MINISTERUL LUCRĂRILOR PUBLICE, TRANSPORTURILOR ŞI LOCUINŢEI

buletinul construcţiilor

76. BULETINUL CONSTRUCTIILOR – Volumul 19- 20- 2001

- Normativ de calcul pentru constructii metalice cu diafragme din tabla cutata. Indicativ – **NP 041-2000,** aprobat de MLPAT cu ordinul nr. 29/N/22.05.2000
- Normativ privind prescriptiile generale de proiectare. Verificarea prin calcul a elementelor de constructii metalice si a imbinarilor acestora "- Indicativ **NP 042-2000,** aprobat de MLPAT cu ordinul nr. 28/ N/ 22.05.2000

volumul 19-20 2001

Lei 390.000

Editat de:
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Construcții și Economia Construcțiilor
București - Șos. Pantelimon nr. 266
Telefon: 2 55 10 20; 2 55 22 50/179 - redacție

BULETINUL CONSTRUCȚIILOR

Vol. 19-20 2001

I. PRESCRIPȚII TEHNICE

- "Normativ de calcul pentru construcții metalice cu diafragme din tabla cutată", indicativ NP 041-2000, aprobat de MLPAT cu ordinul nr. 29/N/22.05.2000 3
- "Normativ privind prescripțiile generale de proiectare. Verificarea prin calcul a elementelor de construcții metalice și a îmbinărilor acestora", indicativ NP 042-2000, aprobat de MLPAT cu ordinul nr. 28/N/22.05.2000 103

Toate drepturile asupra acestei ediții sunt rezervate INCERC București. Nu este permisă reproducerea integrală sau parțială a materialelor din Buletinul Construcțiilor fără consimțământul scris al INCERC București.

ORDIN Nr. 29/N/
din: 22.05.2000

Având în vedere

– Avizul Consiliului Tehnico-Ştiinţific nr. 131 . 23.12.1999.

– În temeiul H. G. nr. 456 / 1994 republicată, privind organizarea şi funcţionarea Ministerului Lucrărilor Publice şi Amenajării Teritoriului,

– În conformitate cu Hotărârea Parlamentului nr. 57 / 21.12.1999 şi a Decretului nr. 433 / 22.12.1999,

– Ministrul Lucrărilor Publice şi Amenajării Teritoriului emite următorul

ORDIN:

Art. 1 - Se aprobă reglementarea :

Normativ de calcul pentru construcţii metalice cu diafragme din tablă cutată, indicativ NP 041-2000

Art. 2 - Reglementarea menţionată la art. 1 se publică în Buletinul Construcţiilor

Art 3 - Prezentul ordin intră în vigoare la data publicării lui în Buletinul Construcţiilor.

Art. 4 - Direcţia Programe de Cercetare şi Reglementări Tehnice va aduce la îndeplinire prevederile prezentului ordin.

MINISTRU
NICOLAE NOICA

NORMATIV DE CALCUL PENTRU CONSTRUCŢII METALICE CU DIAFRAGME DIN TABLĂ CUTATĂ

INDICATIV: NP – 041–2000

Elaborat de:
UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCŢII BUCUREŞTI
FACULTATEA DE CONSTRUCŢII CIVILE ŞI INDUSTRIALE
CATEDRA DE CONSTRUCŢII METALICE
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMIŞOARA

Elaboratori: cap 1 ÷ 8: Conf. dr. ing. Şerban DIMA
Prof. dr. ing. Constantin DALBAN
Prof. dr. ing. Eugen CHESARU

Elaboratori: cap 9 ÷ 10: Prof. dr. ing. Dan DUBINĂ
Şef lucr. dr. ing. Mircea GEORGESCU

Avizat de: Direcţia Programe de Cercetare şi Reglementări Tehnice

Director: ing. Octavian MĂNOIU
Responsabil temă: ing. Eugenia HINTEA

CUPRINS

1. INTRODUCERE 7
1.1. Obiectiv 7
1.2. Definiții 7
1.3. Simboluri utilizate în relațiile de calcul 10

2. MATERIALE 13
2.1. Tablă cutată 13
2.2. Elemente de prindere și de coasere ale tablei 14
2.3. Cerințe referitoare la realizarea diafragmei 15

3. PRINCIPII DE PROIECTARE 16
3.1. Situații în care se poate utiliza comportarea ca diafragmă a învelitorilor din tablă cutată 16
3.2. Condiții de proiectare pentru diafragmele din tablă cutată 20
3.3. Tipuri de diafragme 21
3.4. Criterii de proiectare 24

4. RELAȚII DE CALCUL ALE REZISTENȚEI (CAPACITĂȚII PORTANTE) ȘI FLEXIBILITĂȚII DIAFRAGMELOR DIN TABLĂ CUTATĂ FĂRĂ GOLURI 28
4.1. DIAFRAGMA ÎN CONSOLĂ CU TABLA AȘEZATĂ CU CUTELE PERPENDICULAR PE DESCHIDEREA DIAFRAGMEI 28
4.1.1. Generalități 28
4.1.2. Rezistența (capacitatea portantă a) diafragmei, $Q_{ult.}$ 28
4.1.3. Flexibilitatea diafragmei, c 30
4.2. DIAFRAGMA ÎN CONSOLĂ CU TABLA AȘEZATĂ CU CUTELE PARALEL CU DESCHIDEREA DIAFRAGMEI 31
4.2.1. Generalități 31
4.2.2. Rezistența (capacitatea portantă a) diafragmei, $Q_{ult.}$ 31
4.2.3. Flexibilitatea diafragmei, c 33
4.3. DIAFRAGMA REZEMATĂ LA CAPETE, COMPUSĂ DIN MAI MULTE PANOURI INDIVIDUALE, CU TABLA AȘEZATĂ CU CUTELE PERPENDICULAR PE DESCHIDEREA DIAFRAGMEI 34
4.3.1. Generalități 34
4.3.2. Rezistența (capacitatea portantă a) diafragmei, $Q_{ult.}$ 35
4.3.3. Flexibilitatea diafragmei, c 37
4.4. DIAFRAGMA REZEMATĂ LA CAPETE, COMPUSĂ DIN MAI MULTE PANOURI INDIVIDUALE, CU TABLA AȘEZATĂ CU CUTELE PARALEL CU DESCHIDEREA DIAFRAGMEI 38
4.4.1. Generalități 38
4.4.2. Rezistența (capacitatea portantă a) diafragmei, $Q_{ult.}$ 39
4.4.3. Flexibilitatea diafragmei, c 40

5. RELAȚII DE CALCUL ALE REZISTENȚEI (CAPACITĂȚII PORTANTE) ȘI FLEXIBILITĂȚII DIAFRAGMELOR DIN TABLĂ CUTATĂ CU GOLURI 42
5.1. Elemente generale 42
5.2. Diafragme cu goluri discrete 43
5.3. Rezistența și flexibilitatea diafragmei cu goluri discrete a căror suprafață totală este sub 12,5% din suprafața panoului individual în care sunt praticate 44
5.4. Rezistența și flexibilitatea diafragmei cu goluri discrete a căror suprafață totală este cuprinsă între 12,5% și 15% din suprafața panoului individual în care sunt praticate 45
5.5. Diafragme cu goluri lungi sub formă de bandă 47

6. CONLUCRAREA DINTRE DIAFRAGMA DIN TABLĂ CUTATĂ DE LA NIVELUL ACOPERIȘULUI ȘI CADRELE TRANSVERSALE 48
6.1. Elemente generale 48
6.2. Structuri cu o singură deschidere, cu cadrele intermediare identice 50
6.3. Structuri complexe, cu mai multe deschideri 56

7. ALTE POSIBILITĂȚI ALE DIAFRAGMELOR DIN TABLĂ CUTATĂ 57
7.1. Elemente generale 57
7.2. Utilizarea diafragmei din tablă cutată la stabilizarea elementelor care au tendința de a-și pierde stabilitatea generală 57
7.3. Utilizarea diafragmei din tablă cutată în locul contravântuirilor orizontale transversale ale acoperișurilor 61
7.4. Utilizarea diafragmei din tablă cutată în locul contravântuirilor orizontale longitudinale ale acoperișurilor 65

8. TABELE 66

9. PROIECTAREA PENELOR ŞI RIGLELOR CARE CONLUCREAZĂ CU ÎNCHIDERI DIN TABLĂ CUTATĂ 76
9.1. Elemente generale 76
9.2. Criterii de proiectare 79
9.2.1. Stări limită ultime 79
9.2.2. Starea limită a exploatării normale 82
9.3. Relaţii de calcul pentru verificarea de rezistenţă şi stabilitate 83
9.3.1. Determinarea tensiunii normale 83
9.3.2. Verificarea stabilităţii tălpii libere comprimate a penei 86
9.4. Caracteristicile de rigiditate date de legătura dintre pană şi tabla învelitorii 89
9.4.1. Rigiditatea resortului liniar lateral 89
9.4.2. Rigiditatea resortului rotaţional 90
10. ELEMENTE PROFILATE PENTRU DESCHIDERI MARI 94
10.1. Elemente generale 94
10.2. Calculul momentului capabil 96
10.2.1. Profile cu talpă lată solicitată la compresiune 96
10.2.2. Profile cu talpa lată solicitată la întindere 97
10.3. Calculul capacităţii portante şi a rigidităţii la forfecare 99

1. INTRODUCERE

1.1. Domeniul de utilizare

(1) Prevederile prezentului normativ se aplică construcţiilor parter cu structura metalică, supuse la încărcări orizontale produse de acţiunea vântului, podurilor rulante, seismului, la care învelitoarea este realizată ca diafragmă din tablă cutată.

(2) Comportarea ca diafragmă a învelitorii din tablă cutată se poate utiliza:

- atât prin "efectul de ansamblu" care asigură caracterul de spaţialitate al comportării structurilor la care:
  - cadrele transversale de capăt sunt rigide iar cadrele transversale intermediare sunt flexibile, stâlpii acestora putând fi încastraţi la ambele capete, încastraţi la un capăt şi articulaţi la celălalt capăt sau articulaţi la ambele capete;
  - toate cadrele transversale au aceeaşi flexibilitate, însă încărcarea orizontală acţionează preponderent asupra unui singur cadru;
- cât şi pentru "efectul local", o anumită zonă din diafragma de tablă cutată a acoperişului putând fi utilizată ca element stabilizator, a elementelor de care este prinsă tabla, sau şi în locul unora dintre contravântuirile din planul acoperişului.

1.2. Definiţii

(1) **Diafragmă** din tablă cutată - ansamblu plan alcătuit din panouri de tablă şi grinzi; panourile de tablă cutată sunt prinse între ele (cusute) şi de grinzi. Diafragma poate fi alcătuită dintr-un panou individual sau din mai multe panouri.

Elaborat de:	Aprobat de: MINISTRUL LUCRĂRILOR PUBLICE ŞI AMENAJĂRII TERITORIULUI cu ordinul nr. 29/N/22.05.2000
UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCŢII BUCUREŞTI UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMIŞOARA	

(2) **Panou** caracteristic (panou individual) de diafragmă din tablă cutată - defineşte un panou mărginit de două grinzi principale şi două grinzi secundare marginale, putând conţine sau nu şi grinzi secundare intermediare, elementele componente ale acestuia fiind prezentate în figura 1.1.

(3) **Conector** - piesă metalică care permite prinderea tablei pe grinzile de contur, atunci când grinzile de contur ale panoului nu au tălpile superioare la acelaşi nivel (fig. 1.1.).

(4) **Element marginal (grindă marginală)** - element dispus paralel cu lungimea diafragmei, la marginea acesteia (fig. 3.1)

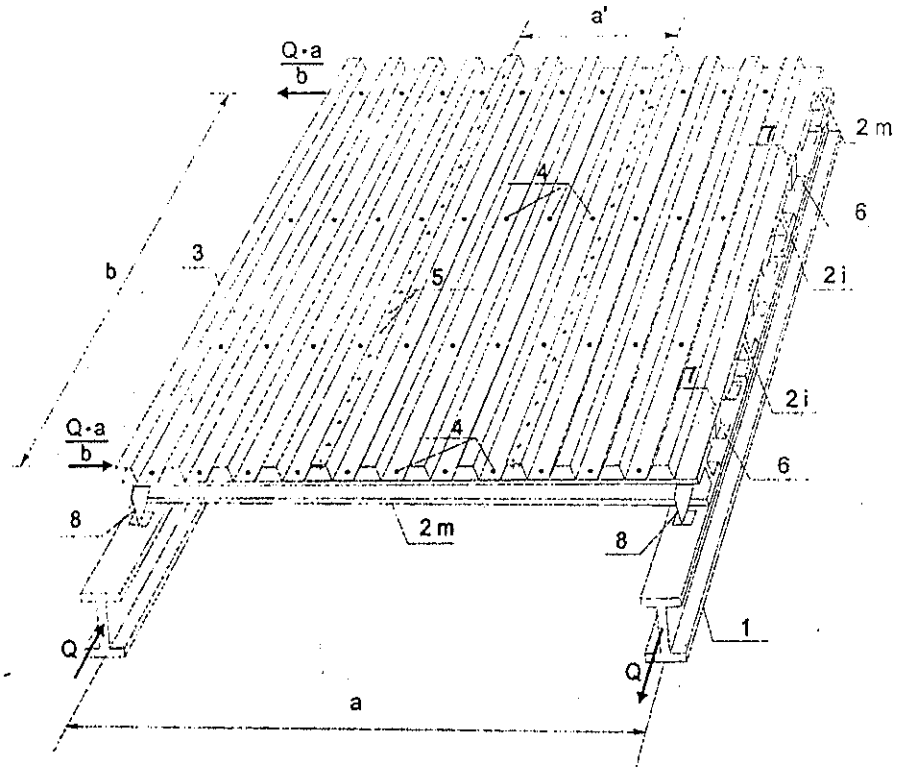


Fig. 1.1. Panou caracterisitc (panou individual) de diafragmă din tablă cutată

a = lungimea panoului măsurată perpendicular pe direcţia cutelor tablei
a' = lăţimea unei foi de tablă
b = înălţimea panoului măsurată în lungul cutelor tablei

1. grinda principală
2m. grindă secundară de margine
2i. grindă secundară intermediară
3. foaie de tablă cutată
4. prindere tablă / grindă secundară
5. prindere de coasere tablă / tablă
6. conector
7. prindere tablă / conector
8. prindere grindă secundară / grindă principală

(5) **Grinda secundară** - element care susţine tabla cutată fiind dispus perpendicular pe direcţia cutelor. Reazemă pe grinzi principale şi este necesară atunci când tabla este aşezată cu cutele perpendicular pe deschiderea diafragmei (fig. 1.1., fig. 3.2. a).

(6) **Grinda principală** - element care susţine grinzile secundare, în cazul în care tabla este aşezată cu cutele perpendicular pe deschiderea diafragmei (fig. 1.1 şi fig. 3.2 a) sau care susţine tabla cutată în cazul în care aceasta este dispusă cu cutele paralel cu deschiderea diafragmei (fig. 3.2 b).

(7) **Lunecarea unei prinderi** - deplasarea din planul tablei, care are loc în dreptul unui element de prindere, măsurată între tablă şi elementul de susţinere de care aceasta este prinsă, atunci când în elementul de prindere (şurub, nit) acţionează o forţă tăietoare de 1 kN.

(8) **Flexibilitatea la forfecare** - deformaţia în planul lui a unui panou individual mărginit de două grinzi principale şi două grinzi marginale supuse la o forţă tăietoare egală cu unitatea (fig. 1.2.).

(9) **Flexibilitatea unui cadru** - deformaţia acestuia pe direcţia de aplicare a forţei unitate (fig. 6.2. b).

(10) **Rezistenţa (capacitatea portantă a)** unui element - solicitarea maximă la care acesta poate fi supus fără să cedeze datorită atingerii unei stări limită ultime (de rezistenţă sau stabilitate).

(11) **Rezistenţa (capacitatea portantă) la forfecare a diafragmei** - cea mai mică dintre forţele tăietoare corespunzătoare diferitelor moduri de cedare ale diafragmei supusă la forfecare.

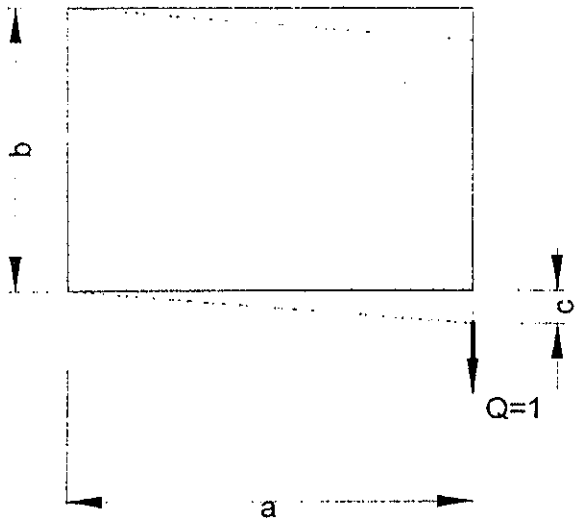


Fig. 1.2. Ilustrarea flexibilității panoului individual supus la forfecare

1.3. Simboluri utilizate în relații de calcul

a - lungimea (deschiderea) unui panou individual al diafragmei. Se măsoară pe direcție perpendiculară pe direcția cutelor, (mm);

$a' = \frac{a}{n_{sh}}$ - lățimea unei singure foi de tablă cutată, (mm);

A - aria secțiunii transversale a unui element marginal longitudinal, (mm^2);

b - înălțimea unui panou individual al diafragmei. Se măsoară pe direcție paralelă cu direcția cutelor, (mm);

$b' = \frac{b}{n_p - 1}$ - distanța dintre două grinzi secundare, (mm);

c - flexibilitatea la forfecare a diafragmei, (mm / kN);

c_i - flexibilitatea la forfecare a panoului individual i al diafragmei, (mm/kN);

$c_{1,1}$, $c_{1,2}$, $c_{2,1}$, $c_{2,2}$, $c_{2,3}$, c_3 - flexibilitățile parțiale la forfecare ale diafragmei, (mm/kN);

d - distanța interax (fig. 3.5, tab. 8.5) dintre două cute alăturate ale tablei, (mm);

d_e - diametrul exterior al elementului de prindere, (mm);

D_x, D_y - rigiditățile la încovoiere ale tablei cutate, perpendiculară și paralelă cu cutele, calculate pentru o fâșie de tablă lățime unitate, (kN.mm²/mm);

$$D_x = \frac{E \cdot t^3 \cdot d}{12(1-\mu^2) \cdot u} \qquad D_y = \frac{E \cdot I_y}{d}$$

E = 210 kN mm² - modulul de elasticitate al oțelului;

f- săgeata diafragmei, (mm);

F_p - rezistența la forfecare (capacitatea portantă) corespunzătoare unui element de prindere tablă - grindă, cu grinda dispusă perpendicular pe direcția cutelor tablei, (kN), Tabel 8.7;

$F_{p,g}$ - rezistența (capacitatea portantă) corespunzătoare unei prinderi grindă secundară / grindă principală, (kN), Tabelul 8.8;

F_s - rezistența la forfecare (capacitatea portantă) corespunzătoare unui element de coasere a două foi de tablă alăturate, (kN), Tabelul 8.7;

F_{sc} - rezistența la forfecare (capacitatea portantă) corespunzătoare unui element de prindere tablă - conector, (kN), Tabel 8.7;

h - înălțimea (mm) cutei tablei (tab. 8.5., tab. 8.6);

H - forța concentrată aferentă unei grinzi principale care aparține unei diafragme rezemată la capete, (kN);

H_{rdi} - rezistența (capacitatea portantă), care se folosește în proiectare, corespunzătoare prinderii table cutate de o grindă principală intermediară, (kN)

$H_{rdi,2,3,4}$ - rezistența (capacitatea portantă) corespunzătoare diferitelor moduri (2, 3, 4) de prindere a tablei cutate de o grindă principală intermediară, (kN);

I_y - momentul de inerție al unei cute în raport cu axa neutră a acesteia (mm^4);

K (K_1 sau K_2) - constante utilizate la calculul flexibilității parțiale a diafragmei corespunzătoare deformării cutei în cazul în care tabla este prinsă în fiecare cută (K_1) sau în cute alternante (K_2); depind de geometria cutei și sunt date în tabelele 8.5. și 8.6;

l - lățimea (mm) peretelui superior al cutei (tab 8.5, tab. 8.6);

L - deschiderea (lungimea) diafragmei măsurată între cadrele transversale contravântuite vertical,(mm);

m - numărul de panouri individuale cuprins în lungimea unei singure foi de tablă;

n - numărul de panouri individuale din care este formată diafragma de lungime L;

n_s - numărul foilor de tablă așezate în prelungire pentru a acoperi înălțimea b a panoului individual al diagfragmei;

n_t - numărul de elemente de prindere tablă / grindă dispusă perpendicular pe direcția cutelor corespunzătoare lățimii unei foi de tablă. Sunt incluse și prinderile care trec prin două foi de tablă alăturate;

n_f - numărul foilor de tablă așezate în prelungire pentru a acoperi lungimea L a diafragmei;

n_p - numărul total de elemente (grinzi secundare) ale diafragmei dispuse perpendicular pe direcția cutelor tablei;

n_s - numărul total de elemente de coasere a foilor de tablă dintr-un șir de coasere cu lungimea b. Nu se numără elementele care trec și prin grinda orientată perpendicular pe direcția cutelor tablei;

n_{sc} - numărul total de elemente de prindere tablă / conectori corespunzătoare tuturor conectorilor situați pe o grindă de capăt, (de lungime b);

n'_{sc} - este numărul total de elemente de prindere tablă / conectori corespunzătoare tuturor conectorilor situați pe o grindă intermediară, (de lungime b);

n_{sh} - numărul de lățimi de tablă corespunzătoare unui panou individual;

N_{max} - forța axială maximă în grinzile longitudinale marginale ale diafragmei, (kN);

N^{II}, $N^{\perp}_{max}$ - forțele axiale maxime în grinzile marginale ale diafragmei dispuse paralel și respectiv perpendicular față de direcția cutelor tablei, (kN);

p - distanța interax dintre două prinderi consecutive tablă / grindă, cu grinda dispusă perpendicular pe direcția cutelor, (mm);

q - forța uniform distribuită în planul diafragmei, (kN/m);

Q - forța tăietoare maximă din diafragmă, (kN);

Q_i - forța tăietoare din panoul individual i al diafragmei, (kN);

$Q_{ult,\ 1....6}$ - rezistența (capacitatea portantă a) diafragmei asociată diferitelor moduri (1 ... 6) de cedare, (kN);

Q_{ult} - rezistența (capacitatea portantă a) diafragmei care se folosește în proiectare, (kN);

R -rezistența de calcul a oțelului din care este făcută tabla, (N/mm^2);

s_p - lunecarea (flexibilitatea) corespunzătoare unui singur element de prindere tablă / grindă dispus perpendicular pe direcția cutelor, corespunzătoare încărcării unitare, (mm/kN). Tabelul 8.7;

$s_{p,g}$ - deplasarea feței superioare a grinzii secundare în dreptul unei prinderi grindă secundară / grindă principală, corespunzătoare încărcării unitare, (mm/kN). Tabelul 8.8;

s_s - lunecarea (flexibilitatea) unei prinderi de coasere tablă / tablă corespunzătoare încărcării unitare, (mm/kN). Tabelul 8.7;

s_{sc} - lunecarea (flexibilitatea) unei prinderi tablă / conector corespunzătoare încărcării unitare, (mm/kN). Tabelul 8.7;

t - grosimea tablei cutate (nu sunt incluse straturile de acoperire), (mm);

u - lungimea desfășurată (mm) a unei singure cute (fig. 3.5);

Δ_i - deplasarea (săgeata) în dreptul panoului individual i al diafragmei, (mm);

φ - unghiul făcut cu normala la planul median al tablei de "inima" unei cute a tablei cutate (tab. 8.5, tab. 8.6);

σ_c (R_c) - limita de curgere a oțelului din care este făcută tabla, (N/mm^2);

σ_{ult} (R_m) - rezistența la rupere a oțelului din care este făcută tabla, (N/mm^2);

$\mu = 0,3$ - coeficientul lui Poisson;

γ_m - coeficientul parțial de siguranță pentru material (oțel);

α_1, α_2, α_3 - coeficienții care țin seama de modul de prindere a foilor de tablă, Tabel 8.1;

α_4, α_5 -coeficienții care țin seama de numărul de foi de tablă care se suprapun în prelungire, Tabel 8.2, Tabel 8.3;

β_1, β_2 - coeficienții care țin seama de numărul de elemente de prindere tablă / grindă de pe lățimea unei foi de tablă și de distribuirea forței tăietoare. Tabelul 8.4;

$$\beta = \frac{\text{distanța dintre elementele extreme de prindere ale unei foi de tablă pe grindă}}{\text{lățimea respectivei foi de tablă}}$$

și are valorile:

$\beta_3 = 1,0$ dacă coaserea foilor de tablă este în cuta de jos;

$\beta_3 = \dfrac{n_f - 1}{n_f}$ dacă coaserea foilor de tablă este în cuta de sus.

2. MATERIALE

2.1. Tabla cutată

(1) Prevederile cuprinse în normativ se referă la tabla cutată folosită curent la învelitorile și închiderile perimetrale ale clădirilor cu structura de rezistență metalică.

(2) Calculul caracteristicilor secționale ale tablei folosită ca diafragmă se face considerând materialul ca fiind concentrat pe linia mediană a secțiunii, racordarea colțurilor fiind înlocuită cu intersecția axelor mediane ale grosimii pereților.

(3) Prevederile cuprinse în normativ se aplică tablelor cu grosimi de cel mult 1,5 mm, în cazul grosimilor mai mari pentru determinarea capacității protante și a rigidității la forfecare a diafragmei fiind necesare testări experimentale.

Pentru calcul se ia în considerare grosimea tablei (fără straturile de protecție). În cazul tablelor galvanizate se poate considera, în lipsa unor măsurători precise, grosimea totală a acoperirii (pe ambele fețe ale tablei) de 0,05 mm.

(4) Rezistența de calcul a oțelului tablei cutate $R = R_c / \gamma_m$ se ia conform standardului de produs, cu respectarea condiției: $R_c \leq R_m / 1,2$. Celelalte caracteristici mecanice ale oțelului sunt:

- modulul de elasticitate: $E = 210$ kN mm^{-2}
- modulul de forfecare: $G = 81$ kN mm^{-2}
- coeficientul lui Poisson: $\mu = 0,3$

2.2. Elemente de prindere și de coasere ale tablei

(1) Elementele de prindere tablă - grindă și tablă / conectori în cazul diafragmelor din tablă cutată sunt:

- șuruburile autogăuritoare-filetante (fig. 2.1 a)
- șuruburile autofiletante pentru metal (cu filet tăietor) introduse în găuri (cu 0,5 ..... 1,0 mm mai mici decât diametrul șurubului) practicate în prealabil (fig. 2.1 b)

(2) Elementele de prindere tablă / tablă (coasere) în cazul diafragmelor din tablă cutată sunt:

- șuruburile autofiletante pentru tablă (fig. 2.1.c)
- niturile oarbe din oțel (fig. 2.1 d)

Niturile oarbe din aluminiu nu sunt în general recomandate datorită posibilității de cedare bruscă, prin forfecare, a acestora și a coroziunii bimetal.

(3) Elementele de prindere trebuie astfel alese încât acestea să nu cedeze înainte de cedarea ductilă, prin deformare plastică, a tablei datorită presiunii pe pereții găurii.

(4) Rezistența (capacitatea portantă a) prinderilor, corespunzătoare deformării plastice a tablei și lunecarea specifică a acestora se poate determina experimental. Pentru elementele uzuale de prindere a tablei, aceste valori sunt date în tabelul 8.7.

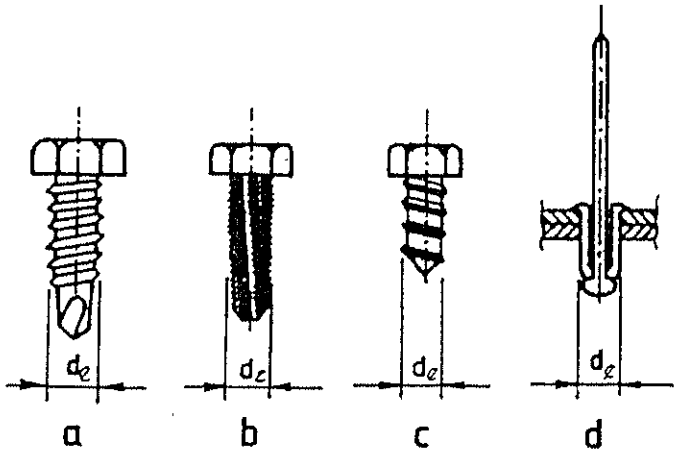


Figura 2.1. Elemente de prindere ale tablei cutate

a. șuruburi autogăuritoare - filetante
b. șuruburi autofiletante pentru metal (șurburi autofiletante cu filet tăietor)
c. șuruburi autofiletante pentru tablă
d. nituri oarbe

2.3. Cerințe referitoare la realizarea diafragmei

La realizarea unei diafragme din tablă cutată trebuie să se aibă în vedere următoarele cerințe:

(1) În toate cazurile în care din punct de vedere constructiv este posibil (ex. tălpile superioare ale grinzilor principale și secundare sunt la același nivel) panoul individual de diafragmă, (cuprins între două grinzi principale și grinzile marginale, fig. 1.1) se recomandă să aibă tabla prinsă pe cele patru laturi (pe grinzile perimetrale).

