

1. Prin grindă cu secțiune plină și inimă suplă, în sensul prezentelor instrucțiuni, se înțelege o grindă cu secțiune plină care nu satisface condițiile de stabilitate locală prevăzute la punctul 10 din STAS 10108/0-78.

2. Prezentele instrucțiuni tehnice se referă la grinzile cu secțiune dublu simetrică omogene sau hibride, cu rigidizări transversale pe ambele părți ale inimii sau fără rigidizări. Prin grindă hibridă se înțelege grinda compusă cu secțiune plină la care inima și tălpile sînt din oțeluri cu mărci diferite. În instrucțiuni se tratează cazul grinzilor la care ambele tălpi (avînd aceleași dimensiuni) sînt din oțel cu aceeași marcă, în inimi putîndu-se folosi oțel inferior. Grinda omogenă este grinda la care inima și tălpile sînt din oțel cu aceeași marcă.

3. Folosirea grinzilor cu inimă suplă, omogene sau hibride, trebuie să conducă la obținerea de economii de oțel și cost, în raport cu grinzile proiectate conform STAS 10108/0-78.

4. Prevederile instrucțiunilor se aplică grinzilor solicate static la încovoiere în planul inimii și forfecare. Calculul solicitărilor se face în domeniul elastic, încărcările fiind determinate și grupate conform STAS 10101/0A-77.

5. Oțelurile ce se pot folosi sînt conform punctului 2.1. din STAS 10108/0-78.

6. Rezistențele de calcul sînt conform punctului 4 din STAS 10108/0-78. În instrucțiuni se notează cu R_M rezistența de calcul a oțelului prevăzut în tălpi iar cu R_m rezistența de calcul a oțelului prevăzut în inimă.

7. În dreptul tuturor forțelor concentrate și în dreptul locului de modificare a pantei inimii (fig. 1) se vor prevedea rigidizări transversale. Rigidizările de sub forțele concentrate (inclusiv de pe reazeme) se verifică la fel ca un montant articulată între cele două tălpi încărcat cu forța concentrată; în secțiunea de calcul a montantului se cuprind rigidizările și porțiuni de inimă de $15t \cdot \sqrt{210/R_m}$ într-o parte și alta a rigidizărilor. Rigidizările din dreptul locului de modificare a pantei inimii se vor verifica asemănător cu cele de sub forțele concentrate, ca fiind solicate la forța N_r (fig. 1 b).

8. Se consideră în calcul că grinda este rigidizată dacă distanța între două rigidizări învecinate nu depășește de două ori înălțimea inimii și dacă dimensiunile rigidizărilor respectă condițiile de la punctul 13; în caz contrar grinda (sau panoul de grindă) se va considera ca fără rigidizări.

9. Verificarea stării limită de deformății (starea limită a exploatării normale) se face respectînd prevederile STAS 10108/0-78 în privința săgeților limită admise și a STAS 10101/0A-77 în privința grupării acțiunilor. Calculul săgeților se face folosind caracteristicile geometrice nemodificate ale secțiunilor.

10. Verificarea stărilor limită ale capacității portante pentru grinda cu secțiune plină și inimă suplă rigidizată se face după cum urmează.

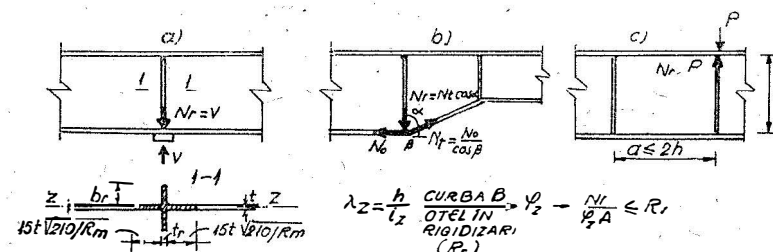


Fig. 1

10.1. Starea limită de rezistență se verifică în toate secțiunile semnificative cu relațiile:

$$\sigma_r \leq \varphi_{M_r} \cdot R_M \quad (1)$$

$$\sigma_r \leq \left[\varphi_{M_t} + 3 (\varphi_{M_r} - \varphi_{M_t}) \left(1 - \frac{\tau}{0,6 \cdot R_m} \right) \right] \cdot R_M \quad (2)$$

$$\tau_r \leq 0,6 \cdot R_m \quad (3)$$

unde:

$$\sigma_r = \frac{M_r}{W_{xr}};$$

$$\tau_r = \frac{T_r}{t \cdot h};$$

M_r și T_r sînt momentul încovoietor, respectiv forța tăietoare din aceeași secțiune;

