$\frac{P_r'}{P} 100$	$\frac{P_r}{P} 100$
		de calcul P	experimentală							
			Pr	Pr'	%	%	%	%	%	
P1	A	6	16	16	267	267	6,00	37,5	37,5	100
	B	6	15,4	14	257	233	6,00	39,0	42,9	100
P2	A	6	9,9	9,5	165	158	2,75	27,8	28,9	45,8
	B	6	10,1	9,6	168	160	2,50	24,7	26,0	41,7
P3		6	5,9	5,8	98	97	1,30	22,0	22,4	21,7

În timpul încercării, plăcile au fost ținute sub urmărire pentru punerea în evidență a apariției fisurilor, a deschiderii lor, precum și procesul de rupere.

Din analiza valorilor experimentale, obținute în urma încercării plăcilor P1, P2, P3 rezultă următoarele :

a) caracteristicile geometrice ale plăcilor P1, P2 și P3, încercate experimental, se încadrează în abaterile stabilite de normele în vigoare.

b) caracteristicile fizico - mecanice ale betonului B_c 30 (B400) și ale oțelului PC 52, folosite în realizarea plăcilor, corespund cerințelor impuse de normele în vigoare;

c) fisurarea plăcilor încercate experimental s-a produs, în medie, la plăcile P1, la 38 % din sarcina de rupere experimentală, adică la 6 tf, la plăcile P2 la 26 % , adică 2,6 tf, iar la placa P3 la 22 % , adică 1,3 tf, nivelele de fisurare reprezentând, la plăcile P1 și P2, valori între 100 % și 43 % comparativ cu sarcina de calcul din ipoteza simplei rezemări a plăcilor, iar din ipoteza rezemării pe mediu elastic nivelele inferioare cresc și mai mult. Fisurarea acestor elemente la nivele superioare ale încercărilor sunt de natură să asigure o bună durabilitate a lor.

d) epuizarea capacității portante s-a considerat momentul în care săgeata maximă (la mijlocul deschiderii) a atins 1/70 din deschidere. Valorile forțelor de rupere (P_r) corespunzătoare acestor săgeți sunt redată în tabelul nr.VII.3.2.5. Din analiza acestor date experimentale rezultă că în cazul plăcilor P1 sarcina de rupere crește, în medie, de 2,5 ori comparativ cu sarcina de rupere teoretică (P) determinată în ipoteza simplei rezemări a plăcii, în cazul plăcilor P2 de 1,6 ori, iar în cazul plăcii P3 ele sunt aproximativ egale. Ținând cont că plăcile sunt rezemate, în realitate, pe mediu elastic, creșterile devin și mai mari, crescând și siguranța lor în exploatare. La placa P3 se recomandă totuși creșterea cantității de armătură longitudinală de rezistență de la partea inferioară, de la 4 Ø10 la 2 Ø 10+2 Ø 12, precum și a etrierilor din zonele de capăt;

e) ruperea finală a plăcilor încercate s-a produs la moment încovoietor, prin intrarea în curgere a armăturilor întinse și zdrobirea betonului din zona comprimată. Valorile acestor sarcini de rupere (P_r)

sunt redată în tabelul nr. VII.3.2.5 și sunt cu puțin superioare, sau hiar egale, cu cele prezentate la punctul anterior d, (P_r);

f) față de valorile de calcul determinate în ipoteza simplei rezemări a plăcilor, valorile experimentale a capacității portante au rezultat, la plăcile P2 și P1, de 1,6 ... 2,5 ori mai mari. Față de situația reală, de rezemare pe mediu elastic, valorile experimentale obținute evidențiază creșteri și mai mari. Aceste diferențe mari dintre valorile de calcul și cele experimentale, la plăcile P1 și P2, se explică printr-o comportare spațială a armării plăcilor;

g) valorile săgeților măsurate evidențiază buna comportare sub încărcări, corespunzător rigidității elementelor. În ipoteza reală, a rezemării pe mediu elastic aceste particularități sunt și mai evidente.

Concluzia finală care se desprinde în urma încercărilor experimentale pe aceste plăci, este, că ele satisfac condițiile de admisibilitate, atât din punct de vedere al condițiilor de rezistență, cât și din punct de vedere al condițiilor de deformație și fisurare. Utilizarea în locul betonului obișnuit a betonului cu armare dispersă, cu fibre din fontă, poate îmbunătăți comportamentul plăcilor sub încărcări atât din punct de vedere al capacității de rezistență și deformație cât și la oboseală și uzură.

VII.3.3 Plăci plane din beton fibrat, termorezistente

Confortul termic în construcțiile civile, industriale și agricole este una din cerințele impuse unei exploatare raționale și eficiente. Este cunoscut faptul că din neglijarea, într-o măsură mai mică sau mai mare, a preocupărilor pentru realizarea confortului termic, multe construcții suferă. Este deci firesc ca preocupările în acest domeniu să se diversifice pentru găsirea celor mai eficiente materiale termorezistente.

În acest context se înscrie realizarea betoanelor foarte ușoare din deșeuri măcinate de poliuretan rigid. Densitatea acestor betoane este de 400 ... 600 kg/m³ și pot fi utilizate cu bune rezultate în structura

pereților construcțiilor precum și în lucrări de remediere a confortului termic la construcții existente.

VII.3.3.1 Agregatele din spumă poliuretanică rigidă

Spuma poliuretanică rigidă se realizează din sisteme bicomponente de materii prime (poliol și izocianat) turnate în spații deschise sau închise. Grosimea pereților din spumă poliuretanică rigidă se determină pe criterii de izolare termică și rezistență mecanică.

Rezistența la compresiune, conform STAS 6765, este de $0,38\text{N/mm}^2$ ($3,8\text{daN/cm}^2$) în condițiile unei deformații de 10 %.

Rezistența la întindere din încovoiere, conform STAS 9775, este de $0,5\text{ N/mm}^2$ ($5,0\text{ daN/cm}^2$).

Conductivitatea termică, conform STAS 5912, este de $0,030\text{W/m.k}$ (sau $\lambda=0,025\text{ kcal/m.h.}^\circ\text{C}$).

Densitatea aparentă, conform STAS 9209, este de $80\dots 100\text{ kg/m}^3$.

Utilizarea spumei poliuretanică rigide se pretează în lucrări de izolații termice pentru temperaturi cuprinse între -25°C și $+90^\circ\text{C}$.

Comportarea în timp, în condiții de exploatare normală, pentru izolarea termică a conductelor, fără depășirea temperaturilor limită, sau deteriorarea lor mecanică, este asigurată pentru 7 ani, iar ca materiale termoizolatoare în clădiri, pentru temperaturi de -25°C până la $+35^\circ\text{C}$, durata de viață este considerabil mai mare, dar încă neprecizată.

Deșeurile din spumă poliuretanică rigidă rezultă din produse rebutate, bavuri. Ele pot primi utilizări în sfera construcțiilor ca părți componente ale materialelor termoizolatoare compozite.

Urmărind realizarea unor betoane foarte ușoare și termorezistente, se procedează la măcinarea deșeurilor, rezultând agregate din poliuretan rigid, de dimensiuni cuprinse între 1 și 12 mm.

Poliuretanul rigid are un conținut de pori deschiși de 10% din volum și o absorbție de apă de circa 5%, dar după măcinare volumul porilor deschiși crește considerabil iar absorbția de apă este totală. S-a testat absorbția de apă și a rezultat o reținere de apă de 100% pentru

produsul măcinat. O astfel de reținere de apă nu este acceptabilă pentru obiectivul propus, beton foarte ușor termorezistent. Această concluzie va determina adoptarea de tehnologii de realizare corespunzătoare.

Au fost efectuate cercetări cu granule din PUR de 3...5 mm și mai apoi, cu granule mai mari, de 5...12 mm, figura VII.3.3.1

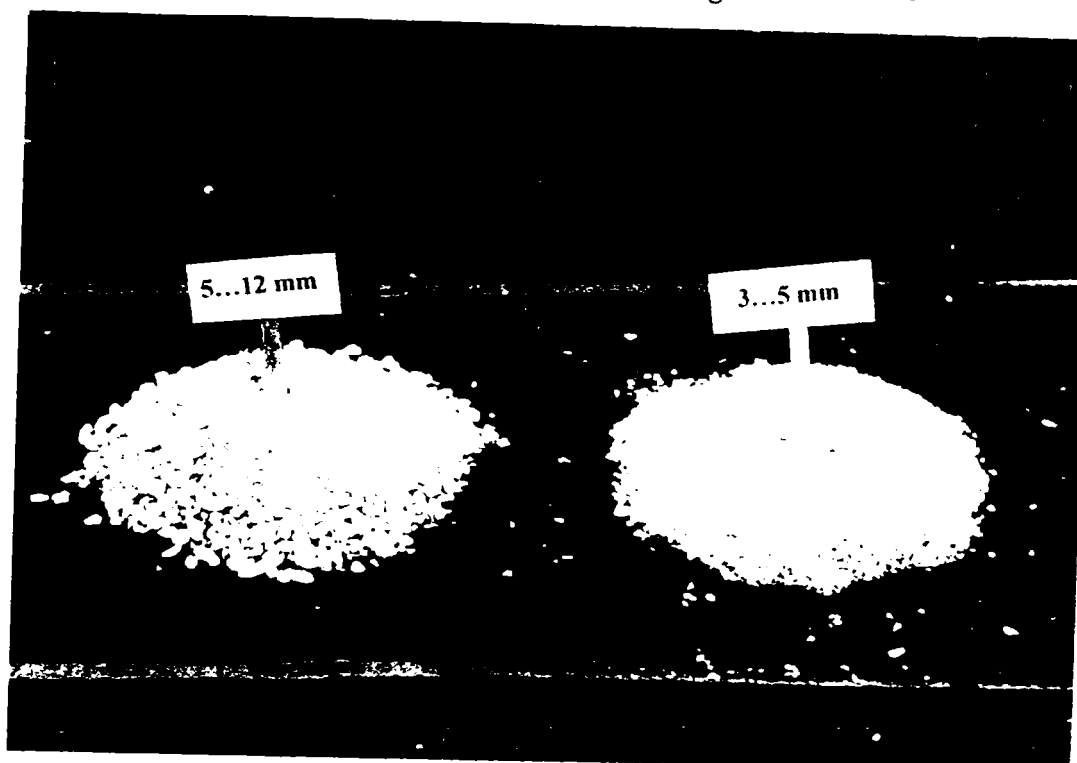


Figura VII.3.3.1 Granule PUR

VII.3.3.2 Tehnologia de încorporare

Ținând cont de absorbția mare a apei de către agregatele din PUR, de necesitatea utilizării unui raport optim apă/ciment a obținerii unor rezistențe mecanice acceptabile și a unor rezistențe termice corespunzătoare unui material termoizolant, au fost efectuate numeroase experimentări urmărind obținerea celei mai potrivite tehnologii de încorporare a agregatelor din PUR în masa de bază.

Principalii constituenți ai materialului compzit sunt: cimentul agregatele din PUR, nisipul sortat și apa.

Ținând cont de particularitățile materialelor, au fost experimentate mai multe tehnologii, după cum urmează:

a) Tehnologia de preamestec total, cu agregate nesortate din PUR cu fracțiunea ≤ 5 mm, asemănătoare tehnologiei de preparare a betonului obișnuit. Se amestecă în betonieră constituenții. Datorită absorbției mari de apă a agregatelor din PUR s-a utilizat un raport apă/ciment mare.

Amestecul în betonieră necesită, pentru o mai bună omogenizare, un timp mai mare de amestec comparativ cu betonul obișnuit.

Experiențele au fost efectuate cu constituenții grupați după mai multe rețete, în limita rapoartelor : ciment / nisip = 1...3; apă / ciment = 0,8.....1,2; ciment/PUR = 2...5. În toate cazurile au rezultat amestecuri mai puțin omogene, compozitul dobândind rezistențe mecanice foarte mici la 3 și 7 zile. Explicația constă în absorbția mai puternică a apei de către agregatele din PUR comparativ cu reținerea apei pentru procesul de hidratare a cimentului folosit. Această tehnologie s-a dovedit neproductivă.

b) Tehnologia de preamestec parțial și succesiv al constituenților. Practic s-au experimentat două tehnologii, adică:

b1 –Se saturează cu apă agregatele nesortate din PUR. cu fracțiunea ≤ 5 mm, apoi separat se amestecă cimentul cu nisipul uscat și în final se amestecă toate componentele în betonieră. În baza acestei tehnologii un m^3 de compozit conține:

ciment	150.....200 kg
nisip	150.....200 kg
apă	130.....230 kg
PUR	<u>75.....100 kg</u>
TOTAL	555.....730 kg

Rezultatele obținute nu au fost mulțumitoare, cantitatea de apă reținută rămânând în continuare foarte mare, chiar mai mare ca în cazul tehnologiei de preamestec total.

b2 –Se folosesc agregate sortate, din PUR, cu fracțiunea ≥ 3 mm, iar pentru îmbunătățirea lucrabilității amestecului proaspăt și a

reducerii consumului de apă se utilizează superplastifiant în proporție de 0,4.....0,5% din cantitatea de ciment. Se folosește un raport optim apă/ciment de 0,5. Se amestecă, întâi, în betonieră nisipul, cimentul și apa tratată cu superplastifiant, apoi se adaugă agregatele din PUR și se mai amestecă în betonieră 4.....5 minute până se obține consistența și omogenitatea dorite. Această tehnologie răspunde cerințelor impuse. Pentru un mc de compozit se utilizează, orientativ:

ciment	150.....200 kg
nisip	100.....200 kg
apă	75.....100 kg
PUR	40.....55 kg
Superplastifiant	<u>0,60...1,00 kg</u>
TOTAL	365,6...556,0 kg

VII.3.3.3 Confecționarea epruvetelor pentru determinări fizico-mecanice

Au fost urmărite rezistența la compresiune, densitatea aparentă, conductivitatea termică și rezistența termică ale compozitului pe următoarele dimensiuni de epruvete:

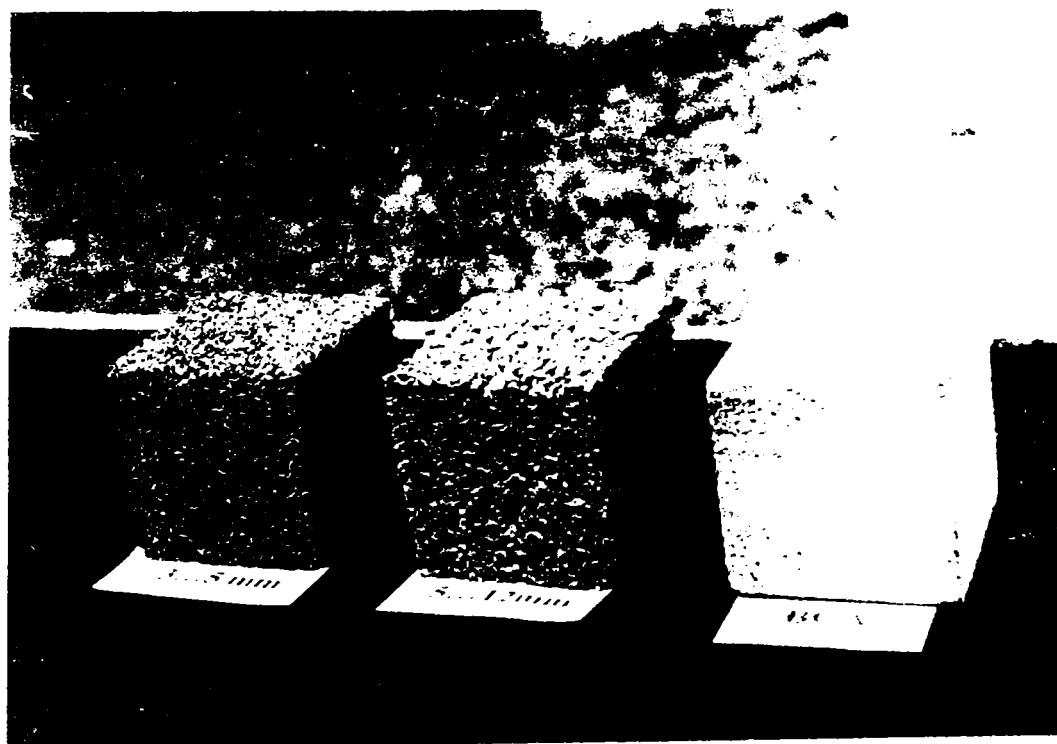


Figura VII.3.3.2 Cuburi

-rezistența la compresiune -cuburi 100x100x100 mm. figura VII.3.3.2;

-densitatea aparentă -cuburi 100x100x100 mm. figura VII.3.3.2;

-rezistența la întindere -prisme 300x100x50 mm. figura VII.3.3.3;

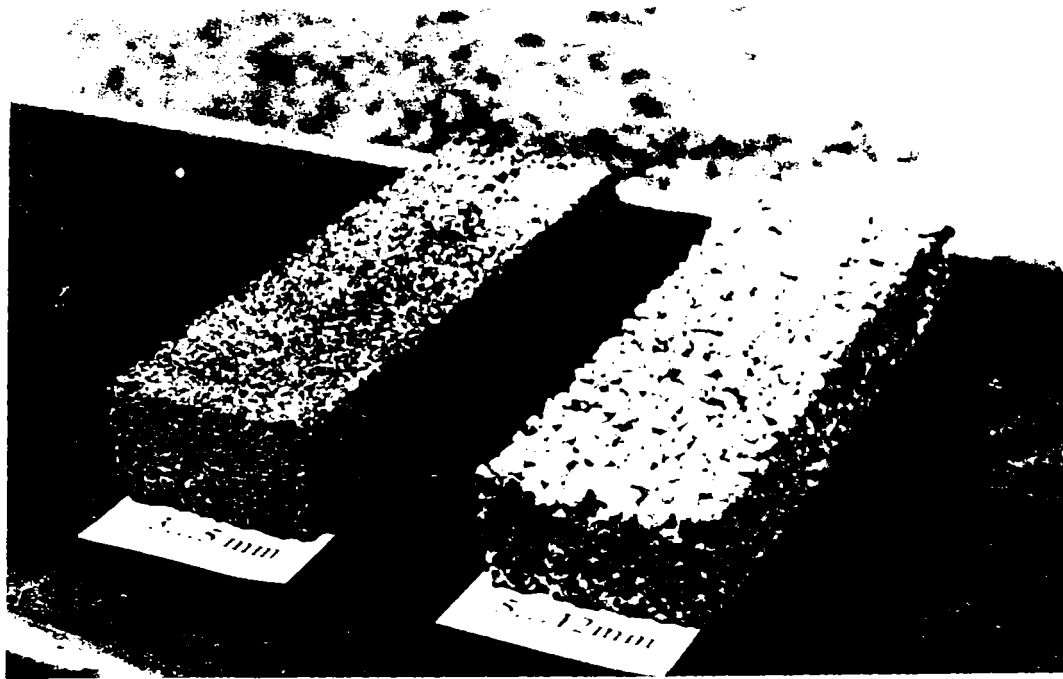


Figura VII.3.3.3 Prisme

-conductivitatea termică -plăci 200x200x50 mm. figura VII.3.3.4;



Figura VII.3.3.4 Plăci

-rezistența termică -plăci 200x200x50mm. figura VII 3 3.4.

realizate din materialul compozit –beton foarte ușor. Au mai fost confecționate plăci din beton armat, cu fibre din fontă amorfă. BAFF, de 200x200x12 mm, necesare realizării "epruvetelor pereți"

"Epruvetele pereți" sunt pereți tristrat, stratul exterior fiind din plăci de 12mm grosime din BAFF și interiorul din PUR nesortat, în grosime de 25....30 mm, figurile VII.3.3.5 și VII.3.3.6.

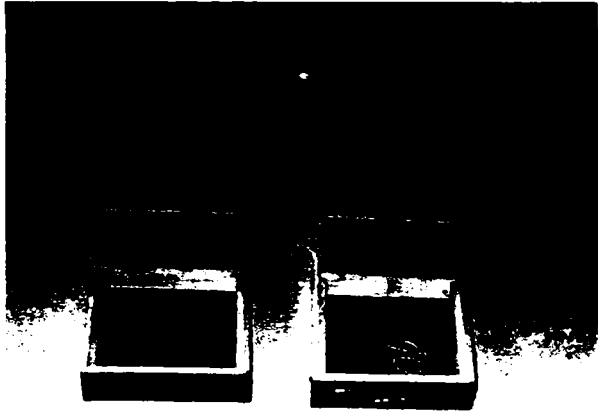


Figura VII.3.3.5 Epruvete pereți



Figura VII.3.3.6 Epruvete pereți

Epruvetele din beton foarte ușor au fost realizate folosind tehnologia de amestec parțial și succesiv (b2) a constituentilor.

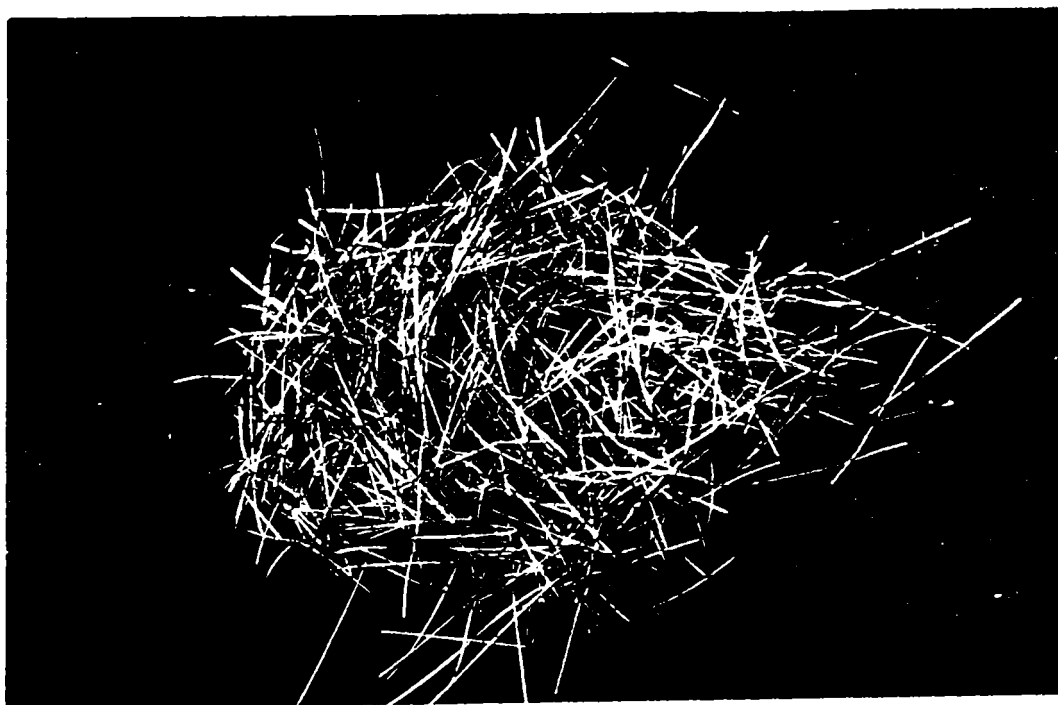


Figura VII.3.3.7 Fibre din fontă amorfă

Plăcile din beton armat cu fibre de fontă amorfă au fost realizate prin amestecul în betonieră a constituenților (ciment, nisip, apă, superplastifiant și fibre de fontă), figura VII.3.3.7 prezintă fibrele de fontă.

Tiparele au fost astfel adaptate sau confecționate ca să răspundă cerințelor dimensionale ale epruvetelor.

Turnarea în tipare a compozitului (beton foarte ușor) s-a realizat fără compactarea prin vibrație, în timp ce plăcile din beton armat cu fibre din fontă au fost compactate prin vibrație.

Au fost confecționate 24 variante de epruvete, realizate numai din PUR monolit, din PUR măcinat, din PUR și ciment, din PUR și beton, din BCA, plăci din beton armat cu fibre din fontă și "epruvete pereți" multistrat.

Epruvetele au fost ținute în condiții de laborator, cele pe bază de ciment fiind supuse experimentărilor abia la vârsta de 28 zile.

VII.3.3.4 Determinări experimentale

Compoziția betoanelor este determinată de ponderea constituenților reflectată prin cantitățile de ciment, de PUR, de mărimea granulelor (agregatelor) din PUR, de cantitatea optimă de apă de amestec, de cantitatea și granulozitatea nisipului și de superplastifiant, prezentate în Tabelul VII.3.3.1.

Din această analiză, pe baza încercărilor tehnologice preliminare, au fost utilizate două grupe de agregate PUR, cu dimensiunile de 3....5mm și 5....12 mm, rapoarte C/PUR cuprinse între 2/1 și 6/1, rapoarte C/N cuprinse între 1/1 și 3,6/1, precum și cantități optime de apă în relație cu prezența superplastifiantului. În total au fost realizate și analizate 17 serii de rețete, din care au rezultat câte 3 cuburi de 100x100x100 mm pentru încercarea la compresiune și densitate aparentă, câte 3 prisme de 300x100x50 mm pentru încercarea la întindere din încovoiere și câte 3 plăci de 200x200x50 pentru determinarea conductivității termice și a rezistenței termice. În plus au mai fost efectuate încercări de reper pe probe de 200x200x50 mm din

BCA și din PUR, figura VII.3.3.8, din agregate din PUR nesortate (granule între 1...5 mm), sortat (granule de 3...5 mm și 1...3 mm) pentru determinarea conductivității termice și a rezistenței termice de reper.

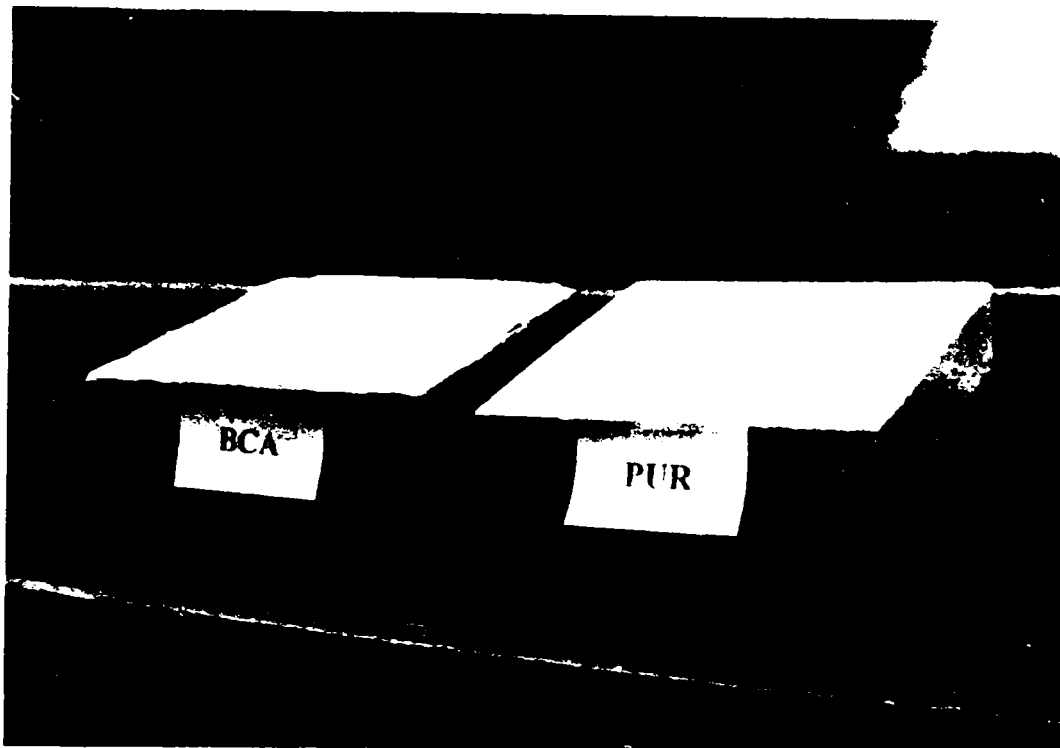


Figura VII.3.3.8 Plăci din PUR și BCA

Au fost efectuate măsurători ale conductivității termice și rezistenței termice pe 63 probe, ale rezistenței la compresiune și densității aparente pe 45 probe, ale rezistenței la întindere din încovoiere pe 45 probe. În total au fost supuse determinărilor fizico-mecanice 153 probe.

Rezistența la compresiune s-a determinat pe cuburi 100x100x100 mm la presa universală din dotare, figura VII.3.3.9.

De precizat că rezistența la compresiune a PUR rigid este de 0,5N/mm² iar a produsului BCA de 5 N/mm² și se consideră ca mărimi de reper.

Pe ansamblu în toate determinările valorile se situează între cele două limite de reper.



Figura VII.3.3.9 Determinarea rezistenței la compresiune

Ruperea cuburilor a pus în evidență o consecință a conlucrării între structura mai rigidă a betonului și structura ușor deformabilă-poroasă a agregatelor din PUR. Astfel din urmărirea relației dintre eforturile unitare de compresiune și deformațiile specifice, prezentate și în Tabelul VII.3.3.2, sunt puse în evidență valori mai mari ale acestora din urmă explicate prin autocompactarea "agregatelor" din PUR.

Proba în forma unui cub este considerabil umflată în zona de mijloc dintre platanele presei de încercare.

Rezistențele cele mai mari, între 5 și 8 N/mm², sunt date de epruvetele Nr.15, 20, 21, 22, și 23 cu deformații moderate la rupere cuprinse între 7,3....4.7 mm/m.

Cele mai bune valori, mai sus menționate, corespund unor particularități de structură și anume: epruvetele 15 cu agregate cuprinse între 3....5 mm, dar cu rezultate inferioare epruvetei 21 realizată în aceleași condiții dar cu agregate cuprinse între 5...12 mm. În același raport de asemănare se găsesc și epruvetele 14, 17 și 18 cu agregate cuprinse între 3...5 mm cu rezultate inferioare epruvetelor 20.

22, 23 realizate în aceleași condiții, dar cu agregate cuprinse între 5...12 mm.

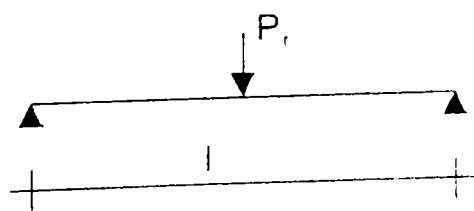
Densitatea aparentă s-a determinat pe epruvete de 100x100x100 mm, conform STAS 2414-91. În Tabelul VII.3.3.2 sunt redate rezultatele determinărilor. Rezultatele pe ansamblu confirmă reușita în realizarea unor betoane foarte ușoare cu densitatea cuprinsă între cea a PUR rigid și cea a BCA. Rezultatele cele mai bune sunt date de epruveta Nr.15, 20, 21 și 22 cu densități cuprinse între 400...600 Kg/m³ fără deosebiri esențiale față de dimensiunile agregatelor din PUR



Figura VII.3.3.10 Determinarea rezistenței la întindere din încovoiere

Determinările pentru rezistența la întindere din încovoiere, au fost efectuate pe epruvete 300x100x50 mm supuse la încovoiere, fig.VII.3.3.10.

În determinarea practică a acestei rezistențe, s-a acceptat ipoteza



$$M = \frac{P_r \cdot l}{4}$$

$$R_t = \frac{M}{W}$$

simplificatoare a corpului elastic, care, practic este acceptabilă la încărcări mici și mai puțin acceptabilă în pragul sarcinilor de rupere. Din aceste motive s-a înregistrat o mai mare împrăștiere a rezultatelor. Cum însă rezistența la întindere nu este o caracteristică mecanică foarte importantă pentru aceste betoane ușoare și cum rezultatele practice cele mai bune sunt date de epruvetele Nr.15, 20, 21 și 22 și 23 care se situează între 0,3...0,7 N/m², rezultatele se consideră bune, chiar foarte bune în cazul epruvetei Nr.23 unde R_t este mai mare comparativ cu cea rezultată pentru PUR rigid. Rezultatele detaliate sunt redate în Tabelul VII.3.3.3.



Figura VII.3.3.11 Instalația Dr.Bock

Una din cele mai importante caracteristici fizice ale betonului foarte ușor, realizat cu agregate din PUR, este conductivitatea termică (λ) și implicit rezistența termică (R) determinate cu instalația Dr.Bock, figura VII.3.3.11.

La început, au fost efectuate încercări pe epruvete din PUR rigid și BCA pentru determinarea valorilor de reper.

În Tabelul VII.3.3.4 sunt redate măsurătorile pe epruvete și distribuirea lor între cele două valori de reper, plăci PUR și BCA, respectiv 0,035 Kcal/hm⁰C și 0,146 Kcal/hm⁰C.

Măsurătorile pe epruvetelē Nr. 2, 3 și 4 se referă la caracteristicile fizice ale agregatelor din deșeuri de PUR măcinate și nesortate, sortate cu granulele ≤ 3 mm și granulele > 3 mm, practic cuprinse între 3 și 5 mm, a căror valori (0,038...0,041) sunt apropiate de valoarea de reper pentru placa din PUR. Materialul astfel măcinat poate fi utilizat ca umplutură în pereți tristrat realizați din 2 straturi de închidere din plăci din beton armat cu fibre din fontă, cu grosimea de 10-15 mm și al treilea strat, de umplutură, din agregate PUR, dispus între cele două plăci, figurile VII.3.3.5 și VII.3.3.6.

În acest sens au fost confecționate 2 epruvete de pereți tristrat regăsite în tabele sub denumirea "cutie". Conductivitatea termică (λ) este practic egală cu cea a BCA, ceea ce atestă soluția ca eficientă.

În ansamblu, cercetările asupra conductivității termice și rezistenței termice, pun în evidență faptul că toate probele din beton foarte ușor, realizate cu agregate din PUR, se încadrează între cele două repere, placa PUR și placa BCA. Se constată că probele realizate cu agregate de mărime 3...5 mm sunt mai eficiente comparativ cu cele realizate cu agregate de mărime 5...12 mm. În schimb ultimele dau satisfacție mai mare din punct de vedere al celorlalte caracteristici fizico-mecanice. Ca urmare se recomandă continuarea cercetărilor privind găsirea celei mai eficiente granulometriei, practic un amestec studiat între fracțiunile de 3...5 mm și 5...12 mm.

În tabelul VII.3.3.5 sunt date valorile coeficientului de conductivitate termică (λ) pentru principalele materiale de construcții.

VII.3.3.5 Plăci plane prefabricate

Au fost realizate plăci plane simple cu agregate din poliuretan rigid, ciment și fibre scurte sau țesături dispuse în armare dispersă volumică respectiv armare orientată în plan, precum și plăci plane compuse din doi pereți, subțiri, exteriori din beton armat cu fibre, între care se dispune agregatul din poliuretan rigid.

Dimensiunile plăcilor plane simple, monolite, sunt de 0,60x0,80x0,05 cm și prefabricatele pot fi aplicate, prin tehnologii adecvate, pe pereți, sau în structura pereților, asigurând confortul termic necesar. Armarea cu fibre asigură ca prefabricatele să fie elemente autoportante în procesul de manipulare și montaj.

Dimensiunile plăcilor plane compuse se aleg în funcție de destinația lor. În cazul pereților se aleg dimensiunile acestora realizându-se panouri întregi sau elemente de panou. Plăcile plane compuse pot fi variantă prefabricată sau monolită. În variantă prefabricată agregatele din poliuretan rigid se dispun între două plăci subțiri (15...20 mm) din beton armat cu fibre scurte sau țesătură din fibre lungi, iar în variantă monolită se realizează cele două plăci exterioare în tehnologie continuă cu betonul din poliuretan rigid. între ele, realizându-se alcătuirea la "cald" a elementului, în același proces tehnologic.

