

TEZA DE DOCTORAT

«STUDII TEORETICE ȘI TEHNICO-ECONOMICE ALE PLANȘELOR
CLADIRILOR ÎNALTE, REALIZATE ÎN SOLUȚIE MIXTĂ »

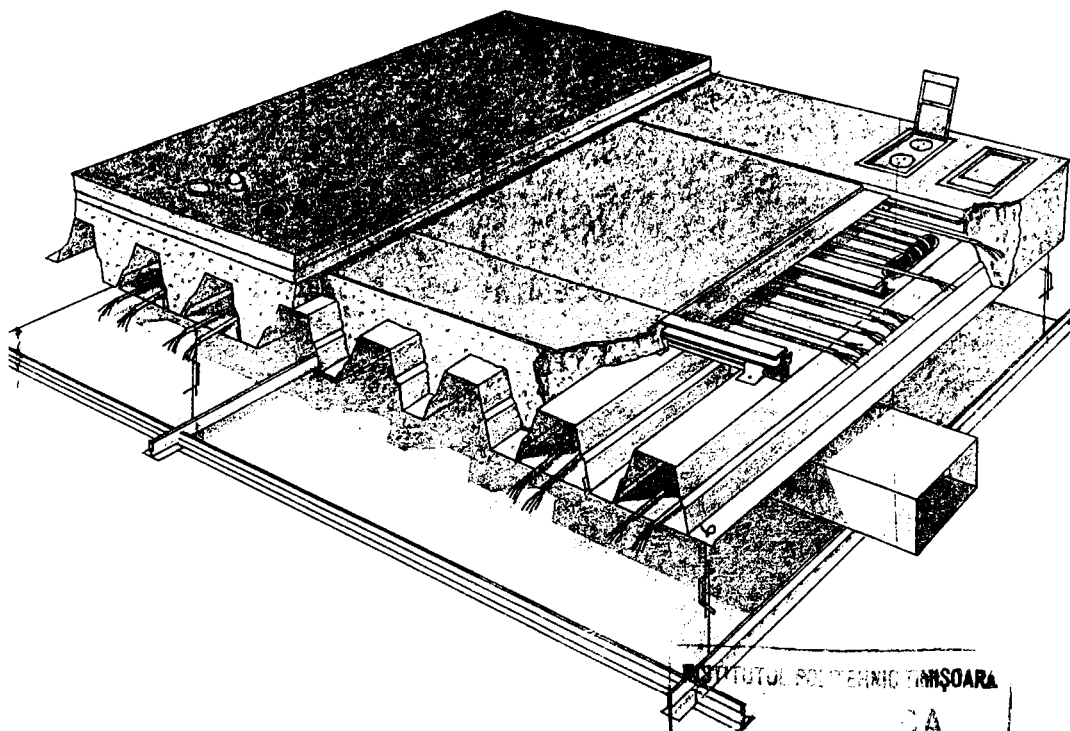
autor, inginer JAMAL AL MEHSEN

CODUCATOR ȘTIINȚIFIC:
Academician prof.em. ing.DAN MATEESCU

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA «POLITEHNICA»
TIMIȘOARA



00111568



INSTITUTUL POLITEHNIC TIMIȘOARA

DA
Volumul 573/134
Pagina 361 G

TIMIȘOARA - 1989

C U P R I N S

Cap. I. STUDII ASUPRA SOLUTIILOR DE ALCATUIRE CONSTRUCTIVA A PLANSEELOR CLADIRILOR INALTE	1
I.1. Generalități. Criterii de proiectare	1
I.2. Tipuri de planșee aplicate la clădiri înalte...	8
I.2.1. Planșee din beton armat	9
I.2.2. Planșee metalice aplicate la clădiri înalte	14
I.2.2.1. Planșee executate din tablă subțire	15
I.2.2.2. Planșee executate din profile metalice laminate.....	18
I.2.2.3. Planșee metalice din profile de tablă cutată	19
I.2.3. Planșee compuse	23
I.3. Concluzii	29
Cap. II. CALCULUL PLANSEELOR COMPUSE OTEL - BETON	31
II.1. Introducere. Norme de calcul	31
II.2. Principii fundamentale de calcul	33
II.2.1. Verificări la starea limită a capacității portante	33
II.2.2. Starea limită de stabilitate a formei sau a poziției	34
II.2.3. Starea limită de oboseală.....	34
II.2.4. Starea limită de deformații specifice critice	34
II.2.5. Starea limită de deformații (săgeți)...	34
II.3. Materiale	35
II.3.1. Betonul	35
II.3.2. Oțelul	36
II.4. Acțiuni	37
II.5. Deformații specifice în diferite stadii de solicitare a secțiunii compuse.....	38
II.6. Determinarea eforturilor unitare în grinzile compuse oțel - beton în domeniul elastic	39
II.7. Calculul elementelor compuse oțel-beton la starea limită de rezistență	41
II.7.1. Generalități	41
II.7.2. Calculul plăcilor compuse în domeniul elastic	42
II.7.2.1. Calculul la moment pozitiv	42
II.7.2.2. Calculul la moment negativ.....	42

	Pag.
II.7.3. Calculul plăcilor compuse în domeniul elasto - plastic	49
II.7.3.1. Calculul plăcilor solicitate la moment pozitiv.....	49
II.7.3.2. Calculul plăcilor solicitate la moment negativ
II.7.4. Calculul plăcilor compuse în domeniul plastic	62
II.7.4.1. Placa solicitată la moment pozitiv	62
II.7.4.2. Placa solicitată la moment negativ	64
II.8. Calculul grinzilor	65
II.8.1. Secțiunea transversală de calcul	66
II.8.2. Lățimea de calcul a plăcii de beton armat...	66
II.8.3. Secțiunea transversală de calcul în domeniul elastic	68
II.8.4. Secțiunea transversală de calcul în domeniul elasto - plastic	69
II.8.5. Calculul în domeniul elastic (Determinarea eforturilor unitare	69
II.8.5.1. Grinzi compuse de tipul I	70
II.8.5.2. Grinzi compuse de tipul II	71
II.8.5.3. Grinzi compuse de tipul III	71
II.8.6. Calculul în domeniul elasto-plastic al grinzilor compuse oțel-beton	72
II.8.6.1. Principii de calcul	73
II.8.6.2. Grinzi compuse de tip III.....	73
II.8.7. Calculul grinzilor compuse oțel-beton în domeniul plastic	75
II.9. Efectul deformațiilor reologice ale betonului asupra stării de tensiuni în secțiunile compuse oțel-beton	79
II.9.1. Grinzi compuse cu placă din beton precomprimat	79
II.9.2. Grinzi compuse cu placă din beton simplu....	82
II.9.3. Cazul particular al neglijării rigidității la încovoieră al plăcii din beton	83
II.9.4. Prevederi ale normelor românești de calcul..	83
II.10. Elemente de legătură	84
II.10.1. Rolul elementelor de legătură. Clasificare...	84
II.10.2. Stări limită ale elementelor de legătură....	85
II.10.3. Calculul forței de alunecare	86
II.10.3.1. Starea limită de rezistență.....	86
II.10.3.2. Starea limită de oboseală	86
II.10.3.3. Starea limită de exploatare	87

II.10.4.	Capacitatea portantă a elementelor de legătură la starea limită de rezistența	87
II.10.4.1.	- Elemente de legătură clasice.....	87
II.10.5.	Calculul elementelor de legătură la starea limită de exploatare	91
II.10.6.	Calculul elementelor de legătură la starea limită de oboseală.....	91
II.10.7.	Calculul numărului de elemente de legătură	92
Cap. III.	COMPARATII TEHNICO-ECONOMICE A PLANSEELOR CLADIRILOR INALTE	93
III.1.	Prezentare	93
III.1.1.	Planșee din beton armat și beton precomprimat	94
III.1.2.	Planșee metalice	97
III.1.3.	Planșee compuse	97
III.2.	Concluziile comparației între tipurile de planșee	
III.2.1.	Trama 7,2 x 7,2 m - încărcare utilă $p_n = 200 \text{ daN/m}^2$	97
III.2.2.	Trama 7,2 x 7,2 m - încărcare utilă $p_n = 500 \text{ daN/m}^2$	111
III.2.3.	Trama 6 x 6 m - încărcare utilă $p_n = 200 \text{ daN/m}^2$	111
III.2.4.	Trama 6 x 6 m - încărcare utilă $p_n = 500 \text{ daN/m}^2$	114
III.2.5.	Trama 5,4 x 5,4 - încărcare utilă $p_n = 200 \text{ daN/m}^2$	116
III.2.6.	Trama 5,4 x 5,4 - încărcare utilă $p_n = 500 \text{ daN/m}^2$	119
III.2.7.	Trama 4,2 x 4,2 m - încărcare utilă $p_n = 200 \text{ daN/m}^2$	119
III.2.8.	Trama 4,2 x 4,2 - încărcare utilă $p_n = 500 \text{ daN/m}^2$	122
III.2.9.	Trama 3,6 x 3,6 m - încărcare utilă $p_n = 200 \text{ daN/m}^2$	124
III.2.10.	Trama 3,6 x 3,6 m - încărcare utilă $p_n = 500 \text{ daN/m}^2$	126
III.3.	Concluzii	128
Cap. IV.	ANALIZA SI OPTIMIZARE LA PLANSEE COMPUSE	130
IV.1.	Prezentare	130
IV.2.	Analize și optimizări asupra soluțiilor și variantelor studiate	134
IV.2.1.	Analiză comparativă între soluțiile de planșee compuse cu și fără tablă cutată ...	134

IV.2.2. Analiza și optimizarea plănșeelor compuse cu tablă cutată în concluzare cu beton ușor BG 400	137
IV.2.2.1. Trama constructivă 7,2 x 7,2 m	137
IV.2.2.2. Trama constructivă 6 x 6 m	139
IV.2.2.3. Trama constructivă 5,4 x 5,4 m	141
IV.2.2.4. Trama constructivă 4,2 x 4,2 m	142
IV.2.2.5. Trama constructivă 3,6 x 3,6 m	145
CAP.V. CONCLUZII SI RECOMANDARI	148
V.1. Concluzii	148
V.2. Recomandări de proiectare pentru plănșee compuse ...	152
V.3. Contribuții originale	153
BIBLIOGRAFIE	155

CAPITOLUL I

STUDII ASUPRA SOLUTIILOR DE ALCATUIRE CONSTRUCTIVA A PLANSEELOR CLADIRILOR MULTIETAJATE

I.1. Generalități. Criterii de proiectare

În cadrul realizării funcționale, judicioase și a mecanismului portant al clădirilor multietajate (locuințe, birouri, spitale, școli, imobile social culturale, etc) construcției și alcătuirii planșeului îi revine o importanță funcțional esențială. Planșeul nu este numai un element de închidere a încăperilor, ci este un element principal care face parte din sistemul funcțional al ansamblului în care trebuie să îndeplinească anumite cerințe de ordin tehnico-funcțional.

Putem aminti că importanța economică a unui planșeu nu este reflectată numai de costul de fabricație care reprezintă de obicei o mare parte din costul brut al ansamblului, ci în mare măsură de costul ce reflectă satisfacerea cerințelor funcționale pe care trebuie să le îndeplinească planșeul propriuzis.

Dintre principalele cerințe, pe care trebuie să le îndeplinească planșeul și care se consideră un criteriu de proiectare, enumerăm :

1. Rigiditatea suficientă și deformații admisibile (sub acțiunea încărcărilor de scurtă și de lungă durată).

În funcție de sistemul constructiv adoptat (cadre + diafragme, nuclee centrale, sisteme tubulare și sisteme hiperstatice).

Rigiditatea unui planșeu în planul său depinde de : rigiditatea elementelor pe care reazemă planșeul respectiv, dimensiunile în plan ale clădirii, materialul din care este realizat, grosimea planșeului și rigiditatea fiecărui element vertical structural cu care conlucrează și a căror deformații împiedicate pot conduce la modificarea stadiului de lucru din elastic în plastic, și la apariția unor momente de torsiune în planul planșeului.

Unul dintre avantajele planșeelor realizate din beton armat, este rigiditatea lor care are rolul de diminuare a săgeților sub efectul sarcinilor statice și vibrațiile datorate solicitărilor dinamice. Deci putem să spunem că un planșeu din beton armat nu este sediul vibrațiilor decât în cazuri excepționale. În cazul acestora trebuie luată în considerare următorii factori importanți : [178]

a. efectul de contracție - dilatare, care delimitează grosimea planșeului din cauza săgețiilor create în timp.

b. săgeata care delimitează deschiderea fisurilor pe termen scurt și lung.

c. repartizarea forțelor laterale orizontale la elementele structurale verticale (efectul de șaibă rigidă).

La planșeele compuse (tablă cutată + beton), cercetările actuale se îndreaptă spre :

- adoptarea unor profile de tablă cutată îndoită la rece, din condiții de ordin economic corelate cu utilizarea la maxim a capacității portante și a îndeplinirii condițiilor de deformare [156]; [167]; [168]; [169]; [105]

- studiul aprofundat al deformațiilor sub sarcini statice și dinamice, inclusiv asupra elementelor de asamblare și legătură [174] [169] ; [132]; [113]; [105]; [139]; [128]; [15]

- cercetări extinse asupra modului de conlucrare între profilele metalice și beton și asupra metodelor și materialelor de asigurare și îmbunătățirea conlucrării. [3]; [4]; [9]; [20]; [27]; [33]; [34]; [39]; [64]; [65]; [71].

. Incercările și determinările efectuate relevă o comportare foarte bună a planșeelor compuse și un nivel de asigurare a rigidității, superior față de planșeele metalice sau din beton armat, fiindu-le caracteristic posibilitatea tehnologică de sporire a rigidității prin introducerea eforturilor inițiale.

. Normele [65]; [6]; [20]; recomandă rapoarte optime între deschiderea maximă și grosimea secțiunii compuse. Similar, se dau prevederi minime pentru plăci din beton armat.

Exemplu : la grinda simplu rezemată = 22, la grinda continuă, 27÷32.

2. Rezistența și flexibilitatea

. Studii parametrice recente și cercetările asupra comportării nelineare a elementelor structurale, în domeniul elastic și neelastic relevă influența flexibilității planșeelor în planul lor asupra răspunsurilor structurilor [107]; [113]; [129]; [136]

. Rezistența și flexibilitatea unui planșeu pot fi obținute printr-o proiectare corectă și printr-o deosebită atenție pentru detaliile de rezemare și îmbinare, în scopul evitării efectelor secundare provenite din forțele suplimentare, din torsiunea provenită din încărcare sau dintr-o comportare elastică sau dinamică.

3. Comportarea la foc

În mod normal planșeele din beton armat [178]; [165] au o bună rezistență proprie la foc, ceea ce face inutilă utilizarea materialelor rezistente la foc, în afara cazurilor când construcția are o destinație specială, comparativ cu cele metalice la care este firesc să lipsească aceste materiale care joacă rolul de protecție împotriva incendiilor, sau la realizarea planșeului din materiale cu o rezistență mare la foc (de 3/4 ore la gradul III) [177]; [175]; [139];

Bazat pe studiul și pe testul practic asupra construcțiilor compuse [P EOUE] - pe baza prevederilor din DIN 4102, de a se asigura minim 180 de minute rezistența (Fier Rezistența periods) - a urmărit pe o structură compusă avînd planșee de tabla cutată în conlucrare cu beton, comportarea la foc a tuturor elementelor, Pentru planșeele compuse din tabla cutată în conlucrare cu betonul s-a dovedit o comportare bună la temperaturi maxim de 700 °C. S-au constatat fisuri fine la partea superioară a plăcii de beton, deteriorarea specifică prin burdușirea tablei cutate precum și despinderi ale betonului. Aceste defecțiuni, în cazul deformațiilor mari ale tablei, trebuie avute în vedere la adaptarea măsurilor de protecție împotriva incendiilor și la aprecierea nivelului de solicitare a elementelor structurii.

În timpul testului, s-au măsurat valori ale eforturilor cu peste 20 % mai mari decît cele calculate, lucru ce conduce , în cazul măsurilor de reparații și remedieri, la costuri importante privind asigurarea structurii.

În conformitate cu normele [174]; [166 ÷ 169]; [177] și cercetările și încercările din laboratoarele din SUA - grosimea minimă a plăcii de beton ușor de granulat este mai mică decît a betonului greu, în cazul unui anumit grad de rezistență la foc.

Acest lucru s-a avut în vedere, în cadrul prezentei lucrări, la studiul privind optimizarea grosimii plăcii din beton ușor în conlucrare cu tabla cutată pentru tramele și variantele analizate [76].

Prescripțiile moderne [suedeze, austriece, americane] acordă o atenție specială alcătuirii materialelor termorezistente și de fonoizolație care se aplică în compoziția pardoselii de uzură și cu rol de protecție la foc a elementului compus. În tabelele I.1. se redau corelațiile dintre grosimea straturilor aplicate, coeficienții de conductivitate termică și temperaturile atinse

profilul metalic, pentru care se asigură grade de rezistență la foc - $t_{min} = 30, 60, 90$ minute.

După prescripțiile suedeze se prevăd măsuri de asigurare la foc pentru elementele de protecție suspendate de structura planșului compus și alcătuite din gips, vermiculit, perlit sau produse din vată minerală, funcție de temperatura măsurată în profilul metalic ($\sigma_s = \text{°C}$) și durata focului [$t = \text{minute}$] deduse pe baza caracteristicilor planșului suspendat $d_i = \text{grosimea [m]}$ și $\lambda_i = \text{coeficient de conductivitate termică [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$.

Tabela I.1.

d_i/λ_i [m ² · °C/W]	t =			
	30 min	60 min	90 min	
0,05	340	460	550	σ _s [°C]
0,10	210	350	410	
0,20	150	220	290	
0,30	110	180	220	

Conform DIN 4102 - Part - 4 - pentru planșee metalice - o grosime de 5 cm de beton a plăcii este suficientă pentru protecția armăturii și pentru o rezistență la foc de 30 de minute, cu condiția ca acoperirea minimă a armăturii să fie de 1,2 cm. (tabela I,2 fig.1.1).

Tabela I.2.

		d [mm]	u [mm]
• Grad rezistență la foc pentru l cmp plăcă	F ₃₀	60	12
	F ₉₀	100	35
• Planșee continue	F ₉₀	100	+2 mm - este 20 % din armătură

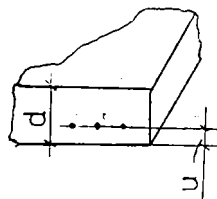


Fig.1.1.

4. Efectul de diafragmă (șabă) [85]; [86]; [93]

Efectul de diafragmă apare într-un sistem de planșeu în care forțele transversale sînt transmise la scheletul vertical și/sau la pereții miezului clădirii, pereții rigizi opunîndu-se la forțele transversale și la solicitările de torsiune.

În mod general, acest efect nu este determinat în cazul planșelor...

proiectantul trebuie să aibă în vedere acest efect, la sudură, și la dimensionarea elementelor de îmbinare, în scopul preluării eforturilor de lunecare.

La planșeele compuse din tabla cutată în conlucrare cu betonul, sistemul de planșeu trebuie să asigure transmiterea forțelor laterale la elementele structurale (de contur și verticale), comportarea sa fiind analogă cu a unei grinzi cu zăbrele care preia forțele tăietoare prin elementele de legătură și le transmite elementelor de contur. Principalele aspecte referitoare la realizarea efectului de șaibă sînt:

1. forța tăietoare este o funcție liniară cu grosimea panoului de planșeu.

2. nu este definit un raport dintre rigiditatea la tăiere și grosimea materialelor componente.

3. forța tăietoare pe unitate de grosime a diafragmei este relativ independentă de lungimea panoului de planșeu.

4. rigiditatea la tăiere (pe lângă alți factori) este dependentă de lungimea panoului și de tipul elementului de legătură.

5. în general configurația tramei constructive și asigurarea la tăiere a panourilor de contur a planșeului are influența asupra performanței diafragmei (șabei).

Bazat pe cercetările efectuate de BEN KATO asupra conlucrării planșeelor compuse fără nervuri intermediare în conlucrare cu stîlpii structurilor și grinzilor de contur s-a studiat și s-a analizat în cadrul tezei, varianta III (vezi capitolul III și IV).

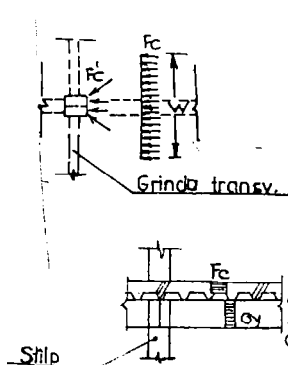


Fig. 1.3. ECHILIBRUL EFORTURILOR
IN PLANSEU

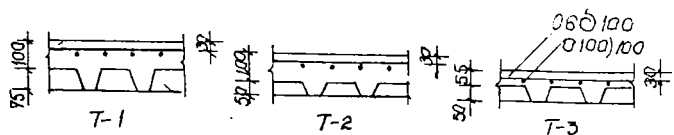


Fig. 1.2. DETALII ALE PLANSEULUI

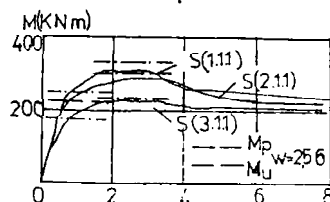


Fig. 1.4 INFLUENȚA GROSİMII PLĂCII

În lucrarea de față s-a studiat și s-a optimizat acest tip de alcătuire (III), deoarece asigură o bună comportare sub acțiunea sarcinilor orizontale [65] - statice și dinamice.

În figurile 1,2 , 1.3 și 1.4. sînt identificate caracteristicile și detaliile plăcilor compuse încercate de BEN-KATO . US/JAPAN.[65]

Tabela 1.3.

Tip	Rezultatele încercării			Prevederi			
				Calculate		Specificații după AIJ , AISC	
	M_y kN.m	M_m kN.m	θ_m rad $\times 10^2$	M_p kN.m	M_u kN.m	M_p kN, m	M_u kN, m
T ₃	189	223	3.02	180	236	205 206	282 285
T ₂	234	294	3.18	228	304	243 244	339 340
T ₁	252	314	2.96	250	333	265 266	370 372

Prin această încercare efectuată la sarcini seismice (Tabela 1.3.) au fost confirmate și lățimile de conlucrare ale plăcii de beton cu profilul metalic conform :

$$AIJ : (b_E = b_{profil} + 0,2.L)$$

$$AISC : b_{E_A} = 0,25 L$$

unde : L este deschiderea grinzii

b_{profil} este lățimea tălpii superioare a profilului laminat.

5. Rezistența la variațiile de temperatură și la tasare

În urma deplasărilor și deformațiilor din variațiile de temperatură, devin importante momentele de flexiune (îndoire) în special la betoanele care se află la suprafață într-o construcție și trebuie luate în considerare de către proiectant.

În cazul tasărilor diferențiate sau a terenurilor accidentate, luîndu-se în considerare și interacțiunea (structura, fundația, teren), eforturile suplimentare provenite din infrastructură și care revin elementelor structurale implică măsuri și la legăturile planșeului.

6. Izolare termică și fonică. [126]; [118]; [15].

Cerințele de izolare termică și fonică se consideră una

dintre cerințele cele mai importante, pentru care se recurge în practică la dispunerea unor combinații de materiale elastice pe suport rigid prinse de scheletul de alcătuire al planșeului.

În principal se utilizează vata minerală, polistiren, plăci din gips, asociate cu perlit sau cu particule aglomerate din deșeuri de lemn. În condițiile arhitectonice speciale, sistemul de termo-fono - izolație se combină cu dispozitive de suspendare și sprijinirea rețelelor de ventilație, iluminat, încălzit, echipamente de cercetare a focului, care constituie o parte vitală a planșeului și pentru întreținerea sistemului de mascare a instalațiilor compuse cu sistemul de termo-fonoizolare. Se realizează panouri demontabile sau dispozitive atașate demontabile care asigură intervenția operativă și siguranța în exploatare.

Alegerea stratului de uzură, precum și întregul sistem de acoperire trebuie să asigure o protecție la zgomot între 10 ± 20 dB. Materialele pe bază de textile sau polimeri dispuse în câmp continuu asigură o reducere a zgomotului cu 18 ± 31 dB.

Normativele de proiectare prevăd pentru izolarea termică la planșeele clădirilor înalte o rezistență termică echivalentă cu cel puțin aceea a peretelui exterior, mai ales pentru ultimul planșeu.

7. Înălțimea constructivă a planșeului cât mai mică.

Înălțimea planșeului este o înălțime variabilă funcție de modul de alcătuire a planșeului și funcție de destinația clădirii [1]; [76]; [77].

Se recomandă ca planșeul să aibă o înălțime constructivă cât mai mică, pentru reducerea înălțimii moarte și în consecință înălțimea construcției.

De exemplu, în locuințe și birouri, construcția planșeului în plăci plane prezintă un interes economic în sensul că dedesubtul dalei poate înlocui plafonul, ceea ce duce la reducerea înălțimii.

8. Greutatea totală minimă

Greutatea totală a planșeului reprezintă ^{sup} cea mai importantă cerință pe care trebuie să o îndeplinească un planșeu de clădire înaltă [19]; [178]; [161]; [162]; [163]; [164].

Pentru a reduce la minim încărăcările transmise sau cele suportate de scheletul vertical sau fundație, se prevede alcătuirea scheletului de rezistență și a celorlalte materiale

care intră în alcătuirea planșeului din elemente foarte ușoare cu rezistență sporită la uzură, îmbinate simplu (de exemplu cele realizate din tablă cutată sau compuse.

9. Preț de cost minim [31]; [178]; [35]; [40]; [41]; [55] .

Prețul de cost al unui planșeu raportat la aceeași indici de confort și ținând seama de cheltuielile de întreținere, trebuie să fie cât mai redus.

Pe de altă parte, un planșeu cu un preț de cost inițial ridicat poate deveni economic dacă are o greutate redusă, reducând solicitările transmise scheletului vertical și pe urmă costul acestui schelet și a fundațiilor, astfel încât prețul în ansamblu poate fi redus.

10. Alcătuirea simplă și executarea rapidă [84; 92; 94; 103] .

În scopul împlinirii acestei cerințe, în practică se recurge la industrializarea și prefabricarea ansamblelor și subansamblelor de planșee, urmărind reducerea la minim a operațiilor de îmbinare prin monolitizare precum și a montajelor elementelor de mascare și protecție.

Ca o îmbinare a tuturor acestor cerințe - funcționale - economice - durabilitate - rezistență - siguranță și realizarea economică cu preț de cost cât mai redus - pe plan mondial se constată, la clădirile multietajate, aplicarea soluțiilor de planșee compuse utilizându-se profile din tablă cutată în asociere cu betoanele ușoare sau alcătuirii de tip sandwich folosind atât oțelul cât și betonul armat sau precomprimat.

Dorința de realizare simultană a tuturor cerințelor, conduce în cele mai multe cazuri la o contradicție între efectele economice, cerințele estetice - funcționale și utilizarea judicioasă a metalului și betonului, ca de exemplu în cazul în care se urmărește realizarea unei greutăți proprii cât mai reduse a construcției planșeului:

1.2. TIPURI DE PLANȘEE APLICATE LA CLĂDIRI ÎNALTE

Sistemele de planșee aplicate la clădiri înalte pot fi clasificate în următoarele categorii :

1. a) planșee din beton armat monolit
- b) planșee din beton armat prefabricat simplu compus
2. planșee metalice

I.2.1. PLANŞEE DIN BETON ARMAT

Planşeele din beton armat, beton prefabricat s-au aplicat și se aplică pe o scară foarte largă, datorită avantajelor tehnico-economice pe care le prezintă asemenea categorii de planșee și anume : rigiditate sporită, durabilitate, rezistență la foc și la acțiuni agresive pe lângă realizările unor foarte bune condiții igienice de exploatare și un grad ridicat de industrializare.

În schimb, aceste planșee nu sînt bune izolatoare termice și fonice, motiv care determină luarea unor măsuri suplimentare determinate de condițiile de exploatare specifice fiecărui tip de planșeu.

Planșeul din beton armat se consideră ca o diafragmă orizontală pentru un unghi de înclinare $\alpha = 6^\circ$ sau $\operatorname{tg}\alpha = 1/10$, unde α este unghiul de înclinare a planșeului.

Aceste diafragme au rolul de șaibă în ansamblul clădirii care servește la preluarea solicitărilor orizontale și distribuirea lor scheletului vertical [5; 9; 10; 45; 46; 57; 61; 81; 82; 90; 102; 119] .

Ținînd seama de aceste avantaje, planșeele din beton armat au căpătat o mare răspîndire și putem să le împărțim în două categorii :

a) planșee din beton armat cu schelet bidirecțional (plăci plate, dale plate și dale alveolare.).

b) planșee cu schelet unidirecțional : dale pline, grinzi aparente care se sprijină pe grinzi principale sau pereți portanți.

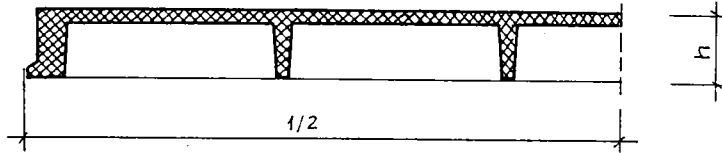
Planșeele din beton armat, din punct de vedere constructiv pot fi clasificate astfel :

- cu construcția planșeului integral monolită
- cu elemente prefabricate cu un strat de monolitizare turnat la fața locului
- cu elemente constitutive prefabricate liniare (fișii cu goluri, elemente precomprimate, etc).
- cu elemente integral prefabricate

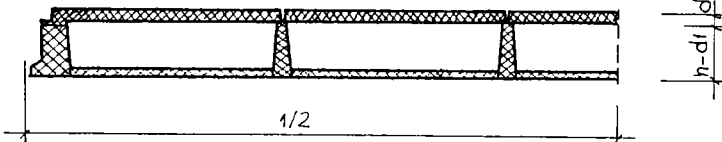
Dintre cele mai utilizate tipuri de planșee enumerăm : dale din beton armat, panouri, semipanouri, fișii cu goluri, chesoane, care au devenit tradiționale (vezi literatura de specialitate)

Se exemplifică în continuare cele mai frecvente tipuri de planșee : planșee tip dală nervurate realizate în regim de rețea de grinzi cu rezemare în patru laturi sau în patru colțuri (monolite, prefabricate, beton armat, beton prefabricat, beton precomprimat). Se menționează că planșeele din beton armat monolit se realizează cu clase de betoane BC 15 ÷ BC 25 pentru procente de

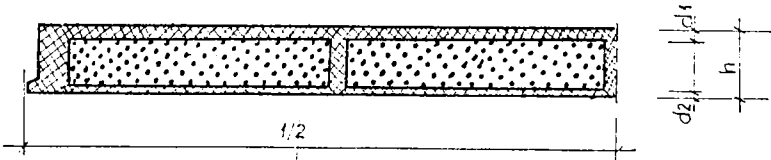
a) Soluție cu placă superioară și tavan fals



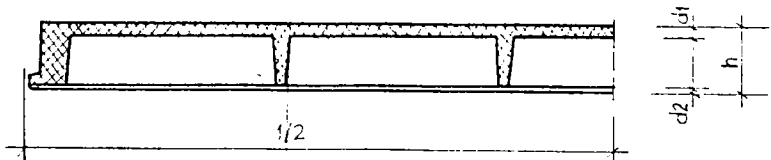
b) Soluție cu placă inferioară și placă suport pardoseală pref.



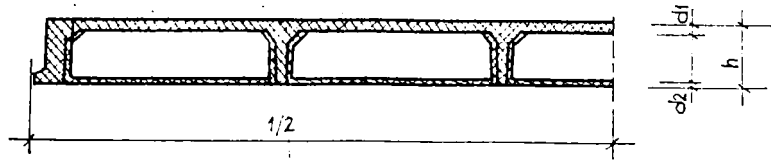
c) Soluție cu placă superioară + șopă armată inferior + poliuretan



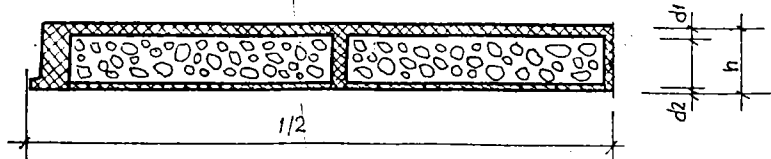
d) Soluție cu placă superioară + tavan pref.



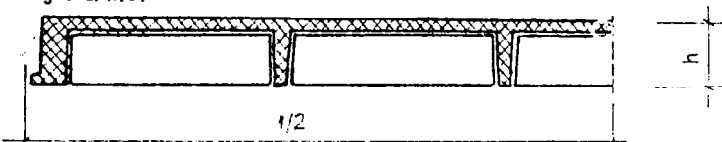
e) Soluție cu cutii de cofraj pierdut din beton nervuri pre-comprimate, placă superioară și inferioară pref. preturnate.



f) Soluție IPT - C.B.A. - placă superioară + B.C.A. ($\gamma < 540 \text{ kg/m}^3$) pe șopă armată.



g) Soluție cu placă superioară pe cofraj din plăci armociment sau geotextile.



armare între 0,3 ÷ 0,6, utilizându-se bare din oțel PC 52 sau plase sudate din STNB (pentru un consum mediu de 5,2 ÷ 8,6 kg/m²).

În ultimul timp se aplică tehnologii de punere în operă a betonului pompat. Ca măsuri de industrializare a lucrărilor de cofraj se recurge la realizarea maselor de cofraj mobile sau în cazul planșelor casetate, la baterii metalice [12; 14 ; 87 ; 82]

Costul ridicat al cofrajelor și durata de imobilizare a acestora în operă, inclusiv susținerile, dispozitivele de ancorare și prelucrarea ulterioară a suprafețelor, face să nu se recurgă la aplicarea planșelor din beton armat monolit.

Planșeele din beton armat prefabricat uzinate se realizează cu mărci superioare de beton BC 20 până la BC 30, utilizându-se oțelul de calitate superioară, aplicarea tratamentului termic a betonului în cofraje speciale, baterii de tratament termic, în scopul scurtării ciclului de punere în operă și a duratei de execuție.

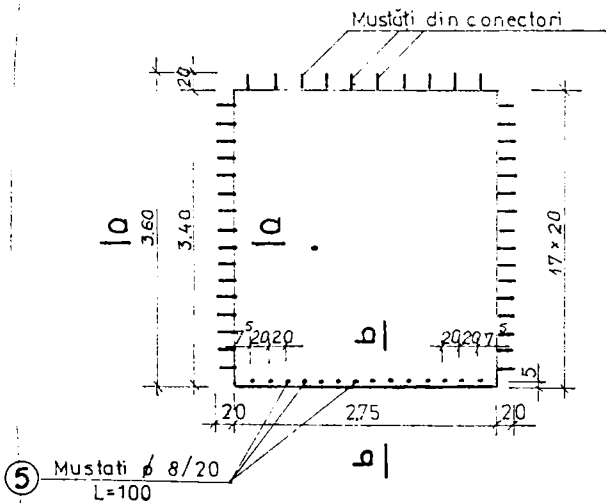


Fig.1.6. Cofraj pedală

Funcție de tehnologia de execuție (cofraje glisante, leftare, nuclee) adaptate pentru structură, în scopul eliminării cofrajelor și susținerilor s-au realizat planșee compuse din pedală cu suprabetonare, planșee casetate, prefabricate și sisteme de elemente prefabricate asamblate prin betonare de monolitizare (fig.1.6; 1.7 ; 1.8)

În cazul în care se urmărește o industrializare totală a lucrărilor de montaj la șantier este posibilă aplicarea unor tehnologii speciale de execuție (liftare, cofraje glisante).

Cele mai utilizate tipuri de planșee prefabricate uzinate, eventual în uzinare monolită, sînt prezentate în fig.1.5.

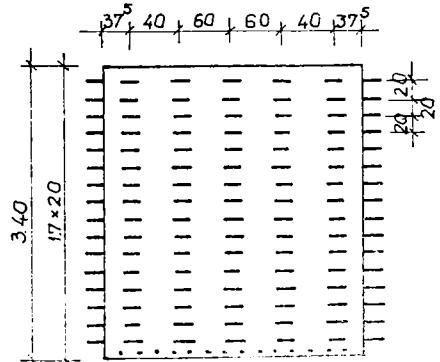


Fig.1.7. Poziționare elementelor

O rezervă importantă pentru betoane, o constituie introducerea unor eforturi și deformări dirijate în elementele liniare sau de suprafață, aplicând procedee de precomprimare pe o direcție sau pe două direcții, cu armătura preintinsă sub formă de bară. Această cerință de realizare se impune la construcții etajate, în special

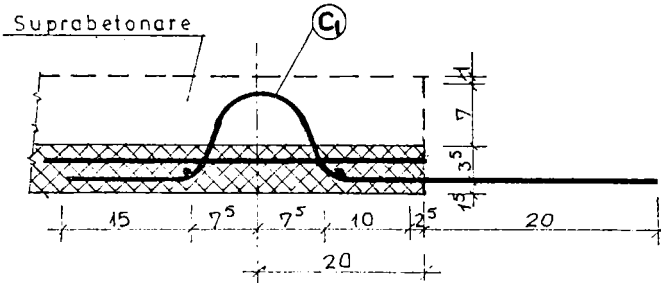


Fig.1.8. Detalii conectori

entru realizarea dalelor rezemate de stîlp; la tipurile de structuri cu trame 3,6 x 3,6 m ÷ 7,2 x 7,2 m, pentru planșeele dală concepute cu sistem pătrat după două direcții, în

care elementul marginal realizează cadrele sistemului de rezistență [37]; [67]; [83]; [84]; [107]; [110]; [134]; [160]; [157]

Astfel, compunerea planșeelor din fig.1.5 este următoarea :

a) rețea de grinzi de beton armat cu placă superioară și tavan fals pentru o grosime medie de 22 - 24 cm; cofrajele din poligon sînt formate din materiale ușoare : azbociment, cutii de carton sau alt material ușor, capabil să susțină betonul plăcii superioare înainte de întărire

b) în cazul cînd se impune, între nervurile sau casetele sistemului, se dispun cutii de beton pe un pat de mortar proaspăt de 3 cm, armat ușor cu o plasă de sîrmă urmărînd ca placa superioară să se dispună cu interspațiu pentru realizarea nervurilor

c) în cazul unor condiții severe de izolare termică și fonică se realizează într-o șapă de beton (2÷3)cm, dispunerea unor materiale de termo și fonoizolare cu margini rigide și se betonează sistemul de nervuri și placa superioară.

Figurile 1.5 d, e, f, g, reprezintă soluții derivate din tipurile menționate mai sus, funcție de tipul de cofraj, de tipul termoizolației și de precomprimarea pe o direcție sau două direcții a rețelei de grinzi, precum și de modul de asamblare a structurii în diversele faze de lucru (transport, montaj cu sau fără precomprimare.

Planșeele din beton armat monolit se pot realiza cu plăci și grinzi funcție de trama constructivă și sistemul constructiv,

Indiferent de conturul de rezemare, urmărindu-se realizarea în principal a efectului de încovoiere (curbă simplă sau dublă) sau asigurarea continuității pentru sporirea rigidității sistemului constructiv, recurgându-se la planșee în nervuri dese, planșee, dală, casetate.

În ultimii ani, odată cu posibilitatea de realizare a betonului pompat, s-au realizat asemenea alcătuirii de planșee, folosind cofraje speciale din mase plastice, azbociment, tablă, dar, datorită manoperei importante, la șantiere s-a trecut la industrializarea lucrărilor și promovarea realizării planșee lor din elemente compuse (grinzi, plăci, elemente de umplură).

Planșeele din elemente prefabricate se realizează cu un spor de industrializare pentru un număr de tipuri cât mai redus de prefabricate cu deschideri și trame de 3÷18 m

Odată cu aplicarea elementelor de suprafață tip cheson, fișii cu goluri sau fără suprabetonare, s-a urmărit și folosirea a

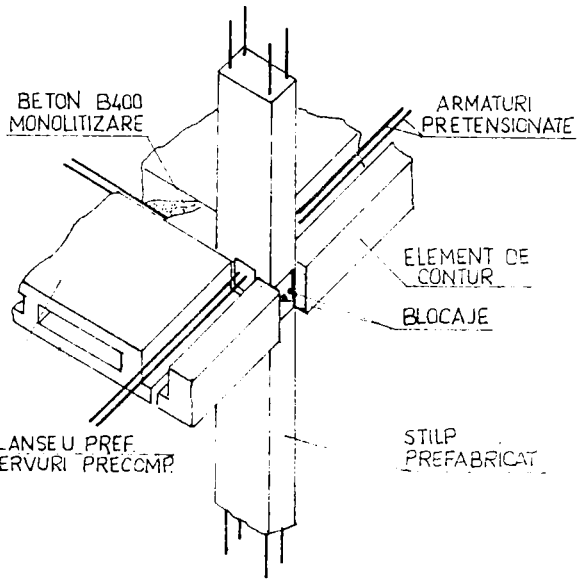


Fig.1.9. Nod stîlp marginal structură I M S

tului adus de pre-comprimarea elementelor liniare din beton armat.

La elementele din planșee alcătuite din panouri prefabricate sau semipanouri prefabricate din beton armat tip dală plină, pentru suprafețele de $10 \div 40 \text{ m}^2$ și încărcarea de $200 \div 500 \text{ daN/m}^2$, s-a urmărit în principal realizarea efectului de continuitatea pe conturul de îmbinare, adoptîndu-se : alveole, dinți , pene de beton.

Planșeele din beton armat și beton precomprimat, la soluțiile I M S pentru tramele $3,6 \times 3,6 \text{ m} \div 7,2 \times 7,2 \text{ m}$, sînt de tip rețea de grinzi în casete ortogonale, avînd înglobate în componență izolația termică și fonică în ochiurile rețelei (tip sandwich) sau în soluția cu placă prefabricată ca suport de pardoseală.

În prezenta lucrare, pentru planșeele de beton armat, și beton armat precomprimat, pentru clădiri multietajate, s-au ana-

lizat și s-au comparat soluțiile specifice sistemului IMS (implementat în RSS sub denumirea de SPAP), avînd în vedere largă aplicabilitate și rezultatele obținute pe plan mondial [160]; [107]; [67].

La acest sistem, avantajul precomprimării structurii refabricate a fost corelat cu utilizarea planșeelor casetate precomprimate, la ora actuală pe plan mondial, fiind efectuate în cercări pe structură și elucidate probleme de analiză a eforturilor în nodurile structurilor și șabla de planșeu (fig.1.9 - 1.13) [65]; [68];

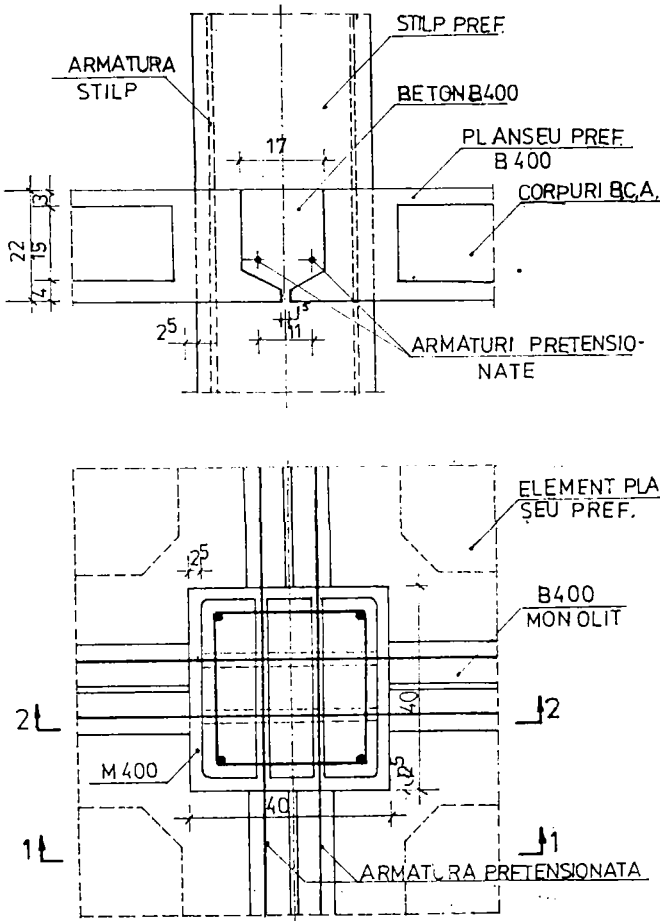


Fig.1.10. Detalii de nod central fără deflectare

[83]; [95]; [97]; [160]; [128].

1.2.2. PLANSEELE METALICE APLICATE LA CLADIRI INALTE

Introducere

În ultimii ani, datorită multiplelor avantaje pe care le prezintă planșeele metalice a apărut în literatura de specialitate și a fost aplicată în practică o mare serie de tipuri de planșee care au ca element de rezistență elemente confecționate (produse laminate)

Avantajele pe care le prezintă această categorie de planșee, în special cele destinate clădirilor înalte cu diferite structuri sînt :

- greutatea proprie redusă
- execuția ușoară și rapidă
- eliminarea cofrajelor și susținuturilor
- rigiditatea sporită în planul lor orizontal
- realizarea unor deschideri mari.

Dezavantajele sînt :

- cost mai ridicat
- necesitatea luării unor măsuri suplimentare pentru protecția la foc
- sub aspect arhitectonic, impun realizarea unor tavane sau zone de mascare a planșeelor din alte materiale costisitoare, corelate și cu cerințele de izolare termică și fonică a planșeului.

Dintre soluțiile de planșee metalice aplicate pînă la ora actuală, ne vom referi la următoarele :

I.2.21 Planșee executate din tablă subțire [63]; [73]; [74]

Aceste tipuri de planșee se realizează din tablă subțire cu grinzimi de (0,75 ÷ 1,5) mm.

Tabla respectivă are rolul de cofraj și de rezistență, forma acestei table, alegîndu-se astfel încît să îndeplinească cerințele funcționale amintite anterior.

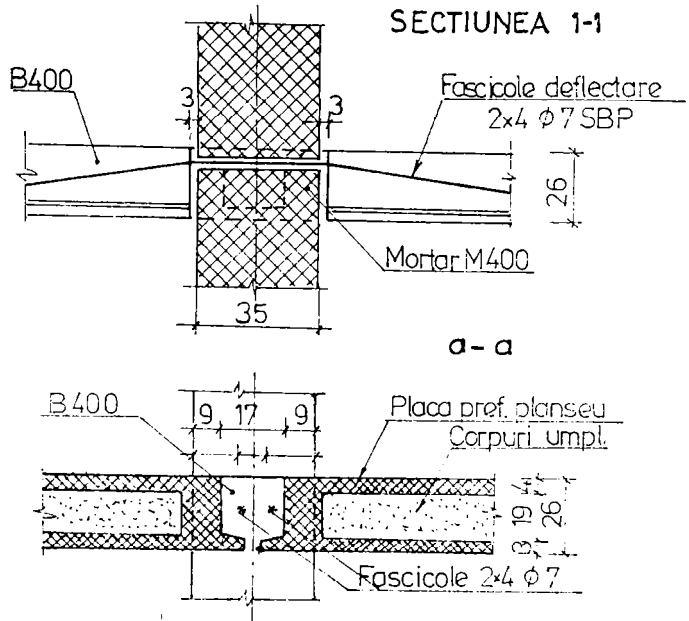


Fig.1.11. Detalii de precomprimare; nod intermediar cu deflectare

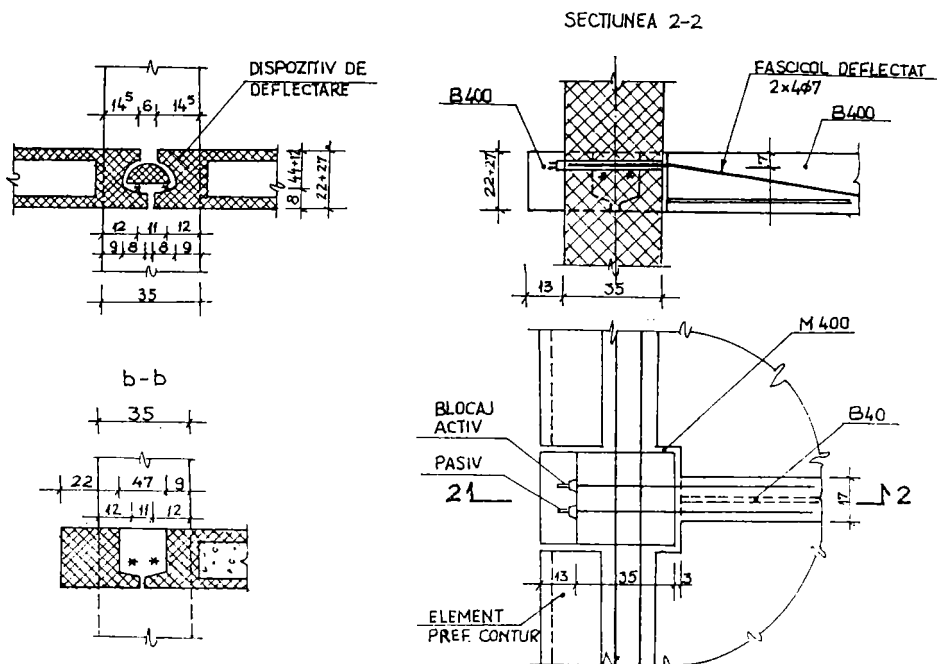


Fig.1.12. Detalii de precomprimare ; nod marginal cu deflectare

a) planșeu tip Ω (fig.1.14). Acest planșeu se confecționează din tablă de 1 mm grosime, cu înălțimea de 100 - 200 mm și o lățime de 400 mm pentru mărirea rigidității, deasupra căreia se toarnă un strat de beton care are rolul de protecție și de suport de pardoseală. Planșeul are o greutate de $(175 \pm 245 \text{ kg/m}^2)$ și în afară de pardoseala și plafonul de mascare, este capabil să preia o sarcină de $(175 \pm 200) \text{ daN/m}^2$.

b) planșee tip Z. Se realizează din elemente confecționate din tablă sub formă de Z cu grosimea de 1,5 mm, montându-se direct pe riglele cadrului fără susțineri peste care se așează un strat de carton asfaltat între două straturi de bitum, în urma căruia se toarnă un strat de beton armat, cu plasă de sîrmă cu ochiuri de 40 mm și grosimea de 2 cm.

Elementele se sudează între ele din loc în loc pentru asigurarea monolitizării. Acest tip de planșeu se pretează la o deschidere de 3-4 m, cu o greutate de 175 kg/m^2 , se bucură de o execuție ușoară și rapidă și asigură o izolare termofonică bună, permițîndu-se introducerea instalațiilor dintr-o profilă de tablă.