W_{xr} se calculează conform STAS 10108/0-78;

$$\varphi_{M_r} = 1 - \frac{1 - \alpha}{1 + 3 \cdot \beta}; \quad \varphi_{M_t} = 1 - \frac{1}{1 + 3 \cdot \beta}$$

$\alpha = R_m / R_M$ (cînd grinda este omogenă se adoptă $\alpha = 1$);

$$\beta = \frac{2t_i \cdot b_i}{t \cdot h}.$$

Relația (2) nu este necesar să fie verificată dacă

$$\tau_r \leq 0,4 \cdot R_m \text{ sau dacă } \sigma \leq \varphi_{M_t} \cdot R_M.$$

10.2. Starea limită de stabilitate locală a inimii se verifică în paourile de inimă cuprinse între două rigidizări succesive, cu relațiile:

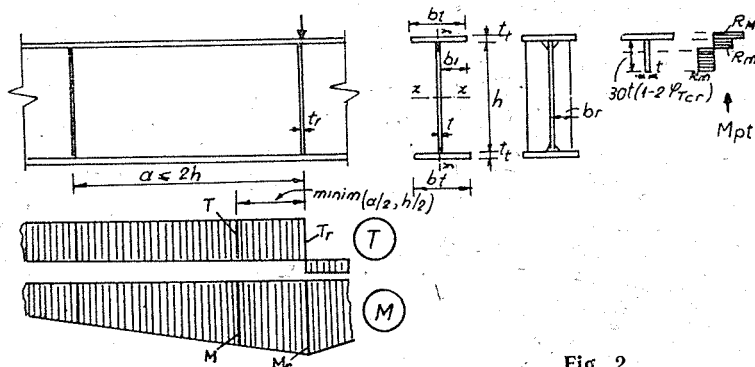


Fig. 2

$$\sigma_r \leq \varphi_M \cdot R_M \quad (4)$$

$$\tau \leq \varphi_T \cdot 0,6 \cdot R_m \quad (5)$$

$$\left[\frac{\sigma \sqrt{1 - \left(\frac{\varphi_T \cdot \tau}{\varphi_T} \right)^2}}{\varphi_M \cdot R_M} \right]^2 + \left[\frac{\tau}{\varphi_T \cdot 0,6 \cdot R_m} \right]^2 \leq 1 \quad (6)$$

unde:

$$\sigma = \frac{M}{W_x}; \quad \sigma_r = \frac{M_r}{W_x};$$

$$\tau = \frac{T}{th}$$

M și T se iau conform figurii 2; M_r ca la punctul 2. 1.;

W_x se ia pentru secțiunea brută;

$$\varphi_M = 1 - \frac{1 - \frac{m(1 + 2 \cdot \alpha - m)}{1 + m}}{1 + 3 \cdot \beta}$$

$$m = \left(\frac{145}{h/t} \right)^2 \cdot \frac{210}{R_M}; \text{ se adoptă } m \leq \alpha;$$

α și β se adoptă ca la punctul 10.1;

$$\varphi_T = \varphi_{Tcr} + \sqrt{\frac{25 \cdot M_{pt}}{t \cdot h^2 \cdot R_m} \cdot \frac{1 - \varphi_{Tcr}}{1 + (a/h)^2}}; \text{ se adoptă } \varphi_T \leq 1;$$

$$\varphi_{Tcr} = \left[0,57 + \frac{0,43}{(a/h)^2} \right] \cdot \left(\frac{120}{h/t} \right)^2 \cdot \frac{210}{R_m} \text{ pentru } \frac{a}{h} \geq 1;$$

$$\varphi_{Tcr} = \left[0,43 + \frac{0,57}{(a/h)^2} \right] \cdot \left(\frac{120}{h/t} \right)^2 \cdot \frac{210}{R_m} \text{ pentru } a/h \leq 1;$$