(2) În cazul în care grinzile secundare reazemă deasupra grinzilor principale (fig. 1.1), folosirea de conectori (cupoane tăiate din grinzile secundare) sudați pe grinzile principale face posibilă prinderea diafragmei din tablă cutată pe patru laturi. În cazul în care nu se folosesc conectori diafragma fiind prinsă numai pe două laturi (pe grinzile secundare), elementele de prindere grindă secundară / grindă principală trebuie să fie

capabile să transmită forța tăietoare de la grinda principală la diafragmă. Rezistența (capacitatea portantă a) prinderilor grindă secundară/ grindă principală și flexibilitatea acestora se determină experimental. Pentru unele cazuri particulare, aceste valori sunt date în tabelul 8.8. Prin echivalare, proiectantul poate utiliza valorile date în tabel și pentru alte cazuri de prindere grindă secundară/ grindă principală.

(3) La clădirile la care diafragmele din tablă cutată sunt prinse numai pe două laturi (numai de grinzile secundare) trebuie prevăzuți conectori cel puțin pe grinzile principale ale cadrelor din frontoane și pe grinzile principale care aparțin cadrelor transversale intermediare rigide în planul lor (dacă este cazul).

3. PRINCIPII DE PROIECTARE

3.1. Situații în care se poate utiliza comportarea ca diafragmă a învelitorilor din tablă cutată

Comportarea ca diafragmă a învelitorilor din tablă cutată poate fi luată în considerare la proiectare având în vedere următoarele principii:

(1) Comportarea ca diafragmă a învelitorilor din tablă cutată poate fi utilizată în următoarele situații:

- La construcții la care cadrele transversale intermediare au stâlpi articulați la ambele capete. În acest caz încărcările orizontale transversale sunt preluate în totalitate de diafragmă și transmise ca reacțiuni la cadrele rigide din fronton.
- La construcții la care cadrele transversale intermediare au stâlpii încastrați în fundații și prinși articulat sau rigid de rigla cadrului. În acest caz încărcările orizontale transversale sunt preluate atât de diafragma care le transmite ca reacțiuni cadrelor rigide din fronton, cât și de cadrele transversale intermediare care le transmite ca reacțiuni la fundații. Împărțirea încărcărilor între diafragmă și cadrele transversale se face în funcție de flexibilitatea cadrelor transversale, respectiv de flexibilitate la forfecare a diafragmei, precum și de numărul de cadre transversale ale construcției (conlucrare spațială la deplasare a cadrelor transversale).
- La construcții la care toate cadrele transversale (de capăt și intermediare) au aceeași flexibilitate, însă încărcarea orizontală transversală acționează

preponderent numai asupra unui singur cadru transversal (conlucrare spațială la deplasare a cadrelor transversale).
- La stabilizarea elementelor structurale ale acoperișului sau pereților (elemente de care este prinsă tabla) împotriva tendinței acestora de a-și pierde stabilitatea generală.

(2) Comportarea ca diafragmă a învelitorii din tablă cutată poate fi utilizată la clădirile parter supuse la încărcările orizontale produse de acțiunea vântului, podurilor rulante, seism. În cazul clădirilor cu rigla acoperișului frântă prin comportarea ca diafragmă sunt preluate și componentele din planul învelitorii ale încărcărilor verticale (vezi și pct. 3.1.(5)).

(3) Efectul de diafragmă al acoperișului din tablă cutată se manifestă atât la construcțiile cu acoperișul orizontal cât și la cele cu acoperișul înclinat.

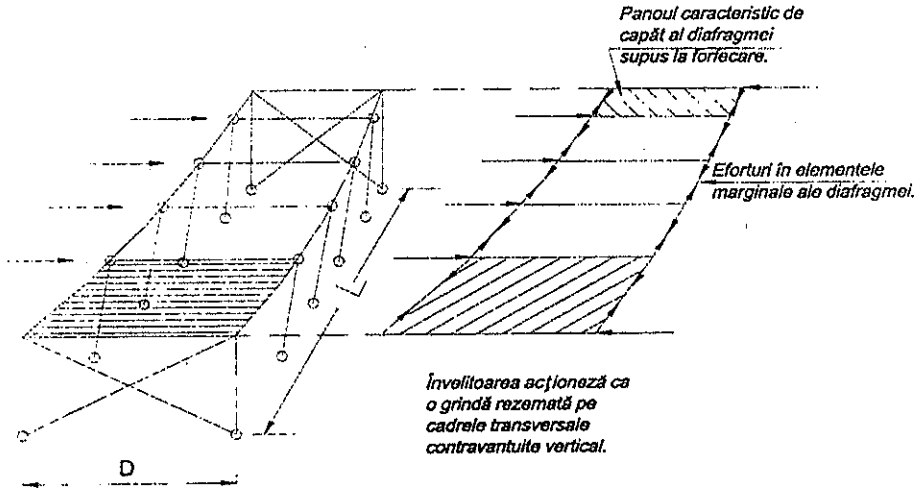
- La construcțiile la care grinda cadrului transversal este orizontală sau apropiată de orizontală, cu panta învelitorii sub 10°, (fig. 3.1. a) învelitoarea din tablă cutată se comportă ca o diafragmă care reazemă pe cadrele de fronton, fiind alcătuită dintr-o succesiune de panouri individuale. Panourile individuale, cuprinse între două grinzi principale (grinzi de cadru) și grinzi marginale sunt solicitate, în planul lor, de forța tăietoare care le revine, corespunzătoare repartiției forței tăietoare în ansamblul din care fac parte; forța tăietoare este produsă de încărcările orizontale transversale din planul învelitorii. Cadrele de fronton încărcate cu reacțiunile difragmei acoperișului, trebuie să fie rigidizate în planul lor fie cu ajutorul unui sistem de contravântuiri verticale, fie cu diafragma verticală realizată din tabla cutată a închiderii frontonului.
- La construcțiile la care grinda cadrului transversal este frântă în două segmente înclinate (fig. 1.3 b), învelitoarea din tablă cutată de pe fiecare versant înclinat al acoperișului se comportă ca o diafragmă care reazemă pe cadrele de fronton. În acest caz încărcarea care se ia în considerare la determinarea forței tăietoare care îi revine fiecărui panou individual, provine din componentele în planul învelitorii a încărcărilor gravitaționale și a încărcărilor orizontale transversale.

  Cadrele de fronton, rigidizate în planul lor, se vor prevedea cu tiranți, care leagă capetele superioare ale stâlpilor, în vederea preluării împingerilor (egale ale) acoperișului produse de forțele verticale și a micșorării deformațiilor orizontale, respectiv tendinței de deschidere a

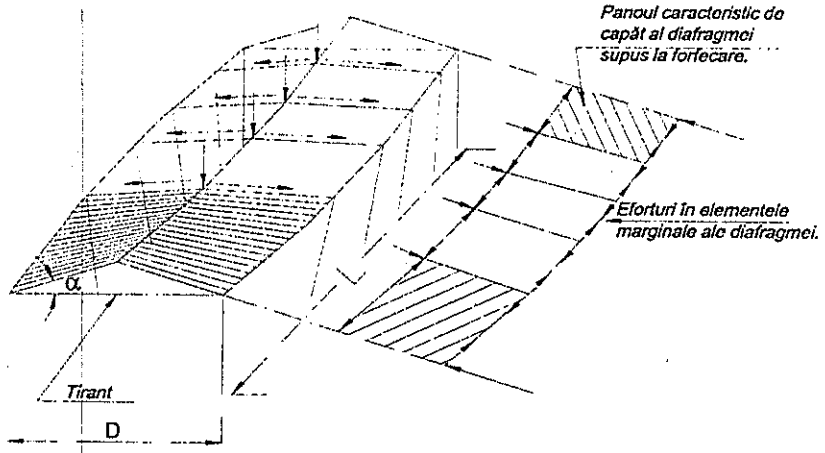
cadrelor transversale curente la nivelul capetelor superioare ale stâlpilor.

- Acoperişul în ansamblu se comportă ca o grindă cu inima foarte înaltă. Încărcările transversale din planul acestuia sunt preluate astfel: cadrele de fronton preiau reacţiunile, tabla cutată acţionează ca o inimă care preia forţa tăietoare iar elementele marginale acţionează ca tălpi şi preiau forţe axiale de compresiune sau întindere.

(4) Lungimea (deschiderea) diafragmei formată din tabla cutată a învelitorii este egală cu distanţa dintre cadrele de fronton (rigide). În cazul în care construcţia este prevăzută cu unele cadre intermediare rigide (contravântuite sau realizate ca o diafragmă verticală), lungimea diafragmei este egală cu distanţa dintre două cadre rigide consecutive.



a) Efectul de diafragmă al învelitorii din tablă cutată la construcţiile cu acoperişul orizontal



Tendinţa de "deschidere" la partea superioară a cadrelor transversale este împiedicată de comportarea ca diafragmă a învelitorii

b) Efectul de diafragmă al învelitorii din tablă cutată la construcţiile cu acoperişul "în două ape" supus la încărcări gravitaţionale

Fig. 3.1. Comportarea ca diafragmă a învelitorilor din tablă cutată

(5) Comportarea ca diafragmă a învelitorilor din tablă cutată are efecte semnificative la construcţii pentru care raportul L / D dintre lungimea şi lăţimea acestora (fig. 3.1) îndeplineşte condiţiile:

- construcţii cu rigla cadrului transversal orizontală supusă la forţe orizontale transversale: $L / D \leq 4,0$
- construcţii cu rigla cadrului transversal frântă supuse la:
  - forţe verticale: $L / D \leq 2,5$

  Obs.: În cazul în care panta învelitorii este mai mică de 10° ($\alpha < 10°$) nu se poate conta pe efectul de diafragmă pentru preluarea componentelor din planul învelitorii a încărcărilor gravitaţionale, limitarea de mai sus încetându-şi valabilitatea.
  - forţe orizontale transversale: $L / D \leq 4,0$
- în cazul în care forţele orizontale sunt aplicate numai pe unul sau două cadre transversale mărimea raportului L / D nu are implicaţii semnificative şi nu se limitează.

(6) În cazul diafragmelor în consolă, prinse numai la unul din capete pe un cadru (de fronton) rigid, raportul dintre lungimea și lățimea construcției L / D trebuie să îndeplinească condiția:

- construcții cu rigla cadrului transversal orizontală supuse la forțe orizontale transversale: $L / D \leq 2,0$

3.2. Condiții de proiectare pentru diafragmele din tablă cutată

Diafragmele din tablă cutată trebuie să satisfacă următoarele condiții:

(1) În afară de funcțiunea lor primară (ca elemente de închidere), tablele cutate se pot utiliza la realizarea unor diafragme care să preia deplasările structurale din planul tablei.

(2) Tablele cutate se proiectează în primul rând la funcțiunea lor primară (conf. STAS 10108/2-83). Se impune apoi ca tensiunea maximă de forfecare din tablă, corespunzătoare funcțiunii ca diafragmă, să nu depășească 25% din tensiunea normală corespunzătoare funcțiunii primare (ca închidere) a tablei. În aceste condiții tabla (corodată) va ceda prin încovoiere (corespunzătoare funcțiunii primare). Nu sunt necesare alte verificări care să țină seama de combinația solicitărilor de încovoiere și forfecare ale tablei.

(3) Diafragmele din tablă cutată trebuie prevăzute cu elemente (grinzi) marginale. Aceste elemente și prinderile lor trebuie să fie capabile să preia forțele axiale care le revin corespunzător funcțiunii de "tălpi" ale diafragmei.

(4) Tabla cutată se prinde de structură în fiecare cută (sau în cute alternante) conform prevederilor de la pct. 2.2(1) și 2.2(3).

(5) Foile de tablă cutată se cos între ele conform prevederilor de la pct. 2.2 (2) și 2.2(3), distanța dintre elementele de coasere fiind de ~ 300 mm.

(6) Pentru evitarea sfâșierii tablei, distanța de la un element de prindere la marginea tablei trebuie să respecte prevederile:

- distanța e_2 față de marginea foii de tablă a elementelor de coasere și a elementelor de prindere tablă / conectori:
  $e_2 \geq 1,5\ d_e$; $e_2 \geq 8$ mm; (3.1)
- distanța e_2 față de marginea foii de tablă a elementelor de prindere tablă / grindă secundară (grindă dispusă perpendicular pe direcția cutelor):
  $e_1 \geq 1,5\ d_e$; $e_2 \geq 10$ mm; (3.2)

- distanța e_1 față de capătul foii de tablă a elementelor de prindere tablă grindă secundară (grindă dispusă perpendicular pe direcția cutelor):
  $e_1 \geq 3\ d_e$; $e_1 \geq 20$ mm; (3.3)
  d_e este diametrul exterior al elementului de prindere, (mm).

(7) Diafragmele din tablă cutată se folosesc la preluarea încărcărilor temporare de scurtă durată (variabile) și a încărcărilor excepționale:

- încărcări aplicate închiderilor: acțiunea vântului, componenta în planul învelitorii a încărcării cu zăpadă (în cazul acoperișurilor cu rigla cadrului transversal frântă, vezi și pct. 3.1. (5)).
- încărcări orizontale produse de podurile rulante
- forțe seismice.

Nu se folosesc la preluarea încărcărilor permanente, cu excepția forțelor laterale corespunzătoare stabilizării elementelor structurale.

(8) În cazul în care învelitoarea și închiderile laterale sunt proiectate ca diafragme, acestea vor fi tratate ca elemente structurale ale construcției. Îndepărtarea parțială sau totală a acestora se va face în urma unei analize structurale atente și a adoptării de măsuri corespunzătoare evitării consecințelor defavorabile privind rezistența și stabilitatea celorlalte elemente structurale ale construcției.

3.3. Tipuri de diafragme

(0) Diafragmele din tablă cutată pot fi:

- fără goluri; se proiectează conform prevederilor de la pct. 4.1; 4.2; 4.3; 4.4;
- cu goluri a căror suprafață totală nu depășește 3% din suprafața panoului individual în care sunt practicate; se proiectează conform prevederilor de la pct. 4.1; 4.2; 4.3; 4.4;
- cu goluri mari; se proiectează conform prevederilor de la pct. 5.

(1) În funcție de modul de dispunere a cutelor tablei există două tipuri de diafragme:

- diafragme cu cutele tablei dispuse perpendicular pe lungimea diafragmei (fig. 3.2 a)
- diafragme cu cutele tablei dispuse paralel cu lungimea diafragmei (fig 3.2 b)

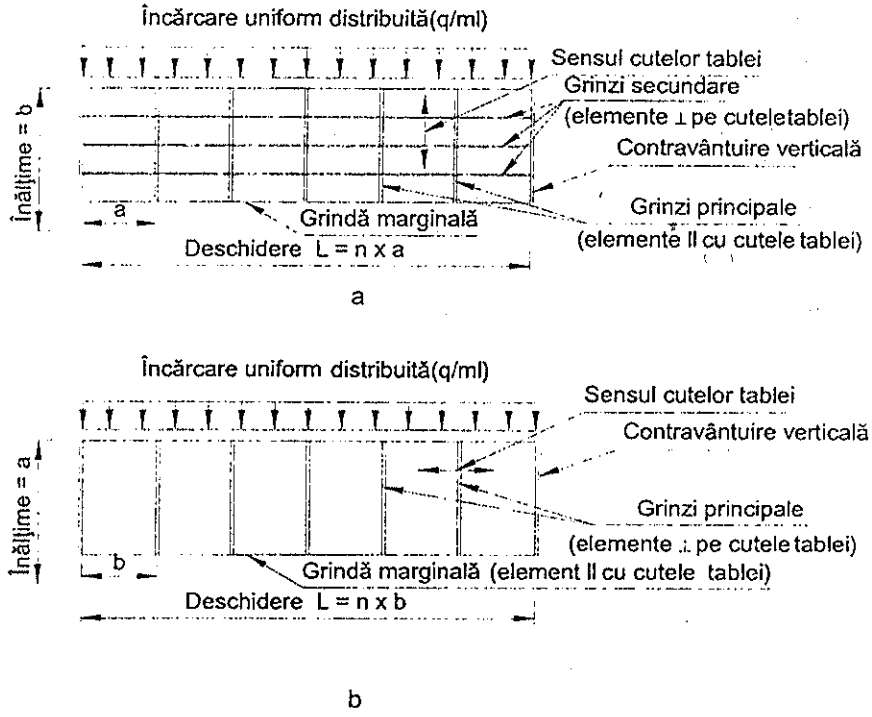


Fig. 3.2. Scheme de alcătuire a diafragmelor
a. tabla orientată cu cutele perpendicular pe deshiderea diafragmei
b. tabla orientată cu cutele paralel cu deschiderea diafragmei

(2) Pentru ambele tipuri de diafragme se face precizarea:
- prin prindere tablă / grindă se înțelege prinderea dintre tablă și elementul dispus perpendicular pe direcția cutelor (o grindă secundară în cazul din fig. 3.2 a sau o grindă principală în cazul din fig. 3.2. b)
- prin prindere tablă / conector se înțelege prinderea dintre tablă și elementul dispus paralel pe direcția cutelor (o grindă principală în cazul din fig. 3.2 a sau o grindă marginală în cazul din fig. 3.2. b)

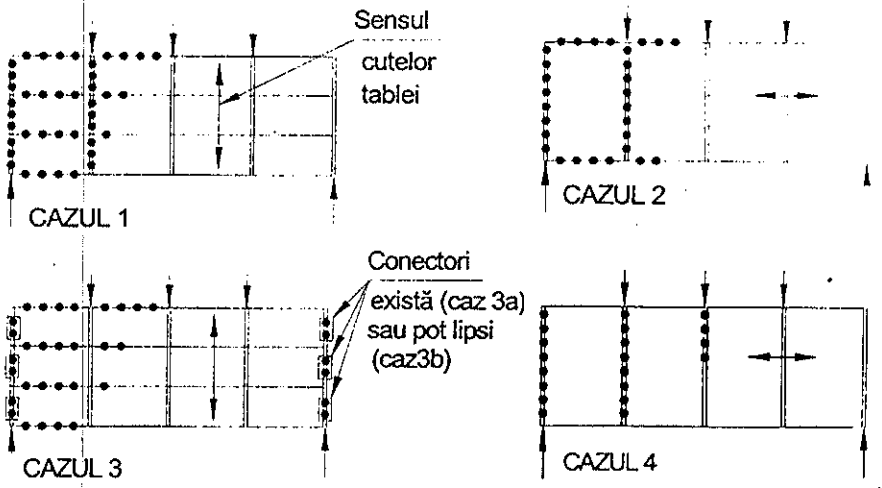


Fig. 3.3. Posibilități distincte de prindere a tablei cutate
CAZUL 1: tabla cu cutele perpendiculare pe deschiderea diafragmei, prinsă pe 4 laturi
CAZUL2: tabla cu cutele paralele cu deschiderea diafragmei, prinsă pe 4 laturi
CAZUL 3: tabla cu cutele perpendiculare pe deschiderea diafragmei, prinsă pe 2 laturi (cazul 3 a - cu utilizarea conectorilor, cazul 3 b - fără utilizarea conectorilor)
CAZUL 4: tabla cu cutele paralele cu deschiderea diafragmei, prinsă pe 2 laturi

(3) În funcție de modul de realizare a prinderii tablei cutate de structura suport se disting următoarele posibilități:
- tabla prinsă pe patru laturi (fig. 3.3 cazul 1 și cazul 2): grinzile de pe cele două direcții au tălpile superioare la același nivel sau în cazul în care acestea sunt denivelate se folosesc conectori
- tablă prinsă pe două laturi (fig. 3.3 cazul 3 și cazul 4): grinzile de pe cele două direcții au tălpile superioare denivelate. În situația din figura 3.3. cazul 3 sunt necesari conectori sudați pe grinzile principale de capăt ale diafragmei.

Situația din figura 3.3 cazul 4 (fără conectori pe grinzile marginale) nu se recomandă.

(4) În toate cazurile în care este posibil, tabla cutată se va prinde pe 4 laturi pentru a se obține o rezistență (capacitate portantă), și rigiditate la forfecare mai mare. De asemenea, pentru îmbunătățirea rigidității diafragmei se recomandă prinderea tablei în fiecare cută.

3.4. Criterii de proiectare

(1) . La determinarea rezistenței (capacității portante) la forfecare Q_{rd} (kN) a diafragmei din tablă cutată se au în vedere următoarele moduri posibile de cedare:

a. Cedarea tablei, paralel cu direcția cutelor, prin deformarea plastică în zona găurilor prinderii de coasere a foilor de tablă (fig. 3.6.6.).

b. Cedarea tablei, paralel cu direcția cutelor, prin deformare plastică în zona găurilor prinderilor tablă / conectori (fig. 3.6.7).

c. Cedarea tablei, paralel cu direcția cutelor, prin deformare plastică în zona găurii marginale a prinderii tablă / grindă dispusă perpendicular pe direcția cutelor (fig. 3.4, fig. 3.6.5), în cazul tablei prinse numai pe două laturi.

d. Cedarea tablei, perpendicular pe direcția cutelor, prin deformare plastică în zona găurilor prinderilor tablă / grindă dispusă perpendicular pe direcția cutelor (fig. 3.6.4), în cazul tablei prinse pe patru laturi.

e. Cedarea tablei prin voalare generală care cuprinde mai multe cute (fig. 3.5)

f. Cedarea elementelor marginale, comprimate sau întinse, ale panoului (fig. 3.6.9).

g. Cedarea tablei prin deformarea excesivă a profilului cutelor de la capătul foii de tablă prins de grinda de contur a panoului dispusă perpendicular pe direcția cutelor.

(2) Modurile de cedare convenabile sunt modurile **a, b, c** care prezintă o bună ductilitate. Față de modurile de cedare **d, e, f,** mult mai puțin ductile, se adoptă coeficienți de siguranță mai mari astfel încât cedarea diafragmei prin aceste moduri să fie evitată. Prin urmare rezistența (capacitatea portantă a) diafragmei va fi valoarea cea mai mică a rezistenței corespunzătoare modurilor de cedare acceptate, **a, b** sau **c.**

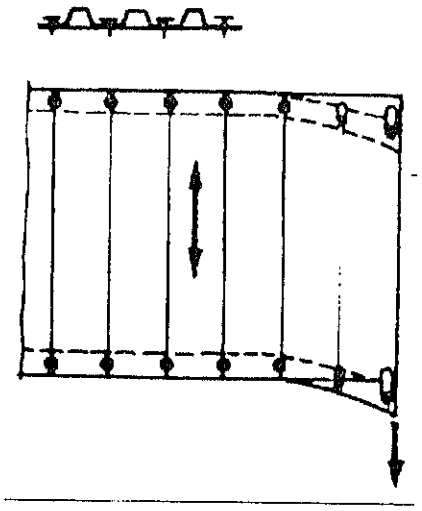


Fig. 3.4. Cedarea tablei în prinderile tablă / grindă secundară în vecinătatea grinzii principale (modul c de cedare)

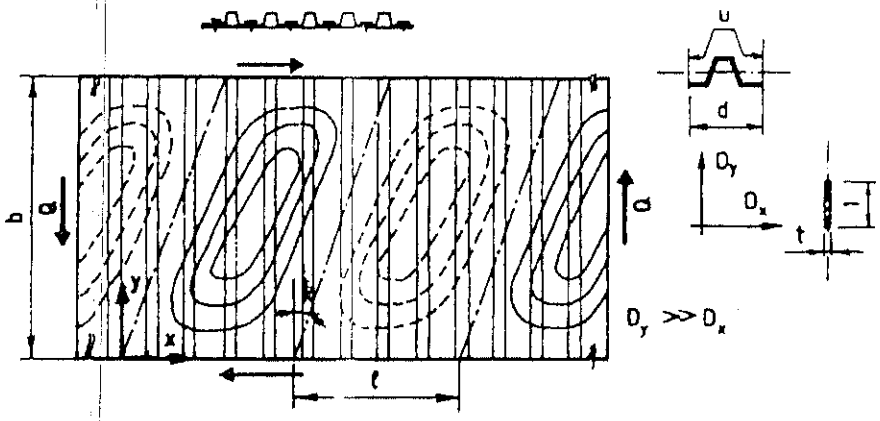


Fig. 3.5. Voalarea de ansamblu a tablei cutate (modul e de cedare)

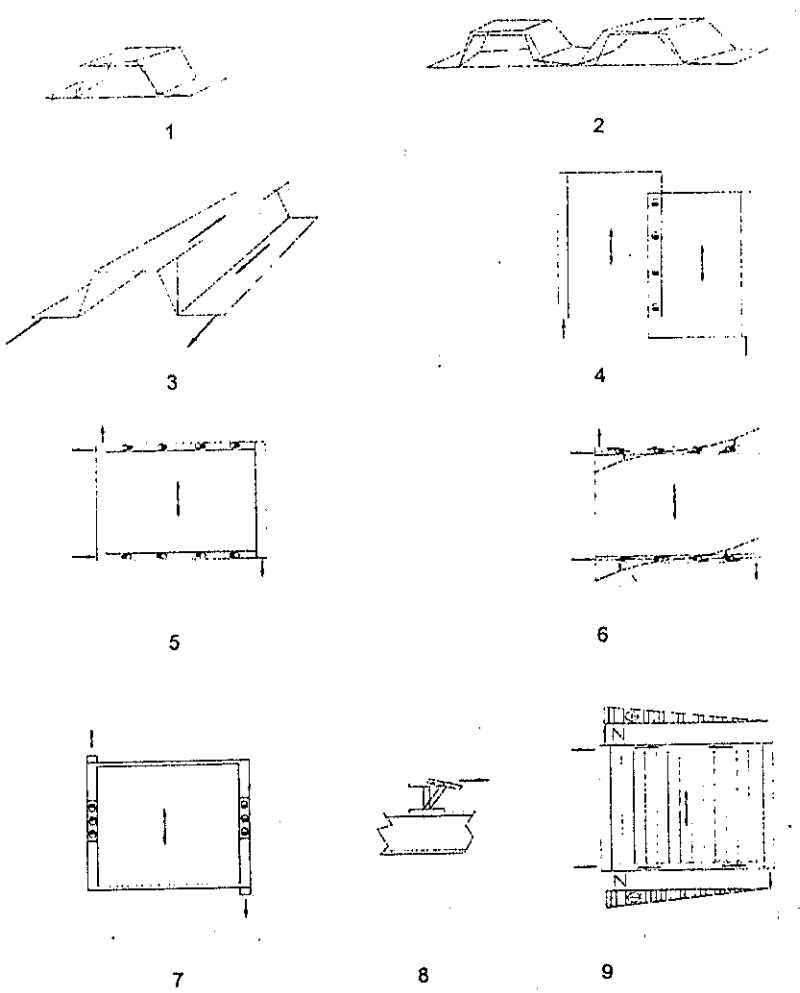


Fig. 3.6. Deformații care contribuie la flexibilitatea unui panou cu tablă cutată:

1. deformarea tablei prinsă în fiecare cută. 2. deformarea tablei prinsă din două în două cute; 3. deformarea datorită forfecării cutei; 4. deformații în prinderile tablă / grindă secundară când tabla este prinsă pe cele patru laturi; 5. deformații în prinderile tablă / grindă secundară când tabla este prinsă numai pe două laturi; 6. deformații în prinderile de coasere tablă / tablă; 7. deformații în prinderile tablă / conector; 8. deformații în prinderile grindă secundară / grindă principală; 9. deformații datorită eforturilor axiale în grinzile secundare.

(3) Verificarea de rezistență a unei diafragme se face cu relația:

$$Q \le Q_{ult} \qquad (3.1)$$

în care:

Q - forța tăietoare din panoul individual, corespunzătoare repartiției forței tăietoare în diafragma compusă din mai multe panouri.

Q_{ult} - rezistența (capacitatea portantă a) panoului care se calculează (conform pct. 4 sau 5)

(4) La determinarea flexibilității la forfecare c (mm/kN) a diafragmei (fig. 1.2) se au în vedere următoarele flexibilități parțiale:

a. Flexibilitatea parțială $c_{1,1}$, corespunzătoare deformării (încovoierii) profilului cutei, (fig. 3.6., 1,2).

b. Flexibilitatea parțială $c_{1,2}$, corespunzătoare deformării pereților cutei datorită tensiunilor tangențiale din planul lor, (fig. 3.6.3)

c. Flexibilitatea parțială corespunzătoare deformațiilor în prinderile tablă / grindă dispusă perpendicular pe direcția cutelor: $c_{2,1}$, în cazul tablei prinsă pe patru laturi (fig. 3.6.4), respectiv $c'_{2,3}$ în cazul tablei prinsă numai pe două laturi (fig. 3.6.5).

d. Flexibilitatea parțială $c_{2,2}$, corespunzătoare deformațiilor în prinderile de coasere a foilor de tablă (fig. 3.6.6)

e. Flexibilitatea parțială $c_{2,3}$, corespunzătoare deformațiilor în prinderile tablă / grindă paralelă cu direcția cutelor. În cazul în care tabla este prinsă pe patru laturi, $c_{2,3}$, este flexibilitatea corespunzătoare defomrațiilor în prinderile tablă / conectori (fig. 3.6.7). În cazul în care tabla este prinsă numai pe două laturi, $c_{2,3} = c'_{2,3} + c''_{2,3}$, $c'_{2,3}$ corespunzând flexibilității de la punctul c (fig. 3.6.5.), iar $c''_{2,3}$ corespunzând flexibilității de la punctul f (fig. 3.6.8)

f. Flexibilitatea parțială $c''_{2,3}$, corespunzătoare deformațiilor în prinderile grindă secundară / grindă principală, (fig. 3.6.8).

g. Flexibilitatea parțială c_3, corespunzătoare deformațiilor axiale ale elementelor longitudinale (solicitate axial), dispuse perpendicular pe direcția solicitării diafragmei (fig. 3.6.9).