VII.3.3.6 Concluzii

Cercetările au început prin efectuarea unor investigații asupra agregatelor din PUR și a tehnologiei optime de realizare a preconizatelor betoane foarte ușoare. Au fost efectuate cercetări asupra absorbției de apă de către agregatele din PUR, rezultând că în aceste condiții de măcinare aceasta este totală, ca urmare a numărului foarte mare de pori, situație neadmisă în obiectivul urmărit. Ca urmare, una din principalele probleme de rezolvat rămâne diminuarea la maxim a absorbției apei de către agregatele din PUR, ceea ce până la urmă s-a realizat. A rezultat că în obținerea unor rezultate dorite se impune pe de o parte îndepărtarea granulelor fine sub mărimea de 3 mm, pe de altă parte conturarea celei mai adecvate tehnologii de amestec a constituenților în condițiile folosirii unui consum minim de apă de amestec. În acest scop s-a folosit superplastifiantul "Betoplast super".

Tehnologia propriu-zisă de preparare a betonului proaspăt, diferă de cea a betonului clasic prin aceea că amestecul se efectuează în

două etape; la început se amestecă în betonieră nisipul sortat cu cimentul și apa de amestec tratată cu superplastifiant, apoi în etapa a doua se adaugă agregatele din PUR și se amestecă în betonieră timp de 4....5 minute până se constată obținerea celei mai bune consistențe și omogenități a amestecului. Au fost utilizate două sorturi de agregate din PUR, fracțiuni de 3...5 mm și 5....12 mm.

Determinările experimentale au avut ca obiective: rezistența la compresiune, la întindere din încovoiere, densitatea, conductivitatea termică (λ) și rezistența termică (R). În acest scop au fost confecționate și experimentate 153 epruvete. Compoziția betoanelor foarte ușoare, cu agregate din PUR, este redată în paragraful VII.3.3.2 fiind cercetate 17 serii de rețete în funcție de rapoartele ciment/PUR, ciment/nisip și cele două sorturi de agregate din PUR.

Au fost efectuate determinări asupra PUR rigid, PUR nesortat, PUR sortat între 1....3 mm, 3.....5 mm și 5.....12 mm, beton foarte ușor cu agregate din PUR, beton armat cu fibre de fontă (BAFF), epruvete pereți tristrat, din două straturi din plăci de BAFS și între ele agregate nesortate uscate din PUR, precum și din BCA. Încercările asupra plăcilor din PUR și BCA sunt considerate ca date de reper, cele două materiale fiind bine cunoscute. Este știut că BCA este un bun material de construcții, cu rezistențe termice ridicate, ce satisface exigențele de confort termic. Practic rezultatele prezentelor cercetări se situează între cele două repere, deci rezultate foarte bune, ce sunt confirmate în tabelele VII.3.3.1, VII.3.3.2, VII.3.3.3, VII.3.3.4 și VII.3.3.5.


Rezultatele superioare pot fi menționate în cazul probelor Nr. 15, 20, 21 și 22 care, în ansamblul lor, satisfac.

Au fost încercate și "epruvete pereți" (cutii) din plăci de 12 mm grosime din BAFF și între ele granule din PUR nesortat. Au fost folosite fibre din fontă amorfă de 40 mm lungime, încorporate în masa mortarului de ciment prin amestec în betonieră. Caracteristicile mecanice ale acestui material sunt asemănătoare cu ale betonului armat obișnuit. Caracteristicile termofizice ale acestor "epruvete pereți"

sunt practic aceleași cu ale BCA, motiv pentru care ele pot fi folosite cu bune rezultate în construcții.

VII.3.4. Jghiaburi pentru sistemele de irigații

VII.3.4.1. Generalități

Jghiaburile sunt elemente de rezistență destinate transportului apei în sistemele de irigații din agricultură. Ele reazemă la capete pe furci dispuse la o distanță egală cu lungimea nominală a jghiabului. Pentru sistemele mici de irigații se folosesc jghiaburi cu deschiderea de 4-6 m. Secțiunea transversală este condiționată de volumul de apă transportat. În cazul prezentelor experimentări s-a folosit un jghiab tip coamă de 4m deschidere și cu secțiunea în . S-a denumit , original, tip coamă deoarece îmbinarea la capete se face printr-un procedeu similar cu cel al coamelor de la învelitorile de acoperiș cu țiglă.

VII.3.4.2. Realizarea jghiaburilor

În realizarea jghiaburilor supuse încercărilor s-a plecat de la conceptul, mai sus amintit, de jghiaburi tip coamă, precum și de la particularitățile tehnologice ale betonului proaspăt obișnuit sau fibrat. În ideea realizării lor prin plierea unor plăci plane.

Ținând cont de acești parametrii care concură, în mod esențial, la realizarea acestor jghiaburi, se impune clarificarea noțiunilor de "jghiab tip coamă", de consistența betonului proaspăt adaptat tehnologiei de realizare prin pliere, precum și înțelegerea procedurii de pliere.

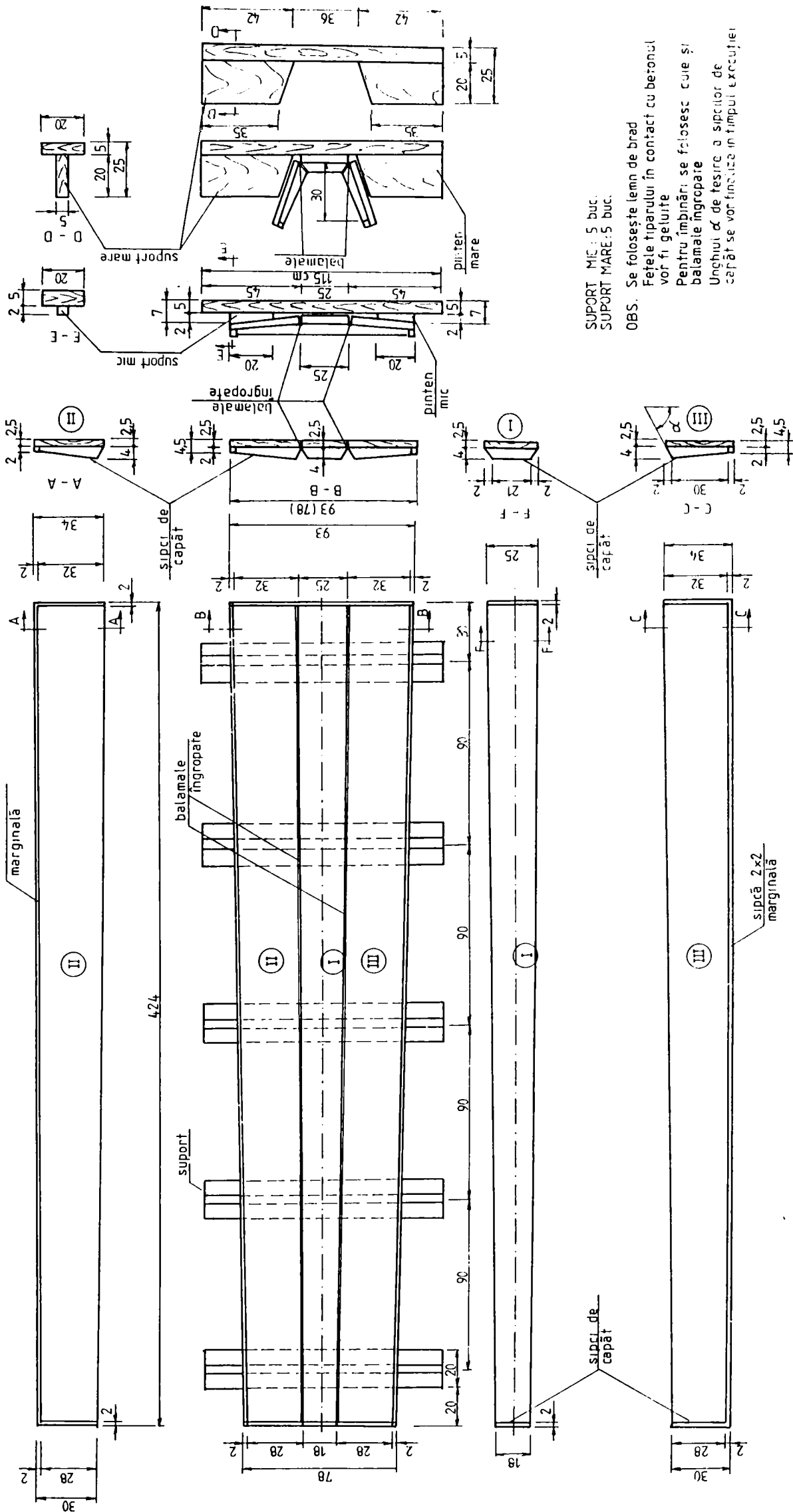
Jghiabul tip coamă presupune, în lungul lui, o secțiune transversală variabilă, plecând de la maxim și ajungând la un minim, ce poate pătrunde în maxim și poate realiza și îmbinarea. Ca urmare cele două capete ale jghiaburilor tip coamă au caracteristici geometrice diferite. Forma secțiunii transversale este condiționată, în mare măsură, de realizarea jghiabului prin pliere. În cazul de față secțiunea

transversală este de formă trapezoidală. Au fost experimentate jghiaburi cu deschiderea nominală de 4m și grosimea pereților variind între 2cm și 4cm.

Consistența betonului proaspăt obișnuit sau fibrat trebuie să fie vârtos-plastică, condiționată de necesitatea de a se menține în tipar atât în timpul, cât și după procesul de pliere a laturilor marginale, unghiul de pliere fiind controlat. Din aceste motive nu se folosește superplastifiant.

Realizarea jghiaburilor cu secțiunea variabilă (tip coamă) prin pliere este o contribuție originală. În funcție de caracteristicile geometrice prestabilite, s-a procedat la realizarea tiparelor rabatabile pentru asigurarea plierii amestecului proaspăt. Tiparele sunt astfel realizate ca să asigure atât în lungul lor cât și în secțiune transversală variabilitatea dimensională. În acest scop tiparul, în prima fază, este orizontal și asigură ca fundul jghiabului să devină de 4cm grosime și cea mai mică dimensiune a lateralelor de 2cm. În planșele 1,2 și 3 sunt redate detaliile de execuție ale jghiaburilor. Așa cum se constată unghiul de rabatare a lateralelor este controlat, în prima fază, de pinteni mici și în faza finală de pinteni mari. În planșa 3 sunt date și detalii de armare cu armături de siguranță $\Phi 4\text{mm}$, câte 4 bare pe fiecare latură, legați transversal cu bare drepte, tip etrier, de 4mm, realizându-se practic trei plase de armătură. Îmbinarea plaselor în dreptul liniilor de pliere se face cu sârmă neagră moale de 2mm, realizându-se o legare articulată între plase, compatibilă cu operația de pliere a produsului.

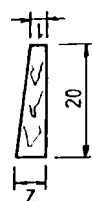
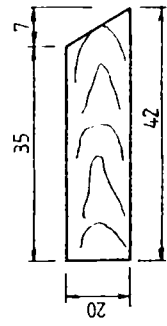
Armarea jghiabului urmărește ideea, anterior prezentată, a betonului armat asociat cu fibre, ca fiind o soluție superioară de realizare a compozitelor. În consecință jghiabul este armat cu plasă din fibre de sticlă (jghiabul J_2) sau plasă din sârmă zincată (jghiabul J_1), plasă din armătură obișnuită și fibre din fontă la partea superioară pentru asigurarea mai bune impermeabilizării. Se pot realiza și alte soluții de asociere între fibrele de fontă, țesături din fibre de sticlă sau sârme metalice, precum și cu oțel beton obișnuit. Stabilitatea pereților



SUPPORT MIC : 5 buc.
 SUPPORT MARE: 5 buc.

OBS. Se folosește lemn de brad
 Fețele tiparului în contact cu betonul
 vor fi geluite
 Pentru îmbinări se folosesc cuie și
 balamale îngropate
 Unghiul α de țesire a săpcilor de
 capăt se vor finaliza în timpul execuției

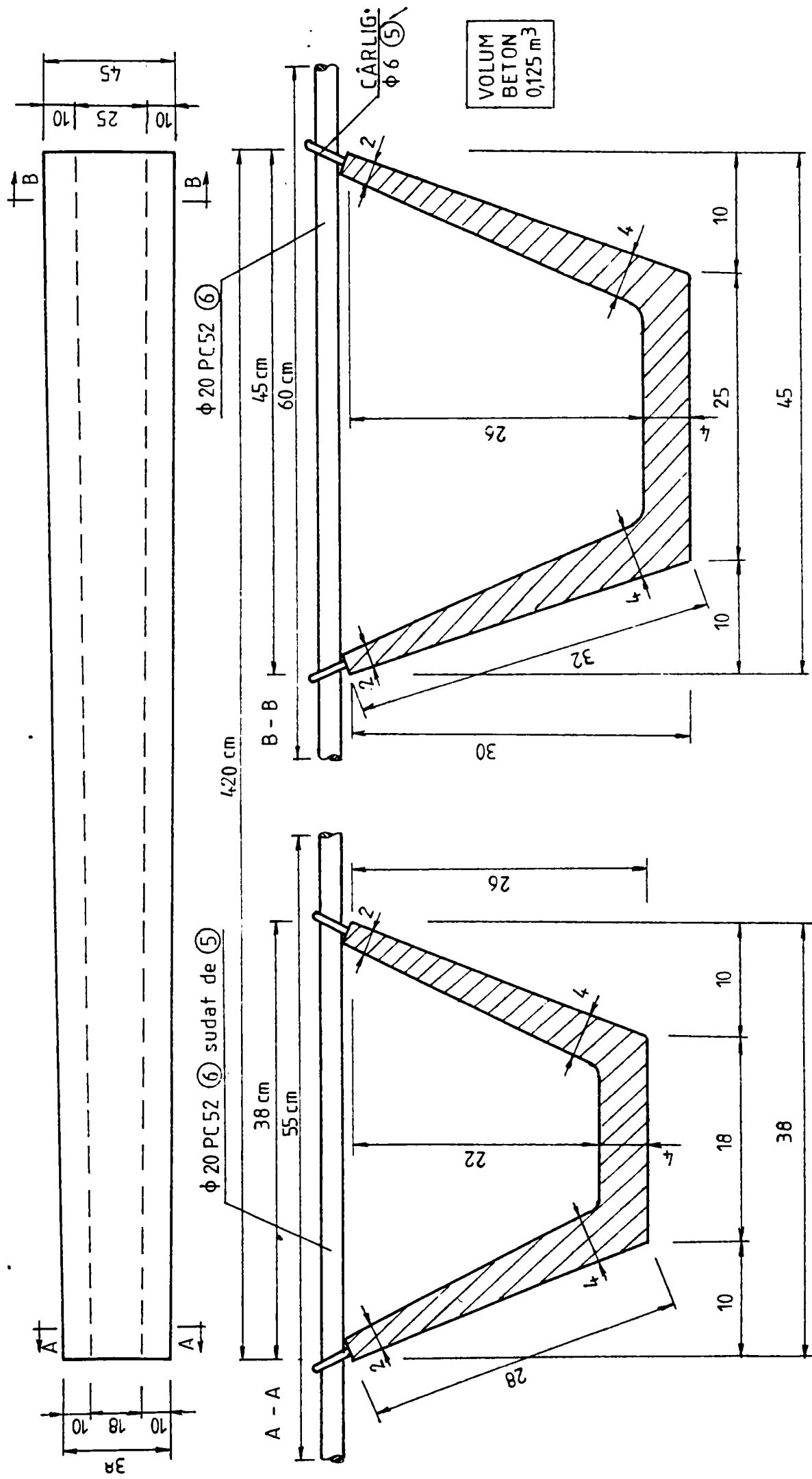
TIPARUL JGHIABULUI TIP COAMĂ



PINTEN MARE

PINTEN MIC

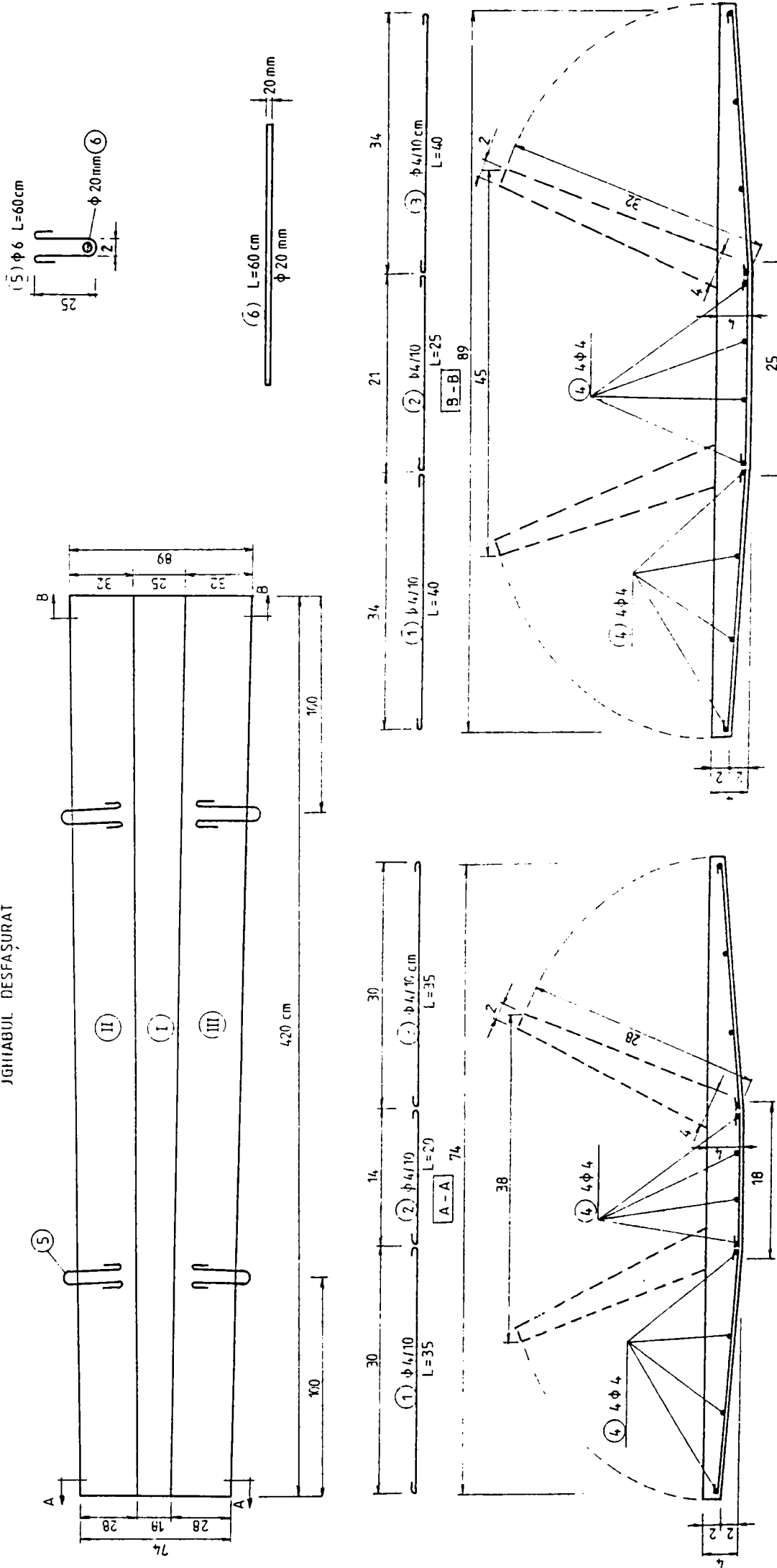
VEDERE DE SUS



GEOMETRIA JGHIIABULUI TIP COAMĂ

PLAN ARMARE

JGHIBUL DESFĂȘURAT



OBS: Armăturile marci 4, situate între panourile I-II și II-III vor fi legate între ele, pe toată lungimea lor, cu sârma neagră de $\phi 2$ mm

lateralii ai jghiabului este asigurată de legături transversale cu bare de oțel de $\Phi=20\text{mm}$, sudate de mustăți anume dispuse (planșa 2).

Compoziția betonului folosit este aceeași ca în cazul dalelor, cu deosebirea că în acest caz nu se utilizează superplastifiant pentru motive tehnologice de pliere a tiparelor, urmărind realizarea unui beton vârtos-plastic.

Pentru unul din jghiaburi s-a folosit următoarea rețetă :

3,5 m² țesătură din fibre de sticlă a 130 gr/m²

385 gr. fibre fontă

7 kg oțel beton $\Phi 4\text{mm}$

5 kg oțel beton $\Phi 20\text{mm}$

62 kg nisip 0-3mm

124 kg pietriș 3-7mm

53 kg ciment

27 kg apă

Total 280 kg

VII.3.4.3. Determinări experimentale asupra jghiaburilor

Determinările experimentale asupra jghiaburilor au urmărit verificarea comportării lor sub sarcini statice de scurtă durată, uniform distribuite, punerea în evidență a relației dintre încărcare și săgeată, a nivelului de fisurare și de rupere.

Schema statică, modul de încărcare și de măsurare a săgeților cu ajutorul comparatoarelor M_1 , M_2 și M_3 este prezentată în fig.VII.3.4.1.

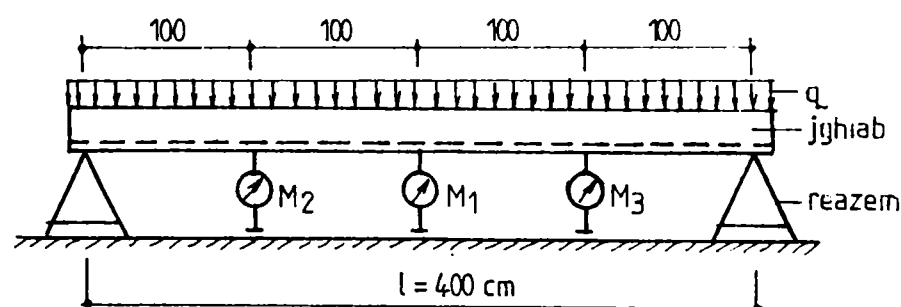


Fig.VII.3.4.1. Schema de încercare a jghiabului

Rezistențele la compresiune și întindere ale materialului sunt redate în tabelele VII.3.4.1 și VII.3.4.2.

Treptele de încărcare și mărimea aferentă a săgeților sunt prezentate în tabelele VII.3.4.3 și VII.3.4.4 pentru jghiabul J_1 și respectiv J_2 . Fisurarea s-a produs la o încărcare utilă de 800daN sau 200daN/ml la care se adaugă și greutatea proprie de 300 daN sau 75daN/ml. Sarcina de fisurare este de 275daN/ml. Ruperea s-a produs la o încărcare utilă de 1000daN plus greutatea proprie de 300kg, adică 325daN/ml. În fig.VII.3.4.2 se prezintă relația de legătură între încărcare și săgeată, remarcându-se nivelul ridicat de fisurare, nivel până la care relația P-f este practic liniară.

Din determinarea momentului capabil pentru secțiunea jghiabului numai cu aportul armăturii din bare O.B. $\Phi 4\text{mm}$ și beton Bc 20, rezultă :

$$M_{\text{cap}} = 450 \text{ daNm}$$

Din încercări a rezultat un moment de rupere :

$$M_r = 650 \text{ daN/m}$$

Rezultă deci, că $M_r > M_{\text{cap}}$, surplusul de capacitate fiind determinat de prezența armăturilor asociate sub formă de țesătură din sârmă (rabiț) sau fibre de sticlă.

Încărcarea reală a jghiabului din greutatea proprie plus cea a apei este abia de 175 daN/ml, ceea ce permite reducerea capacității portante prin diminuarea cu cca 40% a armăturii de siguranță.

Determinările asupra acestor jghiaburi permit să se precizeze că ele satisfac cerințelor și pot fi folosite în exploatarea sistemelor de îmbunătățiri funciare. În fig.VII.3.4.2 se prezintă relația sarcină de rupere-săgeată. În fig.VII.3.4.3 se prezintă aspecte de la încercarea jghiaburilor.

VII.3.4.4. Îmbinarea jghiaburilor

Îmbinarea jghiaburilor se realizează prin suprapunerea capetelor, în sistem coamă, pe o lungime de câte 100mm. Pozarea lor în poziția

Tabel VII.3.4.1.

Nr. crt.	a x b cm	A=a.b cm ²	G kg	$\rho_b=G/V$ kg/m ³	$\rho_{b \text{ med.}}$ kg/m ³	Pr daN	$R_b=P_r/A$ daN/cm ²	$R_{b \text{ med.}}$ daN/cm ²
1	14,1x14,1	198,81	6,35	2,265	2,284	66.000	332	344
2	14,1x14,1	198,81	6,35	2,265		69.000	347	
3	14,1x14,1	198,81	6,35	2,265		70.500	355	
4	14,1x14,1	198,81	6,40	2,286		67.000	337	
5	14,1x14,1	198,81	6,50	2,321		66.500	334	
6	14,1x14,1	198,81	6,45	2,304		71.000	357	
7	10x10	100	2,20	2,200	2,200	31.500	315	317
8	10x10	100	2,20	2,200		33.000	330	
9	10x10	100	2,20	2,200		32.500	325	
10	10x10	100	2,20	2,200		31.500	315	
11	10x10	100	2,20	2,200		31.500	315	
12	10x10	100	2,20	2,200		30.000	300	

Tabelul VII.3.4.2.

Nr. crt.	axbxl cm	Pr daN	Mr daNm	$R_t = \frac{3,5M_r}{a \cdot b^2}$ daN/cm ²	$R_{t \text{ med.}}$ daN/cm ²
1	10x10x55	810	6075	21,30	23,43
2	10x10x55	840	6300	22,05	
3	10x10x55	820	6150	21,50	
4	10x10x55	840	6300	22,05	
5	10x10x55	1065	7988	28,00	
6	10x10x55	980	7350	25,70	

Obs : $E_b = 310.000 \text{ daN/cm}^2$

Tabelul VII.3.4.3.

Nr. crt.	Treapta de încărcare $P=q \cdot l$ [kg]	J_1 – Săgeata "f" mm			Obs.
		M_2	M_1	M_3	
1	0	0,00	0,00	0,00	
2	100	0,55	0,50	0,50	
3	200	1,25	1,25	1,20	
4	250	1,65	1,65	1,55	
5	300	2,15	2,20	2,00	
6	350	2,60	2,80	2,50	
7	400	3,05	3,20	2,85	
8	450	3,40	3,55	3,20	
9	500	3,65	4,00	3,60	
10	550	3,95	4,70	4,10	
11	600	4,30	5,00	4,45	
12	650	4,75	5,50	4,80	
13	700	5,10	6,05	5,35	
14	750	5,50	6,50	5,70	
15	800	5,80	6,90	6,15	fisurare
16	850	6,25	7,30	6,60	
17	900	6,90	7,95	7,10	
18	950	7,30	8,40	7,50	
19	1000	8,25	9,90	9,50	
20	1000	-	12,80	-	rupere

Tabelul VII.3.4.4.

Nr. crt.	Treapta de încărcare $P=q \cdot l$ [kg]	J_1 – Săgeata " f " mm			Obs.
		M_2	M_1	M_3	
1	0	0,00	0,00	0,00	
2	100	0,55	0,70	0,65	
3	200	1,20	1,50	1,40	
4	250	1,60	1,90	1,80	
5	300	2,25	2,40	2,50	
6	350	2,45	2,80	2,35	
7	400	2,85	3,20	3,30	
8	450	3,20	3,65	3,70	
9	500	3,65	4,20	4,20	
10	550	4,00	4,60	4,55	
11	600	4,40	5,00	4,90	
12	650	4,85	5,60	5,50	
13	700	5,15	5,95	5,90	
14	750	5,50	6,35	6,20	
15	800	5,85	6,80	6,60	
16	850	6,30	7,25	7,00	fisurare
17	900	6,80	7,70	7,40	
18	950	7,05	8,20	7,90	
19	1000	7,85	9,50	9,90	
20	1000	-	12,15	-	rupere

finală se face astfel ca între ele să fie dispus un chit plastic de 10-15 mm grosime care asigură etanșarea îmbinării, fig.VII.3.4.4.

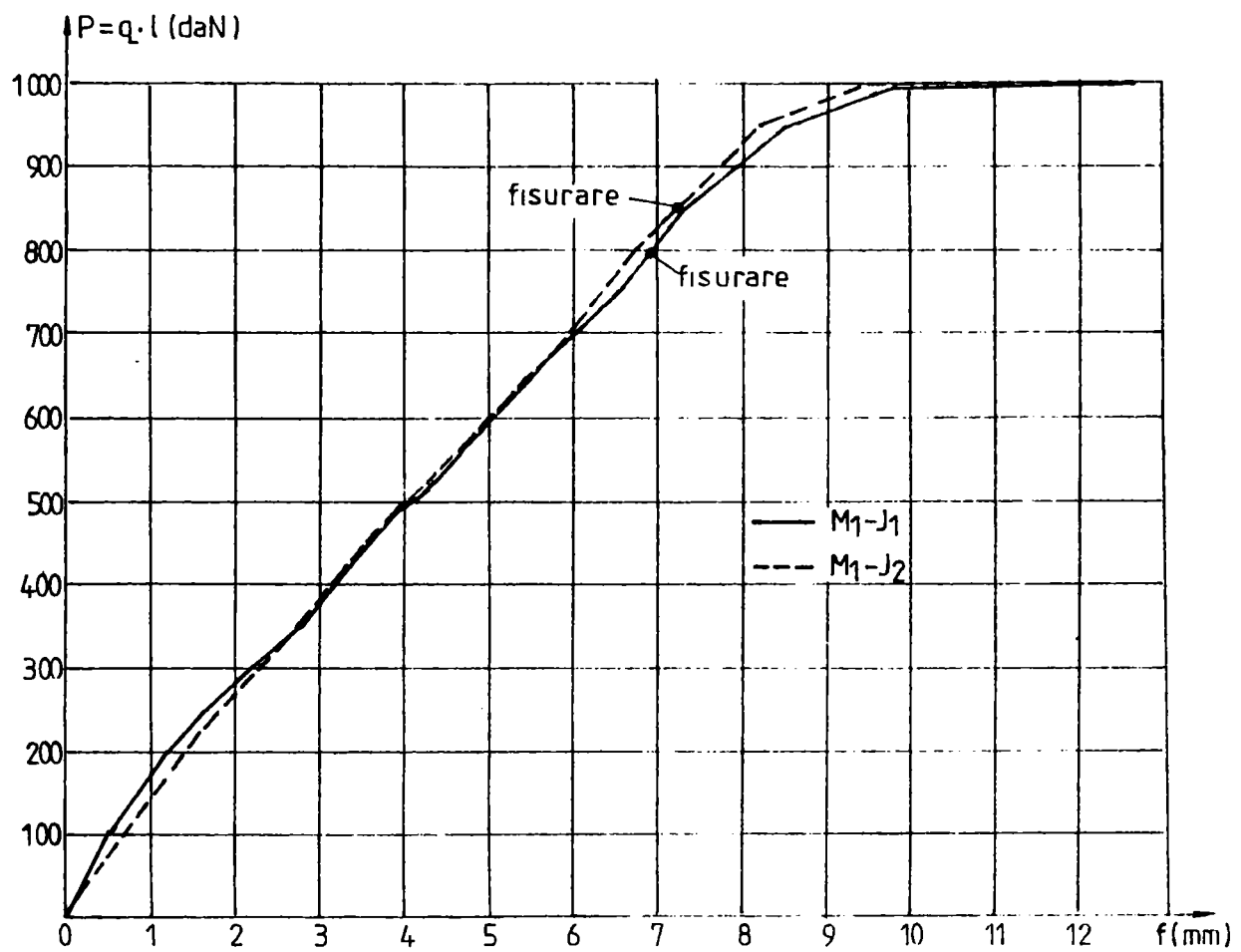


Fig.VII.3.4.2 Diagrama Pr-f

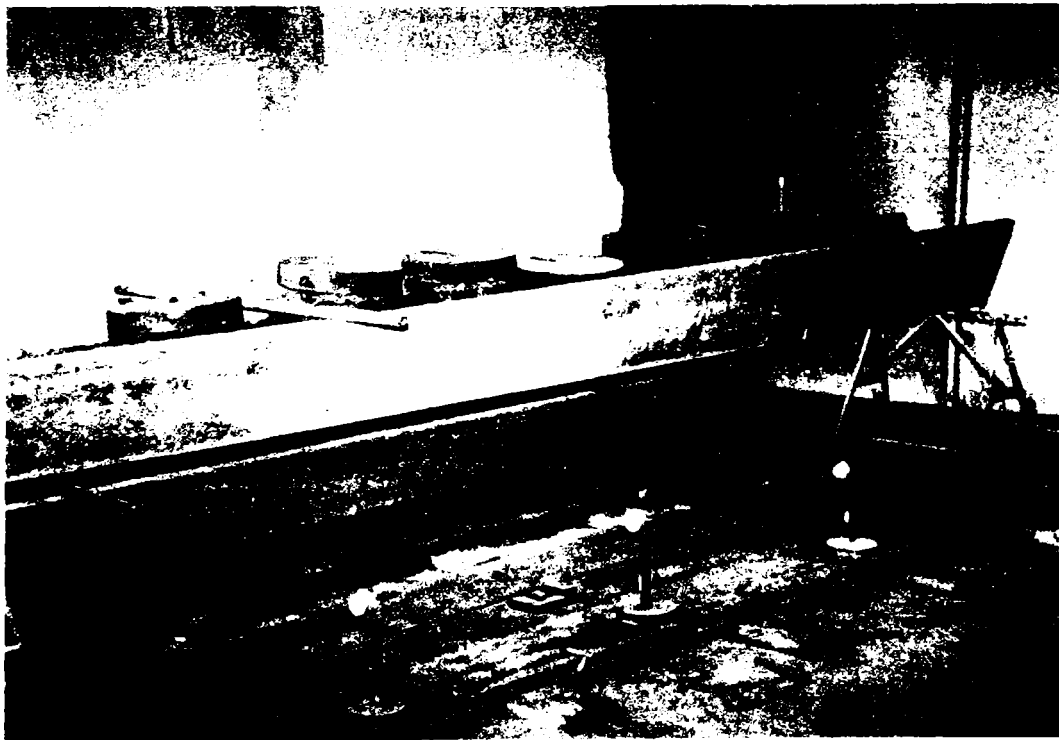


Fig.VII.3.4.3 Încercarea jghiaburilor

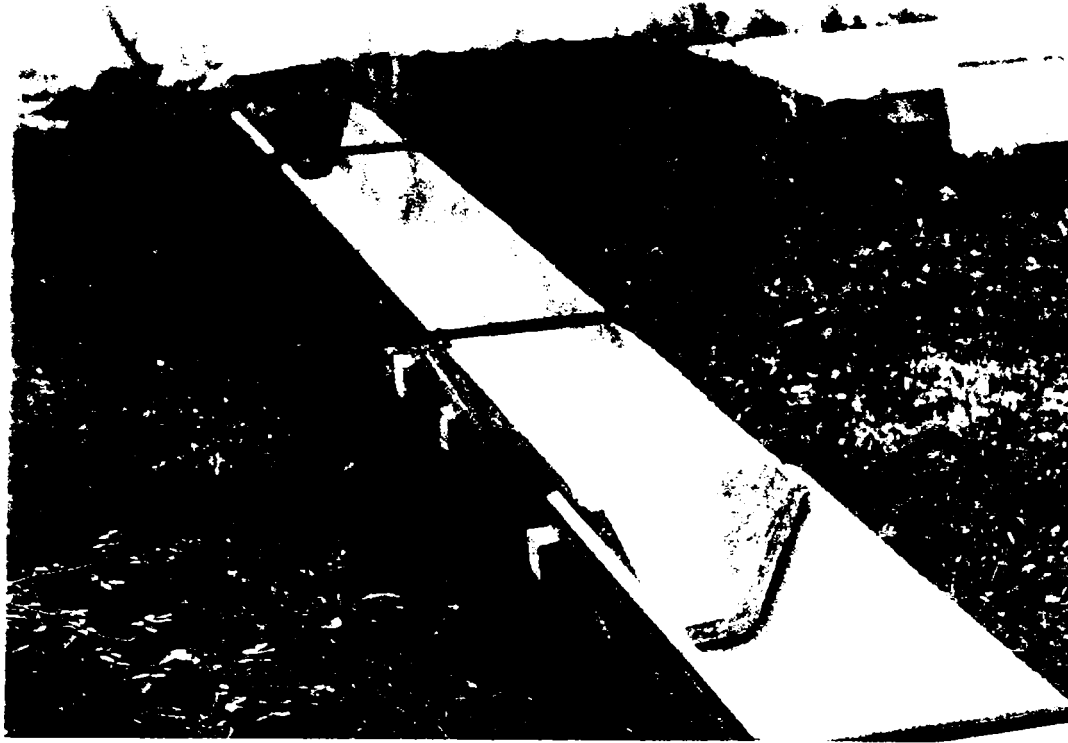


Fig.VII.3.4.4 Îmbinarea jghiaburilor

VII.3.4.5 Calculul hidraulic

Se efectuează conform schemei elementului finit din fig.VII.3.4.5.