M_{pt} = moment încovoietor plastic capabil al tălpii la care se consideră, în cazul cînd $\varphi_{Tcr} < 0,5$, și o porțiune de inimă egală cu $30 \cdot t(1 - 2\varphi_{Tcr})$. (v. fig. 2)

Relațiile (5) și (6) este necesar să fie aplicate doar pentru cazul cînd $\tau > \varphi_T \cdot 0,6 \cdot R_m$.

Suplețea inimii (h/t) nu va depăși valoarea $330 \sqrt{\frac{210}{R_M}}$.

10.3. Starea limită de stabilitate locală pentru talpa comprimată se verifică cu relația:

$$b_1/t_i \leq k_1 \quad (7)$$

unde b_1 se ia conform figurii 2, iar k_1 se ia din tabelul 34 STAS 10108/0-78, coloana pentru grinzi, în funcție de marca oțelului din talpă.

10.4. Starea limită de stabilitate generală se verifică cu relația:

$$l_i \leq 11,5 \cdot b_i \cdot \sqrt{210/R_m} \quad (8)$$

unde l_i este distanța dintre două puncte succesive de legătură a tălpii comprimate pe direcția transversală a planului inimii iar b_i este lățimea tălpii.

Legăturile transversale se prevăd acolo unde există și rigidizări transversale.

11. Verificarea stărilor limită ale capacității portante pentru grinda cu secțiune plină și inimă suplă nerigidizată, se face după cum urmează.

11.1. Starea limită de rezistență se verifică la fel ca și în cazul grinzilor cu inimi rigidizate, conform punctului 10.1.

11.2. Starea limită de stabilitate locală a inimii este satisfăcută dacă se verifică relația:

$$\frac{h}{t} \leq 70 \cdot \sqrt{\frac{125}{\tau}} \quad (9)$$

Nu se admite folosirea grinzilor cu inimi nerigidizate având suplețea inimii (h/t) mai mare decât 140.

Tensiunea $\tau = \frac{T}{th}$ se va lua cu valoarea maximă de pe porțiunea de grindă ce se verifică.

11.3. Starea limită de stabilitate locală a tălpii comprimate se verifică la fel ca la punctul 10.3.

11.4. Starea limită de stabilitate generală se verifică la fel ca la punctul 10.4.

12. Legătura dintre inimă și tălpi poate fi sudură pătrunsă pe toată grosimea inimii (cu sau fără prelucrarea materialului de bază) sau sudură de colț având grosimea minim 0,6 t. Prinderea

rigidizărilor transversale pe inimă și tălpi se face cu două cordoane de sudură de colț, având grosimea minim 0,5 t. În cazul rigidizărilor de reazem grosimea minimă a sudurilor este 0,6 t. Grosimile sudurilor de colț nu vor depăși 0,7 t_{min} (t_{min} = grosimea minimă a tablelor ce se îmbină cu cordonul respectiv de sudură).

13. Rigidizările transversale vor avea dimensiunile astfel încît să respecte condițiile:

$$I_r \geq 2 \cdot \left[1 + 3 \cdot \left(\frac{h/t}{120 \cdot \sqrt{210/R_m}} - 1 \right) \right] \cdot \frac{\tau}{\varphi_r \cdot 0,6 \cdot R_m} \cdot ht^3; \quad (10)$$

$$I_r \geq 3 \cdot h \cdot t^3; \text{ unde } I_r = t_r \cdot (2 \cdot b_r + t)^3 / 12.$$

14. În panourile de capăt ale grinzilor la care $\tau > \varphi_{r,cr} \cdot 0,6 \cdot R_m$ se va adopta detaliul constructiv din figura 3. a sau 3.b.

15. Relațiile de calcul sînt omogene dimensional. Tensiunile se vor introduce în calcule și rezultă din relații în N/mm².