(5) Flexibilitatea la forfecare a diafragmei rezultă prin sumarea flexibilităților parțiale:

$$c = c_{1,1} + c_{1,2} + c_{2,1} + c_{2,2} + c_{2,3} + c_3 \qquad (3.2)$$

4. RELAȚII DE CALCUL ALE REZISTENȚEI (CAPACITĂȚII PORTANTE) ȘI FLEXIBILITĂȚII DIAFRAGMELOR DIN TABLĂ CUTATĂ FĂRĂ GOLURI

4.1. DIAFRAGMA ÎN CONSOLĂ CU TABLA AȘEZATĂ CU CUTELE PERPENDICULAR PE DESCHIDEREA DIAFRAGMEI

4.1.1. Generalități

(1) Expresiile de calcul se referă la diafragma în consolă prezentată în figura 4.1.

(2) Se va respecta limitarea de la pct. 3.1 (6).

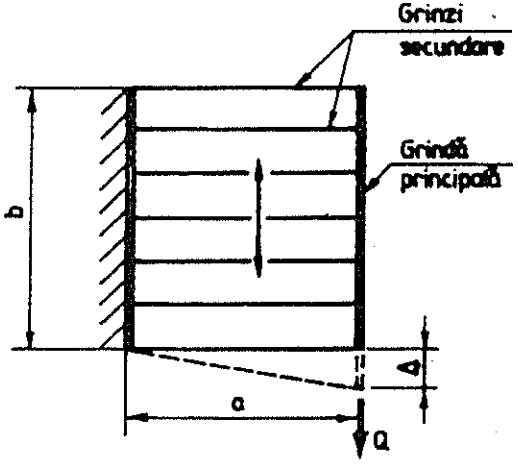


Fig. 4.1. Diafragmă în consolă cu tabla dispusă cu cutele perpendicular pe deschiderea diafragmei

4.1.2. Rezistența (capacitatea portantă a) diafragmei, Q_{ult}

(1) Rezistența (capacitatea portantă a) diafragmei Q_{ult}, se calculează în conformitate cu criteriile de proiectare de la pct. 3.4 (1), 3.4 (2) cu relațiile (4.1) ... (4.10).

(2) Relații de calcul:

a. Rezistența corespunzătoare prinderilor de coasere a foilor de tablă:

$$Q_{ult,1} = n_s \cdot F_s + \frac{\beta_1}{\beta_2} \cdot n_p \cdot F_p \qquad (4.1)$$

b. Rezistența corespunzătoare prinderilor tablă / conectori, în cazul tablei prinsă pe 4 laturi:

$$Q_{ult,2} = n_{sc} \cdot F_{sc} \qquad (4.2)$$

c. Rezistența corespunzătoare prinderii foii marginale de tablă de grinzile secundare, prinderi situate pe șirul adiacent grinzii principale (cedare prin alungirea găurilor în sensul cutelor), în cazul în care tabla este prinsă numai pe 2 laturi:

- prindere tablă / grindă secundară:

$$Q_{ult,3} = \beta_2 \cdot n_p \cdot F_p \qquad (4.3)$$

- prindere grindă secundară / grindă principală:

$$Q_{ult,4} = n_p \cdot F_{prg} \qquad (4.4)$$

d. Rezistența corespunzătoare prinderilor tablei de grinzile secundare (cedare prin alungirea găurilor în sens perpendicular pe direcția cutelor):

$$Q_{ult,5} = \frac{0{,}6 \cdot b}{p} \cdot F_p \qquad (4.5)$$

e. Rezistența corespunzătoare voalării de ansamblu a tablei cutelor:

$$Q_{ult,6} = \frac{14{,}4}{b} \cdot D_x^{1/4} \cdot D_y^{3/4} \cdot \left(n_p - 1\right)^2 \qquad (4.6)$$

Rezistența Q_{ult} a diafragmei, corespunzătoare unui mod ductil de cedare, are valoarea:

$$Q_{ult} = \min\left(Q_{ult,1}, Q_{ult,2}\right) \qquad (4.7\ a)$$

sau

$$Q_{ult} = \min\left(Q_{ult,1}, Q_{ult,3}, Q_{ult,4}\right) \qquad (4.7\ b)$$

și trebuie să îndeplinească în același timp și condiția ca ieșirea din lucru să nu se producă brusc:

$$Q_{ult} \le \min \cdot \left(Q_{ult,5}, Q_{ult,6}\right) \qquad (4.8)$$

f. Forța axială maximă în grinzile secundare marginale are valoarea:

$$N_{max} = Q_{ult} \cdot \frac{a}{b} \qquad (4.9)$$

Verificarea acestor elemente și a îmbinărilor lor se face la eforturile rezultate din încărcările verticale (încărcări corespunzătoare funcțiunii de bază a acestor elemente) la care se adaugă forța axială N_{max} determinată anterior.

g. Rezistența corespunzătoare cedării tablei prin deformarea excesivă a profilului cutelor în dreptul prinderii acesteia de grinda secundară marginală:

- prindere tablă / grindă în fiecare cută:

$$Q_{ult,7} = 0{,}0009 \cdot t^{1,5} \cdot b \cdot R / \sqrt{d} \quad \text{(kN)} \qquad (4.10\ a)$$

- prindere tablă / grindă în cute alternante:

$$Q_{ult,7} = 0{,}0003 \cdot t^{1.5} \cdot b \cdot R / \sqrt{d} \quad \text{(kN)} \qquad (4.10\ b)$$

4.1.3. Flexibilitatea diafragmei, c

(1) Flexibilitatea **c** şi săgeata **f** a diafragmei se calculează, în conformitate cu criteriile de proiectare de la pct. 3.4 (4), cu relaţiile cuprinse în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1

Flexibilităţi parţiale cauzate de:		Relaţii de calcul	
Deformarea tablei	Deformarea profilului cutei	$c_{1.1} = \dfrac{a \cdot d^{2.5} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_4 \cdot K}{E \cdot t^{2.5} \cdot b^2}$	(1)
	Deformarea pereţilor cutei datorită tensiunilor tangenţiale	$c_{1.2} = \dfrac{2a(1+\mu)(1+\frac{2h}{d})}{E \cdot t \cdot b}$	(2)
Deformarea elementelor de prindere	Deformarea prinderilor tablă/ grindă secundară (dispusă perpendicular pe direcţia cutelor)	$c_{2.1} = \dfrac{2a \cdot s_p \cdot p}{b^2}$	(3)
	Deformarea prinderilor de coasere tablă/tablă	$c_{2.2} = \dfrac{2s_s \cdot s_p (n_{sh} - 1)}{2n_s \cdot s_p + \beta_1 n_p s_s}$	(4)
	Deformarea prinderilor tablă/grindă principală	• tablă prinsă pe 4 laturi $c_{2.3} = \dfrac{2s_{sc}}{n_{sc}}$	(5a)
		• tablă prinsă pe 2 laturi $c_{2.3} = \dfrac{2}{n_p}\left(s_{p \cdot g} + \dfrac{s_p}{\beta_2}\right)$	(5b)
Deformarea axială a grinzilor marginale (dispuse perpendicular pe direcţia cutelor)		$c_3 = \dfrac{2a^3}{3E \cdot A \cdot b^2}$	(6)
Flexibilitatea totală a panoului		$c = c_{1.1} + c_{1.2} + c_{2.1} + c_{2.2} + c_{2.3} + c_3$	(7)

Flexibilităţi parţiale cauzate de:	Relaţii de calcul	
Săgeata panoului	$f = c \cdot Q$	(8)
OBS: Flexibilitatea c rezultă în mm/kN; $E = 210 \dfrac{kN}{mm^2}$		

4.2. DIAFRAGMA ÎN CONSOLĂ CU TABLĂ AŞEZATĂ CU CUTELE PARALEL CU DESCHIDEREA DIAFRAGMEI

4.2.1. Generalităţi

(1) Expresiile de calcul se referă la diafragma în consolă prezentată în figura 4.2.

(2) Se va respecta limitarea de la pct. 3.1 (6).

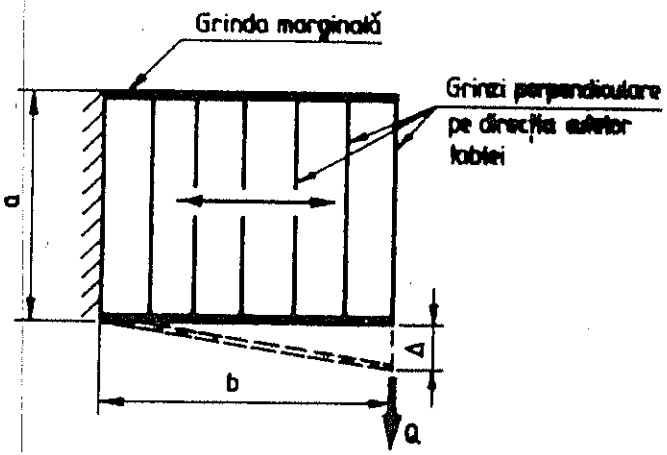


Fig. 4.2. Diafragma în consolă cu tabla dispusă cu cutele paralel pe deschiderea diafragmei

4.2.2. Rezistenţa (capacitatea portantă a) diafragmei, Q_{ult}

(1) Rezistenţa (capacitatea portantă a) diafragmei, Q_{ult}, se calculează, în conformitate cu criteriile de proiectare de la pct. 3.4 (1), 3.4 (2) cu relaţiile (4.11) ... (4.21).

(2) Relaţii de calcul:

a. Rezistenţa corespunzătoare prinderilor de coasere a foilor de tablă:

$$Q_{ult,1} = \frac{a}{b} \cdot \left(n_s \cdot F_s + \frac{\beta_1}{\beta_3} \cdot n_p \cdot F_p \right) \qquad (4.11)$$

b. Rezistența corespunzătoare prinderilor tablă / conectori, în cazul tablei prinsă pe 4 laturi:

$$Q_{ult,2} = \frac{a}{b} n_{sc} \cdot F_{sc} \quad (4.12)$$

c. Rezistența corespunzătoare prinderilor foii marginale de tablă de grinzile dispuse perpendicular pe direcția cutelor (grinzi principale), prinderi situate pe șirul adiacent grinzii marginale (cedare prin alungirea găurilor în sensul cutelor), în cazul în care tabla este prinsă numai pe 2 laturi:

- prindere tablă / grindă secundară:

$$Q_{ult,3} = \frac{a}{b} \cdot \beta_2 \cdot n_p \cdot F_p \qquad (4.13)$$

- prindere grindă secundară / grindă principală:

$$Q_{ult,4} = \frac{a}{b} \cdot n_p \cdot F_{p,g} \qquad (4.14)$$

d. Rezistența corespunzătoare prinderilor tablei de grinzile dispuse perpendicular pe direcția cutelor (cedare prin alungire găurilor în sens perpendicular pe direcția cutelor):

$$Q_{ult,5} = \frac{0,6 \cdot a \cdot F_p}{p} \qquad (4.15)$$

e. Rezistența corespunzătoare voalării de ansamblu a tablei cutate:

$$Q_{ult,6} = \frac{14,4 \cdot a}{b^2} \cdot D_x^{1/4} \cdot D_y^{3/4} \cdot (n_p - 1)^2 \qquad (4.16)$$

Rezistența Q_{ult} a diafragmei, corespunzătoare unui mod ductil de cedare, are valoarea:

$$Q_{ult} = \min (Q_{ult,1}, Q_{ult,2}) \qquad (4.17\ a)$$

sau

$$Q_{ult} = \min (Q_{ult,1}, Q_{ult,3}, Q_{ult,4}) \qquad (4.17\ b)$$

și trebuie să îndeplinească în același timp și condiția ca ieșirea din lucru să nu se producă brusc:

$$Q_{ult} \leq \min \cdot (Q_{ult,5}, Q_{ult,6}) \qquad (4.18)$$

f. Forța axială maximă în grinzile marginale:

Forța axială maximă în grinzile marginale dispuse paralel cu direcția cutelor este:

$$N_{max}^{II} = Q_{ult} \cdot \frac{b}{a} \qquad (4.19)$$

Forța axială maximă în grinzile marginale dispuse perpendicular pe direcția cutelor este:

$$N_{max}^{\perp} = Q_{ult} \qquad (4.20)$$

Verificarea acestor elemente și a prinderilor lor se face la eforturile din încărcările verticale (încărcări corespunzătoare funcțiunii de bază a acestor elemente) la care se adaugă forța axială N_{max} determinată anterior.

g. Rezistența corespunzătoare cedării tablei prin deformarea excesivă a profilului cutelor în dreptul prinderii acesteia de grinda principală de capăt:

- prindere tablă / grindă în fiecare cută:

$$Q_{ult,7} = 0,0009 \cdot t^{1,5} \cdot b \cdot R / \sqrt{d} \quad (kN) \qquad (4.21\ a)$$

- prindere tablă / grindă în cute alternante:

$$Q_{ult,7} = 0,0003 \cdot t^{1,5} \cdot b \cdot R / \sqrt{d} \quad (kN) \qquad (4.21\ b)$$

4.2.3. Flexibilitatea diafragmei, c

Tabelul 4.2

Flexibilități parțiale cauzate de:		Relații de calcul	
Deformarea tablei	Deformarea profilului cutei	$c_{1,1} = \frac{a \cdot d^{2,5} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_4 \cdot K}{E \cdot t^{2,5} \cdot b^2}$	(1)
	Deformarea pereților cutei datorită tensiunilor tangențiale	$c_{1,2} = \frac{2a(1+\mu)(1+\frac{2h}{d})}{E \cdot t \cdot b}$	(2)
Deformarea elementelor de prindere	Deformarea prinderilor tablă/grindă dispusă perpendicular pe direcția cutelor	$c_{2,1} = \frac{2a \cdot s_p \cdot p}{b^2}$	(3)
	Deformarea prinderilor de coasere tablă/tablă	$c_{2,2} = \frac{2s_s \cdot s_p (n_{sh} - 1)}{2n_s \cdot s_p + \beta_1 n_p s_s}$	(4)
	Deformarea prinderilor tablă/grindă marginală dispusă paralel cu direcția cutelor	• tablă prinsă pe 4 laturi $c_{2,3} = \frac{2s_{sc}}{n_{sc}}$	(5a)
		• tablă prinsă pe 2 laturi $c_{2,3} = \frac{2}{n_p}\left(s_{p,g} + \frac{s_p}{\beta_2}\right)$	(5b)

Flexibilităţi parţiale cauzate de:	Relaţii de calcul	
Flexibilitatea datorită deformării tablei şi a elementelor de prindere ale acesteia	$c^* = \frac{b^2}{a^2}(c_{1,1} + c_{1,2} + c_{2,1} + c_{2,2} + c_{2,3} + c_3)$	(6)
Flexibilitatea produsă de deformarea axială a grinzilor marginale (dispuse paralel cu direcţia cutelor)	$c_3 = \frac{2b^3}{3E \cdot A \cdot a^2}$	(7)
Flexibilitatea totală a panoului	$c = c^* + c_3$	(8)
Săgeata panoului	$f = c \cdot Q$	(9)
OBS: Flexibilitatea c rezultă în mm/kN; $E = 210 \frac{kN}{mm^2}$		

(1) Flexibilitatea **c** şi săgeata **f** a diagramei se calculează, în conformitate cu criteriile de proiectare de la pct. 3.4. (4), cu relaţiile cuprinse în tabelul 4.2.

4.3. DIAFRAGMA REZEMATĂ LA CAPETE, COMPUSĂ DIN MAI MULTE PANOURI INDIVIDUALE, CU TABLA AŞEZATĂ CU CUTELE PERPENDICULAR PE DESCHIDEREA DIAFRAGMEI

4.3.1. Generalităţi

(1) Expresiile de calcul se referă la diagrama compusă din mai multe panouri individuale prezentată în figura 4.3.

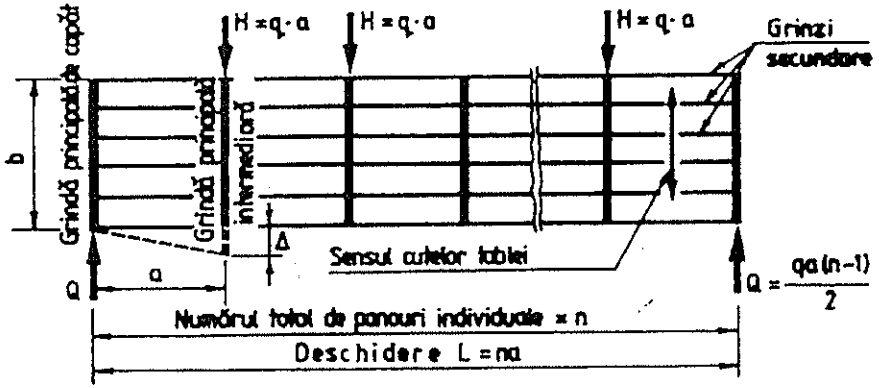


Fig. 4.3. Diafragmă rezemată la capete cu tabla dispusă cu cutele perpendicular pe deschiderea diafragmei

4.3.2. Rezistenţa (capacitatea portantă a) diafragmei, Q_{ult}

(1) Rezistenţa diafragmei este dată de rezistenţa panoului individual de capăt, adiacent cadrului (de fronton) rigid, în care forţa tăietoare are valoarea maximă:

$$Q = \frac{n-1}{2} \cdot H: \quad H = q \cdot a \qquad (4.22)$$

(2) Se va verifica şi posibilitatea de cedare a prinderii tablei de grinzile principale ale panourilor intermediare cu relaţia:

$$H < H_{ult} \qquad (4.23)$$

(3) Rezistenţa diafragmei, Q_{ult} şi H_{ult} se calculează, în conformitate cu criteriile de proiectare de la pct. 3.4 (1), 3.4 (2), cu relaţiile (4.2.4) .....(4.37).

(4) Relaţii de calcul:

a. Rezistenţa corespunzătoare prinderilor de coasere a foilor de tablă:

$$Q_{ult,1} = n_s \cdot F_s + \frac{\beta_1}{\beta_3} \cdot n_p \cdot F_p \qquad (4.24)$$

b. Rezistenţa corespunzătoare prinderilor tablă / conectori, în cazul tablei prinsă pe 4 laturi:

- prindere tablă / conectori de pe grinda principală de capăt:

$$Q_{ult,2} = n_{sc} \cdot F_{sc} \qquad (4.25)$$

- prindere tablă / conectori pe grinzile principale intermediare:

$$H_{ult,2} = n'_{sc} \cdot F_{sc} \qquad (4.26)$$

Situaţia este relevantă dacă $n'_{sc} < n_{sc}$

c. Rezistenţa corespunzătoare prinderilor foii marginale de tablă de grinzile secundare, prinderi situate pe şirul adiacent al grinzii principale (cedare prin alungirea găurilor în sensul cutelor), în cazul în care tabla este prinsă numai pe 2 laturi:

- prindere tablă / grindă secundară:

$$Q_{ult,3} = \beta_2 \cdot n_p \cdot F_p \qquad (4.27)$$

- prindere grindă secundară / grindă principală:

$$Q_{ult,4} = n_p \cdot F_{p'g} \qquad (4.28)$$

- dacă există conectori (numai) pe grinzile principale de capăt, pentru panourile intermediare se calculează:

- prindere tablă / grindă secundară:

$$H_{ult,3} = \beta_2 \cdot n_p \cdot F_p \qquad (4.29)$$

- prindere grindă secundară / grindă principală:

$$H_{ult,4} = n_p \cdot F_{p'g} \qquad (4.30)$$

d. Rezistența corespunzătoare prinderilor tablei de grinzile secundare (cedare prin alungirea găurilor în sens perpendicular pe direcția cutelor):

$$Q_{ult,5} = \frac{0{,}6 \cdot b \cdot F_p}{p \cdot \alpha_3} \qquad (4.31)$$

e. Rezistența corespunzătoare voalării de ansamblu a tablei cutate:

$$Q_{ult,6} = \frac{14{,}4}{b} \cdot D_s^{1/4} \cdot D_r^{3/4} \cdot (n_p - 1)^2 \qquad (4.32)$$

Rezistența Q_{ult} a diafragmei, corespunzătoare unui mod ductil de cedare, are valoarea:

$$Q_{ult} = \min (Q_{ult,1}, Q_{ult,2}) \qquad (4.33\ a)$$

sau

$$Q_{ult} = \min (Q_{ult,1}, Q_{ult,3}, Q_{ult,4}) \qquad (4.33\ b)$$

care trebuie să îndeplinească în același timp și condiția ca ieșirea din lucru să nu se producă brusc:

$$Q_{ult} \le \min \cdot (Q_{ult,5}, Q_{ult,6}) \qquad (4.34)$$

Suplimentar, pentru panourile individuale intermediare trebuie satisfăcută condiția de verificare (4.23):

$$H \le H_{ult} \qquad (4.23)$$

în care:

$$H_{ult} = \min (H_{ult,2}, H_{ult,3}, H_{ult,4}) \qquad (4.35)$$

f. Forța axială maximă în grinzile marginale:

Forța axială maximă în grinzile secundare marginale, dispuse perpendicular pe direcția cutelor, apare la mijlocul deschiderii difragmei și se determină (pentru scopuri practice) cu relația:

$$N_{max} = \cdot \frac{q \cdot L^2 \cdot \alpha_3}{8 \cdot b}; q = \frac{H}{a} \qquad (4.36)$$

Verificarea acestor elemente și a îmbinărilor lor se face la eforturile rezultate din încărcările verticale (încărcări corespunzătoare funcțiunii de bază ale acestora) la care se adaugă forța axială N_{max} determinată anterior.

g. Rezistența corespunzătoare cedării tablei prin deformarea excesivă a profilului cutelor în dreptul prinderii acesteia de grinda secundară marginală:

- prindere tablă / grindă în fiecare cută:

$$Q_{ult,7} = 0{,}0009 \cdot t^{1,5} \cdot b \cdot R / \sqrt{d} \quad (kN) \qquad (4.37\ a)$$

- prindere tablă / grindă în cute alternante:

$$Q_{ult,7} = 0{,}0003 \cdot t^{1,5} \cdot b \cdot R / \sqrt{d} \quad (kN) \qquad (4.37\ b)$$

4.3.3. Flexibilitatea diafragmei, c

(1) Flexibilitatea c, a fiecărui panou individual al diafragmei săgeata f la mijlocul deschiderii diafragmei și deplasarea Δ_i în dreptul panoului individual i al diafragmei se calculează, în conformitate cu criteriile de proiectare de la pct. 3.4 (4), cu relațiile cuprinse în tabelul 4.3.

Tabelul 4.3

Flexibilități parțiale cauzate de:		Relații de calcul	
Deformarea tablei	Deformarea profilului cutei	$c_{1,1} = \frac{a \cdot d^{2,5} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_4 \cdot K'}{E \cdot t^{2,5} \cdot b^2}$	(1)
	Deformarea pereților cutei datorită tensiunilor tangențiale	$c_{1,2} = \frac{2a \cdot \alpha_2 (1+\mu)\left(1+\frac{2h}{d}\right)}{E \cdot t \cdot b}$	(2)
Deformarea elementelor de prindere	Deformarea prinderilor tablă/grindă secundară (dispusă perpendicular pe direcția cutelor)	$c_{2,1} = \frac{2a \cdot s_p \cdot p \cdot \alpha_3}{b^2}$	(3)
	Deformarea prinderilor de coasere tablă/tablă	$c_{2,2} = \frac{2s_s \cdot s_p (n_{sh} - 1)}{2n_s \cdot s_p + \beta_1 n_p s_s}$	(4)
	Deformarea prinderilor tablă/grindă principală (dispusă paralel cu direcția cutelor)	• tablă prinsă pe 4 laturi $c_{2,3} = \frac{4(n+1)s_{sc}}{n^2 \cdot n_{sc}}$	(5a)
		• tablă prinsă pe 2 laturi $c_{2,3} = \frac{8(n-1)}{n^2 \cdot n_p}\left(s_{p \cdot g} + \frac{s_p}{\beta_2}\right)$	(5b)
		• tablă prinsă pe 2 laturi existând însă conectori pe grinzile principale de capăt (numai) $c_{2,3} = \frac{4(n-1)}{n^2 \cdot n_p}\left(s_{p \cdot g} + \frac{s_p}{\beta_2}\right)$	(5c)

Flexibilităţi parţiale cauzate de:	Relaţii de calcul	
Deformarea axială a grinzilor secundare	$c_3 = \frac{n^2 a^3 \alpha_3}{4,8E \cdot A \cdot b^2}$	(6)
Flexibilitatea totală a unui panou individual	$c = c_{1,1} + c_{1,2} + c_{2,1} + c_{2,2} + c_{2,3} + c_3$	(7)
Săgeata la mijlocul diafragmei alcătuită din n panouri individuale cu aceeaşi flexibilitate	$f = c\frac{n^2}{8}H$; H = q·a	(8)
Deplasarea în dreptul panoului individual i (numerotarea panourilor începe de la unul din capetele diafragmei)	$\Delta_i = \Sigma c_i \cdot Q_i$	(9)
OBS: Flexibilitatea c rezultă în mm/kN; E = 210 kN / mm^2 c_i este flexibilitatea panoului i; Q_i este forţa tăietoare (în kN) în panoul i		

4.4 DIAFRAGMA REZEMATĂ LA CAPETE, COMPUSĂ DIN MAI MULTE PANOURI INDIVIDUALE, CU TABLA AŞEZATĂ CU CUTELE PARALEL CU DESCHIDEREA DIAFRAGMEI

4.4.1. Generalităţi

(1) Expresiile de calcul se referă la diafragma compusă din mai multe panouri individuale, prezentată în figura 4.4.

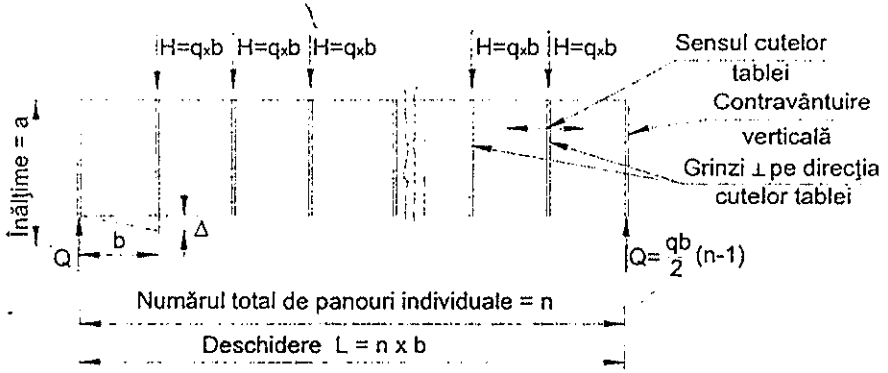


Fig. 4.4. Diafragmă rezemată la capete cu tabla dispusă cu cutele paralel cu deschiderea diafragmei

4.4.2. Rezistenţa (capacitatea portantă a) diafragmei, Q_{ult}

(1) Rezistenţa (capacitatea portantă a) diafragmei este dată de rezistenţa panoului individual de capăt, adiacent cadrului (de fronton) rigid, în care forţa tăietoare are valoarea maximă dată de relaţia:

$$Q = \frac{n-1}{2} \cdot H \; ; \; H = q \cdot b \qquad (4.38)$$

(2) Rezistenţa diafragmei, Q_{ult}, se calculează, în conformitate cu criteriile de proiectare de la pct. 3.4 (1), 3.4 (2) cu relaţiile (4.39)..... (4.49).

(3) Relaţii de calcul:

a. Rezistenţa corespunzătoare prinderilor de coasere a foilor de tablă:

$$Q_{ult,1} = \frac{a}{b} \cdot \left(n_s \cdot F_s + \frac{\beta_1}{\beta_3} \cdot F_p \right) \qquad (4.39)$$

b. Rezistenţa corespunzătoare prinderilor tablă / conectori, în cazul tablei prinsă pe 4 laturi:

$$Q_{ult,2} = \frac{a}{b} n_{sc} \cdot F_{sc} \qquad (4.40)$$

c. Rezistenţa corespunzătoare prinderilor foii marginale de tablă de grinzile dispuse perpendicular pe direcţia cutelor (grinzi principale), prinderi situate pe şirul adiacent grinzii marginale (cedare prin alungirea găurilor în sensul cutelor), în cazul în care tabla este prinsă numai pe 2 laturi:

- prindere tablă / grindă secundară:

$$Q_{ult,3} = \frac{a}{b} \cdot (1,5 \cdot \beta_2 \cdot F_p) \qquad (4.41)$$

- prindere grindă secundară marginală / grindă principală:

$$Q_{ult,4} = \frac{a}{b} \cdot (1,5 \cdot F_{p\text{-}g}) \qquad (4.42)$$

d. Rezistenţa corespunzătoare prinderilor tablei de grinzile dispuse perpendicular pe direcţia cutelor (cedare prin alungirea găurilor în sens perpendicular pe direcţia cutelor):

$$Q_{ult,5} = \frac{0,6 \cdot a \cdot F_p}{p} \qquad (4.43)$$

e. Rezistenţa corespunzătoare voalării de ansamblu a tablei cutate:

- tabla prinsă de grinda principală în fiecare cută:

$$Q_{ult,6} = \frac{28{,}8 \cdot a}{b^2} \cdot D_x^{1/4} \cdot D_y^{3/4} \qquad (4.44)$$

- tabla prinsă de grinda principală în cute alternante:

$$Q_{ult,6} = \frac{14{,}4 \cdot a}{b^2} \cdot D_x^{1/4} \cdot D_y^{3/4} \qquad (4.45)$$

Rezistența Q_{ult} a diafragmei, corespunzătoare unui mod ductil de cedare, are valoarea:

$$Q_{ult} = \min (Q_{ult,1}, Q_{ult,2}) \qquad (4.46\ a)$$

sau

$$Q_{ult} = \min (Q_{ult,1}, Q_{ult,3}, Q_{ult,4}) \qquad (4.46\ b)$$

și trebuie să îndeplinească în același timp și condiția ca ieșirea din lucru să nu se producă bruse:

$$Q_{ult} \le \min \cdot (Q_{ult,5}, Q_{ult,6}) \qquad (4.47)$$

f. Forța axială maximă în grinzile marginale.