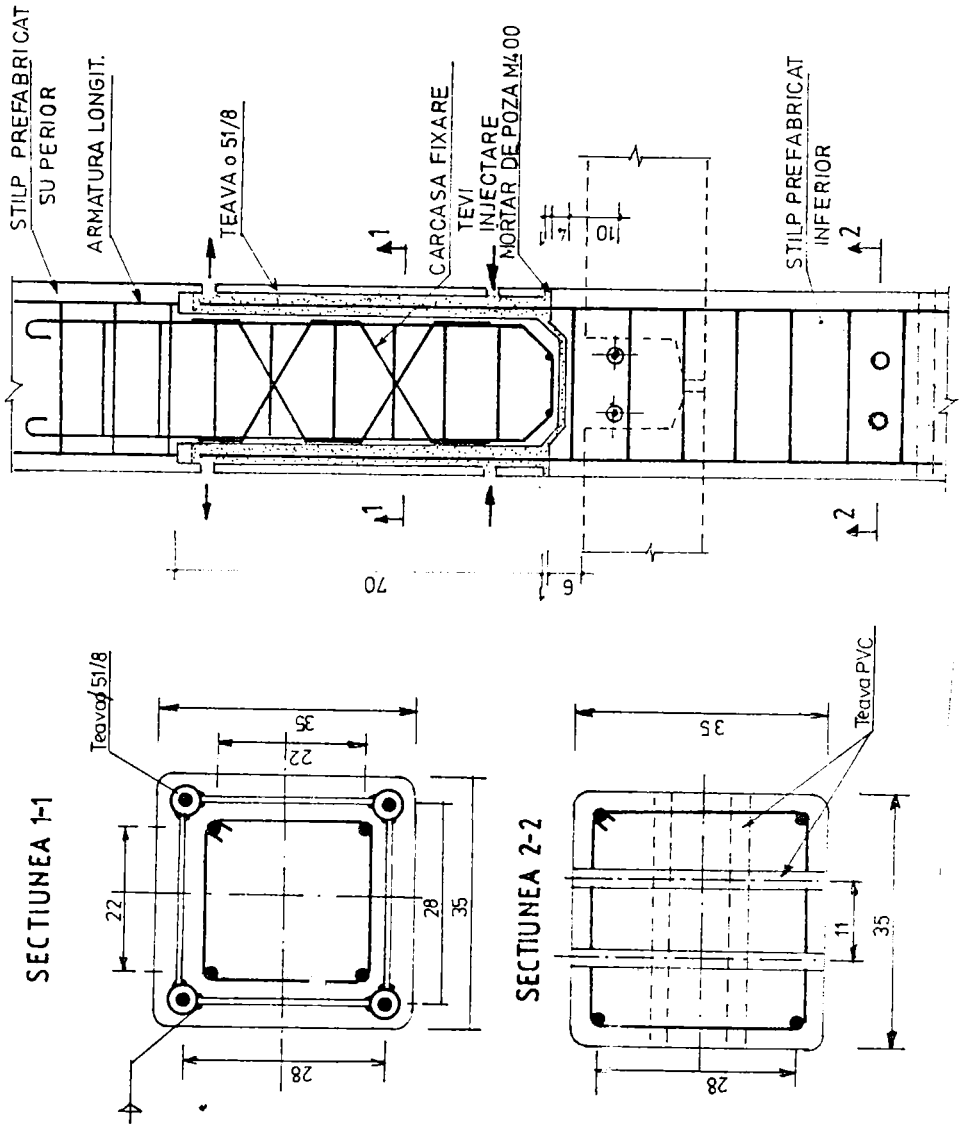


Fig.1.13. Imbinare stâlpi prefabricați.

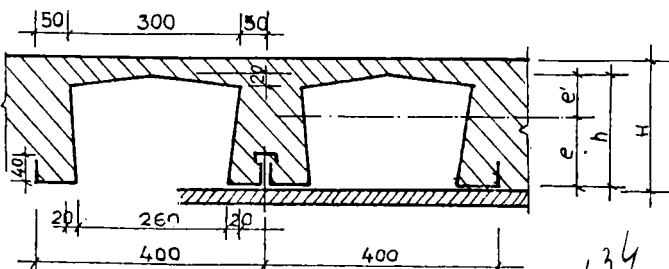


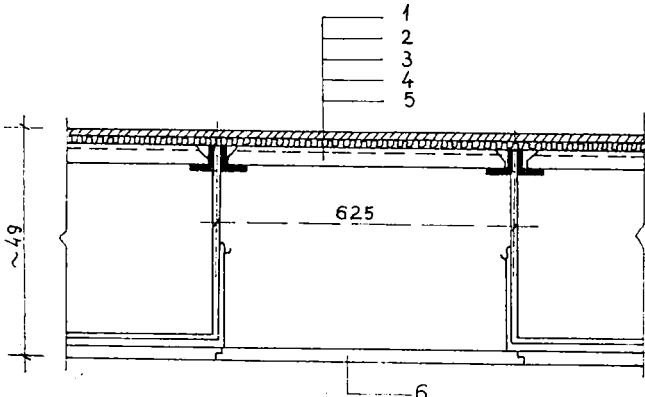
Fig.1.14. Planșeu tip Ω

543134
361 G

c) planșee tip "U". Se realizează din tablă de 0,9 ÷ 1,5 mm în formă de U cu o lățime de 150 mm pentru sporirea rigidității și înălțime de

38 ÷ 40 mm , pretîndu-se la o deschidere maximă de 0,7 m, cu greutatea proprie de 70 kg/m² (fig.1.15)

d) planșee din elemente chesonate.Ele se confecționează din tablă subțire în formă de U întors, la marginea căruia se sudează



1. Sapă armată 2cm; 2. Izolație termică 2,5cm; 3. Armătură în rastiuri
4. Placă b.o.pref; 5. Dală de tavan.

Fig.1.15. Planșeu tip "U"

n și e corniere pentru mărirea rigidității, aceste profile montîndu-se la distanța de 625 mm.

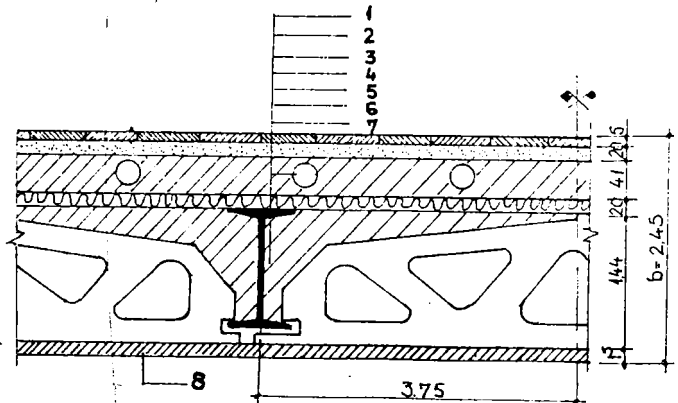
Se pretează la o deschidere de 7,5 m avînd greutatea proprie de 240 kg/m².

I.2.2.2. Planșee executate din profile metalice laminat.

In această categorie se încadrează planșee care au ca element de rezistență profile metalice laminat, tipizate simple sau compuse în diferite forme:

I, T, L (fig.1.16 și fig.1.17)

Fig.1.16 reprezintă planșee cu profile metalice I, T și corpuri de umplutură așezate la o distanță de (75 ÷ 100) cm. In - tre aceste profile se montează corpuri de umplutură, prefabricate din beton.



1.Parchet cu calorifer; 2.Sapă egalizare; 3.Dală pl.înglobarea tuburilor de încălzire; 4. Tub de încălzire; 5. Vată de sticlă; 6. Beton de umplutură; 7. Grindolite; 8. Tencuială de IPSOS.

După montarea

corpurilor se toarnă Fig.1.16 Planșeu cu profile metalice I, T între ele un beton de umplutură peste care se fixează un strat de izolare și o dală pentru înglobarea tuburilor de încălzire. Planșeu se pretează la o deschidere de 3,5 ÷ 4 m, avînd o sarcină permanentă (exceptînd pardoseala și tavanul) de cca 290 kg/m², și

o înălțime de 25 cm.

Din punct de vedere al cerințelor funcționale, acest planșeu asigură o izolare termică și fonică bună, nenecesitînd nici cofraje, nici sprijiniri, are în schimb o înălțime mare și o greutate proprie.

Fig.1.17 reprezintă planșee cu profile metalice și dale de beton monolite.

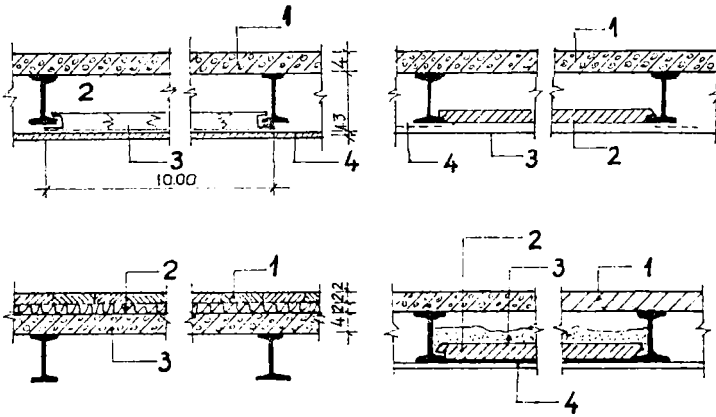


Fig.1.17 Planșee cu profile metalice și dale de beton monolite

Aceste planșee se pretează la o deschidere de 6 m, avînd o sarcină permanentă de $170 \pm 250 \text{ kg/m}^2$. Din punct de vedere analitic planșeul asigură izolarea termo-

fonică, are greutate permanentă mică și un consum de oțel relativ mic (20 kg/m^2) în raport cu deschiderea, avînd montaj și execuție rapidă, o utilizare rațională a betonului în zona comprimată și a oțelului în zona întinsă.

1.2.2.3. Planșee metalice din profile de tablă cutată.

O alternativă eficientă de planșee metalice, cu elemente de rezistență realizate din tablă subțire formată la rece, care servește la satisfacerea cerințelor funcționale într-un grad ridicat este prezentată în figurile 1.18 - 1.26. Aceste planșee sînt realizate din plăci de tablă care servesc la preluarea eforturilor verticale și orizontale, colțurile plăcii putînd fi fixate de grinzile structurii, și care se protejează cu o placă din beton armat turnată monolit, de grosime suficientă pentru asigurarea distribuirii încărcării și protecție la foc a plăcii de tablă, avînd și rolul de izolare termo-fonică.

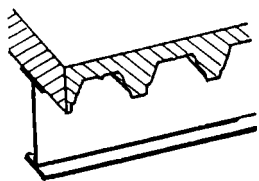


Fig.1.18 prezintă un planșeu format din profil trapezoidal cu încărcarea nervurilor prin beton, făcând posibilă acțiunea combinată cu grinzile de contur.

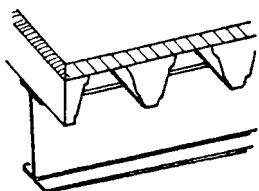


Fig.1.19 prezintă un planșeu cu element de rezistență din tablă dublu trapezoidală alungită, folosit la încărcări și deschideri mari. Pentru reducerea greutatei proprii, placa de beton se toarnă discontinuu cu o grosime în jur de 50 mm și nu poate fi luată în considerare conclucrarea cu grinzile de contur decât dacă înălțimea profilului este mai mare de 80 mm.

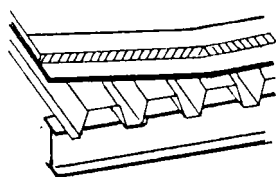


Fig.1.20 prezintă un planșeu format dintr-un anou sau plastic acoperit la din mase plastice și beton slab armat cu flexibilitate, în cazul termoizolației de vată minerală și la care profilul din tablă cutată reazemă din loc în loc pe grinzile de

contur la care nu se ia în considerare conclucrarea.

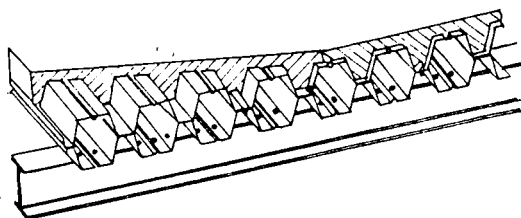
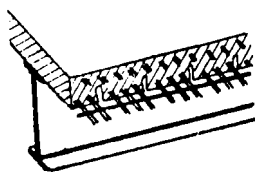
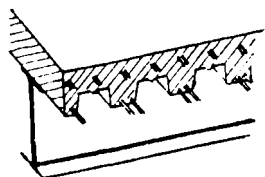


Fig.1.21. prezintă un planșeu tip celular (Robertson) golurile dintre profile fiind închise și în cazul dispunerilor canalelor speciale sau conducte

pentru gaz sau aer condiționat (aer ventilație) direct între golurile intradosului profilului.



Se urmărește ca betonul să asigure legătura pe ambele direcții. Fig.1.22 și 1.23. În cazul unor cerințe funcționale severe, în regim permanent greu,

la foc și la sarcini mari, pe pardoseli cu o grosime suficientă de beton armat se asigură rezistența pardoselii și protecția tablei

la regim de temperatură impusă. Se poate lua în considerare în calculul structurii, realizarea unor diafragme orizontale.

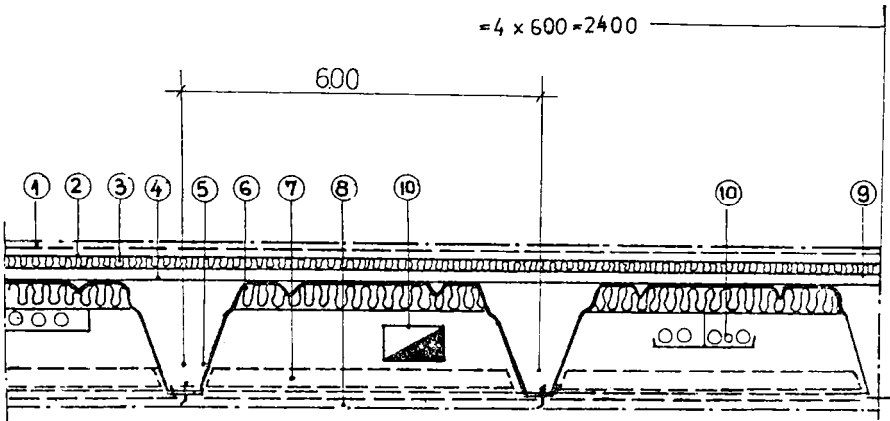


Fig.1.24

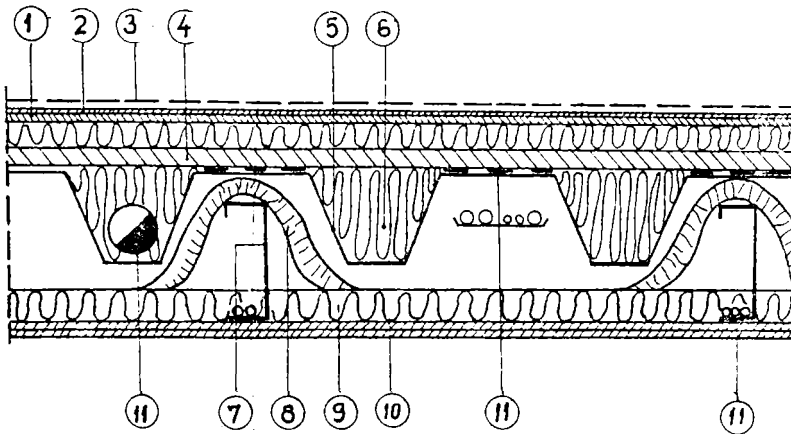


Fig.1.25

Tot în categoria planșelor metalice din tablă subțire formată la rece și în cazul unor cerințe speciale de izolare termofonică (pentru clădiri cu destinație pentru birouri sau locuințe), în fig.1.24 și 1.25 se prezintă două variante de alcătuirii, planșele respective fiind realizate din tablă profilată în formă trapezoidală sau din alte elemente compuse, sandwich , cum se vede în fig.1.26.

Planșeul din fig.1.25, este format din două membrane și se folosește în cazul unor cerințe mai severe de izolare termofonică.

Observație

Exemplele prezentate ne arată calea către o dezvoltare judicioasă a produselor cu scopul ca elementul de bază executat

pentru cerințe statice, termice și de izolare fonică medie să poată

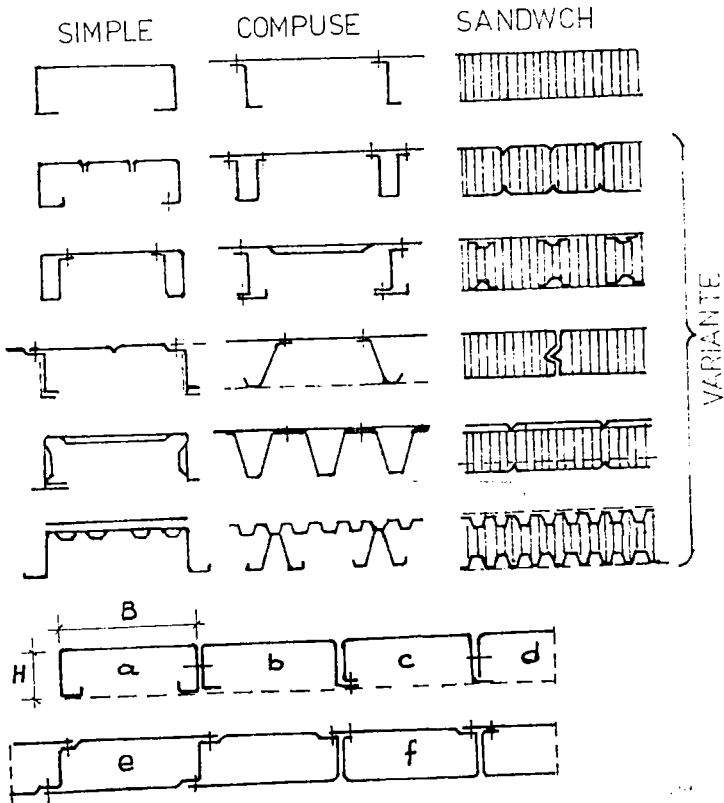
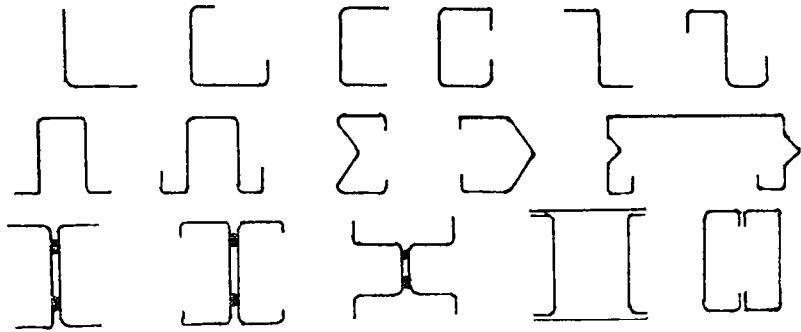


Fig.1.26

fi îmbunătățită pentru a corespunde unor cerințe mărite în domeniul indicat.

Din motive de economie, alegerea unui sistem general care să corespundă optim tuturor cerințelor, nu ne duce la scopul dorit (la Oțel)

Spre exemplificare, vedem conform [174]; [74] posibilitățile

de acoperire a deschiderilor planșeelor simple și continue alcătuite din tablă cutată trapezoidală, îndoită la rece pentru încărcări $q = g + p = 6. \div 20 \text{ kN/m}^2$ (vezi tabelul I.4.)

Tabelul 1.4.

q	L t	1,80					2,40					3,00					3,60					
		0,88	1,00	1,13	1,25	1,50	0,88	1,00	1,13	1,25	1,50	0,88	1,00	1,13	1,25	1,50	0,88	1,00	1,13	1,25	1,50	
un singur câmp	6	45	42	38	32		85	62	55	51	47	98	93	90	85	82		110	105	100	97	
	8	60	55	48	42	34	95	77	67	62	57	120	113	103	98	95		150	130	117	105	
	10	75	67	60	52	42	115	95	83	75	67			120	113	106					122	
	12	95	80	73	63	53		115	100	88	78				133	120						150
	14		95	85	73	62			125	103	87					132						
	16		110	100	85	72				123	100					145						
	18		130	113	97	82					113					157						
	20			128	110	93					133											
câmpuri continue	6	45	36	30			58	50	43	36		75	65	58	50		110	95	90	87		
	8	57	47	40	33		77	64	55	45		100	85	75	63			125	108	102		
	10	71	57	50	44	33		95	79	65	54		130	108	96	75				125	118	
	12	87	70	65	57	43		115	95	78	63				110	90				160	137	
	14		84	77	70	53		135	113	90	73				135	105						
	16		102	92	82	63		160	133	105	83					118						
	18				97	74			153	117	95					135						
	20				115	85				133	107					160						

I.2.3. PLANȘEE COMPUSE

Cu formele de planșee compuse avînd beton turnat monolit se pot asigura distribuții foarte diferite de încărcare concentrată distribuită uniform și pentru orice grad de protecție la foc și izolare termică prin realizarea unor grosimi suficiente de beton sau a unei legături fixe sau monolite. In elementele de structură se asigură posibilitatea preluării nu numai a acțiunii sarcinilor orizontale în șeibă sau diafragmă, ci și a elementelor verticale ale structurii.

In această categorie de planșee sînt prezentate următoarele tipuri : [163]; [112]; [162]; [63]; [164]; [177]; [139]

Fig.1.27 prezintă un tip de planșeu alcătuit din beton armat, turnat monolit pe grinzi metalice (n care greutatea dalsă de beton este transmisă profilului metalic, fiind calculată ca o placă

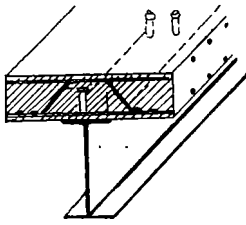


Fig.1.27

continuuă și secțiunea grinzii calculându-se ținând seama de aportul plăcii din beton armat din zona comprimată. Conlucrarea dintre cele două materiale componente este asigurată prin dispozitive speciale (dormuri) Aceste planșee necesită cofraj.

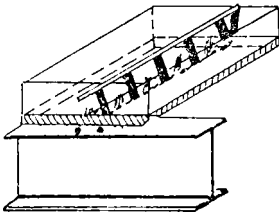


Fig.1.28

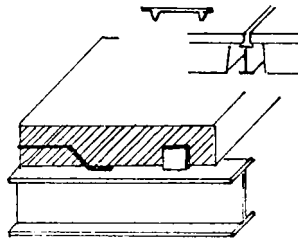


Fig.1.29

Fig.1.28 și 1.29 prezintă planșee alcătuite din elemente tip predală și grinzișoare cu zăbrelețe sau conectori și suprabetonare continuă. Cu aceste elemente prefabricate (40 mm) se elimină cofragul și se asigură armarea în câmp a plăcii de beton. In această categorie de planșee, elementele de conlucrare dintre cele două materiale componente pot fi dormuri sau bare înclinate sau dibluri.

Planșee compuse tip filigran [161]

In cazul deschiderilor de 3,6 - 6 m cu rezemarea pe o direcție, se utilizează planșee cu corpuri de umplură dispuse pe tăpile prefabricate ale grinzilor zăbreliate eliminându-se cofragul.

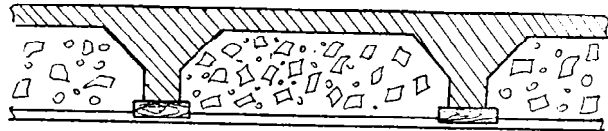


Fig.1.30.

In cazul în care se prefabrică panoul, tăpile zăbrelețelor se închid

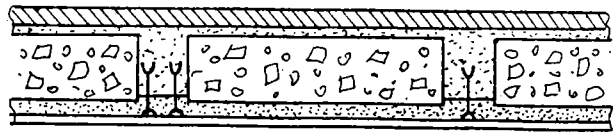


Fig.1.31.

într-un pat de mortar de 4-5 cm, și după dispunerea materialului de umplură cu rolul de cofraj lateral, se toarnă betonul din nervuri sau rețeaua de nervuri (fig.1.30 , 1.31).

Planșee compuse cu elemente rigide (fig.1.32).

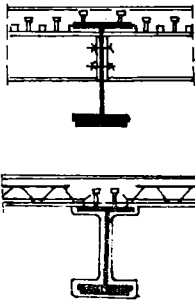
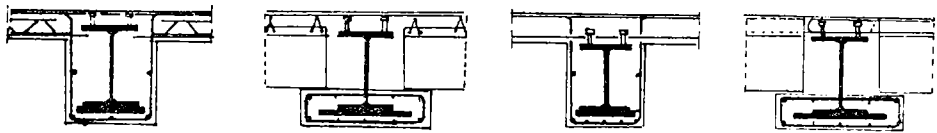


Fig.1.32 Planșeul este realizat din profile metalice secundare, peste care se betonează placa, adaptându-se conectori de legătură.

Fig.1.33. Prezintă un planșeu la care se elimină nervurile metalice, armându-se placa după o direcție, rolul nervurii fiind preluat de grinzi filigran, profile KEISER sau profil cutat (HOLORIB).

Se menționează că la încărcări foarte mari și deschideri mai mari de 9 m, se recurge la precomprimarea secțiunii de beton armat (parțială) care încarcă profilul metalic (armătură rigidă) în scopul reducerii încărcării suplimentare de beton vezi figurile (1.34 , 1.35 , 1.36 , 1.37).



O alternativă care prezintă o eficiență ridicată în comparație cu cele prezentate anterior, în această categorie este descrisă de tipurile de planșee alcătuite cu profile HOLORIB, ROBERTSON, RES O, (fig. 1.38, 1.39, 1.40), care asigură un grad ridicat de rezistență la foc (F.90, F.120).

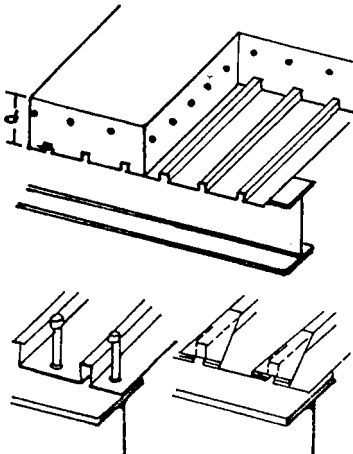


Fig.1.38. Planșeu HOLORIB

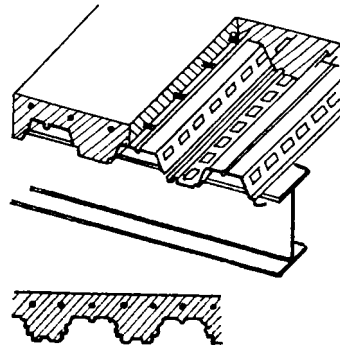


Fig.1.39. Planșeu ROBERTSON

(HOLORIB)

l m	n	Sarcina de lucru					
		5,0 kN/m ²		7,5 kN/m ²		10 kN/m ²	
		Secțiune	d cm	Secțiune	d cm	Secțiune	d cm
2,0	-	38/0,88	10	38/0,88	10	38/0,88	10
2,4	-	51/0,88	10	51/0,88	10	51/0,88	10
3,0	1	38/0,88	10	38/0,88	10	38/0,88	10
3,6	1	38/0,88	10	38/0,88	12	38/0,88	12
4,2	1	51/0,88	12	51/0,88	14	51/0,88	16
4,8	1	51/0,88	14	51/1,00	16	51/1,00	18
5,4	2	51/0,88	16	51/1,00	18	51/1,00	20
6,00	2	51/1,00	18	51/1,00	20		

(ROBERTSON)

l m	n	Sarcina de lucru					
		5,0 kN/m ²		7,5 kN/m ²		10 kN/m ²	
		Secțiune	d cm	Secțiune	d cm	Secțiune	d cm
2,4	-	50/0,91	10,0	50/0,91	10,0	50/0,91	11,4
3,0	1	50/0,91	11,4	50/0,91	13,3	50/1,21	13,3
3,6	1	50/0,91	13,3	75/0,91	15,8		
4,2	1	75/0,91	15,8	75/1,21	15,8		
4,8	1	75/1,52	15,8				

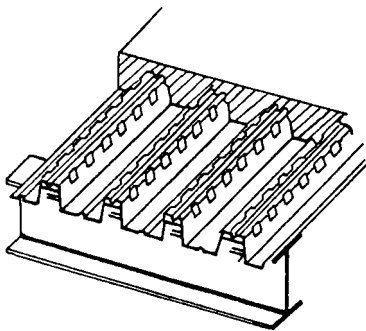


Fig.1.40. Planșeu RESO

La planșeul RESO, îmbunătățirea conlucrării dintre beton și profilul special de tablă, se realizează prin amprente și adâncituri aplicate pe fețele laterale ale ramurii înclinate, în zona superioară. Pentru a se preveni pătrunderea betonului și pentru a nu se periclita realizarea penelor de legătură între ramuri până la nivelul orificiilor. Fără măsuri speciale, se asigură grad de rezistență la foc F30, F90 . (fig.1.40).

ROBERTSON produce un nou tip de planșeu care are și alte variante cu înălțimi diferite și alcătuirii diferite. Planșeul

prezentat se realizează dintr-o tablă subțire de $0,75 \div 1,5$ mm cu o lățime totală de 610 mm, elementele fiind prevăzute la marginile longitudinale cu îmbinări standardizate cu ajutorul cărora se prinde de plasa planșeului. Planșeul ROBERTSON se pretează la o deschidere de $1,5 \div 6,5$ m și încărcare utilă corespunzătoare de $(3,00 \div 1700)$ (daN/m²) (fig.1.39).

HOLORIB prezintă o variantă de planșeu de tip fereastră cu trei nervuri (fig.1.38) care are o rigiditate mare și se bucură de avantajul de montare rapidă plus greutate redusă. Se montează pe profile metalice și se îmbină cu grinzile prin sudură. În cazul în care sudura este pe deasupra și greu de executat sau imposibilă, se recurge la folosirea unor cleme speciale.

În cazul planșeelor compuse din tablă cutată în conlucrare cu beton, funcție de trama constructivă, se obțin câmpuri de plăci continue, pentru care, în etapele de realizare, intermediare și finale se asigură conlucrarea cu grinzile structurii.

În cazul turnării betonului proaspăt, tabla cutată suportă încărcarea și împreună cu betonul, după întărire, conlucrează la preluarea încărcărilor în condițiile îndeplinirii și asigurării elementelor de grindă compusă; tabla cutată se așează cu cutele paralele sau perpendiculare față de grinda metalică.

Pentru reducerea încărcărilor din tabla cutată în faze de montaj, se introduc sprijiniri provizorii.

Conlucrarea dintre tabla cutată și beton este asigurată prin împiedicarea alunecării dintre cele două materiale, împiedicare asigurată, în mică măsură prin adeziune.

Normativul german DIN și normele austriece nu iau în considerare adeziunea, pe când normele elvețiene admit că alunecarea este împiedicată prin adeziune când zona de alunecare din încărcări utile nu depășește $0,05$ N/mm². Când forțele de alunecare depășesc $0,05$ N/mm trebuie luate măsuri care pot fi :

- continuări prin sudarea pe tabla cutată a unor fișii din tablă din loc în loc sau executând niște încreștături sau amprente.
- fixarea cu ajutorul unor dornuri sudate sau cu șuruburi de rezistență mare.

Cercetările recente din 1984-88 desfășurate în SUA, RFG, Canada Elveția, Australia, Japonia, legate de comportarea planșeului compus în ansamblu structural evidențiază concluziile pentru alcătuirea de noi tipuri de profile și evidențiază măsurile ce trebuie adoptate la elementele de legătură, precum și noi tehnologii de asigurarea

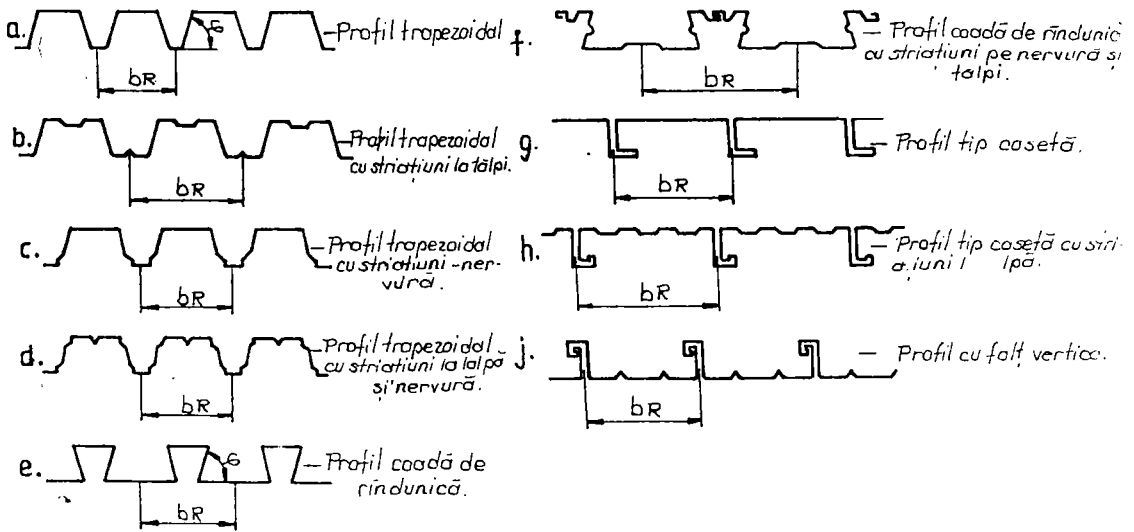


Fig. 1.41. - Profile din tablă cutată

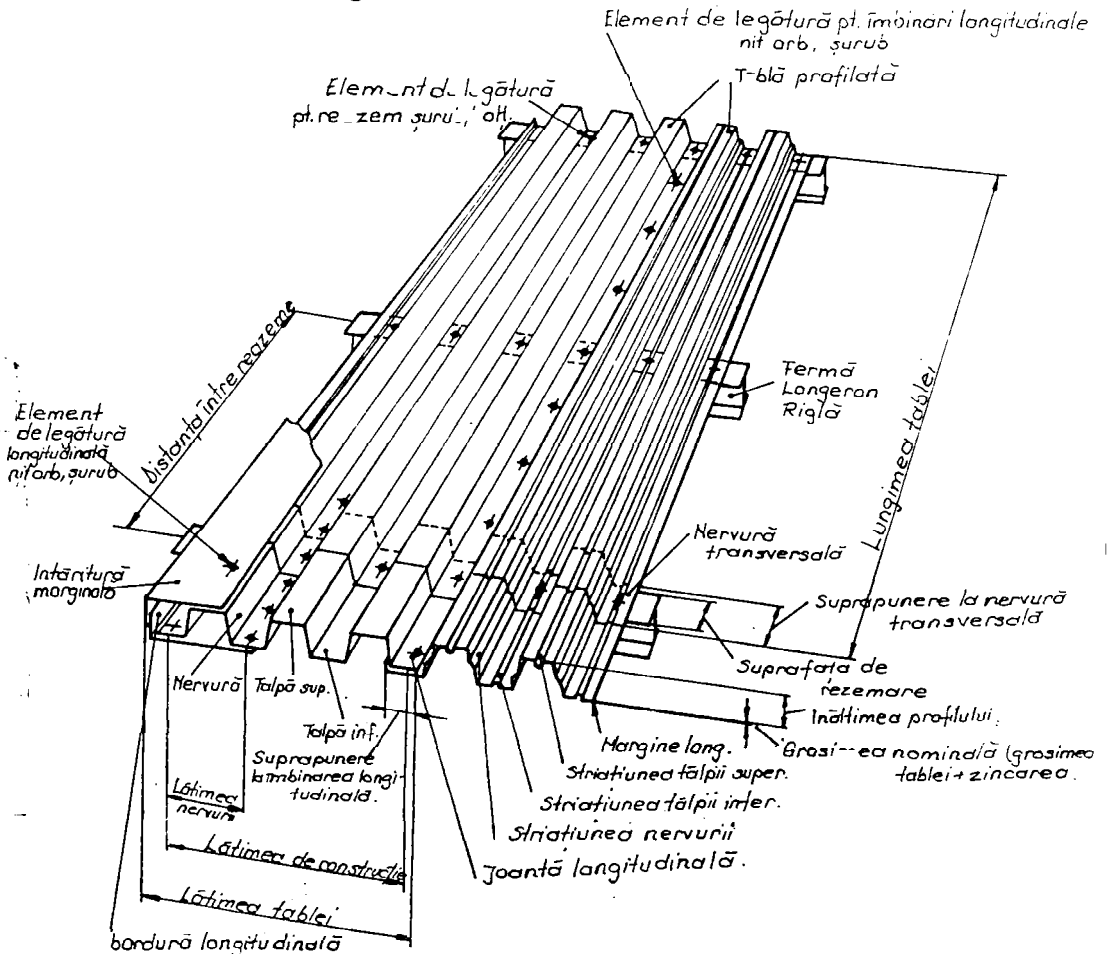


Fig. 1.42. - Modul de șezare a profilului de tablă cutată

conlucrării tablei cutate cu betonul.

Conform DIN 18807-87 se prezintă profilele adoptate pentru clădirile înalte avînd la bază cercetările încheiate odată cu elaborarea Eurocode-ului O4.(fig.1.41 , 1.42).

Conform cercetărilor suedeze, BBK 70 și EURCCODE 4/84 s-a adoptat în Suedia un profil original, cu ambele ramuri cutate special și cu fețele verticale puternic amprentate (fig.1.43 ; 1.44).

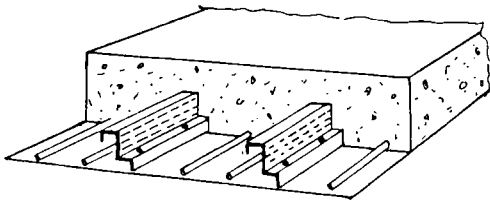


Fig.1.43 Secțiunea compusă

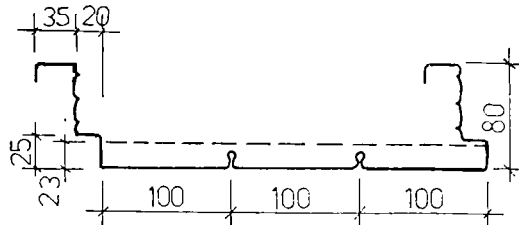


Fig.1.44 Profilul tablei cutate

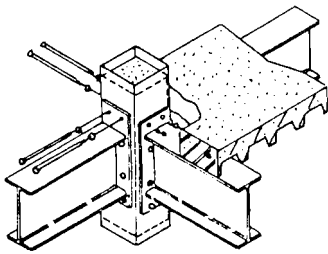


Fig.1.45 Nod de structură

Incercările la sarcinile orizontale efectuate de japonezi, au stabilit capacitatea portantă a elementului de planșeu compus și posibilitățile de conlucrare al acestuia în nod (fig.1.45) evidențindu-se totodată înalte rezistențele la tăiere pentru tablă și beton (AIJ Code).

Pentru îmbunătățirea performanțelor profilelor de tablă cutată îndoită, cercetările desfășurate pînă în 1986 s-au soldat cu schimbarea liniei tehnologice și de laminare a profilelor (AISC Standard 84 și SAA 1981, AS 1250 (Planșeu tip BONDEK și CONDEK). fig.1.46 , 1.47.

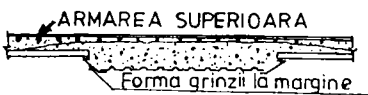


Fig.1.46; Fig.1.47 Post-tensionarea planșeului BON-EX și dispunerea tablei cutate.

1.3. Concluzii

La preocupările și tendințele promovării unor soluții de

de execuție, reducerii greutateii elementelor, odată cu utilizarea judicioasă a materialului, se recomandă importanța deosebită acordată alcătuirii planșelor structurilor înalte [164; 174; 15; 19, 28; 105].

Acest lucru s-a impus pe considerentul că din costul unui schelet, planșeul are ponderea de 23÷25%. Planșeele din beton armat realizate sub formă de panouri, semipanouri, dale, dale compuse, au dezavantajul că necesită realizarea unor îmbinări speciale în scopul asigurării rolului de șaibă [98] și totodată consumă alte materii prime costisitoare plus energie, realizarea și montajul lor fiind condiționate și de capacitatea utilităților din dotare.

Planșeele metalice din profile laminate și beton s-au folosit limitat pe considerentul consumului limitat de oțel și cel al necesității protecției la foc.

Planșeele compuse din elemente laminate, tablă cutată și profile, avînd în alcătuire și un strat de beton, sînt cele mai utilizate, deoarece asigură reducerea greutateii, a consumului de materiale, trecînduse la un înalt grad de prefabricare și industrializare indiferent de tipul de structură. Ele răspund în cea mai mare măsură cerințelor funcționale pe care trebuie să le îndeplinească un planșeu. Utilizarea pe care a căpătat-o în ultimul timp acest tip de planșeu compus, se bazează pe posibilitatea preluării eforturilor atît de către beton cît și de către oțel și pe conlucrarea dintre cele două materiale.

În urma acestei analize sumare a planșeelor prezentate se remarcă: - o tendință accentuată de prefabricare aproape totală a elementelor compuse ;

- soluțiile adoptate tind să înlocuiască aproape în totalitatea lor lucrările auxiliare (cofraje, susținere, etc)
- tendința de a fi folosite pe scară largă planșeele realizate din tablă subțire formată la rece
- se acordă o deosebită atenție izolării termice și fonice
- obținerea unor greutăți mai mici
- posibilitatea introducerii instalațiilor necesare în spațiul liber

În consecință, putem spune că planșeele ușoare, pe bază de tablă din oțel cu pereți subțiri, formată la rece, în combinație cu panouri care au o acțiune izolatoare împotriva incendiilor și fonică, reprezintă o alternativă eficientă față de alte tipuri de planșee.

Capacitatea portantă și rigiditatea pot fi asigurate prin efectul de conlucrare și de materialul panourilor. Cerințele funcționale sînt îndeplinite prin combinații potrivite de material.

Modul construcției din elemente ușoare face posibilă o prelucrare pe scară largă a elementelor în ateliere și un control de calitate corespunzător.

CAPITOLUL II.

CALCULUL PLANȘELOR COMPUSE OTEL-BETON

II.1. Introducere, Norme de calcul

Utilizarea celor două materiale, betonul cu rezistența mare la compresiune și oțelul cu rezistența mare la întindere, presupune necesitatea cunoașterii ansamblului condițiilor de conlucrare optime între cele două materiale, față de marea diversitate de alături a tramei constructive și a secțiunii transversale a elementului de planșeu în condițiile asigurării unei eficiențe economice sporite .

Aplicarea planșelor compuse din oțel-beton la structuri înalte, implică aprofundarea metodologiilor și normelor de calcul, pe plan mondial fiind cunoscute recomandări de proiectare, coduri metodice normative de execuție care evidențiază compatibilitatea și eficiența secțiunii compuse în strânsă corelare cu tehnologia de execuție și cerințele generale de siguranță, stabilitate și durabilitate a elementului de planșeu în cadrul structurii (fig.2.1, fig.2.2).

În paralel cu dezvoltarea conceptelor semiprobabilistice de calcul la stări limită și a metodelor stohastice referitoare la caracteristicile de calcul a materialelor, normele pe plan mondial elaborate până în prezent [166]; [167]; [168]; [169]; [170]; [171]; [172]; [173]; [174], admit calculul în domeniul elastic cit și în domeniul elasto-plastic sau chiar în domeniul plastic.

În R.S.R. sînt în vigoare "Instrucțiuni tehnice pentru calculul și alcătuirea constructivă a structurilor compuse beton - oțel" - indicativ P.83 - 81, în curs de revizuire, ca urmare a intrării în vigoare a noilor normative referitoare la calculul betonului armat și prevederilor pentru elemente metalice cu pereți subțiri în doite la rece. Aceste prevederi sînt aplicabile și în cazul elementelor de planșee compuse, realizate din profile laminat în combinație cu placă din beton greu cit și pentru placa din beton ușor asemenea se aplică la calculul grinzilor compuse (cu sau fără turluri inițiale realizate prin preîncovoierea grinzii în sens invers acțiunii încărcărilor utile) pentru toate tipurile de secțiuni compuse ale structurilor construcțiilor industriale, civile, podurilor și construcții speciale.

Normele țărilor puternic industrializate se bazează pe experiența utilizării la scară largă a oțelurilor de calitate înaltă în strânsă corelare cu tipul de acțiune aplicată elementului de calcul, chiar în cazul admiterii plasticizării secțiunii transversale

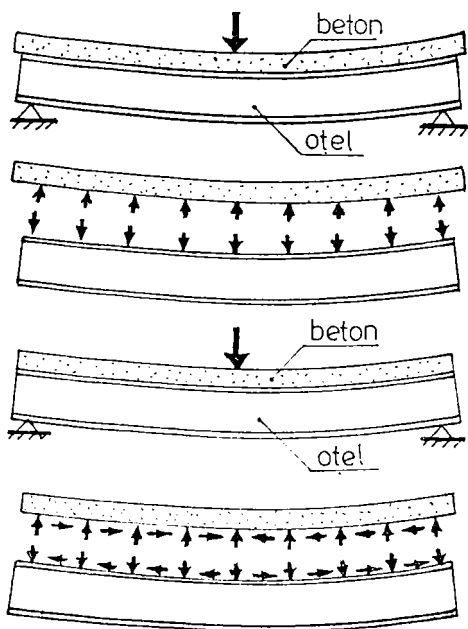


Fig.2.1. 1) Grindă fără interacțiune
2) Grindă compusă (oțel-beton)
- interacțiune totală

Luarea în considerare a atingerii nivelului de solicitare în elementul compus se face însă în mod foarte diferit de la normă la normă. [77 ; --- ; 166 ; 174 ; 177 ; 172 170 ; 171 ; 169 ; 27 18 ; 2 ; 3 ; 118 ; 105 112 ; 113 ; 63 ; 64] Acest lucru este bazat pe cercetări experimentale asupra gradului de conlucrare a celor două materiale componente, a comportării specifice a elementelor de legătură la acțiunea sarcinilor dinamice, cât și a

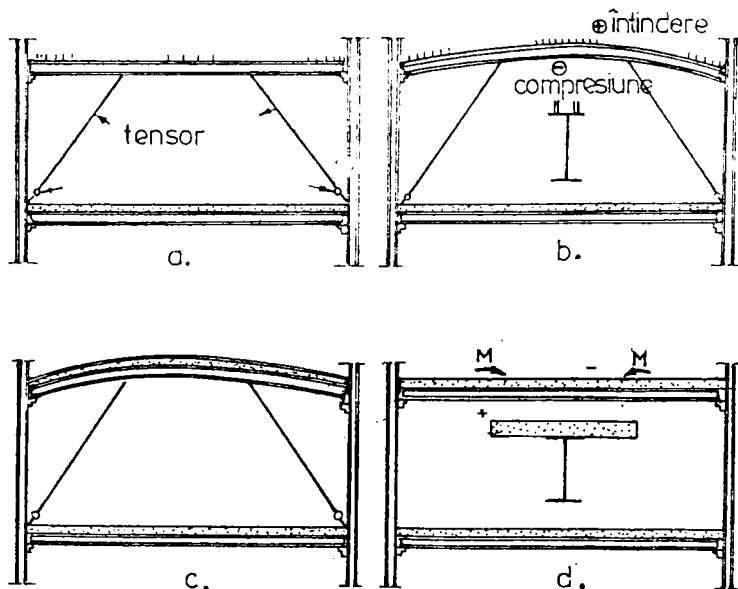


Fig.2.2. Introducerea tensiunilor inițiale în grinziile metalice
a) Situația inițială a grinzii metalice ; b) preîncovoirea grinzii metalice ; c) turnarea betonului ; d) planșeu compus.

a modului în care elementul compus răspunde cerințelor de rigiditate în structură.

II.2. Principii fundamentale de calcul

Pentru secțiunile compuse verificarea comportării corespunzătoare la stările limită în diferite etape (execuție, exploatare, transport, montaj, etc), se face la cele mai defavorabile condiții de solicitare admitând cele mai defavorabile caracteristici ale materialelor, față de variația dimensiunilor geometrice cu efecte defavorabile și întotdeauna pînă la limita unui nivel convențional admis al eforturilor sau deformațiilor pentru un element component al structurii.

La calculul planșelor compuse oțel-beton se iau în considerare următoarele stări limită :

- a) stări limită ultime
 - de rezistență (sau a capacității portante)
 - de stabilitate a formei sau a poziției
 - de oboseală
- b) stări limită ale exploatării normale
 - de deformație (săgeți)
 - de deformații specifice critice

Stabilirea celor mai defavorabile condiții de solicitare luate în calcul se face în baza Standardelor implicînd determinarea solicitărilor funcție de încărcările directe, gruparea acestora (intensitatea și frecvența lor).

Se consideră modul real de lucru al elementului ținînd seama de proprietățile de deformație ale betonului și ale oțelului, influența fisurării betonului întins și efectul contracției și curgerii lente a betonului.

Determinarea solicitărilor se face prin metodele Mecanicii Construcțiilor ca pentru corpuri omogene și cu comportare elastică.

II.2.1. Verificări la starea limită a capacității portante

Verificarea la starea limită a capacității portante de rezistență a elementelor compuse se face cu luarea în considerare a comportării elasto-plastice a betonului și oțelului; se admite ipoteza că betonul întins, cînd axa neutră cade în placă, nu preia eforturi.

Verificarea se face punînd condiția ca solicitarea de calcul cea mai defavorabilă să fie mai mică sau cel mult egală cu capacitatea portantă minimă a secțiunii transversale compuse.

În cazul grinzilor compuse oțel-beton, starea limită de rezistență poate fi atinsă prin :

- a) cedarea prin dezvoltarea unei rotiri prea mari care să ducă la colaps plastic ;

b) cedarea elementelor de legătură sau prin cedarea sistemului compus datorată unor lunecări prea mari între grinda de oțel și placa de beton.

c) cedarea locală a betonului sub influența elementelor de legătură rigide (șuruburi de înaltă rezistență)

d) cedarea prin fisurarea longitudinală a plăcii datorită preluării unor eforturi prea mari de forfecare prin intermediul nervurii sau direct, pe o suprafață relativ îngustă.

e) cedarea în sens transversal a plăcii prin formarea unor linii de plasticizare.

II.2.2. Starea limită de stabilitate a formei sau a poziției

Verificarea la starea limită de stabilitate a formei constă, în cazul grinzilor compuse independente în verificarea stabilității locale (valoare), care se face conform prevederilor STAS 10108/C-78 neglijând efectul încadrării realizat de dala de beton, pentru marginea superioară a inimii grinzii de oțel.

II.2.3. Starea limită de oboseală

Verificarea constă în limitarea valorii eforturilor unitare normale în beton și oțel, determinate cu luarea în considerare a efectului dinamic al sarcinilor repetate care produc oboseala, la valoarea rezistenței de calcul la oboseală; STAS 10107/C-76 pentru beton și STAS 10108/C-78 pentru oțel.

II.2.4. Starea limită de deformății specifice critice

Verificarea la starea limită de exploatare se face luându-se în considerare comportarea elastică a materialelor (oțel-beton), luând mărimea eforturilor unitare normale în beton și oțel, în așa fel încât în oțel să nu se producă deformății remanente cauzate de depășirea limitei de proporționalitate, iar în beton să nu se atingă limite de microfisurare care poate prejudicia durabilitatea plăcii sub efectul încărcărilor de exploatare (normate) deci :

$$\sigma_{ot}^{max} \leq 0,8 R (\text{pentru Cl 37}) \text{ și}$$

$$\sigma_{bet}^{max} \leq 0,8 R_c (\text{pentru beton})$$

A doua limitare se referă la condiția de a nu se depăși deformățiile de curgere limită limitare care pot să diminueze calitățile de conducere între profilul laminat și placa de beton.

Verificarea la starea limită de deformății specifice critice se face în toate etapele (montaj, transport, exploatare, etc.).

II.2.5. Starea limită de deformății (săgeți)

Săgețile grinzilor compuse oțel-beton, determinate fără aplicarea coeficienților de siguranță, nu trebuie să depășească valorile

admise pentru construcțiile metalice civile și industriale conform prevederilor STAS 10108/0 - 78.

Săgețile se verifică în fazele de execuție respectiv exploatare, luându-se în considerare efectul acțiunilor de scurtă și de lungă durată, cât și a efectului de curgere lentă a betonului.

II.3. Materiale

Pentru alcătuirea elementelor compuse (grinzi, planșee) se folosesc plăci din beton armat, în care betonul are cel puțin clasa $B_C 25$ și cel mult clasa $B_C 35$, folosirea unei clase de betoane peste $B_C 35$ impunând o justificare tehnico - economică și condiții foarte îngrijite de execuție.

Analizând comportarea unui element încovoiat din oțel în comparație cu unul din beton, se știe că oțelul prezintă proprietăți elastico-plastice superioare betonului, material cu o comportare pronunțat reologică, cu zonă întinsă scoasă din lucru.

II.3.1. Betonul

Curbele caracteristice $\sigma - \epsilon_b$ a betonului pentru solicitarea de compresiune din încovoiere - acceptată de diferite norme [141; 171; 172] sînt prezentate în figurile 2.3 și sînt de forma parabolă - dreptunghi.