16. La alcătuirea și calculul joantelor se va urmări restabilirea capacității portante a componentelor secțiunii. În cazul joantelor cu șuruburi de înaltă rezistență pretensionate se vor adopta

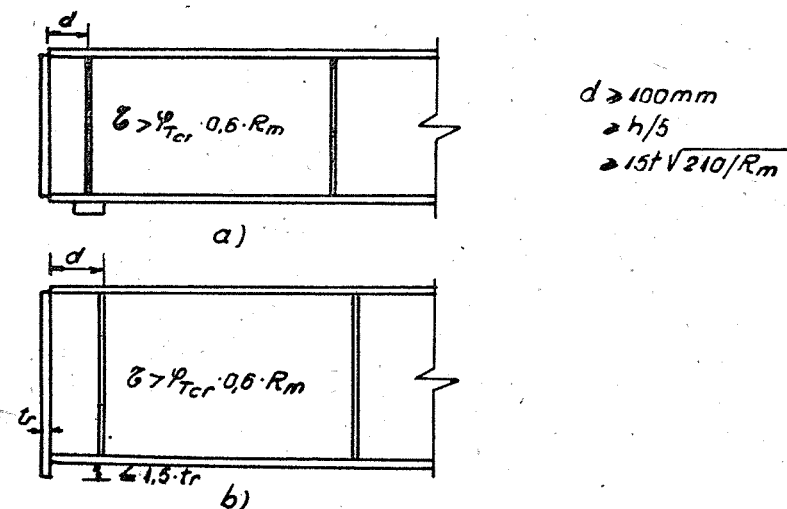


Fig. 3

coeficienți de frecare corespunzători mărcii de oțel, din tălpi, respectiv din inimă.

17. În cazul variației secțiunii tălpilor în lungul grinzii, pentru ca o talpă să poată fi considerată activă din punct de vedere al stării limită de stabilitate locală a unui panou de inimă, este necesar ca dimensiunile ei să existe și în panoul vecin, mai puțin solicitat, la o distanță de minim $b/2$ (v.fig.4). O talpă este considerată activă din punct de vedere al stării limită de rezistență de la o distanță de $b/2$, de la locul de unde se modifică dimensiunile ei (v.fig.4).

18. Cerințele pentru execuția grinzilor cu inimă suplă omogenă sau hibride sînt ca și pentru grinzile principale obișnuite.

19. Se recomandă ca într-o grindă să nu se folosească mai multe calități de oțel pentru o anumită grosime de tablă.

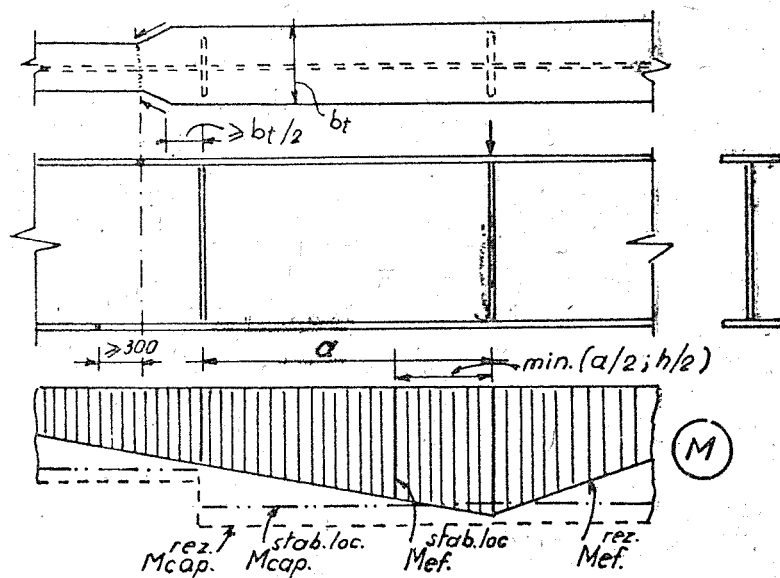


Fig. 4

COMENTARII

1a

INSTRUCȚIUNI TEHNICE PENTRU PROIECTAREA GRINZILOR DIN OȚEL CU SECȚIUNE PLINĂ, INIMA SUPLĂ, OMOGENE SAU HIBRIDE

C.1. —

C.2. Există grinzi hibride cu tălpi neegale. De asemenea se pot folosi oțeluri diferite în cele două tălpi și chiar diferite de oțelul din inimă. Aceste cazuri nu constituie obiectul instrucțiunilor.