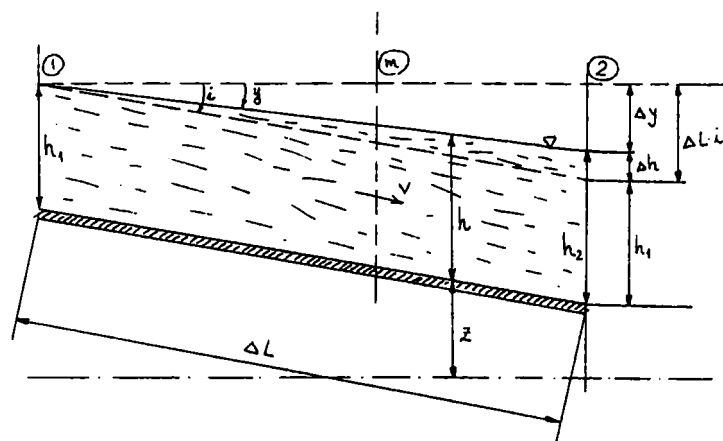


Fig.VII.3.4.5.Schema elementului finit

Δy ... caderea liniei superficiale

$$\Delta h = h_1 - h_2 \quad \Delta h = i \cdot \Delta L - \Delta y$$

$$\Delta y = y_2 - y_1 \quad \Delta y = i \cdot \Delta L - \Delta h$$

Ecuatia lui Bernoulli

$$\frac{V^2}{2g} + h + z + h_r = \text{const.}$$

$$\frac{d}{dl} \rightarrow \frac{d}{dl} \left(\frac{V^2}{2g} \right) + \frac{d}{dl} (z+h) + \frac{dh_r}{dl} = 0$$

$$-\frac{d}{dl} (z+h) = j = \lim \frac{\Delta y}{\Delta L} = \frac{d}{dl} \left(\frac{V^2}{2g} \right) + \frac{V^2}{C^2 R}$$

$$\Delta y = \frac{Q^2}{2g} \Delta \left(\frac{1}{S^2} \right) + \frac{Q^2 \cdot P_n}{C_n^2 \cdot S_n^2 \cdot S_n} \Delta L = y_2 - y_1$$

$$y_2 - y_1 = \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{S_2^2} - \frac{1}{S_1^2} \right) + \frac{Q^2 \cdot P_n}{C_n^2 \cdot S_n^2} \cdot \Delta L$$

Calculul se face din aval spre amonte, ne alegem tronsoane ΔL cu sectiune de aceeasi forma si cu panta constanta, distantele intre sectiunile caracteristice egale, unitati (m,s).

Alegem 10 tronsoane deci $\Delta L=0,4m$ si calculam debitul capabil la diferite pante i cu elementele de la mijlocul jghiabului, fig.VII.3.4.7.

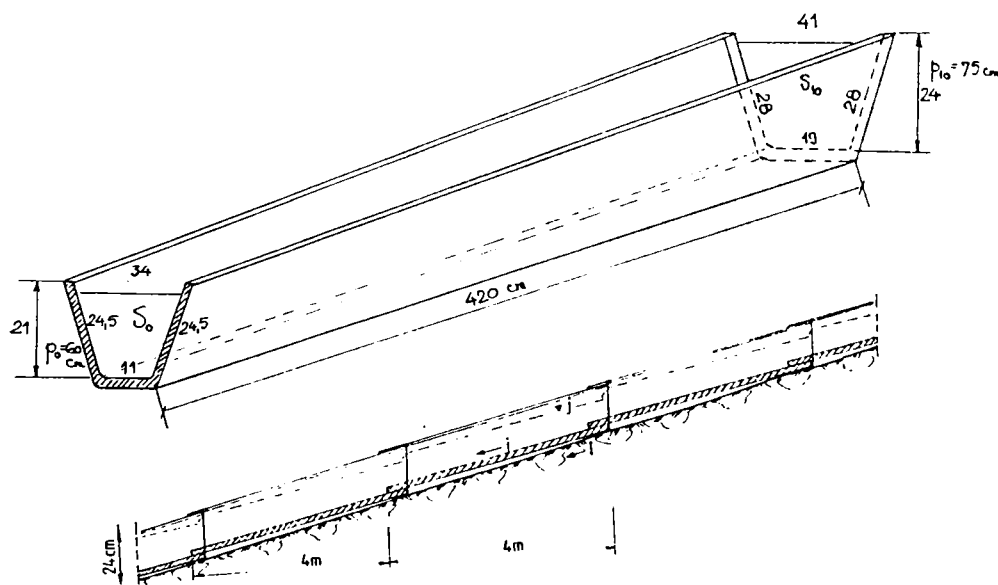


Fig.VII.3.4.6.Dimensiunile jghiabului prefabricat

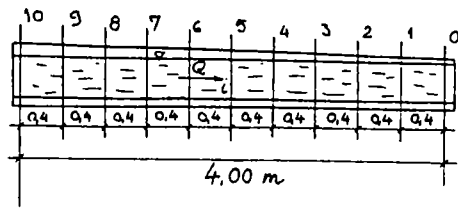


Fig.VII.3.4.7. Tronsonarea jghiabului

$$Q = S \cdot C \cdot \sqrt{Ri}$$

$$S_1 = \frac{0,33 + 0,15}{2} \cdot 0,2 = 0,048 m^2$$

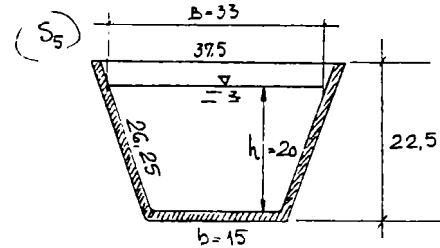
$$P_1 = 0,24 \cdot 2 + 0,15 = 0,63 m$$

$$R_1 = \frac{0,048}{0,63} = 0,075 m$$

$$C_1 = \frac{1}{n} R^{2/3} = \frac{1}{0,014} \sqrt[3]{0,075} = \frac{0,275}{0,014} = 19,6$$

$$n = 0,014$$

$$Q = 0,048 \cdot 19,6 \cdot 0,275 \cdot \sqrt{i} = 0,265 \cdot \sqrt{i}$$



Tabelul VII.3.4.5

i ‰	0,1	0,3	0,5	1	2	3	5	10
Q m ³ /s	0,00265	0,00459	0,00592	0,00838	0,0119	0,0145	0,0187	0,0265
Q l/s	2,65	4,59	5,92	8,38	11,9	14,5	18,7	26,5

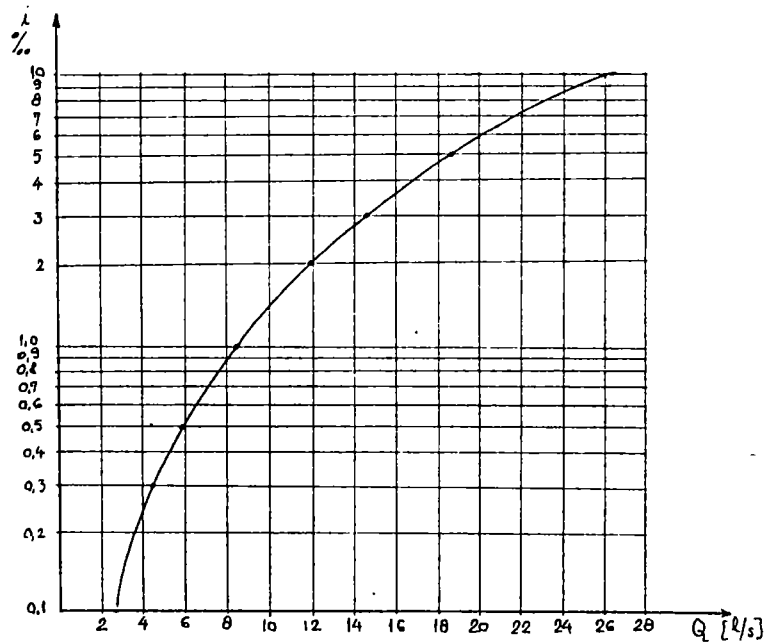


Fig.VII.3.4.8. Relatia $Q = 0,265\sqrt{i}$

Pentru a nu se revarsa apa din rigola se calculeaza curba de suprafata. Exemplificam calculul curbei de suprafata pentru panta $i=1\%$ a rigolei cu un debit transportat $Q=8,45l/s=0,00845 m^3/s$. Astfel, tronsonul 0-1, conform metodei elementului finit rezulta :

$$\Delta y = y_0 - y_1 = \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{S_0^2} - \frac{1}{S_1^2} \right) + \frac{Q^2 \cdot P_{m01}}{C_{m01}^2 \cdot S_{m01}^3} \cdot \Delta L$$

Cunoscand $P_0=0,6m$ si $P_{10}=0,75m$ avem :

Tabelul VII.3.4.6

P_0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}
0,6	0,615	0,630	0,645	0,660	0,675	0,690	0,705	0,720	0,735	0,75
0,607	0,622	0,637	0,652	0,675	0,682	0,697	0,712	0,727	0,742	
P_{m01}	P_{m12}	P_{m23}	P_{m34}	P_{m45}	P_{m56}	P_{m67}	P_{m78}	P_{m89}	P_{m910}	

$$S_0 = \frac{0,31+0,11}{2} \cdot 0,2 = 0,042m^2 \quad R_0 = \frac{0,042}{0,6} = 0,07m \quad C_0 = \frac{1}{0,014} \sqrt{0,07} = 19$$

$$S_{10} = \frac{0,38+0,19}{2} \cdot 0,22 = 0,062m^2 \quad R_{10} = \frac{0,062}{0,75} = 0,082m \quad C_{10} = \frac{1}{0,014} \sqrt{0,082} = 20,4$$

Tabelul VII.3.4.7

S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}
0,042	0,0430	0,044	0,0455	0,047	0,048	0,052	0,055	0,058	0,060	0,062
0,0425	0,0435	0,0445	0,046	0,0475	0,050	0,0535	0,0565	0,059	0,061	
S_{m01}	S_{m12}	S_{m23}	S_{m34}	S_{m45}	S_{m56}	S_{m67}	S_{m78}	S_{m89}	S_{m910}	

Tabelul VII.3.4.8

C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
19	19,1	19,2	19,3	19,4	19,6	19,75	19,9	20,1	20,25	20,4
19,05	19,15	19,25	19,35	19,5	19,67	19,82	20,0	20,17	20,32	
C_{m01}	C_{m12}	C_{m23}	C_{m34}	C_{m45}	C_{m56}	C_{m67}	C_{m78}	C_{m89}	C_{m910}	

$$\Delta y_{01} = 0,000717m = 0,071cm$$

$$\Delta y_{12} = 0,000676m = 0,067cm$$

$$\Delta y_{23} = 0,000670m = 0,067cm$$

$$\Delta y_{34} = 0,00062m = 0,062cm$$

$$\Delta y_{45} = 0,00054m = 0,054cm$$

$$\Delta y_{56} = 0,00063m = 0,063cm$$

$$\Delta y_{67} = 0,00047m = 0,047cm$$

$$\Delta y_{78} = 0,000403\text{m} = 0,040\text{cm}$$

$$\Delta y_{89} = 0,000319\text{m} = 0,032\text{cm}$$

$$\Delta y_{910} = 0,00029\text{m} = 0,029\text{cm}$$

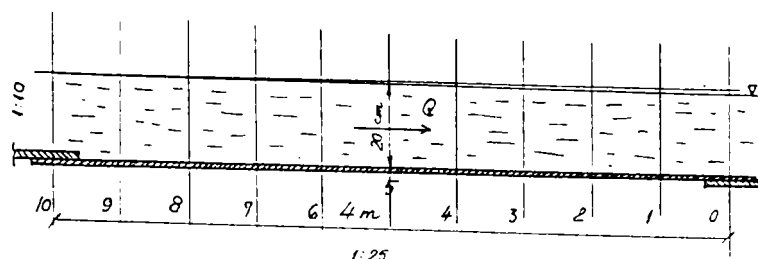


Fig.VII.3.4.9. Reprezentarea curbei de suprafata

VII.3.4.6. Concluzii

Jghiaburile tip coamă realizate din beton armat asociat cu fibre reprezintă o soluție viabilă pentru utilizarea lor în sistemele de irigații din agricultură. Realizarea lor prin pliere reprezintă o noutate, permițând într-o primă etapă, desfășurarea activităților pe suprafețe plane. Tehnologia de realizare impune utilizarea unor betoane vârtos-plastice, fără adaos de superplastifianți. Îmbinarea jghiaburilor, într-o soluție similară îmbinării coamelor la învelitorile din țiglă, reprezintă o contribuție originală. Capacitatea portantă a jghiaburilor, fiind superioară necesităților, poate fi diminuată prin reducerea cu circa 50% a armăturilor din oțel. Contribuția țesăturilor din fibre de sticlă, a fibrelor scurte din fontă amorfă și a armăturilor obișnuite este condiționată de conținutul lor volumic în beton și conduc la conceptul de beton armat asociat cu fibre. Impermeabilizarea lor este asigurată de compozitul armat cu fibre din fontă amorfă și de o bună compactitate a betonului asigurată, de regulă, prin vibrare.

VII.4.1. Considerații generale

Calculul economic urmărește să stabilească eficiența tehnico-economică a dalelor și jghiaburilor prefabricate din beton armat cu fibre.

Investițiile reprezintă cheltuieli prin care se realizează noi mijloace fixe, se completează sau se perfecționează mijloacele fixe existente.

Investițiile efectuate în construcții industriale și agricole sunt în totalitatea lor investiții productive, întrucât generează multiple efecte economice anuale. Acestea se exprimă prin profitul net, în cazul când investițiile contribuie la sporirea producției, sau prin economii, când investiția are ca rezultat numai reducerea cheltuielilor. În general, aprecierea investițiilor poate fi făcută atât din punct de vedere al efectului economic pe care acestea îl produc, cât și prin prisma eficienței lor economice. Efectul economic exprimă mărimea avantajului concret care se obține prin creerea, sau perfecționarea unui mijloc fix, deci are un caracter absolut, în timp ce eficiența economică exprimă raportul dintre efectul economic obținut și volumul de investiții care-l generează, având un caracter relativ.

Analiza eficienței economice a construcțiilor trebuie să răspundă în esență la următoarele probleme care este oportunitatea și succesiunea amplasării în teritoriu a lucrărilor și care sunt soluțiile tehnice optime prin care se pot realiza lucrările respective cu un volum minim de investiții și cu un efect economic maxim.

Prezenta lucrare dorește a pune în evidență eficiența economică, respectiv efectele economice generate de soluțiile tehnice elaborate cu privire la dalele nervurate și jghiaburi, ambele prefabricate pentru sistemele de irigații din agricultură.

VII 4.2 Calculul comparativ al eficienței economice.

Ca bază de calcul s-a urmărit abordarea efectelor economice și a eficienței economice din punct de vedere al performanțelor tehnice în comparație cu un element prefabricat etalon.

VII 4.2.1 Consumul de manoperă

Consumul de manoperă s-a determinat cu ajutorul "Indicator de norme de deviz", funcție de numărul de ore aferente fiecărei categorii de lucrări. Datorită faptului că atât elementul etalon cât și celelalte elemente au grosimi, lungimi și lățimi diferite, determinarea consumurilor de manoperă s-a făcut pentru o dală de 1x1m, respectiv un jghiab de 4,2m. Rezultatele privind consumurile de manoperă sunt prezentate în tabelul VII.4.1.

Tabelul VII.4.1

Element prefabricat	Consum de manoperă	Consum ± de manoperă în :	
		ore / dală	% / dală
Dală etalon	2,73	-	-
Dală D1	2,72	-0,01	-0,37
Dală D2	2,38	-0,35	-12,82

Element prefabricat	Consum de manoperă	Consum ± de manoperă în :	
		ore/jghiab	%/jghiab
Jghiab etalon	5,55	-	-
Jghiab J1	5,58	+0,03	+0,5
Jghiab J2	5,41	-0,14	-2,52

Analiza rezultatelor din tabelul VII.4.1 pune în evidență faptul că dalele D1 și D2 asigură reducerea manoperei cu 0,37%, respectiv 12,82%, jghiabul J₂ o reducere de 2,52%, iar jghiabul J₁ un consum de

manoperă mai mare cu 0,5% datorită cantităților mai mari de armături metalice utilizate.

VII.4.2.2 Consumul de materiale

Calculul consumului de materiale s-a efectuat funcție de particularitățile geometrice, de alcătuire a prefabricatelor și a consumurilor specifice de materiale din betonul armat asociat cu fibre, rezultatele fiind prezentate în tabelul VII.4.2.

Se constată că dalele D1 și D2 și jghiaburile J1 și J2 asigură economisirea oțelului, fibrele aducându-și aport tehnic. Depășirile la oțel și beton se înregistrează la prefabricate realizate numai din beton armat. Se poate deci concluziona că betonul armat asociat cu fibre este mai economic din punct de vedere al consumului de oțel.

VII 4.2.3 Energia înglobată

Calculul energiei înglobate s-a efectuat funcție de tipul și cantitatea materialelor folosite pentru dale și jghiaburi, respectiv de conținutul total de energie înglobată.

Rezultatele determinărilor sunt redată în tabelul VII 4.3

Din analiza datelor din tabelul VII 4.3 rezultă că dalele D1, D2 și jghiabul J2 realizează o economie de energie înglobată între 2,62%...10,62% față de elementele etalon. Jghiabul J1 are un consum de energie înglobată mai mare(+2,73%) datorită pe de o parte volumului mai mare de nervuri și pe de altă parte prezenței țesăturilor metalice de rabiț.

Tabelul VII.4.2

Element	Consum de materiale										Economie ± de materiale									
	Ciment		Agregat		Oțel		F. fontă		F. sticlă		Ciment în		Agregat în		Oțel în		Fibră fontă în		Fibră sticlă în	
	kg/dală	kg/dală	kg/dală	kg/dală	kg/dală	kg/dală	kg/dală	kg/dală	kg/dală	kg/dală	kg/dală	%	kg/dală	%	kg/dală	%	kg/dală	%	kg/dală	%
Dală etalon	22	62	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dala D ₁	21	62	2,1	0,110	0,130	-1,00	-4,54	-	-	-1,1	-34,37	0,110	+100	0,130	+100	0,130	+100	0,130	+100	+100
Dala D ₂	21	62	2,6	0,165	0,195	-1,00	-4,54	-	-	-0,6	-18,75	0,165	+100	0,195	+100	0,195	+100	0,195	+100	+100

Element	Consum de materiale										Economie ± de materiale											
	Ciment		Agregat		Oțel		F. fontă		F. sticlă		Ciment în		Agregat în		Oțel în		Fibră fontă în		Fibră sticlă în		Sărmă zincată	
	kg/elem	kg/elem	kg/elem	kg/elem	kg/elem	kg/elem	kg/elem	kg/elem	kg/elem	kg/elem	kg/elem	%	kg/elem	%	kg/elem	%	kg/elem	%	kg/elem	%	kg/elem	%
Jghiab etalon	55	186	8,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jghiab J ₁	53	186	6,70	0,385	-	-2,00	-3,64	-	2	-2,10	-23,86	+0,38	+100	-	-	-	-	-	-	-	+2	100
Jghiab J ₂	53	186	6,70	0,385	0,45	-2,00	-3,64	-	-	-2,10	-23,86	+0,38	+100	-	-	-	+0,45	+100	-	-	-	-

Tabelul VII 4.3

Element prefabricat	Energia înglobată în:		Economie ± de energie în:		
	KWh/m ³	Kgcc/m ³	KWh/m ³	Kgcc/m ³	%
Dală etalon	122,54	15,07	-	-	-
Dală D1	113,96	14,02	-8,58	-1,05	-6,96
Dală D2	109,49	13,47	-13,05	-1,6	-10,62

Element prefabricat	Energia înglobată în:		Economie ± de energie în:		
	KWh/m ³	Kgcc/m ³	KWh/m ³	Kgcc/m ³	%
Jghiab etalon	316,11	38,88	-	-	-
Jghiab J1	324,71	39,94	+8,6	+1,06	+2,73
Jghiab J2	307,78	37,86	-8,33	-1,02	-2,62

VII 4.2.4 Concluzii privind eficiența economică

Pe baza studiilor efectuate rezultă că dalele D1,D2 și jghiabul J2 asigură o economie bună din punct de vedere al consumului de materiale, manoperă și energie înglobată.

CAP.VIII. RECOMANDĂRI PRIVIND UTILIZAREA BETONULUI ARMAT CU FIBRE DIN FONTĂ AMORFĂ

VIII.1. Generalități și domenii de aplicare

Prezentele recomandări cuprind modul de realizare, proprietățile specifice și domeniile de utilizare ale betonului armat dispers cu fibre scurte din fontă amorfă.

Betonul armat dispers cu fibre scurte din fontă amorfă – BAFF, este obținut prin amestecul cimentului, agregatelor, fibrelor, aditivilor, adaosurilor minerale și apei de preparare, în proporții prestabilite, ale cărui proprietăți se dezvoltă prin hidratarea și întărirea cimentului și interacțiunea dintre fibre și matrice.

Principiul armării este bazat pe aderența dintre fibre și piatra de ciment, ceea ce permite transferul unei părți însemnate de efort de la beton la fibre. Acest transfer se produce sub acțiunea încărcărilor sau al efectelor contracției.

Producerea pe scară largă a betoanelor armate cu fibre din fontă amorfă se va efectua numai pe baza unor încercări preliminare și cu asistență tehnică competentă.

Terminologie :

- *Ciment* (liant hidraulic), material mineral, măcinat fin, care după amestecul cu apa face priză și se întărește ;
- *Agregatele minerale* sunt de balastieră sau de concasaj cu granulația cuprinsă între 0-3 ; 3-5 ; 5-10 mm ;
- *Fibrele din fontă amorfă*, materiale obținute prin răcirea ultrarapidă a topiturilor;
- *Cantitatea de apă* din beton, formată din apa adăugată la preparare, apa din umiditatea agregatelor, din soluțiile de aditivi ;

- *Beton proaspăt*, betonul având lucrabilitatea necesară în perioada de transport și punere în operă cu mijloace prestabilite ;
- *Beton întărit*, reprezintă betonul maturizat după un anumit timp, caracterizat prin atingerea performanțelor prescrise.

Caracteristicile fizico-mecanice îmbunătățite ale BAFF, precum : rezistența la șoc, rezistența la întindere, capacitatea de deformare ductilă, îl recomandă pentru a fi utilizat în domenii, precum :

- căptușeli la tunele hidrotehnice, rutiere, miniere, de cale ferată, metrou ;
- canale colectoare ;
- pâlnii de silozuri sau bunkere ;
- straturi de uzură la drumuri ;
- pardoseli în hale industriale ;
- structuri marine ;
- lucrări de irigații în agricultură ;
- elemente prefabricate pentru pereți ;
- tuburi de beton ;
- zone cu concentrări mari de eforturi.

VIII.2. Materiale componente și utilaje necesare

Cimenturile. Cimenturile folosite trebuie să asigure rezistențele BAFF, buna conservare a armăturilor disperse și pasive și durabilitatea produsului. La prepararea betoanelor armate dispers se utilizează cimenturile din tabelul VIII.1.

Agregatele. Se folosesc agregate minerale grele de balastieră și de concasaje, sortate și spălate. Agregatele de balastieră trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute de STAS 1667-76, iar agregatele de concasaj, condițiile tehnice prevăzute de STAS 667-90. În scopul asigurării unei bune lucrabilități și omogenități în dispunerea volumică a fibrelor de fontă, dimensiunea maximă a agregatului nu va depăși 10...12 mm. Se recomandă ca dimensiunea maximă a granulelor de agregat să nu depășească 1/3...1/4 din grosimea produsului, iar

ponderea agregatelor fine (0...3 mm) să reprezinte 30...40% din agregatul total.

Aditivii. Pentru îmbunătățirea lucrabilității și a comportării la îngheț-dezghet a BAFF se va folosi superplastifiantul "Betonplast-super", 0,4...0,6% din cantitatea de ciment folosită.

Fibrele din fontă amorfă. Fibrele din fontă amorfă se prezintă sub formă de benzi metalice foarte subțiri, având grosimea de 30μ, lățimea de 0,5...1,5 mm și lungimea de 25...40 mm. Fibrele de fontă amorfă, numite și sticlă metalică au o structură amorfă, necristalină, ce se obțin prin răcirea ultrarapidă a topiturilor, cu cel puțin 10 °C/S. Ele, în mod curent, conțin în compoziție 80% atomi de metal (Fe, Cr, Mn, Ni și altele) și 20% metaloid (P, C și altele). Fibrele pot fi produse în fază industrială și livrate la lungimile dorite. Rezistența lor la tracțiune este de ordinul a 2000 MPa, iar modulul de elasticitate 140.000 MPa, cu deformații la rupere de 1,5...1,8%. Nu sunt casante, se pliază ușor.

Tab.VIII.1

Tipul cimentului	Compoziția	Standardul	Adaos în fabricație		Clasele de rezistență
I	Portland	388-95	-	-	32,5; 42,5; 52,5
II/A-S	Portland cu zgură granulată	1500-96	6-20	zgură granulată	32,5; 42,5; 52,5; 32,5RI 42,5R
II/A-V	Portland cu cenușă volantă	1500-96	6-20	cenușă volantă	32,5; 42,5; 52,5
II/A-M	Portland cu adaosuri	1500-96	6-20	zgură, cenuși	32,5; 42,5;
HI	Portland căldura de hidratare redusă	3011-96	-	-	32,5; 42,5; 52,5
III/A-S	Portland cu zgură granulată	3011-96	6-20	zgură granulată	32,5; 42,5; 52,5
SRI	Portland rezistent la sulfatați	3011-96	-	-	32,5; 42,5; 52,5
SRII/A-S	Portland cu zgură granulată	3011-96	6-20	zgură granulată	32,5; 42,5; 52,5

Apa de preparare. Pentru prepararea BAFF se folosește apa potabilă din rețelele publice. Alte surse de apă se impun a fi verificate conform STAS 790-84.

Utilajele și dispozitivele necesare la prepararea și turnarea BAFB sunt următoarele : betonieră ; vibrator placă sau grindă ; cântare pentru dozarea materialelor ; ciur cu ochiuri de 10...12 mm ; mistrii ; furci ; lopeți etc.

VIII.3. Proprietăți fizico-mecanice ale BAFB.

Armarea cu fibre din fontă amorfă conferă betonului noi calități, contribuie la îmbunătățirea sensibilă a unor caracteristici fizico-mecanice ca : rezistența la întindere centrică, rezistența la întindere din încovoiere, rezistența la șoc și altele.

Armarea betonului cu fibre din fontă amorfă este condiționată de procentul de armare volumic (p_v) sau procentul de armare masiv (p_g), de lungimea fibrelor (l), de modul lor de dispunere ordonat sau haotic, precum și de diametrul lor (d).

Pentru procente obișnuite de armare ($p_v=0,3...0,7\%$), $l=40$ mm, raport ciment/agregat=1/3 sau 1/2 rezistențele la întindere cresc cu 30...90%. Această particularitate determină o comportare mai bună la fisurare. Rezistența la șoc din încovoiere sporește cu 200...300%. Rezistența la compresiune este puțin influențată de conținutul de fibre, sporurile de rezistență sunt de 5...15%. Deformațiile din contracție scad în funcție de proporția constituenților.

VIII.4. Tehnologia de confecționare

Evaluarea dozajului de materiale componente se va face pe bază de încercări preliminare, plecându-se de la un beton simplu ale cărui caracteristici fizico-mecanice urmează a fi îmbunătățite. Dozajul de fibre din fontă amorfă se stabilește funcție de procentul volumic (p_v) ales.

Amestecarea constituenților trebuie să asigure o dispersare uniformă a fibrelor în masa betonului, utilizându-se betoniera obișnuită.

Se amestecă mai întâi agregatele și cimentul în fază uscată, apoi se amestecă totul cu fibrele și la sfârșit se adaugă apa necesară și aditivii.

Consistența BAFF se recomandă să fie plastică.

Transportul și turnarea betonului armat cu fibre din fontă amorfă se va face după procedeele folosite la betonul obișnuit. Compactarea trebuie efectuată cu mai multă atenție decât la betonul obișnuit, deoarece are o lucrabilitate mai scăzută și se influențează orientarea fibrelor. Se folosesc mese vibrante, plăci vibrante, pervibratoare sau vibratoare de cofraj.

Finisarea și tratarea ulterioară a BAFF este identică ca în cazul betonului obișnuit.

Determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale BAFF se face pe epruvete de probă specifice sau identice cu cele folosite pentru betonul obișnuit, conform STAS 1275-79.

VIII.5. Măsuri de protecția muncii

La confecționarea elementelor din BAFF se vor respecta prevederile din normele de protecția muncii în vigoare pentru betonul obișnuit.

Manipularea fibrelor se va efectua cu furci, lopeți. Nu se admite manipularea lor direct cu mâna. Se vor purta mănuși și ochelari de protecție.

CAP.IX. CONCLUZII, CONTRIBUȚII, RECOMANDĂRI

Lucrarea "Utilizarea betonului fibrat în lucrările de îmbunătățiri funciare" prezintă cercetările efectuate în perioada 1991-2000, asupra betonului armat dispers cu fibre scurte din fontă amorfă, cu țesătură din fibre de sticlă, asupra betonului armat asociat cu aceste fibre, asupra betonului foarte ușor, ca material de construcții termorezistent pentru construcții civile și agro-zootehnice, precum și asupra unor elemente prefabricate, specifice lucrărilor de îmbunătățiri funciare, precum dalele și jghiaburile realizat din beton armat asociat cu fibre.

Studiile și cercetările efectuate conform temei, își propun îmbunătățirea performanțelor unor elemente de construcții și din domeniul îmbunătățirilor funciare, introducerea de noi materiale compozite, de noi soluții constructive, mai eficiente atât din punct de vedere tehnic cât și economic. În lucrare sunt tratate elemente de calcul pentru betonul armat cu fibre din fontă.

Materialele betoanelor speciale, prezentate în lucrare sunt: fibrele scurte din fontă amorfă pentru armare dispersă în plan, țesăturile din fibre de sticlă alcalo-rezistente (AR) și țesături din sârmă metalică subțire, ultimele două pentru armare orientată în plan. Se poate folosi oțelul beton obișnuit în asociere cu fibre. Se folosesc cimenturi superioare (tabelul VIII.1). Ca agregate grele se folosesc cele de balastieră, cu dimensiuni ale granulelor cuprinse între 0-10 mm. Ca agregate ușoare se folosesc cele din poliuretan rigid (PUR) cu dimensiunile granulelor cuprinse între 0-12 mm. Apa și aditivii se folosesc în funcție de particularitățile de realizare și punere în lucrare a compozitelor. În majoritatea cazurilor se folosesc aditivi cu efect plastifiant și reducători de apă. În prezenta lucrare s-a folosit "Betoplast Super", agrementat în România.

Betonul armat cu fibre este rezultatul conlucrării dintre masa de bază (matricea) și fibre, adică un material compozit. Compozitele sunt

sisteme cu o stare de amestec între faze, în echilibru, fără să rezulte o interacție cu rezultate nedorite. Fibrele, armăturile, au rol de elemente de legătură iar masa de bază (betonul), ca material care trebuie legat.

Fibrele din fontă amorfă se obțin prin răcirea ultrarapidă a topiturilor din diferite compoziții de metal, specifice. Fibrele din fontă amorfă se prezintă sub formă de benzi metalice foarte subțiri, având grosimea de $30\mu\text{m}$ și lățimea de $0,5 - 1,5\text{ mm}$, rugoase pe trei din cele patru laturi ale secțiunii transversale. Ele au o structură amorfă, necristalină. Starea amorfă le conferă o rezistență foarte mare la tracțiune, de ordinul 2000 MPa , comparabilă cu a oțelurilor superioare sau a fibrelor de sticlă. Modulul de elasticitate este situat între oțel și fibrele de sticlă, adică $1.400.000\text{ daN/cm}^2$. În tabelul IV.2 sunt redată principalele caracteristici ale fibrelor din fontă amorfă. Ele se caracterizează și printr-o mare flexibilitate, se pot plia cu ușurință, nu sunt casante, ceea ce le conferă o adaptare rapidă la procesul tehnologic de încorporare, asemănător preparării betonului obișnuit. În practică, pentru armarea dispersă a betonului se folosesc fibre scurte, de $25 - 40\text{ mm}$ lungime. Utilizarea lor la temperaturi de peste $400 - 500^\circ\text{ C}$, conduce la cristalizarea și implicit pierderea tuturor proprietăților rezultate din amorfizare.

Țesăturile din fibre de sticlă alcalo-rezistentă (AR) sunt realizate cu ochiuri de $4 - 10\text{ mm}$. Țesătura este realizată din rowinguri ce conțin $10 - 20$ fascicule a 204 filamente (fibră de sticlă individuală cu diametrul de $10\mu\text{m}$), adică numărul de ochiuri din placa de platină prin care se trece topitura. Fibra de sticlă individuală are o mare rezistență la tracțiune ($900 - 4000\text{ MPa}$), dar modulul de elasticitate doar $1/3$ din cel al oțelului. În tabelul IV.1 sunt prezentate principalele proprietăți ale fibrelor de sticlă. În lucrare s-a folosit țesătură din fibre de sticlă cu ochiuri de 10 mm .

Țesăturile din fibre metalice (sârme foarte subțiri) utilizate în lucrare sunt din sârme de diametru $0,6\text{ mm}$ cu ochiuri de 10 mm și țesătură din rabiț.

Agregatele folosite în realizarea compozitelor armate cu fibre sunt în general nisipuri și pietriș mărunț, sortate și reamestecate în diferite proporții pe sorturi. De regulă se folosesc sorturi cuprinse între 0 – 5mm pentru nisipuri și 5 – 10 mm pentru pietrișul mărunț. Raportul nisip/pietriș folosit a fost de 1/2. Se pot folosi mai multe sorturi și alte rapoarte nisip/pietriș.