Forța axială maximă în grinzile secundare marginale, dispuse paralel cu direcția cutelor, apare la mijlocul deschiderii diafragmei și se poate determina (pentru scopuri practice) cu relația:

$$N_{max} = \frac{q \cdot L^2}{8 \cdot a}\ ;\ q = \frac{H}{b} \qquad (4.48)$$

Verificarea acestor elemente și a îmbinărilor lor se face la eforturile rezultate din încărcările verticale (încărcări corespunzătoare funcțiunii de bază ale acestora) la care se adaugă forța axială N_{max} determinată anterior.

g. Rezistența corespunzătoare cedării tablei prin deformarea excesivă a profilului cutelor în dreptul prinderii acesteia de grinda principală de capăt:

- prindere tablă / grindă în fiecare cută:

$$Q_{ult,7} = 0{,}0009 \cdot t^{1,5} \cdot b \cdot R / \sqrt{d} \quad (kN) \qquad (4.49\ a)$$

- prindere tablă / grindă în cute alternante:

$$Q_{ult,7} = 0{,}0003 \cdot t^{1,5} \cdot b \cdot R / \sqrt{d} \quad (kN) \qquad (4.49\ b)$$

4.4.3. Flexibilitatea diafragmei, c

(1) Flexibilitatea **c**, a fiecărui panou individual al diafragmei, săgeata **f** la mijlocul deschiderii diafragmei și deplasarea Δ_i în dreptul panoului individual **i** al diafragmei se calculează, în conformitate cu criteriile de proiectare de la pct. 3.4 (4), cu relațiile cuprinse în tabelul 4.4.

Tabelul 4.4

Flexibilități parțiale cauzate de:		Relații de calcul	
Deformarea tablei	Deformarea profilului cutei	$c_{1,1} = \frac{a \cdot d^{2,5} \cdot \alpha_s \cdot K}{E \cdot t^{2,5} \cdot b^2}$	(1)
	Deformarea pereților cutei datorită tensiunilor tangențiale	$c_{1,2} = \frac{2a \cdot (1+\mu)\left(1+\frac{2h}{d}\right)}{E \cdot t \cdot b}$	(2)
Deformarea elementelor de prindere	Deformarea prinderilor tablă/grindă secundară (dispusă perpendicular pe direcția cutelor)	$c_{2,1} = \frac{2a \cdot s_p \cdot p}{b^2}$	(3)
	Deformarea prinderilor de coasere tablă/tablă	$c_{2,2} = \frac{2s_s \cdot s_p (n_{sh}-1)}{n_s \cdot s_p + \beta_1 s_s}$	(4)
	Deformarea prinderilor tablă/grindă secundară marginală, (dispusă paralel cu direcția cutelor)	• tablă prinsă pe 4 laturi $c_{2,3} = \frac{2s_{sc}}{n_{sc}}$	(5a)
		• tablă prinsă pe 2 laturi $c_{2,3} = s_{prg} + \frac{s_p}{\beta_2}$	(5b)
Flexibilitatea datorită deformării tablei și a elementelor de prindere ale acesteia		$c^* = \frac{b^2}{a^2}\ (c_{1,1} + c_{1,2} + c_{2,1} + c_{2,2} + c_{2,3})$	(6)
Flexibilitatea produsă de deformarea axială a grinzilor marginale (dispuse paralel cu direcția cutelor)		$c_3 = \frac{n^2 \cdot b^3}{4{,}8E \cdot A \cdot a^2}$	(7)
Flexibilitatea totală a unui panou individual		$c = c^* + c_3$	(8)
Săgeata la mijlocul diafragmei alcătuită din n panouri individuale cu aceeași flexibilitate		$f = c\frac{n^2}{8} H$; $H = q \cdot a$	(9)
Deplasarea în dreptul panoului individual i (numerotarea panourilor începe de la unul din capetele diafragmei)		$\Delta_i = \Sigma c_i \cdot Q_i$	(10)
OBS: Flexibilitatea **c** rezultă în mm/kN; E = 210 kN / mm^2 c_i este flexibilitatea panoului i; Q_i este forța tăietoare (în kN) în panoul i			

5. RELAȚII DE CALCUL ALE REZISTENȚEI (CAPACITĂȚII PORTANTE) ȘI FLEXIBILITĂȚII DIAFRAGMELOR DIN TABLĂ CUTATĂ CU GOLURI

5.1. Elemente generale

(1) Prezența golurile se manifestă asupra diafragmei prin scăderea rezistenței și mărirea flexibilității acesteia.

(2) Glourile ocazionale, de mici dimensiuni, cu dispunere dezordonată a căror suprafață totală (ΣA_{goluri}) nu depășește 3% din suprafața panoului individual (a x b) în care sunt practicate, nu se iau în considerare la calculul rezistenței și flexibilității diafragmei; calculul se face conform cap. 4.

(3) Golurile cu dimensiuni mari a căror suprafață totală depășește 3% din suprafața panoului individual în care sunt practicate se iau în considerare la calculul rezistenței și flexibilității diafragmei. Aceste goluri pot fi:

a. Goluri discrete dispuse în șiruri verticale și / sau orizontale (fig. 5.1).

b. Goluri lungi sub formă de bandă care separă practic în două zone panoul individual în care sunt practicate (fig. 5.2).

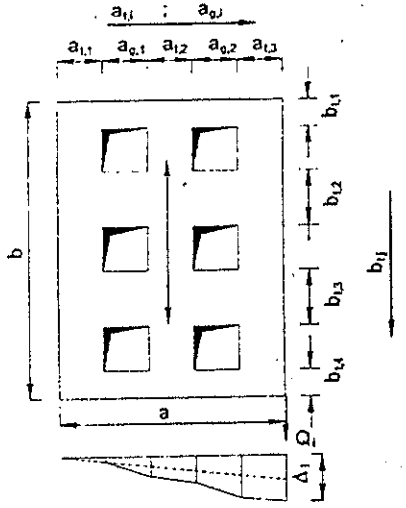


Fig. 5.1. Goluri discrete sub formă de șiruri de goluri

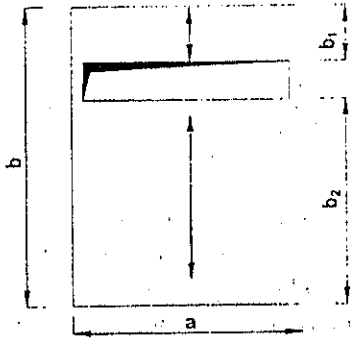


Fig. 5.2. Gol lung sub formă de bandă

(4) Relațiile de calcul date în cele ce urmează se referă la diafragme cu tabla dispusă perpendicular pe lungimea diafragmei. În cazul diafragmelor

cu tablă dispusă paralel cu deschiderea diafragmei, lungimea a și înălțimea b a panourilor individuale componente își schimbă între ele poziția în cadrul diafragmei față de situația cu tabla dispusă perpendicular pe deschiderea diafragmei (vezi fig. 4.3 și 4.4). În consecință, în cazul golurilor lungi sub formă de bandă, dimensiunile b_1 și b_2 se vor înlocui cu a_1 și a_2.

5.2. Diafragme cu goluri discrete

Se vor respecta următoarele prevederi constructive:

(1) Nu se vor prevedea goluri în panourile individuale de capăt ale diafragmei.

(2) Golurile trebuie bordate pe cele patru laturi cu elemente metalice prinse de șarpanta închiderii (fig. 5.3).

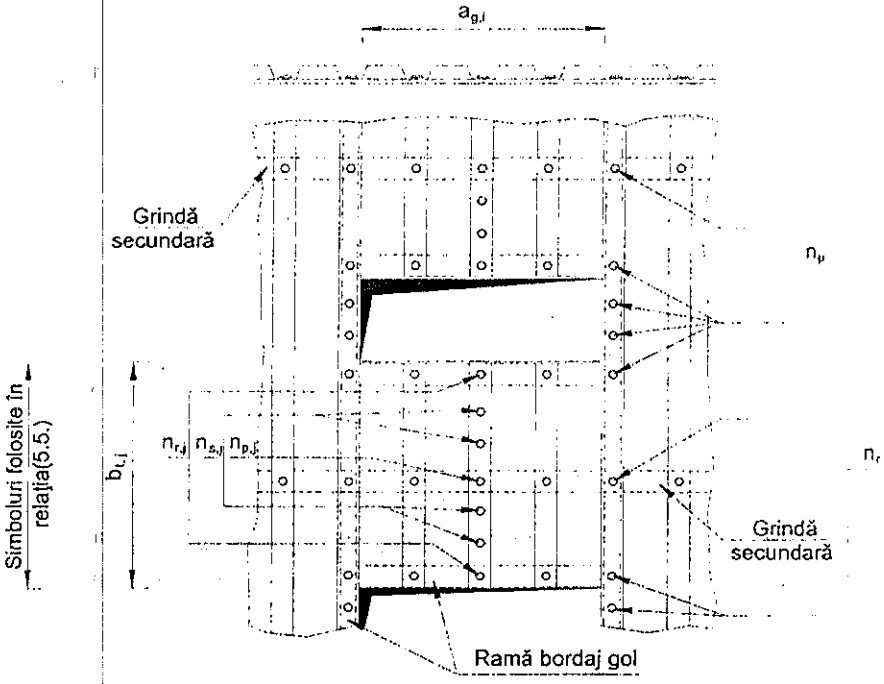


Fig. 5.3. Bordarea golurilor discrete și elementele de prindere ale tablei

(3) Tabla trebuie să fie prinsă în fiecare cută de elementele de bordaj dispuse perpendicular pe direcția cutelor și la distanțe de cel mult 300 mm de elemente de bordaj dispuse paralel cu direcția cutelor.

(4) Lățimea tablei între două goluri (sau între două șiruri de goluri) măsurată perpendicular pe direcția cutelor trebuie să fie cel puțin egală cu lățimea celui mai lat gol adiacent.

(5) Suma înălțimilor tuturor golurilor, măsurată paralel cu direcția cutelor, nu trebuie să depășească 25% din înălțimea b a diafragmei.

(6) Prin respectarea prevederilor (4) și (5) suma suprafețelor tuturor golurilor discrete practicate într-un panou individual al diafragmei este limitată la 12,5% din suprafața panoului. Rezistența și flexibilitatea panoului pot fi determinate utilizând procedeul simplificat de calcul de la pct. 5.3.

(7) În cazul în care suma suprafețelor tuturor golurilor discrete practicate într-un panou individual al diafragmei este mai mare de 12,5%, fără a depăși însă 15% din suprafața panoului, rezistența și flexibilitatea diafragmei se determină utilizând procedeul (nesimplificat) de la pct. 5.4.

5.3. Rezistența și flexibilitatea diafragmei cu goluri discrete a căror suprafață totală este sub 12,5% din suprafața panoului individual în care sunt practicate

(1) Rezistența diafragmei, realizată conform prevederilor de la punctul 5.2, se poate considera:

a. Egală cu 50% din rezistența respectivei diafragme calculată în situația fără goluri.

b. Egală cu rezistența respectivei diafragme calculată în situația inexistenței golurilor, dacă este îndeplinită una din următoarele condiții:

- se dublează numărul elementelor de coasere pe șirul întrerupt de prezența golurilor
- nu sunt goluri în vecinătatea cadrelor rigide (cadrele de fronton) pe distanțe de cel puțin 1/4 din deschiderea (lungimea) diafragmei.

(2) Flexibilitatea $\bar{c}$ a panoului individual cu goluri se calculează aplicând un coeficient de majorare $\bar{\alpha}_g$ la valoarea flexibilității c a panoului, calculată fără a ține seama de existența golurilor:

$$\bar{c} = \bar{\alpha}_g \cdot c \qquad (5.1)$$

în care:

c - flexibilitatea totală a panoului calculată fără considerarea golurilor, conform prevederilor de la punctul 4.3.3.

$\bar{\alpha}_g$ - un coeficient de majorare care are valorile:

- pentru tablă prinsă în fiecare cută:

$$\bar{\alpha}_g = \frac{1}{1 - 4\sqrt{\frac{h}{50}} \cdot \frac{A_g}{a \cdot b}} \qquad (5.2)$$

- pentru tablă prinsă în cute alternante:

$$\bar{\alpha}_g = \frac{1}{1 - 2{,}5\sqrt{\frac{h}{50}} \cdot \frac{A_g}{a \cdot b}} \qquad (5.3)$$

unde:

A_g - aria tuturor golurilor dintr-un panou individual (mm^2)

a, b - dimensiunile panoului individual (mm)

h - înălțimea cutei tablei (mm)

5.4. Rezistența și flexibilitatea diafragmei cu goluri discrete a căror suprafață totală este cuprinsă între 12,5 % și 15% din suprafața panoului în care sunt practicate

(1) Rezistența diafragmei cu goluri (fig. 5.1, fig. 5.3), $Q_{ult,gol}$, se calculează cu relația:

$$Q_{ult,gol} = \left(\frac{Q_{i,ult}}{F_i}\right)_{min} \cdot Q_{ult} \le Q_{ult} \qquad (5.4)$$

în care:

Q_{ult} - rezistența panoului calculată fără a ține seama de existența golurilor, conform prevederilor de la pct. 4.3.2.

$Q_{i,ult}$ - rezistența (capacitatea portantă a) segmentului cu lungimea $b_{i,j}$ (care se analizează) din șirul de coasere (fig. 5.3) cuprins între două goluri, care se calculează cu relația:

$$Q_{j,ult} = \frac{\beta_1}{\beta_3} \cdot n_{p,j} \cdot F_p + n_{s,j} \cdot F_s + n_{r,j} \cdot F_r \qquad (5.5)$$

unde:

$n_{p,j}$ - numărul de elemente de coasere de pe segmentul de lungime $b_{i,j}$ care se analizează, care în același timp prind tabla și de grinzile secundare (fig. 5.3)

$n_{s,j}$ - numărul de elemente de țesere tablă / tablă de pe segmentul cu lungimea $b_{i,j}$ care se analizează (fig. 5.3)

$n_{t,j}$ - numărul de elemente de țesere de pe segmentul cu lungimea $b_{t,j}$ care se analizează, care în același timp prind tabla și de rigla de bordaj a golului (fig. 5.3)

F_p - rezistența (capacitatea portantă a) unui element de prindere tablă / grindă secundară

F_s - rezistența (capacitatea portantă a) unui element de coasere tablă / tablă

F_t - rezistența (capacitatea portantă a) unui element de prindere tablă / grindă de bordaj gol

β_1, β_3 - coeficienții care țin seama de distribuția forței tăietoare în elementele de prindere tablă / grindă secundară. β_1 se determină cu relațiile din tabelul 8.4. β_3 se determină conform prevederilor de la pct. 1.3.

F_j - forța tăietoare care îi revine benzii orizontale de tablă (neîntreruptă de goluri) cu înălțimea $b_{t,j}$ și lungimea a, care se calculează cu relația:

$$F_j = \frac{h_{t,j}^2}{\sum h_{t,j}^2} Q_{ult} \qquad (5.6)$$

unde:

$b_{t,j}$ - înălțimea benzii orizontale j de tablă neîntreruptă de goluri (fig. 5.1)

Mărirea rezistenței la forfecare a diafragmei cu goluri $Q_{ult,gol}$ până la valoarea rezistenței corepunzătoare diafragmei considerată fără goluri Q_{ult} se poate obține prin suplimentarea numărului elementelor de coasere de pe șirul întrerupt prin prezența golurilor. În acest scop, pentru fiecare segment j al șirului de elemente de coasere între două goluri trebuie să fie satisfăcută condiția:

$$F_j \le Q_{j,ult} \qquad (5.7)$$

(2) Flexibilitatea $\bar{c}$ a panoului individual cu goluri se calculează cu relația:

$$\bar{c} = \alpha_g c_{1.1} + c_{1.2} + c_{2.1} + c_{2.2} + c_{2.3} + c_3 \qquad (5.8)$$

în care:

$c_{1.1}$ ..... c_3 - flexibilitățile parțiale ale panoului calculate fără a ține seama de prezența golurilor, conform prevederilor de la pct. 4.3.3.

α_g - un coeficient de majorare al flexibilității parțiale $c_{1.1}$, care se calculează cu relația:

$$\alpha_g = \frac{1}{a}\sum a_{t,i} + \frac{1}{a}\sum a_{g,i} \cdot \frac{h_{t,j}^2}{\sum h_{t,j}^2} \qquad (5.9)$$

unde:

$a_{t,i}$ - lățimea benzii verticale i de tablă cuprinsă între două goluri (fig. 5.1)

$a_{g,i}$ - lățimea golului i (fig. 5.1)

$b_{t,j}$ - înălțimea benzii orizontale j de tablă neîntreruptă de goluri (fig. 5.1)

a - lungimea panoului individual în care sunt practicate golurile

$\alpha_g = 1{,}0$ dacă panoul nu conține goluri.

(3) Săgeata f a diagramei compusă din mai multe panouri individuale, care fiecare în parte pot conține sau nu goluri cu dimensiuni și mod de dispunere care poate diferi de la un panou la altul, se determină prin sumarea deformațiilor $\bar{c}_i$ produse de forțele tăietoare Q_i din respectivele panouri:

$$f = \Sigma \bar{c}_i \cdot Q_i \qquad (5.10)$$

în care:

$\bar{c}$ - flexibilitatea corespunzătoare panoului individual i calculată cu relația (5.8)

Q_i - forța tăietoare din panoul individual i, corespunzătoare repartiției forței tăietoare în diafragma compusă din n panouri individuale.

5.5. Diafragme cu goluri lungi sub formă de bandă

(1) Rezistența și flexibilitatea unui panou individual care conține un gol de tip bandă (fig. 5.2) se calculează ca pentru un panou fără gol, dar cu dimensiunile modificate astfel:

a. În cazul în care zonele de panou delimitate de gol au înălțimea b_1 și b_2 care nu diferă cu mai mult de 20% între ele, calculul se face ca pentru un panou cu dimensiunile: a x ($b_1 + b_2$).

b. În cazul în care dimensiunile b_1 și b_2 diferă între ele cu mai mult de 20%, calculul se face ca pentru un panou cu dimensiunile: a x max(b_1, b_2).

(2) În cazul diafragmelor cu goluri lungi sub formă de bandă nu se aplică prevederea de la pct. 5.2 (4).

6.CONLUCRAREA DINTRE DIAFRAGMA DIN TABLĂ CUTATĂ DE LA NIVELUL ACOPERIȘULUI ȘI CADRELE TRANSVERSALE

6.1. Elemente generale

(1) Conlucrarea spațială a cadrelor transversale, realizată prin intermediul diafragmei din tablă cutată a acoperișului, se manifestă numai în situația de conformare structurală și de încărcare în care există tendința de deplasare laterală diferențiată a cadrelor transversale (fig. 6.1).

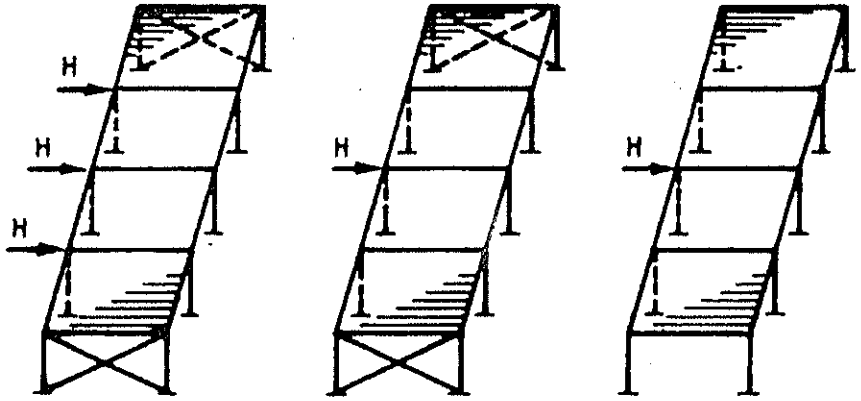


Fig. 6.1. Situații de alcătuire structurală și de încărcare în care se manifestă conlucrarea spațială

(2) Conlucrarea spațială este cu atât mai activă cu cât raportul $\psi = c / \delta$ dintre flexibilitatea c a diafragmei și flexibilitatea δ a cadrului transversal, este mai mic.

(3) Semnificația flexibilităților c și δ, cu care se calculează raportul ψ al acestora, este ilustrată în figura 6.2.

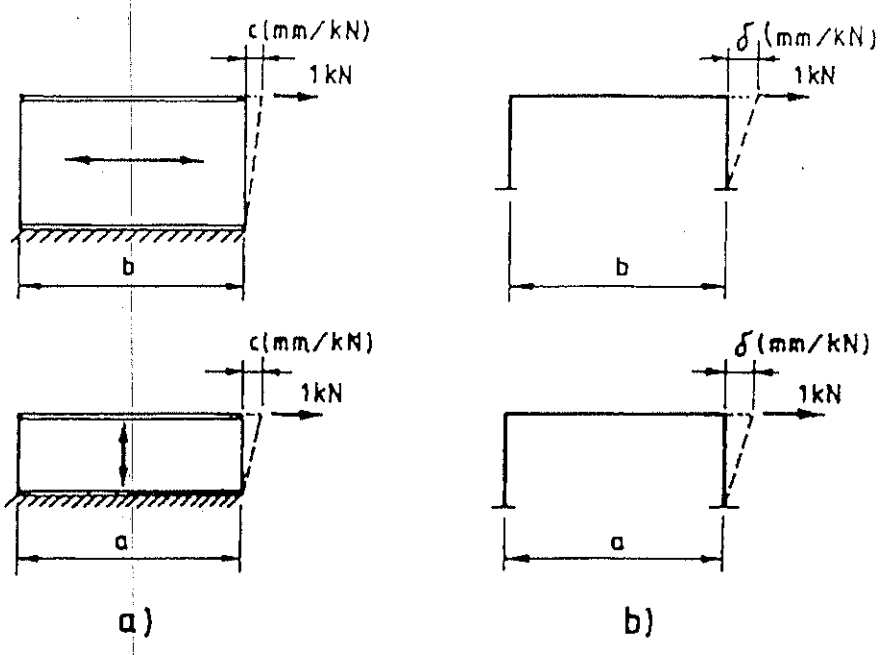


Fig. 6.2. Ilustrarea flexibilității elementelor
a. flexibilitatea la forfecare c a panoului de învelitoare
b. flexibilitatea δ a cadrului transversal

(4) Valoarea flexibilității diafragmei c, se determină, în funcție de modul de dispunere a cutelor tablei, conform prevederilor din tabelele 4.3 sau 4.4.

(5) Analiza comportării spațiale a structurilor simple, cu o singură deschidere și cadre intermediare identice în situații particulare de aplicare a forțelor, se poate face printr-un calcul manual conform prevederilor de la pct. 6.2.

(6) Analiza comportării spațiale a structurilor complexe, cu mai multe deschideri la care cadrele transversale sunt încărcate în mod diferit, se face utilizând calculul automat, pe baza prevederilor de la pct. 6.3.

6.2. Structuri cu o singură deschidere, cu cadrele intermediare identice

(1) Conlucrarea spațială este analizată pentru următoarele cazuri particulare:

a. Structură cu cadre de capăt rigide, care are toate cadrele intermediare (identice) încărcate cu câte o forță orizontală transversală H aplicată la nivelul riglei fiecărui cadru.

b. Structură cu cadre de capăt rigide, la care este încărcat numai cadrul intermediar central cu o forță orizontală transversală H, aplicată la nivelul riglei cadrului.

c. Structură cu cadrele de capăt flexibile, identice cu cadrele intermediare, la care este încărcat numai un singur cadru intermediar (nu cel vecin cadrului de capăt) cu o forță orizontală transversală H aplicată la nivelul riglei cadrului. Analiza se face utilizând un "bloc de calcul" format din 5 cadre, respectiv din cadrul încărcat și câte 2 cadre de o parte și de cealaltă a cadrului încărcat.

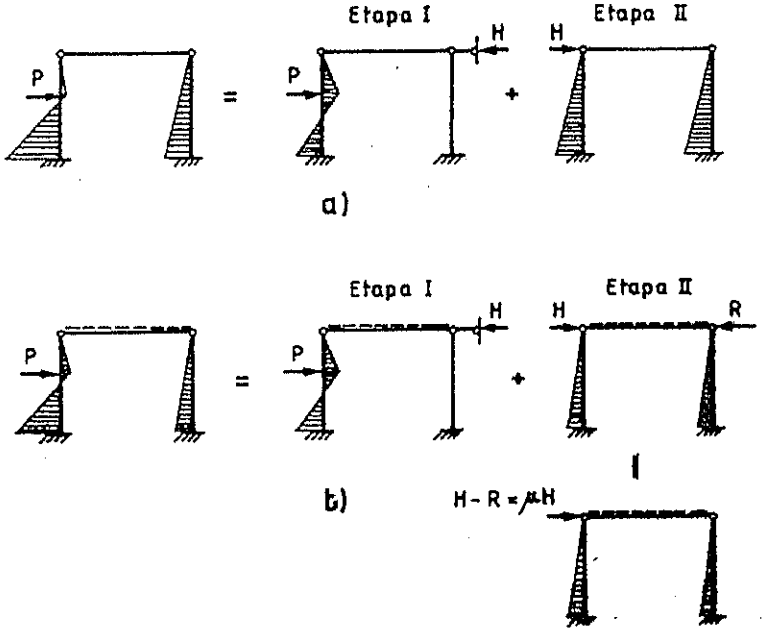


Fig. 6.3. Procedeul de calcul în două etape
a. cazul calculului plan; b. cazul calculului spațial (cu conlucrare)

(2) Calculul structurii se face utilizând procedeul de operare în două etape:

a. Faza de noduri fixe în care se consideră cadrul supus la încărcările exterioare și fixat la nivelul riglei. Se determină eforturile în barele cadrului și forța de fixare H (fig. 6.3. a).

b. Faza de noduri deplasabile în care se consideră cadrul liber să se deplaseze. Se determină eforturile în barele cadrului când acesta este încărcat cu forța $F_{fic} = \mu_i H$, egală cu forța de fixare H luată cu semn schimbat din care s-a scăzut reacțiunea R_i, R_i fiind egală cu suma algebrică a forțelor transmise de diafragmă cadrelor vecine (fig. 6.3.b și fig. 6.4, fig. 6.5, fig. 6.6).

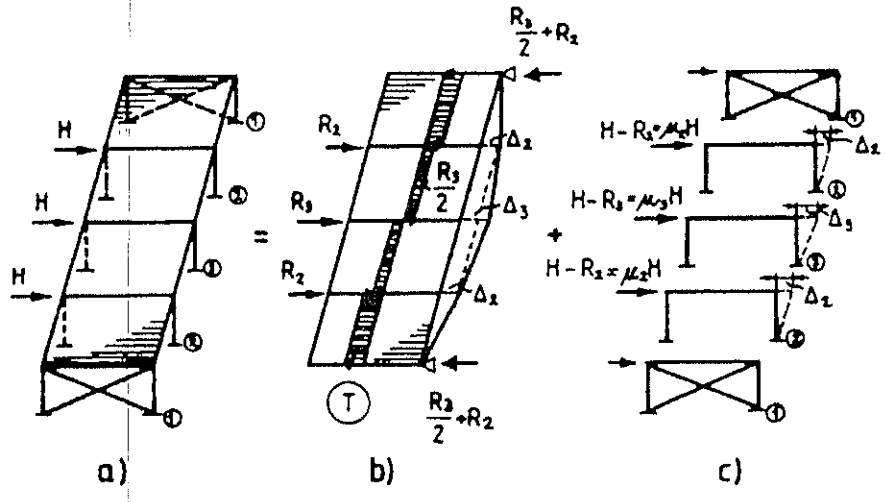


Fig. 6.4. Structură la care sunt încărcate toate cadrele intermediare (a). Forțe și deformații corespunzătoare elementelor componente: (b) pentru panourile individuale cu tablă cutată, (c) pentru cadrele transversale

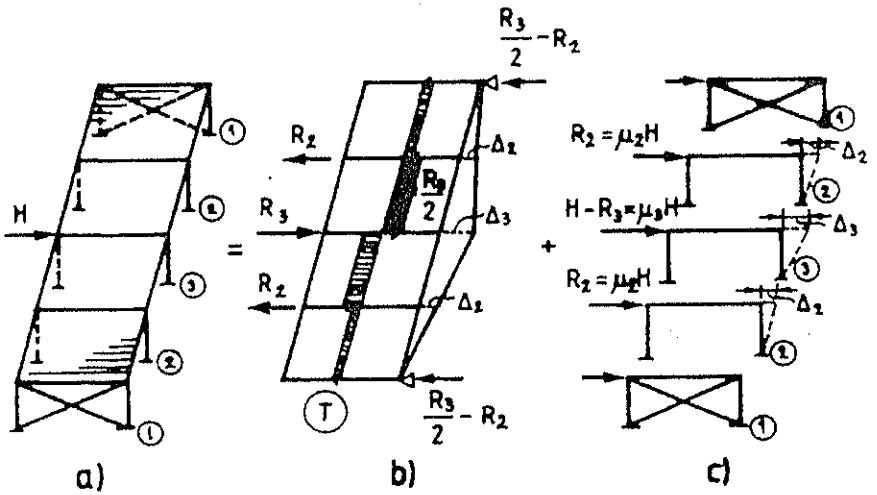


Fig. 6.5 Structură la care este încărcat numai cadrul central (a). Forțe și deformații corespunzătoare elementelor componente: (b) pentru panourile individuale din tablă cutată, (c) pentru cadrele transversale.