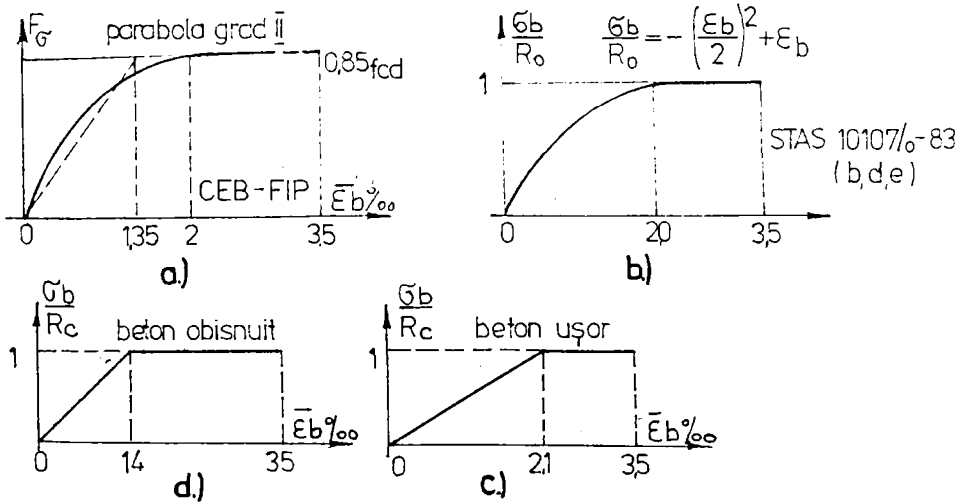


Fig. 2.3. Diagrame $\sigma - \epsilon$ pentru beton

Vîrfurile parabolilor de gradul II are ca abscisă $\bar{\epsilon}_b = 2 \%$ - deformația specifică maximă corespunzătoare solicitării de compresiune centrică iar capătul diagramei corespunde punctului de abscisă $\bar{\epsilon}_b = 3,5 \%$ - deformația specifică maximă a betonului obișnuit admisă de CEP - FIP.

Folosirea diagramei $\sigma - \epsilon_b$ cu variația parabolică pînă la $\epsilon_b^o = 2 \%$ conduce la complicarea exagerată a relațiilor de calcul. Pentru cazurile cînd se admite o rezolvare simplificată, se acceptă pentru beton o diagramă de calcul $\sigma - \epsilon_b$ biliniară, triunghi - dreptunghi. (fig. 2.1, c) pentru beton obișnuit și 2.1, d pentru beton ușor de granulat. Conform CEP-FIP [171 ; 172] funcția biliniară

$\sigma - \epsilon_b$ definește o limită convențională de elasticitate a betonului $\bar{\epsilon}_{be} = 1,35 \%$. După depășirea deformației specifice ϵ_{be} se contează pe plasticizarea betonului comprimat, limitată de atingerea deformației specifice de rupere $\bar{\epsilon}_{br} = 3,5 \%$

Obs. : 1) Pentru calculul caracteristicii curgerii lente a betonului ușor de granulat se poate adopta caracteristica curgerii lente a betonului obișnuit corectat cu raportul între $E_b^{ușor} / E_b^{greu}$ [8 ; 45 ; 52 ; 96 ; 119]

$$\varphi_{cl}^{ușor} = \varphi_{cl}^{greu} \cdot \frac{E_b^{ușor}}{E_b^{greu}}$$

2) Modulul de elasticitate longitudinal al betonului ușor pentru încărcări de scurtă durată se poate determina cu relația :

$$E_b^{ușor} = \left(\frac{\rho_b^{ușor}}{\rho_b^{obișnuit}} \right)^2 \cdot E_b^{obișnuit(greu)}$$

unde E_b este modulul de elasticitate al betonului obișnuit (greu) de aceeași clasă,.

11.3.2. Oțelul

Oțelul utilizat la realizarea construcțiilor metalice face parte din categoria oțelurilor moi - cu conținut redus de carbon și are diagramă caracteristică $\sigma - \epsilon$ de tipul celei din fig. 2.4. a.

Pentru calcul, se admite o formă simplificată a diagramei - fig. 2.4. c, considerînd că oțelul are o comportare perfect elastică și proporțională pînă la $(0,8 \div 0,85) \sigma_c$, comportare elastică pînă la atingerea deformației de curgere ϵ_c , în deformația specifică maximă se limitează la $\epsilon_c = 8 \%$.

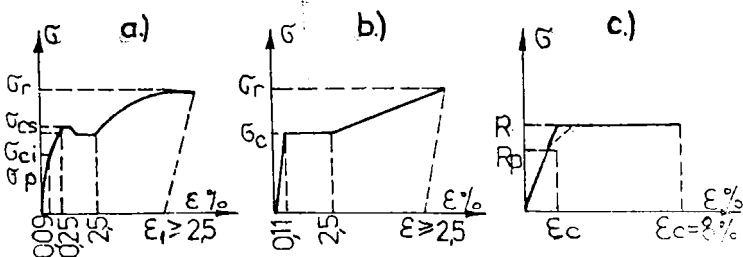


Fig. 2.4. Curba caracteristică $\sigma - \epsilon$ (oțel normal)
 a) curba reală; b) curba teoretică;
 c) diagrama de calcul

Pentru armarea plăcilor compuse se folosește oțelul beton sub formă de plase sudate sau carcase, avînd rezistență de calcul între $2100 \div 4000 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$, funcție de tipul oțelului, profilatura barelor de armare și măsurile constructive și tehnologice de realizare.

II.4. Acțiuni

Prin acțiune se înțelege orice influență exterioară sau interioară care produce stări de eforturi într-o structură sau în unele elemente ale ei.

Acțiunile care solicită planșeele pot fi clasificate astfel:

a) acțiuni directe

În general încărcări, cum sînt încărcările permanente (greutate proprie și greutatea moartă), încărcări temporare cu acțiune de lungă durată (pereți despărțitori, greutatea utilajului tehnologice staționar, încărcările utile din depozite, biblioteci, săli de spectacole, încărcarea dată de zăpadă), cu acțiune de scurtă durată (încărcările din utilajele de ridicat și transportat, încărcările din greutatea oamenilor din clădirile de locuit și social - culturale, depunerile de praf industrial, și forțele inerțiale (forța centrifugă, forța de frînare, etc).

b) acțiuni indirecte

În general deformațiile impuse, cum sînt acelea rezultate din precomprimarea, din prefîncovoiserea grinzilor de tip III, din deplasările de reazem, contracția și curgerea lentă a betonului, din variațiile de temperatură elementelor secțiunii compuse.

Valorile caracteristice a acestor acțiuni se vor lua cu mărimile încărcărilor nominale, date în standardele în vigoare sau în alte prescripții speciale.

Valorile de calcul ale acțiunilor se obțin din valorile caracteristice, prin multiplicarea lor cu un coeficient, denumit coeficient de supraîncărcare ce ține seama de posibilitatea ca unele acțiuni să atingă valori mai defavorabile decît valorile caracteristice, de probabilitate redusă, a suprapunerilor simultane a valorilor caracteristice acțiunilor aplicate unei construcții și de posibilitatea apariției unor modificări defavorabile ale eforturilor. - În cazul unor acțiuni dinamice rezultate din încărcări utile se iau în considerare coeficienții dinamici de impact, independenți de coeficienții de supraîncărcare.

- În cazul unor încărcări distribuite liniar sau concentrat se iau măsuri constructive în trama de alcătuire constructivă pentru redistribuirea acestora între elementele principale și cele

- Determinarea solicitărilor pentru diversele verificări după metoda stărilor limită, se face în baza grupărilor de acțiuni admise de standarde sau normative, în cazul clădirilor înalte fiind specifică prevederea diminuării încărcării utile funcție de numărul de nivele ale clădirii.

II.5. Deformații specifice în diferite stadii de solicitare a secțiunii compuse

Acceptând pentru oțel diagrame de calcul din fig. 2.5. c respectiv o funcție biliniară $\sigma - \xi$ din figura 2.3. c, se pot analiza stadiile prin care trece o grindă compusă oțel-beton, prin prisma atingerii deformațiilor specifice elastice, plastice sau limită în fibrele externe. Se acceptă ipoteza conlucrării perfecte, deci axa neutră este unică pentru elementul compus pînă la rupere.

Comportarea elastică a secțiunii compuse (fig. 2.5. a) cu atingerea simultană a limitelor de elasticitate în fibra cea mai comprimată de beton și fibra cea mai întinsă de oțel, conduce la o valoare a curburii secțiunii transversale de $1/\rho = (1/333 h \div 1/323 h)$ cu valoarea corespunzătoare a poziției axei neutre $y = (0,467 \div 0,451)h$.

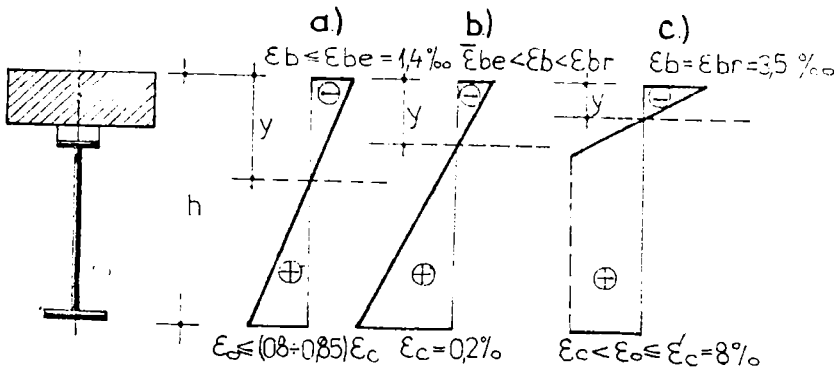


Fig. 2.5. Deformările secțiunii compuse

Dacă în oțel se ajunge la deformația specifică de curgere, iar în betonul comprimat deformația specifică este cuprinsă între limita de elasticitate și deformația specifică limită (fig. 2.3. b) curbura este cuprinsă între limitele $1/294. h < 1/\rho < 1/182 h$, iar poziția axei neutre între valorile $0,4117 h < y < 0,6364 h$.

Dacă în fibra cea mai comprimată de beton se atinge deformația specifică limită $\bar{\epsilon}_{br}$, iar în oțel deformația specifică este $\epsilon_c \leq \epsilon'_c$, curbura corespunzătoare este între limitele $1/182 h < 1/\rho < 1/12 h$. Poziția corespunzătoare a axei neutre poate fi $0,042 h < y < 0,6364 h$.

Valoarea $y = 0,042 h$ corespunde situației când și în oțel se ajunge la deformația specifică limită de calcul; deoarece în practică

valoarea $\gamma < 0,042 h$ este foarte rar atinsă, la încovoidere pozitivă, cedarea grinzii compuse se va produce în general prin zdrobirea betonului comprimat.

Capacitatea portantă a secțiunii compuse oțel-beton este deci limitată prin atingerea deformației specifice limită a betonului.

II.6. Determinarea eforturilor unitare în grinzile compuse oțel-beton în domeniul elastic

În verificările la stările limită de exploatare și de oboseală determinarea eforturilor unitare și a săgeților se face cu metodele mecanicii construcțiilor, ca pentru corpuri omogene și elastice. Metodele de calcul acceptate pentru determinarea eforturilor au la bază următoarele ipoteze:

- valabilitatea ipotezei lui Bernoulli (secțiunile plane și perpendiculare pe axa neutră rămân plane și perpendiculare pe axa neutră și după deformarea grinzii);
- valabilitatea legii lui Hooke ;
- valabilitatea ipotezei suprapunerii efectelor ;
- modul de elasticitate constant pentru beton ;
- se neglijează eforturile date de forța tăietoare;
- secțiunea de calcul al betonului se limitează la zona comprimată a dalei; aportul nervurii de îngroșare se neglijează, chiar dacă este în zona comprimată
- se admite o interacțiune perfectă între dale de beton și grinda de oțel

În cele ce urmează se prezintă pe scurt câteva metode de calcul pentru determinarea eforturilor unitare în grinzile compuse oțel-beton în domeniul elastic.

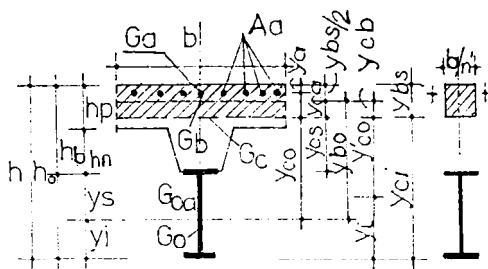
a) Metoda secțiunii transformate

Se bazează pe echivalarea secțiunii dalei comprimate de beton cu o secțiune de oțel, reducând lățimea de calcul a dalei prin împărțirea cu coeficientul de echivalență $n = \frac{E_{ot}}{E_{bet}}$ pentru încărcări de scurtă durată și $n' = k \cdot n$ unde $K = 1 + v \cdot \varphi_{cl}$. Metoda permite luarea în considerare în mod diferențiat a efectelor încărcărilor de scurtă durată și de lungă durată, sau repetate prin aplicarea modurilor de elasticitate diferențiale și specifice clasei de beton și compoziției betonului cu care se lucrează.

Astfel, de efectul curgerii lente se ține seama prin folosirea modulului deformației totale $E_{b\varphi}$ sau $E_{b\varphi}$.

Caracteristicile de calcul a secțiunii compuse se calculează diferit în funcție de cele două poziții posibile ale axei neutre. Pentru axa neutră situată în dala sau nervura de beton, caracteristicile secțiunii compuse se calculează după relațiile date în

fig.2.6., iar pentru axa neutră în grinda de oțel, după relațiile din fig.2.7. În relațiile de calcul date s-a luat în considerare și armătura de rezistență a plăcii (pentru situația când este paralelă cu axa grinzii).

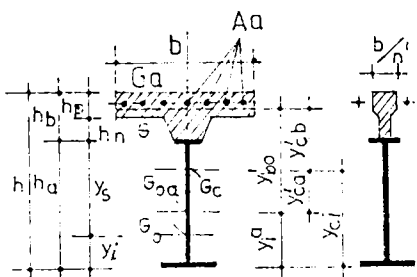


$$A_c = A_o + A_d + \frac{b y_{bs}}{n'}$$

$$y^2_{bs} + \frac{2n'A_d a}{b} y_{bs} - \frac{2n'A_d a}{b} (h y_i)^a = 0$$

$$I_c = I_{oa} + A_{oa} (y_{co})^2 + \frac{b y_{bs}^3}{3n'}$$

Fig.2.6. Caracteristici de calcul ale secțiunii compuse pentru axa neutră în dale de beton



$$A_c = A_o + A_d + \frac{A_b}{n'}$$

$$y_{ci} = y_i^a + \frac{1}{A_c} \frac{A_b}{n'} y_{bo}$$

$$I_c = I_{oa} + A_{oa} (y_{co})^2 + \frac{I_b}{n'} + \frac{A_b}{n'} y_{cb}^2$$

Fig.2.7. Caracteristici de calcul ale secțiunii compuse pentru axa neutră în grinda de oțel

b) Metoda repartizării eforturilor - are la bază aceleași ipoteze de calcul ca și metoda secțiunii transformate. Metoda permite o evaluare matematică mai exactă a stării de eforturi unitare, în funcție de valoarea caracteristicii de curgere lentă a betonului și de raportul rigidităților dalei de beton și a grinzii de oțel, necesitînd însă un calcul mai laborios.

c) Metoda fibrelor conjugate - constă în înlocuirea secțiunii transversale reale cu două fibre (prisme) convenționale, aflate la o anumită distanță, în așa fel încît deformațiile uneiu dintre ele să nu se transmită și la cealaltă, deci solicitările exterioare care acționează una din fibre, nu produce eforturi în cealaltă fibră. Dacă se cunosc deformațiile specifice și eforturile unitare în cele două fibre, pe baza ipotezei secțiunilor plane se pot determina deformațiile specifice și eforturile unitare la orice nivel al secțiunii transversale.

Prin punct de vedere al tehnologiei de execuție și al etapelor

de aplicare a încărcărilor, grinzile cu secțiunea compusă oțel - beton, au fost grupate în trei tipuri :

- tipul I, la care toate încărcările sînt preluate de secțiunea compusă
- tipul II, la care o parte din încărcări sînt preluate de grinda metalică, iar restul încărcărilor solicită secțiunea compusă
- tipul III, grinzi cu eforturi inițiale obținute prin preîncovoierea grinzilor de oțel în sens invers față de direcția acțiunii încărcării exterioare

Asemenea grinzilor compuse, plăcile cu secțiunea mixtă pot fi considerate tot de trei tipuri, I, II, III,

În categoria plăcilor compuse de tip I, intră plăcile prefabricate și cele sprijinite în faza de montaj. În categoria plăcilor compuse de tip II intră cele monolite nesprizinite, la care tabla cutată (din oțel) preia singură încărcările de greutate proprie și cea a plăcii de beton, restul încărcărilor fiind preluate de secțiunea mixtă. La acest tip de plăci, calculul se face în două etape : calculul plăcii metalice cutate și apoi calculul secțiunii compuse.

II.7. Calculul elementelor compuse oțel beton la starea limită de rezistență

II.7.1. Generalități

Momentele de încovoiere la starea limită de rezistență se determină cu luarea în considerare a comportării elastico - plastice a betonului în dală, precum și a oțelului armăturii și a celui din grinda metalică. Calculul elementelor compuse beton ușor - oțel la starea limită de rezistență este influențat de valoarea mai mică a modului de elasticitate, respectiv de valoarea mai mare a deformației specifice limită de rupere a betonului ușor față de betonul greu.

- Se acceptă că, pînă la atingerea stării limită de rezistență nu se produc lunecări în tabla cutată și dala de beton,

- Se neglijează aportul betonului în nervurile (ondulele tablei cutate.

- Atingerea curgerii armăturii în dala de beton înainte de atingerea deformației specifice de rupere (ϵ_{br}). În general, aportul acestei armături este neglijabil (se neglijează).

- Se recomandă ca secțiunea compusă să fie alcătuită astfel, înfît axa neutră la starea limită de rezistență să fie situată în dala de beton.

Legătura între efortul unitar al deformației specifice este

prezentat în fig.2.8.

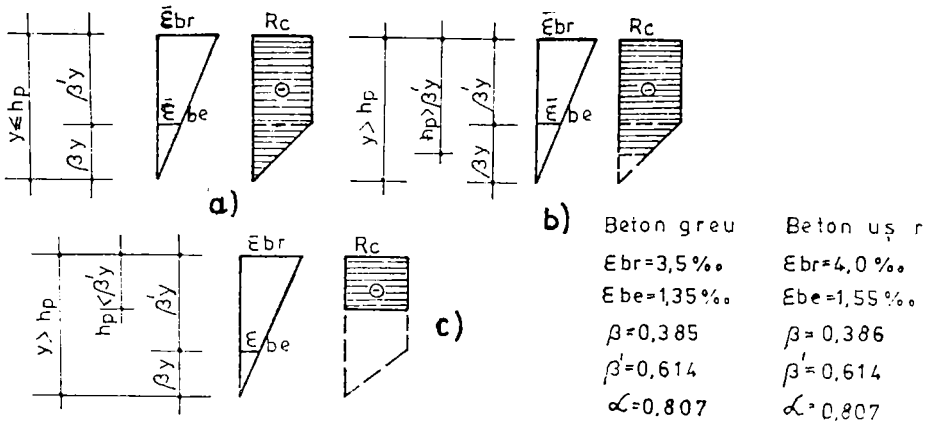


Fig.2.8. Diagramme de eforturi unitare pe dala de beton armat

II.7.2. Calculul plăcilor compuse în domeniul elastic

Calculul în domeniul elastic se utilizează pentru verificarea la starea limită de exploatare și la starea limită ultimă de oboseală. Plăcile compuse tablă cutată - beton se comportă ca o dală nervurată și dimensionarea lor se poate face ca pentru niște grinzi alăturate. Determinarea eforturilor unitare și a săgeților se face cu metodele mecanicii construcțiilor ca pentru corpuri omogene și elastice.

Ipotezele fundamentale luate în considerare sînt :

- valabilitatea legii lui Hooke
- valabilitatea ipotezelor Bernoulli
- conlucrarea perfectă între tablă și beton
- secțiunea transversală de calcul se consideră formată din tablă cutată + dală de beton comprimată + armătură flexibilă din dale de beton ; betonul din zona întinsă nu se ia în considerare.

În funcție de semnul momentului încovoietor (pozitiv sau negativ), tipul plăcii compuse (I sau II) și poziția axei neutre (în beton sau în tablă cutată) se prezintă în continuare situațiile de calcul.

II.7.2.1. Calculul la momentul pozitiv

Stadiul elastic de solicitare a secțiunii plăcii compuse se consideră limitat de atingerea deformațiilor specifice limită în fibrele extreme ale secțiunii egală cu $\epsilon_{be} = 1,35\%$, în betonul

comprimat și $\varepsilon_o = (0,8 \div 0,85)$, $\varepsilon_c = 1,6\% \div 1,7\%$ în oțel. Așa cum se arată în fig.2.9, funcție de rigiditățile celor două materiale componente, axa neutră poate să fie în placa de beton sau în tablă cutată.

Calculul plăcilor compuse se face separat pentru cele două tipuri (I și II), iar relațiile de calcul se stabilesc în funcție de poziția axei neutre.

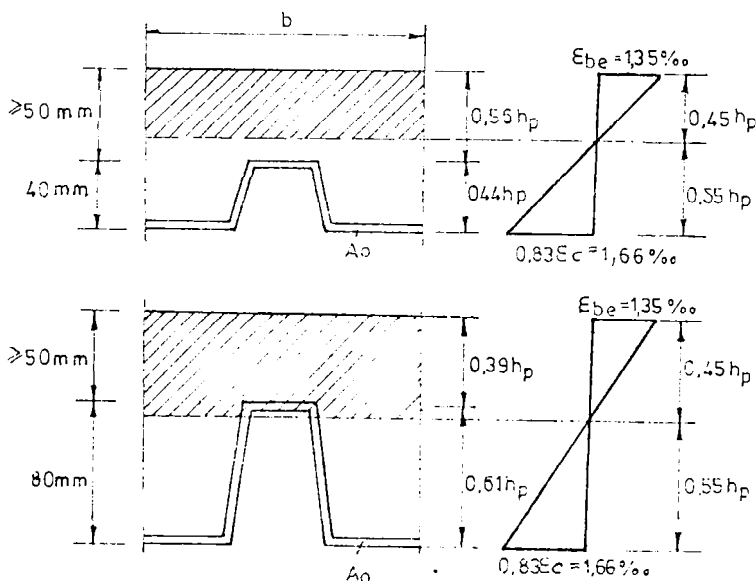


Fig.2.9. Plăci cu secțiune compusă solicitate de moment pozitiv; poziția axei neutre la limita stadiului elastic.

a) Placa compusă de tipul I.

La limita studiului elastic, ecuațiile care caracterizează comportarea secțiunii se determină pe baza stării de tensiuni prezentate în fig.2.6.

Cazul 1. Axa neutră intersectează betonul

Conform fig.2.8.a, expresiile rezultatelor tensiunilor în beton C_b și oțel T_o și a punctelor de aplicație sînt:

$$C_b = n R_c \frac{b \cdot y}{2} = \frac{R_c \cdot b \cdot y}{2} \quad (2.7)$$

$$s = \frac{y}{3}$$

$$T_o = \left[\frac{b_3 t}{2} \left(2 - \frac{2h_u + t}{h_p - y} \right) + \left(2t - \frac{t^2}{h_p - y} \right) (h_u \operatorname{tg} \alpha + b_1) - h_u^2 \operatorname{tg} \alpha \frac{t}{3(h_p - y)} + th_u \left(2 - \frac{h_u + 2t}{h_p - y} \right) \sin \delta \right] \cdot \Psi R_o \quad (2.9)$$

$$d_T = \frac{\Psi R_o b t^2}{4} \left(2 - \frac{t}{h_p - y} \right) + \frac{h_u^3 \Psi R_o}{18} \left[3(b_3 + 2t \sin \delta) \left(3 - \frac{3t + 2h_u}{h_p - y} \right) + 2h_u \left(3 - \frac{3t + h_u}{h_p - y} \right) \operatorname{tg} \alpha \right] - \frac{h_u^2 \Psi R_o}{3} \left\{ \frac{b_3}{4} \left(2 - \frac{h_u}{h_p - y} \right) \frac{3b_3 + 2h_u \operatorname{tg} \alpha}{b_3 + h_u \operatorname{tg} \alpha} + 2 h_u \left[1 - \frac{h_u}{3(h_p - y)} \right] \right\} \quad (2.10)$$

La stabilirea rezultantei întînderilor în oțel au fost utilizate tensiunile din diferitele fibre ale acestuia exprimate în funcție de R_o după cum urmează :

$$\sigma_o = \Psi R_o \frac{h_p - y - t - h_u}{h_p - y} \quad (2.11)$$

$$\sigma'_o = \Psi R_o \frac{h_p - y - h_u}{h_p - y} \quad (2.12)$$

$$\sigma''_o = \Psi R_o \frac{h_p - y - t}{h_p - y} \quad (2.13)$$

unde $\Psi = 0,8 \div 0,85$

Ecuția de proiecții

$$C_b = T_o \quad (2.14)$$

permite determinarea poziției axei neutre y .

Capacitatea portantă la limita stadiului elastic a secțiunii este dată de relația :

$$M_{cap} = C_b (h_p - s - d_T) \quad (2.15)$$

Cazul 2. Axa neutră intersectează tabla cutată

Starea de tensiuni din fig. 2.10.b. și detaliul 2.10.c. permit determinarea rezultatelor tensiunilor în beton și oțel, precum și poziția punctului lor de aplicație.

Rezultanta C_b se determină scăzînd din volumul tensiunilor în beton pe cel corespunzător suprafeței delimitate de fața exterioră a tablei cutate.

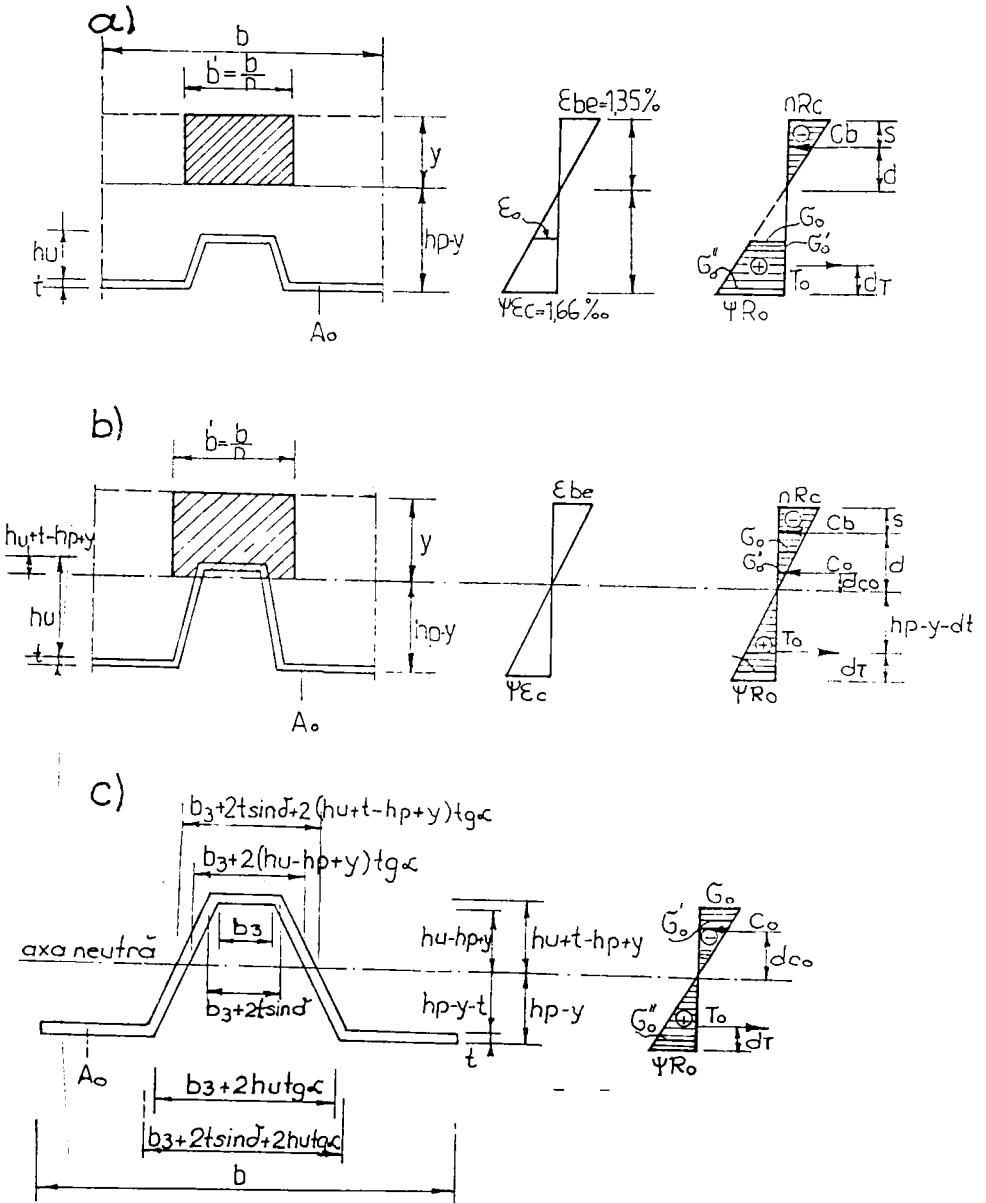


Fig. 2.10. Plăci de tip I solicitate la moment pozitiv, deformații și tensiuni
 a) axa neutră intersectează betonul;
 b) axa neutră intersectează tabla cutată;
 c) tensiuni în tabla cutată

$$C_b = \frac{n R_c b_y}{2n} - \frac{\Psi R_o (h_u + t - h_p - y)^2}{6(h_p - y)} \left[3 (b_3 + 2t \sin \delta) + 2 (h_u + t - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha \right] \quad (2.16)$$

Distanța de la punctul de aplicație al lui c_b la axa neutră d se obține din ecuația de moment față de axa neutră și este dată de relația :

$$d = \frac{L_b}{C_b} \quad (2.17)$$

unde:

$$L_b = \frac{R_c b y^2}{3n} - \frac{\Psi R_o (h_u + t - h_p + y)^3}{9(h_p - y)} \left[3 (b_3 + 2t \sin \delta) + 2 (h_u + t - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha \right] \quad (2.18)$$

Rezultanta compresiunilor în tabla cutată C_D determinată pe baza fig.2.9.c. este dată de relația :

$$C_o = \frac{\Psi R_o}{6(h_p - y)} \left\{ (h_u + t - h_p + y)^2 \left[3b_3 + 6t \sin \delta + 2(h_u + t - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha \right] - (h_u - h_p + y)^2 \left[3b_3 + 4(h_u - h_p - y) \operatorname{tg} \alpha \right] \right\} \quad (2.19)$$

Distanța d de la punctul de aplicație al lui C_o la axa neutră se obține din ecuația de momente față de această axă și este:

$$d_{CO} = \frac{L_{CO}}{C_o} \quad (2.20)$$

unde:

$$L_{CO} = \frac{\Psi R_o}{9(h_p - y)} \left\{ (h_u + t - h_p + y)^3 \left[3(b_3 + 2t \sin \delta) + 2(h_u + t - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha \right] - (h_u - h_p + y)^3 \left[3b_3 + 4(h_u - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha \right] \right\} \quad (2.21)$$

Rezultanta întinderilor T_o în tabla cutată situată sub axa neutră determinată din starea de tensiuni de pe fig.2.9.c.este :

$$T_o = \frac{\Psi R_o}{6(h_p - y)} \left\{ 3bt(2h_p - 2y - t) + (h_p - y - t) \left[3b_3 + 6t \sin \delta + 2(h_u - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha \right] - (h_p - y)^2 \left[3b_3 + 2(3h_u - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha \right] \right\} \quad (2.22)$$

Distanța de la punctul de aplicație al lui T_a la fibra cea mai întinsă a secțiunii este determinată din ecuația de moment față de această axă.

$$d_T = \frac{D_T}{T_o} \quad (2.23)$$

unde:

$$D_T = \frac{\Psi R_o (2h_p - 2y - t)bt^2}{4(h_p - y)} + \frac{\Psi R_o (h_p - y - t)^3}{18(h_p - y)} [3b_3 + 6t \sin \delta +$$

$$+ 2(3h_u - h_p + y + t)tg\alpha] + \frac{\Psi R_o t (h_p - y - t)^2}{6(h_p - y)} [3b_3 + 6t \sin \delta +$$

$$+ 2(3h_u - h_p + y + t)tg\alpha] - \frac{\Psi R_o (h_p - y)^2}{18} [3b_3 + 2(3h_u - h_p + y)tg\alpha]$$

(2.24)

Tensiunile din dreptul diferitelor fibre de oțel au fost exprimate în raport cu R_o după cum urmează :

$$\sigma_o = \Psi R_o \frac{h_p - y - t - h_u}{h_p - y} \quad (2.25)$$

$$\sigma'_o = \Psi R_o \frac{h_p - y - h_u}{h_p - y} \quad (2.26)$$

$$\sigma_o^* = \Psi R_o \frac{h_p - y - t}{h_p - y} \quad (2.27)$$

Din ecuația de proiecții

$$C_b + C_o = T_o \quad (2.28)$$

rezultă poziția axei neutre y cu care se determină capacitatea portantă a secțiunii, la formă :

$$M_{cap} = C_b (d + h_p - y - d_T) + C_o (d_{co} + h_p - y - d_T) \quad (2.29)$$

b) Placa compusă de tipul II - este placa la care o parte din încărcări sînt preluate de secțiunea mixtă. Peste starea de tensiuni din deformația inițială se suprapune starea de tensiuni și deformații corespunzătoare încărcării ulterioare (fig.2.11) Se recomandă ca tensiunile din oțel produse în prima etapă de

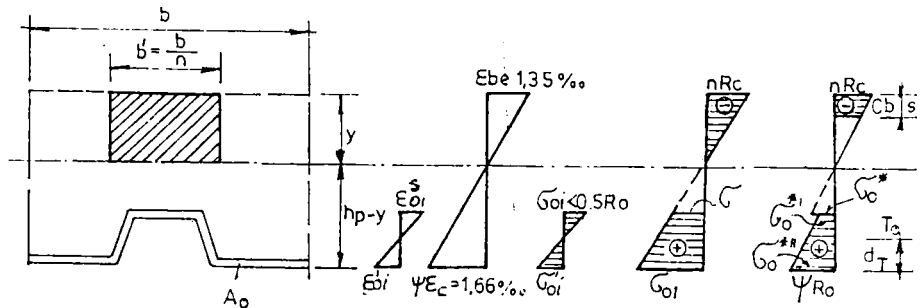


Fig.2.11. Placă de tip II solicitată la moment pozitiv, diagrame de tensiuni cînd axa neutră intersectează betonul

încărcare (σ_{oi}^s și σ_{oi}^i) să nu depășească $0,5 R_o$.

Diagrama finală a tensiunilor pe înălțimea secțiunii (fig. 2.11) permite determinarea compresiunii în beton C_b și a punctului ei de aplicație s , cu relațiile (2.7) și (2.8), respectiv determinarea rezultantei întinderilor din oțel T_o cu relația :

$$T_o = bt R_o - \frac{bt^2}{2(h_u + t)} (R_o - \sigma_o^*) + \frac{(b_3 + 2t \sin \alpha) h_u}{2(h_u + t)} [\sigma_o^* (h_u + 2t) + R_o h_u] + h_u^2 \sigma_o^* \operatorname{tg} \alpha + (R_o - \sigma_o^*) \frac{h_u^2}{6(h_u + t)} (4h_u \operatorname{tg} \alpha - 2h_u \operatorname{tg} \alpha - 3b_3) - R_o h_u (b_3 + h_u \operatorname{tg} \alpha) \quad (2.30)$$

Distanța de la T_o la fibra inferioară se calculează cu relația (2.23), în care :

$$D_T = \frac{bt^2 R_o}{2} - \frac{bt^3}{4(h_u + t)} (R_o - \sigma_o^*) + \frac{1}{6(h_u + t)} h_u^3 (b_3 + 2t \sin \alpha) R_o + \sigma_o^* (2h_u + 3t) + \frac{h_u^3 \sigma_o^* \operatorname{tg} \alpha}{9(h_u + t)} + \frac{2h_u^2}{3} (R_o - \sigma_o^*) \quad (2.31)$$

Tensiunile din diferitele fibre ale tablei cutate (fig. 2.11, a) se exprimă în funcție de rezistența ΨR_o astfel :

$$\sigma_o^* = (\Psi R_o - \sigma_{oi}^i) \frac{h_p - y - h_u - t}{h_p - y} - \sigma_{oi}^s \quad (2.32)$$

$$\sigma_o^* = \Psi R_o - (\Psi R_o - \sigma_o^*) \frac{h_u}{h_u + t} \quad (2.33)$$

$$\sigma_o^{**} = \Psi R_o - (\Psi R_o - \sigma_o^*) \frac{t}{h_u + t} \quad (2.34)$$

Ecuția de proiecții, de forma celei dată de relația (2.14) permite determinarea poziției axei neutre y , cu care se determină capacitatea portantă la limita stadiului elastic utilizând relația (2.15)

II.7.2.2. Calculul la momentul negativ [131]

În cazul plăcilor compuse, sub acțiunea unui moment negativ, comportarea în domeniul elastic se consideră limitată de atingerea unor deformații în fibre extreme care nu depășesc valorile :

$$\epsilon_a = (0,8 - 0,85) \quad \epsilon_c = (0,8 \div 0,85) \quad \frac{R_a}{E_a} \quad (2.35)$$

în barele de oțel - beton aflate în zonă întinsă.

$\epsilon_o = 1,6 \% \div 1,7 \%$ în oțelul din tabla cutată

$\epsilon_{be} = 1,35 \%$ în betonul comprimat

calculul se face separat în funcție de poziția axei neutre și în funcție de topul plăcii compuse (II, I).

Secțiunea transversală ce stă la baza calculului în cazul plă-

cailor solicitate la un moment negativ, se prevede cu axa de armătură suplimentară pentru asigurarea continuității plăcii compuse, după cum se arată în fig.2.12.

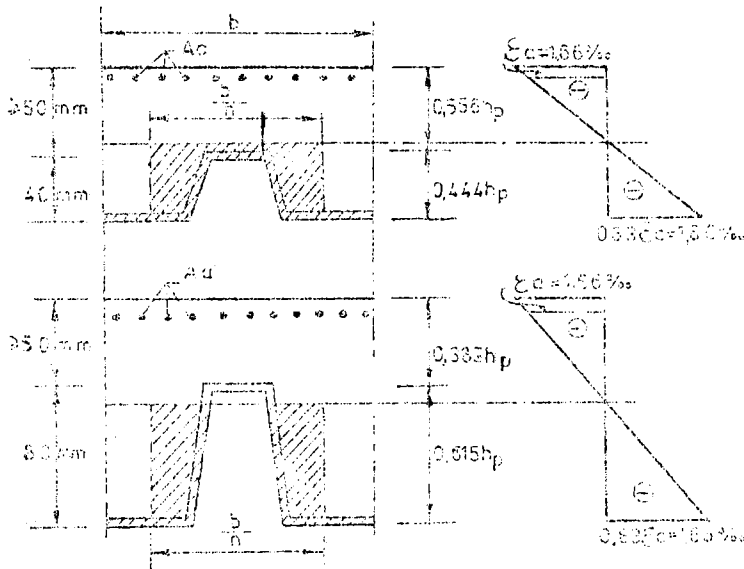


Fig.2.12. Plăci cu secțiune compusă soldoțate la moment negativ; poziția axei neutre la limita stadiului elastic

11.7.3. Calculul plăcilor compuse în domeniul elastic-plastic

Solicitarea secțiunii compuse în domeniul elasto-plastic apare la depășirea mărimii solicitării ce corespunde limitei stadiului elastic. Ea este caracterizată de faptul că în cel puțin unul dintre materialele care alcătuiesc secțiunea este depășită deformația specifică ce însoțește începerea plastificării ulterioare lui (ϵ_{bc} sau f_c), iar în celălalt este atinsă cel puțin o parte deformație.

Stadiul elasto-plastic de solicitare se poate considera și ca un stadiu limită.

11.7.3.1. Calculul plăcilor solicitate la moment pozitiv

Sub acțiunea unui moment pozitiv, comportarea în domeniul elasto-plastic a plăcilor de tip I poate fi caracterizată prin:

- poziția axei neutre în raport cu țebra cutată;
- forma diagramelor de tensiune.

Stadiile limită pe care le pot atinge plăcile de tip I sub acțiunea unui moment pozitiv sînt date în tabelul II.7.

Tabela II.7.

Stadiul limită	Tipul	Forma diagramei de tensiuni		
		Beton comprimat	oțel	
			Intindere	Compresiune
a axa neutră în be- ton	a ₁	Dreptunghi- triunghi	Dreptunghi	-
	a ₂	Dreptunghi- triunghi	Dreptunghi- trapez	-
	a ₃	Dreptunghi- triunghi	Trapez	-
b axa neutră în tablă cutată	b ₁	Dreptunghi- triunghi	Triunghi	Triunghi
	b ₂		Dreptunghi- triunghi	Triunghi

Tabela 2.7. Stadii limită sub acțiunea momentului pozitiv.

Pentru rapoartele deformațiilor specifice se utilizează următoarele notații :

$$k = \frac{\epsilon_{be}}{\epsilon_{br}} ; \quad k' = \frac{\epsilon_{br}}{\epsilon_c} ; \quad k'' = \frac{1}{k'} \quad (2.36)$$

$$\lambda = \frac{c}{be} ; \quad \rho = \frac{k}{k''} ; \quad \rho_1 = 1 - \rho$$

A. Axa neutră intersectează betonul (stadiile a₁, a₂ și a₃)
cazul a₁

Pentru starea tensiunii prezentată în fig.2.13 valorile rezultantei compresiunilor în beton și a întinderilor în oțel și distanțele de la punctele lor de aplicație la diferite fibre ale secțiunii se calculează cu relațiile :

$$C_b = R_c b y \left(1 - \frac{k}{2} \right) \quad (2.37)$$

$$T_o = A_o R_o \quad (2.38)$$

$$d = \frac{y}{3} \cdot \frac{3 - k^2}{2 - k} \quad (2.39)$$

$$s = y \left[1 - \frac{3 - k^2}{3(2 - k)} \right] \quad (2.40)$$

Punctul de aplicație al întinderilor din tabla cutată T_o coincide cu centrul de greutate al acesteia y_{GO}, iar A_o este aria tablei cutate

Ecuatia de proiectii

$$R_c \text{ by } (1 - \frac{k}{2}) = A_o R_o \quad (2.41)$$

permite determinarea pozitiei axei neutre y.

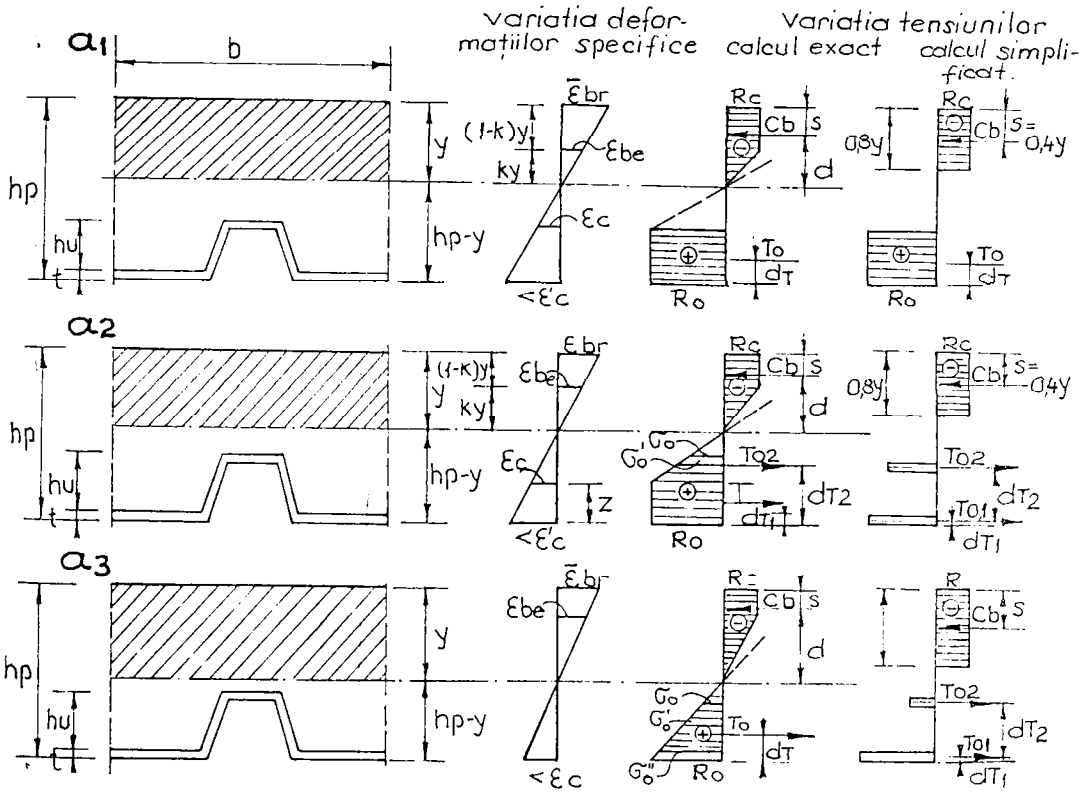


Fig.2.13. Placa de tip I solicitată în stadiul elasto - plastic la momentul pozitiv când axa neutră intersectează betonul

Momentul capabil al secțiunii, în stadiul de solicitare elasto - to - plastic al plăcii de tip I încovoiate cu moment pozitiv este :

$$M_{cap} = C_b (d + h_p - y - d_T) \quad (2.42)$$

Calculul simplificat al acestui caz presupune plastifierea integrală a betonului comprimat de înălțime $0,8 y$ și plastifierea integrală a tablei cutate. In aceste ipoteze ecuația de proiectii care permite determinarea axei neutre, de tipul relației (2.14) se mai poate scrie sub forma :

$$0,8 \text{ by } R_c = A_o R_o \quad (2.43)$$

Capacitatea portantă a secțiunii transversale la limita sta-

diului elastic

$$M_{cap} = A_o R_o (h_p - 0,4 y - d_T) \quad (2.44)$$

Cazul a₂

Starea de tensiuni ce caracterizează stadiul limită a₂ este prezentată în fig. 2.13. Rezultanta tensiunilor din beton, respectiv distanțele de la punctul ei de aplicație la axa neutră și la fibra superioară a secțiunii sînt date de relațiile (2.37), (2.39) și (2.40).

Aria tablei cutate A_{o1} de înălțime z, situată în zona pe care s-a atins și depășit deformația specifică c, se calculează cu relația :

$$A_{o1} = bt + (z-t) [b_3 + 2t \sin \delta - h_u \operatorname{tg} \alpha + (h_u + t - z) \operatorname{tg} \alpha] - z(b_3 + 2h_u \operatorname{tg} \alpha - z \operatorname{tg} \alpha), \quad (2.45)$$

Rezultanta întinderilor pe această suprafață, notată T_{o1} este :

$$T_{o1} = A_{o1} R_o \quad (2.46)$$

Punctul de aplicație al forței T_{o1} coincide cu centrul de greutate al suprafeței A_{o1}.

$$d_{T1} = \frac{1}{A_{o1}} \left\{ \frac{bt^2}{2} + (z-t) [b_3 + 2t \sin \delta - h_u \operatorname{tg} \alpha + (h_u + t - z) \operatorname{tg} \alpha] \right. \\ \left. (t + d_{II}) - z(b_3 + 2h_u \operatorname{tg} \alpha - z \operatorname{tg} \alpha) d_{IV} \right. \quad (2.47)$$

unde s-a notat :

$$d_{II} = \frac{z-t}{6} \frac{[3b_3 + 6t \sin \delta + 2h_u \operatorname{tg} \alpha + 4(h_u + t - z) \operatorname{tg} \alpha]}{[b_3 + 2t \sin \delta + h_u \operatorname{tg} \alpha + (h_u + t - z) \operatorname{tg} \alpha]} \quad (2.47.a)$$

$$d_{IV} = \frac{z}{6} \cdot \frac{3b_3 + 6h_u \operatorname{tg} \alpha - 4z \operatorname{tg} \alpha}{b_3 + 2h_u \operatorname{tg} \alpha - z \operatorname{tg} \alpha} \quad (2.47.b.)$$

Rezultanta tensiunilor în oțel, situată deasupra axei z este dată de relația :

$$T_{o2} = \frac{(h_u + t - z)}{6} \left\{ (\sigma'_o + R_o) [3(b_3 + 2t \sin \delta) + 2(h_u + t - z) \operatorname{tg} \alpha] - \right. \\ \left. - \frac{(h_u - z)}{6} \left\{ 3b_3 (\sigma'_o + R_o) + 2(h_u - z) (\sigma'_o + 2R_o) \operatorname{tg} \alpha \right\} \right. \quad (2.48)$$

iar punctul de aplicație al forței T_{o2}

$$d_{T2} = z + d^* \quad (2.49)$$

$$\text{unde: } d^* = \frac{(h_u + t - z)^2}{18 T_{o2}} \left\{ 3 \sigma'_o [3b_3 + 6t \sin \delta + 2(h_u + t - z) \operatorname{tg} \alpha] + (R_o - \sigma'_o) [3b_3 + \right. \\ \left. + 6t \sin \delta + 4(h_u + t - z) \operatorname{tg} \alpha] \right\} - \frac{(h_u - z)^2}{18 T_{o2}} \left\{ 3 \sigma'_o [3b_3 + 2(h_u - z) \operatorname{tg} \alpha] + \right.$$

$$+ (R_o - \sigma'_o) \left[3b_3 + 4(h_u - z) \operatorname{tg} \alpha \right] \quad (2.49.a.)$$

În relațiile de mai sus, tensiunile σ_o și σ'_o se pot exprima în funcție de rezistența limită R_o și de dimensiunile secțiunii de oțel (fig. 2.13) după cum urmează :

$$\sigma_o = \frac{h_p - y - t - h_u}{h_p - y - z} R_o \quad (2.50.a.)$$

$$\sigma'_o = \frac{h_p - y - h_u}{h_p - y - z} R_o \quad (2.50.b)$$

unde :

$$z = h_p - y (1 + k'') \text{ în care } k'' = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{br}}$$

Poziția axei neutre y , în cazul a_2 se poate determina din ecuația de proiecție :

$$C_b = T_{o1} + T_{o2} \quad (2.51)$$

Capacitatea portantă a secțiunii la starea limită de rezistență a plăcii compuse oțel-beton de tip I solicitată la încovoiere cu moment pozitiv, corespunzătoare stadiului limită a_2 este :

$$M_{cap} = T_{o1}(h_p - d_{T1} - S) + T_{o2}(h_p - d_{T2} - S) \quad (2.52)$$

Starea de tensiuni admisă pentru calculul simplificat al stadiului limită a_2 este dată în fig. 2.12. Rezultantele tensiunilor sînt

$$C_b = 0,8 b y R_c \quad (2.53)$$

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} \quad (2.54)$$

$$T_{o1} = 2 b_1 t R_o \quad (2.55)$$

unde:

$$\begin{aligned} T_{o2} &= (b_3 + 2t \sin \alpha + 2h_u \operatorname{tg} \alpha) t \frac{\sigma_o + \sigma'_o}{2} \approx b_2 t \frac{\sigma_o + \sigma'_o}{2} \\ &= b_2 t \frac{2(h_p - y - h_u) - t}{2(h_p - y - z)} R_o \end{aligned} \quad (2.56)$$

Dintr-o ecuație de proiecții de tipul celei date de relația (2.14) se determină poziția axei neutre y , cu care momentul capabil al secțiunii în calculul simplificat rezultă la forma :

$$M_{cap} = T_{o1} \left(h_p - \frac{t}{2} - 0,4 y \right) + T_{o2} \left(h_p - h_u - \frac{t}{2} - 0,4 y \right) \quad (2.57)$$

Cazul a_3

Stadiul limită a_3 este caracterizat de starea de tensiuni din figura 2.13.

Rezultanta compresiunilor din beton C_b și distanțele de la punctul ei de aplicație la axa neutră și la fibra superioară ale secțiunii, sînt date de relațiile (2.37), (2.39) și (2.40).