Agregatele din poliuretan rigid (PUR) se obțin prin măcinarea deșeurilor la dimensiuni ale granulelor cuprinse între 0 – 12 mm. Deoarece ele au o pronunțată porozitate și implicit o mare absorbție de apă, se recomandă îndepărtarea agregatelor foarte fine cu dimensiunea granulelor de 0 – 3 mm și utilizarea unui amestec optim între sorturile de 3 – 5 mm și 5 – 12 mm. PUR este un material cu o densitate aparentă foarte mică (80 – 100 kg/m³) și cu foarte bune calități termoizolatoare, motive pentru care se pretează la realizarea betoanelor foarte ușoare, termorezistente.

Aditivul superplastifiant "Betoplast Super" este un produs pe bază de sulfonat de calciu, nu conține clor. Se fabrică în cadrul firmei NEOTEX – GRECIA pe baza normelor tehnice proprii și este agrementat în România. Se recomandă utilizarea aditivului în proporție de 0,2 – 0,7% din cantitatea de ciment, conferind astfel betonului, caracteristici fizico-mecanice îmbunătățite. Folosirea lui în proporție de 0,2 – 0,4% din cantitatea de ciment îi conferă calități de superplastifiant, permițând reducerea raportului apă/ciment în condițiile unei bune lucrabilități.

Rezistența materialului compozit este condiționată de interacțiunea materialelor ce o compun, de tensiuni, alungiri și comportarea constituenților, ca și de repartiția volumică a armăturilor sub formă de fibre, de orientarea și aderența lor cu matricea. Este de dorit ca modulul de elasticitate al fibrelor să fie mai mare ca al matricei, asigurând astfel o bună conlucrare între părți în procesul de regularizare a fisurării compozitului. În acest fel rezistența lui este dependentă de rezistența fibrei, de rezistența matricei și de conținutul volumic de fibre. Experiențele au dovedit că armarea cu fibre conduce

la o serie de avantaje, precum: rezistență mai mare la încovoiere, compresiune și șoc mecanic, precum și solicitări mai ridicate la rupere.

În obținerea compozitelor performante s-a dovedit că armarea cu un singur tip de fibre, nu rezolvă la cel mai înalt nivel toate cerințele tehnice. Asocierea mai multor tipuri de fibre, fiecare cu acțiune specifică asupra compozitului, chiar cu oțel beton obișnuit, conduce la cele mai bune rezultate. Acest mod de armare definește conceptul de "beton armat asociat cu fibre".

Efectul benefic al fibrelor este pus în evidență de creșterea lucrului mecanic de fisurare, ca urmare a creșterii lucrului mecanic de frecare al fibrelor smulse, când matricea se fisurează. În acest fel fibrele pot conduce la o creștere a rezistenței la apariția primei fisuri. După apariția primei fisuri în matrice, fibrele trebuie să preia întreaga încărcare fără să se desprindă complet de matrice. Are loc o descărcare a eforturilor din matrice pe seama preluării lor de către fibre. Compozitul se va rupe când rezistența maximă după fisurare va fi mai mică decât rezistența la apariția primei fisuri.

Un rol important în procesul armării disperse îl are lungimea fibrelor scurte. Lungimea de ancorare a fibrei (l_a) este determinată, ca și în cazul betonului armat obișnuit, de relația de egalitate dintre efortul de rupere din fibră și epuizarea aderenței. Lungimea critică a fibrei (l_c) va fi deci, egală cu cel puțin două lungimi de ancorare ($2 l_a$). Pentru ca în comportamentul compozitului eficiența fibrelor în procesul de fisurare să crească, lungimea lor trebuie să fie mai mare decât $2 l_a$, se recomandă $4 l_a$, ceea ce asigură un proces de multifisurare.

Fibrele prin misiunea lor în matrice, reușesc să transforme betonul simplu caracterizat de rezistență mică la întindere și de o comportare casantă, într-un material cu o comportare ductilă. Armarea cu fibre este deci o variantă a principiului armării. Dacă în cazul betonului armat obișnuit capacitatea de rezistență limită este atinsă când are loc ruperea oțelului, în cazul armării cu fibre aceasta este dependentă de lunecarea lor în beton când fisurile cresc. Prezența fibrelor în matrice realizează practic o cusătură a microfisurilor,

condiționată de rezistența de rupere la întindere, de modul de fixare a fibrelor și de raportul lungime/diametru.

Consumul de ciment este mai mare deoarece fibrele considerate ca "agregate tradiționale" au o mare suprafață specifică care se cere acoperită cu pastă de ciment. Creșterea volumului de pastă de ciment crează posibilitatea încorporării unui volum mai mare de fibre. Conținutul de fibre este de 25-100 kg/m³, adică 0,3-1,2 %. Se recomandă folosirea unui raport apă/ciment de 0,50-0,55.

Criteriile de rezistență ale betonului fibrat sunt legate de rolul fibrelor și al matricei fragile. Se pot pune în evidență, la întinderea centrică, trei stadii de lucru : 1- fisurare uniformă în volum; 2- tendințe de orientare a microfisurilor; 3- propagarea microfisurilor, fig.IV.2.1. Precizarea criteriilor de rezistență necesită o analiză morfologică și un studiu de comportament mecanic al materialului. Din acest punct de vedere un rol important revine operațiunii de punere în lucrare a materialelor. Fibrele, datorită gravitației și geometriei lor, se orientează perpendicular pe direcția de turnare, astfel direcția de turnare devine o axă de simetrie naturală a materialului, punând în evidență o anumită anizotropie. Se impune deci realizarea celor mai autentice epruvete, pentru a pune în evidență adevăratele caracteristici ale compozitului. În acest sens se consideră mai autentică soluția decupării epruvetelor din masive, din zona de mijloc, fig.IV.2.2.

Criteriile de rezistență sunt corelate cu cele două moduri de fisurare. Pentru modul 2 de fisurare criteriile de rupere sunt dependente de relația dintre eforturile tangențiale și cele normale din planele de rupere. Pentru modul 1 de fisurare se acceptă cele pentru corpuri izotrope. Asocierea celor două criterii de rezistență permit a prevedea rezistența și modul de rupere.

Determinarea caracteristicilor betonului fibrat impune precizarea : tipului de epruvetă (clasică, grindă, plăci etc.); geometria tipului de epruvetă (îngroșată, subțire); tipul de încărcare (sub efort, sub deplasări sau mixt) și răspunsul compozitului. Acesta din urmă este o problemă

delicată. În fig.IV.3.1, în cazul unei întinderi din încovoiere, sunt redată cele 4 moduri de răspuns al compozitului.

Informații cantitative asupra compozitului sunt date și prin compararea energiilor de deformații, fig.IV.5.1. Contribuția energetică a matricei (E_0) este identică cu a unui beton nefisurat, deformații elastice.

Determinările fizico-mecanice asupra betonului armat dispers cu fibre scurte din fontă amorfă au urmărit punerea în evidență a rezistențelor la întindere din încovoiere (R_{ti}), la întindere centrică (R_t), la compresiune (R_c), la șoc (σ_d), a densității aparente (ρ_{ap}) și a modului de elasticitate (E_b), în condițiile utilizării rapoartelor ciment/agregat de 1/2 și 1/3 și a procentelor volumice de armare cu fibre de 0,3 %, 0,5%, 0,7%, precum și probele martor. Epruvetele au fost extrase, în mare măsură, din plăci plane urmărind îndepărtarea influenței efectelor de margine asupra caracteristicilor fizico-mecanice. Au fost decupate 5 tipuri de epruvete corespunzătoare celor 5 determinări, având următoarele dimensiuni : pentru R_{ti} -150-200/50/12-15mm; pentru R_t -150-200/25/12-15mm; pentru R_c - 75/25/12-15mm; pentru σ_d - 100/25/12-15mm și pentru ρ_{ap} - 50-75/25-50/12-15mm. Pentru modulul de elasticitate s-au folosit tipare obișnuite. Ca epruvete reprezentative, pentru eliminarea totală a influențelor efectelor de margine și punerea în evidență a comportării anizotrope a compozitului, se recomandă epruvete tip placă extrase din masive și tip cilindru (carote), fig.IV.2.2. Rezistențele la întindere din încovoiere (R_{ti}), din întindere centrică (R_t) și compresiune (R_c) au fost determinate cu presa universală din dotare, fig.V.2.3. Rezistența la șoc s-a determinat cu aparatul prezentat în fig.V.2.6, bazat pe principiul egalării energiei de deformație a epruvetei solicitate cu energia corpului care produce șocul. Rezultatele tuturor determinărilor sunt redată în tabelele V.2 – 6. Din analiza rezultatelor rezultă că rezistențele la întindere din încovoiere (R_{ti}) cresc cu 42-56%, la întindere centrică (R_t) cu 45-68%, la compresiune (R_c) cu 10-11%, iar densitatea aparentă este aproape de cea a probelor martor.

Au fost efectuate cercetări asupra gradului de impermeabilitate a elementelor plane din beton armat dispers cu fibre scurte din fontă amorfă. În acest scop au fost efectuate determinări asupra absorbției de apă cu un aparat realizat, prin similitudine cu testul ISA (initial surface absorption), fig.V.2.8. Rezultatele, urmărite pe trei tipuri de epruvete sunt reprezentate în fig.V.2.9. Se constată o absorbție inițială și finală mare la epruvetele martor față de cele armate cu fibre din fontă amorfă. Absorbția de apă scade odată cu creșterea cantității de fibre încorporată. Se poate concluziona că armarea cu fibre din fontă amorfă contribuie într-o măsură substanțială la micșorarea absorbției și deci contribuie la creșterea impermeabilității acestor compozite. Determinarea impermeabilității a mai fost urmărită folosind un procedeu similar celei pentru țiglele de acoperiș. Și în acest caz s-a constatat că impermeabilitatea este apreciabilă în condițiile folosirii fibrelor, dovedindu-se că absorbția de apă e minimă. În concluzie compozitul poate fi folosit cu bune rezultate în lucrări de îmbunătățiri funciare.

În calculul elementelor din beton armat cu fibre din fontă se precizează că modul de comportare al compozitului sub încărcări și capacitatea portantă la diverse solicitări, sunt dictate de relația dintre matrice și fibre. Această relație este influențată de : caracteristicile fizico-mecanice ale matricei, în special rezistența la întindere (R_t) și modulul de elasticitate E_b , de lungimea fibrelor (l), de raportul lungime/diametru (l/d) și intervalul dintre fibre. În cazul fibrelor cu lungimea egală cu cea critică (l_c), ancorarea lor prin aderență este suficientă pentru ca efortul unitar din fibră (σ_f) să atingă valoarea de rupere (σ_{fr}) în dreptul primei fisuri apărute în matrice, cedarea materialului făcându-se prin ruperea fibrei în această secțiune. În acest caz eforturile unitare de întindere maxime ce solicită matricea ($\sigma_{m,max.}$) ajung egale cu rezistența de rupere a fibrei (σ_{fr}) și mai mari decât rezistența de rupere la întindere a betonului simplu (R_t). Acest mod de cedare deși sporește capacitatea portantă a compozitului, conduce totuși la o cedare casantă, nedorită. Cea mai bună comportare o are materialul compozit în care lungimea fibrelor este $l \geq 2 l_c$. În acest caz,

după apariția primei fisuri materialul poate suporta o nouă creștere a eforturilor unitare σ_m pentru fiecare fisură următoare cu $\Delta\sigma_m$, datorită redistribuției efortului unitar dintre fibră și matrice, până la ruperea fibrei. Acest mod de comportare duce la o cedare ductilă a materialului compozit, ceea ce este esențial în elaborarea metodologiei de calcul a elementelor realizate din beton armat cu fibre din fontă. Rezistența materialului compozit în stadiul apariției primei fisuri (σ_{mf}) este influențată de raportul $l/d = R_t \cdot E_f / \tau_m \cdot E_b$. Modulul de elasticitate al fibrelor $E_f = 140.000 \text{ MPa}$ și deformația limită la întindere de 1,5-1,8% sporesc mult ductilitatea betonului.

Rezistența materialului compozit în stadiul de apariție al primei fisuri poate fi apreciată și cu ajutorul conceptului de "interval dintre fibre". Rezistența la întindere pentru un anumit volum de fibre, este invers proporțională cu intervalul geometric mediu dintre fibre (Romoaldi și Baston). Ea este influențată și de probabilitățile de orientare a fibrelor exprimate prin factorul de eficiență al fibrelor.

Pentru o orientare întâmplătoare în spațiu, acest coeficient se acceptă 0,41. În acest caz raportul între procentul de armare volumic efectiv (p_{ve}), al fibrelor orientate după direcția eforturilor normale de întindere, și procentul total volumic de armare p_v este $p_{ve}/p_v = 0,41$.

Dimensionarea elementelor realizate se bazează pe definirea corelației efort unitar – deformație (fig.VI.2.1) și identificarea stadiilor de lucru (fig.VI.2.2).

Diagrama $\sigma - \varepsilon$ este sensibil modificată față de cazul betonului simplu. Ca stadii de lucru se disting trei: elastic, elasto-plastic și plastic. Aceste particularități sunt puse în evidență numai pentru betoane fibrante, ductile, cu lungimea fibrelor $l > 2 l_c$.

Dimensionarea se conduce în stadiul III de rupere. Pentru dimensionare se pornește de la relația adimensională propusă de C. Avram și C. Bob pentru capacitatea portantă la încovoiere:

$$r = \frac{M_{cvp}^{bj}}{M_{cap}^{bs}} = 1 + (0.57 \frac{l}{d} - 1)\mu$$

Ținând cont că $M_{cap}^{bs} = k_b \cdot b \cdot h^2 \cdot R_t$, unde k_b ține cont de gradul de plasticizare, calculându-se procentul de armare volumic necesar (p_v nec) funcție de momentul exterior, verificând încadrarea lui în limite obișnuite (0,3 – 1,0%), se poate determina masa de fibre necesară (m_f), relația VI.20, calculul putându-se conduce și cu tabele dacă relația se scrie sub forma $M_{cap}^{bs} = B \cdot b \cdot h^2 \cdot R_t$

Prefabricatele armate sau consolidate cu fibre completează aria de folosință a betonului clasic. În general se realizează elemente svelte, subțiri, neportante, semiportante sau chiar portante. Se pot realiza elemente lineare sau de suprafață. Ca elemente lineare, cu dimensiuni mari, pe o singură direcție și mici pe celelalte două, se pot realiza profile cornier (L), profile "U", profile circulare (O) pentru tuburi și altele. Ca elemente de suprafață, cu dimensiuni mari pe două direcții și mici pe cea de-a treia, se pot realiza plăci plane (dale) sau plăci pliate pentru elemente profilate.

Tuburile pentru scurgere liberă sau sub presiune sunt destinate, în mod deosebit, lucrărilor de canalizare, alimentări cu apă și irigații. Ele se realizează în tipare metalice alcătuite din doi pereți, unul interior și altul exterior. Între cei doi pereți, în poziție verticală, se toarnă compoziția, betonul armat cu fibre scurte din fontă în proporție de 0,3 – 0,7% din volum. Calculul static și de rezistență constă în stabilirea încărcărilor posibile, interioare și exterioare, determinarea efortului de calcul și dimensionarea. Calculul de rezistență se conduce conform metodologiei teoriei elasticității, pe baza soluției date de Lamé, fig.VII.2.1 și VII.2.2 și relațiile VII.1-5. În cazul tuburilor cilindrice fără presiune interioară efortul unitar σ_r este totdeauna un efort de compresiune, iar σ_φ un efort de întindere.

Dalele plane nervurate, destinate captușirii canalelor de irigații, sunt realizate din beton armat asociat cu fibre. Au fost realizate dale de 1x1m și 1x1,5m nervurate ortogonal sau diagonal. În fig.V.2.2 se prezintă două tipuri de tipare metalice folosite pentru realizarea dalelor nervurate. În fig.VII.3.1 se prezintă o secțiune transversală prin dală. Se folosesc agregate realizate din o parte nisip între 0-3mm și două părți pietriș între 3-7mm. S-a utilizat 3,5 părți agregat la o parte de ciment. Armătura de siguranță este realizată dintr-o plasă $\Phi 4\text{mm}$ cu ochiuri de 16cm situată la partea inferioară a plăcii, din câte o bară $\Phi 4\text{mm}$ la partea inferioară a fiecărei nervuri, precum și o țesătură, cu ochiuri de 10mm, din fibre de sticlă plasată la partea inferioară a plăcii având rolul de a îmbunătăți capacitatea de rezistență și modul de fisurare. Pentru o bună impermeabilizare la partea superioară se dispune un strat subțire din mortar armat cu fibre din fontă amorfă. Alcătuirea prezentată corespunde conceptului de beton armat asociat cu fibre, concept ce permite folosirea betonului armat clasic în relație cu betonul fibrat, putându-se pune în valoare particularitățile și avantajele fiecărui tip de armătură în definirea produsului finit. Acceptarea acestui concept conduce la realizarea unor betoane sau elemente cu caracteristici îmbunătățite precum : rezistențe superioare, comportament mai ductil, o bună impermeabilitate și altele.

În cazul dalelor nervurate, experimentate, s-a urmărit comportarea lor sub acțiunea încărcărilor de scurtă durată precum și impermeabilitatea. Deși dalele în realitate reazemă pe toată suprafața lor, încercările au fost efectuate în ipoteza mai defavorabilă de rezemare pe nervurile de contur. Dalele astfel realizate sunt de 1,5-2 ori mai ușoare comparativ cu dalele clasice. În diagramele din fig.VII.3.1.4 –5 sunt redată rezultatele experiențelor, prin relația dintre încărcare și săgeată. Urmarea conceptului de beton armat asociat cu fibre au rezultat capacități sporite de rezistență și un nivel ridicat al comportării elastice. Aceste rezultate îndeamnă la continuarea cercetărilor pentru definirea unei relații optime ale constituenților

betonului armat asociat cu fibre. Utilizarea betonului armat asociat cu fibre în realizarea dalelor nervurate este o contribuție originală.

O altă contribuție originală în lucrare, se referă la conceptul de placă plană armată spațial. Acest concept urmărește punerea în valoare a comportării reale, ca o structură spațială a plăcilor de grosimi mai mari destinate realizării unor îmbrăcămînți de drumuri în zone industriale sau agricole.

În prezenta lucrare au fost realizate plăci plane, armate spațial, destinate pavării spațiilor dintre și din afara liniilor de tramvai în Timișoara, eliminându-se soluțiile greoaie din beton beton precomprimat. În fundamentarea acestui concept se pleacă de la dezavantajele plăcilor obișnuite din beton armat, cu armare în plan pe două direcții cu plase de oțel dispuse pe una sau pe ambele fețe. Dezavantajul acestei soluții constă în aceea că nu folosește eficient capacitatea de rezistență a plăcilor, prin aceea că nu pune în evidență posibilitatea dobândirii efectului spațial la unele plăci plane, ceea ce împiedică realizarea, din beton armat, a unor plăci de capacitate portantă și rigiditate mai mari. Aceste plăci nu asigură o rezistență corespunzătoare pe toate direcțiile, pe întreaga suprafață de rezemare, remarcându-se și deformații mari.

Realizarea plăcilor spațiale din beton armat elimină dezavantajele arătate prin aceea că, în scopul obținerii unor plăci de mai mare capacitate de rezistență și cu rigiditate mai mare, folosește o armare spațială unitară, pe toate cele trei direcții. Armarea spațială se realizează din două plase de armături dispuse pe cele două fețe ale plăcii plane și montanți verticali, sub formă de călăreți sau bare continue, dispuși continuu sau cu intermitență, în punctele de intersecție ale barelor din cele două plase realizate cu ochiuri identice. Călăreții sau barele continue se dispun pe direcția și între barele de pe rândul 2 ale plaselor, între fiecare rând de bare de pe această direcție, sau cel mult din două în două rânduri. Cele două plase sunt astfel alcătuite ca punctele de intersecție ale barelor lor să se afle pe aceeași verticală, fiind dispuse la aceeași distanță între ele. Legătura dintre cele

două plase și montanții sub formă de călăreți, sau bare continue, se realizează prin legare cu sârmă sau prin sudură, obținându-se o carcasă spațială. Carcasa spațială astfel realizată, se constituie într-o structură metalică ale cărei particularități sunt definite de modul de legare al barelor între ele, similar plăcilor metalice reticulate. Conlucrarea dintre beton și carcasă asigură stabilitatea și funcționarea sub efort a barelor, precum și a nodurilor. În aceste condiții, asocierea betonului cu carcasa metalică spațială asigură un nou mod de transmitere a eforturilor pe toate direcțiile. În Fig.VII.3.2.1-4 sunt redată detalii de alcătuire ale carcaselor spațiale. Au fost realizate trei tipuri de plăci (P1, P2, P3) cu o geometrie condiționată de probleme de gabarit ale liniilor de tramvai. S-a utilizat beton Bc30 și oțel Pc52.

Determinarea eforturilor M și Q s-a realizat atât în ipoteza rezemării plăcilor pe mediu elastic cât și în cea a simplei rezemări pe laturile scurte, corespunzător modului lor de încercare. Au fost luate în considerare cele mai defavorabile ipoteze de încărcare la sarcina $P=6tf$. În tabelele VII.3.2.1-2 sunt redată valorile eforturilor în cele două ipoteze, atât pe direcția X cât și pe direcția Y . Dimensionarea la moment încovoietor pe ambele direcții a folosit procente de armare cuprinse între 0,5 și 0,9%. În ipoteza simplei rezemări, momentele capabile din dimensionare (M_{cap}) s-au situat în apropierea momentelor rezultate din simpla rezemare (M) și rezemare elastică (M_{el}), Tab.VII 3.2.3-4. Momentele încovoietoare capabile atât pe direcția X cât și pe direcția Y sunt superioare momentelor încovoietoare rezultate din rezemarea pe mediu elastic. Verificarea la forță tăietoare maximă ($Q=6tf$) a pus în evidență o foarte bună comportare. Pentru verificarea capacității portante la forțe tăietoare se acceptă raza suprafeței de contact pneu – placă de 150 mm. Forța tăietoare pe traseul afectat este preluată în totalitate de beton și distanțieri (etrieri). Ieșirea de pe colț micșorează zona de influență a încărcării, micșorându-se proporțional și traseul afectat.

Verificarea la oboseală a urmărit determinarea eforturilor unitare principale σ_1 și compararea lor cu valorile limită admise. Din verificările

efectuate, ținând cont și de aportul etrierilor (distanțieri) a rezultat σ , sub valorile limită admise. Planul de armare a plăcilor și aspecte ale tehnologiei de execuție sunt redată în planșele PLE 1-3.

Determinările experimentale au admis posibilitatea înlocuirii rezemării reale a plăcilor pe mediu elastic, cu situația acoperitoare de schemă statică simplu rezemată, după direcția lungă. Verificarea sub încărcare, realizată cu o forță concentrată aplicată la mijlocul plăcii, reprezentând roata unui autovehicul în acțiune, s-a efectuat în două etape : etapa I (nedistructivă) la care se verifică săgeata și fisurarea și etapa II-a (până la rupere) la care se verifică săgeata, regimul de fisurare, capacitatea portantă și modul de rupere. Încercarea în etapa I s-a efectuat în două cicluri de încărcare-descărcare, conform STAS 6657/2-89. Încercarea în etapa a II-a s-a efectuat în continuarea etapei I, după consumarea pauzei corespunzătoare după ultimul ciclu. Relațiile dintre încărcări și săgeți sunt redată în fig.VII.3.2.5-14. Forțele de rupere sunt cuprinse în tabelul VII.3.2.5. Din analiza valorilor experimentale, rezultă următoarele : 1. Fisurarea plăcilor P1 s-a produs la 38% din sarcina de rupere experimentală, adică la $6t_f$, corespunzător simplei rezemări, iar din ipoteza rezemării reale pe mediu elastic, nivelurile de fisurare cresc. Fisurarea la niveluri superioare sunt de natură să asigure o bună durabilitate a lor; 2. Epuizarea capacității portante s-a considerat momentul în care săgeata maximă a atins $1/70$ din deschidere. Rezultă că în cazul plăcilor P1 sarcina de rupere P_r crește, în medie de 2,5 ori comparativ cu sarcina de rupere teoretică(P), în cazul plăcii P2 de 1,6 ori, iar în cazul plăcii P3 ele sunt aproximativ egale, toate în ipoteza simplei rezemări a plăcilor. În realitate, ele sunt rezemate pe mediu elastic, ca urmare creșterile devin și mai mari, crescând și siguranța lor în exploatare; 3. Ruperea plăcilor încercate s-a produs prin intrarea în curgere a armăturilor întinse și zdrobirea betonului comprimat; 4. Față de valorile de calcul determinate în ipoteza simplei rezemări a plăcilor, valorile experimentale ale capacității portante au rezultat de 1,6-2,5 ori mai mari. În situația reală, de rezemare pe mediu elastic, aceste creșteri sunt și mai mari. Aceste

diferențe mari dintre valorile de calcul și cele experimentale se explică printr-o comportare spațială a structurii metalice realizate din armături; 5. Valorile săgeților evidențiază o bună comportare sub încărcări, corespunzător rigidității elementelor. În ipoteza rezemării pe mediu elastic aceste particularități sunt și mai evidente; 6. Utilizarea armării disperse cu fibre din fontă amorfă poate îmbunătăți comportamentul plăcilor atât din punct de vedere al capacității de rezistență și deformație cât și la oboseală și uzură.

Diversificarea preocupărilor în domeniul plăcilor a condus și la abordarea realizării de plăci plane din beton fibrat, termorezistente utilizând cu precădere betoane foarte ușoare cu agregate din deșeuri de poliuretan rigid. Realizarea unor asemenea produse este de natură să contribuie la îmbunătățirea confortului termic în clădiri, în general. Spuma poliuretanică rigidă (PUR) are o densitate de 80 – 100 kg/m³, iar betoanele realizate cu agregate din PUR, denumite "foarte ușoare", au o densitate aparentă de 400 – 600 kg/m³. Conductivitatea termică a PUR este $\lambda = 0,025 \text{ Kcal/mh}^{\circ}\text{C}$. Comportarea în timp, în condiții de exploatare normală pentru izolarea conductelor, fără depășirea temperaturilor limită (-25°C și $+90^{\circ}\text{C}$), este asigurată pentru 7 ani, iar ca material termoizolator în clădiri, pentru temperaturi normale (-25°C și $+35^{\circ}\text{C}$) durata de viață este considerabil mai mare, dar încă neprecizată. Agregatele se obțin prin măcinarea PUR în granule cu mărimile cuprinse între 1 și 12 mm. Din cauza porozității foarte mari absorbția de apă a granulelor (agregatelor) din PUR este foarte mare, motiv pentru care se renunță la fracțiunile sub 3 mm și se operează cu cele cuprinse între 3 și 12 mm. Principalii constituenți ai betonului foarte ușor sunt: cimentul, agregatele din PUR, nisipul sortat, apa și aditivii. Dintre tehnologiile de realizare a materialului compozit, cea mai potrivită este tehnologia de preamestec parțial și succesiv a constituenților cu adăugare a superplastifiantului Betoplast Super. Se amestecă întâi în betonieră nisipul, cimentul și apa tratată cu superplastifiantul amintit, în proporție de 0,4 – 0,6% din cantitatea de ciment, apoi se adaugă agregatele din PUR și se mai amestecă în

betonieră 4 – 5 minute până se obține consistența și omogenitatea dorite. S-a constatat experimental că superplastifiantul, pe lângă asigurarea unei bune lucrabilități a compozitului, asigură și o blocare a absorbției de apă a granulelor din PUR, putându-se opera practic, cu rapoarte apă/ciment de 0,50 – 0,55, în tehnologia descrisă. Programul experimental a urmărit determinarea rezistenței la compresiune a compozitului (betonul foarte ușor), a rezistenței la întindere din încovoiere, a densității aparente și a conductivității termice (λ), toate pe epruvete specifice. Au mai fost efectuate determinări cu titlu experimental asupra unor "epruvete pereți" rezultate din asocierea betonului armat cu fibre din fontă (BAFF) și a betonului foarte ușor (BFU). "Epruvetele pereți" sunt pereți tristrat, straturile exterioare fiind realizate din plăci de BAFF de 12 mm grosime și al treilea strat, din mijloc, realizat din PUR nesortat sau beton foarte ușor în grosime de 25 – 50 mm, fig.VII 3.3.5-6. Plăcile din BAFF au fost realizate cu o tehnologie specifică, în betonieră, amestecând mai întâi nisipul, cimentul cu apa tratată cu superplastifiant și apoi adăugate fibrele scurte, de 40 mm, din fontă amorfă. Turnarea în tipare a betonului foarte ușor s-a realizat fără compactare, prin vibrare, în timp ce plăcile din BAFF au fost compactate prin vibrare. Au fost confecționate 24 de variante de epruvete realizate din diferite amestecuri, în funcție de ponderea în greutate a constituenților, nisip, ciment, superplastifiant și agregate din PUR, epruvete martor din PUR monolit și BCA, cu scopul de urmărire în ce relație se află noul material cu aceste repere, precum și "epruvete pereți" multistrat.

Determinările experimentale funcție de ponderea constituenților sunt prezentate în tabelul VII.3.3.1. Se desprinde concluzia că a fost analizată o paletă largă de compozite cu agregate din PUR cu dimensiunile de 3-5mm și 5-12mm, rapoarte ciment/nisip cuprinse între 1/1 și 3,6/1. Au fost analizate 17 serii de rețete, epruvetele specifice pentru determinările prevăzute în program. Au fost supuse determinărilor fizico-mecanice 153 de probe. S-a dovedit că din punct de vedere al rezistenței la compresiune cele mai bune rezultate au fost

obținute pe epruvetele 20,22 și 23 realizate cu agregate cu mărimea grănelor cuprinsă între 5-12mm. În ceea ce privește rezistența la întindere cele mai bune rezultate s-au obținut pe epruvetele 15,20,21,22 și 23. Mărimea densităților situează compozitul între PUR și BCA, cele mai bune rezultate fiind obținute pe epruvetele 15,20,21 și 22 având densități aparente cuprinse între 400-600 kg/m³. Una din cele mai importante caracteristici fizice ale betonului foarte ușor realizat cu agregate din PUR, este conductivitatea termică(λ) și implicit rezistența termică(R) determinate în instalația Dr.Bock, fig.VII.3.3.11. Au fost mai întâi determinate valorile reper pe PUR monolit și pe BCA, apoi pe epruvete. S-a dovedit că valorile măsurătorilor pe epruvete se încadrează din punct de vedere al conductivității termice, între PUR monolit($\lambda=0,035\text{Kcal/hm}^0\text{C}$) și BCA($\lambda=0,146\text{Kcal/hm}^0\text{C}$). În tabelele VII.3.3.2-5 sunt prezentate, sintetic, rezultatele determinărilor experimentale. Au mai fost realizate plăci plane simple prefabricate, armate cu țesătură din sârmă zincată sau fibre de sticlă pe cele două fețe ce cuprind între ele betonul foarte ușor, ce pot fi aplicate, prin tehnologii adecvate, pe pereți sau în structura pereților asigurând confortul termic necesar. Armarea cu țesătură din fibre asigură ca plăcile să fie elemente autoportante în procesul de manipulare și montaj. Plăcile plane compuse se definesc din punct de vedere geometric în funcție de destinația lor. În cazul pereților se aleg dimensiunile acestora sau elemente de panou. Plăcile plane compuse se pot executa în variantă prefabricată sau monolită. În variantă prefabricată agregatele din PUR se dispun între două plăci subțiri (15-20mm) din BAFF, prinse între ele, iar în varianta monolită se realizează cele două plăci exterioare în tehnologie continuă cu betonul din poliuretan rigid între ele, realizându-se alcătuirea la "cald" a elementului, în cadrul aceluiași proces tehnologic.

Din cele prezentate rezultă că se pot realiza betoane foarte ușoare termorezistente, cu agregate rezultate din măcinarea deșeurilor de poliuretan rigid, cu largi posibilități de aplicare în construcții.

În lucrare o pondere importantă o au și jghiaburile pentru sistemele de irigații din agricultură. În realizarea lor s-a plecat de la conceptul de jghiab tip coamă, cu secțiune transversală variabilă, care asigură îmbinarea între elemente după un procedeu similar cu cel al coamelor de la învelitorile de acoperiș cu țiglă. Realizarea jghiaburilor s-a efectuat cu ajutorul unor tehnologii originale de pliere, redată în planșele 1,2 și 3. Au fost realizate jghiaburi tip coamă cu deschiderea nominală de 4m și cu pereți având grosimea de 2-4cm. În armarea lor s-a folosit conceptul de beton armat asociat cu fibre. Adică s-a folosit o armătură de siguranță din oțel, alături de armătura din fibre din fontă amorfă și țesături din fibre de sticlă și sârmă zincată. Țesăturile au fost dispuse sub plasa de armătură de siguranță cu scopul controlării procesului de rupere și fisurare, iar armătura din fibre scurte din fontă amorfă la partea superioară cu scopul îmbunătățirii impermeabilității. S-a folosit un beton ale cărui caracteristici mecanice sunt redată în tabelele VII.3.4.1-2. Consistența betonului proaspăt a fost vârtos-plastică, fiind interzisă folosirea superplastifiantului din cauza tehnologiei de pliere, unghiul de pliere fiind controlat. Tiparul în prima fază este orizontal și astfel alcătuit ca să asigure fundului jghiabului o grosime de 4cm, iar laturilor, ce urmează a fi pliate, o grosime între 2 și 4cm. Stabilitatea pereților după pliere se asigură prin două legături transversale cu bare din oțel $\Phi 20\text{mm}$, sudate de mustăți anume dispuse.

Determinările experimentale asupra jghiaburilor au urmărit verificarea comportării lor sub sarcini statice de scurtă durată, uniform distribuite, punerea în evidență a relației dintre încărcare și săgeată, a nivelului de fisurare și de rupere. Schema statică, modul de încărcare și de măsurare a săgeților cu ajutorul comparatoarelor este prezentată în fig.VII.3.4.1.

Reducând secțiunea compusă din beton armat la o secțiune dreptunghiulară cu placa la partea inferioară întinsă, folosind oțel OB \neq 4mm și beton Bc 20 a rezultat $M_{cap}=450\text{daNm}$. Din încercări a rezultat un moment de rupere $M_r = 750\text{daNm}$. Rezultă deci $M_r > M_{cap}$,

surplusul de capacitate fiind atribuit prezenței armăturilor asociate. Pe baza acestor rezultate există posibilitatea reducerii cantităților și ponderii armăturilor asociate, folosind procente și cantități optime. Din acest motiv se recomandă continuarea cercetărilor. În fig.VII.3.4.2 și 3 se prezintă relația sarcină de rupere-săgeată și respectiv aspecte de la încercare. Îmbinarea jghiaburilor se realizează prin suprapunerea capetelor în sistem coamă, pe o lungime de câte 100mm, într-o masă de chit plastic de 10-15mm grosime.

O altă contribuție originală se referă la Capitolul VIII care cuprinde "Recomandări privind utilizarea betonului armat cu fibre din fontă amorfă". Se definește terminologia, se prezintă domeniile de utilizare, materialele componente, utilajele necesare, tehnologia de realizare și proprietățile fizico-mecanice ale BAFF.

Principalele contribuții originale sunt următoarele :

1. Definirea conceptului de beton armat asociat cu fibre, ca fiind o formă superioară a betonului armat clasic, ca urmare a aportului diferențiat adus de diferite fibre, scurte sau țesături, aportul fibrelor referindu-se la creșterea capacității de rezistență la sarcini statice și dinamice, la îmbunătățirea procesului de fisurare, a ductilității, a impermeabilității și alte caracteristici.