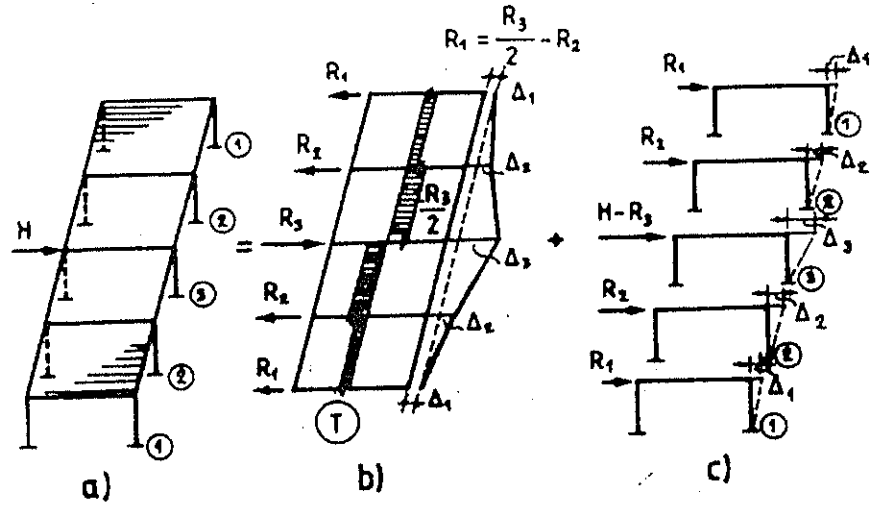


Fig. 6.6. Bloc de calcul la care este încărcat cadrul central (a). Forțe și deformații corespunzătoare elementelor componente: (b) pentru panourile individuale din tablă cutată, (c) pentru cadrele transversale.

(3) Forța orizontală transversală H care acționează asupra cadrului i, la nivelul riglei acestuia, prin efectul de conlucrare se împarte între cadrul transversal și diafragmă, fiind respectată condiția:

$$H = F_{i,c} + R_i \qquad (6.1)$$

a. Cadrului transversal i îl revine forța:

$$F_{i,c} = \mu_i H \qquad (6.2)$$

b. Diafragmei, în punctul de legătură cu cadrul i, îi revine forța (reacțiunea):

$$R_i = (1 - \mu_i)\, H \text{ acolo unde } H \neq 0 \qquad (6.3)$$

$$R_i = -\mu_i H \text{ acolo unde } H = 0 \qquad (6.4)$$

μ_i - coeficientul conlucrării, vezi pct. 6.2.(4).

(4) Valoarea coeficientului conlucrării se consideră astfel:

a. Pentru structuri cu cadrele de capăt rigide la care toate cadrele intermediare sunt încărcate, coeficienții μ_i sunt dați în tabelul 6.1.

b. Pentru structuri cu cadrele de capăt rigide la care este încărcat numai cadrul intermediar central, coeficientul μ corespunzător acestui cadru se determină împărțind coeficientul μ al cadrului, din tabelul 6.1., la factorul de reducere η, din tabelul 6.2.

c. Pentru structuri cu toate cadrele flexibile la care este încărcat cadrul intermediar central (bloc de calcul din 5 cadre) coeficienții μ_i sunt dați în tabelul 6.3.

(5) Starea finală de eforturi în barele cadrelor transversale se determină prin sumarea eforturilor corespunzătoare celor două etape de calcul menționate la pct. 6.2.(2). Cum toate cadrele transversale intermediare sunt identice, calculul se va face numai pentru cadrul la care forța $F_{i,c} = \mu_i H$ are valoarea cea mai mare.

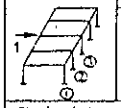
Tabelul 6.1.

Nr. total de cadre transversale ale structurii	Nr. cadrului pt. care este dată valoarea μ (cu nr. 1) este notat cadrul de fronton	Coeficienții conlucrării μ în cazul structurii cu toate cadrele intermediare încărcate, pentru:									
	ψ	2	1.0	0.5	0.3	0.2	0.14	0.10	0.08	0.06	0.04
	α	0.5	1.0	2.0	3.33	5.0	7.14	10.0	12.5	16.67	25.0
3	2	0.500	0.333	0.200	0.130	0.091	0.065	0.048	0.038	0.029	0.02
4	2	0.667	0.500	0.333	0.231	0.167	0.123	0.091	0.074	0.057	0.03
5	2	0.714	0.571	0.412	0.301	0.225	0.170	0.129	0.106	0.082	0.05
	3	0.857	0.714	0.529	0.392	0.296	0.225	0.170	0.140	0.109	0.07
6	2	0.727	0.600	0.455	0.347	0.268	0.208	0.160	0.134	0.104	0.07
	3	0.909	0.800	0.636	0.497	0.390	0.305	0.237	0.198	0.155	0.10
7	2	0.731	0.611	0.477	0.375	0.298	0.237	0.186	0.157	0.124	0.08
	3	0.923	0.833	0.692	0.563	0.457	0.367	0.291	0.246	0.196	0.13
	4	0.962	0.889	0.754	0.620	0.506	0.408	0.325	0.275	0.219	0.15
8	2	0.732	0.615	0.488	0.393	0.319	0.258	0.207	.0176	.0141	0.10
	3	0.927	0.846	0.721	0.603	0.502	0.413	0.334	0.286	0.231	0.16
	4	0.976	0.923	0.814	0.695	0.585	0.485	0.394	0.339	0.274	0.19
9	2	0.732	0.617	0.494	0.403	0.333	0.274	0.222	0.191	0.156	0.11
	3	0.928	0.851	0.735	0.627	0.532	0.446	0.367	0.318	0.260	0.19
	4	0.979	0.936	0.844	0.739	0.637	0.540	0.449	0.390	0.321	0.23
	5	0.990	0.957	0.875	0.773	0.670	0.570	0.475	0.414	0.341	0.25
10	2	0.732	0.618	0.497	0.409	0.342	0.285	0.235	0.204	0.168	0.12
	3	0.928	0.853	0.743	0.641	0.552	0.469	0.393	0.344	0.285	0.21
	4	0.980	0.941	0.860	0.766	0.672	0.580	0.490	0.431	0.360	0.27
	5	0.993	0.971	0.906	0.820	0.727	0.631	0.536	0.474	0.396	0.29
11	2	0.732	0.618	0.499	0.413	0.348	0.293	0.244	0.213	0.177	0.13
	3	0.928	0.854	0.746	0.650	0.565	0.486	0.412	0.364	0.305	0.23
	4	0.981	0.943	0.867	0.781	0.695	0.608	0.521	0.464	0.392	0.29
	5	0.994	0.976	0.922	0.847	0.763	0.675	0.583	0.521	0.441	0.33
	6	0.997	0.984	0.938	0.867	0.785	0.696	0.603	0.539	0.458	0.35
12	2	0.732	0.618	0.499	0.415	0.351	0.298	0.251	0.221	0.185	0.14
	3	0.928	0.854	0.784	0.654	0.573	0.498	0.427	0.380	0.322	0.24
	4	0.981	0.944	0.871	0.790	0.709	0.628	0.545	0.489	0.418	0.32
	5	0.995	0.978	0.930	0.863	0.787	0.705	0.618	0.557	0.478	0.37
	6	0.998	0.989	0.953	0.895	0.823	0.741	0.653	0.590	0.508	0.39

Tabelul 6.2.

Nr. total de cadre transversale ale structurii	Factorul de reducere η al coeficientului conlucrării spațiale μ (din tab. 6.1) în cazul în care este încărcat numai cadrul transversal central al structurii									
ψ	2.0	1.0	0.5	0.3	0.2	0.14	0.10	0.08	0.06	0.04
α	0.5	1.0	2.0	3.33	5.0	7.14	10.0	12.5	16.67	25.0
3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.25	1.33	1.4	1.43	1.45	1.47	1.48	1.48	1.49	1.49
5	1.50	1.67	1.80	1.87	1.91	1.93	1.95	1.96	1.97	1.98
6	1.58	1.83	2.07	2.20	2.29	2.34	2.39	2.41	2.43	2.45
7	1.67	2.00	2.33	2.54	2.67	2.75	2.82	2.85	2.89	2.92
8	1.69	2.07	2.49	2.77	2.96	3.09	3.20	3.25	3.31	3.37
9	1.71	2.14	2.65	3.01	3.25	3.43	3.57	3.65	3.73	3.81
10	1.72	2.17	2.73	3.16	3.47	3.70	3.89	3.99	4.10	4.23
11	1.73	2.20	2.82	3.31	3.68	3.97	4.21	4.34	4.48	4.64
12	1.73	2.21	2.86	3.41	3.83	4.18	4.46	4.63	4.81	5.01

Tabelul 6.3

Schemă structurală	Coeficienții conlucrării μ în cazul structurii cu toate cadrele deplasabile, la care încărcarea acționează asupra unui singur cadru									
	ψ	2.0	1.0	0.5	0.3	0.2	0.14	0.10	0.07	0.05	0.04
	α	0.5	1.0	2.0	3.33	5.0	7.14	10.0	14.28	20.00	25.0
Cadrul 1		0.053	0.091	0.129	0.152	0.165	0.175	0.181	0.187	0.190	0.192
Cadrul 2		0.158	0.182	0.194	0.197	0.199	0.199	0.200	0.200	0.200	0.200
Cadrul 3		0.579	0.455	0.355	0.302	0.272	0.252	0.238	0.227	0.219	0.216

(6) Diafragma de acoperiș este încărcată în punctele de legătură cu fiecare cadru cu forțe R_i cu valori diferite care se calculează cu relațiile (6.3) și (6.4). Se verifică panoul individual în care forța tăietoare, conform repartiției forței tăietoare pe întreaga diafragmă, are valoarea maximă, adică:

a. Panoul individual de diafragmă adiacent cadrului de capăt rigid în cazul în care toate cadrele intermediare sunt încărcate, pct. 6.2 (1) a, (fig. 6.4).

b. Panoul individual de diafragmă adiacent cadrului încărcat, în cazul în care numai un singur cadru intermediar este încărcat, pct. 6.2 (1) b, c, (fig. 6.5, fig. 6.6).

6.3. Structuri complexe, cu mai multe deschideri

(1) Pentru analiza structurală pe baza calculului automat panourile individuale ale diafragmei din tablă cutată se înlocuiesc cu resorturi care au aceeaşi flexibilitate c ca şi panourile individuale pe care le înlocuiesc (fig. 6.7). Flexibilitatea c a panourilor individuale se determină, în funcţie de modul de dispunere a cutelor tablei, cu relaţiile din tabelele 4.3 sau 4.4.

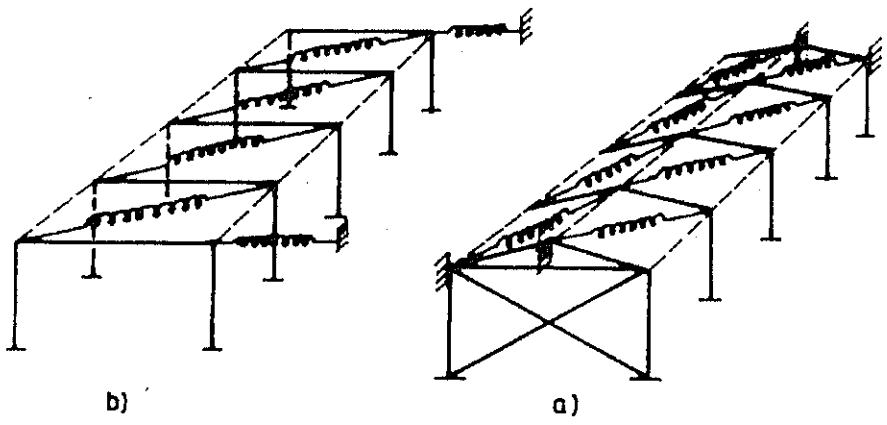


Fig. 6.7. Modelarea structurilor cu diafragme de acoperiş realizate din tablă cutată

a. cadre de capăt rigide
b. cadre de capăt flexibile

(2) Resorturile, caracterizate de aceeaşi flexibilitate c (mm/kN) atât la întindere cât şi la compresiune, se pot modela ca bare cu următoarele caracteristici:

- moment de inerţie: $I \cong 0$
- modul de elasticitate: E (kN/mm^2)
- lungimea barei: L (mm)
- arie echivalentă: $A = \dfrac{L}{c \cdot E}$ (mm^2)

7. ALTE POSIBILITĂŢI DE UTILIZARE ALE DIAFRAGMELOR DIN TABLĂ CUTATĂ

7.1. Elemente generale

(1) Diafragmele din tablă cutată, în afară de funcţiunea de rigidizare a acoperişului pot fi utilizate suplimentar:
a. Ca elemente stabilizatoare.
b. În locul contravântuirilor orizontale transversale ale acoperişului.
c. În locul contravântuirilor orizontale longitudinale ale acoperişului.

(2) În cazul în care diafragma din tablă cutată îndeplineşte în acelaşi timp mai multe funcţiuni, aceasta (inclusiv prinderile ei) trebuie să fie calculată luând în considerare suprapunerea încărcărilor corespunzătoare respectivelor funcţiuni.

7.2. Utilizarea diafragmei din tablă cutată la stabilizarea elementelor care au tendinţa de a-şi pierde stabilitatea generală

(1) Pot fi stabilizate de diafragma din tablă cutată numai elementele dispuse perpendicular pe direcţia cutelor tablei. Efectul stabilizator este maxim atunci când tabla cutată este prinsă de talpa comprimată a elementului care urmează să fie stabilizat.

(2) Pentru stabilizarea completă a unui element care are tendinţa de a-şi pierde stabilitatea generală trebuie satisfăcute condiţiile:

$$k^1_{nec} \le k^1_{ult} \qquad (7.1)$$

$$Q^1_{nec} \le Q^1_{ult} \qquad (7.2)$$

în care:

k^1_{nec} - rigiditatea la forfecare cerută diafragmei pentru stabilizarea completă a elementului structural. Se determină pentru respectivul element structural în conformitate cu prevederile normelor de proiectare. Pentru grinda cu secţiunea dublu T, la care tabla cutată este prinsă de talpa comprimată, se poate considera:

$$k^1_{nec} = \frac{R \cdot A}{2} \quad \text{(kN)} \qquad (7.3)$$

unde:

R - rezistenţa de calcul a oţelului din care este executată grinda

A - aria secțiunii grinzii

Q^1_{inc} - forța tăietoare maximă corespunzătoare forței laterale de fixare a elementului care trebuie să fie stabilizat și care devine încărcare pentru diafragma din tablă cutată. Se calculează pentru respectivul element structural în conformitate cu prevederile normelor de proiectare, (kN).

k^1_{ult}, Q^1_{ult} - rigiditatea la forfecare și rezistența (capacitatea portantă) la forfecare, efective, ale diafragmei din tablă cutată corespunzătoare lățimii de diafragmă aferentă elementului care se stabilizează, (kN).

(3) Rigiditatea la forfecare k^1_{ult} a diafragmei se calculează cu relațiile:

a. În cazul stabilizării grinzilor secundare (fig. 7.1):

$$k^1_{ult} = \frac{a}{c \cdot n_p} \quad \text{(kN)} \qquad (7.4)$$

b. În cazul stabilizării grinzilor principale (fig. 7.2):

$$k^1_{ult} = \frac{b}{c} \quad \text{(kN)} \qquad (7.5)$$

în care:

a - deschiderea grinzii secundare, (mm);

n_p - numărul total de grinzi secundare din panoul de tablă cutată;

b - distanța dintre două grinzi principale, (mm);

c - flexibilitatea la forfecare a unui panou individual al diafragmei, cu dimensiuni a x b cuprins între două grinzi principale și grinzile marginale, (mm / kN).

(4) Flexibilitatea la forfecare c a unui panou individual (cu dimensiuni a x b) se calculează cu relația:

$$c = c_{1,1} + c_{1,2} + c_{2,1} + c_{2,2} \qquad (7.6)$$

în care:

$c_{1,1}$,$c_{1,2}$, $c_{2,1}$, $c_{2,2}$ - flexibilitățile parțiale la forfecare ale diafragmei care se calculează:

a. În cazul stabilizării grinzilor secundare (fig. 7.1) - cu relațiile din tabelul 4.3.

b. În cazul stabilizării grinzilor principale (fig. 7.2) - cu relațiile din tabelul 4.4.

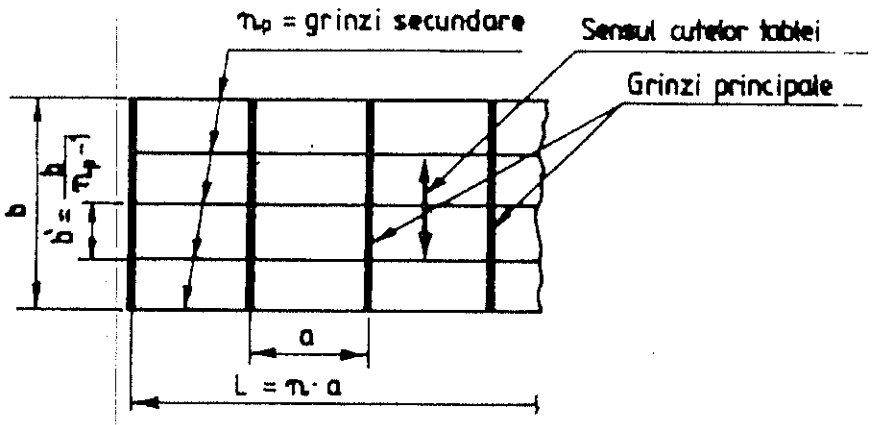


Fig. 7.1. Schema de alcătuire a diafragmei care stabilizează grinzile secundare

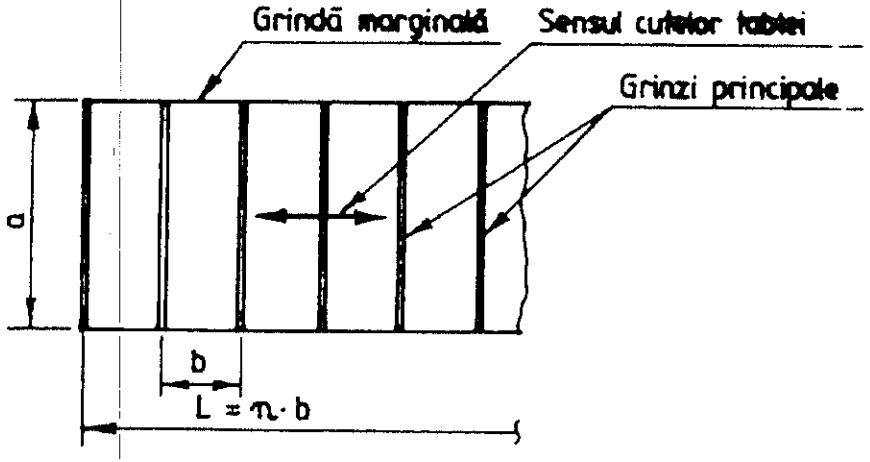


Fig. 7.2. Schema de alcătuire a diafragmei care stabilizează grinzile principale

(5) Rezistența la forfecare Q^1_{ult} a diafragmei se calculează cu relațiile:

a. În cazul stabilizării grinzilor secundare (fig. 7.1):

$$Q^1_{ult} = \frac{1}{n_p - 1} Q_{ult} \qquad (7.7)$$

b. În cazul stabilizării grinzilor principale (fig. 7.2):

$$Q^1_{ult} = Q_{ult} \qquad (7.8)$$

în care:

n_s - numărul total de grinzi secundare din panoul cu tablă cutată

Q_{adf} - rezistența la forfecare a unui panou individual al diafragmei, cu dimensiuni a x b, cuprins între două grinzi principale și grinzile marginale.

(6) Rezistența (capacitatea portantă) la forfecare Q_{adf} a unui panou individual (cu dimensiuni a x b) se calculează cu relațiile:

- tablă prinsă pe 4 laturi:

$$Q_{adf} = \min (Q_{adf,1}, Q_{adf,2}) \qquad (7.9)$$

- tablă prinsă numai pe 2 laturi:

$$Q_{adf} = \min (Q_{adf,1}, Q_{adf,3}) \qquad (7.10)$$

- în ambele situații de prindere ale tablei (pe 4 laturi respectiv numai pe 2 laturi) trebuie să fie respectată condiția:

$$Q_{adf} \le \min (Q_{adf,4}, Q_{adf,6}) \qquad (7.11)$$

Valoarea rezistențelor $Q_{adf,1}$ ..... $Q_{adf,6}$ corespunzătoare diferitelor moduri de cedare ale diafragmei se calculează cu relațiile:

a. În cazul stabilizării grinzilor secundare (fig. 7.1):

- rezistența corespunzătoare prinderilor de coasere tablă - tablă:

$$Q_{adf,1} = n_s \cdot F_s + \frac{\beta_1}{\beta_3} n_p \cdot F_p \qquad (7.12)$$

- rezistența corespunzătoare prinderilor tablă - conectori (tablă prinsă pe 4 laturi):

$$Q_{adf,2} = n_{sc} \cdot F_{sc} \qquad (7.13)$$

- rezistența corespunzătoare prinderilor tablă - grindă secundară situate pe șirul adiacent grinzii principale (cedare prin alungirea găurilor în sensul cutelor tablei) în cazul tablei prinsă numai pe 2 laturi:

$$Q_{adf,3} = \beta_2 \cdot n_p \cdot F_p \qquad (7.14)$$

- rezistența corespunzătoare prinderilor tablă / grindă secundară (cedare prin alungirea găurilor perpendiculare pe direcția cutelor tablei):

$$Q_{adf,5} = \frac{0,6bF_p}{p \cdot \alpha_3} \qquad (7.15)$$

- rezistența corespunzătoare voalării de ansamblu a tablei cutate:

$$Q_{adf,6} = \frac{14,4}{b} \cdot D_x^{1,4} \cdot D_y^{3,4} \cdot (n_p - 1)^2 \qquad (7.16)$$

b. În cazul stabilizării grinzilor principale (fig. 7.2.):

- rezistența corespunzătoare prinderilor de coasere tablă - tablă:

$$Q_{adf,1} = n_s \cdot F_s + \frac{\beta_1}{\beta_3} F_p \qquad (7.17)$$

- rezistența corespunzătoare prinderilor tablă - conectori (tablă prinsă pe 4 laturi):

$$Q_{adf,2} = n_{sc} \cdot F_{sc} \qquad (7.13)$$

- rezistența corespunzătoare prinderilor tablă - grindă principală situate pe șirul adiacent grinzii marginale (cedare prin alungirea găurilor în sensul cutelor tablei) în cazul tablei prinsă numai pe 2 laturi:

$$Q_{adf,3} = \beta_2 \cdot F_p \qquad (7.18)$$

- rezistența corespunzătoare prinderilor tablă - grindă principală (cedare prin alungirea găurilor perpendiculare pe direcția cutelor):

$$Q_{adf,5} = \frac{0,6bF_p}{p} \qquad (7.19)$$

- rezistența corespunzătoare voalării de ansamblu a tablei cutate:

$$Q_{adf,6} = \frac{14,4}{b} \cdot D_x^{1,4} \cdot D_y^{3,4} \qquad (7.20)$$

Semnificația factorilor din relațiile (7.12) ..... (7.20) este dată la pct 1.3.

(7) În cazul în care se ia în considerare stabilizarea mai multor grinzi secundare, forța totală necesară stabilizării acestora, determinată conform prevederilor din normele de proiectare, se compară cu rezistența (capacitatea portantă) la forfecare, Q_{adf}, a unui panou individual de diafragmă cu lungimea a egală cu deschiderea grinzii secundare și înălțimea b egală cu cea reală, dar nu mai mare decât deschiderea grinzii secundare.

7.3. Utilizarea diafragmei din tablă cutată în locul contravântuirilor orizontale transversale ale acoperișurilor

(1) Zona de diafragmă luată în considerare în calcul pentru înlocuirea contravântuirii orizontale transversale nu va fi afectată de goluri mari (luminatoare).

(2) Dimensiunile diafragmei din tablă cutată care se consideră în calcul pentru înlocuirea contravântuirii orizontale transversale sunt:

a. În cazul în care tablele sunt dispuse cu cutele perpendicular pe direcția cadrelor transversale, fiind prinse direct pe talpa grinzii cadrului (fig. 7.3):

- lungimea diafragmei a este egală cu lungimea grinzii cadrului transversal;

- înălțimea diafragmei H_d = n x b este egală cu cel mult 4 travei, fără a depăși însă lungimea grinzii cadrului transversal.

b. În cazul în care tablele sunt dispuse cu cutele paralel cu direcția cadrelor transversale, fiind prinse pe grinzi secundare care reazemă pe grinzile cadrelor (fig. 7.4):

- lungimea diafragmei b este egală cu lungimea grinzii cadrului transversal;
- înălțimea diafragmei H_d = n x a este egală cu cel mult 2 travei, fără a depăși însă lungimea grinzii cadrului transversal.

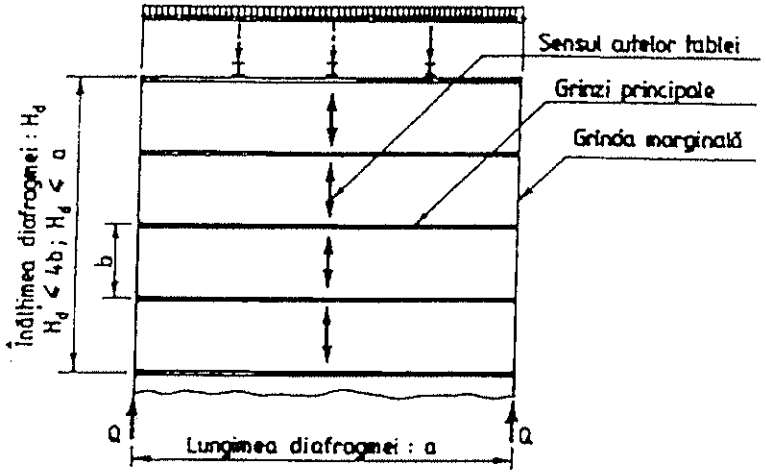


Fig. 7.3. Diafragma care înlocuiește contravântuirea transversală a acoperișului: tabla este dispusă cu cutele perpendicular pe direcția grinzii cadrului

(3) Relația de verificare în cazul în care tabla este dispusă cu cutele perpendicular pe direcția cadrului transversal (fig. 7.3) este:

$$Q \leq Q_{ult} \qquad (7.21)$$

în care:

Q - forța tăietoare maximă din diafragmă, corespunzătoare funcțiunii acesteia în locul contravântuirii orizontale la care se adaugă forța tăietoare corespunzătoare funcțiunii acesteia ca element stabilizator al grinzilor cadrelor transversale, (kN).

Q_{ult} - rezistența (capacitatea portantă a) diafragmei din tablă cutată (fig. 7.3), cu dimensiunile stabilite conform pct. 7.3 (2) a. Valoarea acesteia se calculează cu relațiile (7.9) ..... (7.16) la aplicarea cărora se fac precizările:

- n_p (rel. 7.12 și rel 7.14) se referă la numărul total de grinzi principale (grinzi ale cadrelor transversale)
- rel. (7.14) se referă la prinderile tablă / grindă principală situate pe șirul adiacent grinzii marginale
- rel (7.15) se referă la prinderile tablă / grindă principală.