Rezultanta întinderilor în tabla cutată T_o este dată de relația :

$$T_o = \left[\frac{b_3 t}{2} \left(2 - \frac{2h_u + z}{h_p - y} \right) + \left(2 - \frac{t}{h_p - y} \right) t \cdot (h_u \operatorname{tg} \alpha + b_1) - \right. \\ \left. - h_u^2 \operatorname{tg} \alpha \frac{t}{h_p - y} + t \sin \delta h_u \left(2 - \frac{h_u + 2t}{h_p - y} \right) \right] R_o \quad (2.58)$$

Distanța de la punctul de aplicație al lui T_o la fibra cea mai întinsă a secțiunii este dată de relația (2.23) în care :

$$D_T = \frac{R_o b t^2}{4} \left(2 - \frac{t}{h_p - y} \right) + \frac{h_u R_o}{2} \left[\left(2 - \frac{2t + h_u}{h_p - y} (b_3 + 2t \sin \delta) \right) \left[t + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{h_u}{3} \cdot \frac{3h_p - 3y - 3t - 2h_u}{2h_p - 2y - 2t - h_u} \right] + \left[R_o h_u \operatorname{tg} \alpha \left(1 - \frac{h_u + 1}{h_p + y} \right) + \frac{2 h_u^2}{3(h_p - y)} \right] \left(\frac{h_u}{3} + t \right) - \right. \\ \left. - \frac{R_o h_u^2}{3} \left\{ \frac{b_3}{4} \left(2 - \frac{h_u}{h_p - y} \right) \frac{3b_3 + 2h_u \operatorname{tg} \alpha}{b_3 + h_u \operatorname{tg} \alpha} + h_u \operatorname{tg} \alpha \left[1 - \frac{h_u}{3(h_p - y)} \right] \right\} \right] \quad (2.59)$$

La stabilirea expresiei rezultantei T_o s-au utilizat tensiunile σ_o , σ'_o și σ''_o exprimate în funcție de R_o , după cum urmează :

$$\sigma_o = \frac{h_p - y - h_u - t}{h_p - y} R_o \quad (2.60)$$

$$\sigma'_o = \frac{h_p - y - h_u}{h_p - y} R_o \quad (2.61)$$

$$\sigma''_o = \frac{h_p - y - t}{h_p - y} R_o \quad (2.62)$$

Lin.ecuația de proiecții relația (2.14) se determină poziția axei neutre y , cu care se calculează apoi capacitatea portantă.

Calculul simplificat admite starea de tensiuni din fig.2.13, care conduce pentru rezultanta compresiunilor în beton C_b la o expresie de forma celei date de relația (2.53). În expresia întinderilor din oțel T_o , dată de relația (2.54) intervin :

$$T_{o1} = 2 b_1 + R_o \quad (2.63)$$

$$T_{o2} = (b_3 + 2t \sin \delta + 2h_u \operatorname{tg} \alpha) t \sigma'_o \approx b_2 t \sigma'_o = \frac{b_2 t (h_p - y - t - h_u)}{h_p - y} R_o \quad (2.64)$$

Distanțele de la punctele de aplicație ale forțelor T_{o1} și T_{o2} față de fibra inferioară sînt :

$$d_{T1} = \frac{t}{2} \quad (2.65)$$

$$d_{T2} = h_u + \frac{t}{2}$$

Cu ajutorul axei neutre determinată din ecuația de proiecții se poate calcula simplificat momentul capabil al secțiunii compuse în stadiul limită a_3

$$M_{cap} = T_{o2}(h_p - d_{T2} - s) + T_{o1}(h_p - \frac{t}{2} - s) \quad (2.66)$$

B. Axa neutră intersectează tabla cutată (stadiile b_1 și b_2)

Stadiile elasto-plastice care pot să apară la plăcile de Tip I solicitate de moment pozitiv când axa neutră taie tabla profilată în funcție de gradul de plasticizare al betonului și al oțelului sînt date în fig.2.14.

Cazul b_1

Deoarece axa neutră taie tabla cutată, la determinarea rezultantei compresiunilor în beton se scoate volumul de tensiuni de pe suprafața ocupată de tablă. Astfel, conform fig.2.14 și 2.15

$$C_b = R_c b(y - ky) + \frac{1}{2} R_c bky - V_b \quad (2.67)$$

$$V_b = \frac{(h_u + t - h_p + y)^2}{6 ky} R_c [3b_3 + 6t \sin \delta + 2(h_u + t - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] \quad (2.68)$$

respectiv

$$C_b = R_c by(1 - \frac{k}{2}) - \frac{(h_u + t - h_p + y)^2}{6 ky} R_c [3b_3 + 6t \sin \delta + 2(h_u + t - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] \quad (2.68)$$

Punctul de aplicație al rezultantei compresiunilor în beton c_b , situat la distanța d față de axa neutră (fig.2.14) se determină cu relația (2.17) în care :

$$d_b = \frac{R_c by^2}{6} (3 - k^2) - \frac{(h_u + t - h_p + y)^3}{9 ky} R_c [3(b_3 + 2t \sin \delta) + 2(h_u + t - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] \quad (2.69)$$

Pentru determinarea rezultantei compresiunilor din oțel C_o se utilizează diagrama de variație a tensiunilor din fig.2.15, din care rezultă :

$$C_o = \frac{R_o (h_u + t - h_p + y)^2}{6(h_p - y)} [3(b_3 + 2t \sin \delta) + 2(h_u + t - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] - \frac{(h_u - h_p + y)^2}{6(h_p - y)} [3b_3 + 2(h_u - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] R_o \quad (2.70)$$

Distanța de la punctul de aplicație al rezultantei compresiunilor în oțel C_o , la axa neutră d_{co} , este dată de relația (2.20) în care D_{co} se calculează cu relația :

$$D_{co} = \frac{(h_u + t - h_p + y)^3}{9(h_p - y)} [3(b_3 + 2t \sin \delta) + 2(h_u + t - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] - \frac{(h_u - h_p + y)^3}{9(h_p - y)} [3b_3 + 2(h_u - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] \quad (2.71)$$

Rezultanta întinderilor T_o în oțelul de sub axa neutră are expresia :

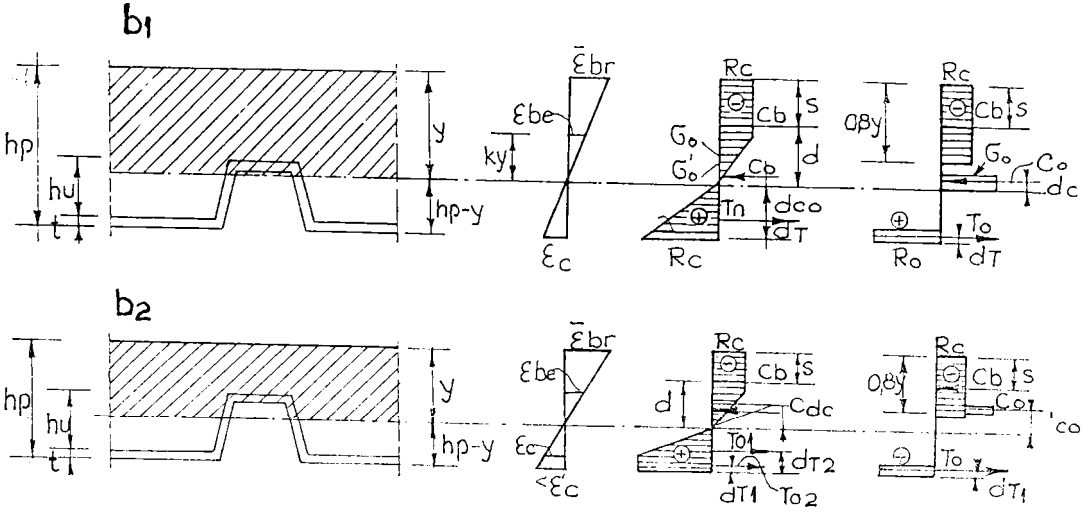


Fig. 2.14 Placa de tip I solicitată în stadiul elasto-plastic la moment pozitiv, cînd, axa neutră intersectează tabla cutată

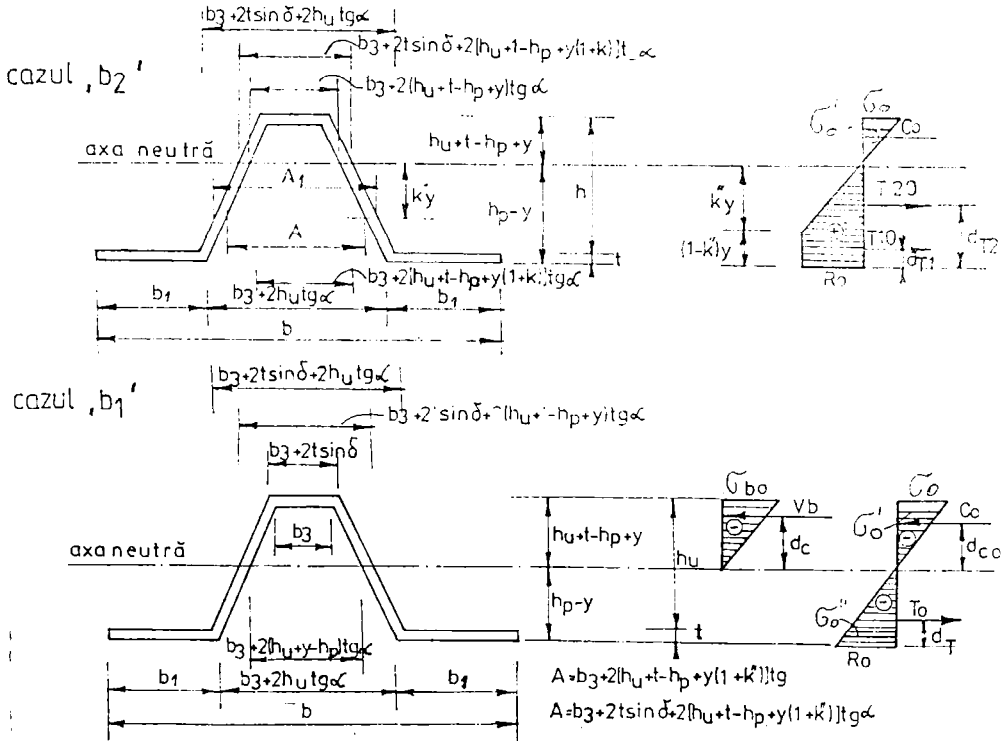


Fig. 2.15. Variația tensiunilor pe tabla cutată în cazul „b₁'” și în cazul „b₂'”.

$$T_o = \frac{R_o}{6(h_p - y)} \left\{ 3bt(2hp - 2y - t) + (hp - y - t) \left[3b_3(5y - 5hp - t) + 6t \sin \delta (hp - y - t) + 2(3h_u + h_p + y)(5y - 5h_p - t) \operatorname{tg} \alpha + 2(h_p - y - t)t \operatorname{tg} \alpha + 6t(h_p - y - t) \sin \delta \right] \right\} \quad (2.72)$$

Distanța d_T de la punctul de aplicație al lui T_o la fibra cea mai întinsă este dată de relația (2.23) în care :

$$D_T = \frac{bt R_o}{4(h_p - y)} (2h_p - 2y - t)^2 + \frac{(h_p - y - t)^3 R_o}{9(h_p - y)} \left[3b_3 + 6t \sin \delta + (3h_u + t - h_p + y) 2 \operatorname{tg} \alpha \right] - \frac{2}{3} R_o (h_p - y - t)(h_p - y) \left[3b_3 + 3(h_u - h_p + y) 2 \operatorname{tg} \alpha \right] \quad (2.73)$$

Din ecuația de proiecții, relația (2.28) se determină poziția axei neutre y . Capacitatea portantă a plăcii de secțiune compusă oțel-beton solicitată la încovăiere, corespunzător stadiului b_1 , este dată de relația (2.29).

În calculul simplificat rezultantele tensiunilor corespunzătoare stadiului b_1 sînt determinate astfel : rezultanta compresiunilor în beton C_b cu relația (2.53), respectiv rezultantele compresiunilor în oțel după cum urmează :

$$C_o = b_3 t \frac{h_u + t - h_p + y}{h_p - y} R_o \quad (2.74)$$

$$T_o = 2 b_1 t R_o \quad (2.75)$$

Poziția axei neutre y se scoate din ecuația de proiecții dată de relația (2.28), iar capacitatea portantă a secțiunii este :

$$M_{\text{cap}} = C_b \left(h_p - 0,4 y - \frac{t}{2} \right) + C_o \cdot h_u \quad (2.76)$$

La determinarea rezultatelor tensiunilor s-a ținut seama că tensiunile din diferitele fibre ale tablei cutate pot fi exprimate în funcție de R_o astfel :

$$\sigma_o = \frac{h_u + t - h_p + y}{h_p - y} R_o \quad (2.77)$$

$$\sigma'_o = \frac{h_u - h_p + y}{h_p - y} R_o \quad (2.78)$$

$$\sigma''_o = \frac{h_p - y - t}{h_p - y} R_o \quad (2.79)$$

$$\sigma'_{bo} = \frac{h_u + t - h_p + y}{ky} R_c \quad (2.80)$$

Cazul b_2

Stadiul limită b_2 este caracterizat de starea de tensiuni din fig. 2.14. Așa cum se observă, rezultanta compresiunilor din beton și punctul ei de aplicație sînt aceleași ca în stadiul b_1 .

date de relațiile (2.69) și (2.69).

Rezultanta compresiunilor din oțel C_o și distanța de la punctul ei de aplicație la axa neutră d_{co} se determină cu ajutorul fig.

$$2.15. \quad C_o = \frac{R_o (h_u + t - h_p + y)^2}{6 k'' y} [3(b_3 + 2t \sin \delta) + 2(h_u + t - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] - \frac{R_o (h_u - h_p + y)^2}{6 k'' y} [3b_3 + 2(h_u - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] \quad (2.81)$$

Distanța de la forța C_o la axa neutră d_{co} este dată de relația (2.20) în care D_o are expresia :

$$D_{co} = \frac{R_o (h_u + t - h_p + y)^3}{3k'' y} [3(b_3 + 2t \sin \delta) + 2(h_u + t - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] - \frac{R_o (h_u - h_p + y)^3}{6 k'' y} [3b_3 + 2(h_u - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] \quad (2.82)$$

Rezultatele tensiunilor din oțelul de sub axa neutră se determină cu ajutorul figurii 2.15 (cazul b_2) astfel :

- pentru zona cu distribuție uniformă :

$$T_{o1} = R_o \left\{ bt + 2 ty(1 - k'' y) \sin \delta - b_3 t + 2t^2 \sin \delta + [2h_u + t - h_p + y(1 + k'')] t \operatorname{tg} \alpha \right\} \quad (2.83)$$

$$d_{T1} = \frac{D_{o1}}{T_{o1}} \quad (2.84)$$

$$D_{o1} = R_o \frac{bt^2}{2} + R_o \left\{ b_3 + 2t \sin \delta + [2h_u + t - h_p + y(1 + k'')] \operatorname{tg} \alpha [(1 - k'') y - t] \right\} \cdot \left[t + \frac{(1 - k'') y - t}{3} \cdot \frac{3b_3 + 6t \sin \delta + 6h_u \operatorname{tg} \alpha + 4[t - h_p + y(1 + k'')] \operatorname{tg} \alpha}{2b_3 + 4t \sin \delta + 4h_u \operatorname{tg} \alpha + 2[t - h_p + y(1 + k'')] \operatorname{tg} \alpha} - \left\{ b_3 + [2h_u + t - h_p + y(1 + k'')] \operatorname{tg} \alpha \frac{(1 - k'')^2 y^2 R_o}{3} \right. \right. \\ \left. \left. \cdot \frac{3b_3 + 6h_u \operatorname{tg} \alpha + 4[t - h_p + y(1 + k'')] \operatorname{tg} \alpha}{2b_3 + 4h_u \operatorname{tg} \alpha + 2[t - h_p + y(1 + k'')] \operatorname{tg} \alpha} \right. \right] \quad (2.85)$$

- pentru zona cu distribuția liniară a tensiunilor

$$T_{o2} = R_o k'' y t \sin \delta \quad (2.86)$$

$$d_{T2} = \frac{3 - 2k''}{3} y \quad (2.87)$$

Cunoscînd rezultatele tensiunilor în beton și oțel se determină poziția axei neutre y din ecuația de proiecții

$$C_o + C_b = T_{o1} + T_{o2} \quad (2.88)$$

și cu aceasta se calculează capacitatea portantă a secțiunii pentru stadiul limită b_2 cu relația (2.29) în care :

$$d_T = \frac{T_{01} \cdot d_{T1} + T_{01} \cdot d_{T2}}{T_{01} + T_{02}} \quad (2.89)$$

Calculul simplificat admite variația tensiunilor pe secțiune ca în fig.2.18. Rezultanta compresiunilor în beton C_b se determină cu relația (2.53) iar rezultantele compresiunilor și întinderilor în Oțel cu relațiile :

$$C_o = \frac{b_3(2h_u + t - 2h_p + 2y)}{2k''y} R_o \quad (2.90)$$

$$T_o = 2b_1t R_o \quad (2.91)$$

Din ecuația de proiecții dată de relația (2.28) se scoate poziția axei neutre y , cu care se determină capacitatea portantă a secțiunii cu relația (2.75).

11.7.3.2. Calculul plăcilor solicitate la moment negativ

Sub acțiunea momentului negativ comportarea în domeniul elasto-plastic a plăcilor de tip I poate fi caracterizată în funcție de poziția axei neutre, forma diagramelor de tensiuni și de raportul între cantitatea de armătură din zona întinsă A_a și cea din zona comprimată alcătuită din tabla cutată A_o .

Din cazurile posibile de plastifiere parțială se va trata în cele ce urmează, cazul apreciat ca avînd răspîndirea cea mai largă și anume cînd armătura A_o are aria mai mare decît cea a tablei cutate ($A_a > A_o$), iar axa neutră se situează în beton.

În acest caz, betonul din zona comprimată nu poate fi neglijat (ca în cazul $A_a < A_o$)

Starea de tensiuni corespunzătoare acestui caz este prezentată în fig.2.16.a. Pe baza figurii 2.16 a și a detaliului din figura 2.16.b se pot determina rezultatele compresiunilor în oțel C_{o1} și C_{o2} și distanțele acestor forțe față de fibra inferioară a secțiunii d_{o1} și d_{o2} , astfel :

$$C_{o1} = R_o \left\{ bt + (y-y_1)(2t \sin\delta + t \cdot \text{tg}\alpha) - t[b_3 + 2t \sin\delta - (y_1 - y + 2h_u + t)\text{tg}\alpha] \right\} \quad (2.92)$$

$$\text{unde :} \quad d_{o1} = \frac{D_{o1}}{C_{o1}} \quad (2.93)$$

$$D_{o1} = R_o \frac{bt^2}{2} + \frac{R_o(y \cdot y_1 - t)^2}{6} [3b_3 + 6t \sin\delta + 6h_u \text{tg}\alpha + 4(y_1 - y + t)\text{tg}\alpha] + R_o t(y - y_1 - t) [b_3 + 2t \sin\delta + (y_1 - y + 2h_u + t)\text{tg}\alpha] - \frac{R_o(y - y_1)}{6} [3b_3 + 6h_u \text{tg}\alpha + 4(y_1 - y)\text{tg}\alpha] \quad (2.94)$$

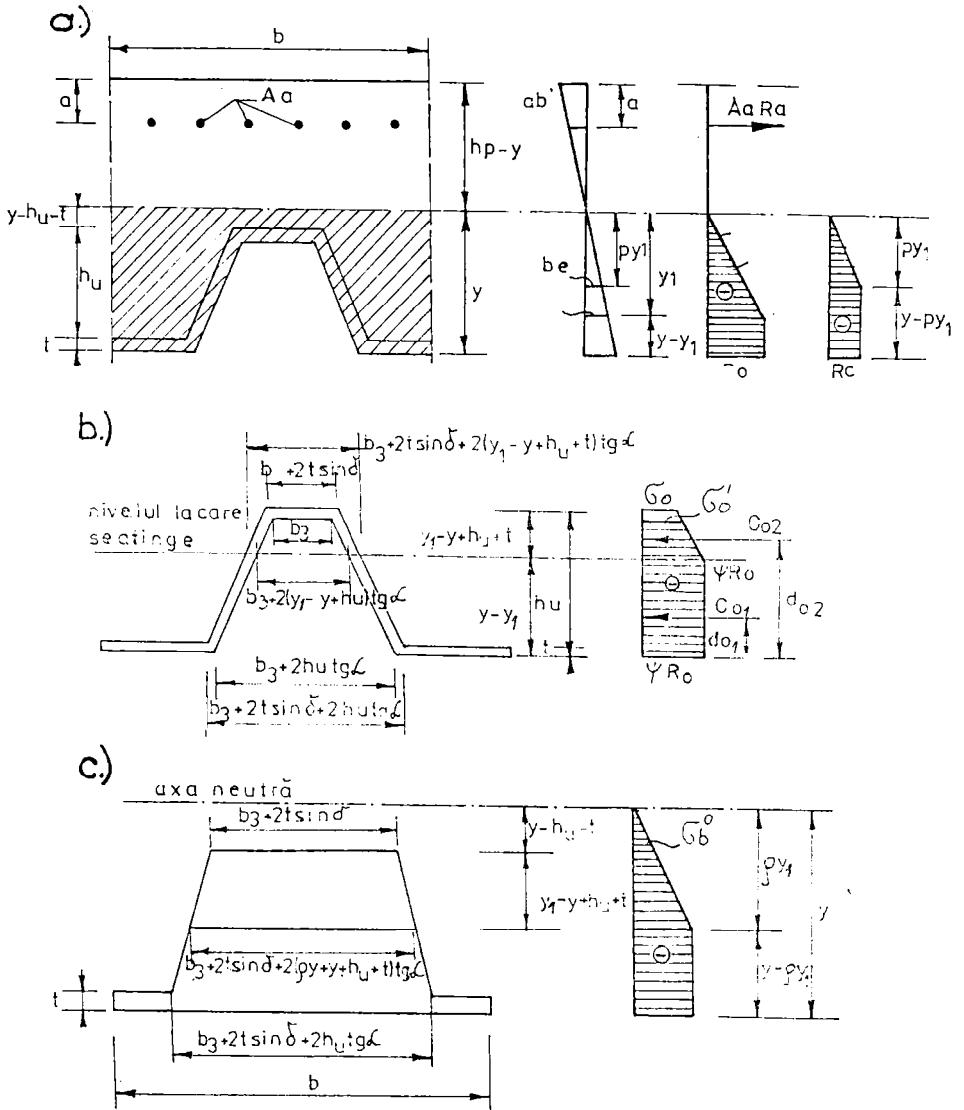


Fig. 2.16 Placa de tip I solicitată în stadiul elasto - plastic la moment negativ, când axa neutră nu intersectează tabla cutată

$$C_{o2} = \frac{R_o}{6y_1} \left\{ (y_1 - y + h_u + t) \left[3(y_1 + h + y - h_u - t)(b_3 + 2t \sin \delta) + 2(y_1 - y + h_u + t) \operatorname{tg} \alpha \right] - (y_1 - y + h_u) \left[3(y_1 + y - h_u) + 2(y_1 - y_T + h_u)(y - h_u + 2y_1) \operatorname{tg} \alpha \right] \right\} \quad (2.95)$$

$$d_{o2} = \frac{D_{o2}}{C_{o2}} + y - y_1 \quad (2.96)$$

$$D_{o2} = \frac{R_o}{18y_1} \left\{ (y_1 - y - h_u + t)^2 \left[3(b_3 + 2t \sin \delta)(y_1 + 2y - 2h_u - 2t) + \right. \right. \\ \left. \left. + 2(y - y + h_u + t)(y - h_u - t + 2y_1) \operatorname{tg} \alpha \right] - (y_1 - y + h_u)^2 \left[3(y_1 + 2y - 2h_u) + \right. \right. \\ \left. \left. + 2(y_1 - y + h_u)(y - h_u + 2y) \operatorname{tg} \alpha \right] \right\} \quad (2.97)$$

Rezultanta compresiunilor în beton se determină scăzînd volumul de tensiune în beton din dreptul suprafeței tablei cutate :

$$c_b = c_{b1} + c_{b2} - v_b^o \quad (2.98)$$

unde c_{b1} și c_{b2} sînt rezultantele tensiunilor în beton, dacă acesta ar ocupa toată zona de sub axa neutră.

$$c_{b1} + c_{b2} = \frac{R_c b}{2} (2y - \rho y_1) \quad (2.99)$$

Conform figurii 2.16.c volumul tensiunilor în beton din dreptul conturului suprafeței tablei cutate v_b^o se poate determina cu relația:

$$v_b^o = R_c b t + R_c (y - \rho y_1 + t) \left[b_3 + 2t \sin \delta + (y_1 - y + 2h_u + t) \operatorname{tg} \alpha \right] + \\ + \frac{R_c}{3\rho y_1} (\rho y_1 - y + h_u + t) \left[3(b_3 + 2t \sin \delta)(y - h_u - t) + (\rho y_1 - y + h_u + \right. \\ \left. + t)(2\rho y_1 + y - h_u - t) \operatorname{tg} \alpha \right] \quad (2.100)$$

Distanța de la punctul de aplicație al rezultantei tensiunilor în beton care se scad, față de fibra inferioară este :

$$d_{vb} = \frac{D_{vb}}{v_b^o} \quad (2.101)$$

unde:

$$D_{vb} = R_c \frac{bt^2}{2} + \frac{R_c (y - y_1 - t)^2}{6} \left\{ 3b_3 + 6t \sin \delta + 2 \left[2\rho y_1 - 2y + \right. \right. \\ \left. \left. + 2t + 3h_u \right] \operatorname{tg} \alpha \right\} + R_c t (y - y_1 - t) \left[b_3 + 2t \sin \delta + (\rho y_1 - y + 2h_u + \right. \\ \left. + t) \operatorname{tg} \alpha \right] + \frac{R_c}{18\rho y_1} (y_1 - y + h_u + t)^2 \left[9(y - h_u - t)(b_3 + 2t \sin \delta) + \right. \\ \left. + 3(2\rho y_1 + y - h_u - t) \operatorname{tg} \alpha \right] + \frac{R_c}{3\rho y_1} (\rho y_1 - y - h_u + t)(y - \rho y_1) \left[3(b_3 + \right. \\ \left. + 2t \sin \delta)(y - h_u - t) + (\rho y_1 - y + h_u + t)(2\rho y_1 + y - h_u - t) \operatorname{tg} \alpha \right] \quad (2.102)$$

Rezultanta compresiunilor în beton C_b are punctul de aplicație situat la distanța d_{cb} de fibra inferioară a secțiunii dată de relația :

$$d_{cb} = \frac{D_{cb}}{C_b} \quad (2.103)$$

unde:

$$D_{cb} = \frac{R_c b}{2} (\rho - \rho y_1)^2 + \frac{R_c b \rho y_1}{6} (3y - 2 \rho y_1) - D_{vb} \quad (2.104)$$

Rezultanta întinderilor în armătură T_a e dată de relația :

$$T_a = A_a \cdot R_a \quad (2.105)$$

iar ecuația de proiecții, relația

$$T_a = C_o + C_b \quad (2.106)$$

permite determinarea poziției axei neutre y , cu care apoi se poate calcula capacitatea portantă a secțiunii în stadiul elasto-plastic cu relația :

$$M_{cap} = C_o(h_p - a - d_o) + C_b(h_p - a - d_{cb}) \quad (2.107)$$

II.7.4. Calculul plăcilor compuse în domeniul plastic

Secțiunea compusă oțel-beton lucrează în domeniul plastic când, atât în beton cât și în oțel sînt depășite deformațiile specifice ϵ_{be} și ϵ_c .

Calculul în acest stadiu limită se face diferit funcție de tipul plăcii, semnul momentului încovoietor și mărimea acestuia.

În lucrare, este prezentat calculul secțiunii compuse oțel - beton în domeniul plastic numai pentru placa de tip I .

Calculul în domeniul plastic se face considerînd că epuizarea capacității portante a secțiunii compuse are lor prin plasticizarea completă a betonului și oțelului indiferent de poziția axei neutre.

Pentru beton se acceptă o diagramă de tensiuni dreptunghiulare pe înălțimea $0,8 y$, cu rezistența egală cu cea de calcul R_c , sau o diagramă dreptunghiulară pe înălțimea reală a zonei comprimate, cu mărimea tensiunii $0,8 R_c$.

Pentru oțel, diagrama de tensiuni este tot dreptunghiulară la valoarea R_o .

Diagramele de tensiuni admise în cazul plasticizării secțiunii conduc la relații de calcul simple, ușor de minuit, dar și la o supraapreciere a capacității portante.

II.7.4.1. Placa solicitată la moment pozitiv

Sub acțiunea unui moment pozitiv în funcție de mărimea sollicitării și de dimensiunile secțiunii transversale, axa neutră poate să intersecteze sau nu tabla cutată ca în fig. 2.17.a și b.

Calculul se dezvoltă separat pentru cele două poziții ale axei neutre.

a) Axa neutră nu intersectează tabla cutată

În fig. 2.17.a este prezentată starea de tensiuni pe secțiune când la fibra superioară a tablei cutate este atinsă deformația specifică ϵ_c . Rezultanta întinderilor de pe secțiune T_o este dată de

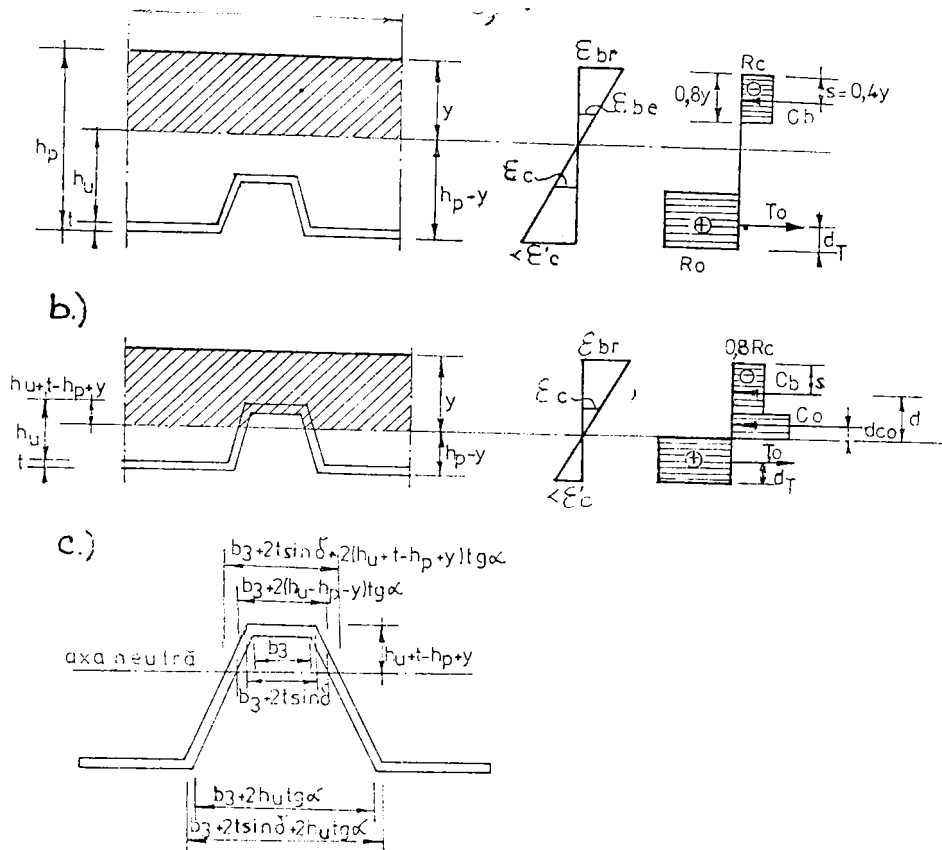


Fig. 2.17. Placa de tip I. solicitată în stadiul plastic la moment pozitiv

- a) axa neutră nu intersectează tabla cutată
 b) axa neutră intersectează tabla cutată

relația (2.38), iar rezultanta compresiunilor în beton C_o este dată de relația (2.53)

Din ecuația de echilibru, relația (2.43) se poate determina poziția axei neutre

$$y = \frac{R_o A_o}{0,8 b R_c} \quad (2.108)$$

Capacitatea portantă a secțiunii compuse în acest stadiu limită este dat de relația (2.44).

b) Axa neutră intersectează tabla cutată

În fig. 2.17. b. este prezentată situația când axa neutră taie tabla cutată și la bifa superioară a acesteia se atinge sau depășește deformația ϵ_c (cazul apare la tabla cu profile foarte adânci și strat minim de beton). În acest caz starea de tensiuni din secțiune permite determinarea rezultatelor tensiunilor și a pozițiilor acestora. Compresiunea în beton se determină scăzând volumul de tensiune din dreptul tablei cutate (din zona comprimată).

$$C_b = 0,8 R_c \left\{ b_y - (h_u + t - h_p + h) \left[b_3 + 2 t \sin \alpha + (h_u + t - h_p + y) \tan \alpha \right] \right\} \quad (2.109)$$

Distanța de la punctul de aplicație a lui C_b la axa neutră se determină cu relația (2.17) în care:

$$D_c = 0,8 R_c \left\{ 0,6 by^2 - \frac{(h_u + t - h_p + Y)^2}{6} [3b_3 + 6t \sin \delta + 2(h_u + t - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] \right\} \quad (2.110)$$

Rezultanta compresiunilor în oțel C_0 are expresia :

$$C_0 = R_0 \left\{ (h_u + t - h_p + y) [b_3 + 2t \sin \delta + (h_u + t - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] - (h_u - h_p + y) [b_3 + (h_u - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] \right\} \quad (2.111)$$

iar destinația de la punctul de aplicație al lui C_0 la axa neutră este dată de relația (2.20), unde

$$D_0 = \frac{R_0 (h_u + t - h_p + y)^2}{6} [3b_3 + 6t \sin \delta + 2(h_u + t - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] - \frac{R_0 (h_u - h_p + y)^2}{2} [3b_3 + 2(h_u - h_p + y) \operatorname{tg} \alpha] \quad (2.112)$$

Rezultanta întinderilor în tabla cutată T_0 este

$$T_0 = R_0 \left\{ bt + [b_3 + 2t \sin \delta + 2(h_u + y - h_p + t) \operatorname{tg} \alpha] (h_p - y - t) - [b_3 + (2h_u + y - h_p) \operatorname{tg} \alpha] (h_p - y) \right\} \quad (2.113)$$

iar distanța de la punctul de aplicație al lui T_0 la fibre de jos d_T este de relația (2.23) în care:

$$D_T = R_0 \left\{ \frac{bt^2}{2} + \frac{(h_p - y - t)^2}{6} [3b_3 + 6t \sin \delta + 6h_u \operatorname{tg} \alpha + 4(y - h_p + t) \operatorname{tg} \alpha] + t(h_p - y - t) [b_3 + 2t \sin \delta + (2h_u + y - h_p - t) \operatorname{tg} \alpha] - \frac{(h_p - y)^2}{6} [3b_3 + 6h_u \operatorname{tg} \alpha + 4(y - h_p) \operatorname{tg} \alpha] \right\} \quad (2.114)$$

Ecuția de proiecții dată de relația (2.28) permite determinarea poziției axei neutre y , cu care se calculează capacitatea portantă a secțiunii cu relația (2.29).

II.7.4.2. Placa solicitată la moment negativ

În fig. 2.18 este dată starea de tensiuni pentru placa avînd secțiunea compusă de tip I solicitată la moment negativ, cînd aria barelor din zona comprimată este mai mare decît aria tablei cutate ($A_0 > A_0'$) și cînd axa neutră nu taie tabla cutată.

Rezultanta tensiunilor în barele de oțel-beton T_a s-a calculat cu relația (2.105), iar rezultanta compresiunilor în tablă, cu :

$$C_0 = R_0 A_0 \quad (2.115)$$

Distanța d_0 de la punctul de aplicație al rezultantei compresiunilor în oțel C_0 la fibra cea mai comprimată a secțiunii corespunde cu distanța de la aceeași fibră la centrul de greutate al tablei cutate y_{G0} .

La determinarea rezultantei compresiunilor C_0 trebuie scăzut volumul de tensiuni în beton corespunzător suprafeței ocupate de tabla profilată.

$$c_b = 0,8 R_c \left[b(y-t) + h_u(b_3 + 2t \sin \delta) + h_u \operatorname{tg} \alpha \right] \quad (2.116)$$

Distanța d_{cb} de la fibra cea mai comprimată la punctul de

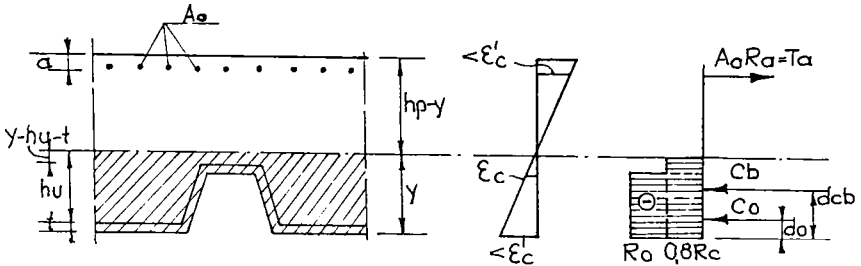


Fig.2.18. Placa de tip I solicitată în stadiul plastic la moment negativ; axa neutră intersectează betonul

aplicație al forței c_b este dată de relația :

$$d_{cb} = \frac{D_{cb}}{C_b} \quad (2.117)$$

unde :

$$D_{cb} = \frac{0,8 R_c}{6} \left[3b(by-t)^2 - h_u^2 (3b_3 + 6t \sin \delta + 2h_u \operatorname{tg} \alpha) - 6h_u t (b_3 + 2t \sin \delta + h_u \operatorname{tg} \alpha) \right] \quad (2.118)$$

Din ecuația de proiecții (2.106) se scoate poziția axei neutre cu care se determină capacitatea portantă a secțiunii cu relația (2.107).

11.8. Calculul grinzilor

Sub acțiunea încărcărilor, axa neutră a secțiunii compuse în stadiul ultim - poate trece prin placa de beton armat sau prin grinda metalică.

Cea mai avantajoasă alcătuire a grinzilor compuse este în varianta când axa neutră trece prin dala de beton armat; în această situație, cele două elemente componente - grinda de oțel și dala de beton - sînt utilizate cu eficiență maximă.

Grinzile compuse la care axa neutră în stadiul ultim de af în grinda de oțel, se împart în două categorii după gradul de agurare la stabilitate locală și generală a zonei comprimate.

a) Ginzi cu secțiune transversală compactă, dacă zona comprimată a grinzii metalice formată din talpa superioară și porțiune din inimă situată deasupra axei neutre, prezintă o rigiditate suficientă pentru a permite plasticizarea totală a secțiunii, precum și o rotire corespunzătoare, fără pierderea rezistenței prin vîglare;

b) Grinzi cu secțiune transversală svelită, când zona comprimată

mată a grinzii metalice nu prezintă o rigiditate suficientă și poate apare cedarea prin voalare a elementelor din zona comprimată, înaintea plasticizării ei.

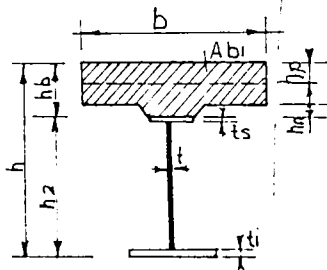
Calculul grinzilor compuse se poate face în domeniul elastic, elasto-plastic sau în domeniul plastic.

Calculul în domeniul elastic se utilizează pentru verificarea la stările limită de exploatare și de oboseală. Determinarea eforturilor unitare și a săgeților se face cu metodele mecanicii construcțiilor ca pentru corpuri omogene și elastice.

Calcul la starea limită de rezistență se poate face acceptând o comportare elasto-plastică sau plastică a grinzilor încovoiate în funcție de diagramele caracteristice tensiuni - deformații ale betonului și oțelului și a gradului de plasticizare admis pe înălțimea secțiunii compuse.

II.8.1. Secțiunea transversală de calcul

Secțiunea trasnversală de calcul a unei grinzi compuse oțel - beton este formată din grinda de oțel și placa de beton armat (fig. 2.19).



Intre placa de beton armat și grinda metalică se poate dispune o nervură de legătură sau de îngroșare a plăcii (similară unei vute) care mărește capacitatea portantă prin mărirea înălțimii totale a grinzii compuse.

II.8.2. Lățimea de calcul a plăcii de beton armat

Fig.2.19. Secțiunea transversal

Determinarea lățimii active

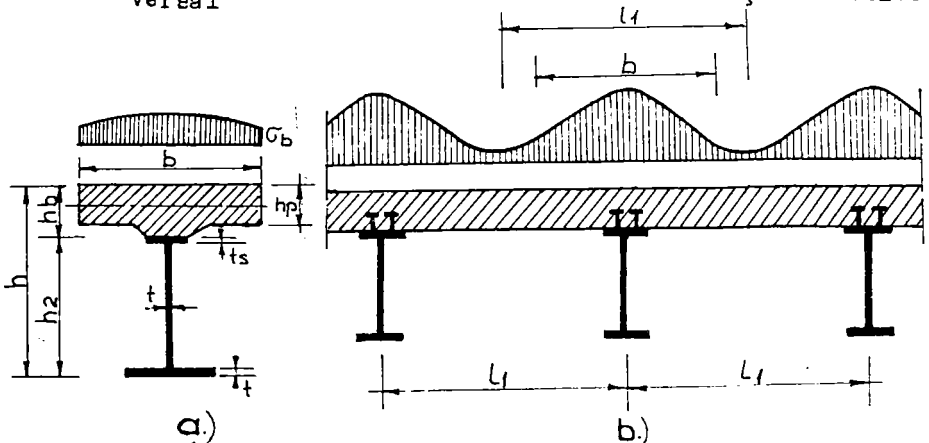


Fig.2.20. Distribuția eforturilor unitare pe lățimea plăcii de beton (b).

a) Placă de lățime mică; b) Placă de lățime mare

a plăcii diferă de la un caz relativ la altul chiar și pentru grinzi-
le cu secțiune omogenă (ex. grinzi de beton armat cu secțiunea T).

Când lățimea plăcii (b) este relativ mică - la rapoarte L/l_1
mari - sub efectul încărcărilor distribuția eforturilor unitare de
compresiune (σ_y) pe lățimea plăcii este aproape constantă (fig.
2.20a).

În cazul plăcilor late sau a distanțelor mari între grinzi,
la plăci monolite (fig. 2.20.b.), eforturile unitare de compresiune
din placă (σ_y) au intensitate maximă în dreptul grinzii (sau
spre marginea plăcii).

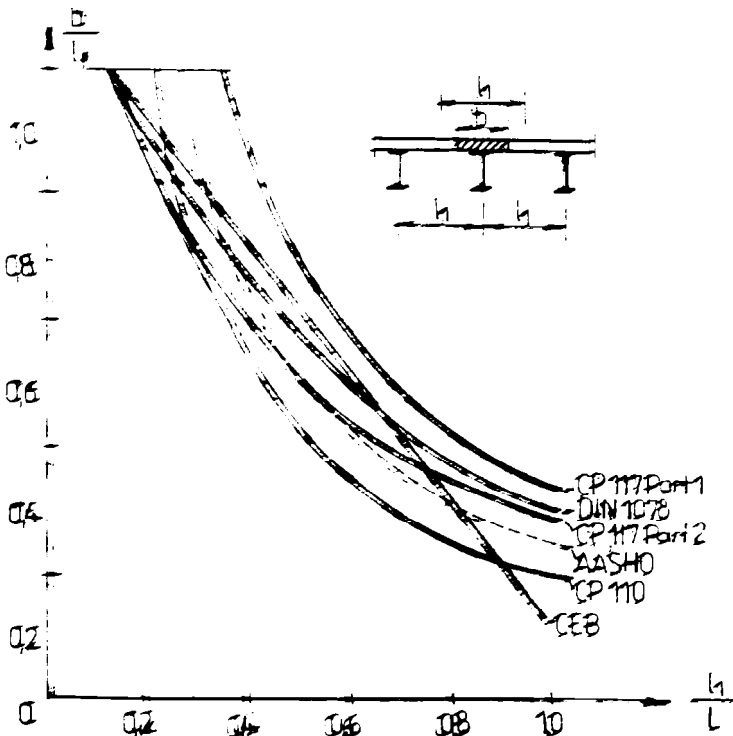


Fig. 2.21. Lățimea de calcul a plăcii

Lățimea activă de placă este influențată de o serie de para-
metri, dintre care cei importanți sînt: raportul L/l_1 , raportul
 b/l_1 , gradul de întărire, condițiile de reținer, etc; unde
 l_1 este deschiderea grinzii, iar l_2 distanța dintre grinzi metalice.

În tabelul 2.3. se prezintă modul de calcul al lățimii active
a plăcii (b), conform indicațiilor recomandărilor sau normative, iar în
fig. 2.21 se prezintă variația raportului b/l_1 în funcție de raportul
 L/l_1 pentru valori ale lui l_2 în conformitate cu mai multe normative.

Tabela II.8. Prevederi pentru calculul lăţizii active (b)_a plăcii de beton

Tabela II.8.

Norma	Formula
AASHO	$b \leq L/4$; $b \leq l_1$; $b \leq 12 h_p$
CEB	$b \leq L/8$; pentru încărcări distribuite $b \leq L/10$; pentru încărcări concentrate
CP 110	$b \leq b_g + L/5$; $b \leq l_1$
CP 117,p.I.	$b \leq L/3$; $b \leq l_1$; $b \leq b_g + 12 h_p$
CP 117,p.II.	pentru $l_1 < L/10$; $b = l_1/2$ pentru $l_1 > L/10$; $(l_1/b)^2 = 1 + 12(l_1/L)^2$
DIN 1078	pentru $l_1/L < 0,1$, $b = l_1$ pentru $l_1/L = 0,1 \div 0,6$, $b = (0,89 \div 0,5)l_1$ pentru $l_1/L > 0,6$, $b = 0,3 l_1$

Legendă : L - deschiderea
 l_1 - distanţa dintre grinzi,
 b_g - lăţimea tălpii superioare a grinzii metalice
 h_p - grosimea plăcii de beton armat.

II.8.3. Secţiunea transversală de calcul în domeniul elastic

Secţiunea transversală de calcul se obţine ca o secţiune omogenă de oţel prin transformarea secţiunii plăcii comprimate de beton armat, într-o secţiune echivalentă de oţel. Această transformare se realizează prin împărţirea lăţimii de calcul a plăcii de beton (b) cu coeficientul de echivalenţă

$$n' = k \frac{E_o}{E_b} \quad (2.119)$$

unde : k = 1 pentru încărcări de scurtă durată ;

k > 1 pentru încărcări de lungă durată, luîndu-se în considerare efectul contracţiei şi a curgerii lente asupra modului de deformare al betonului E_b .

Aria secţiunii transversale a plăcii de beton se evaluează în funcţie de poziţia axei neutre, astfel :

- cînd axa neutră se află în grinda metalică

$$A_b = b \cdot h_b \quad (2.120)$$

- cînd axa neutră trece prin placa de beton armat

$$A_b = b \cdot y_b \quad (1.121)$$

unde y_b este înălțimea zonei comprimate a plăcii de beton.

Aria de calcul (ideală) a secțiunii compuse se poate evalua cu relația :

$$A_i = A_o + A_a + \frac{A_b}{n'} \quad (2.122)$$

Momentul de inerție al secțiunii compuse de calcul este :

$$I_i = I_o + A_o y_{co}^2 + A_a y_{ca}^2 + \frac{I_b}{n'} + \frac{A_b}{n'} y_{cb}^2 \quad (2.123)$$

Poziția axei neutre a secțiunii este diferită prin ordonata y_{ci} , care se calculează cu relația :

$$y_{ci} = y_i + \frac{1}{A_i} A_a (y_{bc} + y_{ba}) + \frac{A_b}{n'} y_{bc} \quad (2.124)$$

cînd axa neutră trece prin grinda metalică, iar cînd axa neutră trece prin beton,

$$y_{ci} = h - y_{bs} \quad (2.125)$$

unde y_{bs} se obține din ecuația de gradul doi.

$$y_{bs}^2 + \frac{2n' (A_o + A_a)}{b} y_{bs} - \frac{2n'}{b} A_o (h - y_i) + n' A_o = 0 \quad (2.126)$$

În general, aria armăturii A_a din placa de beton paralelă cu grinda metalică este redusă și se poate neglija în calculul secțiunii compuse.

11.8.4. Secțiunea transversală de calcul în domeniul elasto-plastic

Secțiunea transversală de calcul în domeniul elasto - plastic (ca și în domeniul plastic) este alcătuită din grinda metalică și zona comprimată a plăcii de beton. Secțiunea de beton întinsă precum și secțiunea nervurii de îngroșare nu se ia în considerare în calcul.

Pentru calculul momentului încovoietor de rupere la starea limită de rezistență, se consideră diagrame simplificate de efort - deformații avînd formă triunghi-dreptunghi atât pentru beton (fig. 2.3 c și d) cît și pentru oțel (fig. 2.4.c).

11.8.5. Calculul în domeniul elastic (Determinarea eforturilor unitare)

- Metodele de dimensionare și verificare a eforturilor unitare au la bază următoarele ipoteze generale :

- valabilitatea ipotezei lui Bernoulli (secțiunile plane înainte de deformare, rămîn plane și după deformare);

- valabilitatea legii lui Hooke (proporționalitatea între eforturi unitare și deformații specifice);

- valabilitatea principiului suprapunerii efectelor (inclusiv din deformații impuse);
- betonul comprimat se comportă elastic și modulul de deformare este constant pe întreaga zonă comprimată;
- se neglijează deformațiile rezultate din forțe tăietoare;
- secțiunea de calcul a betonului se limitează la zona comprimată a plăcii; se neglijează betonul întins și aportul nervurii de îngroșare (chiar dacă nervura este în zona comprimată);
- se acceptă o conlucrare perfectă între dala de beton și beton armat și grinda de oțel.

Pentru calculul în domeniul elastic, se pot folosi diferite metode, ca :

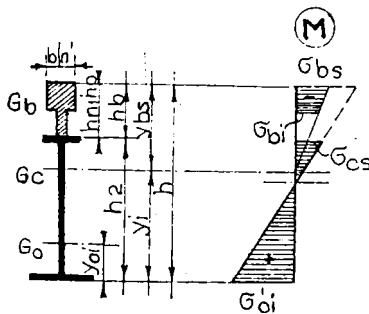
- metoda secțiunii transformate
- metoda repartizării eforturilor;
- metoda fibrelor conjugate.

Lupă cum s-a arătat, după tehnologia de execuție și etapele de aplicare a încărcărilor, grinzile cu secțiune compusă oțel - beton au fost grupate în trei tipuri :

- tipul I - la care toate încărcările de calcul sînt preluate de secțiunea compusă
- tipul II - la care o parte din încărcări sînt preluate numai de grinda de oțel, iar restul încărcărilor solintă secțiunea compusă,
- tipul III - grinzi cu eforturi inițiale obținute prin preîncovoierea grinzii de oțel în sens invers față de direcția acțiunii încărcării exterioare.

Relațiile de calcul au fost dezvoltate separat pentru fiecare dintre aceste trei tipuri de grinzi.

II.8.5.1. Grinzi compuse de tipul I



Considerînd secțiunea din fig.2.22, solicitată la un moment exterior M , eforturile unitare se determină cu relațiile :

... eforturi în grinda metalică :

$$\sigma_{oi} = \frac{M}{I_1} y_i; \quad \sigma_{os} = \frac{M}{I_1} (h_2 - y_i) \quad (2.127)$$

Fig.2.22 Eforturi unitare în grinzile compuse de tipul I - eforturi în placa de beton armat;

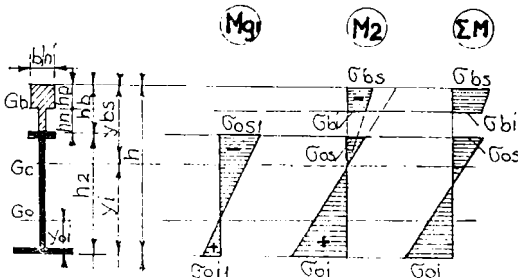
$$\sigma_{bs} = \frac{M}{n \cdot I_s} y_{bs}; \quad \sigma_{oi} = \frac{M}{n \cdot I_s} (y_{oi} - h_n) \quad (2.128)$$

unde I_i se calculează cu relația (2.121), neglijând nervura de îngroșare a plăcii.

În fig.2.22 se prezintă deasemenea diagrama de tensiuni în secțiunea compusă.