2. Stabilirea procesului tehnologic de încorporare în beton a fibrelor scurte din fontă amorfă. Se are în vedere faptul că fibrele din fontă amorfă au o mare rezistență la întindere și nu sunt casante, fiind ușor pliabile. Aceste particularități permit realizarea compozitului armat dispers, direct în betonieră, printr-o tehnologie de amestec succesiv și controlat al constituenților, ultimul constituenț adăugat fiind fibrele scurte din fontă amorfă. Agregatele folosite sunt nisipuri și pietriș cu granule până la 7-12mm.

3. Testarea pe epruvete, cu geometrie prestabilită, a particularităților betonului armat dispers cu fibre din fontă amorfă. Încercările au urmărit punerea în valoare a caracteristicilor fizico-

mecanice ale compozitului cu îndepărtarea efectelor de margine prin decuparea epruvetelor din plăci plane.

4. Testarea fibrelor din fontă amorfă, pentru construcții, realizate la Facultatea de Mecanică din Timișoara.

5. Conceperea și realizarea prin autototare a instalației necesare determinării rezistenței la șoc a betonului armat dispers cu fibre din fontă amorfă.

6. Punerea în valoare a caracteristicilor de impermeabilitate ale betonului armat cu fibre din fontă amorfă.

7. Conceperea, proiectarea și realizarea de tipare rabatabile. Se are în vedere posibilitatea realizării unor prefabricate cu pereți subțiri (jghiaburi) prin plierea la "cald" a compozitului.

8. Definirea conceptului de jghiab tip coamă, realizat prin pliere, cu secțiuni transversală variabilă. Cele două capete ale jghiabului au secțiunile transversale astfel concepute ca îmbinarea lor să se facă prin petrecerea secțiunii mai mici în secțiunea mai mare. Procedeu este similar îmbinării coamelor la învelitorile din țiglă ale clădirilor.

9. Folosirea conceptului de beton armat asociat cu fibre în realizarea jghiaburilor. S-a folosit armătură obișnuită, fibre scurte din fontă amorfă și țesătură din fibre de sticlă.

10. Realizarea procesului tehnologic de pliere controlată din punct de vedere geometric și din punct de vedere al consistenței betonului folosit. În tehnologiile de formare prin pliere nu se recomandă utilizarea superplastifianților, betonul trebuind să aibă o consistență vârtos-plastică.

11. Utilizarea betonului armat cu fibre scurte din fontă ca strat protector, impermeabil al jghiaburilor.

12. Utilizarea betonului armat cu țesătură din fibre de sticlă cu rol de creștere a capacității portante și de control al procesului de fisurare a jghiaburilor.

13. Realizarea dalelor nervurate, pentru căptușirea canalelor din sistemele de irigații din agricultură, din beton armat asociat cu fibre.

Asocierea cu fibre aduce un spor de capacitate portantă și o mai bună impermeabilitate.

14. Punerea în valoare a conceptului de placă plană spațială din beton armat, similar plăcilor plane reticulate metalice. În cazul plăcilor cu grosimi mai mari de 12 cm, prin armarea cu o carcasă metalică realizată dintr-o rețea de armături orizontale și verticale legate între ele prin sudură sau cu sârme, s-a dovedit experimental un important surplus de capacitate portantă atribuit punerii în valoare a comportării spațiale a plăcii. Stabilitatea carcasei și a nodurilor este asigurată de beton. Barele întinse ale structurii fac parte din carcasa metalică iar cele comprimate se asigură prin betonul întărit.

15. Utilizarea plăcilor spațiale la lucrările de pavare a spațiilor dintre și între liniile de tramvai din Timișoara.

16. Utilizarea agregatelor rezultate din măcinarea deșeurilor de poliuretan rigid (PUR) la realizarea betoanelor foarte ușoare, cu densitate sub 700 kg/m^3 și cu remarcabile proprietăți termoizolatoare.

17. Optimizarea granulozității agregatelor din PUR pentru utilizarea lor în realizarea betoanelor foarte ușoare.

18. Stabilirea tehnologiei de realizare a betonului foarte ușor cu agregate din PUR. Se folosește tehnologia de preamestec parțial al constituenților, folosind superplastifiantul "Betoplast Super", apoi se adaugă agregatele din PUR și se mai amestecă în betonieră timp de 4 – 5 minute, până se obține un amestec omogen, granulele de PUR trebuind să fie învelite cu mortar de ciment.

19. Remedierea și punerea în funcție a instalației Dr.Bock pentru determinarea conductivității termice a betoanelor foarte ușoare.

20. Stabilirea caracteristicilor fizico-mecanice pe epruvete prestabilite din beton foarte ușor. S-a urmărit realizarea de epruvete numai din beton foarte ușor, precum și din beton foarte ușor placat pe ambele părți cu plăci din beton armat cu fibre din fontă amorfă, denumite în lucrare "epruvete pereți", sugerând posibilitatea realizării unor panouri de pereți. În toate cazurile, betonul foarte ușor se situează, din toate punctele de vedere, între poliuretanul rigid(monolit)

și BCA, fiind superior BCA-ului din punct de vedere al rezistenței termice.

21. Realizarea de plăci din beton foarte ușor, armate pe fețele exterioare cu țesătură de fibră de sticlă sau rabiț, destinate placării pereților în lucrările de reabilitare a confortului termic în clădiri. Dimensiunile plăcilor sunt de 40x60x5cm.

22. Recomandări pentru utilizarea betonului armat cu fibre din fontă amorfă.

Recomandări :

1. Continuarea cercetărilor în domeniul betonului armat asociat cu fibre, urmărind optimizarea ponderii constituenților, stabilirea unor elemente de calcul de dimensionare și precizarea domeniilor de utilizare.

2. Realizarea de betoane foarte ușoare armate dispers cu fibre scurte.

3. Realizarea de betoane foarte ușoare armate asociat cu fibre.

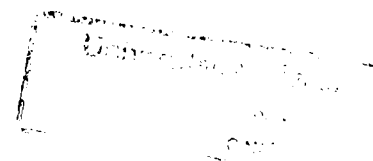
BIBLIOGRAFIE

- 1 ACT Journal-Guide for specifying, Mixing, Placing and Finishing Steel Fiber Reinforced concrete, ACI Journal March-April, 1984.
- 2 Agreement tehnic 001-03/111-1997 "Spumă poliuretanică bicomponentă rigidă pentru semicochilii". Titular: "S.C. SPUMOTIM S.A." Timișoara
- 3 American Concrete Institute, Committee 544, State of the Art Report on Fiber Reinforced Concrete, A.C.I., 1982
- 4 ARGON A.S., HAWKINS G.W., KUD H.Y., "Reinforcement of mortar with Metglas fibres", Jurnal of materials science, Cambridge, 1979
- 5 AVRAM C., BOB C., "Noi tipuri de betoane speciale", Editura Tehnică, București, 1980.
- 6 AVRAM C., BOB C., "Noi tipuri de betoane speciale", Editura Tehnică, București, 1980.
- 7 BENTUR A., DIAMOND S., "Fracture of glass reinforced cement" Cem.Concr.Res. USA Vol.14, Jan.1982
- 8 BLIDARU V., WEHRY A., PRICOP Gh., "Amenajari de irigatii si drenaje", Ed. Interprint Bucuresti 1997
- 9 BOEHLER J.P., "Lois de comportement anisotrope des milieux continus", J.de Meca, 1978, vol.17, No.2, pp. 153-190, in Beton de fibres resistance. Critere de rupture.
- 10 BOEHLER J.P., RACLIN J., DELAFIN M., "Comportement des composites verre-resine a l'etat critique", Rapport contrat DGRST, Grenoble, 1981, in: Beton de fibres resistance. Critere de rupture
- 11 BOEHLER J.P., RACLIN J., DELAFIN M., "Failure criteria for unidirectional fiber. Reinforced composites under confining pressure", in: Beton de fibres resistance. Critere de rupture
- 12 BUISSON R., "Les composites ciment fibres", in Composites Ciment Fibres No.1 Nov.1988, E.N.S. Cachan
- 13 CADAR I., și alții, "Beton armat", Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 1999

- 14 CADAR I., ȘERBAN V., PĂTCAȘ I., FLOREA A., POPESCU D., "Unele aspecte ale betonului armat cu fibre din fontă", Conferință Tehnologii moderne în construcții, Chișinău, Moldova, 2000
- 15 CADAR I., CLIPII T., TUDOR A., "Beton armat "Editura Orizonturi Universitare, Timișoara 1999.
- 16 CADAR I., PĂTCAȘ I., IGNATON E., POPESCU D. , "Dale armate diferențiat cu fibre de sticlă", Simpozion 1986 Timișoara
- 17 CADAR I., PĂTCAȘ I., FLOREA A., POPESCU D., "Fibre de fontă", Simpozion Zilele academice Timișene, 1999
- 18 CADAR I., PĂTCAȘ I., FLOREA A., POPESCU D., "Posibilități de utilizare a fibrelor de fontă la armarea betoanelor", Simpozion Zilele academice Timișene, 1999
- 19 CADAR I., PĂTCAȘ I., POPESCU D., PĂTCAȘ A., "Despre comportarea în timp a betonului armat cu fibre de sticlă", Simpozion național, 1992, Timișoara
- 20 CADAR I., POPESCU D., "Contribuții privind încercarea casetelor stabilizatoare de taluz din beton armat cu fibre de sticlă la canale navigabile", Buletin I.P.T., 1994, Timișoara
- 21 CADAR I., POPESCU D., "Posibilități de utilizare a fibrelor de sticlă metalică în lucrări de îmbunătățiri funciare", Revista Hidrotehnica, 1993, București
- 22 CADAR I., POPESCU D., "Tehnologii de încorporare a fibrelor de sticlă metalică în betoane și mortare", Revista A.I.F.C.R. nr.3/1992, București
- 23 CADAR I., POPESCU D., "Unele proprietăți ale compozitelor din beton cu fibre de sticlă", Revista Hidrotehnica, 1993, București
- 24 CADAR I., SUMA I., BOB C., PĂTCAȘ I., POPESCU D., "Posibilități de folosire a sticlei metalice la fibrarea betoanelor", Conferința XV-a pentru beton, 1991, Timișoara
- 25 CAZACU E., DOROBANȚU M., GEORGESCU I., SÂRBU E., "Amenajări de irigații", Editura Ceres, 1972

- 26 DĂNILESCU Gh.A., "Calculul rețelelor de grinzi rezemate continuu pe mediu elastic prin metoda deplasărilor", Teza de doctorat, Institutul de Construcții București 1974.
- 27 DE GUILLEBON B., HENRY M., -Mechanical and magnetic properties of amorphous Fe, Cr, P, C, Ribbons and Wires. Materials Science and Engineering, 1998, in: Les fibres de fonte amorphe
- 28 DE GUILLEBON B., SHOM J.M., "Metallic glass ribbons – A new fibre for concrete reinforcement", Rilem Symposium, Sheffield, 1986, in: Beton de fibres resistance. Critere de rupture,
- 29 DEBICKI G., "Betons de fibres, resistance, critere de rupture", Composites Ciment Fibres, No.2, Nov.1988, E.N.S. Cachan
- 30 DEBICKI G., HAMELIN P., "Mechanisme de fissuration de mortiers renforces de rubans matallique amorphes", in: Combining materials: Design, Production and Properties, Rilem Symposium, Versailles, 1987, in: Beton de fibres resistance. Critere de rupture
- 31 DEBICKI G., RACLIN J., HAMELIN P., "Influence of Fibre Orientation on Mechanical Strength of Fiber Reinforced Concrete". International Symposium on Brittle Matrix Composites, Kielce, Poland, 1988, in: Beton de fibres resistance. Critere de rupture
- 32 DELATTRE H., "Reinforcement des mortieres par des fibres de verre resistantes aux alcalis", in Composites Ciment Fibres No.1 Nov.1988, E.N.S. Cachan
- 33 DESTREE X., "Aproche phenomenologique des essais macaniques, validites" in Composites Ciment Fibres No.3 Nov.1988, E.N.S. Cachan
- 34 DIMITRIU-VÂLCEA E., BÎRLIGĂ N., "Îndrumător de proiectare în fizica construcțiilor", Editura Tehnică, București, 1976.
- 35 DUMITRESCU D., POPĂESCU A., "Beton precomprimat", 1987 București

- 36 FATTUHI – HUGUES , International Journal of Cement Composites ,v.4, 1982
- 37 GHEORGHIU V., "Curs de hidraulica"
- 38 HAMELIN P., RAZANI M., "Comportement au choc des betons et des beton de fibres", Composites Ciment Fibres, No.2, Nov.1988, E.N.S. Cachan
- 39 HASHIMOTO K., MASUMOTO T., in Glassy Metals Ed.by Hasegawa CRC Press 1983, in Les fibres de fonte amorphe,
- 40 HENRY M., -Materiaux amorphes: elaboration, caracterisation. Proprietes magnetiques de fonte hypertrempees. These – Universite du Maine, 1986, in: Les fibres de fonte amorphe
- 41 I.S.P.I.F., "Catalog –Proiecte tip de construcții pentru lucrări de îmbunătățiri funciare", Martie, 1967
- 42 IONESCU I., ISPAS T. "Practica actuală a betoanelor", Editura Tehnică,1986, București
- 43 IONESCU I., ISPAS T., POPĂESCU A., "Betoane de înaltă performanță", Editura Tehnică, 1999, București
- 44 IONESCU N., "Tehnologia și mecanizarea lucrărilor de îmbunătățiri funciare", vol1,2, Timișoara , 1983.
- 45 IONESCU N., STEREANKO I., "Tehnologia și mecanizarea lucrărilor de îmbunătățiri funciare",Editura Mirton Timișoara 1999
- 46 JALIL W., "Dallages industrieles renforces de fibres", in Composites Ciment Fibres No.1 Nov.1988, E.N.S. Cachan
- 47 JALIL W., Conference I.T.B.T.P. de Juin 1982
- 48 JOHNSTON C.D., COLEMAN R.A., "Properties of Fibre Reinforced Mortar in Uniaxial Tension". Fibre Reinforced Concrete, A.C.I. Publication, 1974, in: Beton de fibres resistance. Critere de rupture
- 49 KORMELING H.A., REINHARDT H.W., "Strain-rate effects on steel fiber concrete in uniaxial tension, the Int.J. of cement composites and lightweight concrete, 1987, in: Comportement au choc des betons et des betons de fibres



- 50 KRENCHER H., "Fibre reinforced concrete", Publ.SP-44(American Concrete Institute,Detroit,1974)p.45
- 51 LEFEVRE J. Ch., "Elaboration et mise en oeuvre des composites ciment verre", in Composites Ciment Fibres No.1 Nov.1988, E.N.S. Cachan
- 52 LEWICKI B., "Betoane ușoare"; Editura Tehnică, București, 1970.
- 53 LEWICKI B., "Betoane ușoare", Editura Tehnică, București, 1970.
- 54 MÂRȘU O., FRIEDRICH R., "Construcții din beton armat",Editura Didactică și Pedagogică București 1982.
- 55 MAJUMDAR A.J., RYDER J.F., "Glass fibre reinforcement of cement products", Glass Tech 9 No.3, June 1968
- 56 MAN T.E., MĂGDĂLINA I., ș.a. "Exploatarea și întreținerea lucrărilor de îmbunătățiri funciare", Editura Didactică și Pedagogică București , 1983.
- 57 MIHAI I.P., "Betonul armat în construcții hidrotehnice", 1975 București
- 58 MIHUL A., "Construcții speciale din beton armat", Editura Didactică și Pedagogică, București, 1964
- 59 MURIA VILA D., "Contribution a l'etude du comportement au choc des betons", these de doctorat, Institut National des Sciences Appliquees de Lyon, Lyon, 1986, in: Comportement au choc des betons et des betons de fibres
- 60 NICOARĂ L. "Îmbrăcăminți rutiere moderne", Ed.Tehnică București 1983
- 61 NICOLAU C., VAISMAN I., PLEȘA I., ș.a., "Îmbunătățiri funciare", Editura Didactică și Pedagogică București, 1970
- 62 NICOLESCU L., "Materiale de construcții pentru lucrări de îmbunătățiri funciare și construcții agro-zootehnice", Editura Ceres, București, 1983
- 63 ONEȚ T., FLONTA F., "Durabilitatea elementelor de construcții din ferociment".Construcții,1994,pp51-60.

- 64 ONEȚ T., MĂGUREANU C., ș.a., "Elemente de construcții eficiente din ferociment". Conferința a XV-a pentru beton, Timișoara 1991.
- 65 ONEȚ T., MĂGUREANU C., ș.a., "Domenii eficiente de utilizare a ferocimentului în construcții". Sesiunea anuală de comunicări științifice INCERC, București, 11-12 mai 1992.
- 66 ONEȚ T., MĂGUREANU C., FLONTA F., "Comportarea elementelor din ferociment în stările limită ale exploatării normale". Idem.
- 67 ONEȚ T., MĂGUREANU C., SZIGETY L., "Capacitatea portantă a elementelor încovoiate din ferociment". Zilele academice timișene, ediția a IV-a, 25-27 mai 1995.
- 68 ONEȚ T., MĂGUREANU C., VESCAN V., Ghid de utilizare a ferocimentului în construcții". Lucrările conferinței "Priorități actuale și de perspectivă în concepția, proiectarea și consolidarea construcțiilor", vol. II Iași 10-11 oct. 1996.
- 69 ORLESCU M., "Construcții hidrotehnice și îmbunătățiri funciare", Timișoara 1996
- 70 PEIFFER G., "Les fibres de fonte amorphe", Composites Ciment Fibres, No.2, Nov. 1988, E.N.S. Cachan
- 71 POPA Ghe., "Construcții hidrotehnice pentru îmbunătățiri funciare" Timișoara 1981
- 72 POPĂESCU A., "Modern Concepts in Design Codes for reinforced and Prestressed Concrete Members", Short Introduction to ACI Code 318-89, Editura Cermi, Iași, 2000.
- 73 POPESCU D., "Prefabricate din beton pentru lucrări de îmbunătățiri funciare", Sesiune de comunicări științifice", 1995, Timișoara
- 74 REGOURD M., "Microstructure des mortieres de fibres – Journee d'Etudes du 19 Mars 1987 – Mortieres et betons de fibres en France

- 75 SERBAN V.A., "Materiaux Composites Metal-fibre de Verre Metalique".Buletinul Științific al Univ.Politehnica Timișoara, Tom 42 (56)-Mecanica-1997.
- 76 STAS 10.107/0-90
- 77 STAS 10107/0-90 - Calculul și alcătuirea elementelor structurale din beton precomprimat.București 1990.
- 78 TENȚULESCU D., TENȚULESCU L., "Fibre de sticlă", Editura Tehnică, București,1994
- 79 TEOREANU I., "Tehnologia lianților și betoanelor", Editura Didactică și Pedagogică, 1967
- 80 TRUȘCULESCU M., ȘERBAN A.V., RĂDUȚĂ A., "Benzi din materiale amorfe magnetice moi". Rev. Metalurgia 42 (1990), nr.6.
- 81 TUDOR D., și alții, Îndrumător de laborator construcții civile pentru uzul studenților, Institutul Politehnic Timișoara, 1980
- 82 VALLE M., BUYUKOZTURK O., "Behavior of fibre reinforced high strength concrete under direct shear", Studi e ricerche, 1992
- 83 WALRAVEN J., "Structural member design with new types of concrete: Fibre-reinforced concrete", Studi e ricerche, vol20,1999
- 84 WEHRY A., "Irigații"-vol.1+2, Timișoara, 1976
- 85 WEHRY A., BÂRGLĂZAN M., "Protectia instalatiilor de pompare la lovitura de berbec",Ed.Orizonturi Universitare,Timisoara 2000
- 86 WEHRY A., ORLESCU M., "Reciclarea si depozitarea ecologica a deseurilor", Ed.Orizonturi Universitare,Timisoara 2000
- 87 WEHRY A., POPESCU D. "Blocuri de ancoraj pentru conducte subterane de irigații", Buletin științific U.P.T., 1998,Timișoara
- 88 WEHRY A., POPESCU D., "Rigole de irigații de formă și pantă variabilă din beton fibrat prefabricat", Simpozion Internațional, 8 decembrie 2000,Timișoara
- 89 ZAYAT K., "Contribution a l'etude du comportement au choc des betons de fibres", these de doctorat, Inst.National des Sciencess Appliquees de Lyon, in: Comportement au choc des betons et des betons de fibres

C Ag	p%	Nr. Epruv.	b mm	h mm	A=bh cm ²	$W = \frac{bh^2}{6}$ cm ³	Pr daN	M=3,375P r daNcm	Rti=M/W daN/cm ²	Rti mediu daN/cm ²
1 - 2 B	0,0	B0011	52,0	14,6	7,59	1,85	20,0	67,50	36,54	41,117
		B0012	52,0	14,4	7,49	1,80	21,0	70,88	39,44	
		B0013	52,1	14,4	7,50	1,80	24,0	81,00	44,99	
		B0014	54,0	15,2	8,21	2,08	25,0	84,38	40,58	
		B0015	52,2	14,8	7,73	1,91	29,0	97,88	51,36	
		B0016	52,0	14,4	7,49	1,80	18,0	60,75	33,80	
	0,3	B0311	50,5	14,5	7,32	1,77	27,0	91,13	51,49	49,822
		B0312	50,6	14,7	7,44	1,82	29,0	97,88	53,71	
		B0313	52,3	14,7	7,69	1,88	28,0	94,50	50,17	
		B0314	50,7	15,6	7,91	2,06	29,0	97,88	47,60	
		B0315	51,8	15,7	8,13	2,13	31,0	104,63	49,17	
		B0316	52,0	15,8	8,22	2,16	30,0	101,25	46,80	
	0,5	B0511	53,0	13,9	7,37	1,71	28,0	94,50	55,37	60,898
		B0512	51,3	13,9	7,13	1,65	31,0	104,63	63,33	
		B0513	51,5	13,8	7,11	1,63	28,0	94,50	57,81	
		B0514	52,4	12,9	6,76	1,45	27,0	91,13	62,70	
		B0515	51,5	13,0	6,70	1,45	25,0	84,38	58,17	
		B0516	51,6	13,8	7,12	1,64	33,0	111,38	68,00	
0,7	B0711	50,5	14,4	7,27	1,75	26,0	87,75	50,28	52,840	
	B0712	53,6	14,8	7,93	1,96	35,0	118,13	60,37		
	B0713	51,7	14,9	7,70	1,91	27,0	91,13	47,63		
	B0714	52,0	14,2	7,38	1,75	29,0	97,88	56,01		
	B0715	50,1	14,1	7,06	1,66	26,0	87,75	52,86		
	B0716	53,4	15,1	8,06	2,03	30,0	101,25	49,89		
1 - 3 C	0,0	C0011	54,0	13,6	7,34	1,66	14,5	48,94	29,40	30,795
		C0012	50,5	13,2	6,67	1,47	15,0	50,63	34,52	
		C0013	50,6	13,4	6,78	1,51	15,0	50,63	33,43	
		C0014	53,0	14,4	7,63	1,83	15,0	50,63	27,64	
		C0015	50,8	13,5	6,86	1,54	16,0	54,00	35,00	
		C0016	50,8	13,3	6,76	1,50	11,0	37,13	24,79	
	0,3	C0311	51,4	12,5	6,43	1,34	24,0	81,00	60,51	47,786
		C0312	50,8	13,3	6,76	1,50	25,0	84,38	56,34	
		C0313	52,0	13,6	7,07	1,60	18,0	60,75	37,90	
		C0314	52,6	15,0	7,89	1,97	24,0	81,00	41,06	
		C0315	50,5	14,5	7,32	1,77	22,0	74,25	41,96	
		C0316	55,4	14,2	7,87	1,86	27,0	91,13	48,94	
	0,5	C0511	51,8	16,7	8,65	2,41	29,0	97,88	40,65	45,635
		C0512	48,5	17,0	8,25	2,34	34,0	114,75	49,12	
		C0513	52,1	17,0	8,86	2,51	39,0	131,63	52,45	
		C0514	52,2	17,4	9,08	2,63	35,0	118,13	44,85	
		C0515	49,7	16,7	8,30	2,31	30,0	101,25	43,83	
		C0516	52,0	16,5	8,58	2,36	30,0	101,25	42,91	
0,7	C0711	51,0	16,2	8,26	2,23	29,0	97,88	43,88	40,191	
	C0712	51,6	15,7	8,10	2,12	25,0	84,38	39,80		
	C0713	52,5	15,5	8,14	2,10	24,0	81,00	38,53		
	C0714	53,0	16,1	8,53	2,29	30,0	101,25	44,22		
	C0715	49,1	16,9	8,30	2,34	21,0	70,88	30,32		
	C0716	54,6	17,1	9,34	2,66	35,0	118,13	44,39		

C/Ag	p%	Nr. Epruv.	b mm	h mm	A=bh cm ²	Pr daN	Rt= Pr/A daN/cm ²	Rt mediu daN/cm ²
1 - 2 B	0,0	B0021	-	-	-	-	-	12,566
		B0022	27,7	12,4	3,43	43	12,52	
		B0023	25,8	12,7	3,28	42	12,82	
		B0024	-	-	-	-	-	
		B0025	26,1	12,4	3,24	40	12,36	
		B0026	-	-	-	-	-	
	0,3	B0321	26,5	15,1	4,00	68	16,99	16,612
		B0322	25,7	15,4	3,96	83	20,97	
		B0323	26,0	15,2	3,95	65	16,45	
		B0324	26,0	15,2	3,95	60	15,18	
		B0325	26,7	15,1	4,03	60	14,88	
		B0326	26,5	14,9	3,95	60	15,20	
	0,5	B0521	28,0	14,3	4,00	78	19,48	17,947
		B0522	26,3	13,8	3,63	85	23,42	
		B0523	28,2	13,8	3,89	65	16,70	
		B0524	28,0	14,0	3,92	70	17,86	
		B0525	27,4	13,5	3,70	50	13,52	
		B0526	28,4	13,7	3,89	65	16,71	
0,7	B0721	26,9	15,2	4,09	57	13,94	13,954	
	B0722	27,2	15,3	4,16	50	12,01		
	B0723	27,2	15,2	4,13	70	16,93		
	B0724	28,1	14,4	4,05	62	15,32		
	B0725	26,8	14,7	3,94	52	13,20		
	B0726	28,0	14,5	4,06	50	12,32		
1 - 3 C	0,0	C0021	25,5	13,5	3,44	45	13,07	11,877
		C0022	26,3	13,5	3,55	50	14,08	
		C0023	27,0	13,9	3,75	37	9,86	
		C0024	25,7	13,6	3,50	30	8,58	
		C0025	27,1	13,9	3,77	52	13,80	
		C0026	27,9	13,9	3,88	46	11,86	
	0,3	C0321	25,8	14,2	3,66	53	14,47	13,510
		C0322	26,6	14,3	3,80	52	13,67	
		C0323	26,1	14,3	3,73	48	12,86	
		C0324	25,6	14,3	3,66	50	13,66	
		C0325	25,6	14,3	3,66	47	12,84	
		C0326	27,1	13,6	3,69	50	13,57	
	0,5	C0521	25,0	16,0	4,00	82	20,50	19,830
		C0522	25,0	16,0	4,00	105	26,25	
		C0523	25,4	16,2	4,11	78	18,96	
		C0524	24,2	15,8	3,82	78	20,40	
		C0525	25,0	15,5	3,88	67	17,29	
		C0526	27,5	14,7	4,04	63	15,58	
0,7	C0721	27,2	17,0	4,62	90	19,46	17,535	
	C0722	26,3	16,7	4,39	82	18,67		
	C0723	26,3	16,7	4,39	75	17,08		
	C0724	25,7	17,0	4,37	72	16,48		
	C0725	25,7	16,8	4,32	72	16,68		
	C0726	27,4	16,9	4,63	78	16,84		

C/Ag	p%	Nr. Epruv.	b mm	h mm	A=bh cm ²	Pr daN	Rc=Pr/A daN/cm ²	Rc mediu daN/cm ²
1 - 2 B	0,0	B0031	28,30	14,70	4,16	924	222,11	170,31
		B0032	27,60	14,40	3,97	421	105,93	
		B0033	28,20	14,20	4,00	743	185,55	
		B0034	27,60	14,40	3,97	636	160,02	
		B0035	27,50	14,30	3,93	758	192,75	
		B0036	30,00	14,00	4,20	653	155,48	
	0,3	B0331	27,00	14,20	3,83	557	145,28	186,94
		B0332	26,70	14,80	3,95	735	186,00	
		B0333	26,60	14,70	3,91	753	192,57	
		B0334	25,90	14,70	3,81	720	189,11	
		B0335	26,20	14,90	3,90	810	207,49	
		B0336	25,20	14,20	3,58	720	201,21	
	0,5	B0531	26,20	13,50	3,54	660	186,60	181,56
		B0532	27,30	13,20	3,60	623	172,88	
		B0533	26,40	13,10	3,46	589	170,31	
		B0534	26,70	13,20	3,52	631	179,04	
		B0535	26,70	12,80	3,42	615	179,95	
		B0536	26,00	13,00	3,38	678	200,59	
0,7	B0731	27,20	14,50	3,94	552	139,96	148,53	
	B0732	27,20	14,50	3,94	658	166,84		
	B0733	27,00	14,30	3,86	603	156,18		
	B0734	27,60	15,00	4,14	658	158,94		
	B0735	26,40	16,10	4,25	585	137,63		
	B0736	28,00	15,60	4,37	575	131,64		
1 - 3 C	0,0	C0031	25,80	13,10	3,38	569	168,35	159,33
		C0032	26,40	13,20	3,48	584	167,58	
		C0033	25,50	13,00	3,32	520	156,86	
		C0034	26,10	13,10	3,42	530	155,01	
		C0035	25,40	13,20	3,35	529	157,78	
		C0036	28,00	13,30	3,72	560	150,38	
	0,3	C0331	26,80	14,70	3,94	648	164,48	168,25
		C0332	25,50	14,20	3,62	531	146,64	
		C0333	24,30	14,20	3,45	610	176,78	
		C0334	26,20	14,60	3,83	700	183,00	
		C0335	25,70	15,10	3,88	650	167,50	
		C0336	28,60	15,00	4,29	734	171,10	
	0,5	C0531	26,60	15,20	4,04	652	161,26	175,86
		C0532	24,40	15,90	3,88	755	194,61	
		C0533	25,40	16,10	4,09	708	173,13	
		C0534	26,20	15,30	4,01	710	177,12	
		C0535	25,20	16,10	4,06	700	172,53	
		C0536	26,60	15,40	4,10	723	176,50	
0,7	C0731	25,90	17,70	4,58	774	168,84	162,41	
	C0732	26,00	18,30	4,76	740	155,53		
	C0733	24,50	18,20	4,46	711	159,45		
	C0734	27,60	18,00	4,97	798	160,63		
	C0735	24,60	17,90	4,40	810	183,95		
	C0736	28,20	17,60	4,96	725	146,08		

C/Ag	p%	Nr. Epruv.	b mm	h mm	A =bh cm ²	inaltimea de cadere hr cm	$\sigma_s = \frac{h}{b} \sqrt{\frac{12 P h E}{l}}$ daN cm/cm ²	σ_s mediu daN cm ²
1 - 2 B	0.0	B0041	28.40	13.70	3.89	2.00	264.22	271.75
		B0042	28.00	14.00	3.92	1.80	259.81	
		B0043	27.30	14.10	3.85	2.00	282.89	
		B0044	28.20	13.90	3.92	1.90	263.14	
		B0045	28.00	14.20	3.98	2.00	277.77	
		B0046	27.90	14.40	4.02	2.00	282.70	
	0.3	B0341	26.50	15.00	3.98	2.20	325.16	316.08
		B0342	28.50	14.20	4.05	2.00	272.90	
		B0343	26.60	15.60	4.15	2.00	321.22	
		B0344	25.20	15.10	3.81	2.30	351.95	
		B0345	27.00	15.60	4.21	2.30	339.37	
		B0346	26.90	14.80	3.98	1.80	285.88	
	0.5	B0541	26.50	13.00	3.45	3.00	329.08	319.11
		B0542	26.40	13.00	3.43	3.00	330.33	
		B0543	26.20	13.20	3.46	2.75	323.58	
		B0544	27.20	14.00	3.81	2.00	281.92	
		B0545	26.70	13.90	3.71	2.50	318.80	
		B0546	26.20	13.50	3.54	2.75	330.94	
0.7	B0741	28.60	14.20	4.06	2.70	315.97	345.51	
	B0742	26.00	14.30	3.72	2.90	362.75		
	B0743	27.00	14.50	3.92	2.70	341.77		
	B0744	26.20	14.80	3.88	2.70	359.49		
	B0745	27.10	14.60	3.96	2.80	349.15		
	B0746	27.20	14.70	4.00	2.70	343.93		
1 - 3 C	0.0	C0041	25.40	12.10	3.07	1.50	225.97	199.93
		C0042	26.60	12.20	3.25	1.00	177.63	
		C0043	25.30	12.10	3.06	1.60	234.30	
		C0044	25.50	12.30	3.14	1.00	186.81	
		C0045	25.80	12.60	3.25	1.00	189.15	
		C0046	29.70	13.00	3.86	1.20	185.70	
	0.3	C0341	26.00	15.40	4.00	2.00	324.42	331.81
		C0342	26.50	15.00	3.98	2.20	325.16	
		C0343	26.80	15.00	4.02	2.20	321.52	
		C0344	25.70	14.90	3.83	2.10	325.39	
		C0345	24.40	14.80	3.61	2.40	363.93	
		C0346	27.80	15.00	4.17	2.50	330.42	
	0.5	C0541	24.00	15.40	3.70	2.50	392.94	448.04
		C0542	26.80	16.40	4.40	3.00	410.50	
		C0543	24.00	16.70	4.01	3.00	466.78	
		C0544	25.90	16.70	4.33	3.50	467.19	
		C0545	25.30	16.80	4.25	3.50	481.14	
		C0546	25.30	16.40	4.15	3.50	469.68	
0.7	C0741	26.70	15.30	4.09	4.00	443.87	497.93	
	C0742	26.30	16.60	4.37	3.50	457.33		
	C0743	23.80	17.00	4.05	4.00	553.28		
	C0744	26.00	17.00	4.42	4.00	506.47		
	C0745	26.30	16.80	4.42	4.00	494.80		
	C0746	25.80	16.70	4.31	4.50	531.80		