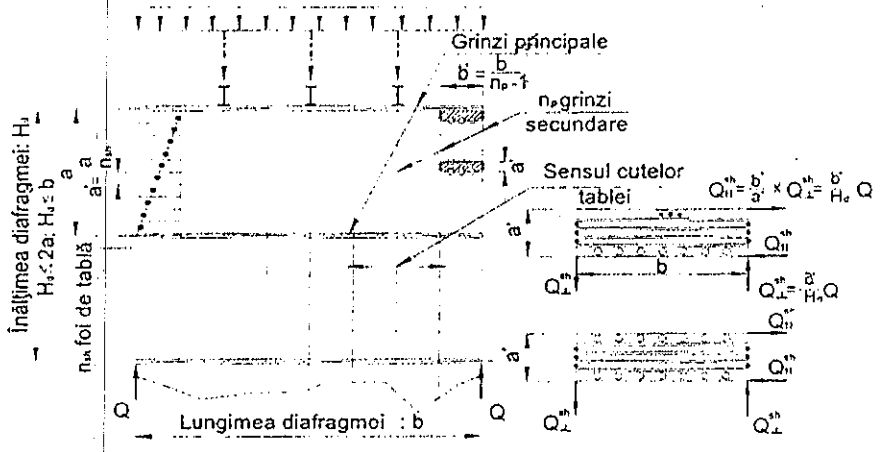


Fig. 7.4. Diafragma care înlocuiește contravântuirea transversală a acoperișului: tabla este dispusă cu cutele paralel cu direcția grinzii

(4) Relația de verificare în cazul în care tabla este dispusă cu cutele paralele cu direcția cadrului transversal (fig. 7.4) este:

$$Q_{II}^{sh} \leq Q_{ult}^{sh} \qquad (7.22)$$

în care:

Q_{II}^{sh} - forța tăietoare, paralelă cu direcția cutelor, (rezultată din echilibrul unei foi de tablă cu dimensiunile a' x b' amplasată în zona diafragmei supusă la forța tăietoare maximă Q_1) corespunzătoare funcțiunii acesteia în locul contravântuirii orizontale transversale, la care se adaugă forța tăietoare corespunzătoare stabilizării, prin intermediul grinzilor secundare, a grinzilor cadrelor transversale (fig. 7.4). Se calculează cu relația:

$$Q_{II}^{sh} = Q \cdot \frac{b'}{H_d} \qquad (7.23)$$

unde:

b' - distanța dintre două grinzi secundare (lungimea foii de tablă)

H_d - înălțimea diafragmei

Q_H^{sh} - rezistența (capacitatea portantă a) unei singure foi de tablă, care se calculează cu relațiile:

- tabla prinsă pe 4 laturi:

$$Q_{ult}^{sh} = \min\left(Q_{ult,1}^{sh}, Q_{ult,2}^{sh}\right) \tag{7.24}$$

- tablă prinsă numai pe 2 laturi:

$$Q_{ult}^{sh} = \min\left(Q_{ult,1}^{sh}, Q_{ult,3}^{sh}\right) \tag{7.25}$$

- în ambele situații de prindere ale tablei trebuie să fie respectată condiția:

$$Q_{ult}^{sh} \le Q_{ult,5}^{sh} \tag{7.26}$$

Rezistențele la forfecare $Q_{ult,1}^{sh}$.....$Q_{ult,5}^{sh}$ se calculează cu relațiile:

- rezistența corespunzătoare prinderilor de coasere tablă – tablă:

$$Q_{ult,1}^{sh} = n_s^{sh} \cdot F_s + \frac{\beta_1}{\beta_3} n_p^{sh} \cdot F_p ; n_p^{sh} = 2 \tag{7.27}$$

- rezistența corespunzătoare prinderii tablă – conectori (foaie de tablă prinsă pe 4 laturi):

$$Q_{ult,2}^{sh} = n_{sc}^{sh} \cdot F_{sc} \tag{7.28}$$

- rezistența corespunzătoare prinderilor tablă – grindă secundară situate pe șirul adiacent grinzii principale (cedare prin alungirea găurilor în sensul cutelor tablei) în cazul tablei prinsă pe 2 laturi:

$$Q_{ult,3}^{sh} = \beta_2 \cdot n_p^{sh} \cdot F_p ; n_p^{sh} = 2 \tag{7.29}$$

- rezistența corespunzătoare prinderilor tablă / grindă secundară (cedare prin alungirea găurilor perpendicular pe direcția cutelor tablei):

$$Q_{ult,5}^{sh} = \frac{0{,}6b' \cdot F_p}{p} \tag{7.30}$$

Semnificația factorilor din relațiile (7.27) ..... (7.30) este dată la pct 1.3. cu precizarea că n_s^{sh}, n_p^{sh}, și n_{sc}^{sh} se referă la lungimea b' a foii de tablă (distanța dintre două grinzi secundare) și nu la lungimea b a întregii diafragme.

7.4. Utilizarea diafragmei din tablă cutată în locul contravântuirilor orizontale longitudinale ale acoperișurilor

(1) Zona din diafragma luată în considerare în calcul pentru înlocuirea contravântuirii orizontale longitudinale nu va fi afectată de goluri mari.

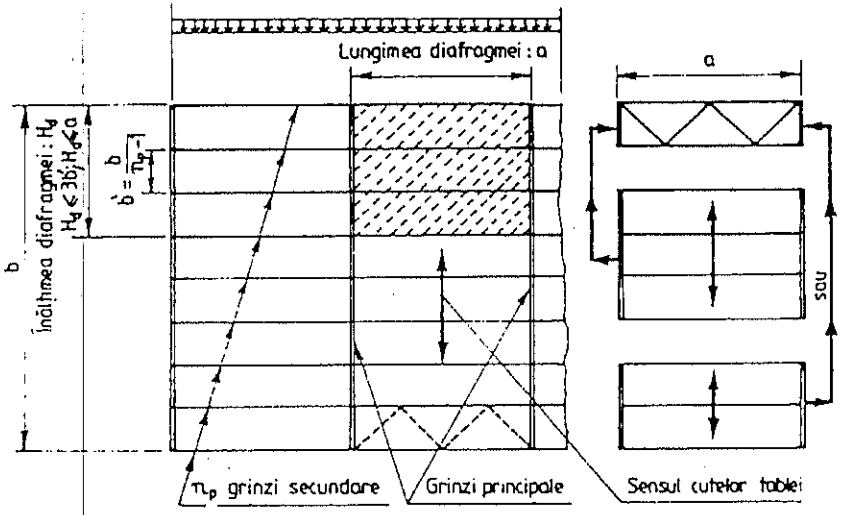


Fig. 7.5. Diafragma care înlocuiește contravântuirea orizontală longitudinală a acoperișului: tabla este dispusă cu cutele perpendicular pe direcția grinzilor secundare

(2) Dimensiunile diafragmei din tablă cutată care se consideră în calcul pentru înlocuirea contravântuirii orizontale longitudinale (fig. 7.5) sunt:
- lungimea diafragmei a este egală cu distanța dintre cadrele transversale
- înălțimea diafragmei $H_d = n \times b'$ este egală cu cel mult distanța între 4 pene ($n \le 3$), fără a depăși însă lungimea **a** a diafragmei.

(3) Relația de verificare este:

$$Q \le Q_{ult} \tag{7.31}$$

în care:

Q - forța tăietoare maximă din diafragmă, corespunzătoare funcțiunii acesteia în locul contravântuirii orizontale longitudinale, la care se adaugă forța tăietoare corespunzătoare funcțiunii acesteia ca element stabilizator al grinzilor secundare, (kN).

Q_{ult} - rezistența (capacitatea portantă a) diafragmei din tablă cutată (fig. 7.5) cu dimensiunile stabilite conform pct. 7.4 (2) la care tabla este prinsă numai pe 2 laturi (numai de grinzile secundare). Valoarea acesteia se calculează cu relațiile (7.10) ... (7.12), (7.14) .... (7.16).

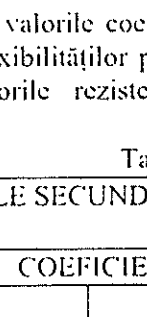
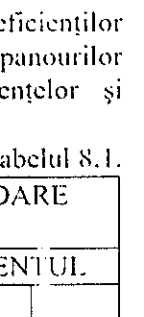
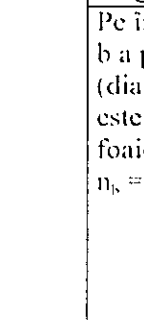
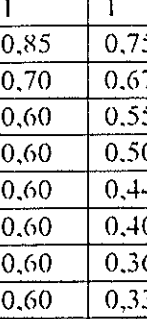
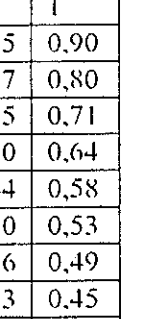
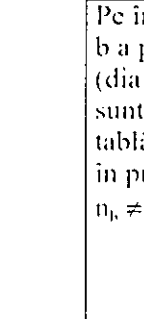
8. TABELE

Capitolul cuprinde tabele în care se găsesc valorile coeficienților conținuți în relațiile de calcul ale rezistențelor și flexibilităților panourilor individuale de diafragmă din tablă cutată, valorile rezistențelor și flexibilităților diferitelor elemente de prindere.

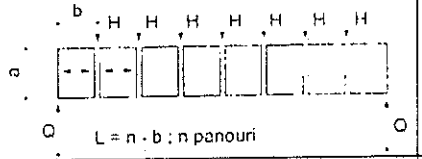
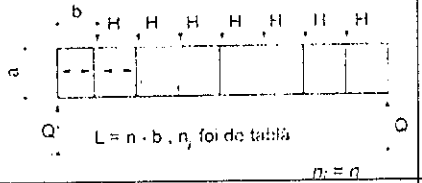
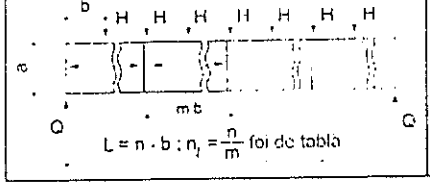
Tabelul 8.1.

COEFICIENȚII CARE ȚIN SEAMA DE GRINZILE SECUNDARE INTERMEDIARE			
- Număr total de grinzi secundare dintr-un panou în cazul coeficienților α_2 și α_3 - Numărul total de grinzi secundare de pe lungimea unei foi de tablă în cazul coeficientului α_1	COEFICIENTUL		
	α_1	α_2	α_3
2	1	1	1
3	1	1	1
4	0,85	0,75	0,90
5	0,70	0,67	0,80
6	0,60	0,55	0,71
7	0,60	0,50	0,64
8	0,60	0,44	0,58
9	0,60	0,40	0,53
10	0,60	0,36	0,49
11	0,60	0,33	0,45
12	0,60	0,30	0,42
13	0,60	0,29	0,39
14	0,60	0,27	0,37
15	0,60	0,25	0,35
16	0,60	0,23	0,33
17	0,60	0,22	0,31
18	0,60	0,21	0,30
19	0,60	0,20	0,28
20	0,60	0,19	0,27

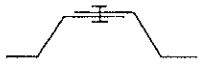
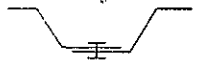
Tabelul 8.2.

VALOAREA COEFICIENTULUI α_4 CARE ȚINE SEAMA DE NUMĂRUL DE FOI DE TABLĂ AȘEZATE ÎN PRELUNGIRE PE ÎNĂLȚIMEA b A PANOULUI				
Numărul de foi de tablă așezate în prelungire (n_b)	Poziția elementelor de prindere tablă/grindă secundară			
	În fiecare cută	În cute alternante	În fiecare cută numai la capetele tablei	În fiecare cută numai la un capăt al tablei
Pe înălțimea b a panoului (diafragmei) este o singură foaie de tablă $n_b = 1$	 Cazul 1 $K=K_1$ α_1 conf. tab. 8.1 $\alpha_4=1,0$	 Cazul 2 $K=K_2$ α_1 conf. tab. 8.1 $\alpha_4=1,0$	 Cazul 3 $K=K_1$ $\alpha_1=1,0$ $\alpha_4=1,0$	 Cazul 4 $K=K_2$ $\alpha_1=0,5$ $\alpha_4=1,0$
Pe înălțimea b a panoului (diafragmei) sunt n_b foi de tablă așezate în prelungire $n_b \neq 1$	 Cazul 5 $K=K_1$ α_1 conf. tab. 8.1 (cu n_p corespunzător lungimii unei foi de tablă) $\alpha_4=1+0,3n_b$	 Cazul 6 $K=K_2$ α_1 conf. tab. 8.1 (cu n_p corespunzător lungimii unei foi de tablă) $\alpha_4=1+0,3n_b$	 Cazul 7 $K=K_1$ $\alpha_1=1,0$ $\alpha_4=1+0,3n_b$	 Cazul 8 $K=K_2$ α_1 conf. tab. 8.1 (cu n_p corespunzător lungimii unei foi de tablă) $\alpha_4=(1+0,3n_b)$ $\times \left(1-\frac{1}{n_b}\right)$

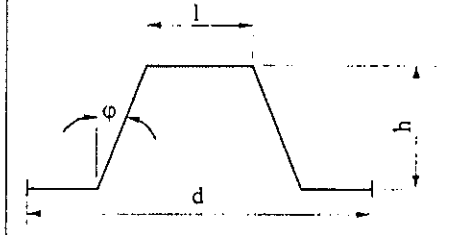
Tabelul 8.3

VALOAREA COEFICIENTULUI α_s CARE ȚINE SEAMA DE MODUL DE REALIZARE A CONTINUITĂȚII FOILOR DE TABLĂ ÎN DIAFRAGME SOLICITATE PERPENDICULAR PE DIRECȚIA CUTELOR	
Numărul de foi de tablă n_1 așezate în prelungire pe deschiderea L a diafragmei	COEFICIENTUL α_s
$n_1 = 2$	1,0
$n_1 = 3$	0,9
$n_1 = 4$	0,8
$n_1 \geq 5$	0,7
Cazul 1: n_1 foi de tablă de lungime b așezate separat 	α_s=1,0
Cazul 2: n_1 foi de tablă de lungime b suprapuse în prelungire 	α_s = valoarea din tabel corespunzătoare celor n_1=n foi de tablă așezate în prelungire
Cazul 3: n_1 foi de tablă de lungime mb suprapuse în prelungire 	α_s = valoarea din tabel corespunzătoare celor $n_1 = \frac{n}{m}$ foi de tablă așezate în prelungire, împărțită la m (m este numărul de panouri de lungime b pe care este continuă o foaie de tablă)

Tabelul 8.4

COEFICIENȚII CARE ȚIN SEAMA DE NUMĂRUL DE ELEMENTE DE PRINDERE TABLĂ-GRINDĂ CORESPUNZĂTOARE LĂȚIMII UNEI FOI DE TABLĂ			
Nr. de elemente de prindere tablă-grindă (n_1), corespunzătoare lățimii unei foi de tablă (sunt incluse și prinderile care trec prin două foi de tablă alăturate)	COEFICIENTUL β_1		COEFICIENTUL β_2
	Coasere în cuta de sus 	Coasere în cuta de jos 	
2	0,13	1,0	1,0
3	0,30	1,0	1,0
4	0,44	1,04	1,11
5	0,58	1,13	1,25
6	0,71	1,22	1,40
7	0,84	1,33	1,56
8	0,97	1,45	1,71
9	1,10	1,56	1,88
10	1,23	1,68	2,04

Tabelul 8.5

COEFICIENTUL K_1 ÎN CAZUL PRINDERII TABLĂ-GRINDĂ ÎN FIECARE CUTĂ 										
φ	h : d	l : d =								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0°	0.1	0.013	0.030	0.041	0.041	0.046	0.050	0.066	0.103	0.193
	0.2	0.042	0.096	0.131	0.142	0.142	0.153	0.199	0.311	0.602
	0.3	0.086	0.194	0.264	0.285	0.283	0.302	0.388	0.601	1.188
	0.4	0.144	0.323	0.438	0.473	0.468	0.494	0.629	0.972	1.925
	0.5	0.216	0.438	0.654	0.705	0.695	0.729	0.922	1.420	2.837
	0.6	0.302	0.674	0.911	0.980	0.965	1.008	1.266	1.938	3.892
	0.7	0.402	0.895	1.208	1.300	1.277	1.329	1.661	2.536	5.098
	0.8	0.516	1.146	1.546	1.662	1.631	1.692	2.107	3.208	6.453

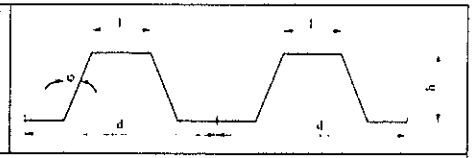
φ	h / d	l / d =								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
5°	0,1	0,014	0,031	0,041	0,044	0,044	0,049	0,066	0,107	0,205
	0,2	0,050	0,099	0,128	0,134	0,132	0,146	0,198	0,336	0,652
	0,3	0,107	0,202	0,253	0,260	0,254	0,280	0,386	0,681	1,548
	0,4	0,188	0,338	0,413	0,417	0,404	0,448	0,629	1,158	2,639
	0,5	0,295	0,507	0,604	0,601	0,578	0,648	0,943	1,783	-
	0,6	0,429	0,706	0,823	0,806	0,772	0,877	1,306	2,586	-
	0,7	0,591	0,935	1,066	1,028	0,983	1,135	1,756	3,605	-
	0,8	0,780	1,191	1,328	1,264	1,208	1,423	2,299	4,838	-
10°	0,1	0,016	0,031	0,040	0,042	0,042	0,048	0,065	0,111	0,221
	0,2	0,056	0,101	0,123	0,125	0,123	0,139	0,200	0,366	0,873
	0,3	0,125	0,204	0,238	0,233	0,226	0,264	0,402	0,786	-
	0,4	0,222	0,338	0,375	0,356	0,345	0,418	0,689	1,445	-
	0,5	0,349	0,494	0,526	0,486	0,473	0,605	1,082	2,428	-
	0,6	0,502	0,668	0,682	0,615	0,608	0,837	1,607	-	-
	0,7	0,677	0,851	0,834	0,736	0,752	1,128	2,308	-	-
	0,8	0,869	1,035	0,975	0,844	0,907	1,494	3,200	-	-
15°	0,1	0,017	0,031	0,040	0,041	0,041	0,047	0,066	0,115	0,241
	0,2	0,062	0,102	0,118	0,115	0,113	0,134	0,209	0,403	-
	0,3	0,139	0,202	0,218	0,204	0,200	0,254	0,440	0,945	-
	0,4	0,244	0,321	0,325	0,293	0,294	0,414	0,796	-	-
	0,5	0,370	0,448	0,426	0,371	0,396	0,636	1,329	-	-
	0,6	0,508	0,568	0,508	0,434	0,513	0,941	-	-	-
	0,7	0,646	0,668	0,561	0,483	0,664	1,349	-	-	-
	0,8	0,768	0,735	0,578	0,527	0,861	-	-	-	-
20°	0,1	0,018	0,032	0,039	0,039	0,039	0,046	0,066	0,111	0,276
	0,2	0,068	0,101	0,111	0,106	0,104	0,131	0,221	0,452	-
	0,3	0,148	0,193	0,194	0,174	0,177	0,255	0,492	-	-
	0,4	0,249	0,289	0,267	0,230	0,259	0,444	0,931	-	-
	0,5	0,356	0,372	0,315	0,270	0,364	0,725	-	-	-
	0,6	0,448	0,420	0,326	0,303	0,512	-	-	-	-
	0,7	0,509	0,423	0,301	0,346	-	-	-	-	-
	0,8	0,521	0,372	0,259	0,413	-	-	-	-	-
25°	0,1	0,019	0,032	0,038	0,038	0,038	0,045	0,068	0,126	0,313
	0,2	0,072	0,099	0,103	0,095	0,095	0,129	0,236	0,513	-
	0,3	0,151	0,178	0,166	0,144	0,160	0,268	0,557	-	-
	0,4	0,238	0,244	0,204	0,176	0,247	0,494	-	-	-
	0,5	0,306	0,272	0,203	0,204	0,376	-	-	-	-
	0,6	0,333	0,248	0,172	0,241	-	-	-	-	-
	0,7	0,300	0,174	0,142	-	-	-	-	-	-
	0,8	0,204	0,081	-	-	-	-	-	-	-

φ	h / d	l / d =								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
30°	0,1	0,020	0,032	0,037	0,036	0,036	0,044	0,070	0,133	-
	0,2	0,075	0,095	0,094	0,084	0,087	0,132	0,256	-	-
	0,3	0,148	0,157	0,135	0,116	0,152	0,291	-	-	-
	0,4	0,208	0,186	0,139	0,139	0,253	-	-	-	-
	0,5	0,226	0,161	0,112	0,176	-	-	-	-	-
	0,6	0,180	0,089	0,093	-	-	-	-	-	-
	0,7	0,077	-	-	-	-	-	-	-	-
35°	0,1	0,021	0,032	0,036	0,034	0,034	0,043	0,072	0,142	-
	0,2	0,076	0,089	0,083	0,072	0,082	0,137	0,281	-	-
	0,3	0,137	0,130	0,102	0,093	0,151	-	-	-	-
	0,4	0,162	0,119	0,082	0,120	-	-	-	-	-
	0,5	0,123	0,059	-	-	-	-	-	-	-
	0,6	0,032	-	-	-	-	-	-	-	-
40°	0,1	0,023	0,032	0,034	0,032	0,032	0,043	0,075	0,155	-
	0,2	0,075	0,081	0,070	0,060	0,077	0,146	-	-	-
	0,3	0,116	0,096	0,068	0,078	-	-	-	-	-
	0,4	0,100	0,053	0,048	-	-	-	-	-	-
	0,5	0,024	-	-	-	-	-	-	-	-
45°	0,1	0,024	0,031	0,032	0,029	0,030	0,043	0,079	-	-
	0,2	0,071	0,069	0,560	0,050	0,073	-	-	-	-
	0,3	0,086	0,057	0,041	-	-	-	-	-	-
	0,4	0,032	-	-	-	-	-	-	-	-

NOTĂ: La determinarea coeficientului K_1 se neglijează rigidizările intermediare ale pereților cutelor tablei

Tabelul 8.6

COEFICIENTUL K_2 ÎN CAZUL PRINDERII TABLĂ/GRINDĂ ÎN CUTE ALTERNANTE



φ	h / d	l / d =								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0°	0,1	0,014	0,025	0,036	0,046	0,054	0,061	0,070	0,108	0,211
	0,2	0,031	0,065	0,099	0,129	0,151	0,169	0,206	0,318	0,649
	0,3	0,054	0,123	0,192	0,252	0,294	0,328	0,402	0,608	1,269
	0,4	0,084	0,202	0,316	0,414	0,482	0,535	0,653	0,968	2,056
	0,5	0,123	0,299	0,468	0,614	0,712	0,790	0,958	1,410	3,006
	0,6	0,169	0,415	0,649	0,846	0,982	1,090	1,318	1,928	4,113
	0,7	0,222	0,549	0,855	1,108	1,286	1,433	1,730	2,525	5,383
	0,8	0,284	0,699	1,086	1,398	1,623	1,818	2,196	3,198	6,811

φ	h d	l d =								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
5°	0,1	0.089	0.138	0.184	0.228	0 269	0.311	0.359	0.432	0.590
	0,2	0.300	0.433	0.564	0.690	0.810	0.934	1.091	1.358	2.046
	0,3	0.627	0.872	1.113	1.345	1.569	1.806	2.125	2.710	4.441
	0,4	1.076	1.453	1.826	2.187	2.535	2.910	3.446	4.498	8. 057
	0,5	1.644	2.171	2.694	3.205	3 703	4.244	5.058	6.761	12.94
	0,6	2.280	2.961	3.639	4.313	4.999	5.797	6.971	9.571	-
	0,7	2.961	3.803	4.620	5.443	6.347	7.479	9.206	13.01	-
	0,8	3.802	4.838	5.788	6.612	7.701	9.257	11.76	17.20	-
10°	0,1	0.091	0.140	0.186	0.229	0.270	0.312	0.362	0.440	0.627
	0,2	0.312	0.446	0.575	0.699	0.817	0.943	1.112	1.425	2.472
	0,3	0.665	0.907	1.144	1.370	1.589	1.835	2.204	2.979	-
	0,4	1.156	1.529	1.891	2.239	2.578	2.984	3.655	5.251	-
	0,5	1.793	2.313	2.819	3.305	3.782	4.397	5.519	7.872	-
	0,6	2.533	3.206	3.858	4.509	5.192	6.096	7.875	-	-
	0,7	3.334	4.148	4.949	5.780	6.737	8.112	10.82	-	-
	0,8	4.236	5.170	6.051	7.066	8.404	10.47	12.59	-	-
15°	0,1	0.093	0.142	0.188	0.231	0.271	0.313	0.364	0.448	0.682
	0,2	0.325	0.458	0.586	0.707	0.824	0.953	1.140	1.523	-
	0,3	0.703	0.942	1.174	1.393	1.610	1.874	2.316	3.411	-
	0,4	1.237	1.602	1.953	2.285	2.624	3.089	3.981	-	-
	0,5	1.937	2.443	2.926	3.379	3.869	4.640	6.256	-	-
	0,6	2.778	3.428	4.058	4.664	5.366	6.581	-	-	-
	0,7	3.692	4.488	5.273	6.081	7.138	8.902	-	-	-
	0,8	4.648	5.570	6.516	7.628	9.190	-	-	-	-
20°	0,1	0.096	0.144	0.190	0.232	0.273	0.315	0.368	0.459	0.680
	0,2	0.339	0.472	0.597	0.716	0.832	0.966	1.177	1.659	-
	0,3	0.743	0.978	1.204	1.416	1.633	1.927	2.481	-	-
	0,4	1.317	1.673	2.009	2.325	2.679	3.246	3.840	-	-
	0,5	2.075	2.559	3.011	3.436	3.993	4.969	-	-	-
	0,6	3.006	3.625	4.194	4.752	5.588	-	-	-	-
	0,7	4.042	4.789	5.494	6.272	-	-	-	-	-
	0,8	5.122	6.013	6.883	7.861	-	-	-	-	-
25°	0,1	0.098	0.147	0.192	0.234	0.274	0.317	0.373	0.475	0.665
	0,2	0.355	0.485	0.609	0.725	0.840	0.983	1.226	1.566	-
	0,3	0.784	1.015	1.233	1.437	1.660	2.000	2.589	-	-
	0,4	1.398	1.740	2.057	2.359	2.753	3.427	-	-	-
	0,5	2.205	2.659	3.064	3.490	4.144	-	-	-	-
	0,6	3.199	3.752	4.218	4.797	-	-	-	-	-
	0,7	4.318	4.941	5.480	-	-	-	-	-	-
	0,8	5.487	6.132	-	-	-	-	-	-	-

φ	h d	l d =								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
30°	0,1	0.101	0.150	0.194	0.236	0.276	0.319	0.378	0.495	-
	0,2	0.372	0.500	0.621	0.734	0.850	1.005	1.298	-	-
	0,3	0.827	1.051	1.260	1.456	1.697	2.098	-	-	-
	0,4	1.477	1.801	2.092	2.393	2.830	-	-	-	-
	0,5	2.319	2.727	3.075	3.499	-	-	-	-	-
	0,6	3.320	3.738	4.041	-	-	-	-	-	-
	0,7	4.378	-	-	-	-	-	-	-	-
35°	0,1	0.105	0.153	0.197	0.238	0.278	0.322	0.385	0.525	-
	0,2	0.390	0.516	0.634	0.744	0.862	1.035	1.329	-	-
	0,3	0.872	1.088	1.284	1.476	1.741	-	-	-	-
	0,4	1.553	1.849	2.105	2.412	-	-	-	-	-
	0,5	2.400	2.713	-	-	-	-	-	-	-
	0,6	3.278	-	-	-	-	-	-	-	-
40°	0,1	0.109	0.156	0.200	0.241	0.280	0.325	0.394	0.569	-
	0,2	0.411	0.538	0.647	0.753	0.878	1.077	-	-	-
	0,3	0.919	1.122	1.301	1.496	-	-	-	-	-
	0,4	1.614	1.859	2.085	-	-	-	-	-	-
	0,5	2.376	-	-	-	-	-	-	-	-
45°	0,1	0.144	0.160	0.203	0.243	0.282	0.329	0.409	-	-
	0,2	0.434	0.553	0.661	0.764	0.899	-	-	-	-
	0,3	0.969	1.148	1.306	-	-	-	-	-	-
	0,4	1.634	-	-	-	-	-	-	-	-

NOTĂ: La determinarea coeficientului K_2 se neglijează rigidizările intermediare ale pereților cutelor tablei

Tabelul 8.7

REZISTENȚELE F_p, F_{sc}, F_s ȘI LUNECĂRILE s_p, s_{sc}, s_s CORESPUNZĂTOARE ELEMENTELOR DE PRINDERE A TABLEI

Tipul elementului de prindere	Tipul șaibei	Diametrul exterior al elementului de prindere, d_e (mm)	Rezistența F_p, F_{sc}, F_s utilizată în proiectare (kN)	Lunecarea s_p, s_{sc}, s_s mm kN
A. Prinderi tablă grindă și tablă conectori				
Șuruburi	Metalică	d_e	$F_p=F_{sc}=\frac{1}{\gamma_m}\cdot\alpha_1\cdot d_e\cdot t_1\cdot R_m$ $F_p(F_{sc})\le 8.0$kN pt. $d_e=6.3$mm $F_p(F_{sc})\le 6.5$kN pt. $d_e=5.5$mm	$s_p=s_{sc}=0.15$
	Neopren			$s_p=s_{sc}=0.35$
B. Prinderi de cusere tablă/tablă				
Șuruburi	fără șaibă	$d_e=4.1\div 4.8$	$F_s=\frac{1}{\gamma_m}\cdot\alpha_1\cdot d_e\cdot t_1\cdot R_m \le 3.8$kN	$s_s=0.25$
Nituri oarbe din oțel		$d_e=4.8$	$F_s=\frac{1}{\gamma_m}\cdot\alpha_2\cdot d_e\cdot t_1\cdot R_m \le 3.0$kN	$s_s=0.30$

NOTAȚII:

t_1 este grosimea tablei celei mai subțiri (mm)

R_m este rezistența la rupere a tablei celei mai subțiri (kN mm^{-2})

$\alpha_1 = 3{,}2\sqrt{t_1/d_e} \le 2{,}1$ dacă $t_2/t_1 = 1$

$\alpha_1 = 2{,}1$ dacă $t_2/t_1 \ge 2{,}5$

$\alpha_2 = 3{,}6\sqrt{t_1/d_e} \le 2{,}1$ dacă $t_2/t_1 = 1$

$\alpha_2 = 2{,}1$ dacă $t_2/t_1 \ge 2{,}5$

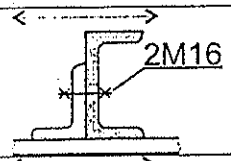
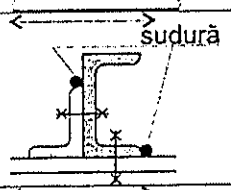
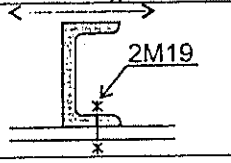
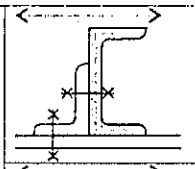
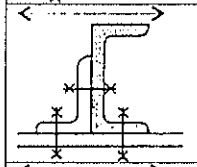
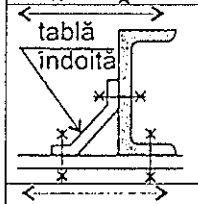
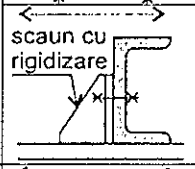
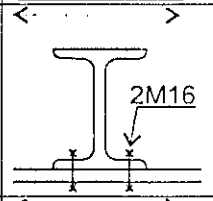
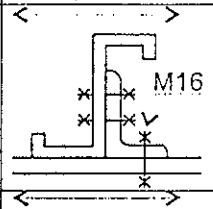
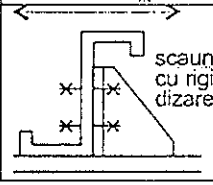
α_1 și α_2 se determină prin interpolare liniară dacă $1{,}0 < \frac{t_2}{t_1} < 2{,}5$

t_2 este grosimea tablei celei mai groase

$\gamma_m = 1{,}1$ este coeficientul parțial de siguranță corespunzător strivirii, în cazul mai multor elemente de prindere. Pentru un singur element de prindere $\gamma_m = 1{,}25$

Tabelul 8.8

REZISTENȚA $F_{p,g}$ ȘI FLEXIBILITATEA $s_{p,g}$ CORESPUNZĂTOARE PRINDERILOR GRINDĂ SECUNDARĂ/GRINDĂ PRINCIPALĂ

Tipul de grindă secundară și "șeaunul" folosit	Detaliul de prindere	$F_{p,g}^{cedare}$ (kN)	$F_{p,g} = \frac{F_{p,g}^{cedare}}{\lambda_m}$ (kN)	$s_{p,g}$ (mm kN)
U 102x51x10.42 kg/m L 89x64x7.8-89		5.4	4.9	0.84
		22.2	20.0	0.11
U 152x76x17.88 kg/m L 76x64x6.2-127		16.0	14.4	0.60
		8.0	7.2	1.20
		21.8	19.6	0.35
		> 25.0	25.0	0.13
		> 25.0	25.0	0.05
I 254x102x22 kg/m		11.1	10.0	2.60
Z 203x51x2.0 L 178x89x9.4 - 127		4.9	4.4	1.40
		8.0	7.2	0.38

NOTĂ: Rezistența și flexibilitatea pentru alte tipuri de prinderi grindă secundară grindă principală se pot estima pe baza valorilor date în prezentul tabel sau se pot determina pe cale experimentală

9. PROIECTAREA PENELOR ŞI RIGLELOR CARE CONLUCREAZĂ CU ÎNCHIDERI DIN TABLĂ CUTATĂ

9.1. Elemente generale

(1) Regulile de proiectare prezentate în cadrul acestui capitol sunt aplicabile penelor cu secţiunea transversală în formă de Z, C, Σ sau alte forme similare, ale căror tălpi superioare au deplasarea laterală împiedicată prin prinderi continue de tabla învelitorii. În cadrul acestui capitol se prezintă doar relaţiile de calcul specifice ce intervin în verificarea penelor ţinând seama de interacţiunea acestora cu tabla cutată a învelitorii (şi a riglelor care interacţionează cu tabla cutată a pereţilor). Pentru noţiunile şi elementele generale referitoare la calculul barelor cu pereţi subţiri solicitate la încovoiere şi/sau compresiune, se va utiliza "Normativul pentru calculul elementelor din oţel cu pereţi subţiri formate la rece - NPO 12/1997". Referire în text asupra formulelor sau paragrafelor din prezentul normativ se vor face indicând cifra paragrafului între paranteze drepte [ ].