II.8.5.2. Grinzi compuse de tipul II

Acest tip de grinzi se caracterizează prin faptul că o parte de încărcări (M_{gl}) formată din reutatea



grinzii metalice și a plăcii de beton sînt prelucrate numai de grinda de oțel. Încărcările ulterioare (M_2), aplicate după întărirea betonului, sînt preluate de secțiunea compusă (fig.2.23).

Fig.2.23. Eforturi unitare în grinzi compuse de tipul II.

În fibrele extreme ale grinzii de oțel și ale plăcii de beton se calculează cu relațiile:

- în grinda de oțel :

$$\sigma_{oi} = \frac{M_{gl}}{I_0} y_{oi} + \frac{M_2}{I_1} y_i \quad (2.129)$$

$$\sigma_{os} = \frac{M_{gl}}{I_0} (h_2 - y_{oi}) + \frac{M_2}{I_1} (y_{bs} - h_p) \quad (2.130)$$

- în placa de beton armat :

$$\sigma_{bs} = \frac{M_2}{n \cdot I_1} y_{bs} ; \quad \sigma_{bi} = \frac{M_2}{n \cdot I_1} (y_{bs} - h_p) \quad (2.131)$$

II.8.5.3. Grinzi compuse de tipul III

La acest tip de grinzi se crează o stare de tensiuni inițiale prin preîncovoierea grinzii - respectiv prin realizarea unei contrasăgeți de sens invers cu săgeata rezultată din încărcările exterioare.

Pentru o secțiune la mijlocul deschiderii, se consideră următoarele solicitări :

- M_p - momentul încovoietor prin preîncovoierea grinzii (moment negativ)
- M_{gl} - momentul încovoietor din încărcarea exterioară preluat de grinda de oțel ;
- M_2 - momentul încovoietor din încărcarea exterioară preluat

de secțiunea compusă.

Diagramele de tensiuni sînt prezentate în fig. 2.24 iar valorile lor de calcul culează cu următoarele relații :

- în grinda de oțel :

$$\sigma_{oi} = \sigma_{oip} + \sigma_{oil} +$$

$$+ \sigma_{oi2} = \frac{M_p}{I_o} y_{oi} +$$

$$+ \frac{M_1}{I_o} + \frac{M_2}{I_i} y_i \quad (2.132)$$

$$\sigma_{os} = \sigma_{osp} + \sigma_{osl} + \sigma_{os2} = \frac{M_p}{I_o} (h_2 - y_{oi}) + \frac{M_1}{I_o} (h_2 - y_{oi}) + \frac{M_2}{I_i} (y_{bs} - h_b) \quad (2.133)$$

în placa de beton :

$$\sigma_{bs} = \frac{M_2}{I_i} y_{bs} ; \quad \sigma_{bi} = \frac{M_2}{I_i} (y_{bs} - h_p) \quad (2.134)$$

La acest tip de grinzi - ca și la cele de tipul II - trebuie să verifice tensiunile în grinda de oțel (σ_{oip} , σ_{oil} , σ_{osp} , σ_{osl}) și pe faze de execuție, astfel încît valorile lor să nu depășească limita de proporționalitate a rezistenței oțelului.

II.8.6. Calculul în domeniul elasto - plastic al grinzilor compuse de oțel - beton

Acceptarea comportării elasto-plastic pe înălțimea secțiunii transversale limitînd rotirea secțiunii transversale prin deformația specifică de rupere a betonului (ϵ_{br}) permite o apreciere corectă a capacității portante la starea limită de rezistență întrucît corespunde comportării reale a acestor tipuri de grinzi.

Relațiile de calcul care se obțin, luînd în considerare comportarea elasto-plastică atât a betonului cît și a oțelului, și considerînd gradul de plasticizare reală a celor două materiale, sînt mult mai complexe decît în cazul considerării unei plastici-zări complete a secțiunii sau în cazul calculului elastic.

În funcție de poziția axei neutre pe înălțimea secțiunii transversale, se disting cîte patru stadii limită, pentru fiecare din cele trei tipuri de grinzi (I, II, III). Relațiile de calcul au fost dezvoltate de Prof. V. Bota la elaborarea normelor românești de calcul [14], [22], [20], [25].

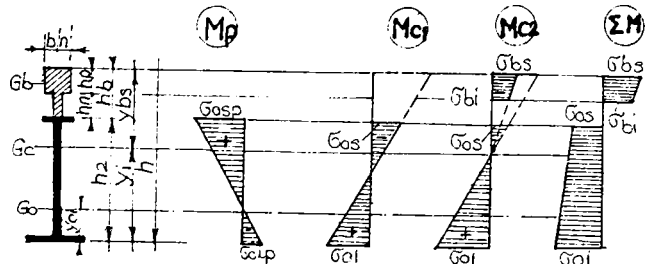


Fig. 2.24 Eforturi unitare în grinzi compuse de tipul III.

II.8.6.1. Principii de calcul

Momentele încovietoare capabile la starea limită de rezistență se determină cu luarea în considerare a comportării elasto-plastice a betonului din placă, a armăturii și oțelului din grinda metalică.

În funcție de poziția axei neutre și luând în considerare diagrama $\sigma - \epsilon$ de forma triunghi - dreptunghi (fig.2.3.), în placa de beton se pot dezvoltă trei forme ale diagramei de tensiuni (fig.2.25)

Cum s-a mai arătat, la evaluarea secțiunii de calcul se neglijează betonul întins și aportul nervurii de îngroșare. Se acceptă o interacțiune totală între placa de beton și grindă metalică până la atingerea stării limită de rezistență.

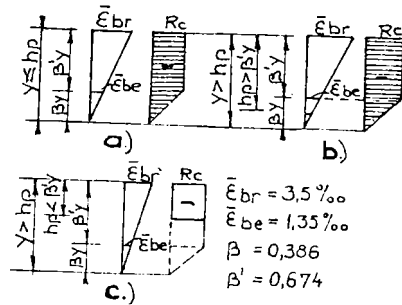


Fig.2.25 Diagrama de eforturi unitare în dale de beton armat

În cazul unei secțiuni compuse oțel-beton, starea limită de rezistență este definită fie prin atingerea deformației specifice de rupere a betonului ($\bar{\epsilon}_{br} = 3,5 \text{‰}$), fie prin limitarea deformației specifice din fibrele inferioare ale grinzii de oțel ($\epsilon_r = \epsilon'_c = 80 \text{‰}$).

Cele două deformații specifice limită se ating simultan numai la secțiunile compuse la care axa neutră este situată la distanța $y = 0,042$ față de fibra superioară a plăcii de beton. În practică, această distanță este mai mare, astfel că hotărâtoare pentru starea limită de rezistență este realizarea deformației specifice de rupere ($\bar{\epsilon}_{br}$) a betonului. În aceste condiții, în funcție de poziția axei neutre, diagrama de eforturi unitare pe înălțimea plăcii de beton poate avea una din formele indicate în fig.2.25. Grinda de oțel va lucra în domeniul elastic, sau elasto-plastic în funcție de poziția axei neutre și de natura și mărimea eforturilor unitare rezultate din acțiunile exterioare.

II.8.6.2. Grinzi compuse de tip III

Grinzile compuse de tip III reprezintă grinzi compuse cu eforturi inițiale, obținute prin preîncovoierea grinzii de oțel în sens invers față de încovoierea rezultată din încovoierea utilă.

Distribuția eforturilor unitare și a deformațiilor corespunzătoare la starea limită de rezistență, definită prin luarea defor-

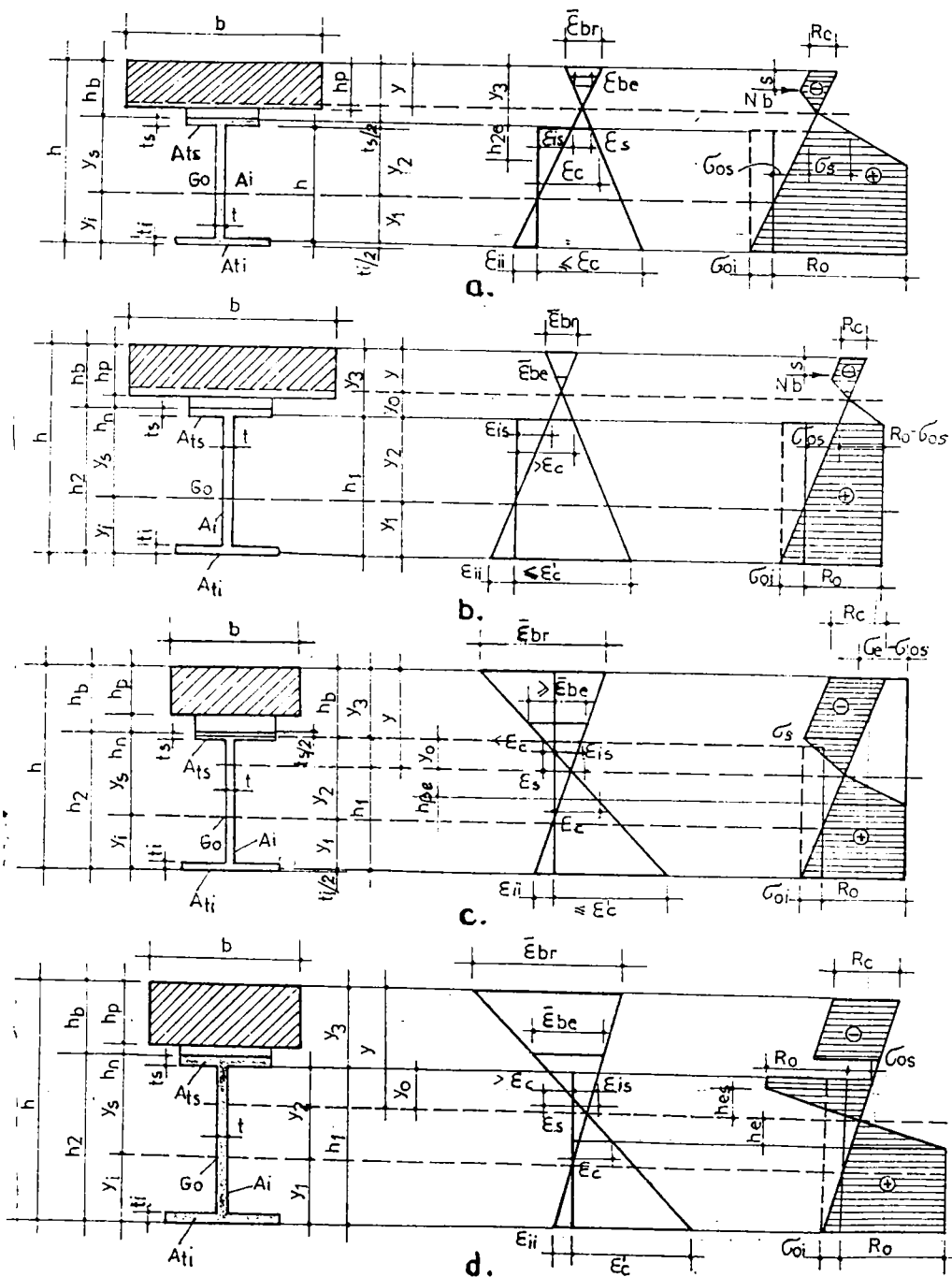


Fig.2.26 Stadii limită de rezistență la grinzile compuse de tipul III.

mației specifice de rupere a betonului $\bar{\epsilon}_{br}$, în fibrele extreme ale plăcii de beton, rezultă din fig.2.26. Fiecărei secțiunii compuse îi este caracteristic unul din aceste stadii limită (a, b, c, d) în funcție de poziția axei neutre corespunzătoare stării de rezistență.

Dacă axa neutră este situată la partea inferioară a plăcii de beton și aceasta are o îngroșare pe grinda de oțel, pentru a avea stadiul limită a₁ înălțimea acestei îngroșări trebuie să satisfacă condiția $h_n > (\lambda_{n1} - \eta) h_p$.

1) Stadiul limită "a"

- poziția axei neutre se obține din ecuația

$$A_o(R_o + \sigma_{oi}) - A_{ts}(\sigma_{oi} + \sigma_{os}) - \frac{1}{2} A_i(\sigma_{oi} + \sigma_{os}) - N_b = 0 \quad (2.135)$$

- momentul încovoietor capabil, exprimat în raport cu punctul de aplicație al forței de compresiune din beton, se calculează cu relația :

$$M_{III}^a = A_o(R_o + \sigma_{oi})(h - y_1 - s) - A_{ts}(\sigma_{oi} + \sigma_{os})(y_3 - s) - \frac{1}{2} A_i(\sigma_{oi} + \sigma_{os}) \left(\frac{1}{3} h_1 + y_3 - s \right) \quad (2.136)$$

2) Stadiul limită "b" - îi corespund următoarele condiții de echilibru :

$$A_o(R_o + \sigma_{oi}) - A_{ts}(\sigma_{oi} + \sigma_{os}) - A_{ts}(R_o - \sigma_{os} - \sigma_{2s}) - \frac{1}{2} A_i(\sigma_{oi} + \sigma_{os}) - \frac{1}{2} th_{2e}(R_o + \sigma_{os} - \sigma_{2s}) - N_b = 0 \quad (2.137)$$

$$M_{III}^b = A_o(R_o + \sigma_{oi})(h - y_1 - s) - A_{ts}(R_o + \sigma_{oi} - \sigma_{2s})(y_3 - s) - \frac{1}{2} A_i(\sigma_{oi} + \sigma_{os}) \left(\frac{1}{3} h_1 + y_3 - s \right) - \frac{1}{2} th_{2e}(R_o - \sigma_{os} - \sigma_{2s}) \left(\frac{1}{3} h_{2e} + y_3 - s \right) \quad (2.138)$$

3) Stadiul limită "c" - îi corespund următoarele condiții de echilibru:

$$A_o(R_o + \sigma_{oi}) - A_{ts}(\sigma_{oi} + \sigma_{os}) - A_{ts}(R_o - \sigma_{os} + \sigma_{3s}) - \frac{1}{2} A_i(\sigma_{oi} + \sigma_{os}) - \frac{1}{2} th_{ce}(R_o - \sigma_{os} + \sigma_{3s}) - N_b = 0 \quad (2.139)$$

$$M_{III}^c = A_o(R_o + \sigma_{oi})(h - y_1 - s) - A_{ts}(R_o + \sigma_{oi} + \sigma_{3s})(y_3 - s) - \frac{1}{2} A_i(\sigma_{oi} + \sigma_{os}) \left(\frac{1}{3} h_1 + y_3 - s \right) - \frac{1}{2} th_{ce}(R_o - \sigma_{os} + \sigma_{3s}) \left(\frac{1}{3} h_{ce} + y_3 - s \right) \quad (2.140)$$

4) Stadiul limită "d" - îi corespund următoarele condiții de echilibru :

$$A_o(R_o + \sigma_{oi}) - A_{ts}(\sigma_{oi} + \sigma_{os}) - A_{ts}(R_o - \sigma_{os} + \sigma_{3s}) - \frac{1}{2} A_i(\sigma_{oi} + \sigma_{os}) - \frac{1}{2} th_{ce}(R_o - \sigma_{os} - \sigma_{3s}) - N_b = 0 \quad (2.141)$$

$$\begin{aligned} \bar{M}_{III}^d &= A_o(R_o + \sigma_{oi})(h - y_i - s) - A_{ts}(2R_o + \sigma_{oi} + \sigma_{os})(y_3 - s) - \frac{1}{2} A_i(\sigma_{oi} + \\ &+ \sigma_{os})\left(\frac{1}{3} h_1 + y_3 - s\right) - 2ty_4 R_o \left(\frac{1}{2} y_4 + y_3 - s\right) - \frac{1}{2} th_{de} 2R_o \left(\frac{1}{3} h_{de} + \right. \\ &+ y_4 + y_3 - s) \end{aligned} \quad (2.142)$$

Distanța s și rezultanta compresiunii din beton N_b se obțin în [128 b.] Celelalte mărimi ce intră în relațiile (2.135)(2.140) sînt date mai jos :

$$h_{2e} = \frac{y(1 + \lambda_n \eta) - y_3}{y_2 - \eta y} y_2$$

$$h_{ce} = h_{3e} + y - y_3$$

$$h_{3e} = \frac{\lambda_n y_2 - \eta(y_2 - y_0)}{y_2 - \eta y} y$$

$$y_4 = y - y_3 - h_{es}$$

$$h_{de} = h_{ei} + h_{es}$$

$$h_{ei} = \frac{\lambda y_2 - \eta(y_2 - y_0)}{y_2 - \eta y} y$$

$$h_{es} = \frac{\lambda y_2 + \eta(y_2 - y_0)}{y_2 - \eta y} y$$

$$\sigma_{2s} = \sigma_{3s} = 7350 \frac{y_3 - y}{y}$$

Eforturile unitare se introduc cu valorile lor absolute.

Momentul încovoiator la starea limită de rezistență a grinzilor compuse de tip III ($M_{III}^{a,b,c,d}$) conține și momentul încovoiator care se consumă prin preluarea momentului aplicat la preîncovoierea grinzii de oțel (M_p). Trebuie ca momentul încovoiator rezultat din încărcările exterioare (după eliminarea factorilor care au produs preîncovoierea grinzii de oțel) să îndeplinească condiția :

$$M_{III}^{cap} \geq M_{g1} + M_2 - M_p \quad (2.143)$$

11.8.7. Calculul grinzilor compuse oțel-beton, în domeniul plastic

Se acceptă epuizarea capacității portante prin plasticizarea

integrală atât a betonului, cu o diagramă rectangulară pe înălțimea $0,8 y$ și cu valoarea rezistenței de calcul al betonului, cât și a oțelului, indiferent de poziția axei neutre plastice pe înălțimea secțiunii compuse. Această ipoteză a plasticizării totale conduce la relații de calcul foarte simple, dar în general conduce la o supraapreciere a capacității portante. De exemplu, pentru situația când axa neutră este în inimă profilului metalic, capacitatea portantă depășește cu pînă la 10% valoarea dată în ipoteza unei comportări elasto-plastice.

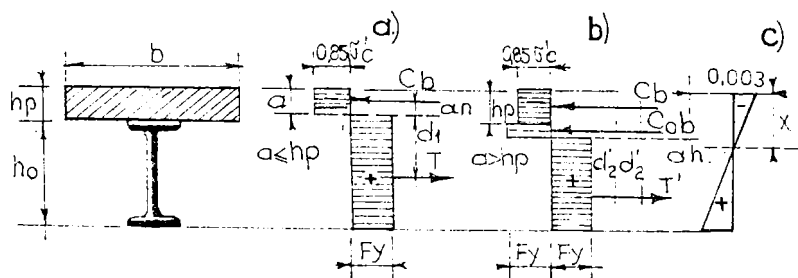


Fig. 2.27.

În [112], pe baza recomandărilor Comitetului reunit ASCE - ACI se dă o metodă de calcul a capacității portante pe baza a două poziții a axei neutre plastice (fig. 2.27)

a) placa "suficientă" - axa neutră cade în placă, zona de beton comprimată poate prelua întregul efort de compresie c (fig. 2.27a)

b) placa "insuficientă" - axa neutră cade în secțiunea de oțel, placa preia numai o parte din efortul de compresie C_{ob} și efortul de întindere T (fig. 2.27.b)

Această metodă acceptă o diagramă rectangulară pentru beton pe înălțimea a , cu valoarea $0,85$ din rezistența la compresie f'_c ; în oțel se acceptă atingerea atât la compresie cât și la întindere a limitei de curgere, F_y (secțiune compactă). Deformația specifică limită în beton la compresie este de 3% . Interacțiunea este totală și se neglijează aportul betonului întins.

Relațiile de verificare pentru cele două cazuri sînt :

- cazul a ; $A_o F_y$

$$a = \frac{A_o F_y}{0,85 f'_c b} ; \quad C_b = 0,85 f'_c a b ; \quad T = A_o F_y \quad (2.144)$$

$$M^{cap} = A_o F_y \left(\frac{h_o}{2} + hp - \frac{a}{2} \right) \quad (2.145)$$

- cazul b :

$$C_b = 0,85 f'_c b h_p ; \quad T = C_b + C_o = A_o F_y - C_o ; \quad C_o = 0,5 (A_o F_y - C_b) =$$

$$= 0,5 (A_o F_y - 0,85 f'_c b h_p) \quad (2.146)$$

$$M^{cap} = C_b \cdot d_2' + C_o \cdot d_2'' \quad (2.147)$$

În "Codul model pentru construcții mixte" [175] pentru calculul la starea limită de rezistență a grinzilor cu interacțiune totală se consideră că întreg profilul metalic și armătura longitudinală cuprinsă în lățimea de calcul a plăcii de beton armat sînt solicitate la limita elasticității de calcul. Rezistența betonului la întindere este neglijată, aria de beton comprimată este solicitată uniform la $0,8 f_{ck}/\gamma_m$ unde f_{ck} este rezistența caracteristică cilindrică iar γ_m un coeficient de siguranță parțial.

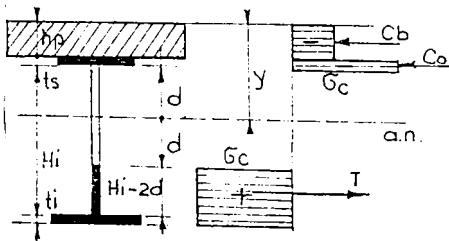


Fig. 2.28

Aceste ipoteze se referă la cazul în care axa neutră cade în placa de beton armat. Pentru cazul în care axa neutră plastică este în grinda de oțel, se recomandă ca metodă posibilă de calcul neglijarea ariei comprimate a metalului de deasupra axei neutre și a unei arii egale din partea întinsă a inimii, restul

secțiunii considerându-se plasticizată (fig. 2.28).

Avînd la bază tot ideea plasticizării secțiunii compuse, H. Bode [18] diversifică situațiile date de poziția axei neutre plastice pe înălțimea secțiunii transversale compuse. În cazul "a" în care axa neutră cade în placă, capacitatea portantă se calculează la fel ca în [112], avînd în vedere rezistențele și deformațiile specifice definite DIN 1045. Pentru situația cînd axa neutră este în secțiunea de oțel, se iau în considerare două cazuri: b) axa neutră este în talpa superioară a secțiunii de oțel și c) axa neutră este în inima grinzii de oțel.

Bode tratează numai cazul cînd grinda de oțel este formată din profile laminate dublu simetrice, iar placa de beton armat este turnată pe un cofraj de tablă cutată, cu nervurile perpendiculare pe axa longitudinală a grinzii. În acest caz se neglijează aportul betonului comprimat pe înălțimea "e" a nervurilor profilului de tablă cutată și de asemenea și aportul secțiunii profilului tablei, deoarece nu au rigiditate la încovoiere pe direcție longitudinală.

Diagramele de calcul pentru cele 3 situații sînt arătate în fig. 2.29.

Relațiile de calcul pentru definirea poziției axei neutre și a capacității portante pentru cele trei cazuri sînt:

- cazul a)

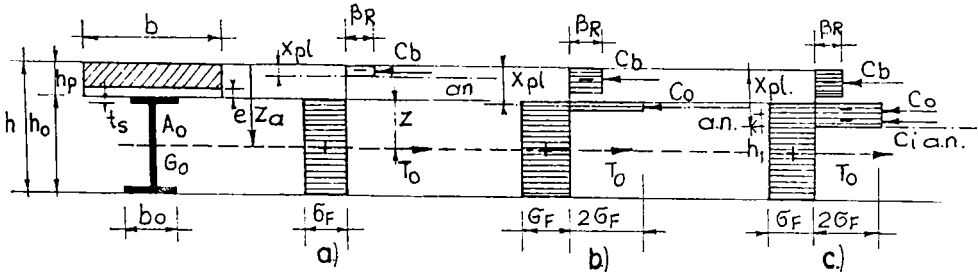


Fig. 2.29

$$x_{pl} = \frac{A_o \sigma_F}{b \cdot \beta_R} ; M_{pl} = A_o \sigma_F \left(\frac{h_o}{2} + h_p - \frac{A_o \sigma_F}{2b \beta_R} \right) \text{ pentru } \frac{x_{pl}}{h_p} \leq 1 - \frac{e}{h_p} \quad (2.148)$$

- cazul b)

$$x_{pl} = h_p + \frac{A_o \sigma_F - (h_p - e) b \beta_R}{2b_o \sigma_F} ; M_{pl} = A_o \sigma_F \left(z_a - \frac{h_p - e}{2} \right) -$$

$$- 2b_o \sigma_F (x_{pl} - h_p) \frac{x_{pl} + e}{2} \text{ pentru } h_p \leq x_{pl} \leq h_p + t_s \quad (2.149)$$

- cazul c)

$$x_{pl} = h_p + t_s + \frac{A_o \sigma_F - b(h_p - e) \beta_R - 2t_s b_o \sigma_F}{2h_i \sigma_F} ;$$

$$M_{pl} = 0,5 A_o \sigma_F (h_o + h_p + e) - t_s b_o \sigma_F (h_p + t_s + e) - h_i \sigma_F (x_{pl} - h_p - t_s) (x_{pl} + t_s + e) \text{ pentru } x_{pl} > h_p + t_s \quad (2.150)$$

În relațiile de mai sus, $\beta_R = 0,6$ este valoarea de calcul a rezistenței la compresiune, σ_F limita de curgere a oțelului, iar deformația specifică limită la compresiune a betonului se acceptă 3,5 ‰.

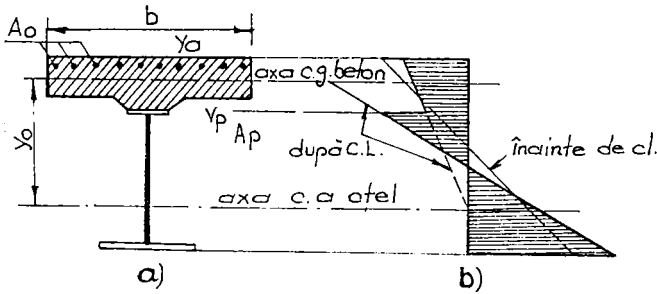
11.9. Efectul deformațiilor reologice ale betonului asupra stării de tensiune în secțiunile compuse oțel-beton

Spre deosebire de structura metalică a grinzii, în betonul din placa grinzilor compuse se produc deformații reologice (de contracție și de curgere lentă). Structurile compuse oțel-beton sînt sensibile la deformațiile de contracție și de curgere lentă, acestea influențînd distribuția eforturilor pe înălțimea secțiunii prin reducerea tensiunilor din beton și creșterea tensiunilor în grinda de oțel. Mărimea deformațiilor reologice ale betonului depinde de mai mulți factori, ca : marca (clasa) betonului ; natura cimentului mărimea tensiunilor în beton, vîrsta betonului la încărcare, umiditatea mediului, etc.

11.9.1. Grinzi compuse cu placa din beton precomprimat [39]

În figura 2.30 se prezintă secțiunea transversală a unei

element compus oțel-beton cu placa din beton precomprimat, conținând



de asemenea și armătura nepretensionată. Se utilizează notațiile :

- y_0 - distanța dintre c.g. al elementului de beton și c.g. al grinzii de oțel ;
- y_p - distanța dintre c.g. al elementului de beton și c.g. al

Fig. 2.30. Grinzi compuse cu placa din beton precomprimat
 a) secțiunea transversală ;
 b) diagrama de tensiuni înainte și după manifestarea deformațiilor de durată

armăturii nepretensionate ;

A_0, A_p, A_a - ariile secțiunilor transversale ale grinzii de oțel , a armăturii pretensionate și a celei netensionate ;

A_b - aria secțiunii din beton ;

I_b - momentul de inerție al secțiunii de beton

Dacă elementul compus este solicitat la încovoiere se pot scrie următoarele ecuații de echilibru :

$$N_b + N_o + N_p + N_a = 0 \quad (2.151)$$

$$M_b + M_o + N_o y_o + N_p y_p + N_a y_a = M_e \quad (2.152)$$

în care:

M_e - momentul încovietor exterior

Cealalți termeni N și M reprezintă forțele interne ale diferitelor componente ai secțiunii compuse.

Sub acțiunea unei încărcări permanente constante și a precomprimării, forțele interne se modifică în timp rezultînd următorul sistem:

$$\bar{N}_b + \bar{N}_o + \bar{N}_p + \bar{N}_a = 0 \quad (2.153)$$

$$\bar{M}_b + \bar{M}_o + \bar{N}_o y_o + \bar{N}_p y_p + \bar{N}_a y_a = \bar{M}_e \quad (2.154)$$

Variația eforturilor N_b și M_b în placa de beton datorită contracției și curgerii lente, se poate determina cu relațiile :

$$\Delta N_b = N_b - \bar{N}_b = - [\Delta N_o + \Delta N_p + \Delta N_a] \quad (2.155)$$

$$\Delta M_b = M_b - \bar{M}_b = - [\Delta M_o + \Delta N_o y_o + \Delta N_p y_p + \Delta N_a y_a] \quad (2.156)$$

Modificarea deformațiilor specifice ale betonului în orice fibră, produsă de variația eforturilor în beton ΔN_b și ΔM_b se

poate evalua astfel :

$$-\Delta \varepsilon_b(t) = \frac{\sigma_b(t_0)}{E_b(t_0)} \varphi(t, t_0) + \frac{\Delta \sigma_b(t)}{E_b(t_0)} [1 + \eta \cdot \Psi(t, t_0)] \quad (2.157)$$

în care:

$\sigma_b(t_0)$ - efortul unitar inițial în beton în momentul aplicării încărcării t_0 ;

$E_b(t_0)$ - modulul de elasticitate al betonului în momentul t_0 considerat constant ;

$\Delta \sigma_b(t)$ - variația efortului unitar în beton în intervalul de timp $t-t_0$

- coeficientul relaxării pentru $N=0$ și vârsta la încărcare t_0

$\varphi(t, t_0) = \xi_{cl} / \xi_e$ - caracteristica curgerii lente ;

$\varphi(t, t_0) = \varphi_N \xi(t) \rho(t-t_0)$; $\varphi_N = \varphi_0 \alpha_f \beta_f$

α_f - coeficient de funcție de dimensiunile elementului ;

β_f - coeficient în funcție de componentele betonului ;

φ_0 - coeficient în funcție de umiditatea mediului

$\xi(t)$ - coeficient în funcție de vârsta la încărcare ;

$\rho(t-t_0)$ - coeficient în funcție de timpul de menținere sub sarcină

În cazul acțiunii numai a forțelor axiale se va putea scrie

$$\Delta \varepsilon_N(t) = \frac{N_b(t_0)}{E_b(t_0) A_b} \varphi(t, t_0) + \frac{\Delta N_b(t)}{E_b(t_0) A_b} [1 + \eta \cdot \Psi(t, t_0)] \quad (2.158)$$

unde : $N_b(t_0)$ - forța inițială (pentru $t=t_0$) în beton, incluzînd și forța de pretensionare ce acționează asupra elementului de bet

$\Delta N_b(t)$ - variația forței axiale din beton la timpul t

Deformația specifică dependentă de timp în cazul solicitării de încovoiere, la distanța y față de centrul de greutate a secțiunii de beton este :

$$\Delta \varepsilon_M(t) = \frac{M_b(t_0)y}{E_b(t_0) I_b} \varphi(t, t_0) + \frac{M_b(t)y}{E_b(t_0) I_b} [1 + \eta \varphi(t, t_0)] \quad (2.159)$$

unde $M_b(t_0)$ - momentul încovoietor inițial (la vârsta t_0) pentru secțiunea de beton ;

$\Delta M_b(t)$ - variația momentului în secțiunea de beton la timpul

Curvura în timp se va putea exprima cu relația $\frac{1}{R} = \frac{\varepsilon_M(t)}{y}$

Pentru determinarea mărimii forțelor necunoscute din ecuațiile (2.155) + (2.156) pe baza compatibilității deformațiilor specifice, astfel : modificarea curburii în grinda de oțel trebuie să fie aceeași cu cea a elementului de beton, iar schimbarea deformațiilor specifice în fibrele y_o , y_p și y_a trebuie să fie aceeași.

Ecuațiile ce rezultă sînt :

$$\frac{1}{E_b(t_o)I_b} [M_b(t_o)\varphi + \Delta M_b(t)(1+\eta\varphi)] = \frac{\bar{M}_o(t)}{E_b I_o} \quad (2.160)$$

$$\frac{1}{E_b(t_o)A_b} [N_b(t_o)\varphi + \Delta N_b(t)(1+\eta\varphi)] = \frac{\bar{N}_o(t)}{E_o A_o} \quad (2.161)$$

$$\frac{1}{E_o(t_o)A_b} [N_b(t_o)\varphi + \Delta N_b(t)(1+\eta\varphi)] + \frac{y_p}{E_b(t_o)I_b} [M_b(t_o)\varphi + \Delta M_b(t)(1+\eta\varphi)] = \frac{\bar{N}_p(t)}{E_p A_p} \quad (2.162)$$

$$\frac{1}{E_b(t_o)A_b} [N_b(t_o)\varphi + \Delta N_b(t)(1+\eta\varphi)] + \frac{y_a}{E_b(t_o)I_b} [M_b(t_o)\varphi + \Delta M_b(t)(1+\eta\varphi)] = \frac{\bar{N}_a(t)}{E_a A_a} \quad (2.163)$$

Avem deci la dispoziție pentru rezolvarea problemei ecuațiile (2.155), (2.156), (2.160), (2.161), (2.162), (2.163).

În unele cazuri se pot face simplificări importante. De exemplu, armătura pasivă din placă se poate neglija, sau centrul de greutate al armăturilor din placă poate coincide cu centrul de greutate a secțiunii de beton.

II.9.2. Grinzi compuse cu placa din beton simplu

Considerînd o secțiune compusă oțel-beton cu placa nearmată, ecuațiile (2.155) și (2.156) devin :

$$\Delta N_b = - \Delta N_o \quad (2.164)$$

$$\Delta M_m = - \Delta M_o - \Delta N_o(t)y_o \quad (2.165)$$

Din ecuațiile (2.160)...(2.163) rezultă :

$$\Delta M_o(t) = \frac{E_o I_o [M_b(t_o)\varphi - N_p y_p (1+\eta\varphi)]}{E_b(t_o) I_b + E_o I_o (1+\eta\varphi)} \quad (2.166)$$

$$\Delta N_o(t) = \frac{N_b(t_o) + \frac{M_b(t_o) A_o y_o E_b(t_o)}{E_b(t_o) I_b + E_o I_o (1 + \eta \varphi)} \varphi}{1 + \eta \varphi + \frac{E_o A_o + y_o (1 + \eta \varphi) A_b E_b(t, t_o)}{E_b(t_o) I_b + E_o I_o (1 + \eta \varphi)}} \quad (2.167)$$

Efectul contracției se poate lua în considerare prin introducerea termenului $\epsilon_c(t) E_b(t_o) A_b$ la numărătorul ecuației (2.164).

Se pot introduce următoarele notații :

$$\sigma_b^N = \frac{N_b(t_o)}{A_b}; \quad \sigma_b^M = \frac{M_b(t_o) y_o}{I_b} \quad (2.168)$$

$$\mu = \frac{A_a}{A_b}; \quad n_o = \frac{E_a}{E_b(t_o)}; \quad r^2 = \frac{I_b}{A_b}; \quad r_o^2 = \frac{I_o}{A_o}$$

Variația eforturilor unitare în dreptul centrului de greutate al grinzii de oțel datorită curgerii lente și contracției este

$$\Delta \bar{\sigma}_a(t) = \frac{\Delta N_o(t)}{A_o} \quad (2.169)$$

$$\Delta \bar{\sigma}_o(t) = \frac{n_o \varphi(t, t_o) \left\{ \sigma_b^N + \frac{\mu n_o [1 + \eta \varphi(t, t_o)] r_o^2}{r^2 + \mu n_o [1 + \eta \varphi(t, t_o)] r_o^2} \right\} + E_o \epsilon_c(t)}{1 + \mu n_o [1 + \eta \varphi(t, t_o)] \left\{ 1 + \frac{r_o^2}{\mu n_o [1 + \eta \varphi(t, t_o)] r_o^2} \right\}} \quad (2.170)$$

Cunoscînd $\Delta \bar{\sigma}_o(t)$ se poate determina modificarea efortului unitar în dreptul centrului de greutate al plăcii de beton din relația :

$$\Delta \bar{\sigma}_b(t) = - \mu \Delta \bar{\sigma}_a(t) \quad (2.171)$$

11.9.3. Cazul particular al neglijării rigidității la încovoiere al plăcii de beton

Dacă rigiditatea la încovoiere a plăcii este mică în comparație cu rigiditatea la încovoiere a grinzii de oțel, adică se poate considera că $I_b = r^2 = 0$, ecuația (2.167) devine :

$$\bar{\sigma}_o(t) = \frac{n_o \varphi(t, t_o) \sigma_b^N + E_o \epsilon_o(t)}{1 + \mu n_o [1 + \eta \varphi(t, t_o)]} \quad (2.172)$$

În figura 2.29.b. se prezintă un exemplu al distribuției eforturilor unitare în grinda compusă oțel-beton înainte și după manifestarea deformațiilor de durată ale betonului.

11.9.4. Prevederi ale normelor românești de calcul 145

Deformațiile de contracție și de curgere lentă ale betonului din placă, fiind împiedicate de prezența grinzii metalice,

produc în centrul de greutate al secțiunii de beton o forță de întindere egală cu :

$$N_c = \bar{\epsilon}_c E_b \bar{\varphi} A_b \quad (2.173)$$

unde $\bar{\epsilon}_c$ este deformația de contracție și de curgere lentă a betonului.

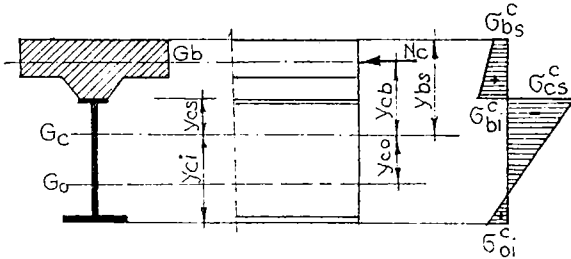


Fig.2.31. Secțiuni compuse:diagrama de tensiuni datorată deformațiilor de durată ale betonului

oțel și ale dalei de beton (fig.2.31) se calculează cu relațiile:

$$\sigma_{oi}^c = N_c \left(-\frac{1}{A_i} + \frac{y_{cb}y_{ci}}{I_i} \right); \quad \sigma_{os}^c = N_c \left(-\frac{1}{A_i} - \frac{y_{cb}y_{cs}}{I_i} \right) \quad (2.174)$$

$$\sigma_{bi}^c = \frac{N_c}{A_b} - \frac{N_c}{n^2} \left(\frac{1}{A_i} + \frac{y_{cb}y_{cs}}{I_i} \right); \quad \sigma_{bs}^c = \frac{N_c}{A_b} - \frac{N_c}{n^2} \left(\frac{1}{A_i} + \frac{y_{cb}y_{bs}}{I_i} \right) \quad (2.175)$$

unde : A_i și I_i sînt caracteristice geometrice ale secțiunii ideale (echivalente)

II.10. Elemente de legătură

II.10.1. Rolul elementelor de legătură. Clasificare

Elementele de legătură au rolul de a prelua, după distrugerea aderenței, forfecarea dintre dala de beton și grinda de oțel și de a împiedica tendința de ridicare a dalei (fig.2.1).

Tendința de separare verticală a dalei (prezentînd aceeași variație în lungul grinzii ca și forțele de lunecare), se datorează rigidităților mult diferite a celor două elemente componente, ceea ce duce la deformații din încovoiere diferite.

Din fig.2.32 se observă că deformațiile verticale datorită forței tăietoare sînt mai mari la grinda de oțel, care preia aproape integral forța tăietoare. Elementele de legătură preiau forța de lunecare datorită forței tăietoare la interfața beton-oțel, distribuția forței de lunecare în lungul grinzii depinzînd de încărcare.

Rezultă deci că elementele de legătură trebuie astfel an-

corate în betonul plăcii încît să reziste tendinței de ridicare iar poziția în lungul grinzii trebuie teoretic să urmărească diagrama de lunecări.

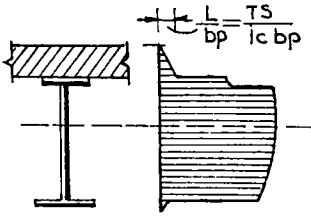


Fig. 2.32.

lunecarea pe suprafața de contact scade în timp (1-3 ani), motiv pentru care se recomandă ca la proiectarea elementelor de legătură să nu se țină seama de efectul curgerii lente, dimensionarea făcîndu-se în faza inițială de exploatare.

Contractia betonului duce la scăderea eforturilor de lunecare în cazul grinzilor simplu rezemate ; în timp, eforturile din contracție scad datorită efectului curgerii lente, de aceea în proiectare se neglijează.

Variațiile de temperatură produc lunecări între beton și oțel, care în general au valori mici.

Elementele de legătură se clasifică după gradul de interacțiune pe care îl realizează între grinda de oțel și placa din beton, în elastice și rigide.

Elementele de legătură elastice sau flexibile permit mici lunecări elastice sau plastice (remanente), atât din cauza deformațiilor plastice a betonului supus la strivire locală, cît mai ales din cauza flexibilității proprii, care permite redistribuirea forțelor de lunecare în lungul grinzii.

Elementele de legătură rigide nu permit lunecări, asigurînd o conlucrare perfectă între dală și grindă.

II.10.2. Stări limită ale elementelor de legătură

Elementele de legătură și conexiunea realizată de ele între dale din beton și grindă metalică trebuie să reziste la aceleași încărcări (de exploatare sau ultime) la care se verifică grinda compusă oțel-beton, deci trebuie calculate la aceleași stări limită. Sudurile care leagă elementele de legătură de grinzile metalice se dimensionează pentru aceleași condiții de solicitare ca și elementele de legătură.

Starea limită de rezistență este definită prin :

• capacitatea portantă, în cazul elementelor de legătură

- lunecarea remanentă, în cazul elementelor de legătură flexibile,

Verificarea se face sub efectul încărcărilor de calcul, cu metoda de calcul admisă pentru grinda compusă.

Starea limită de exploatare este definită prin limitarea încărcărilor de exploatare în așa fel încât să nu se reducă gradul de conlucrare admis.

Starea limită de oboseală limitează numărul de cicluri al încărcărilor repetate pentru care se atinge un anumit nivel al eforturilor unitare sau al lunecărilor.

II.10.3. Calculul forței de lunecare

II.10.3.1. Starea limită de rezistență

Forța de lunecare L_p se determină ținând seama de comportarea elasto-plastică a secțiunii compuse oțel - beton la atingerea stării limită de rezistență-

Forța de lunecare este egală cu forța de compresiune din beton, a cărei mărime depinde de poziția axei neutre plastice.

$$L_p = N_b \quad (2.176)$$

Dacă se compară forța de compresiune din beton, N_b dată de metoda exactă (relații date din [130]) cu N_b conform metodei originale propusă în [130] exemplele de calcul analizate arată o diferență de maxim + 4 %, deci valoarea forței de compresiune determinată cu metoda de calcul simplificată este suficient de exactă, fiind ușor acoperitoare față de metoda exactă.

Se observă de asemenea din compararea valorilor lui N_b că, în cazul când secțiunea grinzii de oțel este asimetrică, păstrind aceeași secțiune de oțel ca pentru grinda simetrică, diferențele scad practic la zero.

Deci forțele de lunecare se pot calcula cu relațiile :

- pentru stadiile limită corespunzătoare cazurilor I și II

$$L_p = N_b = 0,8 b_p \cdot y \cdot R_c \quad (2.177)$$

- pentru stadiile limită corespunzătoare cazurilor III și IV

$$L_p = N_b = b_p h_p \cdot R_c \quad (2.178)$$

II.10.3.2. Starea limită de oboseală

Forța de lunecare L_o se determină pentru efectul încărcărilor care produc oboseală, în domeniul elastic, luând în considerare diferența între efortul unitar de lunecare maxim și minim ($\Delta \tilde{\sigma} =$

$(= \tilde{T}_{\max} - \tilde{T}_{\min})$ în timpul unui ciclu de încărcare.

II.10.3.3. Starea limită de exploatare

Forța de lunecare L se determină în ipoteza comportării elastice a secțiunii compuse, presupunând interacțiunea completă. Admițând metoda secțiunii transformate, forța de lunecare este :

$$L = \frac{TAY}{I_c} \quad (2.179)$$

unde:

- T - este forța tăietoare în secțiunea de calcul, rezultată din încărcările de exploatare la care se verifică și secțiunea compusă
- A - este aria transversală a betonului, în funcție de poziția axei neutre și de coeficientul de echivalență n' , prin care se ia în considerare durata acțiunilor (încărcare de scurtă sau de lungă durată).
- I_c - este momentul de inerție al secțiunii compuse în raport cu axa neutră elastică.
- y - este distanța de la centrul de greutate al ariei transformate A la centrul de greutate al secțiunii compuse.

II.10.4. Capacitatea portantă a elementelor de legătură la starea limită de rezistență

II.10.4.1. Elemente de legătură elastice

Capacitatea portantă a elementelor de legătură elastice este dată de forța de lunecare pentru care lunecarea este de cel mult 0,1 mm. În continuare, se prezintă cele mai des folosite elemente de legătură elastice.

Bara spirală (fig.2.33) poate prelua forțe de lunecare alter-nante ca direcție, dar nu poate fi folosită la elemente de placă prefabricate. Capacitatea portantă este funcție de rezistența beto-nului la compresiune și diametrul barei spirale :

$$L_c = 1440 d_s \sqrt[4]{R_c} \quad (2.180)$$

Bare înclinate (fig.2.34). Forța de lunecare acționând asupra unei bare înclinate se poate descompune într-o forță de întindere, N și o forță de forfecare, T :

$$N = L \cos\alpha \quad ; \quad T = L \sin\alpha$$

Dacă se pune condiția atingerii simultane a rezistenței la întindere și forfecare, capacitatea portantă a unei bare înclinate se poate determina cu formula :

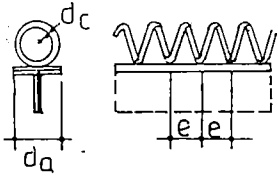


Fig. 2.33

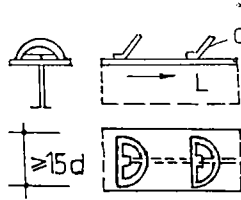


Fig. 2.35

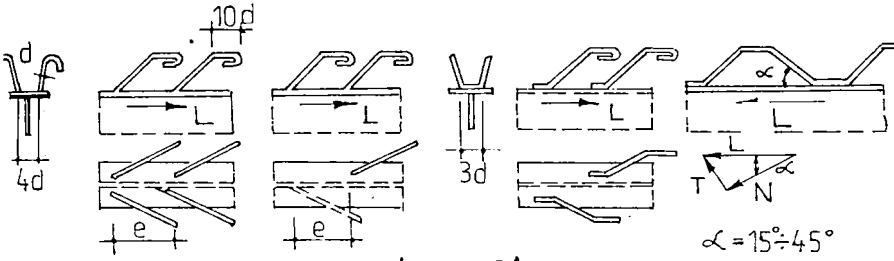


Fig. 2.34

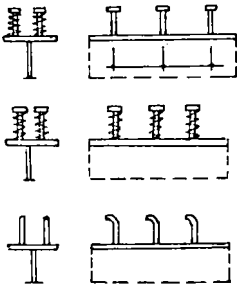


Fig. 2.36

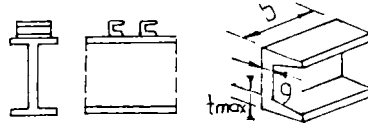


Fig. 2.37

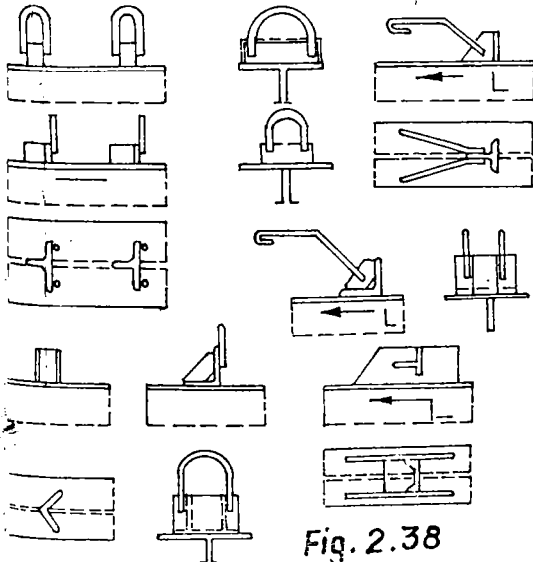


Fig. 2.38

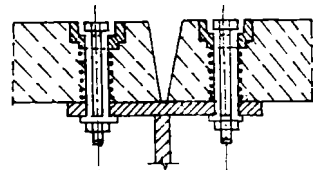


Fig. 2.39

$$L_c = \frac{A_a R_a}{\sqrt{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}} \quad (2.181)$$

Bare cu buclă (fig.2.35). Capacitatea portantă se determină ca în cazul barelor înclinate.

Dornuri (fig.2.36) - Capacitatea portantă depinde de felul solicitării în dorn. Astfel :

- pentru dornuri solicitate numai la forfecare, se ia valoarea minimă dată de relațiile :

$$L_c = 0,175 d^2 m_d \sqrt{E_b R_c} \quad (2.182)$$

$$L_c = 0,63 d^2 R_a \quad (2.183)$$

în care m_d este un coeficient al condițiilor de lucru, în funcție de diametrul d al dornului și înălțimea lui, h .

- pentru dornuri solicitate numai la tracțiune, capacitatea portantă este definită de valoarea minimă dată fie de rezistența la întindere a dornului, fie a betonului pe o suprafață delimitată de capul dornului.

$$Z_c = 0,7 \frac{\tilde{\pi} d^2}{4} R_a \quad (2.184)$$

$$Z_c = \tilde{\pi} Dh R_t \quad (2.185)$$

- pentru dornuri solicitate la întindere cu forfecare, combinația cea mai defavorabilă între cele două solicitări L, Z este dată de relația [172]

$$\left(\frac{L}{L_e}\right)^{5/3} + \left(\frac{Z}{Z_c}\right)^{5/3} = 1 \quad (2.186)$$

În cazul în care dornurile cu cap sînt prevăzute și cu bare spirale, capacitatea portantă a unui dorn se poate multiplica cu un factor supraunitar (1,15) cu condiția de a nu depăși rezistența la forfecare pură a dornului (relația 2.183).

Dornuri pentru plăci compuse beton - talpă cuțată, Valorile date de relațiile (2.176 + 2.179) se reduc în funcție de orientarea nervurilor față de axa grinzii, ținînd seama de faptul că dornurile nu se ancorează în întregime în beton. Coeficienții de reducere sînt :

- pentru nervuri paralele cu grinda compusă :

$$0,6 \frac{W}{e} \left(\frac{h-e}{e}\right) \leq 1,0, \text{ dacă } W/e < 1,5 \text{ și } h \leq e + 75 \text{ mm} \quad (2.187)$$

- pentru nervuri perpendiculare pe grindă :

$$\frac{0,85}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{W}{e} \left(\frac{h-e}{e} \right) \leq 1,0 \quad (2.188)$$

În relațiile de mai sus, W este lățimea medie a nervurii tablei, e este înălțimea nervurii, h este înălțimea dornului, iar n_r numărul de dornuri de pe o nervură, la intersecția cu grinda ($n_r \leq 3$).

Normele AASHTO admit în principiu aceleași relații pentru calculul dornurilor și a elementelor de legătură elastice în general. Se specifică în plus coeficienții de reducere a capacității portante, în cazul folosirii dalelor din betoane cu agregate ușoare, cu valori cuprinse între (0,73 ÷ 0,99) în funcție de densitatea și rezistența la compresiune a betonului.

Oțel U și I. Capacitatea portantă se calculează cu relația:

$$L_c = 43 b (t_{\max} + 0,5 g) \sqrt{R_c} \quad (2.189)$$

unde b este lungimea elementului, t_{\max} este grosimea maximă a profilului, g este grosimea inimii (fig.2.37).