C/Ag	p%	Nr. Epruv.	Dimensiunile epruvetei			V cm ³	Masa M gr.	$\delta_{ap} = \frac{M}{V}$ gr/cm ³	δ_a litru
			b mm	a mm	h mm				
1 - 2 B	0,0	B0051	30,10	79,30	14,10	33,66	70,3	2,09	2,09
		B0052	28,20	79,50	14,60	32,73	67,8	2,07	
		B0053	28,60	79,60	14,70	33,47	73,7	2,20	
		B0054	27,50	80,00	14,70	32,34	68,5	2,12	
		B0055	27,40	80,30	15,00	33,00	70,5	2,14	
		B0056	28,30	81,00	15,00	34,38	65,8	1,91	
	0,3	B0351	26,00	76,00	15,00	29,64	59,0	1,99	1,99
		B0352	26,70	76,10	15,20	30,88	60,0	1,94	
		B0353	27,00	76,60	15,60	32,26	61,0	1,89	
		B0354	26,20	76,50	14,50	29,06	60,0	2,06	
		B0355	26,00	76,00	14,90	29,44	60,0	2,04	
		B0356	27,30	76,00	14,70	30,50	62,0	2,03	
	0,5	B0551	27,00	78,50	13,40	28,40	54,0	1,90	1,91
		B0552	27,50	78,40	13,20	28,46	55,0	1,93	
		B0553	27,40	78,20	13,30	28,50	55,0	1,93	
		B0554	27,00	78,30	13,90	29,39	55,0	1,87	
		B0555	26,30	78,50	13,60	28,08	55,0	1,96	
		B0556	27,20	78,50	14,20	30,32	56,0	1,85	
0,7	B0751	28,90	78,20	14,70	33,22	64,0	1,93	2,00	
	B0752	27,20	78,40	14,60	31,13	62,0	1,99		
	B0753	27,10	78,40	14,30	30,38	62,0	2,04		
	B0754	28,00	78,40	13,90	30,51	62,0	2,03		
	B0755	27,00	78,30	14,20	30,02	60,0	2,00		
	B0756	26,40	78,60	14,30	29,67	59,0	1,99		
1 - 3 C	0,0	C0051	28,00	13,80	78,30	30,26	58,6	1,94	1,96
		C0052	26,70	13,90	78,10	28,99	56,6	1,95	
		C0053	25,40	13,80	78,20	27,41	54,4	1,98	
		C0054	26,70	13,80	78,40	28,89	56,4	1,95	
		C0055	25,40	13,80	78,60	27,55	54,2	1,97	
		C0056	27,30	13,90	78,80	29,90	58,5	1,96	
	0,3	C0351	24,40	15,60	77,50	29,50	58,0	1,97	2,00
		C0352	26,60	14,90	77,80	30,84	61,5	1,99	
		C0353	24,50	14,60	78,20	27,97	55,5	1,98	
		C0354	26,00	14,20	78,10	28,83	57,8	2,00	
		C0355	25,40	14,10	78,20	28,01	55,9	2,00	
		C0356	28,20	14,00	78,30	30,91	62,6	2,03	
	0,5	C0551	25,60	16,60	77,10	32,76	64,5	1,97	1,97
		C0552	24,00	16,40	77,10	30,35	58,6	1,93	
		C0553	24,30	16,20	76,80	30,23	60,2	1,99	
		C0554	25,10	16,00	76,70	30,80	60,7	1,97	
		C0555	25,90	15,60	76,20	30,79	59,9	1,95	
		C0556	27,70	15,10	76,00	31,79	63,2	1,99	
0,7	C0751	26,00	16,30	78,00	33,06	64,7	1,96	2,03	
	C0752	25,50	16,50	77,70	32,69	64,5	1,97		
	C0753	25,10	16,40	77,50	31,90	64,5	2,02		
	C0754	25,50	16,70	77,00	32,79	66,8	2,04		
	C0755	25,20	16,90	77,00	32,79	66,2	2,02		
	C0756	27,60	15,70	77,00	33,37	71,9	2,15		

CALCULUL EFORTURILOR CARACTERISTICE DIN REZEMARE PE MEDIU ELASTIC

Tabelul VII.3.2.1

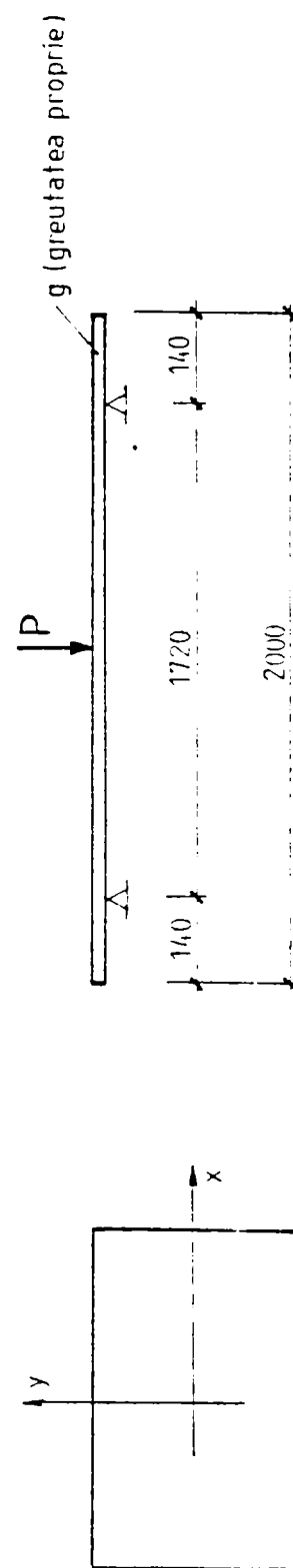
TIPUL DE PLACĂ	POZIȚIA ÎNCĂRCĂRII	I cm ⁴	$\alpha = \sqrt[3]{\frac{b \cdot c}{4 E b I}}$	l cm	$\alpha \cdot l$	K_1^0	$K_1 = \frac{1}{2\alpha} K_1^0$	M = P · K ₁	
								M _x	M _y
P1 1300 × 2000 × 140 mm		45.733	0,01756	130	2,287	1,0246	29,175	-	1,75
P2 600 × 2000 × 140 mm		29.727	0,02140	200	4,280	0,9966	25,121	1,51	-
P3 300 × 2000 × 140 mm		13.728	0,0176	200	3,52	0,9966	25,91	1,55	-
P3 300 × 2000 × 140 mm		6.860	0,0176	200	3,52	0,9966	25,92	1,56	-
P1 1300 × 2000 × 140 mm		45.733 29.727		130 200				- 1,51	1,75 -

Obs. C = 20 daN/cm²
P = n · Pⁿ = 6 tf. sarcină pe roată
n = 1,2 coeficient de impact

CALCULUL EFORTURILOR CARACTERISTICE DIN SIMPLA REZEMARE PE
DIRECTIA LUNGĂ PE O FÂȘIE DE 1m. LĂȚIME

Tabelul VII.3.2.2

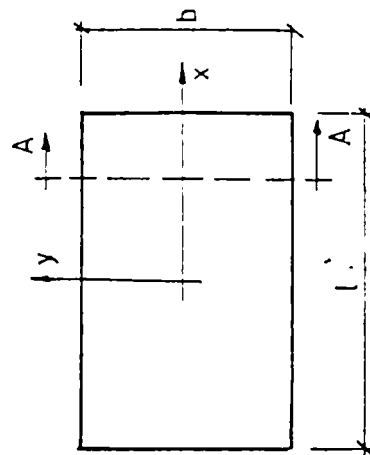
TIPUL DE PLACĂ	DIMENSIUNI mm		P daN	g daN/ml	l m	M_x tf.m	Q_z tf
	b	h					
P1	1300	2000	6000	501	1720	2,13	2,63
P2	600	2000	6000	231	1720	2,67	3,17
P3	300	2000	6000	115	1720	2,63	3,10



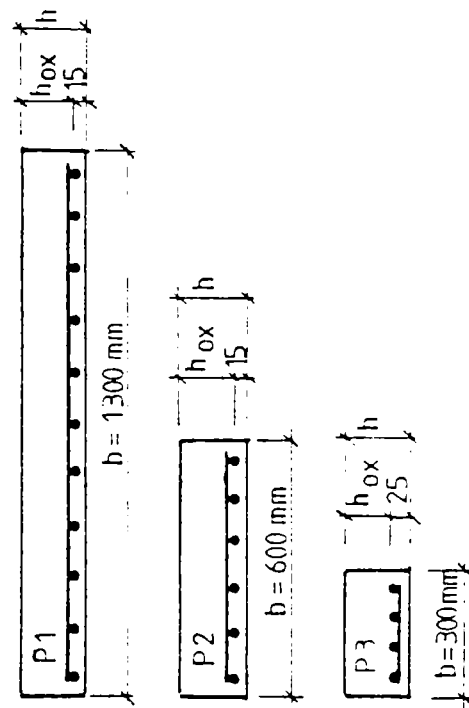
DIMENSIONAREA PE DIRECȚIA X (pe lungimea plăcii)

Tabelul VII.3.2.3

TIPUL DE PLACĂ	DIMENSIUNI mm		M_x tf.m	h_{ox} mm	A_{ax}			$P_x\%$	$M_{x, cap.}$ tf.m	$M_{x, el.}$ tf.m	$M_{x, cap.} >$ $M_{x, el.} <$	Obs.
	b	l			ϕ /cm	nr. ϕ	mm					
P1	1300	2000	2,13	125	10/12,5	—	628	0,62	2,25	1,51	>	calculul efectuat pe o fâșie de 1 m lățime calculul efectuat pe toată lățimea de 600 mm Idem P2 de 300 mm
P2	600	2000	2,67	125	—	6 ϕ 10	471	0,628	1,69	1,55	>	
P3	300	2000	2,63	115	—	4 ϕ 10	314	0,895	1,00	1,56	<	



SECȚIUNI A-A



OBS :

M_x - momentul încovoietor din ipoteza simplei rezemări

$M_{x, el.}$ - momentul încovoietor din ipoteza rezemării elastice

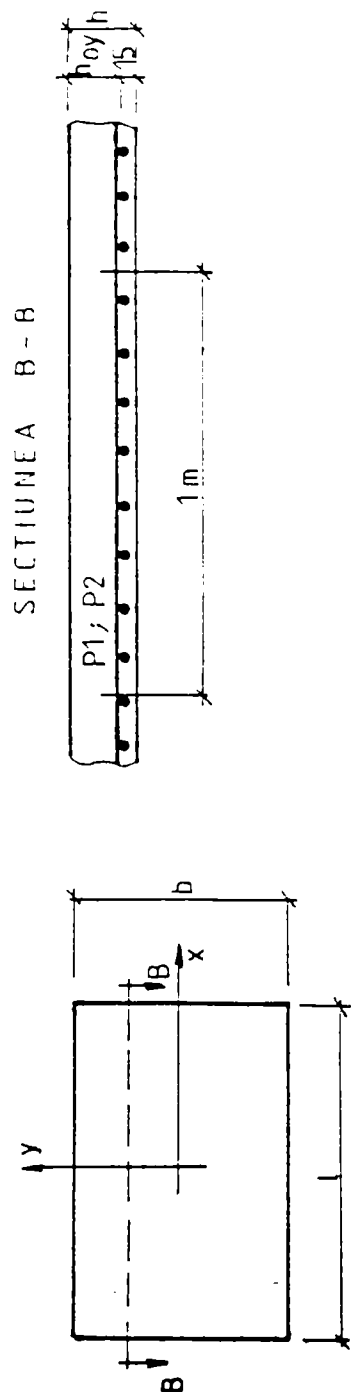
$M_{x, cap.}$ - momentul încovoietor capabil

A_{ax} - armătura de rezistență pe direcția x

DIMENSIONAREA PE DIRECȚIA Y (pe lățimea plăcii)

Tabelul VII.3.2.4

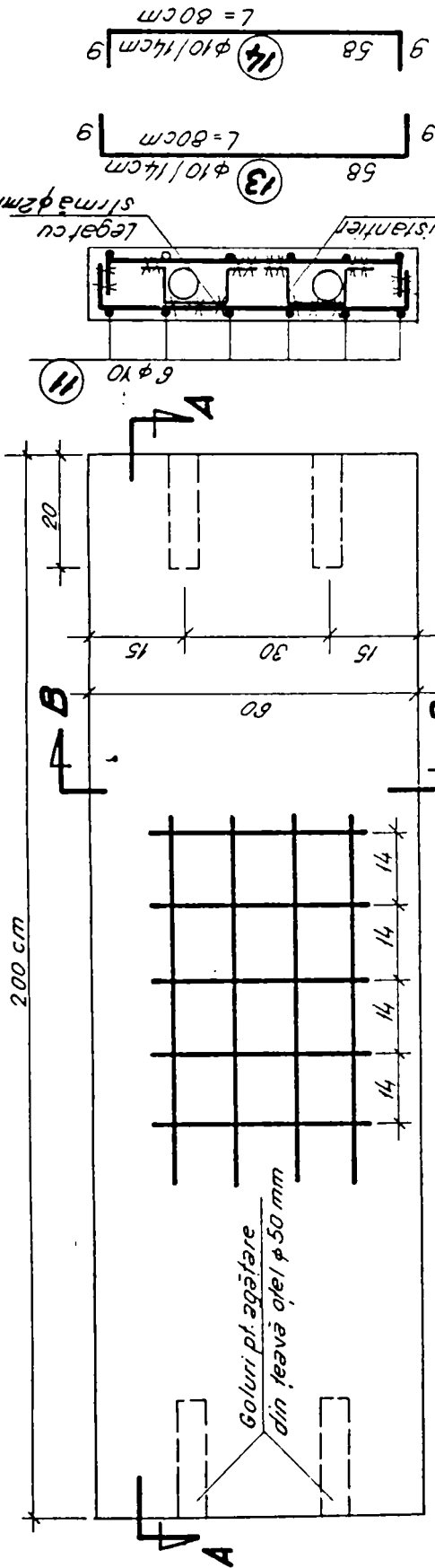
TIPUL DE PLACA	DIMENSIUNI mm		M tf m	h _{oy} mm	A _{ay}		P _y %	M _{y, cap.} tf m	M _{y, el.} tf m	M _{y, cap.} > M _{y, el.} <	Obs.
	b	l			φ/cm	mm ²					
P1	1300	2000	1,58	115	10/14	561	0,488	1,90	1,75	>	calculul efectuat pe o fâșie de 1 m lățime
P2	600	2000	0,50	115	10/14	561	0,488	1,90	-	-	nu se face calcul
P3	300	2000	-	-	-	-	-	-	-	-	idem P2



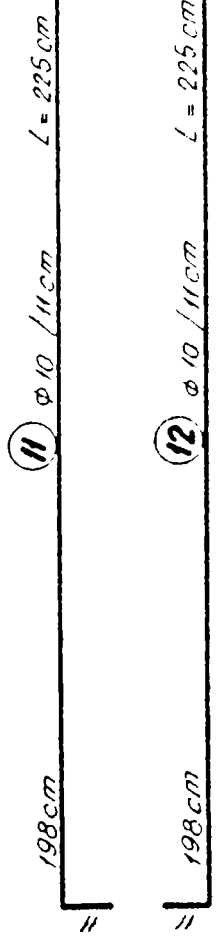
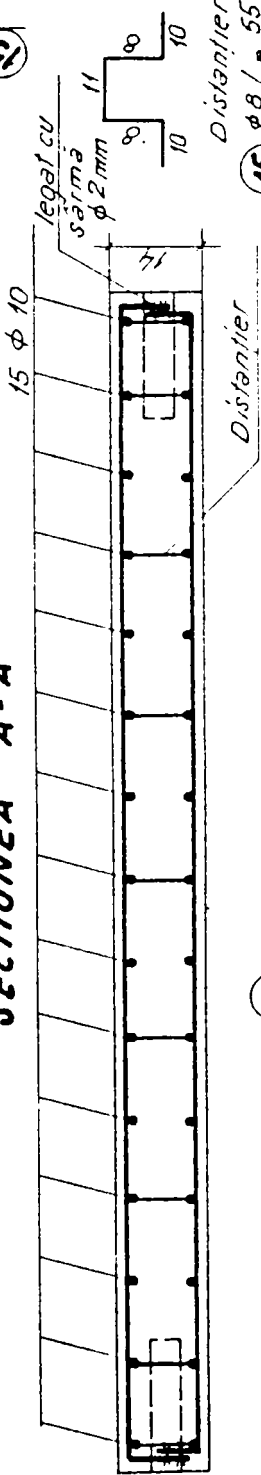
OBS :

- M_y - momentul încovoietor din ipoteza simplei rezemări
- M_{y, el.} - momentul încovoietor din ipoteza rezemării elastice
- M_{y, cap.} - momentul încovoietor capabil
- A_{ay} - armătura de rezistență pe direcția y

SECT. B-B



SECȚIUNEA A-A



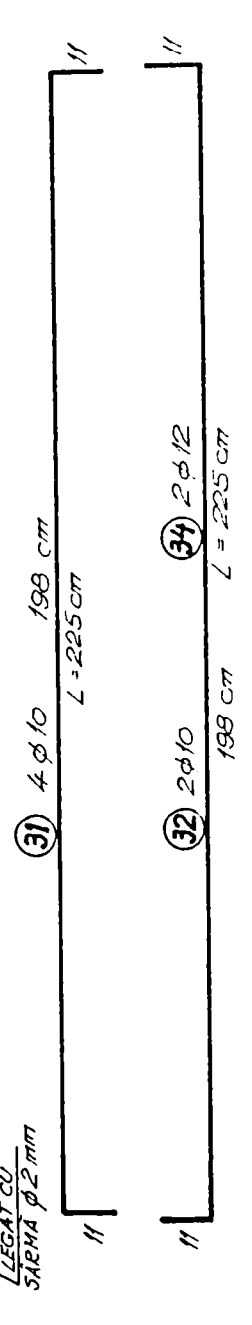
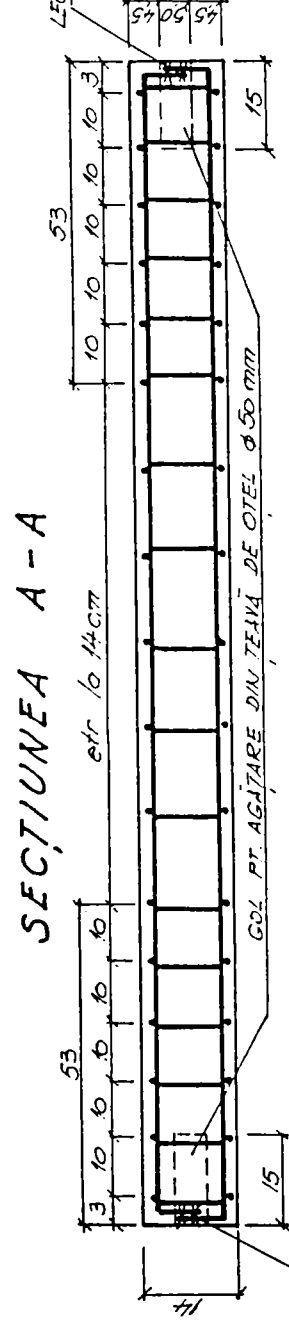
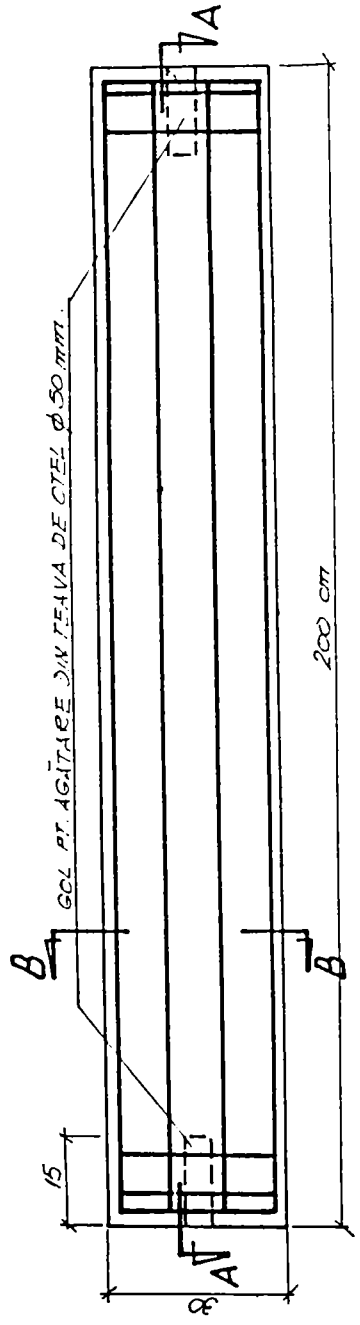
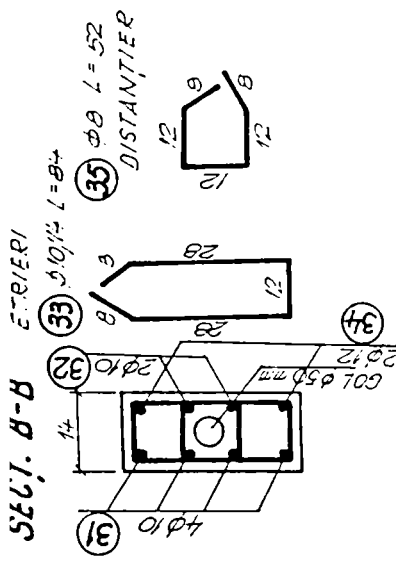
Obs. Sunt valabile observațiile din PL nr. 1 cu precizarea că în locul armăturilor 1, 2, 3, 4 și 5 se vor citi 11, 12, 13, 14 și 15

FENTRU URMĂRIREA LUCRĂRII EXECUTANTUL VA CONVOCA PROIECTANTUL LA PRINCIPALELE FAZE ALE EXECUTIEI (realizarea carcasei de oțel beton, turnarea și tratarea ulterioară a betonului montarea, etc.)

EXTRAS DE ARMATURĂ PLACA MIJLOCIE - P2

Mărca	φ mm	L cm	Nr. bare	Total lungime	Lung pe φ		
					φ 8 mm	φ 10 mm	
11	10	225	6	13.50		13.50	
12	10	225	6	13.50		13.50	
13	10	80	15	11.00		11.00	
14	10	80	15	11.00		11.00	
15	8	55	18	9.90	9.90		
Total lungimi pe diametru					9.90	49.00	
Greutate pe metru liniar kg					0.395	0.617	
Greutate pe diametru kg					3.94	30.23	
TOTAL GREUTATE					≈ 34.0 kg		

BETON B400 (BC 30) = 0.17 mc
OȚEL PC 52 = 34.0 kg.
GR. PLACĂ MIJLOCIE = 420 kg.



Obs. SUNT VALABILE OBSERVAȚIILE DIN PLANSA Nr.1 ADAPTAȚE LA SITUAȚIA DE FAȚĂ.

PENTRU URMĂRIREA LUCRĂRII EXECUTANTUL VA CONVOCA PROIECTANTUL LA PRINCIPALELE FAZE ALE EXECUȚIEI (realizarea corectă de oțel/beton, turnarea și întarirea ulterioară a betonului, montarea, etc.)

ÎN ZONELE DE CAPĂT ETRIERII SE DISPUN LA 100 mm APCI LA 140 mm.

EXTRAS DE ARMĂTURĂ
 PLACA MICĂ - P3

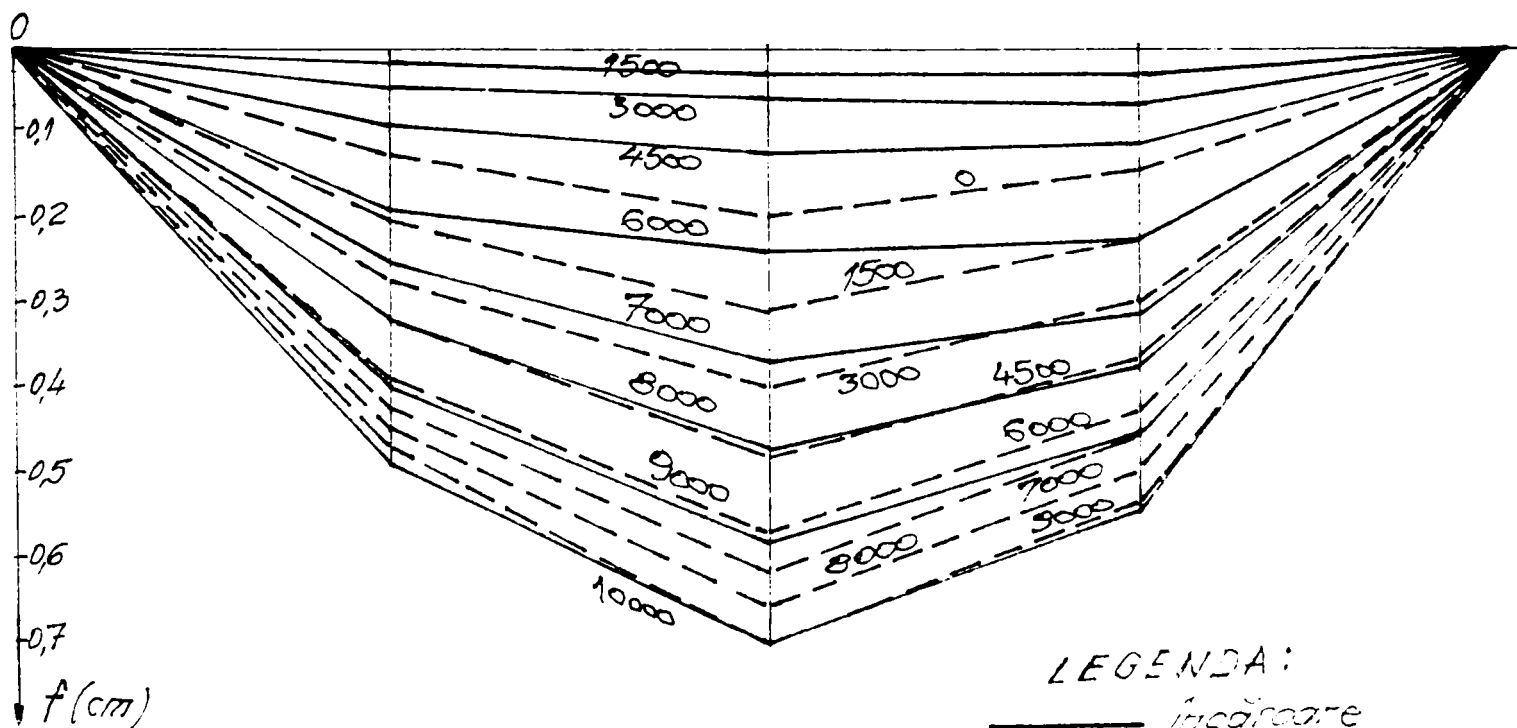
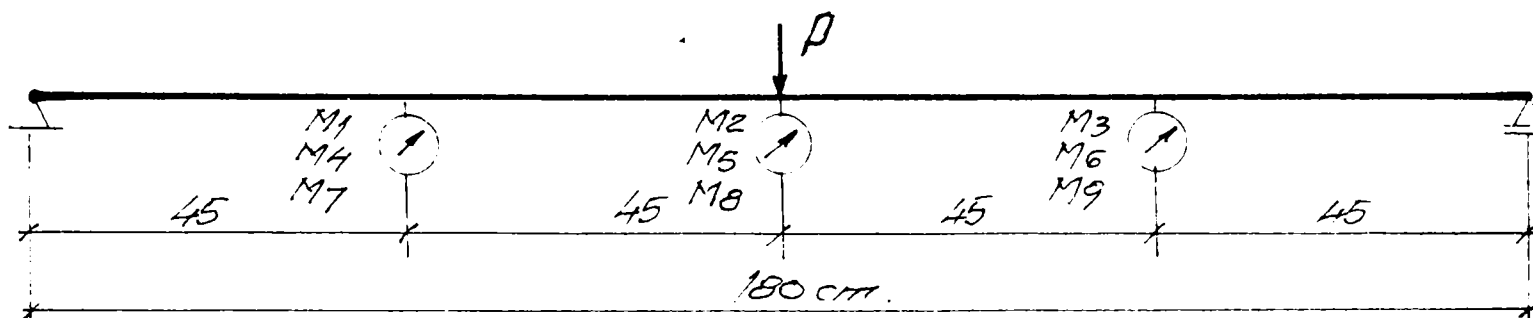
ϕ	L	Nr. bare	Total lungime m	Lungimi pe diametre		
				$\phi 8$ mm	$\phi 10$ mm $\phi 12$ mm	
31	10	2,25	4	9,00	9,00	
32	10	2,25	2	4,50	4,50	
33	10	84	16	13,44	13,44	
34	12	2,25	2	4,50	4,50	
35	8	52	15	7,80	7,80	
Total lungimi pe diametrii				7,80	26,94	4,50
Greutate pe metru linear kg.				0,396	0,617	0,888
Greutate pe diametru kg.				2,84	18,8	4,00
TOTAL GREUTATE \approx 25,0 kg.						

BETON B 400 (Bc 30) = 0,085 mc.
 OȚEL PC 52 = 25,0 kg.
 GREUTATE PLACĂ MICĂ = 210 kg.

PLACA D1-A

Etapa I

Ciclul I, încărcarea de exploatare, $P_{expl.} = 10000 \text{ kgf}$.



LEGENDA:

— încărcare
 - - - descărcare.

Etapa I

Ciclul II, încărcarea de exploatare, $P_{expl.} = 10.000 \text{ kgf}$.

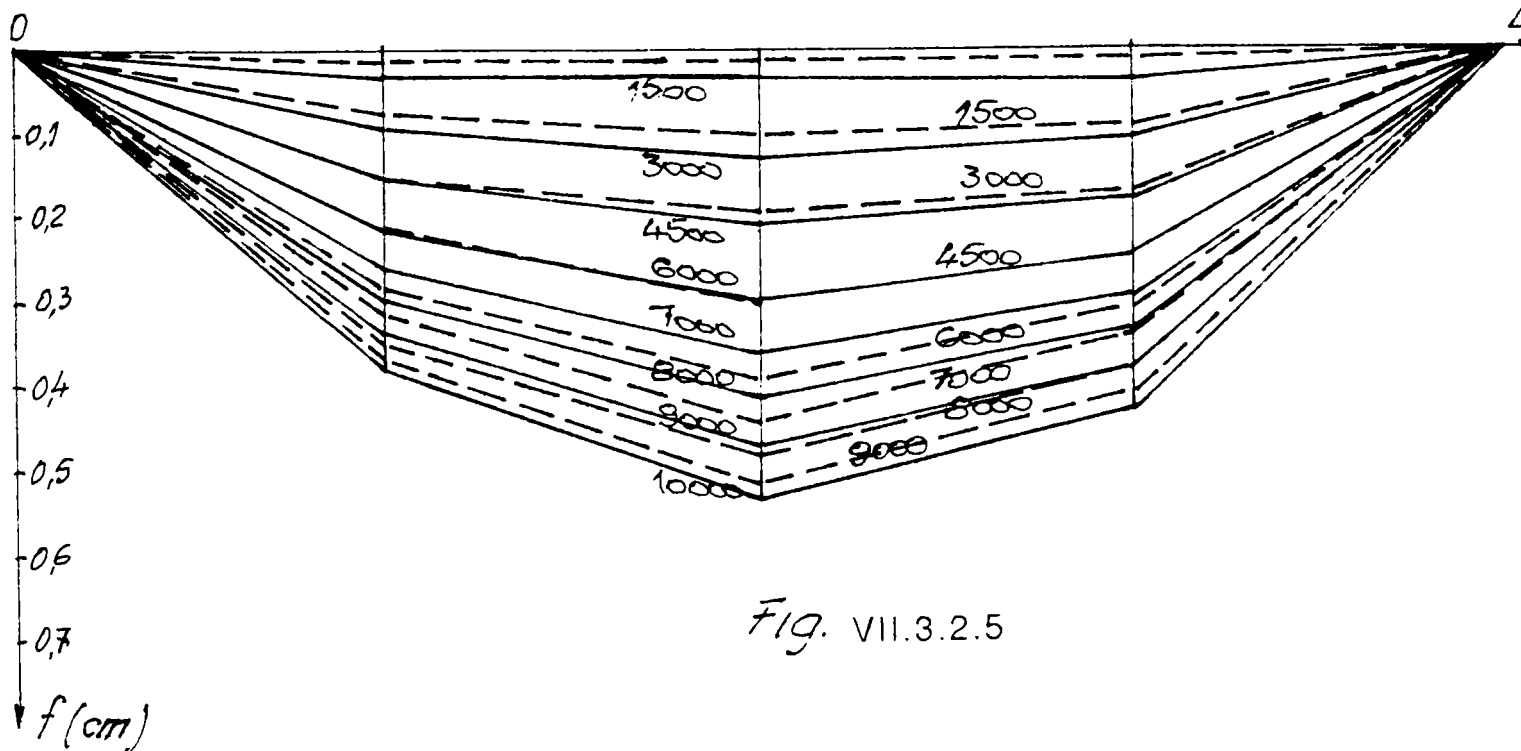
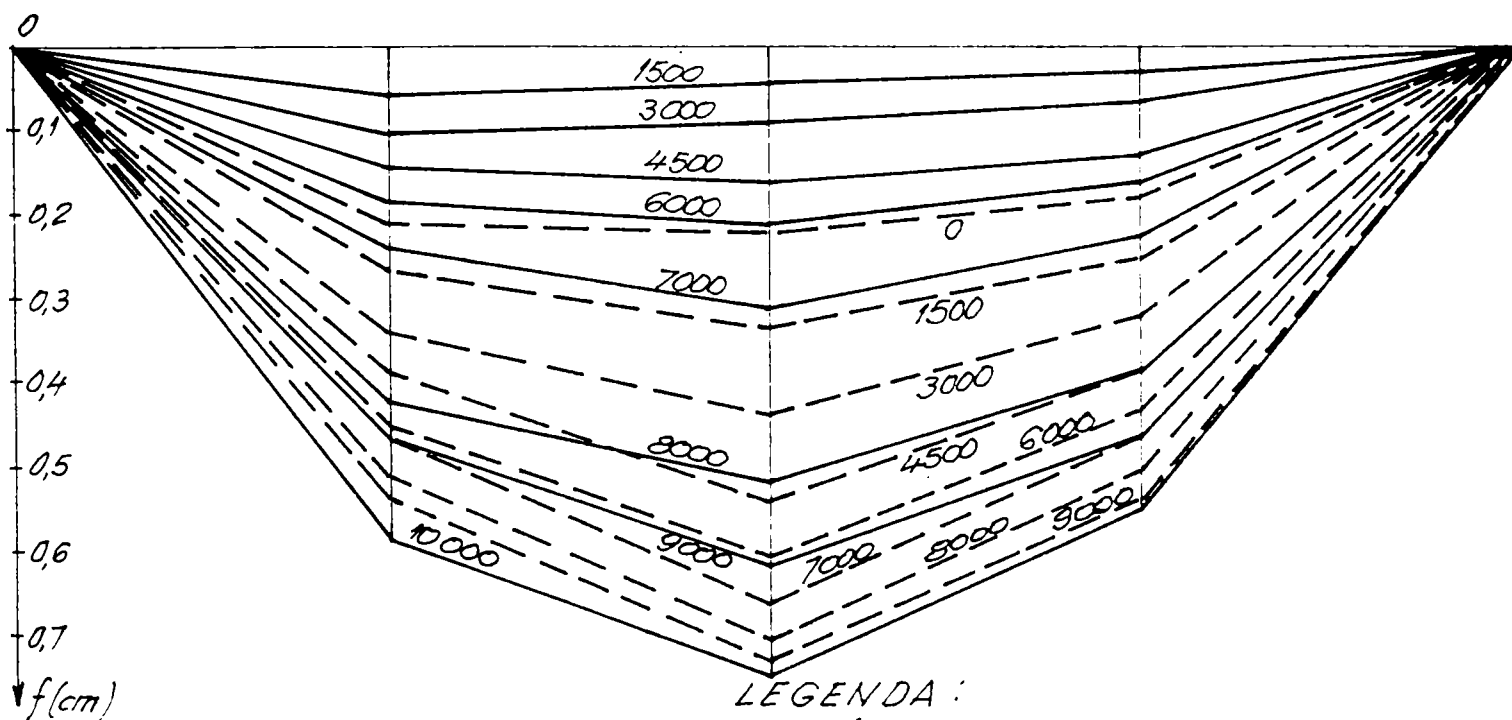
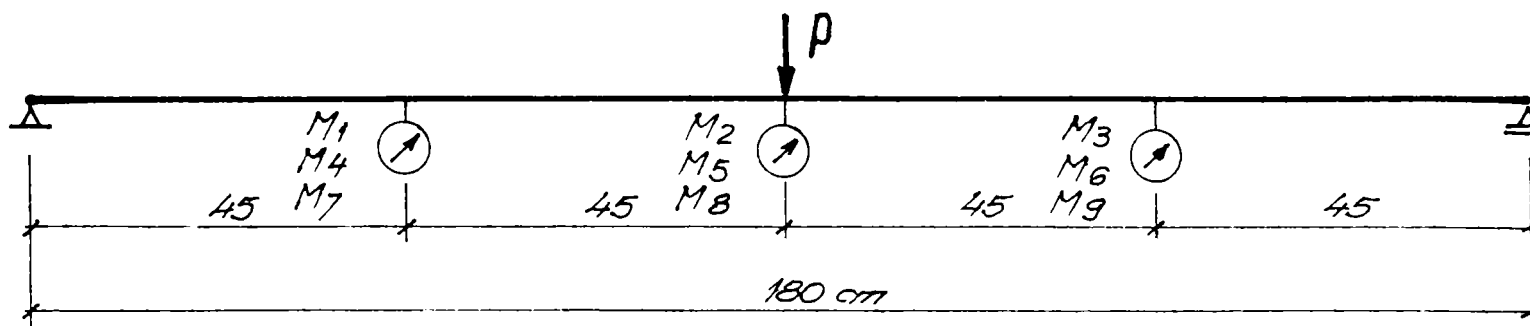


Fig. VII.3.2.5

PLACA P1-B

Etapa I

Ciclul I, încărcarea de exploatare, $P_{expl} = 10.000 \text{ kgf}$.