(2) Aceste reguli de proiectare pot fi aplicate şi la elementele formate la rece utilizate ca rigle de susţinere a pereţilor din panouri de tablă cutată, rigle de planşeu şi alte tipuri similare de grinzi care conlucrează cu tabla profilată. Când barele cu pereţi subţiri formate la rece sunt utilizate ca rigle de perete, ele vor fi dimensionate considerând presiunea vântului în mod similar cu acţiunea încărcării gravitaţionale asupra penelor acoperişului, iar suctiunea vântului similării încărcării de smulgere (suctiune verticală) a acoperişului.

(3) Legătura cu caracter continuu, care împiedică deplasarea laterală la nivelul tălpii superioare poate fi realizată prin legarea tablei cutate exterioare (sau al oricărui tip de tablă profilată cu rigiditate adecvată dispusă la exterior) de talpa superioară a penei prin conectori dispuşi cu intermitenţă în fundul cutelor tablei. Prinderea continuă a tablei cutate de pană se asigură prin dispunerea conectorilor cu un pas maxim de 2 cute. Pentru alte tipuri de prindere (de exemplu prin conectori aplicaţi pe creasta cutei) rigiditatea legăturii laterale va fi stabilită pe baza experienţei de proiectare existente sau va fi determinată prin încercări de laborator).

(4) Penele pot fi proiectate utilizând metode analitice de calcul, metode empirice pe bază de încercări de laborator sau metode semiempirice, care utilizează atât calculele, cât şi încercările de laborator. Un model de calcul inginerese se prezintă în paragrafele [9.3] şi [9.4] ale prezentului Normativ.

(5) Comportamentul penelor care au deplasarea laterală a tălpii superioare împiedicată este modelat schematic în fig. 9.1. Răsucirea penei este împiedicată datorită legăturii penei cu tabla învelitorii. Efectul acestei împiedicări este asimilat unui resort de torsiune cu rigiditatea C_D. Tensiunea rezultantă la nivelul tălpii libere a penei poate fi determinată prin suprapunerea efectelor din încovoierea acesteia în plan vertical cu torsiunea, plus efectele din încovoierea laterală generată de distorsiunea secţiunii transversale a penei. La pene cu o singură deschidere, încărcate din suctiunea vântului, acţionând ca în fig. 9.1.b, talpa liberă (nelegată) a penei este comprimată, la tensiunea normală produsă de încovoierea în plan vertical adăugându-se şi tensiunile normale produse de torsiunea şi distorsiunea secţiunii.

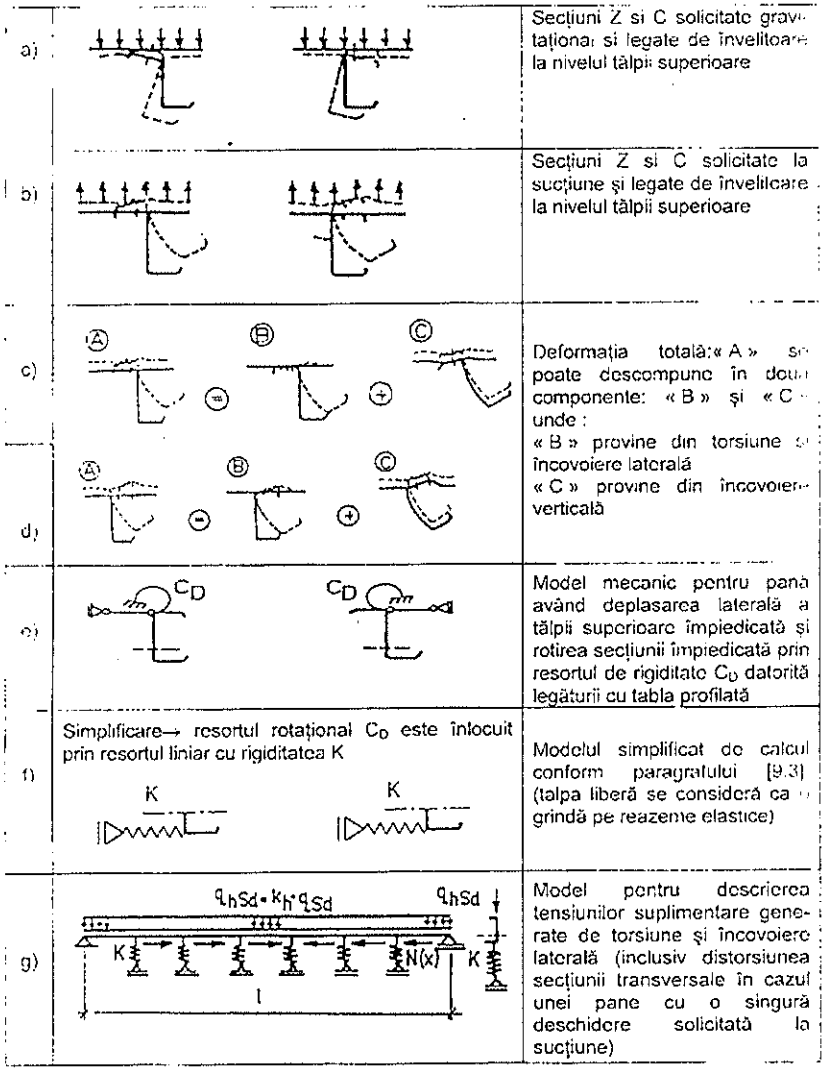


Fig. 9.1. - Prezentarea schematică a comportamentului penelor cu legături laterale și rotirea secțiunii împiedicată de tabla învelitorii, precum și a modelelor mecanice corespunzătoare

(6) În cazul în care nu se efectuează un calcul de ordinul doi, se va utiliza metoda de calcul prezentată în paragrafele [9.3] și [9.4], în care talpa liberă a penei se consideră o grindă supusă la acțiunea încărcării laterale (vezi fig. 9.1. g).

$$q_h = K_h \cdot q$$

(7) Resortul de torsiune (rotațional) se transformă într-un resort lateral liniar cu rigiditatea K. La calculul valorii K se ține seama de efectul distorsionării secțiunii transversale a penei. Dacă talpa liberă a penei este comprimată datorită solicitării de încovoiere exercitată în plan vertical (de exemplu datorită sucțiunii din vânt, la pene cu o singură deschidere), asupra tălpii libere acționează tensiuni normale de compresiune. În aceste cazuri este necesară și verificarea stabilității tălpii libere, pentru a preveni flambajul lateral al acesteia. În acest scop, talpa liberă se consideră o bară comprimată pe mediu elastic, rezemată lateral prin resorturi liniare de rigiditate K.

(8) Soluțiile de rezemare a penelor pe grinzile acoperișului vor împiedica rotirea și deplasarea laterală în secțiunile de reazem. Dimensionarea elementelor de fixare a penelor pe reazeme (scaune) se va face luându-se în considerare și efectele din acțiunea forțelor în planul învelitorii atunci când aceasta nu este preluată de alte elemente constructive.

(9) Pentru un calcul mai exact, se poate efectua o analiză de ordinul doi, utilizând pentru rigiditatea resortului rotațional C_D valoarea obținută conform paragrafului [9.4.2]. Se va lua în considerare efectul unei imperfecțiuni inițiale de distorsiune a tălpii libere cu amplitudinea L / 500.

9.2. Criterii de proiectare

9.2.1. Stări limită ultime

9.2.1.1. Pene și rigle de perete cu o singură deschidere solicitate gravitațional sau la sucțiune

(1) Pentru cazul încărcării gravitaționale, se face verificarea condiției de rezistență din paragraful [9.3.1]. În cazul în care există și forță axială de compresiune, este necesară și verificarea stabilității laterale a tălpii libere ca în paragraful [9.3.2].

(2) Pentru încărcarea de sucțiune, se efectuează verificarea de rezistență conform paragrafului [9.3.1] și verificarea stabilității tălpii libere conform paragrafului [9.3.2].

9.2.1.2. Pene şi rigle de perete continue cu două deschideri solicitate gravitaţional

(1) Momentele încovoietoare pentru o pană continuă cu două deschideri, fără petreceri sau eclisări în lungul acesteia, se pot obţine prin calcul sau prin încercări experimentale.

(2) Dacă nu sunt disponibile rezultate experimentale pentru determinarea momentului încovoietor şi a rotirii în secţiunea de pe reazem, acestea se vor obţine printr-o analiză elastică. Pana va trebui în acest caz să satisfacă criteriul de rezistenţă din paragraful [9.3.1]. Pentru momentul încovoietor pe reazem, se verifică şi stabilitatea tălpii libere comprimate conform [9.3.2].

(3) Valoarea momentului capabil, $M_{sup,Rd}$ corespunzător unei încărcări uniform distribuite q_{Fd}, se determină din intersecţia a două curbe reprezentând:

- relaţia moment încovoietor-rotire pe reazem obţinută pe cale experimentală;
- relaţia teoretică între momentul încovoietor pe reazem $M_{sup,Sd}$ şi rotirea ϕ_{Fd} corespunzătoare, determinată în ipoteza formării articulaţiei plastice în secţiunea de reazem (schema statică cu articulaţie în secţiunea de reazem).

(4) Momentele încovoietoare în câmp vor fi calculate funcţie de valorile momentelor încovoietoare pe reazem.

(5) Pentru un sistem cu două deschideri egale se pot folosi următoarele formule:

$$\phi_{Ed} = \frac{L}{12EI_{eff}}\left(q_{Fd}L^2 - 8M_{\sup,Sd}\right) \qquad (9.1)$$

$$M_{spn,Sd} = \frac{\left(q_{Fd}L^2 - 2_{\sup,Rd}\right)^2}{8q_{Fd}L^2} \qquad (9.2)$$

în care:

I_{eff} = momentul de inerţie eficace determinat pentru momentul încovoietor $M_{spn,Sd}$

L = distanţa între reazeme

$M_{spn,Sd}$ = momentul încovoietor maxim în câmp

(6) În cazul deschiderilor inegale, expresiile se obţin din calcul.

(7) Pentru momentul maxim în câmp se face verificarea condiţiei de rezistenţă conform paragrafului [9.3.1].

9.2.1.3. Pene şi rigle de perete continue cu două deschideri solicitate la suciune

(1) Momentele încovoietoare produse de încărcarea de suciune vor fi determinate printr-o analiză elastică.

(2) Momentul încovoietor pe reazem va satisface condiţia de rezistenţă conform paragrafului [9.3.1]. Deoarece pentru acest caz de solicitare, reacţiunea din reazem diminuează efectul momentului încovoietor, nu se va lua în considerare interacţiunea dintre aceste două solicitări.

(3) Momentele încovoietoare în câmp vor satisface condiţia de stabilitate pentru talpa liberă în conformitate cu paragraful [9.3.2].

9.2.1.4. Pene şi rigle de perete cu îmbinări de continuitate realizate prin petrecere sau eclisare, solicitate gravitaţional sau la suciune

(1) Diagramele de eforturi se vor determina ţinând cont de efectul lungimii de petrecere sau lungimii de eclisare, precum şi de voalarea pereţilor secţiunii transversale.

(2) Diferitele tipuri constructive de rezemări vor fi verificate prin încercări de laborator. Din încercări se determină:

- rigiditatea la încovoiere a penei pe porţiunea pe care se realizează petrecerea sau eclisarea;
- încărcarea ultima (de cedare) corespunzătoare combinaţiei celei mai defavorabile dintre momentul încovoietor şi reacţiunea pe reazemul intermediar (în zona îmbinării de continuitate prin petrecere sau eclisare) sau încărcarea ultimă corespunzătoare combinaţiei dintre momentul încovoietor şi forţa tăietoare în zona adiacentă îmbinării de continuitate;
- dependenţa moment încovoietor-rotire în secţiunea de pe reazem.

(3) Pentru cazul încărcării gravitaționale se vor face următoarele verificări:

- pe reazeme, rezistența din efectul combinat al reacțiunii și momentului încovoietor, determinată prin încercări experimentale sau prin calcul, când este posibil;
- în secțiunea adiacentă reazemului, rezistența din efectul combinat al forței tăietoare și momentului încovoietor, determinată prin încercări experimentale sau prin calcul (când este posibil);
- în câmp, condiția de rezistență conform [9.3.1];
- dacă pana este supusă la compresiune axială, se verifică stabilitatea tălpii libere conform [9.3.2].

(4) Pentru cazul suțiunii se vor face următoarele verificări:

- pe reazeme, rezistența din efectul combinat al reacțiunii și momentului încovoietor, determinată prin încercări experimentale sau (când este posibil) prin calcul, ținând cont că, în acest caz, reacțiunea diminuează efectul momentului încovoietor;
- în secțiunea adiacentă reazemului, rezistența din efectul combinat al forței tăietoare și momentului încovoietor, determinată prin încercări experimentale sau (când este posibil) prin calcul;
- în câmp, stabilitatea tălpii libere conform [9.3.2].

9.2.2. Starea limită a exploatării normale

(1) Săgețile se vor limita la valori admisibile stabilite în așa fel încât exploatarea normală a structurii să nu fie afectată și de asemenea să se evite deteriorări ale finisajelor și elementelor nestructurale.

(2) Săgețile se determină considerându-se că pana lucrează în domeniul elastic și luându-se în considerare combinațiile de încărcări adecvate.

(3) Săgeata penei calculată după direcția perpendiculară pe planul învelitorii, produsă de acțiunile gravitaționale nu va depăși L / 180, în care (L) este deschiderea penei.

9.3. Relații de calcul pentru verificarea de rezistență și stabilitate

9.3.1. Determinarea tensiunii normale

(1) În cazul unei pene solicitate de o forță axială și de o încărcare perpendiculară pe axa sa longitudinală, tensiunea normală de calcul $\sigma_{a,Sd}$ rezultă prin suprapunerea următoarelor tensiuni (vezi fig. 9.2):

- tensiunea normală de încovoiere în plan vertical, produsă de momentul încovoietor $M_{y,Sd}$
- tensiunea normală produsă de forța axială N_{Sd}
- tensiunea normală produsă de încărcarea distribuită laterală $q_{h,Sd}$ care acționează asupra tălpii libere (ca rezultat al tendinței de răsucire și de încovoiere laterală).

(2) Tensiunea normală de pe secțiunea transversală a penei $\sigma_{a,Sd}$ va fi determinată utilizând următoarele relații:

- la nivelul tălpii prinse pe tabla profilată a învelitorii:

$$\sigma_{a,Sd} = \frac{M_{y,Sd}}{W_{ef,y}} + \frac{N_{Sd}}{A_{ef}} < f_y / \gamma_M \qquad (9.3)$$

- la nivelul tălpii libere:

$$\sigma_{a,Sd} = \frac{M_{y,Sd}}{W_{ef,y}} + \frac{N_{Sd}}{A_{ef}} + \frac{M_{fz,Sd}}{W_{fz}} < f_y / \gamma_M \qquad (9.4)$$

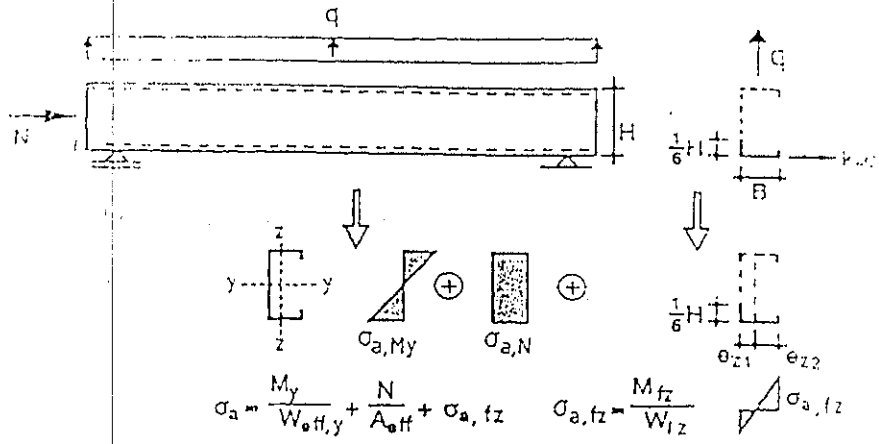


Fig. 9.2. Suprapunerea tensiunilor normale

în care:

$W_{ef,y}$ = modulul de rezistență al secțiunii eficace corespunzătoare solicitării de încovoiere după axa y

A_{ef} = aria secțiunii transversale eficace corespunzătoare solicitării de compresiune axială

W_{fz} = modulul de rezistență al unei secțiuni alcătuite din talpa liberă a penei și o porțiune adiacentă din inimă egală cu 1/6 din înălțimea inimii, determinat în raport cu axa ei centrală paralelă cu inima (deci pentru încovoiere laterală); se va lucra cu aria brută a tălpii libere

$M_{fz,Sd}$ = moment încovoietor generat de încărcarea laterală $q_{h,Sd}$ exercitată asupra tălpii libere, determinat în anumite secțiuni de-a lungul barei (de exemplu în câmp, pe reazemul intermediar, la îmbinarea penei cu un tirant sau în câmpurile dintre îmbinările penei cu contrafișele). Dacă talpa liberă a penei este întinsă, $M_{fz,Sd}$ se poate lua egal cu zero.

f_y - limita de curgere a materialului

γ_M - coeficient de siguranță ($\gamma_M = \gamma_{M0}$ dacă $A_{ef} = A_{el}$ sau $W_{ef,y} = W_{a,el,y}$ și $N_{Sd} = 0$, în caz contrar $\gamma_M = \gamma_{M1}$)

$q_{h,Sd} = k_h \cdot q_{Sd}$ = încărcarea laterală exercitată asupra tălpii libere și generată de fluxul de forfecare. Valoarea coeficientului k_h se dă în fig. 9.3. pentru câteva tipuri uzuale de secțiuni transversale.

(3) Valoarea momentului încovoietor $M_{fz,Sd}$ se determină astfel:

$$M_{fz,Sd} = M_{0,fz,Sd} \cdot \phi_{f,i} \qquad (9.5)$$

$M_{0,fz,Sd}$ = valoarea de calcul a momentului de încovoiere laterală în anumite secțiuni, care nu ține cont de rezemarea elastică.

$\phi_{f,i}$ = coeficient de corecție care ține seama de rezemarea elastică, depinzând de poziția "I" a secțiunii de calcul în lungul barei, de condițiile de rezemare "i" și de coeficientul elastic R al reazemului.

Valorile $M_{0,fz,Sd}$, respectiv $\phi_{f,i}$, se vor obține din tabelul 9.1, unde:

$$R = \frac{KL_a^4}{\pi^4 EI_{fz}} \qquad (9.6)$$

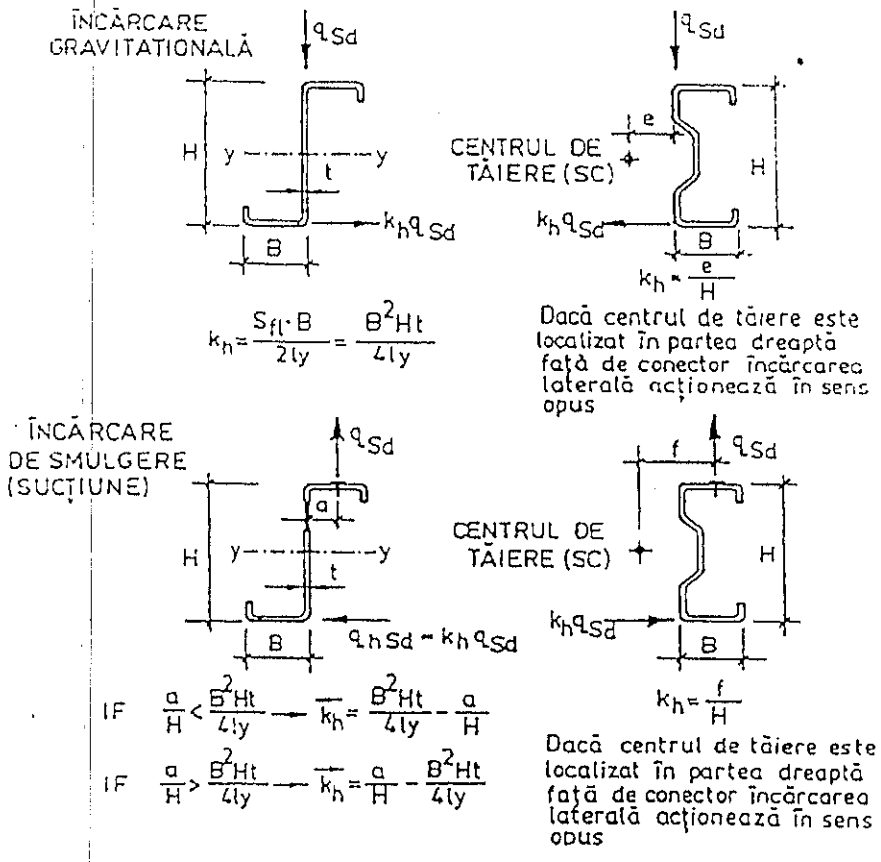
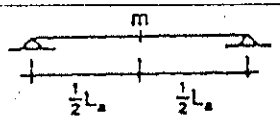
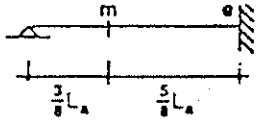
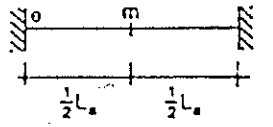


Fig. 9.3. Modelul care descrie transformarea torsiunii tălpii libere în încovoiere laterală

L_a = este distanța dintre punctele de rezemare a penei pe contrafișe sau, dacă nu se prevăd contrafișe, este deschiderea penei.

K = rigiditatea resortului liniar lateral, conform [9.4.1].

I_{fz} = momentul de inerție al secțiunii transversale brute a tălpii libere a penei, plus o porțiune adiacentă de 1/6 din înălțimea inimii, după o axă paralelă cu planul inimii (pentru încovoierea laterală).

Condiții rezemare	Sistemul	Poziția secțiunii 1	$M_{0,fz,Sd}$	$\phi_{0,1}$
1		m	$\frac{1}{8} q_{h,Sd} \cdot L_a^2$	$\phi_{1m} = \frac{1-0{,}0225R}{1+1{,}013R}$
2		m	$\frac{9}{128} q_{h,Sd} \cdot L_a^2$	$\phi_{2m} = \frac{1+0{,}0314R}{1+0{,}396R}$
		e	$-\frac{1}{8} q_{h,Sd} \cdot L_a^2$	$\phi_{2e} = \frac{1-0{,}0141R}{1+0{,}416R}$
3		m	$\frac{1}{24} q_{h,Sd} \cdot L_a^2$	$\phi_{3m} = \frac{1+0{,}0178R}{1+0{,}191R}$
		e	$-\frac{1}{12} q_{h,Sd} \cdot L_a^2$	$\phi_{3e} = \frac{1-0{,}0125R}{1+0{,}198R}$

Tabelul 9.1

9.3.2 Verificarea stabilității tălpii libere comprimate a penei

(1) Verificarea stabilității tălpii libere comprimate se face cu ajutorul relației:

$$\frac{1}{\chi}\left(\frac{M_{y,Sd}}{W_{ef,y}} + \frac{N_{Sd}}{A_{ef}}\right) + \frac{M_{fz,Sd}}{W_{fz}} \le \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \qquad (9.7.)$$

$M_{y,Sd}$; N_{Sd}; $M_{fz,Sd}$; W_{ef}; A_{ef} și W_{fz} au aceeași semnificație ca în paragraful [9.3.1]

c = coeficient de flambaj al tălpii libere determinat pentru curba de flambaj "a" (coeficientul imperfecțiunii generalizate $\alpha = 0{,}21$) și zvelteța redusă $\bar{\lambda}_{fz}$.

$$\bar{\lambda}_{fz} = \frac{l_{fz}}{i_{fz}\lambda_1} \qquad (9.8)$$

l_{fz} = lungimea de flambaj a tălpii libere, dependentă de condițiile de rezemare pentru pierderea stabilității laterale și de distribuția forței axiale

i_{fz} = raza de inerție a secțiunii brute a tălpii libere plus o porțiune adiacentă de 1/6 din înălțimea inimii, în raport cu o axă paralelă cu planul inimii

$$\lambda_1 = \pi[E / f_y]^{0}$$

(2) Pentru cazul încărcării gravitaționale, la o variație a efortului unitar de compresiune în talpa liberă corespunzătoare variației momentului încovoietor din figura 9.4, dacă se respectă condiția $0<R<200$, lungimea de flambaj se obține din relația:

$$l_{fz} = \eta_1 \cdot L_a \cdot (1+\eta_2 \cdot R^{\eta_3})^{\eta_4} \qquad (9.9)$$

în care:

L_a = distanța între punctele de reazem ale penei sau ale tiranților dacă aceștia există.

R se determină conform paragrafului [9.3.1].

Coeficienții η_1 până la η_4 se iau conform tabelului 9.2.

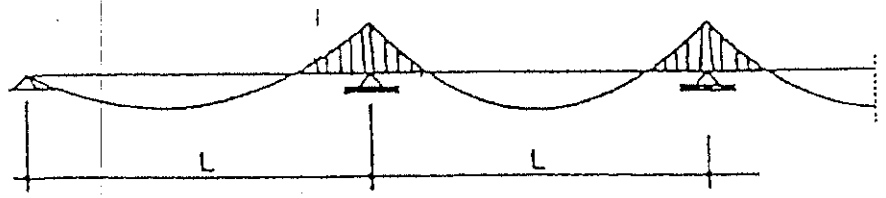


Fig. 9.4. Lungimea de flambaj a tălpii libere în cazul încărcării gravitaționale (zonele haşurate indică regiuni comprimate)

Numărul tiranților prevăzuți pe o deschidere	η_1	η_2	η_3	η_4
0	0.526	22.8	2.12	-0.108
1	0.622	66.7	2.68	-0.084
2 sau 3	0.713	62.7	2.75	-0.084
mai mult de 3	1.000	30.4	2.28	-0.108

Tabelul 9.2. Coeficienți η_i

(3) În cazul în care se prevăd mai mult de 3 tiranți pe o deschidere, lungimea de flambaj nu se va lua mai mare decât valoarea corepunzătoare pentru doi tiranți, cu $L_o = L / 3$.