II.10.4.2. Elemente de legătură rigide

Diblurile sînt elemente de tip consolă scurtă, care prin rigiditatea lor asigură o repartizare uniformă a eforturilor de compresiune în beton și împiedică lunecarea. Capacitatea portantă este funcție de rezistența la strivire a betonului (STAS 10107/C-76) și de suprafața de strivire a betonului, A_{bs} , măsurată pe o suprafață normală pe grindă :

$$L_c = K R_c A_{bs} \quad (2.190)$$

unde $K = \sqrt[3]{\frac{A}{A_{bs}}} \leq 2$, A este suprafața de strivire mărită cu pante de 1:5 pînă la elementul de legătură următor, cu condiția ca A să fie în întregime în interiorul betonului.

Pentru a putea prelua și forțe verticale, diblurile se prevăd și cu elemente de legătură elastice de tip bară înclinată sau bară cu buclă (fig.2.38). Pentru determinarea capacității portante a unui astfel de element de legătură, se ține seama de comportarea diferită la lunecare. Astfel :

$$L_c = L_c^d + 0,7 L_c^{bi} \quad (2.191)$$

$$L_c = L_c^d + 0,5 L_c^{bc} \quad (2.192)$$

In relațiile de mai sus, L_c^d reprezintă capacitatea portantă a diblului, L_c^{bi} a barei înclinată iar L_c^{bc} a barei cu buclă.

Șuruburile de înaltă rezistență (fig. 2.39) asigură transmiterea forței de lunecare prin frecarea dintre dală și piesele metalice continue fixate pe talpa superioară a grinzii de oțel, eliminându-se astfel vîrfurile de solicitări date de legăturile punctuale la celelalte elemente de legătură. Capacitatea portantă a unui șurub de înaltă rezistență se definește prin rezistența la forfecare :

$$L_c = 0,7 A_a (0,7 \sigma_r) \quad (2.193)$$

Precomprimarea transversală a dalei Forța de frecare se transmite la un profil dublu T, fixat de talpa superioară a grinzii de oțel, prevăzută cu tăieturi prin care trec armăturile de precomprimare a dalei. Calculul se poate face cu relația (2.193) în care se înlocuiesc caracteristicile șuruburilor de înaltă rezistență cu cele ale armăturii de precomprimare.

II.10.5. Calculul elementelor de legătură la starea limită de exploatare

La starea limită de exploatare se limitează efortul de lunecare la 0,6 din valoarea capacității portante pentru construcții civile și industriale și la 0,4 din capacitatea portantă pentru poduri.

In cazul șuruburilor de înaltă rezistență se recomandă ca efortul de lunecare să nu depășească rezistența la lunecare dezvoltată numai de frecarea între dală și grinda metalică :

$$L_e = \mu \cdot N_s \quad (2.194)$$

în care N_s este forța axială din șurub, iar $\mu = 0,5 \div 0,4$.

II.10.6. Calculul elementelor de legătură la starea limită de oboseală

Durata de viață a unui element de legătură la încărcări repetate se poate defini prin relația liniară a lui [175].

$$\sum \frac{n_i}{N} \leq 1,0 \quad (2.195)$$

unde n_i este numărul de cicluri la un nivel dat de eforturi unitare și N_i este numărul de cicluri pentru care nivelul dat de eforturi este admisibil.

Pentru elementele de legătură dornuri se dă în [175]

numărul de cicluri de încărcare pentru care eforturile unitare de lunecare $\Delta \tau = \tau_{\max} - \tau_{\min}$ sînt cuprinse într-un domeniu admisibil cu cît numărul de cicluri este mai mare, cu atît $\Delta \tau$ are valori mai mici. Pentru alte tipuri de elemente de legătură se recomandă determinarea numărului maxim de cicluri în funcție de diferența de eforturi unitare la lunecare $\Delta \tau$ prin încercări experimentale.

II.10.7. Calculul numărului de elemente de legătură

La construcțiile civile și industriale, elementele de legătură se dispun în general echidistant pe toată lungimea sau pe tronsoane. La poduri, elementele de legătură se pot dispune la distanțe egale, schimbînd după necesitate dimensiunile lor, sau se folosesc elemente de aceeași dimensiune, la distanțe păstrate constante pe tronsoane.

La starea limită de rezistență, numărul elementelor de legătură pentru o interacțiune perfectă se determină cu relația :

$$n = \frac{L_p}{m_1 L_c} \quad (2.196)$$

în care L_p se calculează cu relația (2.177) sau (2.178), L_c cu relațiile (2.180) ÷ (2.194), pe tronsoane de grindă, iar m_1 este un coeficient al condițiilor de lucru pentru luarea în considerare a neuniformității solicitării elementelor de legătură ($m_1 = 0,8$).

La starea limită de exploatare, lunecarea se calculează cu relația (2.179), pe tronsoane de grindă, iar numărul elementelor de legătură rezultă pe baza relației :

$$n_e = \frac{L}{L_e} \quad (2.197)$$

în care L_e reprezintă forța de lunecare admisă în elementul de legătură la starea limită de exploatare.

CAPITOLUL III

COMPARAȚII TEHNICO-ECONOMICE A PLANȘELOR CLĂDIRILOR ÎNALTE

Avându-se în vedere ponderea importantă care revine planșelor în cadrul structurilor înalte, atît ca volum de lucrări, preț de cost și tehnologie de execuție, precum și multiplele cerințe de ordinul funcțional și structural, tendințele actuale pe plan mondial de realizare a planșelor se îndreaptă spre o îmbinare optimă a tuturor exigențelor și spre obținerea unor avantaje tehnico-economice, în paralel cu industrializarea execuției lucrărilor.

Pe plan mondial se realizează clădiri înalte avînd structuri de rezistență în sisteme foarte diverse utilizînd atît betonul armat și precomprimat cît și metalul. În același timp, dezvoltarea unui sistem de execuție este legată în mod contradictoriu de posibilitățile economice și tehnice și de imperativele de utilizare rațională a calităților de rezistență a materialelor, de reducere a consumului de energie și de manoperă.

În ultimii cincisprezece ani odată cu progresele făcute în domeniul analizei seismice și a răspunsului structurilor la sollicitările din seism, se remarcă atenția deosebită acordată alcătuirii și comportării planșei în cadrul scheletului de rezistență lucrînd în domeniul elastic sau postelastice.

În prezent, în țările puternic industrializate se realizează clădiri înalte de peste 60-80 de nivele avînd la bază ca structură de rezistență tub din beton armat și cadre periferice din metal, iar planșele în soluții mixte, utilizînd avantajele conlucrării dintre beton și metal (tablă cutată + beton, profile, secțiuni compuse).

În țările mediu dezvoltate se realizează construcții cu regim de înălțime de peste 40 de nivele avînd ca structură de rezistență schelet vertical + schelet orizontal din beton armat precomprimat

III.1. Prezentare

Pe baza soluțiilor folosite pînă în prezent pentru alcătuirea constructivă și a tehnologiilor cunoscute de execuție a planșelor la clădirile înalte, pentru efectuarea comparației tehnico-economice se prezintă în continuare principalele tipuri de planșe luate în studiu :

- planșe din beton armat și beton precomprimat
- planșe metalice
- planșe compuse fără conlucrare oțel-beton
- planșe compuse cu conlucrarea oțel-beton

vezi cap. I.) și [164]; [139]; [161÷163]; [19]; [38]; [44]; [59]; [63]; [109]; [112]; [118]; [129]; [136÷138]

III.1.1. Planșee din beton armat și beton precomprimat

Pentru planșee din beton armat și beton precomprimat s-a avut în studiu realizarea clădirilor înalte avînd sistemul constructiv în panouri mari cu planșee în soluție de dală, predală, semipanouri sau panouri (URSS P + 22 etaje; Anglia P+40 etaje) și în sistemul constructiv IMS (Academician ZEZEJLY Jugoslavia P + 18 etaje, URSS P + 17, RPU P + 24), sistem la care se folosește avantajul postcomprimării structurii prefabricate asamblate, și al utilizării planșeelor nervurate precomprimat.

Tendința generală de rezolvare constructivă este legată de: valorificarea oțelului beton de marcă superioară

. reducerea grosimii și reducerea greutateii elementelor componente prin utilizarea materialelor ușoare și de termoizolație

. atenția care se acordă comportării în timp și durabilității îmbinărilor între elementele prefabricate

Cerințele privind acustica, izolarea termofonică sînt coordonate cu comportarea la foc a elementelor componente în limita posibilităților de asigurare a rezistenței la foc.

În ceea ce privește economia construcțiilor și eficiența investițiilor se remarcă utilizarea betonului armat prefabricat și precomprimat și adaptarea unor tehnologii speciale privind montajul și industrializarea lucrărilor.

În tabela T.III.1.1.B se prezintă comparativ, pentru tramele 6 x 6 m, 7,2 x 7,2 m pentru treptele de încărcare 200 și 300 kN/m², principalii indicatori și indici de consum realizați.

La planșeele din beton armat precomprimat, utilizate în cadrul sistemului IMS (Zezely) [160]; [107]; [67]; [88]; [127] pentru etajele constructive, faze tehnologice și sisteme specifice, se asigură conlucrarea elementelor prefabricate din beton armat asamblate prin postcomprimare conform figurilor nr. 1.9; 1.10; 1.11; 1.12; 1.13.

Comparativ cu celelalte soluții de alcătuire specifice clădirilor înalte, prezentate în CAPITOLUL I și pe baza indicatorilor tehnico-economici prezentată în tabela T.IV.2.1. se evidențiază următoarele aspecte:

- greutatea proprie a planșeelor din beton armat precomprimat este în medie cu 13,18 ÷ 15 % față de greutatea planșeelor comase sau metalice de aceeași înălțime constructivă, chiar în condițiile utilizării unei rețele de grinzi precomprimat după două direcții și a folosirii armăturii precomprimat de înaltă rezistență.

TABEL NR. T III-11-B PLANSEE DIN b.a.p. (TRAMA 6x6m; 7,2 x 7,2 m)
INDICI REALIZATI

TRAMA	INCARCARE UTILA	RIGIDITATEA [%]	CAPACITATEA DE REZISTENTA [%]	INALTIMEA [cm]	GREUTATEA [kg f/mp]	CONSUM DE MATERIALE		GRADUL DE INDUSTRIALIZARE	OBS.
						OTEL	BETON		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6,0x6,0 m	200	100%	100%	28	192 284	12,94	0,0767	75%	*
	300	100%	100%	32	195 290	14,50	0,0767	75%	*
7,2x7,2 m	200	100%	100%	32	206	19,50	0,092	80%	** *

* Pentru trama 6,0x6,0m materialul termoizolant BCA $\gamma'_d=550$ daN/mc
 ** Cofrag pierdut (cutii de azbociment sau plastic+aer,vid)

($G_c = 17500 - 22.500 \text{ daN/cm}^2$). Deși s-a recurs la utilizarea unui sistem tip Sandwich (vezi detalii cap. I. fig. 1.5) cu materiale de termofonoizolare ușoare (vată, B.C.A., cofrag pierdut din mase plastice), nu se remarcă o reducere substanțială a parametrului de greutate.

- din punct de vedere al gradului de industrializare și al reducerii duratei de execuție, pentru construcțiile cu regim de înălțime P + 15 etaje - P + 24 etaje, planșeele specifice sistemului IAS prezintă avantajul realizării în proporție de 80-85 % a acestor cerințe.

- sub aspectul indicilor de consum și în aceleași condiții de înălțime constructivă a elementului de planșeu, se remarcă o reducere a consumului de oțel numai prin utilizarea oțelului beton de înaltă rezistență și prin aplicarea unor tehnologii speciale de precomprimare (vezi și [37]; [47]; [93]; [111]).

- pentru variantele prezentate și analizate, în baza criteriilor tehnico-economice și a gradului de îndeplinire a principalilor indicatori de eficiență și indici de consum de materiale urmează ca în proiectare să se adopte soluțiile cu planșee din beton armat, precomprimat pentru regimuri de înălțimi reduse (la tramele de 6x6 m și 7,2 x 7,2 m).

Funcție de cerințele de execuție și criteriile de realizare a investiției optime, bazat pe concluziile desprinse din comparație, în privința reducerii consumului de oțel-beton, urmează ca analiza eficienței tehnico-economice a adoptării soluțiilor de planșee din beton armat să cuprindă în mod obligatoriu tehnologiile specifice și detaliile speciale de execuție, care conduc la diminuarea consumurilor.

Comparativ cu planșeele metalice, cu sau fără conlucrare, planșeele din beton armat și beton armat precomprimat la regimuri de construcție mai mari de P+24 etaje nu îndeplinesc cerințele de eficiență tehnico-economice, deoarece conduc la consumuri sporite de materiale și la un spor substanțial al parametrului de greutate și cu implicații tehnologice de execuție ([112]; [114]; [136]; [160]; [158]; [162])

Avînd în vedere comparațiile efectuate tramelor de 6 x 6 m, și 7,2 x 7,2 m, cu alcătuirea din beton armat precomprimat, în continuare, comparația tehnico - economică și optimizarea planșeelor de face numai pentru planșee metalice (cu sau fără conlucrare) .

III.1.2. Planșee metalice

Avînd la bază tipurile de planșee metalice prezentate în CAPITOLUL I, s-a întreprins o analiză prin calcul pentru planșeele metalice avînd în alcătuire tabla cutată de diferite profile + beton ușor E_u 200 și pentru trepte de încărcări utile de 200, 500 daN/m² avînd ca scheme de alcătuire pe cele prezentate în tabela 2 pentru trama de 7,2 x 7,2 m.

Tabla cutată este folosită cu diferite grosimi (0,75 ÷ 1,5 mm), servește ca element de rezistență și ca și cofraje, iar betonul, ca element de pardoseală și pentru realizarea șabei de planșeu împreună cu tabla cutată.

În componența lor, planșeele metalice au și elemente de tip sandwich care asigură finisajul pardoselii și protecția termofonică.

III.1.3. Planșee compuse

Studiul tehnico-economic al planșeelor compuse s-a întocmit și s-a condus comparativ între variantele de alcătuire metalice și cele compuse, pentru următoarele trame : 3,6 x 3,6 m ; 4,2 x 4,2 m ; 5,4 x 5,4 m ; 6 x 6 m ; 7,2 x 7,2 m,

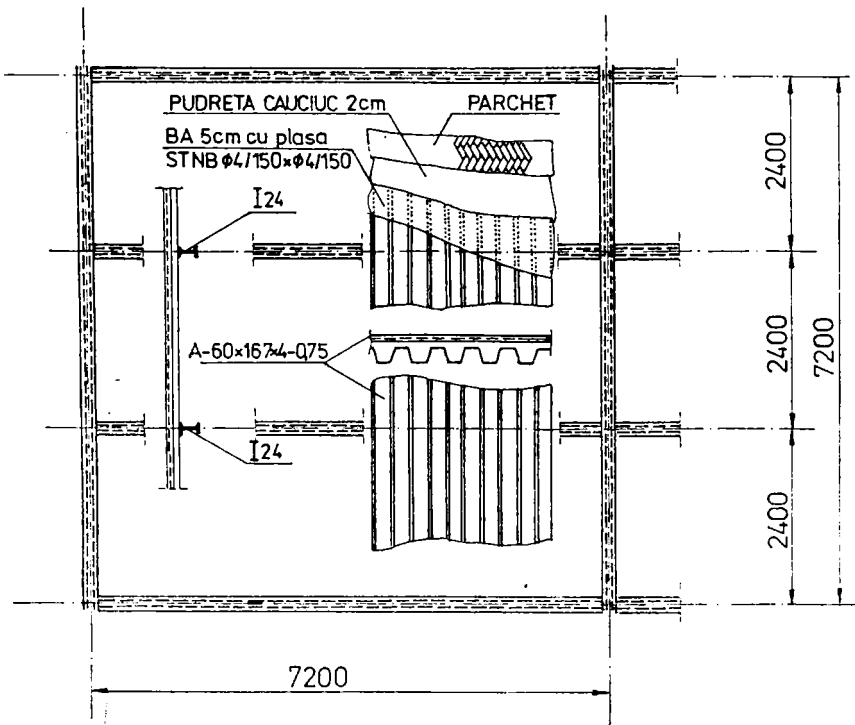
La toate variantele de planșee compuse, tabla cutată a fost considerată cu așezare pozitivă și negativă pe considerentele obținerii unui spor de rigiditate, (și/sau) economiei de materiale corelate cu reducerea greutății proprii a elementului compus.

III.2. Concluziile comparației între tipurile de planșee

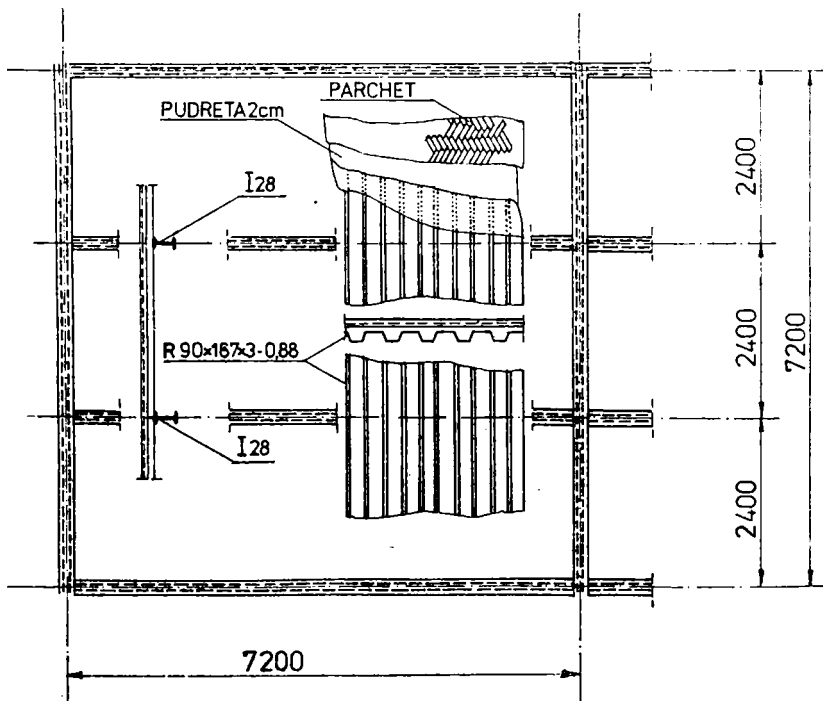
În vederea evidențierii avantajelor tehnico-economice și a modului în care se răspunde criteriilor de proiectare prezentate în CAPITOLUL I, s-au întocmit tabele comparative pentru tipurile de alcătuire și treptele de încărcări utile de 200 respectiv 500 daN/m² în baza valorilor absolute din tabelele T.III.A.1 ÷ T.III.A.10 (spre exemplificare la trasa 7,2 x 7,2 m).

S-a adoptat, pentru comparație, ca varianta de bază varianta I.1. cu ponderea 100 % - avînd în alcătuire două nervuri din profile laminate pline + tablă cutată + beton ușor sau greu B_G 400 și B 300, prevăzute cu eforturi uniționale în nervuri pentru faza de montaj (vezi detaliile de la capitolul II).

III.2.1. La trasa 7,2 x 7,2, avînd schemele de alcătuire și pentru variantele componente studiate la treapta de încărcare utilă de 200 daN/m², conform tablei T.III.1., rezultă :



VARIANTA I-1. $p^0 = 200 \text{ daN/mp}$ (7,2x7,2 m)



VARIANTA I-2. $p^0 = 500 \text{ daN/mp}$ (7,2x7,2m)

TABEL NR. T III-A-1 PLANȘEE COMPUSE (cu conlucrare) - TRAMA 72x7,2 m
INDICI REALIZATI

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCARE [daN/mp]	GR. PLANȘEE [daN/mp]	ALCATUIREA PLANȘEEIUI	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. INGLOB.		INALTIME [cm]	F. de siguranță	N.S.F. DE CAPA CITATE P LA SL EXP [daN/cm ²]	f ^{efectiv} , f/f ^{admisibil} [%]	OBS.
						laminat [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminat [kwh/mp]	beton					
I		I ₁	200	191		18,8	0,0614 3,183	253,7	13446	315	1355	0,43 +12%	* σ ₀₁ =1000	
VARIANTA II		I ₂	500	202		23658	0,0653 3,38	314,5	143	36,7	2166	0,24 +6,6%	* σ ₀₁ =1300	
		II ₁	200	223		23105	0,079 4,09	325	173	372	1225	16	-0,06 -1,66%	* σ ₀₁ =1200
VARIANTA III		II ₂	500	228		2743	0,079 4,09	376	173	432	1916	15	0,1197 +3,3%	* σ ₀₁ =1400
		III ₁	200	236		30	0,0812 4,2	453	178	292	13	—	325 +90,27%	** σ ₀₁ =—
		III ₂	500	268		32	0,099 5,13	4832	217	334	19,4	—	32 88,88%	** σ ₀₁ =—

* Așezarea pozitivă
** Așezarea negativă

TABEL NR. T III-A-2 PLANȘEE COMPUSE (cu conlucrare) – TRAMA 6x6m
INDICI REALIZATI

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCARE [daN/mp]	GR. PLANȘEU [daN/mp]	ALCATUIREA PLANȘEI	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. IN GLOB.		INALTIME [cm]	F. de eficiență [adn/cm ²]	N.S.F. DE CAPA CITATE PLASL EXP [daN/cm ²]	f ^{efectiv} , t / t ^{adm} [%]	OBS.
						laminat beton [kg/mp]	beton [mq/mp]	laminat beton [kwh / mp]	beton					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VARIANTA I		I ₁	200	1714		1687	0,054 1,85	231	11256	26,55	10,25		0,193 +6,4%	*
		I ₂	500	193		20,62	0,0614 2,2	298	134	31,55	16,08		0,239 +7,9%	*
VARIANTA II		II ₁	200	197		18,06	0,0653 2,35	253	143	30,7	9,3		-0,124 -4%	*
		II ₂	500	219		22,46	0,0753 2,7	310,4	165	35,7	14,36		-0,198 -6,6%	*
VARIANTA III		III ₁	200	209		232	0,069 2,48	350,3	151	24,2	9,55		2,54 +84,6%	**
		III ₂	500	253		32,8	0,089 3,2	495,3	195	26,2	14		2,6 86,6%	**

* Asezarea pozitiva
* Tip ROBERTSON

TABEL NR. T III-A-5 PLANSEE COMPUSE (cu conlucrare) - TRAMA 3,6x3,6 m
INDICI REALIZATI

SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCARE UTILA [dan/mp]	GR. PLANSEU [dan/mp]	ALCATUIREA PLANSEULUI	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERGIE INGLOB.		INALTIME [cm]	F. DE EFICIENȚA F. DE SIGURANȚA	NSF DE CAPA CITATE P LA SL. EXP. [dan/cm ²]	t _{efectiv} , t _f /t _{admisibil} [%]	OBS.
					laminat [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminat [kwh/mp]	beton					
	3		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	II ₁	200	16,75		13	0,0514 0,666	185	11256	2055	3,83	176	1575 U _{cin} =	0,26 144%
	II ₂	500	186		14,3	0,0614 0,795	2005	134,4	2355	6,15	16	-0,03 -16%	* U ₀₁ =850
	III ₁	200	198		13,2	0,069 0,89	199,3	151	162	3,55	—	17 94%	U ₀₁ =—
	III ₂	500	222		15	0,0812 1,05	226,5	178	18,2	5,73	—	1,57 87%	U ₀₁ =—

* Așezare pozitivă

TABEL NR. T III-A-6 PLANSEE METALICE (fara conturcare) TRAMA 72x72 m
INDICI REALIZATI

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCARE		GR PLANSEU [dm ² /mp]	ALCAUIREA PLANSEULUI	PROFIL NERVURA	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. INGLOB.		INALTIME [ε]	NIVELUL SOL F DE CAP DE REZIST. $\bar{\sigma}_{ef}$	f _{efectiv} [cm]	OBS.
			kg/mp	mc/mp				kwh/mp	beton	laminacte	beton				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
VARIANTA I		I ₁	200	186	 Profil 60167/4-0,75mm BU 200; Hb=5; f=1200cd/mc	I ₂₄	26,2	0,079 4,09	346	71	39	$\bar{\sigma} = 1688$	2,51		
		I ₂	500	2021	 Profil 90167/3-0,98mm BU 200; Hb=5; f=1200cd/mc	I ₂₈	35,15	0,085 4,40	465	76,33	46		$\bar{\sigma} = 2007$	2,558	
VARIANTA II		II ₁	200	2021	 TS 10017/4/-1mm Hb=5 BU 200; f=1200cd/mc	I ₂₆	27,66	0,0912 4,73	379	82	45		$\bar{\sigma} = 2034$	2,888	
		II ₂	500	2095	 TO 10017/4/-113 Hb=5 BU 200 1200cd/mc	I ₃₂	35,14	0,0912 4,74	475,2	82	51		$\bar{\sigma} = 2111$	2,355	
VARIANTA III		III ₁	200	221	 210 80017/4/-15mm BU 200 Hb=5; f=1200cd/mc	—	46,24	0,0914 4,74	698,22	82	29		$\bar{\sigma} = 1252$	3,2	
		III ₂	500	244	 2111 21208/3-4,5 Hb=5 BU 200	—	49,36	0,108 5,583	745,33	97	33,2		$\bar{\sigma} = 1442$	3,06	

TABEL NR. T III-A-4 PLANSEE COMPUSE (cu conlucrare) - TRAMA 4,2x4,2 m
INDICI REALIZATI

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCARE UTILA daN/mp	GR PLANSEU daN/mp	ALCATUIREA PLANSEULUI	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERGII GLOB.		INALTIME m	F DE EFICIENȚA F DE SIGURANȚA	N.S.F. DE CAPA CITATE P LA SL EXP. daN/cm ²	f efectiv, % admisibili	OBS.
						laminat kg/mp	beton mc/mp	laminat kwh/mp	beton kwh/mp					
1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VARIANTA I		I ₁	200	186		1392	0,0614 1,08	19617	134,4	2155	4,95	$\sigma_{ci}=1594$	0,4 +19%	*
		I ₂	500	205		15,612	0,0714 1,26	21611	156,3	2455	7,9	$\sigma_{ci}=1596$	-0,04 -19%	*
VARIANTA II		II ₁	200	185,5		13,63	0,0614 1,08	1927	134,4	23,55	4,9	$\sigma_{ci}=1588$	0,25 12%	*
		II ₂	500	205,6		16,333	0,0714 1,26	229	153	26,55	7,72	$\sigma_{ci}=1604$	-0,24 -11,4%	*
VARIANTA III		III	200	224		17	0,0812 1,43	257	178	18,2	4	$\sigma_{ci}=1500$	1,9 90,5%	—
		III ₂	500	239		20	0,0999 1,746	302	217	21,3	6,22	$\sigma_{ci}=1620$	15 714%	—

* Asezarea pozitiva

TABEL NR. I III-A-3 PLANSEE COMPUSE (cu conlucrare) - TRAMA 5,4x5,4m
INDICI REALIZATI

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCARE UTILA [daN/mp]	GR. PLANSEU [daN/mp]	ALCATUIREA PLANSEULUI	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERGIE GLOB.		INALTIME [cm]	Fde eficienta [%]	N.SF DE CAPA CATE PLASL EXP [daN/cm ²]	↑ efectiv, ↓ admisibil [%]	OBS.
						laminat [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminat [kwh/mp]	beton					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VARIANTA I		I ₁	200	170		15,9	0,0514 1,5	219,4	113	24,55	8,43	$\sqrt{c_{in}}=1594$	0,33 12,2%	* $\sqrt{v_{01}}=800$
		I ₂	500	174		19,6	0,0514 1,5	263,3	113	28,55	14,2	$\sqrt{c_{in}}=1600$	0,47 17%	* $\sqrt{v_{01}}=900$
VARIANTA II		II ₁	200	178		17,43	0,0553 1,612	245,6	112,3	27,7	8	$\sqrt{c_{in}}=1594$	0,145 5,3%	* $\sqrt{v_{01}}=1000$
		II ₂	500	199		20,21	0,0653 1,9	278,4	143	32,7	12,6	$\sqrt{c_{in}}=1596$	0,152 5,6%	* $\sqrt{v_{01}}=1150$
VARIANTA III		III ₁	200	187		24,2	0,0553 1,545	365,4	121	19,2	8,2	$\sqrt{c_i}=1300$	2,58 95,5%	*** $\sqrt{v_{01}}=---$
		III ₂	500	230		26,4	0,079 2,3	398,6	173	25,2	12	$\sqrt{c_i}=1588$	2,07 76,6%	*** $\sqrt{v_{01}}=---$

* Asezarea pozitiva
** Tip RORFERTSON

TABEL NR. T III-A-4 PLANSEE COMPUSE (cu conlucrare) - TRAMA 4,2x4,2 m
INDICI REALIZATI

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCARE UTLA daN/mp	GR. PLANSEU daN/mp	ALCATUIREA PLANSEULUI	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERGIE GLOB.		INALTIME 3	F. DE EFICIENȚA F. DE SIGURANȚA	N.S.F. DE CAPA CITAF P LA SL EXP. daN/cm ²	f. efectiv, % admisibil	OBS.
						laminat kg/mp	beton mc/mp	laminat kwh/mp	beton kwh/mp					
I		I ₁	200	186		1392	0,0614 108	19617	134,4	2155	4,95	1594 G _{ci} =1594	0,4 +19%	* G _{0i} =400
I		I ₂	500	205		15,612	0,0714 126	21611	156,3	24,55	7,9	1596 G _{ci} =1596	-0,04 -19%	* G _{0i} =800
II		II ₁	200	185,5		13,63	0,0614 108	1927	134,4	23,55	4,9	1588 G _{ci} =1588	0,25 12%	* G _{0i} =600
II		II ₂	500	205,6		16,333	0,0714 126	229	153	26,55	7,72	1604 G _{ci} =1604	-0,24 -11,4%	* G _{0i} =1200
III		III	200	224		17	0,0312 1,43	257	178	18,2	4	1500 G _{ci} =1500	1,9 90,5%	G _{0i} =—
III		III ₂	500	239		20	0,099 174,6	302	217	21,3	6,22	1620 G _{ci} =1620	1,5 71,4%	G _{0i} =—

* Asezarea pozitiva

TABEL NR. I III-A-7 PLANSEE METALICE (faza conlucrare) TRAMA 6x6m
INDICI REALIZATI

SCHEMA TRAMA [m]	COD	INCARCARE [TLA daN/mp]	GR PLANSEU [daN/mp]	ALCATUIREA PLANSEULUI	PROTEJIA NERVURILOR	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERGIE GLOB		INALTIME [ξ]	NIVELUL SOL F DE CAP. DE REZIST. $\bar{\sigma}_{ef}$	tefectiv, [cm]	OBS.
						laminatelor [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminatelor [kwh/mp]	beton				
	I ₁	200	170		I ₂₀	26,85	0,065 2,331	362	58,4	34,5	$\bar{\sigma} = 1653$	2,04	—
	I ₂	500	191		I ₂₄	31,3	0,079 2,85	413	71	41	$\bar{\sigma} = 1764,3$	1821	—
	II ₁	200	18356		I ₂₂	23,56	0,079 2,85	322	71	39	$\bar{\sigma} = 1949,44$	24	—
	II ₂	500	1894		I ₂₆	28,96	0,0795 2,862	391228	71,4	45	$\bar{\sigma} = 2146$	2,048	—
	III ₁	200	1926		—	32,8	0,079 2,85	495,8	71	25	$\bar{\sigma} = 1315$	2,93	—
	III ₂	500	2054		—	45	0,0795 2,862	679,5	71,4	29	$\bar{\sigma} = 1418$	2,53	—

TABEL NR. T III-A-8 PLANSEE METALICE (fără conlucrare) TRAMA 54x54cm
INDICI REALIZATI

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCARE [t/m ²]	GR PLAN [m ²]	ALCATUIREA PLANSEIULUI	PROFIL CANTAR	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. IN GLOB		INALTIME [cm]	NIVELUL SOL F. DE CAP. DE REZIST. σ_{ef}	f efectiv, [cm]	OBS.
							laminat [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminat [kwh/mp]	beton				
I		I ₁	200	1666		I ₁₆	23,64	0,065	324,30	11	12	14	15	
VARIANTA I		I ₂	500	1744		I ₂₀	27,81	0,079	371,62	71	37	1,77	—	
		II ₁	200	1827		I ₂₀	22,94	0,079	314,25	71	37	1,49	—	
VARIANTA II		II ₂	500	1888		I ₂₄	28,40	0,0795	384,4	714	43	1,417	—	
		III ₁	200	1862		—	26,4	0,079	398,64	71	25	2,4	—	
VARIANTA III		III ₂	500	1944		—	34	0,0795	513,4	714	29	2,225	—	

TABEL NR. T III-A-9 PLANSEE METALICE (fara conlucrare) TRAMA 42x42m
INDICI REALIZATI

SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCARE [daN/mp]	GR. PLANSEI [daN/mp]	ALCAITUREA PLANSEIULI	D. PLANSEI [daN/mp]	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. IN GLOB.		INALTIM [ε]	NIVELUL SOL F. DE CAP. DEREZIST. f_{ef}	f_{ef} [cm]	OBS.
						laminate [kg mp]	beton [mc/mp]	laminate [kwh/mp]	beton				
2 			5	6 	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	II ₁	200	1632	188 	I ₄	20,557	$\frac{0,0647}{1,15}$	285	58	28,5	$\sqrt{\quad} = 2180$	1,511	*
	II ₂	500	1836	188 	I ₁₈	23,63	$\frac{0,0792}{1,4}$	322,4	71	35	$\sqrt{\quad} = 1968$	1,107	*
	III ₁	200	197	188 	—	22,5	$\frac{0,0912}{1,6}$	340	82	19	$\sqrt{\quad} = 1330$	2,11	*
	III ₂	500	173	188 	—	30,2	$\frac{0,0647}{1,15}$	456	58	20	$\sqrt{\quad} = 1369$	2,15	*

* Asezare pozitiva

TABEL NR. T III-A 10 PLANSEE METALICE (fara conlucrare) TRAMA 36x36 m
INDICI REALIZATI

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCARE UTILA [dn/mp]	GR PLANSEU [dn/3m]	ALCATUIREA PLANSEULUI	PROFIL CRAZ	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. IN GLOB		INALTIME [cm]	NIVELUL SOL F DE CAP. DE REZIST. $\bar{\sigma}_{ef}$	f _{efectiv} [cm]	OBS.
							laminat [kg mp]	beton [me mp]	laminat [kwh/mp]	beton				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VARIANTA II		II ₁	200	163		I ₁₂	19,92	0,055 0,842	280,4	58,37	26,5	$\bar{\sigma} = 2053$	1,32	
		II ₂	500	183		I ₁₆	23,14	0,079 1,02	316,6	71	33	$\bar{\sigma} = 1708$	1,0	
VARIANTA III		III ₁	200	175,4		—	15	0,0795 1,03	2265	71,4	19	$\bar{\sigma} = 1636$	1,9	
		III ₂	500	159		—	22	0,06 0,777	332,2	54	17	$\bar{\sigma} = 1648$	1,45	

- sub aspectul obținerii unei greutateți cât mai reduse în cazul alcătuirii secțiunilor cu înălțimi totale apropiate, se remarcă faptul că la același mod de alcătuire, respectiv varianta I.1. soluția metalică (fără conlucrare) realizează o reducere de greutate în porție de 2,7 % pe seama unui spor de înălțime de 23,6 % și în condițiile unui spor a consumului de laminate de 39,4 %, deși s-a procedat la reducerea grosimii tablei cuta te și la utilizarea unui beton ușor.

- sub aspectul capacității portante, nivelul de solicitare față de capacitatea portantă la starea limită de exploatare este realizat în proporție de 80,3 %.

- sub aspectul rigidității (starea limită de deformație) se constată o rezervă de 12,5 % la varianta I.1. (metalică) față de 88 % la varianta planșee compuse, în condițiile introducerii unor eforturi inițiale în fază de montaj ;

- se obține o reducere a consumului de energie înglobată de 47 % folosind beton ușor BU 200 la varianta metalică, reducere obținută pe seama unui consum suplimentar de 36,4 % energie înglobată în laminate.

În tabela III.1. se remarcă o variație de 6423 % a sporului de greutate în corelație directă cu variațiile de înălțimi constructivă cuprinse între $42,6 \div 18$ %, respectiv o reducere a înălțimii secțiunii pentru varianta III.1., în ambele variante de alcătuire : pentru cea metalică 26 %, pentru cea compusă 8 %.

Se evidențiază faptul că realizarea nivelului de solicitare față de capacitatea portantă la starea limită de exploatare se realizează în proporție de $96,4 \div 99$ % pentru varianta II.1. și cu o rezervă de 22 % la varianta III.1. - metalic cu beton ușor BU 200.

- sub aspectul stării limită de deformații, se constată rezerve de 11 % pentru varianta III.1. - metalic - și o rezervă limită de 2,3 %, respectiv de 93,4 % în condițiile introducerii eforturilor inițiale în nervuri (vezi variantele I.1 , II.1).

Față de aceste criterii de bază prezentate se evidențiază următoarele comparații :

- un spor de consum de laminate = $47 \div 146$ % pentru planșeele metalice și de $29-59,6$ % la planșeele compuse , în condițiile în care utilizarea betonului ușor conduce la o economie a consumului de energie înglobată de 39 % la cele metalice, dar pe seama unui spor de $49 \div 175$ % a energiei înglobate în laminate ; la planșeele compuse (cu conlucrare) se

TABEL NR. F. III-1 TABEL CU INDICI TEHNICO-ECONOMICI COMPARATIVI
 TRAMA 7,2x7,2m. INCARCAREA UTILA-200 daN/mp

SCHEMA TRAMA [m ²]	COD	SOLUTIE	INCARCARE UTILA [daN/mp]	GR. PLANSEU [daN/mp]	ALCATUIREA PLANSEULUI	PROFIL NERVURA	CONSUM DE MATERIALE			CONSUM DE ENERG. INGLOB.		INALTIMEA [%]	N.S.F. DE CARA CATE PLAST EX. [daN/cm ²]	RIGIDITATEA [REZERVA] [%]	OBS.
							laminare [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminare [kwh/mp]	beton [kwh/mp]					
	3					8	9	10	11	12	13	14	15	15	
	I ₁	METALICA	200	97,3%	 Aus 60/167/4-0,67 Hb=5; BU 200	I24	139,4%	128%	136,4%	53%	123,6%	80,3%	87,5% 12,5%		
	I ₁	COMPUSA METALICA	200	100%	 T 40/174/5-0,88 Hb=5; BG 400	I18	100%	100%	100%	100%	100%	99%	12% 88%	*	
	II ₁	COMPUSA METALICA	200	106%	 TS 100/174/4-1,13 Hb=5; BU 200	I26	147%	149%	149%	61%	142,6%	96,38%	100% 0,0%		
	II ₁	COMPUSA METALICA	200	117%	 TS 80/183/4-1 Hb=5; BG 400	I20	129%	123,4%	128%	128%	118%	99%	6,6% 93,4%	*	
	III ₁	COMPUSA METALICA	200	116%	 2T0100/174/4-1,5; Hb=5; BU 200	-	24,6%	14,9%	275%	61%	74%	78%	89% 11%		
	III ₁	COMPUSA METALICA	200	123,5%	 2T0100/174/4-1; Hb=4; BG 400	-	159,6%	132%	178%	133%	92%	97,3%	90,27% 9,73%		

* Asezare pozitiva

remarcă creșterea consumului de laminate cu $29 \div 59,6$ % aspect care conduce la un consum suplimentar de energie înglobată de $28 \div 78$ % în laminate și de $28 \div 33$ % în beton.

Pe baza tuturor criteriilor studiate și a comparației tehnico-economice prezentate, în condițiile specifice arătate mai sus, se evidențiază eficiența tehnico-economică pe care o au planșeele compuse pentru această tramă, la treapta de încărcare utilă de 200 daN/m^2 .

III.2.2. La trasa 7,2 x 7,2 având schemele de alcătuire și pentru variantele componente studiate, la treapta de încărcare utilă de 500 daN/m^2 conform Tabelei T.III.2., rezultă :

- sub aspectul reducerii greutateii corelată cu înălțimea constructivă, la variantele de planșee metalice și compuse I.2. :

. în condițiile obținerii unor greutăți totale identice este necesară sporirea înălțimii secțiunii cu $25,3$ %

. în condițiile îndeplinirii cerințelor de capacitate de rezistență se obține o rezervă de rigiditate de 11 % la cele metalice față de o rezervă de $93,4$ % în cazul celor compuse (cu eforturi inițiale)

- din punct de vedere economic se remarcă o sporire a consumului de laminate de $48,5$ % (proporțional și energia înglobată în laminate cu 48 %), respectiv o reducere a consumului de energie înglobată în beton cu 47 % în soluțiile de utilizare a betonului ușor BU 200 față de beton de rezistență B 400 la cele compuse

În ceea ce privește restul variantelor de alcătuire, la aceeași treaptă de încărcare utilă, se evidențiază sporuri aproximativ egale la consumurile de laminate și energie ca și la treapta de încărcare de 200 daN/m^2 la aceeași tramă.

Se remarcă în mod special că este posibilă realizarea unui consum mai redus de laminate la treapta de încărcare utilă 500 daN/m^2 la varianta III.2. a planșeeilor metalice, dar numai în condițiile utilizării unor profile de tablă cutată laminată la rețea cu înălțime mai mare.

III.2.3. La trasa 6 x 6 m, având schemele de alcătuire și variantele de planșee prezentate în Tabela T.III.3, pentru treapta de încărcare utilă de 200 daN/m^2 se remarcă :

- în condițiile realizării unor greutăți aproximativ egale între variantele I.1.(metalice) și I.1.(compuse cu conlucrare), o creștere a înălțimii secțiunii la varianta I.1.(metalice) în proporție de 30 % față de soluția de planșeu compus, deși s-a folosit aceeași schemă de tramă și beton ușor BU 200 (de completat

TABEL NR. T III-2 INDICI TEHNICO-ECONOMICI COMPARATIVI
 TRAMA 72x72m. INCARCAREA UTILA-500daN/mp

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	SOLUTIE	INCARCARE UTILA [daN/mp]	GR. PLANSEU [daN/mp]	ALCATUIREA PLANSEULUI	PROFIL NERVURA	CONSUM DE MATERIALE			CONSUM DE ENERG. IN GLOB.		INALTEA PLANSEULUI [%]	NSF DECAPA CIALE PLASL EXP [daN/cm ²]	RIGIDITATEA REZERVA [%]	OBS.
								laminat [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminat [kwh/mp]	beton					
1	2						8	9	10	11	12	13	14	15	16	
VARIANTA I		I2	COMPUSA METALICA	500	100%		I28	148,5%	130%	148%	53%	125,3%	95,57%	89% 11%	*	
		I2	COMPUSA METALICA	500	100%		I22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	66% 93,4%	*	
VARIANTA II		II2	COMPUSA METALICA	500	104%		I32	148,5%	139,6%	151%	57%	139%	100%	81,7% 18,3%	*	
		II2	COMPUSA METALICA	500	113%		I26	116%	121,5%	120%	12%	117%	94%	3,3% 96,7%	*	
VARIANTA III		III2	COMPUSA METALICA	500	121%		-	209%	165%	237%	89,3%	91%	90%	85% 15%		
		III2	COMPUSA METALICA	500	133%		-	135%	151,6%	153,6%	151,7%	91%	101%	89% 11%		

* Asezare pozitiva

TABEL NR. T III-3 INDICI TEHNICO-ECONOMICI COMPARATIVI
 TRAMA 60x60m. INCARCAREA UTILA-200daN/mp

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	SOLUTIE	INCARCARE UTILA[daN/mp]	GR. PLANSEI [daN/mp]	ALCATUIREA PLANSEIULI	BROTFIL NERVURA	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. IN GLOB.		INATIMEA PLANSEIULI [%]	N.S.F. DE CAPA- CITATE P LA SL EXP[daN/cm ²]	RIGIDITATEA [REZERVA] [%]	OBS.
								laminat [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminat [kwh/mp]	beton				
I	2 6000 2000 2000 2000 GP N N GS	3		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VARIANTA I		I1	COMPUSA METALICA	200	99,2%		I20	15,9%	126,5%	157%	52%	130%	80%	85%	
		I1	COMPUSA METALICA	200	100%		I14	100%	100%	100%	100%	100%	100%	96,4%	6,1%
VARIANTA II		II1	COMPUSA METALICA	200	107%		I22	139,6%	153,7%	139,4%	63%	147%	93%	100%	
		II1	COMPUSA METALICA	200	115%		I16	107%	127%	109%	127%	115,6%	97,5%	-1%	101%
VARIANTA III		III1	COMPUSA METALICA	200	112,3%		-	194,4%	153,6%	214,6%	63%	94%	82%	97,6%	
		III1	COMPUSA METALICA	200	122%		-	137,5%	134%	151%	134%	91%	92%	85%	15%

* Asezare pozitiva

- din punct de vedere al nivelului de solicitări, față de capacitatea portantă la starea limită de exploatare și al stării limită de deformații : se remarcă o rezervă în nivelul de solicitare în proporție de 20 % la cele metalice comparativ cu o rezervă de 9,6 % la cele compuse ; în schimb o rezervă de rigiditate aproape integrală (de 94 %) la cele compuse față de 15 % la cele metalice. Acest lucru s-a obținut prin introducerea unor eforturi inițiale în nervurile planșeului în faza de montaj.

. folosind betonul ușor BU 200 la cele metalice, se obține o reducere a consumului de energie, înglobată în beton, de 48 %, în schimb, o creștere de 57 % a energiei înglobată în laminate ; de asemenea consumul de laminate crește cu 59 %, respectiv consumul de beton crește cu 26 %.

În ceea ce privește restul variantelor de alcătuire pentru planșeele metalice și compuse, având schemele și variantele II.1. și III.1. se evidențiază creșterea greutateii cu $7 \div 22$ % în strânsă legătură cu creșterea înălțimii secțiunii cu $47 \div 15,6$ % la varianta II.1., respectiv reducerea înălțimii cu $6 \div 9$ % la varianta III.1.

În consecință se poate spune că se remarcă:

a) o creștere mai accentuată a valorii absolute a parametrilor de proiectare la planșeele metalice în restul variantelor studiate și schemele de alcătuire prezentate, față de planșeele compuse (comparativ cu varianta de bază I.1., la planșeele metalice consumul de laminate crește cu 94,4 %) ;

b) o reducere favorabilă a consumului de energie înglobată în beton de 37 % la planșeele metalice ;

c) rezerva redusă de rigiditate la varianta III.1. pentru planșeele compuse se justifică prin dificultățile tehnologice de introducere a eforturilor inițiale în profile de tablă cutată în faza de montaj.

III.2.4. la trama de 6 x 6 m având schemele de alcătuire și pentru variantele componente studiate, la treapta de încărcare utilă de 500 daN/m^2 , conform Tabelei T.III.4.

- având ca variantă de bază varianta I.2. (planșee compuse) luată cu pondere de 100 % a parametrilor de proiectare se remarcă faptul că la aceeași schemă de tramă, varianta de planșeu metalic I.1. prezintă, în aceleași condiții de realizare a parametrului de greutate, o creștere a înălțimii constructive în proporție de 30% pe lângă o creștere corelată a consumului de laminate și a betonului în proporție de 51,8 %, respectiv de 28,6 %.

TABEL NR. T III-4 INDICI TEHNICO - ECONOMICI COMPARATIVI
TRAMA 60x60m. INCARCAREA UTILA-500 daN/mp

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	SOLUTIE	INCARCARE UTILA [daN/mp]	GR. PLANSEI [daN/mp]	ALCATUIREA PLANSEIULI	PROFIL METALURGA	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. INGL.OB.		INALTIMEA PLANSEIULI [%]	N.S.F. DE CAPA- CTATE P.A.S.L.	EXP. [daN/cm ²]	RIGIDITATEA [REZERVYA] [%]	OBS.
								laminata [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminata [kwh/mp]	beton					
1	2 6000 2000 2000	3						9	10	11	12	13	14	15	16	
VARIANTA I		I2	COMPUSA METALICA	500	99%		I24	151,8%	128,6%	138,6%	53%	130%	84%	76% 24%		
		I2		500	100%	100%	I18	100%	100%	100%	100%	100%	97%	8%	92%	*
VARIANTA II		II2	COMPUSA METALICA	500	98%		I26	140,4%	129,5%	131,3%	53%	142,6%	102%	85% 15%		
		II2		500	113,5%	113,5%	I20	109%	123%	104%	123%	113%	98%	-6,6% 106,6%		
VARIANTA III		III2	COMPUSA METALICA	500	106,4%		-	218%	129,5%	22,8%	53%	92%	88,6%	84% 16%		
		III2		500	131%	131%	-	160%	145%	166%	145%	83%	99%	86,6% 13,4%		

* Asezare pozitiva

- din punct de vedere al nivelului de solicitare față de capacitatea portantă la starea limită de exploatare, se observă o rezervă de 16 % la planșeele metalice față de o rezervă de 3% la cele compuse : Se observă în schimb o rezervă destul de favorabilă din punct de vedere al rigidității la planșeele compuse (92%), față de o rezervă de 24 % la cele metalice.

Deși s-a utilizat BU 200 (de uplură) cu $\gamma = 1200 \text{ daN/m}^3$, față de BG 400 cu $\gamma = 1850 \text{ daN/m}^3$, nu s-a obținut o reducere a parametrului de greutate care se consideră unul dintre parametri cei mai importanți în proiectarea clădirilor înalte.

- folosind BU 200 s-a putut obține o reducere a consumului de energie înglobată în beton, în proporție de 47 % la planșeele metalice față de planșeele compuse, dar pe seama unei creșteri a consumului de energie înglobată în laminate, de 38 %.

În continuare, în ceea ce privește restul schemelor și variantelor de alcătuire, fie metalice, fie compuse, se pot remarca următoarele :

- o creștere a tuturor parametrilor de proiectare din punct de vedere economic și tehnic la varianta II.2. planșee compuse (cu conlucrare), care sunt mult mai acceptabili față de parametri planșeelor metalice din aceeași variantă II.2.

- o creștere accentuată a consumului de laminate la varianta III.2 de planșee metalice (de 218%) comparativ cu aceeași variantă III.2 realizată în soluție de planșee compuse - cu conlucrare (de 160%) față de varianta de bază I.2. - planșee compuse cu conlucrare;

- o reducere a înălțimii constructive de (8±17) % la variantele III.2., în vederea obținerii unor înălțimi constructive mai reduse.

- o creștere foarte însemnată a consumului de energie înglobată în laminate la varianta III.2., (planșee metalice) determinată de aceleași motive amintite de mai sus.

- o rezervă mai redusă a rigidității în variantele III.2., determinată de același motiv amintit în punctul III.2.3.

III.2.5. La trasa 5,4 x 5,4 m, cu treapta de încărcare utilă 200 daN/m^2 , având schemele de trasa și variantele de alcătuire prezentate în Tabela T.III.5., se pot preciza următoarele :

- în condițiile realizării unei reduceri de greutate nesemnificativă, în proporție de 2 %, în variantele I.1. soluție planșeu metalic (fără conlucrare) față de varianta de bază, luată cu ponderea 100 % - varianta I.1 planșeu compus (cu conlucrare), s-a

**TABEL NR. T III-5 INDICI TEHNICO-ECONOMICI COMPARATIVI
TRAMA 5,4x5,4m. INCARCAREA UTILA-200daN/mp**

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	SOLUTIE	INCARCARE UTILA[daN/mp]	GR. PLANSEI [daN/mp]	ALCATUIREA PLANSEIULUI	PROFIL NERVURA	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG.INGLOB.		INATIMEA PLANSEIULI [%]	NSF DE CARA- CITATE P LA SL EXP[daN/cm ²]	RIGIDITATEA [REZERVA] [%]	OBS.
								laminare [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminare [kwh/mp]	beton				
VARIANTA I		I1	COMPUSA METALICA	200	98%		I16	148,6%	126%	148%	52%	124%	104%	998% 0,2%	16
		I1	COMPUSA METALICA	200	100%		I12	100%	100%	100%	100%	100%	100%	12% 88%	
VARIANTA II		II1	COMPUSA METALICA	200	107,5%		I20	144%	153%	143%	63%	151%	88%	69% 31%	
		II1	COMPUSA METALICA	200	104%		I14	109%	107%	112%	112,3%	113%	100%	5,3% 94,7%	
VARIANTA III		III1	COMPUSA METALICA	200	109,5%		-	166%	153,7%	182%	63%	102%	83%	89% 11%	
		III1	COMPUSA METALICA	200	110%		-	152%	100%	166%	121%	78%	81%	95% 5%	

folosit beton ușor BU 200, remarcându-se o creștere a înălțimii constructive a planșeului de 24%. Creșterea se datorează folosirii unui profil de tablă cutată cu înălțimea mai mare decât profilul de tablă cutată laminată la rece din varianta de planșeu compus (varianta de bază) și necesității introducerii unui profil laminat plin de I_{16} față de I_{12} , toate acestea determinând un spor al consumului de laminate de 48,6 %, respectiv un spor a consumului de beton de 26 % ;

- în ceea ce privește nivelul solicitărilor față de capacitatea portantă la starea limită de exploatare și starea limită de deformație (săgeți), se observă exploatarea la maximum în varianta de planșee metalice, în schimb se poate remarca o rezervă de rigiditate de 88 % la varianta I.l. (planșee compuse) ;

- folosind betonul ușor de umplură BU 200, s-a obținut o reducere a consumului de energie înglobată de 48 %, dar pe seama unei creșteri a consumului de energie înglobată în laminate în proporție de 48 %.