LEGENDA :

- încărcare
- - - descărcare

Etapa I

Ciclul II, încărcarea de exploatare, $P_{xpl} = 10.000 \text{ kgf}$.

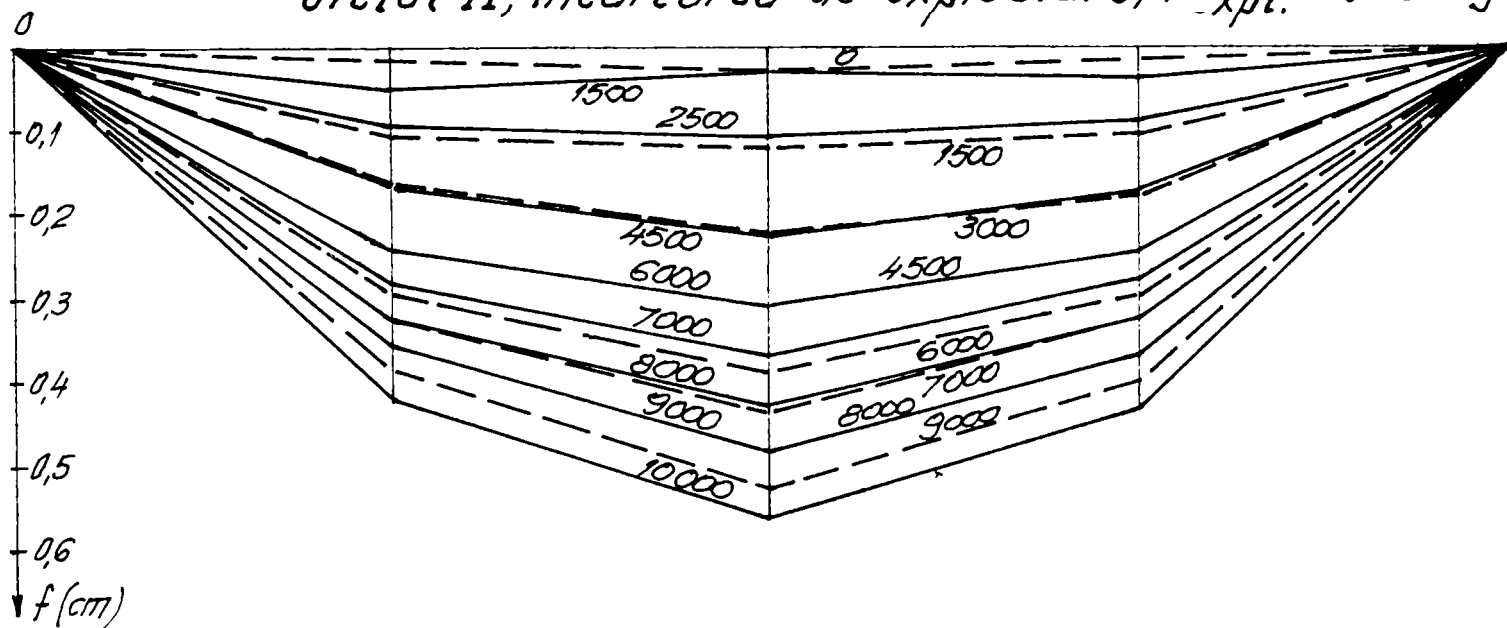
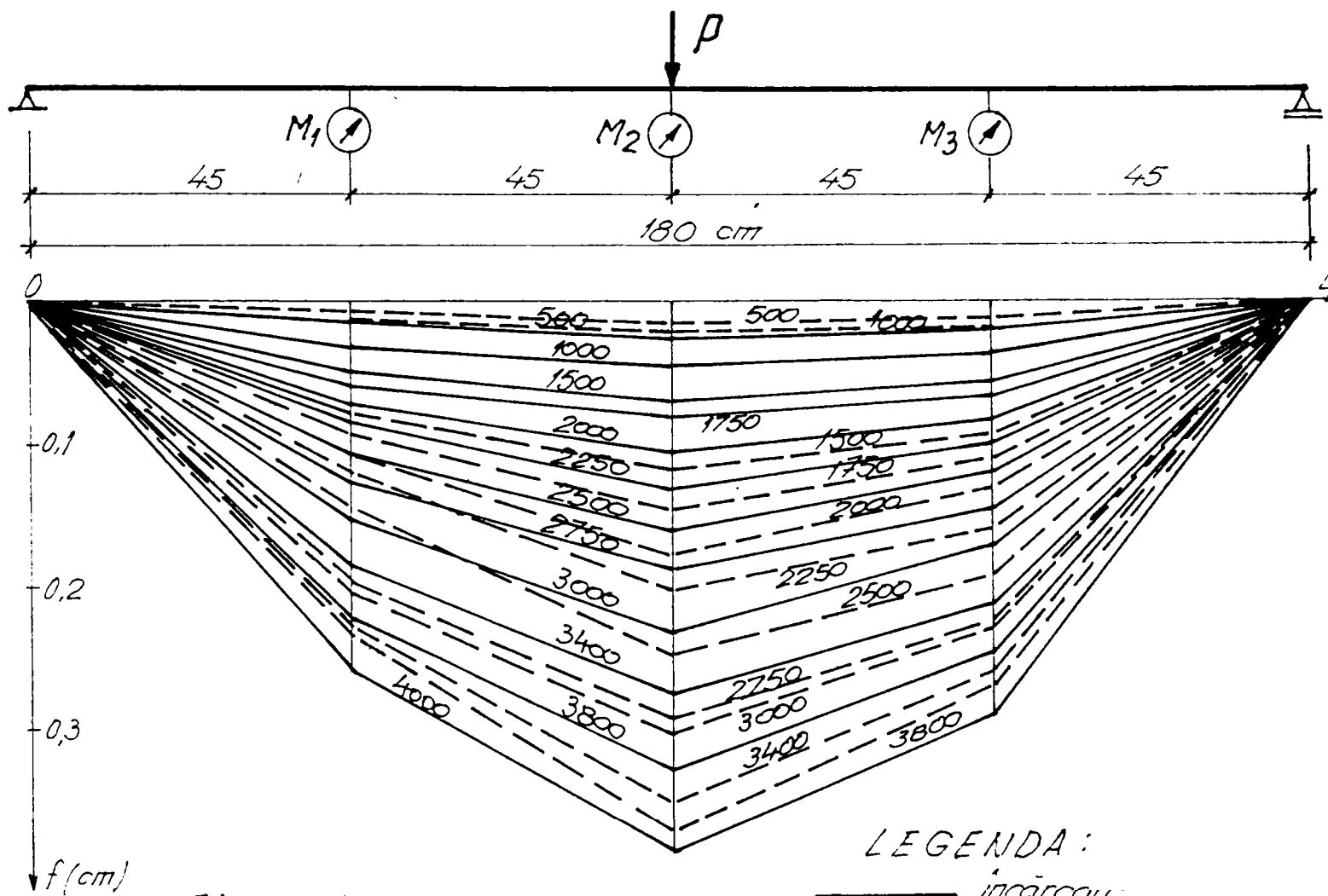


Fig. VII.3.2.6

PLACA P2 - A

Etapa I

Ciclul I, încărcarea de exploatare, $P_{expl.} = 4000 \text{ kgf}$.



Etapa I

Ciclul II, încărcarea de exploatare, $P_{expl.} = 4.000 \text{ kgf}$.

LEGENDA:
 — încărcare
 - - - descărcare

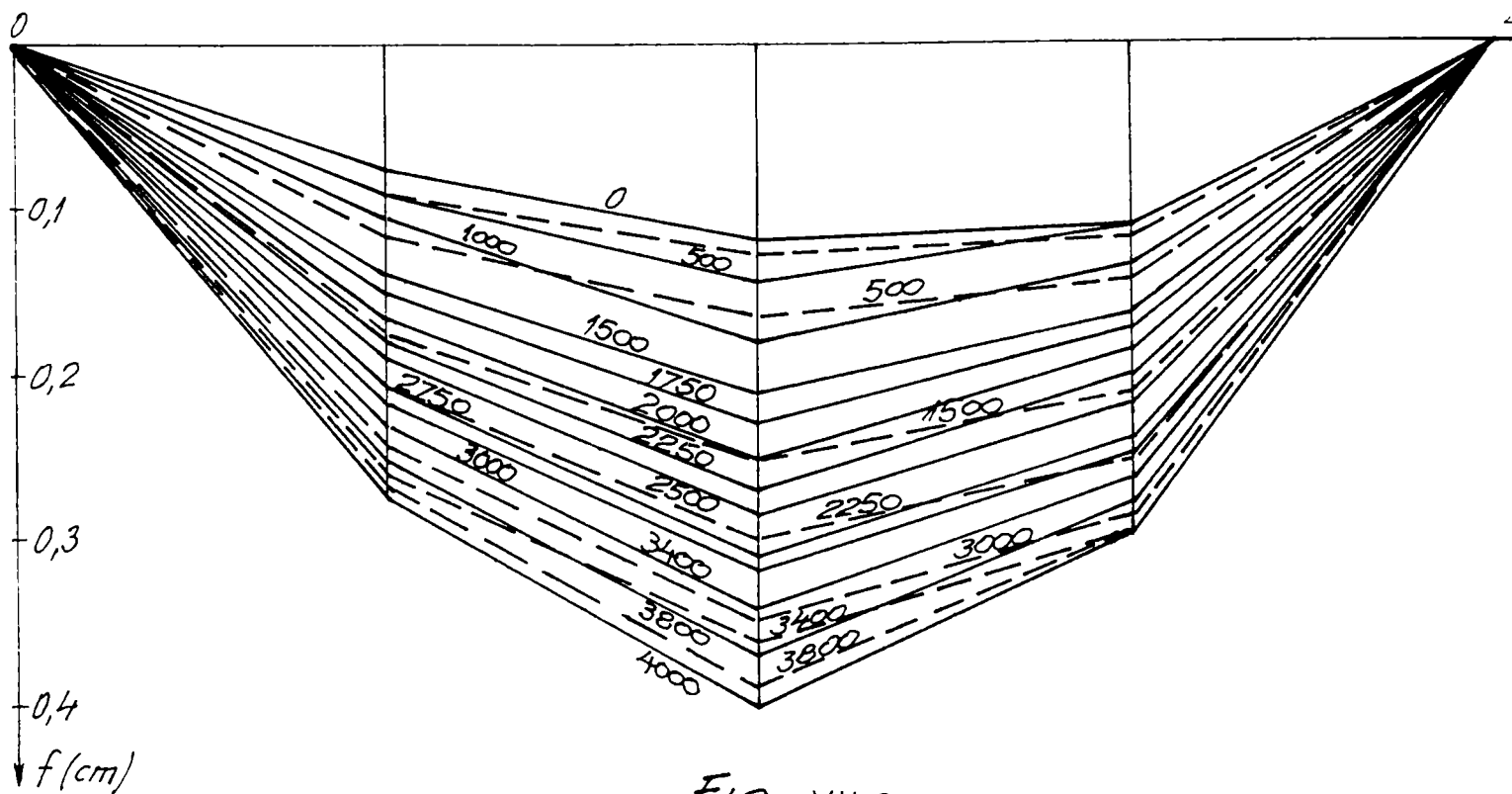
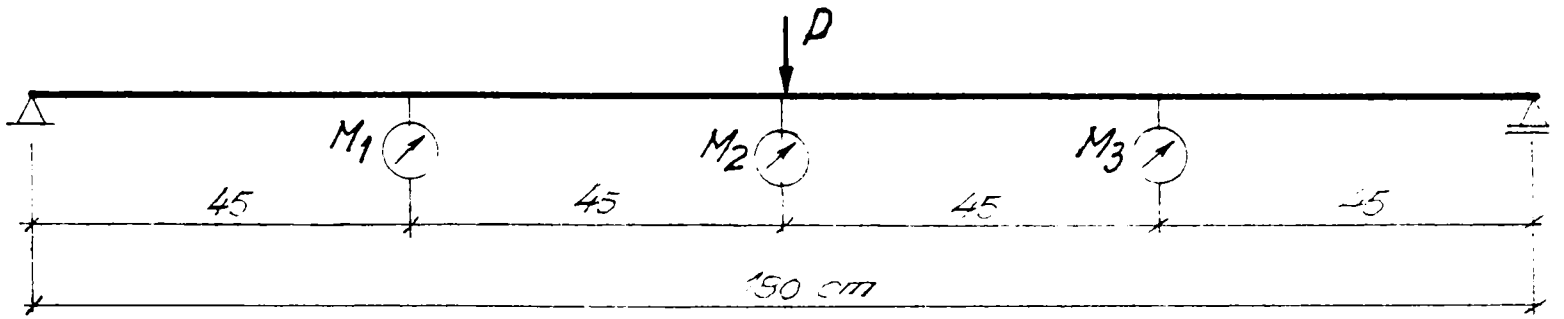


Fig. V.1.3.2.7

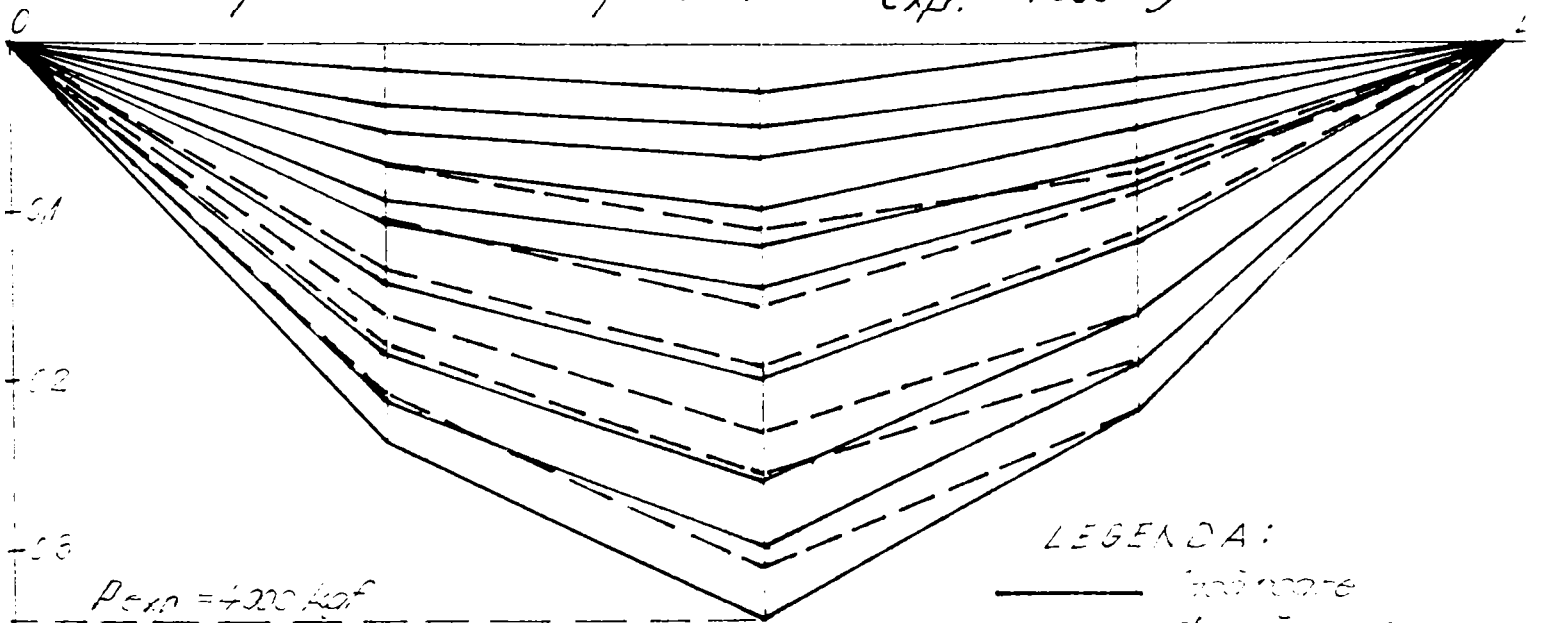
PLACA P2-B

Etapa I

Ciclul I, exploatare $P_{exp.} = 4000 \text{ kgf}$.



Etapa I, ciclul I exploatare $P_{exp.} = 4000 \text{ kgf}$



Etapa I, ciclul II exploatare $P_{exp.} = 4000 \text{ kgf}$.

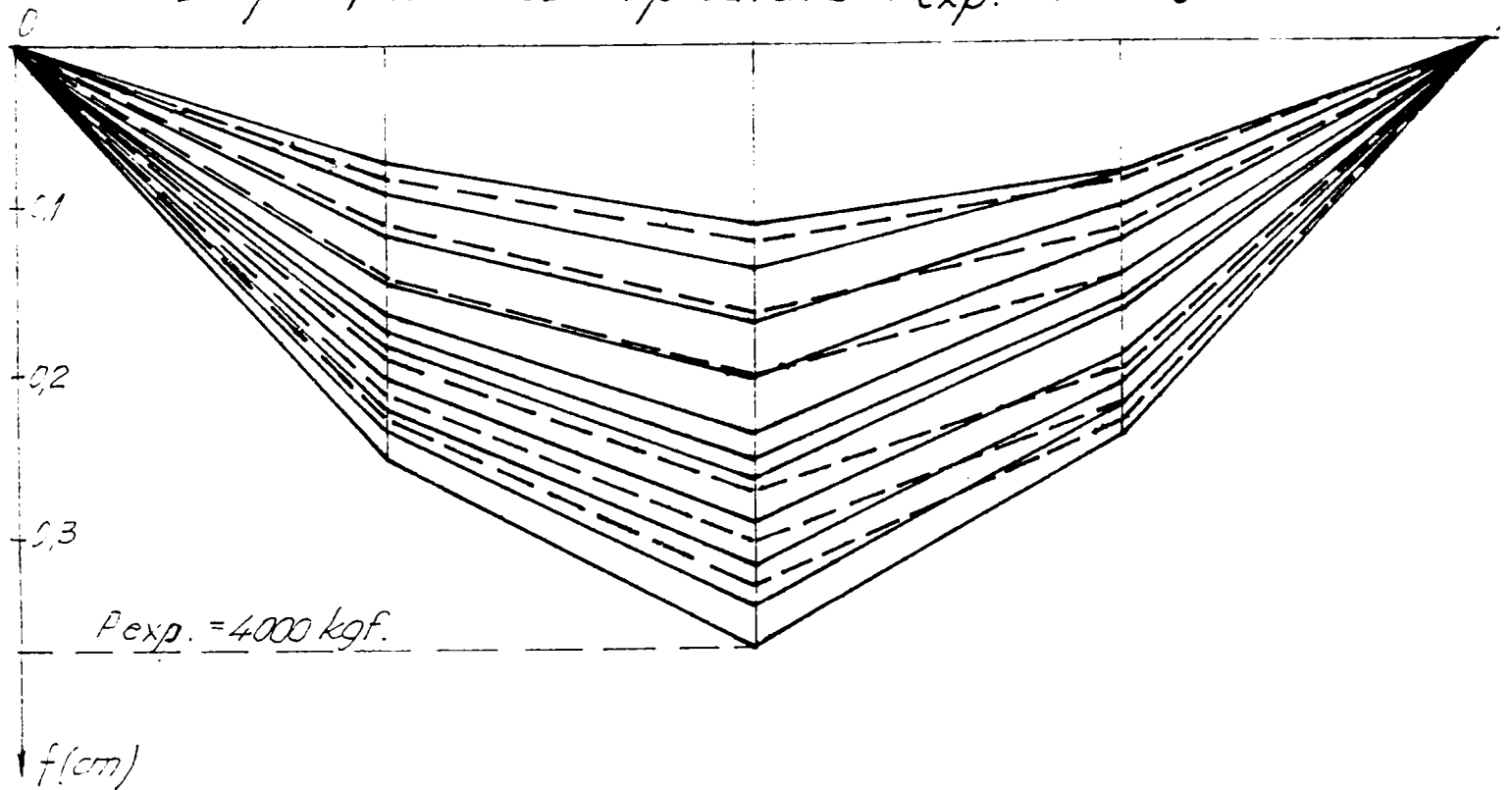
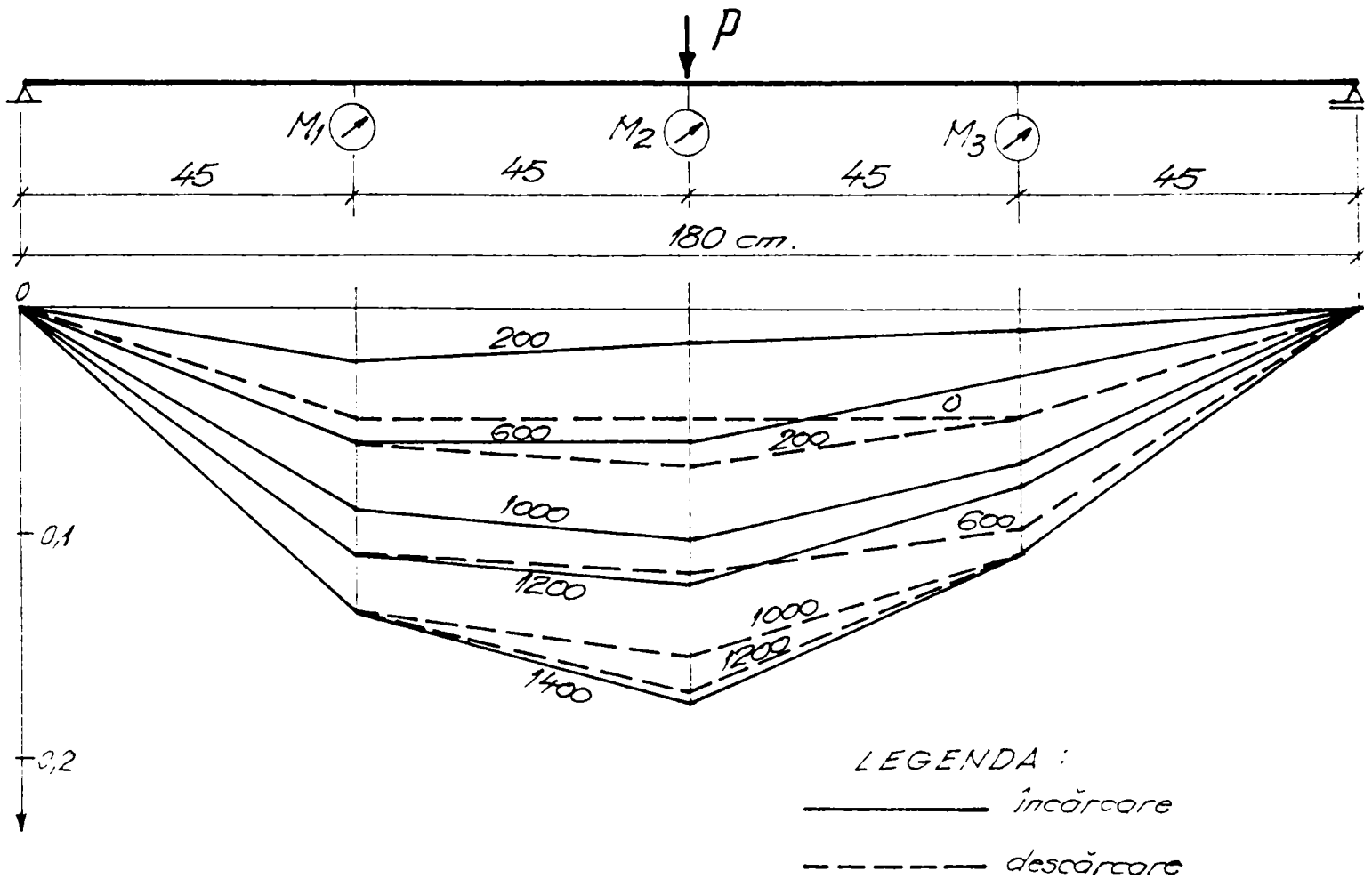


Fig. VII.3.2.8

PLACA P 3

Etapa I

Ciclul I, încărcarea de exploatare, $P_{expl} = 1400 \text{ kgf}$.



Etapa I

Ciclul II, încărcarea de exploatare, $P_{exp.} = 1400 \text{ kgf}$.

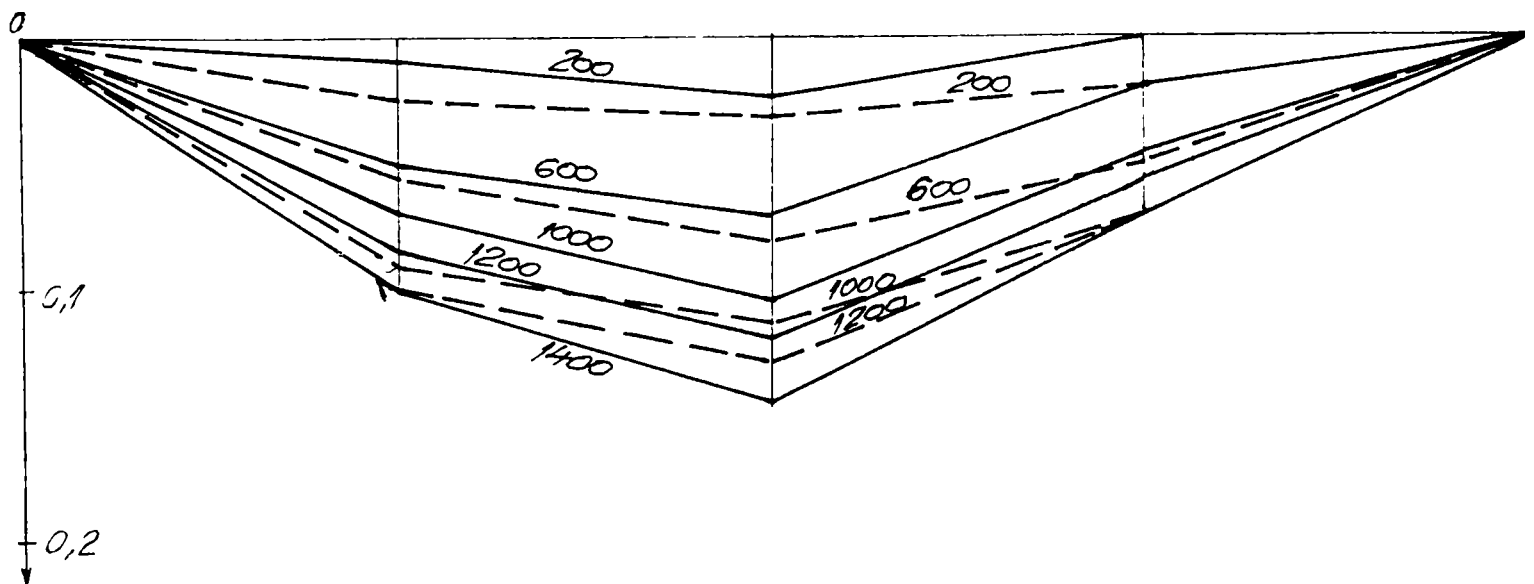
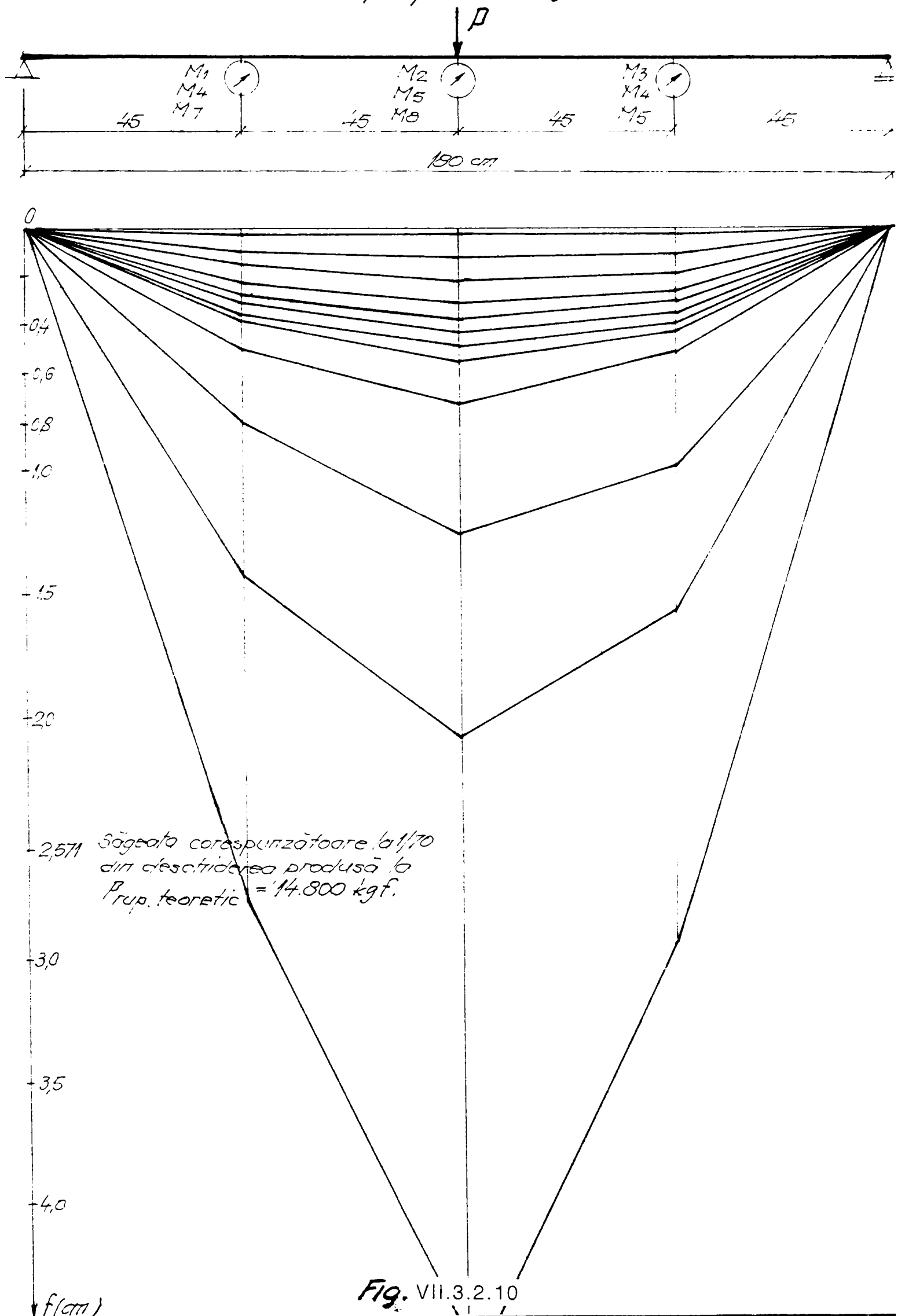


Fig. VII.3.2.9

Etapa II-a, Încărcare de rupere experimentală
 $P_{rup.exp.} = 16.000 \text{ kgf.}$