(4) Dacă tensiunea de compresiune este constantă pe lungimea barei (de exemplu în cazul unei încărcări exterioare cu o forță axială de valoare relativ ridicată), lungimea de flambaj a tălpii libere se va determina conform relației de la punctul (2), lucrând cu valorile η corespunzătoare cazului când avem mai mult de 3 tiranți, dar folosind valoarea reală pentru L_o.

(5) Pentru cazul încărcării de suețiune, la o variație a tensiunii de compresiune în talpa liberă corespunzătoare variației momentului încovoietor din figura 9.5, dacă se respectă condiția $0<R_0<200$, lungimea de flambaj se determină cu formula:

$$L_f = 0{,}7 L_0 (1+13{,}1 R_0^{1{,}6})^{-0{,}125} \qquad (9.10)$$

$$R_0 = \frac{K L_0^4}{\pi^4 E I_{fz}} \qquad (9.11)$$

cu K și I_{fz} conform paragrafului [9.3.1].

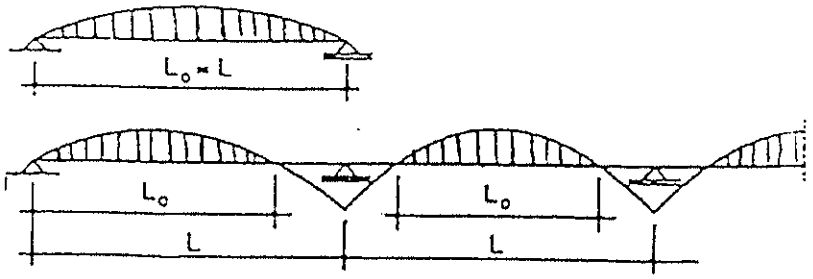


Fig. 9.5. Lungimea de flambaj a tălpii libere în cazul suețiunii (zonele hașurate indică regiuni comprimate)

(6) Dacă talpa liberă a penei este fixată pentru deplasarea laterală (de exemplu prin tiranți) se va diminua în mod corespunzător lungimea de flambaj (pentru o aproximație acoperitoare a acesteia, vezi punctul (3) de mai sus).

9.4. Caracteristicile de rigiditate date de legătura dintre pană și tabla învelitorii

9.4.1. Rigiditatea resortului liniar lateral

(1) Metoda de calcul pentru verificarea penei ce conlucrează cu învelitoarea de tablă cutată se bazează pe tratarea tălpii libere a penei ca o grindă pe reazeme elastice. Elasticitatea reazemelor (reprezentată, așa cum se indică în fig. 9.1, prin rigiditatea resortului liniar lateral), este consecința împiedicării rotirii de către talpa profilată a învelitorii. Resortul rotațional se înlocuiește printr-un resort liniar lateral, ținându-se cont în același timp de distorsionarea secțiunii transversale. Rigiditatea K a resortului liniar lateral, localizată la nivelul tălpii libere a penei se determină cu relația:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_A} + \frac{1}{K_B} + \frac{1}{K_C} \qquad (9.12)$$

în care:

K_A - rigiditatea laterală corespunzătoare rigidității la rotire a îmbinării dintre învelitoare și pană

K_B - rigiditatea laterală datorată distorsiunii secțiunii penei

K_C - rigiditatea laterală datorată rigidității la rotire a tablei învelitorii

(2) În aplicațiile practice, termenul $1/K_C$ poate fi neglijat, deoarece K_C este foarte mare în comparație cu K_A și K_B. Valoarea K va fi astfel obținută din relația:

$$K = \frac{1}{\left(\frac{1}{K_A} + \frac{1}{K_B}\right)} \qquad (9.13)$$

Valoarea $\left(\frac{1}{K_A} + \frac{1}{K_B}\right)$ poate fi determinată prin încercări experimentale (fig. 9.8) sau prin calcule.

(3) Rigiditatea K a resortului liniar lateral se poate determina prin calcule după cum urmează (vezi fig. 9.6):

$$\frac{1}{K} = \frac{4(1-\nu^2)h^2(h_d+e)}{Et^3} + \frac{h^2}{C_D} \qquad (9.14)$$

în care:

C_D = rigiditatea totală a resortului rotațional conform paragrafului [9.4.2].

a = distanța între conectorul fixat pe talpa penei și inima penei (vezi fig. 9.6)

b - lățimea tălpii penei în contact cu tabla profilată

h_d = lățimea geometrică plană a inimii penei (la secțiunile Z se ia c = h conform figurii 9.6)

(c = a) pentru situația în care pe durata încercării punctul de contact între pană și tabla profilată este în dreptul inimii penei

(c = 2a+b) pentru situația în care pe durata încercării punctul de contact între pană și tabla profilată este la marginea tălpii libere a penei.

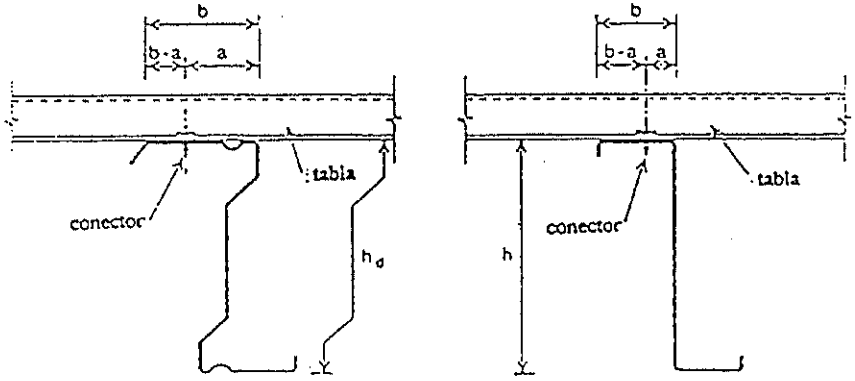


Fig. 9.6. Parametrii pentru calculul rigidității resortului liniar lateral

9.4.2. Rigiditatea resortului rotațional

(1) Tabla profilată legată de talpa superioară a penei împiedică rotirea secțiunii acesteia. Acest fenomen este optim modelat prin introducerea unui resort rotațional care acționează la nivelul tălpii superioare, conform figurii 9.1. Valoarea rigidității C_D a resortului rotațional este dată de relația:

$$C_D = \frac{1}{\left(\frac{1}{C_{D,A}} + \frac{1}{C_{D,C}}\right)} \qquad (9.15)$$

în care:

C_{DA} = rigiditatea la rotire a îmbinării dintre tabla învelitorii și pană;

C_{DC} = rigiditatea la încovoiere a tablei învelitorii după direcția perpendiculară pe axa longitudinală a penei.

(2) În cadrul aplicațiilor uzuale C_{DA} se calculează conform punctului (4) sau punctului (5) al prezentului paragraf. Valoarea rigidității C_{DA} se poate obține prin încercări experimentale. Rigiditatea C_{DC} se poate determina ca rigiditate la încovoiere a tablei profilate a învelitorii în plan perpendicular pe axa longitudinală a penei.

(3) Calculul rigidității C_{DC} se poate efectua conform modelului prezentat în figura 9.8, ținând seama de rotirile penelor adiacente și de gradul de continuitate al tablei, utilizând relația:

$$C_{DC} = M / \phi \qquad (9.16)$$

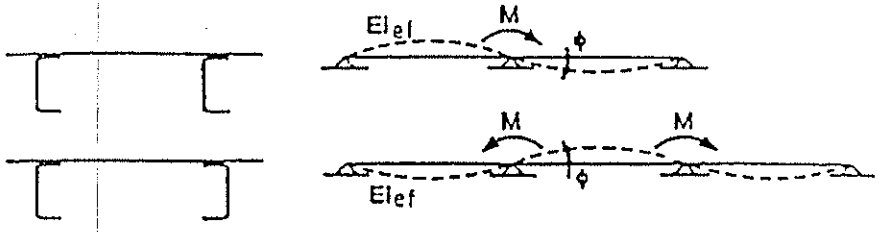


Fig. 9.7. Model pentru calculul lui $C_{D,C}$

(4) O expresie acoperitoare pentru C_{DC} este:

$$C_{D,C} = \frac{kEI_{eff}}{s} \qquad (9.17)$$

unde:

k = 2 pentru panouri de tablă profilată cu o singură deschidere

k = 4 pentru panouri continue de tablă profilată (cu cel puțin două deschideri)

S = distanța dintre pene

$E.I_{ef}$ = rigiditatea la încovoiere a secțiunii transversale eficace a panourilor de tablă profilată

(5) În cazul tablei cutate prinse de tabla superioară a penei printr-un conector amplasat la mijlocul lățimii tălpii, valorile C_{DA} se vor determina după cum urmează:

$$C_{D,A} = \overline{C_{D,A}}\left(\frac{h_a}{100}\right)^2 \qquad \text{când } b_a \le 125 \qquad (9.18)$$

$$C_{D,A} = 12{,}5\overline{C_{D,A}}\left(\frac{h_a}{100}\right)^2 \qquad \text{când } 125 \le b_a \le 200 \qquad (9.19)$$

în care (b_a) este lățimea geometrică a tălpii penei. Pentru rigiditate la rotire a îmbinării dintre tabla învelitorii și pană (C_{DA}) se va consulta tabelul 9.3.

(6) Valorile furnizate în tabelul 9.3. sunt valabile dacă nu se prevede o termoizolație între tabla învelitorii și pană.

(7) O formulă alternativă pentru calculul valorii C_{DA} a rigidității este:

$$C_{DA} = 130\ p\ [\text{kNm/m/rad}] \qquad (9.20)$$

p = numărul conectorilor dintre pană și tabla învelitorii, dispuși pe un metru liniar (maxim 1 conector pentru o profilație de tablă în contact cu pana)

Condițiile constructive impuse la determinarea valorii C_{DA} prin această metodă sunt:

- lățimea profilului tablei cutate în contact cu pana: b ≤120 mm
- grosimea peretelui tablei cutate: t ≥ 0.66 mm
- distanța între conector și centrul de rotire al secțiunii penei trebuie să fie mai mare decât 25 mm.

(8) Rigiditatea resortului rotațional C_D, așa cum s-a definit aici, nu include efectul distorsionării secțiunii transversale. Datorită faptului că în realitate rigiditatea resortului liniar care înlocuiește resortul rotațional C_D este influențată în principal de rigiditatea C_{DA} și de distorsionarea secțiunii transversale, în aplicațiile uzuale se poate neglija aportul rigidității C_{DC}.

Determinarea rigidității resortului liniar se prezintă în paragraful [9.4.1].

(9) Valorile rigidității C_{DA} pot fi obținute printr-o metodă combinată care folosește atât calculele, cât și încercările experimentale. Dacă valoarea ($1/K_A + 1/K_B$) se obține prin testări, valoarea $C_{D,A}$ poate fi determinată conform relației:

$$C_{D,A} = \frac{h^2}{\left(\frac{1}{K_A} + \frac{1}{K_B}\right) - \frac{4(1-\nu^2)h^2(h_d + e)}{Et^3}} \qquad (9.21)$$

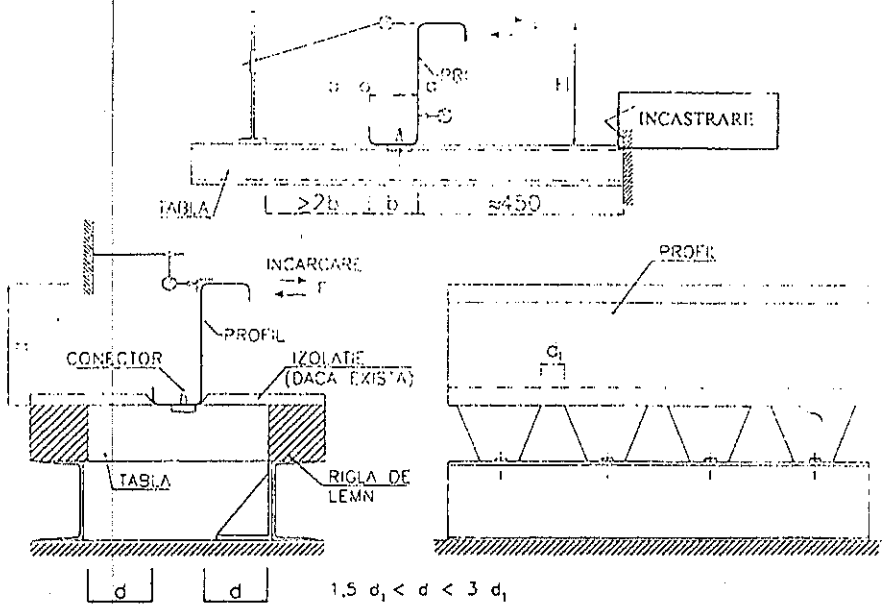
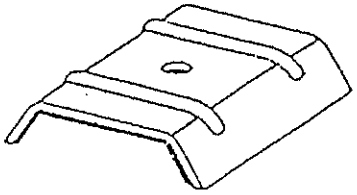


Fig. 9.8. Determinarea experimentală a rigidității resortului K_A și K_B

Amplasarea tablei cutate		Poziția conectorului		Pasul de amplasare a conectorului		Șaiba	Rigiditate a C_{DA}	Valoare maximă (b_T)	Varianta de prindere
Pozitiv	Negativ	În fund de cută	Pe creasta cutei	$e=b_E$	$e=2b_E$	Φ≥... [mm]	[kNm/rad]	[mm]	-
Încărcare gravitațională									
x		x		x		22	5.2	40	1
x		x			x	22	3,1	40	2
	x		x	x		Ka	10,0	40	3
	x		x		x	Ka	5,2	40	4
	x	x		x		22	3,1	120	5
	x	x			x	22	2,0	120	6
Încărcare cu suctiune									
x		x		x		16	2,6	40	7
x		x			x	16	1.7	40	8
Cu: b_E = lățimea cutei b_T = lățimea profilului tablei pe fața ce vine în contact cu pana									

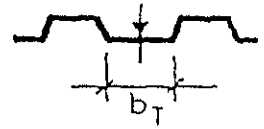
Amplasarea tablei cutate		Poziția conectorului		Pasul de amplasare a conectorului		Șaiba	Rigiditate a C_{DA}	Valoare maximă (b_F)	Varianta de prindere
Pozitiv	Negativ	În fund de cută	Pe creasta cutei	$e=b_E$	$e=2b_E$	$\Phi \geq$... [mm]	[kNm/rad]	[mm]	-

Valorile sunt valabile pentru:
Ka: piuliță nervurată executată din oțel cu grosimea $t \geq 0.75$ mm

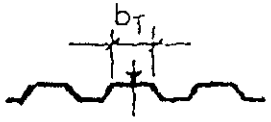


Șuruburi ϕ 6.3mm
Piulițe din oțel cu grosimea $t \geq 1.0$ mm
Grosimea benzii din oțel din care se execută tabla cutată să fie de minim 0.70 mm

Poziția conectorului:
În fund de cută:



Pe creasta cutei:



Tabelul 9.3. - Constanta rotațională C_{DA} pentru tablă cutată din oțel, corespunzătoare unei lățimi a tălpii penei $b_a = 100$ mm

10. ELEMENTE PROFILATE PENTRU DESCHIDERI MARI

10.1. Elemente generale

(1) Chesoanele sunt elemente cu secțiune transversală în formă de U, realizate din două inimi verticale care prezintă la partea superioară câte un rebord, legate între ele la partea inferioară printr-o talpă lată cu rigidizări intermediare, ca în fig. 10.1

Tabelul 10.1 Domeniu de valabilitate

0,75	≤ t_N [mm]	≤ 1,5
	≤ ..... b_0 [mm]	≤ 60
	≤ ..... h [mm]	≤ 200
	≤ ..... b_U [mm]	≤ 600
I_{1-1}	≤ 10 mm^4 / mm	
α_1	≤ 1000 mm	
	(c_s	≤ 300 mm)
	(c_t	≤ 30 mm)
(numai în cazul diafragmelor)		

unde t_N reprezintă grosimea nominală a tablei din care este executat chesonul.

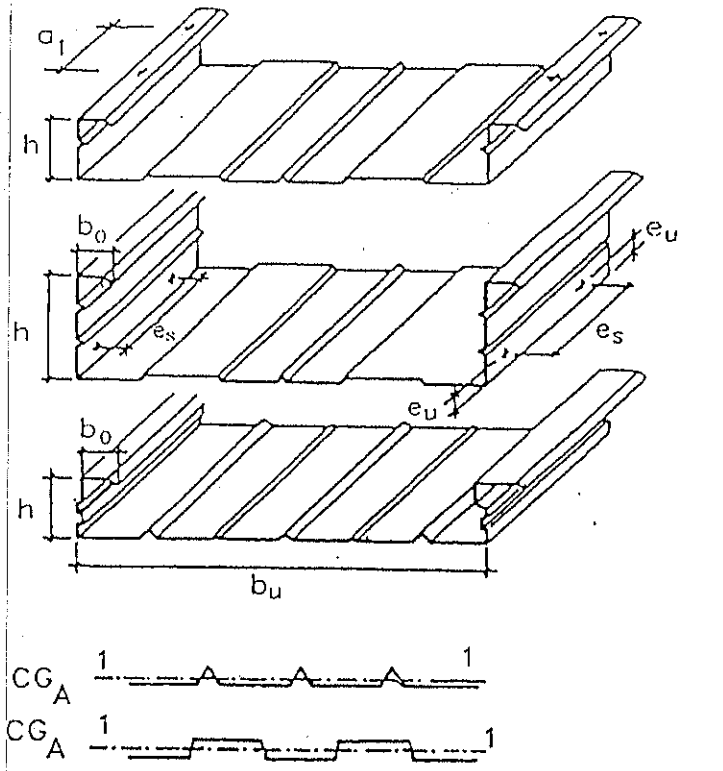


Fig. 10.1. Forme tipice și dimensiuni geometrice ale secțiunilor transversale de chesoane

(2) Rezistența inimilor la acțiunea forței tăietoare și la forțe locale transversale va fi verificată conform paragrafelor [4.8 - 4.9.] din Norma NPO 12 / 1997, dar utilizând valoarea $M_{C,Rd}$ dată de aliniatul următor (3).

(3) Momentul capabil $M_{C,Rd}$ se calculează conform paragrafului [10.2] în condițiile în care:

- caracteristicile geometrice ale secțiunii sunt în limitele prevăzute în tabelul 10.1;
- înălțimea h_u a cutelor tălpii late nu depășește h/8

10.2. Calculul momentului capabil

10.2.1. Profile cu talpa lată solicitată la compresiune

Secvența de proiectare cuprinde următorii pași (vezi fig. 10.2):

(1) Pas 1

Determinarea ariei eficace a zonei comprimate a secțiunii lucrând cu raportul $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ obținut considerând că rebordul comprimat lucrează cu secțiunea eficace (secțiunea redusă datorită voalării), dar că inima nu este afectată de voalare (este integral eficace).

(2) Pas 2

Determinarea poziției definitive a centrului de greutate și a momentului capabil:

$$M_{c,Rd} = W_{eff,min} \cdot f_y / \gamma_{M2} \qquad (10.1)$$

unde: $\gamma_{M2} = 1{,}25$

$W_{eff,min} = I_{y,eff} / Z_e$ dar cu $W_{eff,min} < I_{y,eff} / Z_t$

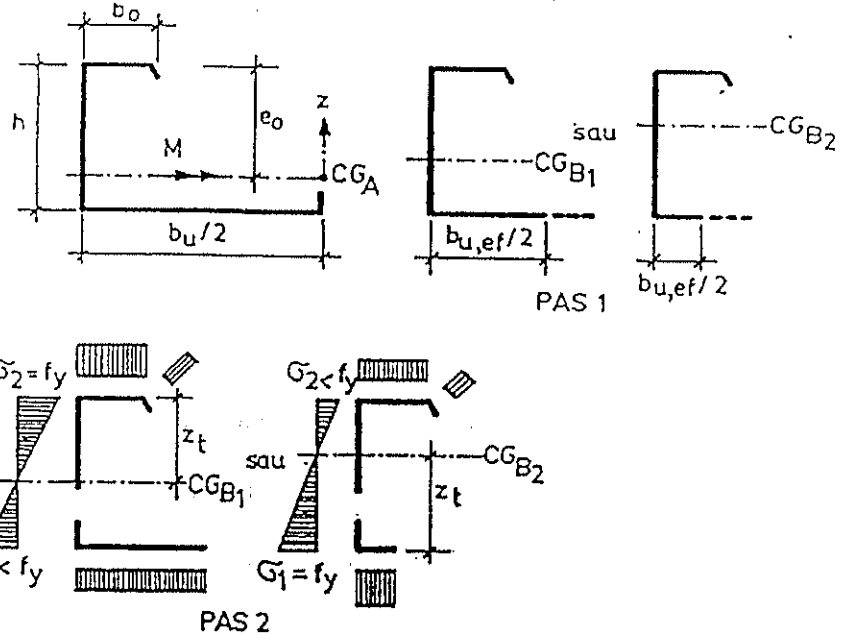


Fig. 10.2. Pașii procedurii de determinare a momentului capabil (talpa lată este comprimată)

10.2.2. Profile cu talpa lată solicitată la întindere

Secvența de proiectare cuprinde următorii pași (vezi fig. 10.3):

(1) Pas 1

Determinarea centrului de greutate al secțiunii transversale brute.

(2) Pas 2

Se estimează lățimea eficace a tălpii late ținând cont de rigidizările intermediare, pe baza distanței e_0 de la centrul de greutate la fibra extremă a tălpii superioare, cu formula:

$$b_{u,eff} = \frac{53.3 \times 10^{10} e_0^2 t^3 t_{eq}}{h L b_u^3} \qquad (10.2)$$

b_u - lățimea tălpii late

t_{eq} = grosimea echivalentă de perete a tălpii rigidizate, dată de relația:

$$t_{eq} = (12 I_a / b_u)^{1/3}$$

I_a = momentul de inerție al tălpii late, rigidizată în raport cu axa centrală orizontală, exprimat în [mm^4]

L = deschiderea elementului (casetei)

(3) Pas 3

Determinarea ariei eficace a zonei comprimate a secțiunii lucrând cu raportul $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ obținut considerând că rebordul comprimat lucrează cu secțiunea eficace (secțiunea redusă datorită voalării), dar că inima nu este afectată de voalare (este integral eficace).

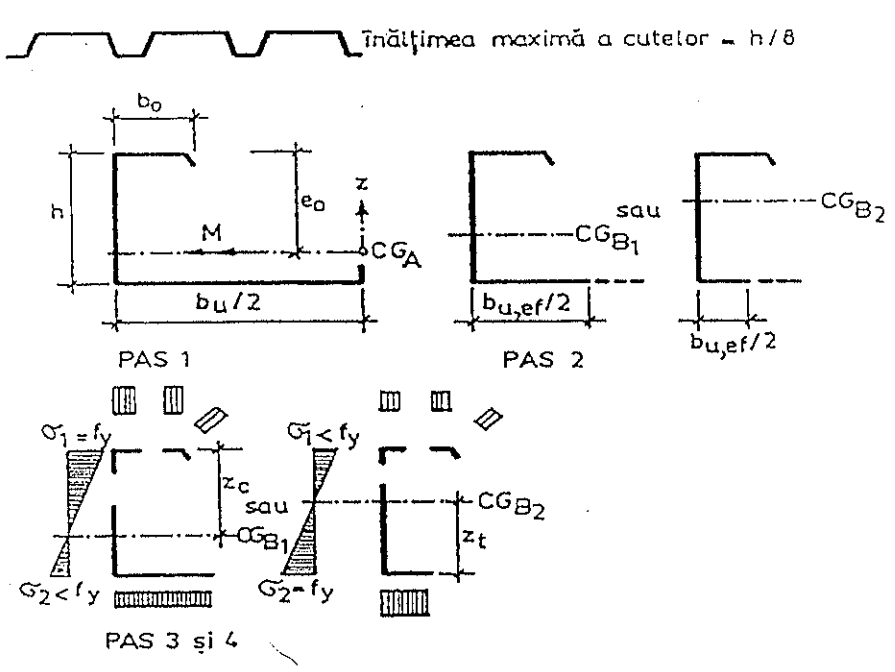


Fig. 10.3 Pașii procedurii de determinare a momentului capabil (talpa lată este întinsă)

(4) Pas 4

Determinarea poziției definitve a centrului de greutate al secțiunii transversale și a momentului capabil de voalare:

$$M_{b,Rd} = \beta_b W_{eff,com} \cdot f_y / \gamma_{M2} \text{ dar } M_{b,Rd} < W_{eff,com} \cdot f_y / \gamma_{M2} \qquad (10.3)$$

unde:

$W_{eff,com} = I_{y,eff} / Z_c$ sau $W_{eff,t} = I_{y,eff} / Z_t$

$\gamma_{M2} = 1,25$

$\beta = 1,0$ dacă $s_1 < 300$ mm

$\beta = 1,15 - s_1 / 2000$ dacă 300 mm $< s_1 <$ 1000 mm

În care "s_1" este pasul (distanța în lungul elementului) între conectorii prevăzuți la nivelul rebordului și care asigură împiedicarea deplasării lui laterale.

(4) Efectul modificării distribuției tensiunilor normale pe talpa lată datorită forfecării ("shear lag") se va lua în considerare dacă $L / b_{u,ef} < 20$. În

acest caz trebuie să se țină cont și de reducerea lățimii eficace $b_{u,ef}$ conform paragrafului [4.4.3] din Norma NPO 12 / 1997.

(5) Casetele care nu au prevăzute rigidizări pe talpa lată se vor calcula simplificat adoptând aceeași arie eficace pentru talpa inferioară ca și pentru rebordul comprimat.

10.3. Calculul capacității portante și a rigidității la forfecare

(1) Utilizarea casetelor pentru obținerea unor diafragme care să lucreze la forfecare este condiționată de existența rigidizărilor intermediare pe talpa acestora, respectiv de executarea prinderilor pe inimi amplasând conectorii la distanțe care să nu depășească valoarea e_s = 300 mm și la distanța e_u de cel mult 30 mm de talpă (fig. 10.4).

(2) În starea limită ultimă, valoarea fluxului maxim de forfecare se limitează la:

$$T_{x,Rd} \le 0,2E\sqrt[4]{I_1 (t / b_u)^9} \qquad (10.4)$$

unde I_1 reprezintă momentul de inerție al tălpii

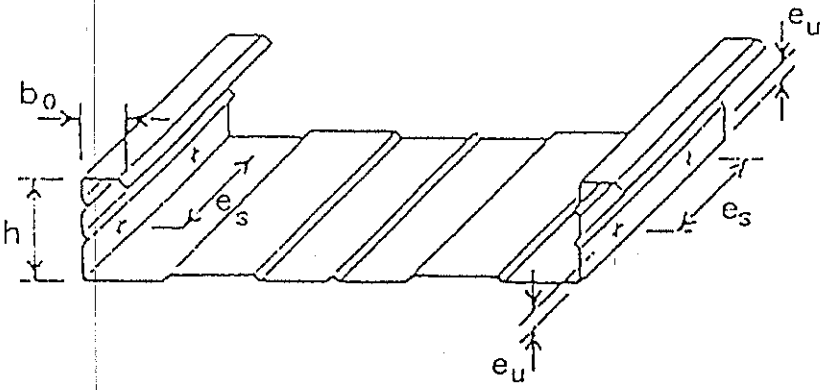


Fig. 10.4. Poziționarea conectorilor

(3) Fluxul de forfecare efectiv T_x în starea limită a exploatării normale este limitat la:

$$T_{x,Ed} = S_x / 375 \qquad (10.5)$$

unde:

S_s = rigiditatea la forfecare, pe unitate de lungime a deschiderii, care, în absența datelor provenite din încercări experimentale se poate deduce folosind relația:

$$S = \alpha \cdot Lb_u / [e_s (b-b_u)]$$

În care:

L = lungimea diafragmei (pe direcția deschiderii casetelor)

b = lățimea geometrică a diafragmei ($b = \Sigma b_u$)

$\alpha = 2.10^3$ [N/mm] (factor de rigiditate obținut prin încercări experimentale).

ORDIN Nr. 28 / N/
din: 22.05.2000

Având în vedere:

- Avizul Consiliului Tehnico-Ştiinţific nr. 131 / 23.12.1999

- În temeiul Hotărârii Guvernului nr. 456 / 1994 republicată, privind organizarea şi funcţionarea Ministerului Lucrărilor Publice şi Amenajării Teritoriului,

- În conformitate cu Hotărârea Parlamentului României nr. 57 / 21.12.1999 şi a Decretului nr. 433 / 22.12.1999,

- În baza Raportului Direcţiei Generale de Reglementări şi Atestări Tehnice,

- Ministrul Lucrărilor Publice şi Amenajării Teritoriului emite următorul

ORDIN:

Art. 1 - Se aprobă reglementarea tehnică : "Normativ privind prescripţiile generale de proiectare. Verificarea prin calcul a elementelor de construcţii metalice şi a îmbinărilor acestora", indicativ NP 042-2000.

Art. 2 - Reglementarea tehnică de la art. 1 se publică în Buletinul Construcţiilor.

Art. 3 - Prezentul ordin intră în vigoare la data publicării lui în Buletinul Construcţiilor.

Art. 4 - Direcţia Programe de Cercetare şi Reglementări Tehnice va aduce la îndeplinire prevederile prezentului ordin.

MINISTRU
NICOLAE NOICA