În ceea ce privește restul variantelor, se poate remarca :

- o creștere a greutateii cuprinsă între 7,5 și 10 %.

- o creștere a înălțimii constructive de 51% în variantele II.l, planșee metalice și de 13% în var.II.l, planșee compuse(cu conlucrare);

- o creștere a consumului de materiale și a consumului de energie înglobată în laminate, în varianta II.l, planșee compuse, creștere mult mai redusă față de creșterea ce o prezintă aceeași variantă II.l, rezolvată în soluție metalică.

Exemplu: laminate $\left\{ \begin{array}{l} \text{la planșee compuse, o creștere de } 9 \% , \\ \text{la planșee metalice, o creștere de } 44\% . \end{array} \right.$
energie înglobată $\left\{ \begin{array}{l} \text{la planșee compuse, o creștere} \\ \text{de } 12 \% , \\ \text{la planșee metalice, o creștere} \\ \text{de } 43 \% . \end{array} \right.$
în laminate

- folosind betonul ușor BU 200 se obține o reducere a consumului de energie înglobată în beton de 37% la planșeele metalice, în schimb, o creștere de 12,3% la planșeele compuse.

- o creștere a consumului de laminate de 66% și o creștere a consumului de energie înglobată în laminate de 82% în varianta III.l, planșee metalice, iar în varianta III.l, planșee compuse o creștere de 52%, respectiv 66%.

- o reducere a înălțimii cu 22% în varianta III.l, planșee compuse, corelată cu o creștere a consumului de energie înglobată în beton de 21 % ; în schimb la varianta planșee metalice

ținut o creștere a înălțimii de 2% și o reducere a consumului de energie înglobată în beton de 37%.

III.2.6. La trama 5,4 x 5,4 m, cu treapta de încărcare utilă de 500 daN/m^2 , având schemele de tramă și variantele de alcătuire prezentate în Tab.T.III.6., se pot evidenția următoarele:

- având aceeași schemă de tramă (două nervuri intermediare) și pornind de la aceeași greutate față de varianta de bază, luată cu ponderea de 100 % și rezolvată cu planșeu compus (cu conlucrare), se remarcă o creștere de 30 % a înălțimii constructive la soluție planșeu metalic față de soluție planșeu compus.

- în ceea ce privește nivelul solicitărilor față de capacitatea portantă la starea limită de exploatare, se remarcă utilizarea la maximă a capacităților. Varianta de bază, în schimb, se prezintă avantajos în ceea ce privește starea limită de deformare cu o rezervă de rigiditate de 83%, comparativ cu soluția planșeu metalic ce are o rezervă de numai 18 %.

- folosind betonul ușor BU 200 se obține o reducere de 37% a consumului de energie înglobată în beton, dar o depășire de 41 % a consumurilor de laminate și de 54% la beton.

În ceea ce privește restul variantelor și restul schemelor de alcătuire, se remarcă avantajele soluțiilor compuse față de cele metalice din toate punctele de vedere (tehnic, economic, tehnologic), cu excepția consumului de energie înglobată în beton, care la planșeele metalice prezintă o reducere de 37 %.

III.2.7. La trama 4,2 x 4,2 m, cu treapta de încărcare utilă de 200 daN/m^2 , având schemele de tramă și variantele de alcătuire prezentate în Tabela T.III.7. se pot remarca următoarele aspecte care favorizează soluțiile realizate ca planșee compuse față de cele realizate în soluție metalică (fără conlucrare):

- în condițiile realizării unei reduceri a greutății de 12 % în varianta planșee metalice I.1 față de varianta de bază I.1. planșee compuse, înălțimea constructivă crește cu 32 %,

- deși s-a condus calculul în domeniul plastic, pentru varianta metalică și după cum se observă din nivelul solicitărilor de 103 % la starea limită de exploatare, se evidențiază o creștere a consumului de laminate de 47,6 % și implicit a energiei în laminate de 45,3 % în condițiile în care rezerva de rigiditate este numai de 10 % față de 80 % la varianta planșee compuse,

- folosind betonul ușor BU 200 se obține o reducere de 57 % a energiei înglobate în beton.

TABEL NR. T III-6 INDICI TEHNICO-ECONOMICI COMPARATIVI
 TRAMA 5,4x5,4m. INCARCAREA UTILA-500daN/mp

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	SOLUTIE	INCARCARE UTILA [daN/mp]	GR. PLANSEU [daN/mp]	ALCATUIREA PLANSEULUI	PROFIL NERVURA	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. IN GLOB.		INALTIMEA PLANSEULUI [%]	NSF DE CAPA- CITAFERIA SL. EXP [daN/cm ²]	RIGIDITATEA [REZERVA] [%]	OBS.
								lamine [kg/mp]	beton [mc/mp]	lamine [kwh/mp]	beton [kwh/mp]				
1	2	3						9	10	11	12	13	14	15	16
VARIANTA I		I2	COMPUSA METALICA	500	100%		I20	142%	154%	141%	63%	130%	101%	82% 18%	
		I2	COMPUSA METALICA	500	100%		I16	100%	100%	100%	100%	100%	100%	17% 83%	
VARIANTA II		I2	COMPUSA METALICA	500	108%		I24	145%	154,6%	146%	63,2%	150,6%	93%	65,6% 34,4%	
		II2	COMPUSA METALICA	500	114%		I18	103%	127%	106%	126%	114,5%	100%	5,6% 94,4%	
VARIANTA III		III2	COMPUSA METALICA	500	112%		-	173,46%	154,6%	195%	63,2%	101,6%	96,3%	82,4% 17,6%	
		III2	COMPUSA METALICA	500	132%		-	134,7%	153,7%	151%	153%	88,26%	99,3%	76,6% 23,4%	

TABEL NR. T III-7 INDICI TEHNICO-ECONOMICI COMPARATIVI
TRAMA 4,2x4,2m. INCARCAREA UTILA-200daN/mp

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	SOLUTIE	INCARCARE UTILA [daN/mp]	GR. PLANSEI [daN/mp]	ALCATUIREA PLANSEIULI	TRONTOUR TRAFURAJ	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. IN GLOB.		INALTIMEA PLANSEIULI [%]	NSF DE CAPA- CITATE P LA SL. [EXP daN/cm ²]	RIGIDITATEA [REZERVA] [%]	OBS.
								laminat [kg/mp]	beton [m.c./mp]	laminat [kwh/mp]	beton				
1	2 4200 1400 1400 1400 N GP GS	3			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VARIANTA I	4200 1400 1400 1400 N GP GS	I1	COMPUSA METALCA	200	88%		I14	147,6%	100%	145,3%	43%	132%	103%	90% 10%	*
		I1	COMPUSA METALCA	200	100%		I8	100%	100%	100%	100%	100%	100%	20% 80%	
VARIANTA II	4200 2100 2100 N GP GS	II1	COMPUSA	200	99,7%		I10	97,9%	100%	98%	100%	109%	99,3%	12% 88%	*
VARIANTA III	4200 2100 2100 N GP GS	III1	COMPUSA METALCA	200	106%		-	161,6%	14,8,5%	173%	53%	88,2%	83,3%	100% 0%	
		III1	COMPUSA METALCA	200	120%		-	122%	132%	131%	132%	84%	94%	91% 9%	

* Asezare pozitiva

În ceea ce privește restul variantelor, respectiv II.1. planșee compuse, este posibilă obținerea unei reduceri de 13% a greutății în schimbul creșterii cu 9% a înălțimii constructive, corelată cu reducerea cu 2,1% a consumului de laminate și de 2% a energiei înglobate în laminate.

Din punct de vedere al nivelului de solicitări față de capacitatea portantă, rezervele sînt ne semnificative; în schimb rezerva de rigiditate este de 88% față de 80% cît are varianta de bază.

La varianta III.1. planșeu metalic, creșterea greutății cu 6%, reducerea înălțimii constructive cu 11,8%, au condus la un spor al consumului de laminate de 51,6% și de beton de 42,5%. Folosind betonul ușor B5 200 se obține :

- o reducere de 47% a consumului de energie înglobată în beton ;
- o creștere de 73% a consumului de energie înglobată în laminate
- o rezervă de 16,7% în nivelul solicitărilor

Comparativ cu aceeași variantă de alcătuire, realizată în soluție planșee compuse, rezultă :

- o creșterea de 61,6% a consumului de laminate față de numai 22% în varianta planșee metalice și o creștere de 48,5% a consumului de beton față de o creștere de 32% în varianta planșee metalice

- reducerea cu 11,8% a înălțimii (față de 16% a variantei planșee metalice), fără a mai avea o rezervă de rigiditate.

- creșterea consumului de energie înglobată în laminate cu 73% față de 31% cît realizează varianta planșee metalice,

- folosind betonul ușor, la varianta planșee metalice se reduce greutatea doar cu 6% față de 20% cît se realizează în cazul planșeelelor compuse, dar schimbînd marca betonului se reduce cu 47% consumului de energie înglobată în beton, în timp ce la planșeele compuse, acest lucru conduce la o creștere cu 32% a consumului de energie.

III.2.8. La trama 4,2 x 4,2 m, cu treapta de încărcare utilă de 500 daN/m^2 , avînd schemele de tramă și variantele de alcătuire prezentate în Tabela T.III.8, luînd ca variantă de bază în pondere de 100% varianta I.2. planșee compuse, se remarcă:

- realizarea reducerii greutății cu 10,4% corelată cu o creștere a înălțimii constructive de 42,5%, ceea ce conduce și la un consum suplimentar de 51,4% la laminate și de 11% la be -

TABEL NR. T III-8 INDICI TEHNICO-ECONOMICI COMPARATIVI
TRAMA 4,2x4,2m. INCARCAREA UTILA-500daN/mp

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	SOLUTIE	INCARCARE UTILA [daN/mp]	GR. PLANSEI [daN/mp]	ALCATUIREA PLANSEIUI	PROFIL NFRVURA	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. IN GLOB [kw h/mp]		INALTIMEA PLANSEIUI [%]	N.S.F. DE CAPA CITATE P.A.S.L.	EXP. [daN/cm ²]	RIGIDITATEA [REZERVA] [%]	OBS.
								laminare [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminare	beton					
1	2	3					8	9	10	11	12	13	14	15	16	
VARIANTA I		I2	METALICA	500	89%		I18	151,4%	111%	14,9%	45,3%	142,5%	94%	66%		
		I2	COMPUSA METALICA	500	100%		I10	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-19%	*
VARIANTA II		II2	COMPUSA	500	99,8%		I12	104%	100%	105%	100%	108%	100%	-11,4%		
		II2	COMPUSA	500	100%		I12	104%	100%	105%	100%	108%	100%	100%	11,4%	
VARIANTA III		III2	METALICA	500	84%		-	193%	90%	211%	37%	81,4%	85,5%	100%		
		III2	METALICA	500	116,5%		-	128%	138%	140%	139%	86%	101%	101%	71%	

* Asezare pozitiva

- în condițiile de mai sus, rezerva de capacitate portantă este de 6 %, iar cea de rigiditate de 34 %.

- folosind beton ușor BU 200 se reduce cu 54,7 % consumul de energie înglobată, dar crește consumul de energie înglobată în laminate cu 49 %.

Pentru varianta II.2., planșee compuse, se observă o prezențare mai avantajoasă decât varianta II.1 la treapta de încărcare 200, avînd în vedere creșterea de încărcare utilă cu 250 % față de varianta de bază.

Referitor la varianta III.2, planșee metalice, față de varianta III.2 planșee compuse, este posibilă reducerea greutateii cu 16 % față de varianta de bază I.2, cu atît mai mult, cu cît la varianta planșee compuse, greutatea crește cu 16,5 %, în timp ce reducerea înălțimii constructive a planșeului metalic este de 18,6 % față de 14 % a planșeului compus. Se obține o creștere de 93 % a consumului de laminate, față de 28 % în cazul planșeelor compuse, rezultînd și o creștere de 111 % a consumului de energie înglobate în laminate, față de o creștere de 40% în cazul planșeelor compuse. Se obține o reducere de 10 % a consumului de beton și de 63 % a consumului de energie înglobată în beton, față de creșterile de 38 % respectiv 39 % în cazul planșeelor compuse. Se menționează că nu se obține rezervă de rigiditate în cazul planșeelor metalice, în timp ce la planșeele compuse, la varianta III.2., aceasta este de 29 % în condițiile în care nivelul de solicitări a fost depășit cu numai 1 %.

III.2.9. La trama 3,6 x 3,6 m cu treapta de încărcare utilă de 200 dan/m², avînd schemele de tramă și variantele de alcătuire prezentate în Tabela T.III.9.

- în condițiile realizării unor nivele egale de solicitare față de capacitatea portantă la starea limită de exploatare, în ambele variante și corelat cu realizarea reducerii greutateii cu 2,6 % pe seama unui spor de înălțime de 49 %, se remarcă creșterea cu 53 % a consumului de laminate și cu 26,5 % a consumului de beton, și creșterea cu 51,5 % a energiei înglobate în laminate.

- folosind betonul ușor, se obține o reducere de 48 % a consumului de energie înglobată

În ceea ce privește restul variantelor, se remarcă unele creșteri nesemnificative a valorilor parametrilor de proiectare și unele reduceri destul de favorabile față de varianta de bază.

Comparativ cu același mod de alcătuire pentru alte trame, constructive mai mari decât 3,6 x 3,6 m, remarcăm în mod special

TABEL NR. T III-9 INDICI TEHNICO-ECONOMICI COMPARATIVI
 TRAMA 3,6x3,6m. INCARCAREA UTILA-200daN/mp

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [m m]	COD	SOLUTIE	INCARCARE UTILA[daN/mp]	GR.PLANSEU [daN/mp]	ALCATUIREA PLANSEULUI	PROFIL NERVURA	CONSUM DE MATERIALE			CONSUM DE ENERG.INGLOB [kwh/mp]		INATIMEA PLANSEULUI [%]	N.S.F DE CAPA CITATE P.LA S.L EXP[daN/cm ²]	RIGIDITATEA [REZERVA] [%]	OBS
								laminat [kg/mp]	beton [mc/mp]	beton [kwh/mp]	laminat beton					
I	2	3					8	9	10	11	12	13	14	15	16	
VARIANTA II		II1	COMPUSA METALUCA	200	97,4%		I 12	153%	126,5%	151,5%	52%	129%	98%	100%	0,0%	*
		II1	COMPUSA METALUCA	200	100%		I 8	100%	100%	100%	100%	100%	100%	98,4%	14%	86%
VARIANTA III		III1	COMPUSA METALUCA	200	105%		-	115,4%	154,6%	122%	64%	92%	102%	100%	0,0%	
		III1	COMPUSA METALUCA	200	118%		-	101%	134%	107,7%	151%	79%	96,3%	94%	6%	

* Asezare pozitiva

varianta de alcătuire III.1. pentru planșee compuse care se prezintă mai avantajoasă din punct de vedere tehnologic, al rapidității de execuție și asigurând o reducere de 21 % a înălțimii constructive față de varianta de bază (tot planșee compuse).

Comparativ cu varianta III.1. planșee metalice, varianta III.1 de planșee compuse se remarcă, prin creșterea consumului de laminat doar cu 1 % (față de 19,4 %), creșterea consumului de beton cu 34 % (față de 54,6 %).

Folosind betonul ușor BU 200, la varianta metalică, se remarcă reducerea cu 36 % a consumului de energie înglobată față de o creștere de 51 % la soluția planșee compuse, în condițiile în care creșterea consumului de energie înglobată în laminat este de 22 % la planșee metalice, față de 7,7 % la planșee compuse.

III.2.10. La trasa 3,6 x 3,6 m cu treapta de încărcare utilă de 500 daN/m², având schemele de tramă și variantele de alcătuire prezentate în Tabela T.III.10 se remarcă :

- o creștere de 40 % a înălțimii în varianta II.2. planșee metalice față de varianta de bază II.2., planșee compuse, cu o reducere de greutate de 2 %, deși s-a folosit beton ușor de umplură BU200.

- în ceea ce privește nivelul solicitărilor față de capacitatea portantă la stări limită de exploatare și al stărilor limită de deformare, se remarcă o rezervă de 19 % respectiv o rezervă de rigiditate de 30 %.

- din punct de vedere al consumului de laminate se remarcă o creștere (mult mai accentuată față de aceeași variantă corespunzătoare unei încărcări utile de 200 daN/m²) de 62 %, respectiv o creștere a consumului de beton de 53,7 % corelată cu o creștere în consumul de energie înglobată în laminate de 58 % ; se remarcă în schimb o reducere de 47 % la consumul de energie înglobată în beton.

În ceea ce privește variantele III.2. planșee metalice și compuse, față de varianta de bază se remarcă următoarele :

- creșterea cu 54 % a consumului de laminate la planșeele metalice, față de numai 5 % în cazul planșeele compuse; acest lucru se reflectă și în consumul de energie înmagazinată în laminate care crește cu 65,7 %, respectiv cu 32 % față de varianta de bază.

- reducerea greutateii proprii cu 15 %, corelate cu reducerea de înălțime constructivă cu 28 % la varianta fără conlucrare, față de o creștere de 19 % a greutateii corelată cu o reducere de 22 % a înălțimii secțiunii.

- reducerea consumului de energie înglobată în beton, la planșeele metalice, cu 70 %, în cazul utilizării betonului ușor de

TABEL NR. T III-10 INDICI TEHNICO-ECONOMICI COMPARATIVI
 TRAMA 3,6x3,6m. INCARCAREA UTILA-500daN/mp

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	SOLUȚIE	INCARCARE UTILA [daN/mp]	GR. PLANȘEI [daN/mp]	ALCATUIREA PLANȘEI	PROFIL NERVURĂ	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. ÎN GLOB.		INATIMEA PLANȘEI [%]	NSF DE CAPĂ- CITATE PIA SL EXP [daN/cm ²]	RIGIDITATEA [REZERVA] [%]	OBS.
								laminat [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminat [kwh/mp]	beton				
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VARIANTA II		II2	METALICA	500	98%		I 16	162%	153,7%	158 %	53 %	140%	813%	70% 30%	*
								100%	100%	100%	100%	100%	100%	-1,6% 101,6%	*
VARIANTA III		III2	COMPUSA METALICA	500	85%		-	154%	98%	165,7%	303%	72%	103%	81% 19%	
								105%	132%	113%	132%	77,3%	100%	87% 13%	*

* Asezare pozitiva

umplutură, pe cînd creșterea de 32 % în cazul planșeelor compuse, reprezintă ponderea minimă față de soluția optimă adoptată.

III.3. Concluzii

În baza comparației tehnico-economice funcție de tip de alcătuire, trama constructivă și indicatorii urmăriți în vederea optimizării, se subliniază următoarele:

1) Este evident avantajul planșeelor compuse cu conlucrarea față de planșee metalice (fără conlucrare) și față de cele din beton armat sau beton armat precomprimat-în special la regimuri de înălțimi medii și mari (vezi și Tabelele T.IV.2.1. și T.III.11.B)

2) Aceste avantaje sînt mult mai evidente la tramele mari de 7,2 m, 6,0 m, 5,4 m, în special pentru tipul de alcătuire în două nervuri intermediare (varianta I).

3) La tramele mici-3,6; 4,2 m - indiferent de treapta de încărcare, aceste avantaje sînt mult mai evidente pentru variantele de alcătuire cu o singură nervură (varianta II) sau numai din profile de tablă cutată în conlucrare cu beton ușor (varianta III).

4) Utilizînd avantajele conlucrării între beton și tabla cutată se obține o reducere substanțială a consumului de laminat (de 39,4-62%) față de cele metalice și absolut în toate cazurile de alcătuire constructivă, se realizează o reducere a înălțimii constructive a secțiunii compuse în proporție de 23,6 - 42,5%-ceea ce conduce la reducerea înălțimii clădirii și greutății totale transmise la teren, permițînd, în anumite cazuri, realizarea unui număr de etaje în plus.

5) Datorită conlucrării finale dintre beton și table cutată este posibil de realizat tehnic introducerea unor eforturi suplimentare în secțiunea compusă (la varianta I, II) încă din faza de montaj. Acest lucru conduce (și se recomandă să fie adoptat) la obținerea unor rezerve de rigiditate de 10-100 % în faza finală. În cazul planșeelor metalice fără conlucrare este evident că nu se obține nici un avantaj tehnico-economic.

6) Cu toate că s-a utilizat betonul ușor BU 200 cu rol de umplutură, suport pardoseală și contribuție la rigiditatea șabei de planșeu metalic, față de betonul de granolit BG 400 la planșeele compuse cu conlucrare, nu rezultă o reducere substanțială a parametrului de greutate, acesta diferind doar în limite de 3 - 13 % .

7) Absolut în toate variantele de plănșee metalice și compuse (vezi Tabele), s-a constatat că folosirea unor profile de tablă cutată de înălțime mare și grosime de tablă mai mică (0,75 - 0,88 mm) a condus la obținerea unor avantaje tehnico-economice mai eficiente comparativ cu cazurile variantelor la care s-au folosit profil din tablă cutată de înălțime mai mică și cu grosime "t" a foii mai mari.

Este de remarcat modul în care așezarea profilului de tablă cutată influențează caracteristicile secțiunii (vezi capitolul " RECOMANDARI").

CAPITOLUL IV.

ANALIZA SI OPTIMIZAREA LA PLANSELE COMPUSE

IV.1. Prezentare

În vederea optimizării soluțiilor și variantelor planșee compuse, au fost analizate în etape de proiectare și interpretare tehnico-economică - răspunzând criteriilor și cerințelor formulate în capitolul I - următoarele alcătuirii și variante de planșee :

a) planșee compuse (cu conlucrare) - clasice, având în componerea lor profil laminat plin, I, în conlucrare cu placa din beton armat turnat monolit - la trasa 7,2 x 7,2 m. - în varianta I-1, I-2 (cu două nervuri intermediare) pentru treptele de încărcări utile 200 și 500 daN/m² ; vezi Tabelele T.IV.-1.a.

b) planșee compuse (cu conlucrare), având în componerea lor profile laminate pline + tablă cutată laminată la rece + beton greu B₃₀₀, pentru trasa 7,2 x 7,2 m, în următoarele variantele de alcătuire :

- cu 2 nervuri intermediare (I-1, I-2),

- cu o nervură intermediară (II-1, II-2)

- numai din profile de tablă cutată + beton, fără nervuri intermediare (III-1, III-2).

Prezentarea datelor pentru treptele de încărcări utile de 200 și 500 daN/m² se face în Tabla T.IV.1.b.

c) planșee compuse (cu conlucrare) alcătuite din profile laminate pline + tablă cutată + beton ușor BG 400 (cu agregate de granulat clasa A 3b conform prescripției românești și cu agregate speciale, în scopul obținerii greutatei specifice $\gamma = 1750 \text{ daN/m}^3$, conform normelor franceze), pentru tramele 3,6 x 3,6 m ; 4,2 x 4,2 m ; 5,4 x 5,4 m ; 6 x 6 m ; 7,2 x 7,2 m și pentru variantele de alcătuire prezentate în tabelele T.IV.1.a - T.IV.6.

Se menționează că pentru optimizarea grosimii plăcii de beton armat în conlucrare cu tablă cutată de diverse tipuri de profil și grosimi ale tablei, s-a întocmit un studiu distinct tehnico-comparativ a cărui rezultate sînt prezentate în tabela T.IV.1.c.

Avînd în vedere tendințele actuale pe plan mondial - [1; 176; 164 ; 137 ; 138 ; 139 ; 111 ; 27] , referitoare la utilizarea la maxim a capacității de rezistență a celor două materiale în conlucrare și corelate cu cerințele de eficiență tehnico-economică și cu tehnologiile de execuție și rezolvare - studiul analitic și optimizarea soluțiilor și variantelor se conduce asupra următoarelor scheme de alcătuire și variante componente :

TABEL NR. T.IV-1-b PLANȘEE COMPUSE (ÎN CONCLUCRARE CU BETON GREU). TRAMA 7,2 x 7,2 m.

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [m m]	COD	INCARCAREA ULTA [daN/mp]	GR. PLANȘEU [daN/mp]	ALCATUIREA PLANȘEULUI	PROFIL NERVURĂ	CONSUM DE MATERIALE (INDICI)				INALTEA PLANȘEULUI [cm]	NSF DE CAPA CITATE PLASL EXP [daN/cm ²]	f/f _{admisiibil} [%]	OBS.
							laminat [kg/mp]	beton [mc/mp]	OB [kg/mp]					
1	2 7200 2400 2400	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
VARIANTA I		I1	200	228		I20	23,16	0,082 4,25	3,85	33	f _{ci} =1438 89,8%	f _{ef} =0,069 1,9%	** **	
VARIANTA II		II1	200	310,03		I24	31,39	4,87	4,22	39	95%	7,1%	** **	
VARIANTA II		II2	500	376,91		I22	25,03	5,90	5,24	43	100%	-4%	* **	
VARIANTA III		III1	200	292,43		-	38,93	5,26	5,40	30	96,25%	93,8%	* **	
VARIANTA III		III2	500	361,32		-	41,32	6,635	5,60	35,2	96%	71,16%		

* Ase : are negativa

** Asezare cu contrasageata la montaj

TABEL NR. TIV-1a PLANSEE COMPUSE CLASICE (profil+beton greu)

ELEMENT	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCARE CITIA [daN/mp]	GREGUTATE FEMENIT [daN/mp]	ALCATUIREA PLANSEULUI	CONSUM DE MATERIALE				INALT. [cm]	N.S.F. DE CAPPORT, LA ST.LIM. DE EXPL. [daN/cm ²]	f _{efectiv} , f/f _{adm.} [cm]; [%]	OBS.
						laminare [kg/mp]	beton [mc/mp]	OB [kg/mp]	7				
PLANSEU BA		3		5	6	7	8	9	10	11	12		14
		I ₁	200	18,37	 I ₂₂ B 300(250) hb=7cm STNB φ4/100/φ35/150 jos φ4/100/φ35/200 sus	I ₂₂	12,96	0,07	3,92	*	$\sqrt{\sigma_{ef}}=1417$ 89%	-0,988 -27%	
		I ₂	500	210,33	 I ₂₄ B 300 hb=8cm STNB φ4/100/φ35/150 jos φ5/100/φ4/150 sus	I ₂₄	15,08	0,08	4,50	*	39	$\sqrt{\sigma_{ef}}=1417$ 90%	-0,27 -56%

* Inklusiv dispozitive plase

TABEL T IV-1.c. VARIANTE STUDIATE: PLANSEE COMPUSE TABLA CUTATA+BETON USOR

		INCARCARE UTILA [daN/mp]									
TRAMA [m]	BETON BG 400	Hbet OPT [m]	CONSUM OTEL [kg/mp]	CONSUM BETON [mc/mp]	GREUTATE [daN/mp]	BETON nerv. x100	SAGEATA EFECTIVA	P _n 200		P _n 500	
5,4 x 5,4	A _{3b} f _c =1900	5,5	26,4 t=1mm	0,08419	160+26,4	34,6%	2,13				
			TIP PROFIL		80/183/4						
60x60	A _{3b} f _c =1900	4,5(5)	26,4 t=1mm	0,07419	130+26,4	39,34%	2,00				
			TIP PROFIL		80/183/4						
5,4 x 5,4	A _{3b} f _c =1750	7,0	32,8 t=1,25mm	0,09919	188,5+32,8	29,42%	2,68				
			TIP PROFIL		80/183/4						
60x60	A _{3b} f _c =1750	5,5	32,8 t=1,25mm	0,08419	147,33+32,8	34,67%	2,54				
			TIP PROFIL		80/183/4						
5,4 x 5,4	A _{3b} f _c =1900	5,0	24,2 t=1mm	0,065358	124,2+24,2	23,49%	2,70				
			TIP PROFIL		80/183/4						
60x60	A _{3b} f _c =1900	5,0	21,4 t=0,88mm	0,065358	114,4+21,4	23,49%	2,72				
			TIP PROFIL		80/183/4						
7,2 x 7,2	A _{3b} f _c =1750	5,0	23,2 t=0,88mm	0,07919	150+23,2	36,86%	2,69				
			TIP PROFIL		80/183/4						
60x60	A _{3b} f _c =1900	4,5(5)	23,2 t=0,88mm	0,07469	130+23,2	39,34%	2,62				
			TIP PROFIL		80/183/4						
7,2 x 7,2	A _{3b} f _c =1900	5,0	34,0 t=0,88mm	0,09123	173,345+34	45,2%	3,1				
			TIP PROFIL		100/174/4						
7,2 x 7,2	A _{3b} f _c =1750	5,0	30,0 t=1,0mm	0,09123	159+30	45,2%	3,21				
			TIP PROFIL		100/174/4						

- analiză și comparație între planșee compuse clasice (fără tablă cutată) și cele cu tablă cutată, pentru variantele cu beton greu B300 și beton ușor BG400, la tramsa de 7,2 x 7,2 m (vezi tabela T.IV.2.1.)

- analiză și optimizare a planșeelor compuse având în conlucrare tablă cutată îndoită la rece și beton ușor BG 400 pentru tramele 3,6 x 3,6 m ; 4,2 x 4,2 m ; 5,4 x 5,4 m ; 6 x 6 m ; 7,2 x 7,2 m și pentru treptele de încărcare utile de 200 și 500 daN/m².

IV.2. Analize și optimizări asupra soluțiilor și variantelor studiate

IV.2.1. Analiză comparativă între soluțiile de planșee compuse cu și fără tablă cutată (Tabela T.IV.2-1)

a) Sub aspectul criteriului de reducere a greutatei totale pe metru pătrat de planșeu și a încărcărilor totale permanente, transmise terenului de fundare, de întreaga construcție, corelat cu necesitatea reducerii înălțimii constructive și de alcătuire a planșeului, deci, implicit a reducerii înălțimii întregii construcții, se remarcă că în cazul planșeelor compuse fără tablă cutată, la treapta de încărcare 200 daN/m², se poate realiza o greutate aproape egală cu cea a variantei de planșeu compus cu tablă cutată și în conlucrare cu beton ușor.

Se menționează că în restul variantelor de alcătuire studiate și prezentate, planșeele compuse fără tablă cutată conduc la un spor de 11,3 % pentru treapta de încărcare de 500 daN/m²; planșeele compuse în variantă tablă cutată cu beton greu conduc la sporuri de 25,3 % pentru treapta de încărcare de 200 daN/m², respectiv 41 % pentru treapta de încărcare de 500 daN/m².

b) Sub aspectul înălțimii constructive efective, cuprinsă între 32-39 cm, planșeele compuse fără tablă cutată conduc la un spor de 5,4 % la treapta de 500 daN/m² respectiv 12,5 % la treapta de 200 daN/m²; planșeele cu tablă cutată în conlucrare cu beton greu conduc la sporuri de înălțime mai reduse față de cele clasice (fără tablă cutată) cuprinse între 3,25 % și 5,4 %.

c) Din punct de vedere al nivelului de solicitare, al rezervei față de capacitatea portantă la starea limită de exploatare, se remarcă un grad de îndeplinire a efortului maxim în proporție de 90% la planșeele clasice și de 91÷96 % la planșeele cu tablă cutată și beton greu, concomitent cu îndeplinirea condițiilor de rigiditate în rezervă de 20,6 % respectiv 103 % la planșeele clasice și de

TABEL NR. T-IV-2-1 INDICI TEHNICO ECONOMICI PENTRU TRAMA 7,2 x 7,2 m

TIP DE ALCATUIRE	SCHEMA TRAMA [mm]	ALCATUIREA + MARCA BETON	INCARC. UTILA [daN/mp]	GREUT. [daN/mp]	CONSUM DE MATERIALE		INALTIME [cm]	NIVELUL SOL. FAZA DE CAP DE REZISTEN	RIGIDITATEA (REZERVA) [%]	GRAD DE IND.	OBS.
					garnitaj [kg/mp]	OB [kg/mp]					
FARA TABLA CUTATA		B300 Hbet=3cm 	200	183,7 101%	12,96 61,6%	0,07 3,53	3,92	89,89%	-120,6%	10%	x
			500	210,33 111,3%	15,08 67,4%	0,08 4,15	4,50	90,1%	-103%	10%	x
CU TABLA CUTATA		B 300 Hbet=30cm 	200	228 125,3%	23,16 110,8%	0,082 4,25	3,85	91%	-93%	15%	x x x
			500	266,4 141%	27,1 110,4%	0,094 4,87	4,22	96%	-73%	15%	
PLANSEE METALICE		BETON USOR 	200	182 100%	21,02 100%	0,092 4,769	3,85	$\sqrt{c_{ci}}=1583$ 100%	f=-0,204 -100%	15%	x x x
			500	189 100%	24,55 100%	0,094 4,87	4,22	100%	f=-0,126 -100%	15%	x x x
PLANSEE DIN BETON (IMS)		BETON USOR 	200	121 65%	26,2	0,079 4,09	1,34	106,6%	30% f _d -2,8%	70%	
			500	137,15 72,3%	35,12	0,085 4,40	1,34	125%	126,14%	28% f _d -2,2%	70%
PLANSEE DIN BETON (IMS)		BETON GREU 	200	206 113,8%	1,95	0,092	100%	100%	100%	85%	#

cu precomprimarea nervurilor și postcomprimare integrată

x contrasageata ; **așezare negativă

73 %÷93 % la cele din tablă cutată în conlucrare cu beton greu. (ca o consecință a introducerii contrasăgeșilor la nervuri prin tehnologii adecvate acestor genuri de lucrări precum și prin dispunerea negativă a profilului de tablă cutată).

d) In condițiile realizării unor indici de consum cât mai reduși se remarcă consumul de laminate mai mic la planșeele clasice ($12,96 \div 15,08 \text{ kg/m}^2$ față de planșeele compuse din tablă cutată în conlucrare cu beton greu care conduc la un consum mai mare ($23,16 \div 27,1$) kg/m^2 , în timp ce consumul de oțel-beton și de beton sînt sensibil apropiate la toate variantele.

Varianta de planșeu compus tablă cutată în conlucrare cu beton ușor realizează o reducere a consumului de laminate de la 10,4 % față de soluțiile de planșeu la care se folosește betonul greu, și o creștere de 38,4 %, respectiv 38,6 % pentru treptele de încărcare 200, respectiv 500 daN/m^2 - față de cele clasice. Avînd în vedere însă gradul sporit de industrializare care se obține în cazul planșeelelor compuse din tablă cutată în conlucrare cu betonul în reducerea duratei de execuție, corelate cu avantajul reducerii greutății proprii și a înălțimii constructive, această variantă de alcătuire se impune pentru analiză și optimizare la restul schemelor de alcătuire și restul 1 tramelor - motiv pentru care a fost aprofundată prin studiu și prin analizele pe care le prezentăm.

În baza studiului privind grosimea optimă a plăcii de beton în conlucrare cu tabla cutată, s-a dovedit că pentru h_p minim cuprins între 4-6 cm, se îndeplinesc toate cerințele de eficiență a secțiunii compuse, rezultînd o reducere însemnată a greutății proprii și consumului de laminate, în cazul betoanelor ușoare cu compoziție stabilită conform prescripțiilor franceze (pentru $\gamma_{\text{med}} = 1750 \text{ daN/m}^3$).

Se evidențiază de asemenea că aspectul tablei cutate, tipul de profil laminat la rece sub formă trapezoidală prevăzut cu încreștături pe inimă și pe talpă, precum și măsurile ce se cer pentru sporirea aderenței aplicîndu-se adezivi sintetici 34 conduc la sporirea gradului de conlucrare între elementul metalic și beton. S-a demonstrat că pentru același tip de profil și la aceeași tramă constructivă, la un spor de grosime de $0,88 \div 1 \text{ mm}$ sau $0,88 \div 1,25 \text{ mm}$, se obține un spor de sarcină utilă de la 200 la 500 daN/m^2 (250 %), față de un spor de 41,4 % a consumului de laminate.

Trebuie avut în vedere că în faza de montaj se consumă o mare parte din capacitatea portantă și din deformația tablei cutate, precum și faptul că la $h_p > 4 \text{ cm}$ săgeata finală este direct

influențată de tipul profilului adoptat.

Asupra analizei stării de eforturi și de deformații, se recomandă adoptarea unor alcătuirii constructive cu luarea în considerare a secțiunii compuse în domeniul plastic sau elasto-plastic și asigurarea unor măsuri constructive care să mențină eforturile și deformațiile în limitele admisibile, dat fiind raportul direct proporțional cu caracteristicile mecanice ale betonului și invers proporțional cu densitatea acestuia.

Concluziile prezentate mai sus au făcut obiectul unor comunicări la a V-a Conferință de construcții metalice [76, 77] și s-au prelucrat și interpretat în scopul extinderii analizei și optimizării la restul tramelor și variantelor de alcătuire pe care le prezentăm în continuare.

IV.2.2. Analiza și optimizarea planșeelor compuse tablă cutată în conc lucrare cu beton ușor BG 400.

IV.2.2.1. Trama constructivă 7,2 x 7,2 m la trama de 7,2 x 7,2m se iau ca bază indicii tehnico-economici și schemele de alcătuire prezentate în tabela T.IV.2. Pentru treapta de încărcare utilă de 200 daN/m², rezultă ca optimă schema de alcătuire de la varianta I.1.

- sub aspectul cerinței de reducere a greutății și înălțimii constructive, varianta II.1, conduce la o greutate sporită de 17 % respectiv 18 %, iar varianta III.1., chiar în condițiile adoptării unei secțiuni închise, care reduce cu 8 % înălțimea constructivă, conduce la o greutate sporită de 23,5 %.

- sub aspectul criteriului de rigiditate, în condițiile în care nivelul solicitărilor se apropie de limita admisă (97+100 %), se obține o rezervă de 88 % la varianta I.1. și de 101,6 % la varianta II.1, în timp ce la varianta III.1, doar de 9,3 %.

- Indicii de consum ce se realizează la variantele II.1. respectiv III.1. pentru laminate sînt mai mari cu 29 % respectiv 59,6 % ; pentru beton cu 23,4 %, respectiv 32 %.

- sub aspectul consumului de energie înglobată, proporționalitatea se menține ca și la consumurile de laminate și beton. Se remarcă la varianta III.1. o creștere a consumului de energie înglobată din cauza alcătuirii secțiunii chesonate din două profile de tablă cutată.

Pentru treapta de încărcare utilă de 500 daN/m² în condițiile folosirii capacității portante în proporție de 94 ÷ 101 % optimizînd tipul de profile de tablă cutată laminată la rece precum și grosimea tablei, s-au reușit reducerea consumului de laminate la

TABEL NR. T.IV-2 INDICI TEHNICO ECONOMICI COMPARATIVI
TRAMA 7,2x7,2m

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm.]	COD	NCARCARE STILA [daN/mp]	GR. PLANSEU [daN/mp]	EFICIENTA [k]	ALCATUIREA PLANSEULUI	PROFIL NERVURA	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. INGLOB.		INALTIMEA PLANSEULUI [%]	NSF DE CAPA- CITATE PLASL EXP [daN/cm ²]	RIGIDITATE (REZERVA) [%]	OBS.	
								laminare [kg /mp]	beton [mc/mp]	laminare [kwh/mp]	beton					
I		I ₁	200	100%	100%		I ₁₈	100%	100%	100%	100%	100%	14	15	15	
VARIANTA I		I ₂	500	100%	100%		I ₂₂	100%	100%	100%	100%	100%	100%	12	15	*
VARIANTA II		II ₁	200	117%	928%		I ₂₀	129%	123,4%	128%	128%	118%	99%	-166%	101,6%	*
VARIANTA II		II ₂	500	113%	885%		I ₂₆	116%	121,5%	120%	121%	117%	94%	33%	86,7%	*
VARIANTA III		III ₁	200	1235%	98%		-	159%	132%	178%	132,4%	92%	97%	90,27%	9,3%	*
VARIANTA III		III ₂	500	1326%	90%		-	135%	151,6%	153,6%	151,7%	91%	101%	89%	11%	*

* Asezare pozitivă

variantele de alcătuire II.2, III.2 în limite de 16÷35 %. Față de treapta de încărcare de 200 daN se remarcă :

- o reducere a consumului de laminate cu 29÷59,6 % în corelare cu menținerea sporului de greutate în limitele 13÷32 % și a variației înălțimii constructive în limita de 1 %.

- realizarea unei rezerve de rigiditate de 83,4 % la varianta I.2, de 87,6 % la varianta II.2. și doar de 11 % la varianta III.2.

- reducerea consumului de energie înglobată cu 2÷15 % ce corespunde procentual cu efectele obținute în urma optimizării secțiunii la treapta de încărcare de 500 daN/m².

Pe baza criteriilor de optimizare prezentate și a datelor analitice rezultă avantajul utilizării alcătuirii constructive a planșeului având în componență două nervuri la trama de 7,2 x x 7,2 m, și importanța introducerii eforturilor inițiale în nervuri în faza de montaj.

IV.2.2.2. Trama constructivă 6 x 6 m . La trame de 6 x 6m se iau ca bază schemele și variantele de alcătuire constructivă a planșeelor compuse prezentate în Tabela T.IV.3. În analiză s-a pornit prin optimizarea profilului de tablă cutată, reducerea înălțimii constructive și adoptarea grosimii optime pentru placa de beton armat în conlucrarea cu tabla cutată.

- Sub aspectul criteriului de reducere a greutateii, la treapta de încărcare 200 daN/m², variantele de alcătuire II.1, III.1 conduc la un spor de greutate de 15 % respectiv 22 %. Se remarcă reducerea înălțimii cu 9 % doar în cazul schemei III.1. La treapta de încărcare de 500 daN/m² creșterea greutateii proprii este de 13,5 % la varianta II.2 și de 31 % la varianta III.2, variantă la care reducerea înălțimii constructive realizate este de 17 %.

- nivelul de utilizare a capacității portante se situează între 92÷99 %, remarcându-se doar o rezervă de 8 % la treapta de încărcare de 200 daN/m² la varianta III.1.

- Rezervele de rigiditate la schemele de alcătuire I.1. și II.1. se realizează în proporție de 93,6 % pîlă la 104 %, iar la schemele I.2 și II.2. în proporție de 92÷106,6 %, rezerve obținute pe seama introducerii unor eforturi inițiale în profilul laminat și a așezării pozitive a profilului de tablă cutată. Pentru schemele de alcătuire III.1. respectiv III.2, rezerva de rigiditate este cuprinsă între 15,4 - 13,4 % în condițiile în care s-a procedat la optimizarea grosimii plăcii și a tablei de același tip de profil, pentru obținerea unui spor de 250 % a încărcării utile.

TABEL NR. T.IV-3 INDICI TEHNICO-ECONOMICI COMPARATIVI
TRAM 6,0x6,0 m.

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCAREA UTILAJ [daN/mp]	GR. PLANSEI [daN/mp]	EFICIENTA [k]	ALCATUIREA PLANSEIULI	PROFIL FERO	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. IN GLOB.		INALTIMEA PLANSEIULI [%]	NSF DE CARA- CTATE P LA SL EXP [daN/cm ²]	RIGIDITATEA [REZERVA] [%]	OBS.
								laminat [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminat [kwh/mp]	beton				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VARIANTA I		I1	200	100%	100%		I14	100%	100%	100%	100%	100%	96,4%	6,4% 93,6%	*
VARIANTA II		II1	200	115%	90%		I16	107%	127%	109%	127%	115,6%	97,5%	-4% 104%	*
VARIANTA III		III1	200	122%	93%		I20	109%	123%	104%	123%	113%	97,8%	-6,6% 106,6%	*
VARIANTA III		III2	500	131%	87%		-	137,5%	134%	151%	134%	91%	92%	84,6% 15,4%	
VARIANTA III		III2	500	131%	87%		-	159%	145%	166%	145%	83%	99%	86,6% 13,4%	

* Asezare pozitiva

- Din punctul de vedere a indicilor de consum de materiale și de energie înglobată :

- schemele de alcătuire II.1 și II.2. prezintă sporuri de 7÷9 % la laminate și energie și de 27 ÷ 23 % pentru beton și energie înglobată în beton.

- schemele de alcătuire III.1 și III.2. conduc la sporuri de 37,5 ÷ 59 % la laminate, respectiv 51÷66 % la energie înglobată în laminate. În condițiile optimizării grosimii plăcii, consumul de beton și de energie înglobată crește cu 34 ÷ 45 % față de variantele I.1. și I.2.

Din analiza comparativă a parametrilor de alcătuire și a cerințelor tehnico-economice, rezultă ca scheme de alcătuire optimă variantele I.1. și I.2. În anumite cazuri funcționale se poate adopta și schema II.2. respectiv III.2 cu amendamentele arătate mai sus în privința consumurilor, înălțimii secțiunii, energiei înglobate, rezultând și avantaje tehnologice și de execuție pentru trepte de încărcări mari și în cazul pereților de compartimentare dispuși pe nervuri (sau pe elemente de legătură între nervuri).

IV.2.2.3. Trama constructivă 5,4 x 5,4 m. La trama de 5,4 x 5,4 m conform datelor și schemelor prezentate în Tabela IV.4 la treapta de încărcare de 200 daN/m² se remarcă față de varianta I.1 că în condițiile creșterii înălțimii secțiunii cu 22,8 % la varianta II.1. sporul de greutate este doar de 4 %; în condițiile reducerii înălțimii cu 22 % la varianta III.1, sporul de greutate este de maxim 10 %.

Analiza și comparația cu concluziile arătate mai sus s-a condus adoptând aceeași grosime a plăcii de beton ($h_p = 4$ cm) și utilizând același profil de tablă cutată.

De remarcat însă că nivelul solicitărilor față de capacitatea portantă la starea limită de exploatare în tabla cutată la varianta III.1. se realizează în proporție de numai 81 %.

Indicii de consum de laminate sînt cu 9 %, respectiv 52 % mai mari la varianta II.1, III.1 față de varianta I.1. și nu se realizează o rezervă de rigiditate decât la varianta II.1. (94,7%) față de 87,8 % la varianta I.1.

La treapta de încărcare de 500 daN/m² se remarcă că în condițiile realizării unor sporuri de înălțime și de greutate în proporție de 14 % (sporuri provenite din alcătuirea constructivă la varianta II.2 consumul de laminate crește doar cu 3 %, iar rezerva de rigiditate obținută este de 94,4 %. În schimb, în

cazul variantei III.2, cu toate că se reduce înălțimea constructivă cu 11,4 % corelată cu un spor de greutate în limite optime de 32 %, rezultă o creștere a consumului de energie înglobată de 51 %. În aceste condiții se obține totuși o rezervă de rigiditate de 23,4 %.

Introducând în analiză și factorul de eficiență care se exprimă prin raportul M_{max}/M_{cap} plastic și care se realizează în proporție de 95 % în varianta II.1, luând însă ca bază consumul de malinate și rezerva de rigiditate precum și aspectele tehnologice și de execuție, variantele II.1, respectiv II.2, devin competitive pentru trasa de 5,4 x 5,4 m chiar și pentru treapta de încărcare de 50 daN/m².

Se menționează în mod special, pentru varianta III, că dobândirea unui spor de sarcină utilă, în condițiile reducerii constructive a planșeului, se poate obține acționând simultan asupra înălțimii profilului de tablă cutată și asupra grosimii plăcii de beton, dar numai în condițiile îndeplinirii dezideratului de reducere a consumului de laminat.

IV.2.2.4. Trasa constructivă 4,2 x 4,2 m. La trasa de 4,2x4,2m se iau ca bază schemele și variantele de alcătuire constructivă a planșelor compuse prezentate în Tabela T.IV.5.

Analiza s-a condus pentru optimizarea profilului de tablă cutată în conlucrare cu betonul, pentru îndeplinirea cerințelor optime de greutate proprie și consum de materiale, în corelare cu realizarea unui nivel de solicitare față de capacitatea portantă la starea limită de exploatare în proporție de 100 %.

Rezultă ca optim profilul de tablă cutată laminată la rece T40/190-5/t = 0,88 mm și grosimea plăcii de beton ușor EG 400 -

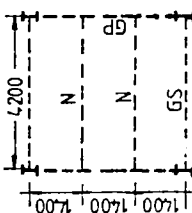
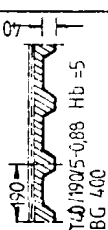
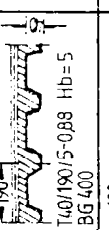
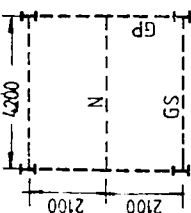
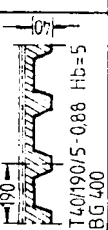
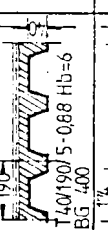
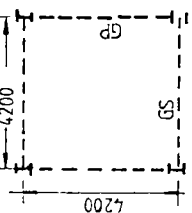


- $h_p = 5+6$ cm.

Criteriul de realizare a unei rezerve de rigiditate (prin introducerea unor eforturi inițiale în nervuri) a fost realizat pentru treapta de încărcare 200 daN/m², la varianta I.1. în proporție de 80 %, iar la varianta II.1. în proporție de 88 %; pentru treapta de încărcare de 500 daN/m², criteriul a fost îndeplinit la nivel de 102 % la varianta I.2. și de 111,4 % la varianta II.2.

În condițiile unui consum de energie înglobată (considerat optim și realizat în proporție de 100 %), la variantele de planșee cu nervuri se remarcă și un spor de înălțime minim de 8-9 % a întregii secțiuni. Ca o consecință a celor de mai sus, se obține o rezervă de rigiditate însemnată la varianta II față de varianta I.

La schema de alcătuire III (fără nervuri intermediare) rea-

TABEL NR. T IV-5 INDICI TEHNICO ECONOMICI COMPARATIVI
TRAMA 4,2x4,2m

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCARE UTILA [daN/mp]	GR. PLANSEU [daN/mp]	EFICIENTA	ALCATUIREA PLANSEULUI	PROFIL NERVURA	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. IN GLOB		INALTIMEA PLANSEULUI [%]	NSF DE CAP PORT LA S.L. EXP [daN/cm ²]	RIGIDITATE (REZERVA) [%]	OBS.
								laminat [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminat [kwh/mp]	beton				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VARIANTA I		I ₁	200	100%	100%		I ₈	100%	100%	100%	100%	100%	99.63%	19% 81%	*
		I ₂	500	100%	100%		I ₁₀	100%	100%	100%	100%	100%	99.8%	-1.9% 101.9%	*
VARIANTA II		II ₁	200	99.7%	99.8%		I ₁₀	97.9%	100%	98%	100%	109%	99.3%	12% 88%	*
		II ₂	500	99.8%	99.7%		I ₁₂	104%	100%	105%	100%	108%	100.2%	-11.4% 111.4%	*
VARIANTA III		III ₁	200	120%	80%		-	122%	132%	131%	132%	84%	94%	90.5% 9.5%	
		III ₂	500	116.5%	79%		-	128%	138%	140%	139%	86%	101%	71.4% 28.6%	

* Asezare pozitivă

TABEL NR. T.IV-4 INDICI TEHNICO ECONOMICI COMPARATIVI
TRAMA 5,4x5,4m

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCARE SUA [daN/mp]	GREAT PLANS [daN/mp]	EFICIENTA [k]	ALCATUIREA PLANSEULUI	PROFIL NEZVURA	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. IN GLOB.		INALTIMEA PLANSEULUI [%]	NSF DE CAPA- CITATE PLASL EXP [daN/cm ²]	RIGIDITATE (REZERVYA) [%]	OBS.	
								laminare [kg/mp]	beton [mc/mp]	laminare [kwh/mp]	beton					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
VARIANTA I		I ₁	200	100%	100%		I ₁₂	100%	100%	100%	100%	100%	996%	122%	878%	*
		I ₂	500	100%	100%		I ₁₆	100%	100%	100%	100%	100%	100%	17%	83%	*
VARIANTA II		II ₁	200	104%	95%		I ₁₄	109%	107%	112%	100%	1128%	99,6%	5,3%	94,7%	*
		II ₂	500	114%	88%		I ₁₈	103%	127%	106%	126%	114,5%	99,9%	5,6%	94,4%	*
VARIANTA III		III ₁	200	110%	97,3%		-	152%	100%	166%	107%	78%	81%	95,5%	4,5%	-
		III ₂	500	132%	89%		-	134,7%	153,7%	151%	153%	88,6%	99,25%	76,3%	23,4%	-

* Asezare pozitivă

respectiv 16,5 % corelate cu reducerea înălțimii constructive cu 16 % respectiv 14 %, Se poate obține acționând optim asupra grosimii foii de tablă cutată ($1,13 \div 1,25$ mm). În aceste condiții de optimizare analiza consumurilor de materiale evidențiază un spor de 22-28 % pentru laminate, respectiv 32 - 38 % pentru beton, sporuri direct proporționale reflectate și în consumurile de energie înglobată. Se specifică că au fost îndeplinite condițiile de atingere a nivelului de solicitare la limita de $94 \div 101\%$.