PLACA P1-B

Etapa II, încercarea de rupere, $P_{rup.exp.} = 15.400 \text{ kgf.}$

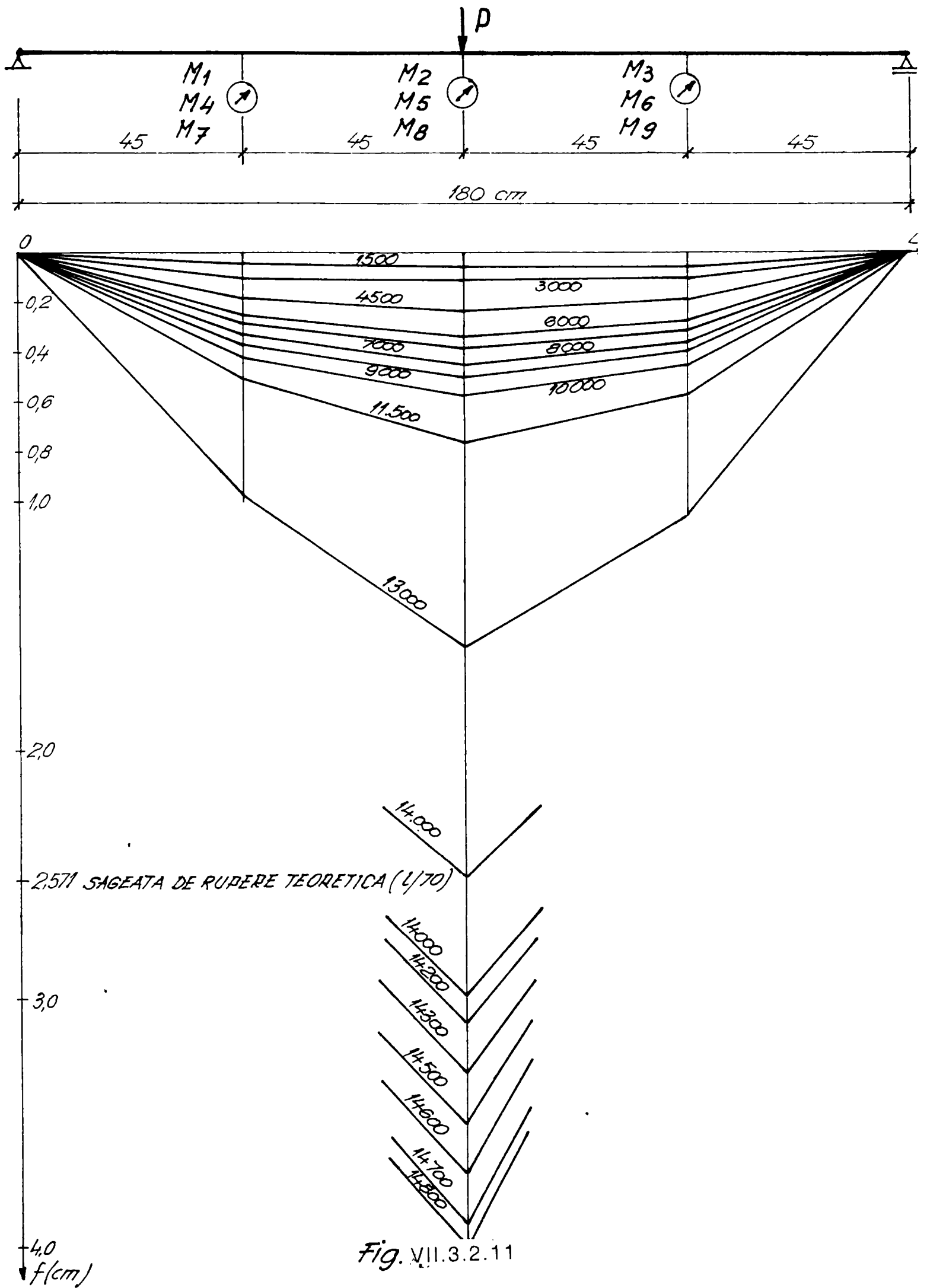


Fig. VII.3.2.11

PLACA P2-A

Etapa II

Ciclul III, încărcarea de rupere, $P_{rup.} = 9.900 \text{ kgf.}$

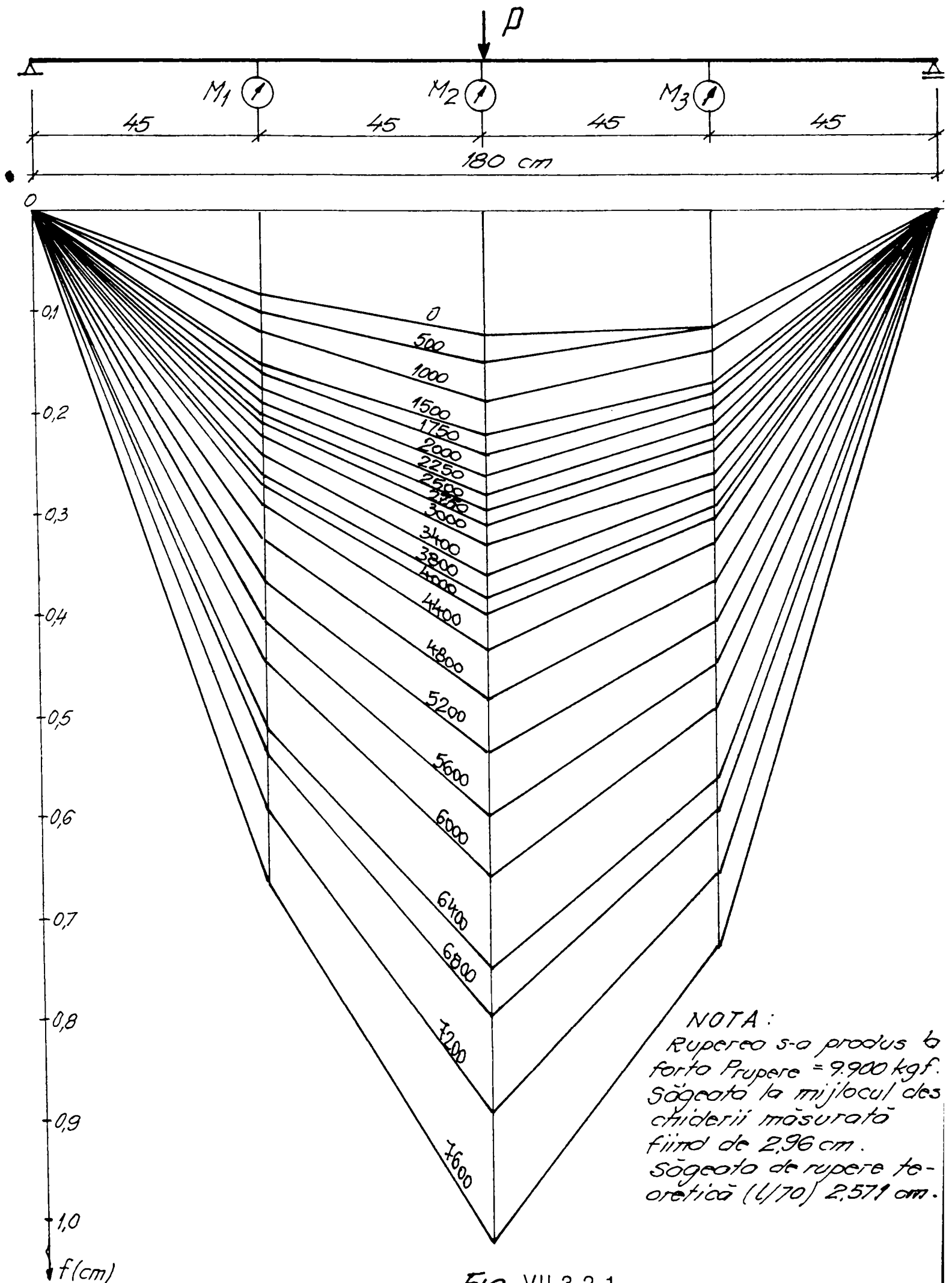


Fig. VII.3.2.1c

PLACA P2-B

Etapa II-a

Ciclul III, rupere $P_{rupere} = 10.100 \text{ kgf.}$

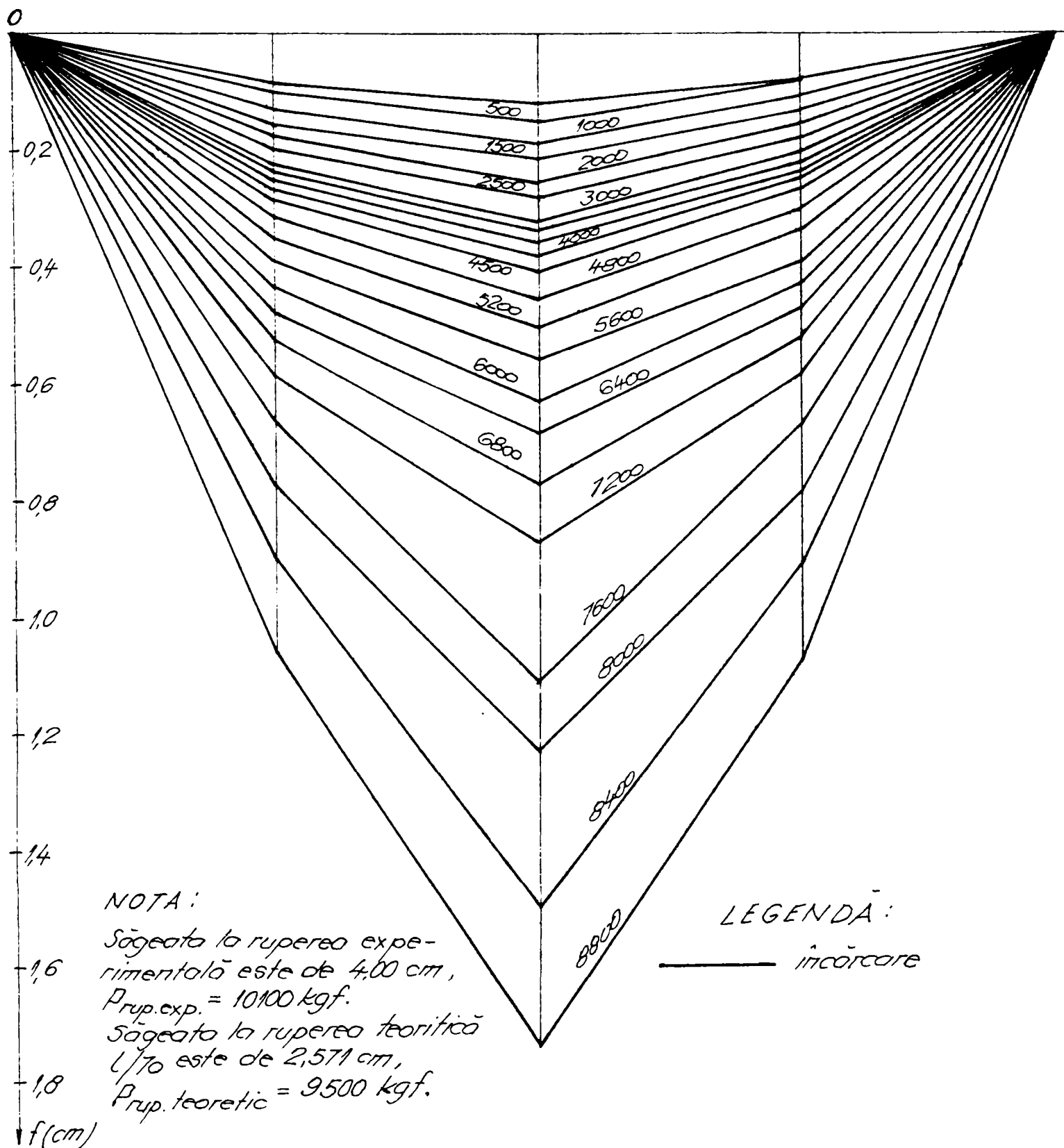
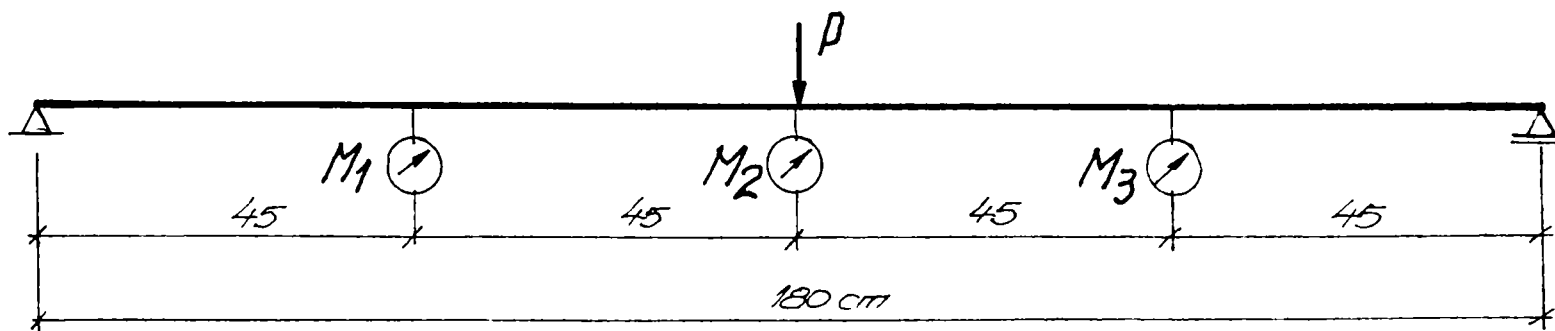


Fig. VII.3.2.13

PLACA P 3

Etapa II .

Ciclul I, încărcarea la rupere, $P_r = 5900$ kgf.

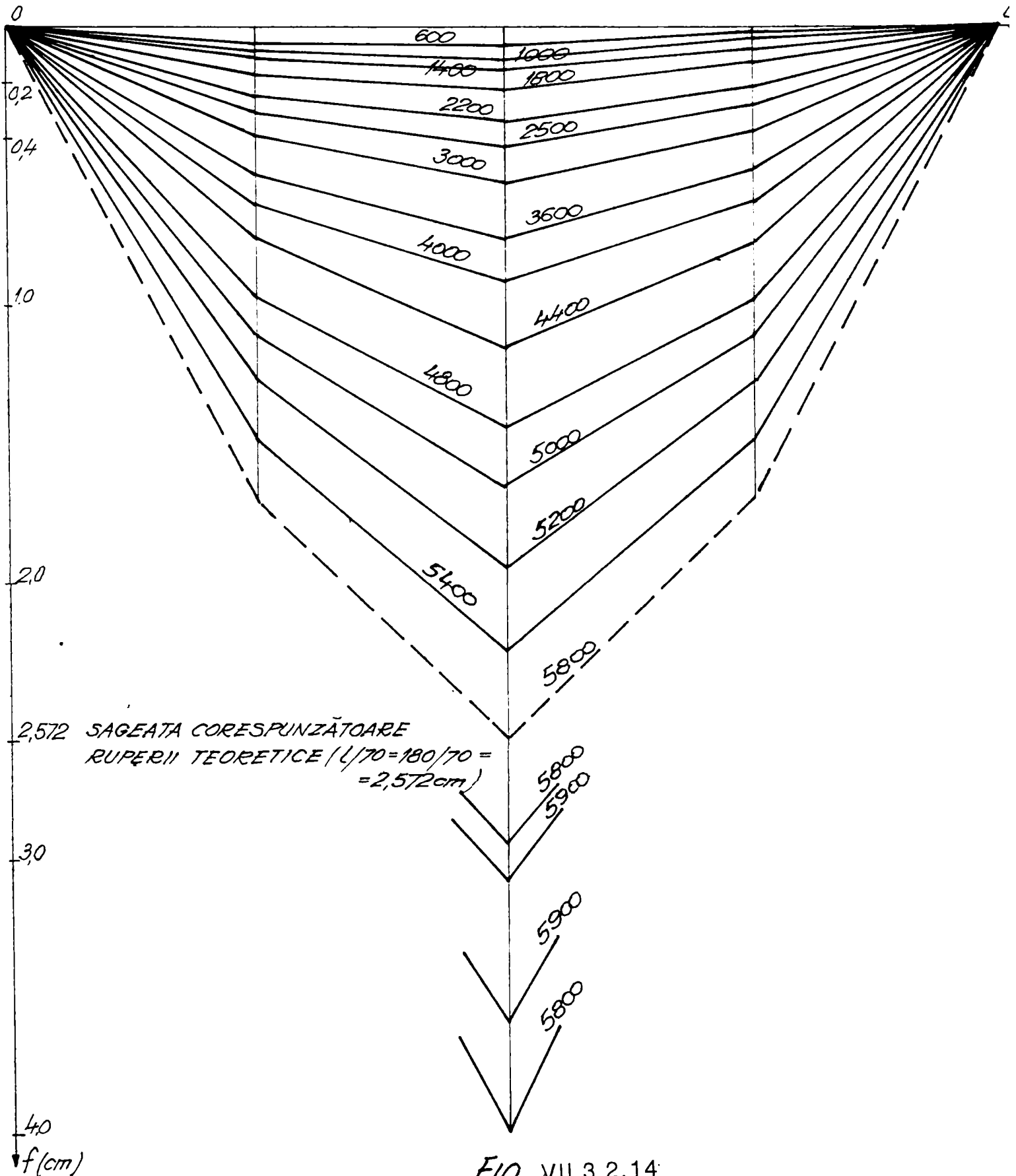
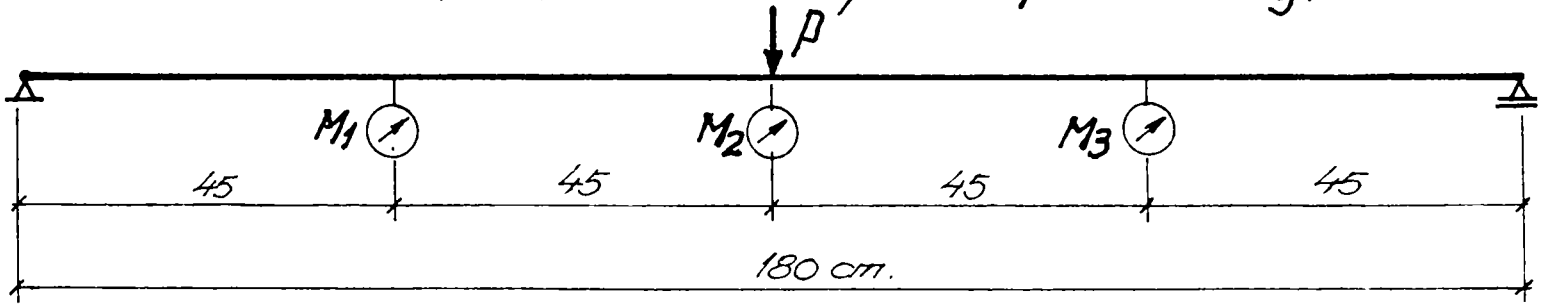


FIG. VII.3.2.14

TABEL CENTRALIZATOR COMPOZIȚII

Nr. crt.	Nr. epruv.	Mărim PUR mm	$\frac{C}{PUR}$	$\frac{a}{C}$	% SP	$\frac{C}{N}$	Obs.
1	5	3 ... 5	3/1	0,72			Fără nisip
2	6	3 ... 5	2/1	0,6	0,4		Fără nisip
3	7	3 ... 5	3/1	0,6	0,4		Fără nisip
4	8	3 ... 5	2,4/1	0,6	0,4	2,4/1	
5	9	3 ... 5	3,6/1	0,6	0,4	3,6/1	
6	11	3 ... 5	3,6/1	0,5	0,5	1,5/1	
7	12	3 ... 5	3/1	0,5	0,5	1,5/1	
8	13	3 ... 5	3/1	0,5	0,5	1/1	
9	14	3 ... 5	4,5/1	0,5	0,5	1/1	
10	15	3 ... 5	4,5/1	0,5	0,5	2/1	
11	17	3 ... 5	6/1	0,5	0,5	1/1	Dedusă din 14
12	18	3 ... 5	6/1	0,5	0,5	2/1	Dedusă din 15
13	19	5 ... 12	3,6/1	0,6	0,5	3/1	Dedusă din 9
14	20	5 ... 12	4,5/1	0,5	0,5	1/1	Dedusă din 14
15	21	5 ... 12	4,5/1	0,5	0,5	2/1	Dedusă din 15
16	22	5 ... 12	6/1	0,5	0,5	1/1	Dedusă din 17
17	23	5 ... 12	6/1	0,5	0,5	2/1	Dedusă din 18

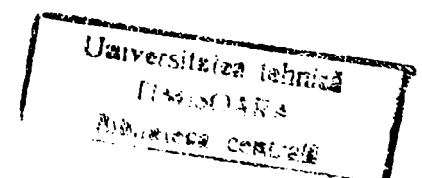
Obs. PUR = agregate din poliuretan rigid

C = ciment

a = apă

SP = superplastifiant

N = nisip



Determinarea rezistentei la compresiune și a densității pe cuburi (Rc)

Nr. crt	Nr. epruv	Indicativ	Dimensiuni			V [cm ³]	G [kg]	δ [kg/m ³]	δ med. [kg/m ³]	Pr [daN]	A=b x c [cm ²]	R = Pr/A [daN/cm ²]	R med [daN/cm ²]	Deform. [mm]	Deform. medie [mm]
			a [cm]	b [cm]	c [cm]										
1	5	A	9,9	9,8	9,8	951	0,310	326	320	170	96	1,77	1,65	8	8,00
		B	9,8	9,8	9,9	951	0,300	315		148	97	1,53		9	
		C	10,0	9,8	9,8	960	0,305	318		158	96	1,66		7	
2	6	A	9,8	9,7	9,8	932	0,230	246	231	70	95	0,74	0,68	12	13,67
		B	9,9	9,8	9,9	960	0,210	219		60	97	0,62		15	
		C	9,9	9,8	9,9	960	0,220	229		65	97	0,67		14	
3	7	A	9,9	9,8	10,0	970	0,300	309	316	160	98	1,63	1,74	8	8,00
		B	9,9	9,9	9,9	970	0,310	320		175	98	1,79		9	
		C	9,8	9,8	10,0	960	0,305	318		177	98	1,81		7	
4	8	A	9,8	9,8	9,9	950	0,300	315	331	103	97	1,06	1,01	13	12,33
		B	9,9	9,8	9,8	951	0,320	336		98	96	1,02		12	
		C	9,9	9,9	9,8	951	0,325	342		93	97	0,96		12	
5	9	A	9,9	9,8	9,9	960	0,376	392	399	305	97	3,14	3,11	7	7,00
		B	9,9	9,9	9,9	970	0,393	405		308	98	3,14		8	
		C	9,8	9,9	9,8	950	0,380	400		295	97	3,04		6	
6	11	A	9,9	9,9	9,8	960	0,414	431	414	280	97	2,89	2,99	9	7,67
		B	9,9	9,9	9,9	970	0,389	401		287	98	2,93		7	
		C	9,8	9,9	9,9	960	0,394	410		310	98	3,16		7	
7	12	A	9,9	9,9	9,9	970	0,367	378	397	226	98	2,31	2,43	10	9,67
		B	9,9	9,8	9,9	960	0,400	417		252	97	2,60		9	
		C	9,9	9,9	9,8	960	0,380	396		232	97	2,39		10	
8	13	A	9,7	9,9	9,8	941	0,358	380	368	146	97	1,51	1,51	10	10,33
		B	9,7	9,8	9,8	932	0,338	363		155	96	1,61		11	
		C	9,8	9,8	9,9	950	0,342	360		136	97	1,40		10	
9	14	A	9,9	9,8	9,8	950	0,501	527	522	305	96	3,18	3,30	7	6,67
		B	9,9	9,9	9,8	960	0,499	520		340	97	3,51		6	
		C	10,0	10,0	9,9	990	0,514	519		319	99	3,22		7	

Determinarea rezistenței la compresiune și a densității pe cuburi (Rc)

Nr. crt	Nr. epruv	Indica tiv	Dimensiuni			V [cm ³]	G [kg]	δ [kg/m ³]	δ med. [kg/m ³]	Pr [daN]	A=b x c [cm ²]	R = Pr/A [daN/cm ²]	R med [daN/cm ²]	Deform. [mm]	Deform. medie [mm]
			a [cm]	b [cm]	c [cm]										
10	15	A	9,8	10,0	9,6	941	0,473	503	495	536	96	5,58	5,79	6,7	7,3
		B	10,0	10,0	9,8	980	0,461	470		528	98	5,39		7,8	
		C	9,9	9,9	9,9	970	0,498	513		620	97	6,39		7,4	
11	17	A													
		B													
		C													
12	18	A													
		B													
		C													
13	19	A	10,0	10,0	10,0	1000	0,333	333	332	417	100	4,17	3,88	9,2	8,9
		B	10,0	10,0	10,0	1000	0,310	310		337	100	3,37		8,7	
		C	10,0	9,9	9,9	980	0,346	353		402	98	4,1		8,7	
14	20	A	9,9	9,9	9,9	970	0,435	448	442	538	98	5,49	5,39	7,8	7,3
		B	9,8	9,8	9,9	951	0,420	442		552	97	5,69		6,8	
		C	9,9	9,9	9,9	970	0,424	437		490	98	5		7,2	
15	21	A	9,7	9,7	9,7	913	0,442	484	473	628	94,1	6,67	6,70	6,5	6,0
		B	9,9	9,8	9,9	960	0,448	467		575	97	5,93		6,1	
		C	10,0	9,9	9,8	970	0,455	469		727	97	7,49		5,5	
16	22	A	9,9	9,9	9,8	960	0,456	475	515	738	97	7,61	6,99	6,5	5,5
		B	10,0	10,0	9,8	980	0,523	534		687	98	7,01		4,1	
		C	9,9	9,9	10,0	980	0,525	536		630	99	6,36		6	
17	23	A	9,8	9,8	9,9	951	0,453	476	463	718	97	7,4	7,33	3,9	4,7
		B	10,0	9,8	9,8	960	0,443	461		687	96	7,16		4,9	
		C	9,9	9,9	10,0	980	0,444	453		735	99	7,42		5,3	

Tabel VII.3.3.

Determinarea rezistenței la întindere din încovoierea pe prisme (Rt)

Nr. crt.	Nr. epruv	Indicativ	Dimensiuni		Pr [daN]	$M = \frac{P_r \cdot l}{4}$ [daN · cm]	W [cm ³]	$R_t = \frac{M}{W}$ [daN/cm ²]	R_{imed} [daN/cm ²]	Sageata la rupere [mm]	Obs
			b [cm]	h [cm]							
1	5	A	9,8	4,8	8,5	42,5	37,6	1,13	1,32		
		B	9,7	4,9	10,3	51,5	38,8	1,33			
		C	9,9	4,8	11,5	57,5	38,0	1,51			
2	6	A	9,9	4,9	2,4	12,0	39,6	0,3	0,31		
		B	9,7	4,8	2,0	10,0	37,2	0,27			
		C	9,8	4,9	2,8	14,0	39,2	0,36			
3	7	A	9,8	4,8	13,6	68,0	37,6	1,81	1,66		
		B	9,9	4,7	11,5	57,5	36,4	1,58			
		C	9,9	4,9	12,5	62,5	39,6	1,58			
4	8	A	9,9	4,9	3,5	17,5	39,6	0,44	0,42		
		B	9,9	4,8	2,4	12,0	38,0	0,32			
		C	9,9	4,9	3,9	19,5	39,6	0,49			
5	9	A	9,8	4,8	16,5	82,5	37,6	2,19	2,38	3,0	
		B	9,9	4,8	18,5	92,5	38,0	2,43		3,0	
		C	9,9	4,9	20,0	100,0	39,6	2,52		3,5	
6	11	A	9,8	4,9	15,5	77,5	39,2	1,98	1,92	3,5	
		B	9,9	4,9	16,0	80,0	39,6	2,02		5,0	
		C	9,7	4,8	13,0	65,0	37,2	1,75		4,0	
7	12	A	9,9	4,9	12,5	62,5	39,6	1,58	1,50	3,5	
		B	9,9	4,8	11,5	57,5	38,0	1,51		3,0	
		C	9,8	4,9	11,0	55,0	39,2	1,4		3,0	
8	13	A	9,7	4,8	8,0	40,0	37,2	1,08	1,16	4,5	
		B	9,8	4,9	9,5	47,5	39,2	1,21		4,0	
		C	9,9	4,9	9,5	47,5	39,6	1,2		4,0	
9	14	A	9,9	4,9	25,0	125,0	39,6	3,16	3,13	4,0	
		B	9,8	4,8	23,0	115,0	37,6	3,06		4,0	
		C	9,9	4,9	25,0	125,0	39,6	3,16		4,5	

Tabel VII.3.3.3

Determinarea rezistentei la intindere din incovoierea pe prisme (Rt)

Nr. crt.	Nr. epruv	Indicativ	Dimensiuni		Pr [daN]	$M = \frac{P_r \cdot l}{4}$ [daN · cm]	W [cm ³]	$R_t = \frac{M}{W}$ [daN/cm ²]	R_{med} [daN/cm ²]	Sageata la rupere [mm]	Obs
			b [cm]	h [cm]							
10	15	A	9,9	5,0	29,5	147,5	41,3	3,57	3,61	4,0	
		B	9,8	4,9	28,0	140,0	39,2	3,57		4,0	
		C	9,8	4,9	29,0	145,0	39,2	3,69		4,0	
11	17	A									
		B									
		C									
12	18	A									
		B									
		C									
13	19	A	9,8	4,9	16,0	80,0	39,2	2,04	2,14	2,9	
		B	9,9	5,0	18,0	90,0	41,3	2,18		3,9	
		C	9,8	5,0	18,0	90,0	40,8	2,21		4	
14	20	A	9,7	5,1	33,0	165,0	42,0	3,93	3,99	2,8	
		B	9,9	5,2	33,0	165,0	44,6	3,7		1,9	
		C	9,8	4,9	34,0	170,0	39,2	4,34		3	
15	21	A	9,8	5,1	48,0	240,0	42,5	5,65	4,62	3,9	
		B	9,9	5,1	34,0	170,0	42,9	4		2,6	
		C	9,8	4,9	33,0	165,0	39,2	4,21		3	
16	22	A	9,9	5,0	41,5	207,5	41,3	5,02	4,66	1,7	
		B	9,8	5,1	38,0	190,0	42,5	4,47		1,7	
		C	9,9	5,2	40,0	200,0	44,6	4,48		2,7	
17	23	A	9,8	5,0	57,0	285,0	40,8	6,99	7,01	3,1	
		B	9,8	4,9	55,0	275,0	39,2	7,02		2,5	
		C	9,9	5,0	58,0	290,0	41,3	7,02		2,9	

Obs. Epruvetele 17 si 18 au corespondent in tabelul cu determinarea conductivitatii termice iar ca rezistente in epruvetele 22 si 23

**DETERMINAREA CONDUCTIVITĂȚII TERMICE(λ)
ȘI A REZISTENȚEI LA TRANSFER TERMIC (R)**

Tabel VII.3.3.4

Intensitatea fluxului termic:

$$q = \frac{\sum \Delta E_i}{\sum \Delta Z_i} K_i, \text{ unde } \Delta E_i - \text{diferența între 2 citiri consecutive la poziția contorului};$$

$$\Delta E_i = \frac{(W_{i,1} - W_{i-1}) + (W_{i,1} - W_{i,2}) + (W_{i,2} - W_{i,3}) + (W_{i,3} - W_{i,4})}{4}$$

ΔZ_i - diferența de timp între 2 citiri consecutive; $\Delta Z = 0,5h$

K_i - constantă caracteristică a aparatului și depinde de scara de randament aleasă pentru determinare.

Corecțiile aplicate temperaturilor conform tabelului alăturat:

	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C
tw ₁	-	-	-0,03	-0,04	-0,06	-0,06
tw ₂	-	-	-0,05	-0,01	-0,05	-0,06
tk ₁	-0,14	-0,08	-0,05	-0,06	-	-
tk ₂	-0,12	-0,08	-0,05	-0,01	-	-

tw₁ + corecția tw₁ = a

tw₂ + corecția tw₂ = b

tk₁ + corecția tk₁ = c

tk₂ + corecția tk₂ = d

$$\Delta t = \frac{(c+d) - (e+d)}{2}$$

- gradientul total de temperatură.

Rezistența transmisibilității termice a celulei de măsurare se ia egală cu: $W = 1.3 \times 10^{-3}$, iar conductivitatea termică λ :

$$\lambda = \frac{q \times h_i}{\Delta t - q \times W}$$

Rezistența la tranșer termic se determină cu relația: $R = \sum \frac{h_i}{h_i \times \lambda_i}$, unde: h_i – grosimea stratului (m);

$b_i = 1,1$ – coeficient de calitate;

λ_i - conductivitatea termică a fiecărui strat. [$\frac{Kcal}{hm^0C}$]

Determinarea conductivității termice (λ) se efectuează cu verificatorul pentru transmiterea căldurii după Dr. Bock, pentru materialele de construcții, de etanșare și plastice, sub formă de plăci netede sau în vrac, cu $\lambda = 0,025 \div 1,7 \text{ Kcal/m h } ^\circ\text{C}$, și are la bază STAS 6472/3-89.

Principiul de funcționare al aparatului este bazat pe metoda plăcilor, prin care materialul încercat este adus între două plăci plate cu temperaturi diferind între ele cu $\Delta t \approx 10^\circ\text{C}$. Placa cu temperatura mai ridicată este denumită placă de încălzire, menținută la o temperatură constantă prin aducerea energiei electrice, iar placa de răcire, cu temperatura mai scăzută, își menține temperatura constantă prin evacuarea căldurii. Placa de încălzire este protejată pe părțile laterale și spate cu o placă de protecție, astfel încât fluxul de căldură este dirijat prin materialul încercat.

După introducerea probei între plăcile aparatului este necesar un timp de pornire a aparatului, precum și un timp pentru încălzirea lichidului termostatic (aproximativ 2 ore). După încheierea stadiului de pornire se fac citiri la fiecare $\frac{1}{2}$ h. Se citește timpul Z , poziția contorului E , temperatura lichidului la intrarea și ieșirea din placa de izolație termică (t_{w1} și t_{w2}) și din placa de răcire (t_{k1} și t_{k2}). Grosimea probelor se măsoară cu cele 4 micrometre.

* Valorile sunt calculate ținând cont de fiecare strat ce intră în componență a probei 10, folosind formula:

$$R_i = \frac{h}{b_i \times \lambda_i}, \text{ unde : } h_i - \text{înălțimea stratului [m];}$$

$b_i = 1, 1$ constantă ;

λ_i -conductivitatea termică a fiecărui strat $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{hm}^0\text{C}} \right]$;

TABEL CENTRALIZATOR

Nr. crt.	Nr.tip epruv	PROBA	λ (Kcal/mh°C)	λ_{med} (Kcal/mh°C)	R (m ² h°C/Kcal)	R _{med} (m ² h°C/Kcal)
1	1	1a	0.035	0.035	1.196	1.195
2		1b	0.035		1.195	
3	2	2a	0.040	0.041	0.711	0.632
4		2b	0.042		0.552	
5	3	3a	0.039	0.040	0.583	0.516
6		3b	0.041		0.450	
7	4	4a	0.037	0.038	0.597	0.525
8		4b	0.040		0.454	
9	5	BCA	0.137	0.146	0.338	0.322
10		BCA	0.155		0.306	
11	6	5a	0.097	0.096	0.515	0.515
12		5b	0.096		0.516	
13	7	6a	0.073	0.066	0.679	0.748
14		6b	0.068		0.721	
15		6c	0.058		0.846	
16	8	7a	0.090	0.081	0.573	0.626
17		7b	0.080		0.625	
18		7c	0.074		0.679	
19	9	8a	0.080	0.085	0.614	0.584
20		8b	0.093		0.543	
21		8c	0.084		0.595	
22	10	9a	0.099	0.103	0.484	0.465
23		9b	0.098		0.487	
24		9c	0.114		0.425	
25	11	10 cutie	0.169	0.153	1.053	1.061 *
26		10'cutie	0.137		1.069	
27	12	11a	0.106	0.101	0.457	0.484
28		11b	0.097		0.501	
29		11c	0.100		0.493	
30	13	12a	0.119	0.102	0.428	0.506
31		12b	0.094		0.546	
32		12 c	0.093		0.543	
33	14	13a	0.090	0.097	0.576	0.533
34		13b	0.094		0.549	
35		13c	0.107		0.475	
36	15	14a	0.075	0.078	0.636	0.619
37		14b	0.075		0.639	
38		14c	0.084		0.582	

Tabel VII.3.3.

Nr. crt.	Nr. tip epruv	PROBA	λ (Kcal/mh°C)	λ_{med} (Kcal/mh°C)	R (m ² h°C/Kcal)	R_{med} (m ² h°C/Kcal)
39	16	15a	0.081	0.074	0.598	0.659
40		15b	0.067		0.732	
41		15c	0.075		0.648	
42	17	16 placa beton	0.291	0.291	0.048	0.048
43	18	17a	0.119	0.116	0.420	0.430
44		17b	0.122		0.404	
45		17c	0.107		0.467	
46	19	18a	0.119	0.111	0.414	0.443
47		18b	0.104		0.472	
48		18c	0.111		0.444	
49	20	19a	0.079	0.080	0.661	0.650
50		19b	0.074		0.703	
51		19c	0.088		0.4586	
52	21	20a	0.114	0.113	0.456	0.455
53		20b	0.105		0.491	
54		20c	0.122		0.419	
55	22	21a	0.158	0.143	0.319	0.353
56		21b	0.143		0.353	
57		21c	0.129		0.389	
58	23	22a	0.126	0.125	0.398	0.409
59		22b	0.129		0.391	
60		22c	0.121		0.439	
61	24	23a	0.168	0.141	0.303	0.369
62		23b	0.136		0.388	
63		23c	0.127		0.416	

* Valorile sunt calculate ținând cont de fiecare strat ce intră în componența probei 10, folosind formula:

$$R_i = \frac{h_i}{b_i \times \lambda_i}, \quad \text{unde : } h_i - \text{înălțimea stratului [m];}$$

$b_i = 1,1$ constantă ;

λ_i - conductivitatea termică a fiecărui strat $\left[\frac{kcal}{hm^{\circ}C} \right]$;

Tabelul VII.3.3.6

Nr.crt.	Denumire material	γ kg/m ³	λ kcal/hm ⁰ C
1	Zidărie din cărămidă plină	1800	0,80
2	Zidărie din cărămidă cu găuri verticale	1350	0,58
3	Beton ușor din zgură expandată	1600	0,58
4	Beton armat	2500	1,74
5	Panou tristrat termoizolant cu BCA		0,465
6	Plăci BCA	750	0,270
7	Zidărie BCA	750	0,370
8	Plăci semirigide din vată minerală	250	0,080