Specificul schemei de alcătuire III conduce la obținerea unor rezerve de rigiditate redusă, doar de $9,5 \div 28,6 \%$, comparativ cu variantele cu nervuri intermediare.

Din analiza prezentată și pe baza optimizărilor efectuate pentru trama de $4,2 \times 4,2$ m, rezultă ca indicate de adoptat variantele I și II, indiferent de treapta de încărcare utilă (200 sau 500 daN/m²).

Luând în considerare însă și aspectele tehnologice legate de modul de execuție, de reducerea duratelor de realizarea unui nivel, precum și cerințele tehnico-funcționale arhitectonice și de compartimentare, se recomandă variantele de alcătuire II.1, II.2, precum și variantele III.1, respectiv III.2. intrate în analiză și optimizate în baza indicilor și parametrilor indicați mai sus. (vezi tabela T.13).

IV.2.2.5. Tramă constructivă $3,6 \times 3,6$ m La tramale de $3,6 \times 3,6$ m, pe baza optimizării variantelor de alcătuire arătate la trama de $4,2 \times 4,2$ m s-au analizat doar schemele de alcătuire II și III, conform Tabela T.IV.6.

Pentru schema de alcătuire II la ambele trepte de încărcare (200 și 500 daN/m²) se remarcă îndeplinirea tuturor cerințelor în proporție de 100 %, realizându-se și o rezervă de rigiditate a secțiunii în proporție de 85 %, respectiv 101,6 %.

La varianta de alcătuire III optimizarea s-a condus pentru consumul minim de materiale, la o înălțime minimă posibilă de realizat (cu $21 \div 23$ % redusă față de varianta II) și în condițiile unui spor de greutate minim de îndeplinit de 18-19 %.

Se remarcă în mod deosebit că realizarea nivelului de solicitare față de capacitatea portantă și limita de exploatare, se îndeplinește în proporție de 100 %, respectiv 100,6 % în condițiile în care este permisă obținerea unei rezerve de rigiditate de 6 %, respectiv 13 %.

TABEL NR. T IV-6 INDICI TEHNICO ECONOMICI COMPARATIVI
TRAMA 36x36m

VARIANTA	SCHEMA TRAMA [mm]	COD	INCARCARE UTILA [daN/mp]	GR. PLANSEU [daN/mp]	EFICIENTA	ALCATUIREA PLANSEULUI	PROFIL NRRVURA	CONSUM DE MATERIALE		CONSUM DE ENERG. INGLOB.		INALTIMEA PLANSEULUI [%]	NSF DE CAPA- PORT LA S.L. EXP [daN/cm ²]	RIGIDITATE (REZERVA) [%]	OBS.
								lamine [kg/mp]	beton [mc/mp]	lamine [kwh/mp]	beton				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VARIANTA II		II ₁	200	100%	100%		I ₈	100%	100%	100%	100%	100%	98.4%	14.4% 85.6%	*
		II ₂	500	100%	100%		I ₁₀	100%	100%	100%	100%	100%	99.3%	-1.5% 101.5%	*
VARIANTA III		III ₁	200	118%	93%		—	101%	134%	107.7%	134%	79%	96.3%	9.4% 5%	
		III ₂	500	119%	93%		—	104.8%	132%	113%	132%	77.3%	100.6%	87% 13%	

* Asezare pozitivă

Corelația de realizare a consumurilor minim posibile și implicit realizarea unui minim de energie înglobată în materiale este efectuată în baza analizei prezentate mai sus și a datelor din Tabela T.IV.6. Pentru trama de 3,6 x 3,6 m rezultă ca optime de adoptat ambele variante II,III dar se menționează avantajele deosebite - tehnico - funcționale și de execuție - pe care le prezintă varianta III.(vezi Tabela T.IV.6.)

CAPITOLUL V.

CONCLUZII , RECOMANDARI SI CONTRIBUTII ORIGINALE

Tendențele actuale pe plan mondial pentru realizarea clădirilor înalte, cu structuri de rezistență foarte diverse și utilizând în combinații multiple metalul, betonul armat și betonul precomprimat, se confruntă în mod contradictoriu cu posibilitățile tehnice și economice impuse de criteriile de eficiență investiției, dar întotdeauna sub imperativul utilizării raționale a calităților de rezistență a materialelor, a reducerii consumului de energie și manoperă. În mod implicit, realizarea condițiilor de confort, funcționale și arhitectonice, au o influență hotărâtoare în adoptarea soluțiilor constructive.

Avându-se în vedere ponderea importantă ce revine planșeelor în cadrul structurilor înalte (ca volum de lucrări, cost, funcțional și structural), exigențele actuale pe plan mondial se îndreaptă spre o îmbinare optimă a tuturor avantajelor tehnico-economice corelate cu industrializarea și tehnologiile de execuție a lucrărilor, neadmițându-se neglijaarea criteriilor de durabilitate, rezistență și stabilitate în cadrul ansamblului constructiv. Acest proces sinergic se conduce începând din faza de proiectare și nu se încheie decât la atingerea duratei normale de viață a construcției. (John Chpaman).

V.1. Concluzii

Având în vedere diverse sisteme și alcătuirii constructive ale planșeelor specifice clădirilor înalte (vezi capitolul I) și în baza cerințelor tehnico-economice prezentate în lucrare, principalele concluzii și comparații le relevăm în cele ce urmează pe baza studiului teoretic și optimizării tehnico-economice comparative la următoarele tipuri de alcătuire a planșeelor.

- a - planșee din beton armat precomprimat (IMS 6 x 6 m ; 7,2 x 7,2 m) ;
- b - planșee metalice (fără conlucrare) ;
- c - planșee compuse (cu conlucrare)

Adoptând diferite sisteme de alcătuire constructivă pentru tramele 3,6 x 3,6 ; 4,2 x 4,2 ; 5,4 x 5,4 ; 6 x 6 ; 7,2 x 7,2 m, studiul s-a extins asupra planșeelor compuse (cu conlucrare) în scopul optimizării soluțiilor de alcătuire și al adoptării recomandărilor pentru proiectare, bazat pe avantajele planșeelor compuse

în cadrul structurilor înalte.

1) Sub aspectul parametrului de greutate remarcăm :

- 1.1. - reducerea greutății proprii a elementului de planșeu cu 13-25 % față de planșeele din beton precomprimat, respectiv 30÷50 % în cazul planșeelelor din beton armat ;
- 1.2. - reducerea greutății proprii cu 10 ÷ 41 % în cazul utilizării betonului ușor de granulat față de variantele de planșee compuse, utilizând betonul greu ;
- 1.3. - pentru planșeele metalice este posibilă realizarea reducerii greutății proprii cu 3÷3,5 % față de soluțiile de planșee compuse cu conlucrare, chiar în cazul utilizării betonului ușor de granulat la planșeele compuse, acționându-se asupra tipului de profil de tablă cutată și asupra mărcii de beton (BU200).
- 1.4. - la planșeele compuse cu conlucrare, este posibilă obținerea unor greutăți minime, care depășesc doar cu 4÷10 % greutatea planșeului metalic similar ca alcătuire constructivă, acționându-se asupra tipului de profil de tablă cutată (înălțime-grosime) și prin introducerea unor eforturi inițiale în nervurile intermediare în faza de montaj.

2) Sub aspectul reducerii înălțimii constructive a elementului de planșeu (și implicit a înălțimii construcției), se remarcă :

- 2.1. - planșeele compuse au condus la o reducere de 23,6 ÷ 43,1% a înălțimii efective față de cele metalice, la tipurile de alcătuire similare a variantelor având nervuri intermediare în componența lor.
- 2.2. - planșeele metalice și cele compuse, la variantele de alcătuire tip III- (fără nervuri intermediare) au condus la o reducere de înălțime efectivă cuprinsă între 8÷26 % față de restul variantelor studiate pentru cazurile cu nervuri intermediare, acționându-se asupra alcătuirii constructive și a modului de dispunere a echipamentelor și dotărilor, în sistem înglobat în planșeu, sau asupra dispozitivelor de mascare sub planșeu (instalații, automatizări, termo și fonoizolații).

3.) Sub aspectul consumurilor de materiale (lamine și beto:

- 3.1. - variantele de planșee compuse - având în componență două nervuri intermediare, conduc la o reducere de 39 ÷ 62 % a consumului de lamine față de planșeele metalice;

- 3.2. - la planșeele metalice rețolvate în soluție constructivă cu o nervură intermediară, pentru tramele $5,4 \times 5,4$; 6×6 și $7,2 \times 7,2$ m, sporul de laminate este cuprins între $44 \div 43$ %, față de variantele de planșee compuse cu două nervuri intermediare ;
- 3.3. - variantele de planșee compuse cu o nervură intermediară conduc la un spor de $3,5 \div 29$ % a consumului de laminate la tramele mari ($5,4 \div 7,2$ m) față de variantele cu două nervuri ;
- 3.4. - la tramele mici ($3,6 \div 4,2$ m) planșeele compuse cu o nervură în alcătuire, se înscriu în limita optimizată a consumului de laminate și realizează o reducere de pînă la 62 % a acestui consum față de planșeele metalice ;
- 3.5. - la tramele mari ($5,4 \div 7,2$ m) cu alcătuirea constructivă de tip III (fără nervuri intermediare) consumul de laminate crește la planșeele metalice cu $73 \div 146$ % și cu $34,7 \div 60$ % la planșeele compuse (cu conlucrare) față de varianta de bază cu două nervuri ;
- 3.6. - sub aspectul consumului de beton, adoptînd o grosime unică minimă $h_p = 5$ cm - BU 200 - la planșeele metalice, indiferent de varianta de alcătuire constructivă se constată creșterea cu 28-54 % a consumului față de planșeele compuse. Această creștere provine din raportul realizat între betonul dintre nervuri/beton total - cuprins între 23,4÷45,2%, și este funcție de tipul și așezarea profilului de tablă cutată utilizat.
- 3.7. - variantele de planșee compuse avînd în alcătuire o nervură sau cele alcătuite numai din tablă cutată + beton, conduc la un spor al consumului de beton de 21÷54,6 % față de variantele cu două nervuri intermediare, la tramele de peste $4,2 \times 4,2$ m.

4.) sub aspectul consumului de energie, înglobate în laminate și beton, se constată o variație direct proporțională cu consumurile de materiale realizate, valori mai reduse obținîndu-se la variantele constructive cu două nervuri intermediare în componență precum și în cazul planșeelelor metalice avînd placa din BU 200 ;

5.) asigurarea utilizării optime a capacităților portante a celor două materiale componente a rezultat în baza comparației variantelor de alcătuire și a analizei de detaliu a stării de eforturi admise (metoda de calcul la stările limită ultime), Nivelul de solicitări față de capacitatea portantă la stările limită de

exploatare, a fost atins în proporție de 96,5 ÷ 100,2 % la variantele de alcătuire cu nervuri intermediare și în proporție de 92,101 % la variantele fără nervuri. Acest lucru a fost realizat pentru toate tramele constructive și la ambele trepte de încărcare (200,500 daN/m²);

6.) optimizarea influenței grosimii plăcii de beton în conlucrarea cu tabla cutată, respectiv cu profilul laminat, s-a făcut în baza unui studiu analitic și tehnico-economic, rezultând ca grosime optimă de placă $h_p = 5 \div 6$ cm pentru BG 400 ($\gamma = 1850$ daN/m³);

7.) sub aspectul factorului de eficiență $\frac{m_{\text{exploatare}}}{m_{\text{planșeu}}}$ /1 ml rezultă ca variante de alcătuire optime pentru tramele mari, soluțiile cu două nervuri intermediare (5,4 ; 6 și 7,2 m) la ambele trepte de încărcare ; pentru trama constructivă de 4,2x4,2m a rezultat optimă alcătuirea constructivă cu o nervură intermediară ; pentru trama de 3,6 x 3,6 m a rezultat optimă soluția fără nervuri sau, în anumite cazuri de încărcări liniare mai mari, varianta cu o nervură intermediară ;

8.) în baza analizelor și optimizărilor de soluții se constată realizarea unor rezerve de rigiditate de 75 ÷ 111 % la soluțiile constructive având nervuri intermediare în componența lor, în măsura introducerii unor eforturi inițiale prin contra-săgeți în faza de montaj ;

9.) sub aspectul consumului de tablă cutată se remarcă faptul că la același tip de profil și aceeași tramă constructivă, pentru un spor de grosime $t = 0,88 \div 1$ mm, respectiv $0,88 \div 1,25$ mm se obține un spor de sarcină utilă de 250 % în condițiile în care consumul de oțel crește cu 41,4 %.

10.) sub aspectul comportării la foc, în baza datelor prezentate în capitolul I și a cercetărilor efectuate pe plan mondial (P. BOUE) și a recomandărilor din normele DIN ,EUROCODE C ACI-AASITHO) rezultă o bună comportare a planșeelor din beton armat și măsurile suplimentare ,sau uneori speciale, care se adaptează în cazul planșeelor metalice în funcție de destinația clădirii și atenția care trebuie acordată poziției straturilor de uzură, natura materialelor folosite. Se întrebunțează frecvent taxane suspendate sau de mascare capabile să asigure protecția la foc de 200 ÷ 700°C., (30÷90 minute) pentru asigurarea durabilității și stabilității secțiunii compuse

11) Se remarcă o bună comportare a planșeelor compuse în ceea ce privește asigurarea nivelului de protecție la zgomăt și a confortului acustic, deoarece le este caracteristic, în structura de alcătuire și compunerea secțiunii, realizarea unui indice de $28 + 64$ dB, comparativ cu planșeele din beton armat, la care realizarea acestui nivel de confort implică luarea unor măsuri distincțe și speciale care determină o diminuare a capacității portante și suplimentarea lucrărilor auxiliare. În schimb, sub acțiunea unor forțe accidentale de impact, sau mobile prove-nite din diverse motive, planșeele din beton armat prezintă prin masa și inerția lor o comportare mai bună decât cele metalice.

V.2. Recomandări de proiectare pentru planșee compuse

În baza analizei și optimizării tramelor studiate, principalele recomandări se referă la următoarele aspecte :

1) absolut în toate variantele de alcătuire (planșee metalice și compuse), se recomandă întrebuițarea unor profile de tablă cutată și înălțimea mai mare și grosimea "t" mai mică ;

2) să se aibe în vedere modul de așezare a profilului de tablă cutată, adică dispunerea pozitivă sau negativă care conduce la dobîndirea unui spor de capacitate portantă în strînsa legătură cu reducerea greutateii proprii ;

3) grosimea optimă a plăcii de beton ca fi de minim $5+6$ cm, în cazul betonului de granulit BG 400 ;

4) la alcătuirea secțiunii compuse se recomandă să se aibe în vedere adoptarea unei mărci superioare de beton ușor (BG 400), bazat pe concluzia că întrebuițarea unor mărci inferioare conduce la diminuarea lășimii active în mod substanțial ($15+20$ %) și pe constatarea că starea de deformații și starea de eforturi sînt invers proporționale cu densitatea betonului folosit, sar direct proporționale cu caracteristicile mecanice ale betonului.

5) pentru variantele alcătuire cu nervuri intermediare, se recomandă întroducerea unor eforturi inițiale în nervurile componente deoarece majoritatea cazurilor au condus la atingerea unui nivel de eficiență sporit și rezervă de rigiditate ;

6) din punct de vedere constructiv, se recomandă pentru tramele $7,2 \times 7,2$; 6×6 m, varianta de alcătuire cu două nervuri intermediare + tablă cutată + beton ușor (BG 400)

7) pentru trama $5,4 \times 5,4$ m se recomandă ca tip de alcătuire varianta cu două nervuri intermediare pentru ambele trepte de

încărcare utilă ($200,500 \text{ daN/m}^2$) În același timp se poate adopta pentru încărcarea utilă de 200 daN/m^2 , varianta cu o singură nervură.

8) pentru trama constructivă $4,2 \times 4,2 \text{ m}$, se recomandă varianta de alcătuire cu o singură nervură pentru ambele trepte de încărcări ; în același timp se poate adopta varianta III.1. (fără nervură intermediară cu încărcarea utilă de 200 daN/m^2)

9) pentru trama constructivă de $3,6 \times 3,6 \text{ m}$, se recomandă varianta III.1., III.2. (fără nervuri intermediare și pentru ambele trepte de încărcare utilă 200 și 500 daN/m^2).

10.) se recomandă să se aibă în vedere și cercetările actuale pe plan mondial, legate de următoarele aspecte care evidențiază progresele realizate prin generalizarea adoptării planșeelor compuse (oțel-beton) la clădirile multietajate ;

-îmbunătățirea conlucrării între cele două materiale componente în paralel cu măsurile de protecție anticorozivă (galvanizare, mase plastice, pelicule speciale).

- asigurarea elementelor de legătură - conectori - cu rezervă de ductilitate și capacitate de disipare a energiei provenite din încărcările orizontale, în condițiile unor tehnologii capabile să asigure această cerință.

- conlucrarea ansamblului de planșeu compus în tramele sporite, cu sistemul structural.

- adaptarea sistemelor de termo-fonoizolare dintr-un concept unitar de asigurare a durabilității în condițiile în care nu se diminuează capacitatea portantă a secțiunii compuse.

V.3. CONTRIBUTII ORIGINALE

Ca urmare a studiilor întreprinse în cadrul tezei de doctorat și a rezultatelor cercetării, consider că principalele contribuții originale sînt următoarele :

1). Se prezintă într-un concept unitar, gama de planșee specifice clădirilor înalte, punîndu-se în evidență în mod comparativ indicatorii de eficiență tehnico-economică, pentru diferite soluții constructive de realizare a acestora.

2). În teza de doctorat am propus și studiat în mod explicit și comparativ, variante de realizare a planșeelor cu secțiune transversală de tip Sandwich cu rol multifuncțional.

3). Evidențierea modului de calcul a secțiunii compuse în conlucrare cu betonul ușor și precizarea factorilor care influen-

țiază capacitatea portantă a secțiunii compuse sub acțiunea încărcărilor de lungă durată.

4). Conceperea tramelor și a variantelor de alcătuire constructivă, cu două, cu una sau fără nervuri intermediare pentru planșee compuse folosite la clădiri înalte, pe plan mondial.

5). Elaborarea unor programe de calcul automat capabile să rezolve problema planșeelor compuse, pe minicalculatorul Z_X spectrum, în cadrul cărora au fost analizate un număr de 38 de tipuri de planșee de acest fel.

6). Studiul influenței diferitelor grosimi ale plăcii din beton ușor BG 400 turnat la fața locului pe tabla cutată, asupra capacității portante a secțiunii compuse, finalizat prin concluzii privind grosimea optimă a plăcii de beton, ce trebuie aleasă la proiectare.

7). Optimizarea tipului de secțiuni ale tablei cutate a modului de așezare și a înălțimii acesteia, precum și evidențierea importanței grosimii foilor de tablă cutată folosită la planșee compuse.

8). Alegerea mărimii eforturilor inițiale de preîncovoiere, asupra stării de eforturi din secțiune compusă, cu satisfacerea cerințelor de capacitate portantă și de rigiditate, a secțiunii compuse și a profilelor laminate ce alcătuiesc nervurile intermediare înainte de conlucrare.

9). Efectuarea unor comparații tehnico-economice sinergice a planșeelor specifice clădirilor înalte, la tramele (3,6 x 3,6 ; 4,2 x 4,2 ; 5,4 x 5,4 ; 6 x 6 ; 7,2 x 7,2)m, între planșeele metrice și cele compuse cu concluzii privind prezentarea comparativă a avantajelor planșeelor compuse față de cele din b.a.p.(I.M.S.), la tramele de (6 x 6 ; 7,2 x 7,2 m.).

10). Ca urmare a comparațiilor tehnico-economice și a concluziilor cuprinse în analizele studiului în teză se prezintă recomandările pentru proiectarea planșeelor compuse la clădiri înalte, specifice tramelor și variantelor de alcătuire analizate.

BIBLIOGRAFIE

1. ADE KOLA, A.O. - Effective with of Composite beams of Steel and Concrete, - The Structural Engineer - vol.46.No.9, sept. 1968
2. ARIBERT, J.M. LABIB, A.G - Modéele de calcul elasto-plastique de poutres mixtes a connexion partielle - Construction Métallique No.4.1982
3. ARIBERT, J.M. - Étude critique par voie numérique de la méthode proposée dans l'Eurocode 4 pour mixtes acier - béton a connexion partielle - Construction Métallique Nr.1, 1988
4. ARIBERT, J.M, ABDEL AZIZ, K. - Modéele générale pour de calcul des poutres mixtes hyperstatiques jusqu'a ruines. - Construction Métallique. Nr.4., 1986
5. AVRAM, C-TIN., - Betonul armat în România, Editura tehnică, 1987
6. AVRAM, C-TIN., BOTA V., - Structuri compuse oțel-beton și beton precomprimat - beton armat. Editura Tehnică - București, 1975
7. AVRAM C-TIN., BOTA V., - Grinzi compuse oțel pretensionat - beton Rev.Construcției nr.2 - București, 1972
8. AVRAM C-TIN., PACAOAPU, I., FILIMON, I., MIFSU, O., TEPTEA, I., - Rezistențele și deformațiile betonului-și Editura tehnică - București, 1971.
9. AVRAM C-TIN., DEUTSCH, I., POPA, A., WEIS, A., - Proiectarea economică a elementelor de construcții din beton armat, Editura Facul. Timișoara, 1979
10. AVRAM, C.TIN., FILIMON, I., - "Curs de beton armat - I.P. "Traian Vuia" - Timișoara, Ed.76,82,88.
11. ALAȘTESCU, D., IONESCU, I., KRECK, I - Clădiri de locuit și hoteliere cu prefabricate din beton ușor și beton ușor transportat. - Rev.Materialu de construcții vol.II.Nr.3. 1977
12. ARSENIU, GP., LAZAR, M., - Tipizarea construcțiilor de locuințe. Rev.Construcției nr, 3- 1982
13. AFGAN, M., MAVODAEU, M., - Recherches pour le projet parasismique d'un bâtiment en béton armé à 24 étages - Conf.calc.seismic Iași, 1970.
14. BADEA, D., - Hotelul "Dorobanți" - București, Revista Construcției - Nr.1.1984
15. BAEHRE, ROLF - Prof.Dr.Techn. - Dunnwandige Stahlblech - Konstruktionen im Deckenbau
16. BARBALAN, M., - Continuitatea spațiului de locuit în sistemul constructiv, stâlpi, planșee, dală și diagrame. - Rev.Construcției nr.3 - 1982
17. BOB, C., - Curs de încercarea construcțiilor - I.P. "Traian Vuia" Timișoara, 1981.
18. BODE, M., - Die Beratungsstelle für Stahlverwendung Merkblatt - Stahl 267 - 1980.

19. BIAFFART, M., - Plancher mixte "Floor -kit " - LASSE-BOCS (AIPC-CECL) Symposium, Luxemburg, 1965
20. BOTA, V., - Grinzi compuse oțel-beton. Teză de doctorat, I.F. "Traian Vuia" Timișoara, 1969
21. BOTA, V., - Asupra comportării elementelor de legătură, dornuri cu spirală, la grinzi compuse oțel - beton, Bul. Științi - fic și tehnic, Inst.P. "Traian Vuia" Timișoara, ian-iun. 1971
22. BOTA, V., - Calculul în domeniul plastic al grinzilor oțel-beton realizate cu eforturi inițiale. Rev. Transporturi - auto, na - vale și aeriene, nr.3. 1981.
23. BOTA, V., PATOAS, I., JIVA, C., - Studii și cercetări de laborator privind comportarea grinzilor compuse oțel-beton ușor la încălcări repetate. Rev. Construcțiilor și materialelor de Construcții, nr.1.1976.
24. BOTA, V., BOB, LIANA., BOB, C., FURDUI, G., SABARDEANU, E., TULCF, A., - Folosirea structurilor compuse oțel-beton la clădiri cu mai multe niveluri " - Rev. Construcții nr.11. - 1979.
25. BOTA, V., TULCF, A., BOB, L., SABARDEANU, E., - Construcția asupra plă - cilor compuse tablă cutată-beton, Conf. a. XII de betoane Cluj- Napoca. 1988
26. BOTA, V., BOB, C., BOB, L., - Comportarea elementelor compuse oțel - beton cu plăci prefabricate, grinzi compuse, cu inimă agur - rată - Rev. Construcții nr.4. - 1982
27. BALOJA, I. C., - L'évolution des ponts mixtes en Suisse ces vingt - cinq dernières années - Annales ITBTP nr.431. ian. 1985
28. BRYL, S., - Effet de liaison entre les toles d'acier et le béton dans les planchers métalliques mixtes Acier, Stahl, Steel nr. 10. 1967
29. BROLKA, JAN, MIECZYSLAW LUBILSKI - Construcții metalice ușoare - Editura tehnică, București, 1975
30. CAPATU, C., BERCEA, N., MULLBOCHER, P., VAFIAN, F., FONTEA, C., - Incer - cări în regim static și dinamic pentru determinarea capaci - tății portante a elementelor de legătură pentru structuri compuse oțel - beton ușor. A II-a Conf. de Construcții Meta - lice, Timișoara, 1979
31. CAPPCN, Em., SUCIU, M., - Reducerea consumurilor de materiale și mano - peră la locuințe proiectate în București, Rev. Construcții, nr. 2. 1973.
32. CHAPMEN, I. C., - Experiments on composite beams - The structural Engineer vol.42.Nr.11.-1964
33. CHAPMEN, I. C., - The behaviour of composite beams in steel and concrete - The structural-Engineer vol.42.Nr.4. - 1964
34. COOK, P. JOHN., - A History of Adhesive Bonded composite Membres - U.S./Japan Joint Seminar - iuly - 1984 - ASCE. 1985
35. CONSTRUCȚII nr.2/80 - Construcții înalte în București, Nr. spe - cial "Proiect " București 1980 - febr.
36. DALBAN, C., JUNCAN, N, VARGA A., - Construcții metalice - Editura didactică și Pedagogică - București, 1976
37. DABIJA, S. - Structuri pentru clădiri cu multe niveluri avînd nuclee realizate din elemente prefabricate prin precompi - mare - Rev. Construcții, 4-5-1987

38. LILLY, P., - Ses Bâtiments du " Steglitzer Kreisel " a Berlin
Acier, Stahl, Steel, Nr.10, 1972
39. DILGER, W., NEVILLE, A.M., - Effect of creep and Springkage
in composite membres - Proc. Second Australian Conf. on the
Mechanics of Structures and Materials, Adelaide - 1969.
40. DOERA, I., MARIU, M., IRIMIES, M., - Unele particularități c-tive
și tehnologice la executarea structurilor cu planșee dală
pentru clădiri civile. - Conferința IX - Betoane, Gh.
Gheorghiu-Dej, 1978
41. DOERA, I., IRIMIES, M., COSMA, A., - Elemente de planșeu tip dală
precomprimată pentru structuri celulare - A XIII-a Confe-
rința de betoane Brașov, oct.1986
42. DUMITRESCU, F.D. - Prof.dr.ing, - Analiza comparativă a nive-
lului prescripțiilor de proiectare a elementelor și struc-
turilor de beton armat din mai multe țări europene. Rev.
Construcții Nr.11.1979
43. DUMITRESCU, F.D. - Indrumător pentru proiectarea și calculul
construcțiilor din beton armat și beton precomprimat. Edi-
tura tehnică - București, 1978
44. x x x - Engineering News Record Nr.14 - apr.1964 Doc. = Rev.
C-ții 1964 - Zgărie nori cu llo etaje (W.T.C.)
45. FILLICH, I., DEUTSCH, I. - Curs de betonarmat și beton precom-
primat vol.1,2 - I.P.Timișoara 1979 - 1984
46. FILLICH, I., s.a. - Indrumător de proiectare - I.P.Timișoara,
1981, 1986
47. FILLICH, I., FRIDERICH, P., CLIFILL, T., - Planșee alcătuite din plăci
precomprimare pe placă direcții, A XIII-a Conferința de
betoane - Brașov, oct.1986
48. FCCSA, V. VERES, A., - Aspecte teoretice privind absorbirea ener-
giei acustice prin materiale și structuri Acustica c-țiilor
- Rev. Construcții, nr.1. 1983
49. FOTIN, E., PACHITAC, M., - Structură mixtă din beton armat pentru
construcții etajate - Rev. Construcții nr.9-10, 1983
50. FRIDERICH, P., STOLAN, T., CLIPIL, T., MIHAESCU, A., - Programe pen-
tru calculul unor elemente plane din beton armat - Rev.
Construcții, nr.1-2, 1985
51. FURDUI, C., - Construcția betoanelor ușoare cu granulit de
Lugoj folosite la realizarea construcțiilor civile .
Simpozion promov.progr.tehnic. - Timișoara 1986
52. FURDUI, C., - Contribuții privind studiul betoanelor ușoare
de rezistență și a comportării lor în structuri cu diafrag-
me monolite - Teză de doctorat, I.P.Timișoara, 1983
53. GALEANU, L., KONRAD, C., - Construcții industriale - curs
I.P. "Traian Vuia" Timișoara, 1987.
54. GERGESCU, S., - Noi prescripții pentru proiectarea antiseismi-
că a construcțiilor în Japonia. Rev. Construcții, nr.11, 1984
55. GHEORGHITA, St., - Prețul în construcții, Ed. Tehnică - Buc.1970
56. GHIOCEL, D.M., GHIOCEL, D. - Modele stochastice avansate în ana-
lizale de siguranța structurilor. Al V-lea Simpozion Na-
țional de Informatică în Construcții, Sibiu, 1986
57. GIONCU, V., - Teoria structurilor mecanice și proiectarea stru-
cturilor - Curs - I.P. "Traian Vuia" Timișoara, 1987

58. x x x - Granulats légères Nr.67-1975 - AFB - CEBTP -
59. HENZEN, W., - Dat Stahlskelett des Verwaltungshochhauses W.l. der Farbenfabriken Bayer A.G, in Leverkusen, Der Stahlbau - Heft 1 ian, 1964
60. IEREMIA, M., - Voalarea elasto-plastică a plăcilor metalice ortotrope. - A V-a Conferință de Construcții Metalice, Timișoara, sept.1988
61. IFFIM, M., - Dinamica structurilor și inginerie seismică. Ed. Didactică și pedagogică București, 1984
62. IVAN, M., - Statica construcțiilor, Vol.1,2 Structuri static nedeterminate.,
63. JOHNSON, R.P., - and R.J. BUCKBY - Composite Structures of Steel and Concrete - vol.2. Granada, London, 1979
64. JOHNSON, R.F., - The Eurocodes Shrinkage in Composite Beams U.S/JAPAN - Joint Seminar - ASCE - 1985
65. KATO Ben, TAGAWA, Yasuhisa - Strength of Composite Beams under Seismic Loading U.S/JAPAN - Joint Seminar - Edited C.W. Foeder, Publ. ASCE - 1985
66. LAZIC, I., LAZIC V., - Prévission des effects su flauge du béton dans les structures mixtes et contraintes, Annales, d IITBTB nr.399 - Paris 1981
67. LAFILCOV, R., - Clădire de locuit cu structură prefabricată integral, asamblată prin post-comprimare. Simpozion "Promovarea progresului tehnic în construcții de locuințe, social culturale și edilitare " - vol.1. Timișoara, sept. 1986.
68. LAFILCOV, R., - Analiza stării de tensiune în modul cadrelor prefabricate asamblate prin postcomprimare - A XIII-a Conferință de betoane - Brașov - 1986
69. MAGER, V., LEPNER, E., IOSUB, I., - Solicitări seismice la clădiri înalte. Ref. Construcții, nr.8., 1973 -
70. MATEESCU, D., BOTA, V., - Alcătuirea și calculul grinzilor compuse oțel-beton - Rev. Construcțiilor Materialelor de construcții, nr.7., 1966
71. MATEESCU, D., BOTA, V., - Grinzi compuse oțel-beton. Elemente de legătură, Rev. C-ții. și Mat. c-ții. nr.8. - 1966
72. MATEESCU, D., BOTA, V., - Grinzi compuse oțel-beton cu eforturi inițiale. Rev. C-ții și Mat. C-ții. nr.5. - 1968
73. MATEESCU, D., CARABA, I., - Construcții metalice. Calculul și proiectarea elementelor din oțel. Ed. tehnică - București 1980
74. MERCEA, GH., - Construcții metalice - curs pentru ingineri - I.P. "Traian Vuia " C.C. Metalice - Timișoara, 1984
75. MAZILU, P., TOPA, N., IEREMIA, M., - Teoria și calcul plăcilor ortotrope, Ed. Tehnică, București, 1983
76. MEHSEN AL, JAMAL - Capacitatea portantă a secțiunii compuse tablă cutată - beton, funcție de diferite grosimi ale dalei de beton - A V-a Conferință de Construcții metalice, Timișoara, sept.1988
77. MEHSEN AL, JAMAL - Studii tehnico-economice al planșeelor clădirilor înalte - A V-a Conferință de Construcții Metalice, sept.1988 - Timișoara

78. MIHALACHE, A., MIHALACHE, Gr., - Structuri antiseismice din cadre lamelare pentru clădiri de locuit. Construcții, nr.11. 1982
79. LIHĂIESCU, A., - "Calitatea betoanelor ușoare de granolit la construcții Pălo niveluri. - Conferința a VII-a de betoane Iași, oct.1985
80. LIHUL, A., - Efectul exploziei asupra structurii unui bloc de locuințe de 11 niveluri
81. LIHUL, A., - Construcții din beton armat - Ed. Didactică și Pedagogică București, 1969
82. LIRSU, C., MELFIOR, F., - Construcții beton armat - Ed. Didactică și Pedagogică București, 1980
83. LIRSU, C., RADOSLA, V., I., BUCILAN, I., ECB, L., - Studiu experimental al unei structuri spațiale în cadre - diafragme - Revista Construcții, nr.11.1984
84. LIRCĂESCU, M., ș.a. - Un nou tip de structură pentru construcții deosebit de importante, cu grad ridicat de industrializare Conf. XIV-a de betoane, Cluj-Napoca, 1986
85. LIRCĂESCU, M., ș.a. - Influența lucrării în considerația a caracteristicilor de rezistență și deformație a țuibelor orizontale la analiza acțiunilor seismice asupra construcțiilor - Rev. Construcții nr.4-5 - 1987
86. LIRCĂESCU, M., - BOETLINGSCHN, A., STANESCU, A., FOCȘA, T., - Influența lucrării în considerare a caracteristicilor de rezistență și deformație a țuibelor orizontale la analiza acțiunilor seismice asupra construcțiilor. - Al V-lea Simpozion Național de Informatică în construcții, Sibiu - 1986
87. MĂLĂCĂ, V., MIHALACHE, A., - Cercetări și realizări ICITOM Iași în domeniul clădirilor de locuit cu structura din cadre de beton armat - Construcții nr.11. nov.1982
88. MUHLĂCĂ, I., ȘEFERESCU, C., - Studiul actual și perspectiva structurilor compuse oțel-beton. Rev. Construcții Nr.1. 1982
89. NEGCIȚA, Al., - Aplicații ale ingineriei seismice - vol. I. Ed. Tehnică - București, 1983
90. NEGCIȚA, L., ș.a. - Inginerie seismică - Ed. Tehnică și Pedagogică București, 1985
91. NEGCIȚA, Al., NEGCIȚA, I., - Recherches concernant l'absorption de l'énergie des oscillations des bétons légers a argile expansée - Conf. calcul seismic - Iași, 1970
92. NAVOLARIU, M., - Stadiul actual și noile tendințe în realizarea clădirilor înalte pentru locuințe - Conferința a VII-a de Betoane, Iași, 1975
93. NISTOR, A., - Influența rigidității planșelor asupra conlucrării complexelor structurale verticale la preluarea solicitărilor orizontale., Rev. Construcții, nr.1.1982
94. NEGRU, R., - Stadiul actual și principalele tendințe în dezvoltarea tehnicii construcțiilor în URSS. Rev. Construcții nr.6.-1984
95. OLARU, D., - Considerații privind conlucrarea elementelor verticale cu planșee în structurile de rezistență la acțiunea sarcinilor seismice - Rev. Construcții, nr.5. - 1984
96. CNET, T., și V., - Cercetări privind ductilitatea elementelor încovoiate din beton armat cu agregate de granolit.

Conferința a VIII-a de Betoane, Cluj Napoca, oct. 1976

97. ONET, T., PACURAR, V., DOMSA, I., COSMĂ, I., POP, I., - Structură etajată asamblată prin precomprimare. Conferința a IX-a de Betoane - Gh. Gheorghiu-Dej, 1978
98. PARK, R., PAULAY, T., - Reinforced Concrete Structures - John Wiley and Sons - 1975, 1984
99. PACURAR, V., - Efectul încărcărilor ciclice asupra comportării conectorilor elastici - A V-a Conferință de Construcții metalice, Timișoara, 1988
100. PACURAR, V., ABDEL AZIZ ABDAULAH - Calculul plăcilor compuse oțel-beton - Conf. a XIV-a de betoane Cluj-Napoca, 1988
101. PATRINICHE, N., SIMILNEA, P., CHESARU, E., - Construcții metalice. Edit. didact. și pedag. București, 1982
102. PESTISANU, C., DARIE, M., POPESCU, L., VOICULESCU, M., - Construcții civile, industriale și agricole.
103. PIETRO, PALLI, SIOCHI, I., - Imeuble d'habitation réalisé a l'aide d'éléments standardisés. - Acien Stahl - Steel Nr. 5, mai 1982
104. POPESCU, M., OTESCU, I., - Profile metalice cu pereți subțiri în construcții - București, Ed. Tehn. - 1963
105. PORTER, L. Max., - Proposed Design Criteria for Composite Steel Deck Slabs - Proceedings of U.S./Japan Joint Seminar - ASCE - 1985
106. POTERASU, V., FLOREA, M., - Practica optimizării structurilor Ed. Junimea - Iași 1984
107. BALCȘIAV, I., MIRSU, O., BUCHAN, I., FOLEVARY, A., ALAN, P., FICREA, A., KORECK, I., WISTICH, V., - Structura prefabricată asamblată prin postcomprimare (STAP) pentru clădiri etajate. Simpozion Pr. Progr. Tehn. - Timișoara, sept. 1986
108. REYER, E., - Ausfuehrungsalternativen in Stahl bei Skelletkonstruktionen mit Betondecken - Technische Mitteilungen Krupp - B. 39. Dez. 81., Heft. 3.
109. REUTER, N., - Charpente métallique mixte integral - AIPC- CECM Symposium - Luxemburg - 1985
110. ROZVAN, I., M - Structuri P+8 - 10 etaje realizate din elemente prefabricate și de compartimentare legate de două nuclee monolite sau prefabricate din beton armat. Simpozion - Prom. Progr. Tehnic - Timișoara, sept. 1986
111. SANDULESCU, Gh., GEORGESCU, M., - Elemente conceptuale în utilizarea precomprimării la proiectarea structurilor din beton armat supuse la sarcini seismice intensive - A XIIIa Conferință de Betoane - Brașov, 1986
112. SARNIS, G. M., - Handbook of Composite Construction Engineering Van Nostrand Reinhold Company, 1969, by Litton Educational Publishing Inc. New-York.
113. SAKOMOTO, J., KOHAMA, Y., MIYAMURA, A. - Cumulative plastic deformations of composite structures under random cyclic loading IASBE-ECCS Symposium - Luxemburg - 1985
114. SCHUSTER, R., M., - Composite Steel - Deck Concrete Floor Systems Journal of the Structural Division - ASCE may 1976

115. SEACH, Tw., Mac MILAN, C.M., - SUTTON, M.L., - "Penmor Towers" immeuble - tour a Johannesburg - Acier Stahl - Steel Nr. 10 - 1975
116. SERBESCU, C., MUHLBÄCHER, R., AMARIEI, C., PĂSCĂPU, V., - Probleme speciale în construcții metalice. Editura Tehnică, București 1984
117. SIMINEA, P., MEGREI, I. - Construcții metalice, Calculul prin metoda stărilor limită. Edit. didactică și Pedag. Buc. 1982
118. x-x x - STAHL IM HOCHBAU - Verlag STAHL EISEN - Düsseldorf - 24 Editor - 1985
119. TEFTEA, I., ONET, T., PACURAR, V., - Proiectarea betonului armat - Ed. Didact. Pedag. București, 1985
120. TEFTEA, I., TOMA, M., - Betoane cu agregate ușoare - Peferat sinteză - Conf. a VIII-a Betoane Cluj - 1977
121. TEFTEA, I., ONET, T., PACURAR, V., - Construcția grinzi metalice cu placa de beton armat la secțiunile compuse oțel-beton cu conectori elastici - A XII-a Conferință de betoane - Iași - 1984
122. TEFTEA, I., AZIZ ABDEL - Studiul aderenței la interfața de contact a plăcilor compuse oțel-beton. Conferința XIV-a de Betoane Cluj-Napoca, 1988
123. TEFTEA, I., VICIPEL, G., PACURAR, V., AZIZ ABDEL - Calculul în domeniul elasto-plastic al plăcilor compuse tablă cutat - beton de tip. I. - Tev. Construcții 11-12/1988 - București
124. TECHNISCHE MITTELRUNGEN - KRUPP - Forschungsberichte - Dezember 1919 - Heft 3. - Band 39
125. THIEL, G.F., - Immeuble pour bureaux avec ossature et planchers en acier près de Francfort Acier, Stahl, Steel. nr. 9/1970
126. THYSSEN - Industrie GMBH - Dusseldorf - Firma Profilen - Thyssendecke - Stahldecke.
127. TAI, J.C., YANG, Y.C., LYU, T.Y., - Design and Construction of a 30 story concrete ductile framed structures 9-th W.C.E.S. San Francisco - 1984 - vol. 5.
128. TITĂU, Em., CAPATINA, D., - Unele aprecieri privind determinarea forțelor seismice de cod. - Bul. inf. IPCT și la al V-lea Simpozion național de informatică în construcții Sibiu '86
129. TPLIN, J.E.L. - Structure en treilles mixte métal-béton praincontraint. Études exp. Annales ITBTP 458/87
130. TUDOR, A., - Contribuții la calculul elementelor și structurilor compuse oțel-beton, Teză de doctorat, I.P. "Traian Vuia" Timișoara, 1986
131. AZIZ ABDEL - Contribuții la calculul planșelor compuse. Teză de doctorat, I.P. Cluj-Napoca, 1988
132. UDA GAWA, K., MIMURA, H. - Rotation Capacity of Composite Beams under Cyclic Loading. IABSE - ECCS (AIFC-CECL) - Symposium Luxemburg. 1985
133. TOMA, M., BOTA, V., - Cercetări privind noi soluții constructive pentru realizarea clădirilor înalte; Elemente compuse oțel-beton ușor. Conferința a VII-a de Betoane - Iași - 1975
134. TRIFA, F., CAPABAS, Gh., MIRSU, C., MIHAIESCU, A., - Clădiri social culturale cu structură de rezistență pe cadre cu stâlpi și grinzi dale pe capiteluri, integral prefabricate - Simpozion - Timișoara - sept. 1986

135. VARENIK, E. I., - Bazele analizei tehnico-economice a elementelor de construcții, Trad. ESAC-1954
136. VIERLOGEUX, M., - Les ossatures mixtes métal-béton précontraint Annales ITBTP Nr.458 oct.1987
137. VIERLOGEUX, M., Conclusions sur l'intérêt des solutions mixtes métal - béton précontraint Annales ITBTP nr.459, nov.1987
138. x x x - ACIER, STAHL, STEEL, 1970 - 1984
139. BETONS - KALENDER - ed.1968 - 1988 - Ed.1975, pag.747-936 , Hochhäuser aus Stahlbeton von Dr.ing.KONIG
140. x x x - Prescripții de proiectare pentru construcții vol.I, II, III. (colecția STAS) - Ed.Tehnică București, 1980-1986
141. Standardizarea Română - STAS 10107/0-86 - nepublicat, Ped.II.a Construcții civile și industriale. Calculul și alcătuirea elementelor din beton, beton armat și beton precomprimat.
142. x x x - STAS 10107/1 - 77/81 - Calculul și alcătuirea plășelor din beton armat și beton precomprimat.
143. x x x - STAS 10107/2-77-F.88 - Plășe curente din plăci și grinzi din beton armat și beton precomprimat.
144. x x x - STAS 10107/3-77-F-86 - Plășe cu nervuri dese din beton armat și beton precomprimat.
145. x x x STAS 10108/0-78 - Construcții civile, industriale și agricole. Calculul elementelor din oțel București, 1978
146. x x x STAS 10108/2-83 - Construcții din oțel. Calculul elementelor din oțel alcătuite din profile cu pereți subțiri formate la rece
147. x x x STAS 10111/2 - 77 - P88 - Poduri din beton, beton armat și beton precomprimat. Calculul suprastructurilor.
148. ICCPDC - Instrucțiuni tehnice pentru calculul și alcătuirea constructivă a structurilor compuse oțel-beton, Indicativ P83 - 81. Bul. Construcțiilor vol.10-1981
- ICCPDC - Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea construcțiilor metalice din profile cu goluri în inimă. Indicativ P 74 - 81. Bul. Construcțiilor
149. ICCPDC - Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea construcțiilor metalice din profile cu pereți subțiri formate la rece. Indicativ P54 - 80. Bul. Construcțiilor vol.8/80 + 3/86
150. ICCPDC - Instrucțiuni tehnice propvizorii pentru prinderea și montajul tablelor metalice profilate la executarea invelitorilor și pereților.
151. ICCPDC - Instrucțiuni tehnice pentru protecția anticorozivă. Indicativ C139-87. Bul. Construcțiilor nr. 6/1987
153. ICCPDC - Normativ pentru proiectarea antiseismică a construcțiilor de locuințe, social-culturale, agrozootehnice și industriale. Indicativ P100-81. Bul. Construcțiilor nr.11/81+4/85+7/1987.
153. ICCPDC - Instrucțiuni pentru proiectarea construcțiilor cu structura din diafragme de beton. Indicativ. P85-82-Bul. Construcțiilor nr. 6/82+ 8/85+3/86 + 7/87
154. ICCPDC - Normativ privind prepararea și utilizarea betoanelor cu agregate ușoare - Indicativ C155-81, Bul. Construcțiilor nr.4/82 + 5/84 + 7/86.

- ICCPDC - Norme tehnice provizorii pentru folosirea plăcilor cu gujoane. Bul. C-știilor nr. 4/87 - NP 51 - 87.
- ICCPDC - Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea construcțiilor metalice pretensionate - Indicator Pl15 - o2 - Bul. C-știilor 2/1983
- ICCPDC - Normativ privind proiectarea și executarea măsurilor de izolare fonică și a tratamentelor acustice ale clădirii. Indicator C.125 - 87 - Bul. C-știilor 2/1983
- ICCPDC - Normativ privind proiectarea măsurilor de izolare fonică la clădiri civile, social-culturale și tehnico - administrative. Indicativ Pl22 - 83 Bul. C-știilor nr. 6/1984
- IPCT - Ph. 6399/1-80 - Metode perfecționate pentru analiza comportării construcțiilor supuse la acțiuni seismice. Experimentări numerice și studii asupra comportării structurilor.
- IPCT - Pr. 5653/1981 - Studii de conformare a structurilor în cadre pentru clădiri industriale etajate, la solicitări seismice, din punct de vedere al comportării în stadiul postelastice.
155. IPCT - Catalog de module tip pentru clădiri industriale etajate. Edițiile 1979 - 1988
156. IPCT - Căiete pentru Invelitori din tablă cutată. Pr. 5143 - ed. 81 și revizuirii - 88.
157. IPCT - Clădiri de locuit cu P+4 - 8 etaje cu spații libere la parter, structura stâlpi și diafragme cu planșee dală : Pr. 1215, 88o6, 6688.
- IPCT - Cataloge de elemente prefabricate din beton armat și beton armat precomprimat. Fișe tehnice. Edițiile 1981-1989.
158. ICCPDC - Fil. Timișoara - Clădiri industriale etajate cu pînă la P+5 niveluri, încărcări utile pînă la 1000 kg/m², cu structuri compuse oțel-beton cu trasa stîlpilor 12 x 6 m. Peștat iunie 1978,
- ICPCRM - Iași - Clădiri de locuit cu P+4-8 etaje din cadre lamelare. Pr. 8200
159. I.P. "Traian Vuia" - Catedra beton armat - Proiecte pentru structura SPAP - 1978 - 1988
- IPCT - Pr. 3074/2 - 1986 " Studii parametrice și programe de calcul în scopul comportării raționale a structurilor la acțiuni seismice și a perfecționării prescripțiilor de proiectare - București, iulie 1986.
160. IMS-SYSTEM - A Prefabricated Skeleton Building System I.T.M. - P.C.C. - Belgrade - Prospects - 1980 - 1986.
161. FILIGRAN - Standarddecke, Rippendecke, Prospects - 1982
162. KAISER - Decken - Prospects - 1980
163. KOMBI - TRAGWERK - GMBH - Prospects - 1978
164. DECKENATLAS - HOCHBAU - Wilhelm Ernst Sons - Berlin
165. ICCPDC + INCERC - Norme tehnice de proiectare și realizare a construcțiilor privind protecția la acțiunea focului. Indicator Pl18-83. Bul. Constr. 5-6/83+3/86 +10/87.
166. STAHLBAU - Rundschau - ONORN - B. 4200 - 4600 Nr. 56/apr. 81. PROFANTEK H. Zur Berechnung von Profilbech - Verbund - konstruktionen. Teil. 1.
167. nr. 57/oct. 81 - Idem

169. Nr. 59/oct. 82 - Zum Nachweis der Blechzugkrafteinleitung durch Kopfholzendubel - Endverankerung bei Profilblechverbunddecken
170. ANNALES IPBTP - Henry Thonier - Comparasion pratique du code - modèle CEB - 78 et des règles BAEL - 80 No. 404 mai 1982.
171. ANNALES ITBTP - Henry Thonier - Règlement britannique de béton armé CP 110 Nr. 417 - Sept. 1983
172. NEW ZEALAND STANDARD - Code of practice for the Design of Concrete Structures. Nr. 3101 - Part. 1. - 1982 - SANZ
173. NEW ZEALAND STANDARD - Comentary on the Design of Concrete Structures. Nr. 3101 - Part. 2. - 1982 - SANZ
174. ASCE-IAESE - Planning and Design of Tall Buildings Proceedings of the International Conference for Planning and Design of Tall Buildings. Lehigh University, Bethlehem, ASCE, 1972.
175. Projet de code modele pour constructions mixtes, Construction métallique No. 1. - mars. 1980.
176. x x x - Commission des comités Européennes - Eurocode 04 Règles unifiées communes par les constructions mixtes acier-béton. EUR 9886 FRANCE 1985.
177. x x x - DIN 18807-Teil 1, 2, 3 Trapezprofile im Hochbau - Stahltrapezprofile - June - 1987.
178. C.R.I. - CEIGH - Calcul en élasticité. Résistance des éléments et des Asemblages. Commission 21. vol. III. Paris. oct. 1973.