C.3. La o proiectare la limită, conform instrucțiunilor, în general se satisface dezideratul obținerii de grinzi mai economice decât cele proiectate conform STAS 10108/0-78.

Trebuie remarcat că o grindă este cu atât mai economică din punct de vedere al consumului de oțel și al prețului de cost, cu cât suplețea inimii este mai ridicată. Astfel de exemplu, o grindă cu suplețea inimii 140, este cu cca. 20% mai ușoară și mai economică decât o grindă cu suplețea inimii 70, la același moment încovoietor capabil. Creșterea supleții inimii este limitată de stabilitatea locală a ei și de dimensiunile minime constructive ale tablilor.

Folosirea oțelurilor superioare este o altă cale de creștere a eficienței grinzilor cu secțiune plină. Astfel prin înlocuirea unei grinzi din oțel OL 37 cu o grindă din OL 52, cu aceeași capacitate portantă, conformată la fel (deci cu aceeași suplețe a inimii și același raport de distribuție a materialului între tălpi și inimă) se obține o economie de consum de oțel de cca. 23% și de preț de cost de cca. 1,5%.

Folosirea oțelurilor superioare este limitată de creșterea flexibilității grinzilor.

Realizarea grinzilor cu secțiune hibridă și inimi suple, se estimează că poate să conducă la obținerea de economii de 10 · · · 15% la consumul de oțel și de 20 · · · 25% la prețul de cost, în comparație cu grinzile omogene proiectate conform STAS 10108/0-78.

Explicarea afirmațiilor de mai sus are la bază observația intuitivă că la o grindă cu secțiune plină, din punct de vedere al participării la preluarea încovoierii inimă are o contribuție de 20 . . . 25% în timp ce din punct de vedere al consumului de oțel contribuie cu 40 . . . 50%. În consecință utilizarea grinzilor cu inimi suple care folosesc rezerva de capacitate portantă în domeniul postcritic, alături de utilizarea de secțiuni hibride cu tălpi din oțeluri de marcă ridicată, sînt căi de sporire a eficienței. Este optim conformată grinda la care suplețea inimii este cea maximă admisă de stabilitatea locală (în domeniul postcritic) iar marca de oțel este cea care conduce la deformății (săgeți) la limită, simultan cu rezistență la limită.

C.4. —

C.5. —

C.6. —

C.7. —

C.8. — Poziția și dimensiunile rigidizărilor trebuie să asigure formarea de panouri de inimă în care să se manifeste rezerve semnificative de capacitate portantă în domeniul postcritic. Dimensiunile rigidizărilor trebuie să asigure dezvoltarea mecanismelor de cedare admise în calcul.

C.9. Deformațiile sînt urmare a comportării de ansamblu a grinzii. În mod curent, datorită gradientului eforturilor, doar porțiuni reduse ale grinzii lucrează în domeniul postcritic și se plastifică datorită hibridării. În consecință pentru calculul deformățiilor se neglijează modificarea rigidității grinzii.

C.10. —

C.10.1. În toate secțiunile semnificative (deci și în secțiunile cu M_{max} , T_{cor} sau M_{cor} , T_{max} — de pe porțiuni cu secțiune constantă) se verifică starea limită de rezistență. În raport cu grinzile proiectate conform STAS 10108/0-78 se consideră doar modificările produse de aspectul hibrid al grinzilor. Coeficientul φ_{Mr} din instrucțiuni este dedus pe baza modelului de calcul din fig. C.1 în care se consideră o grosime de inimă egală cu $\alpha \cdot t$ și se liniarizează secțiunea.

Astfel momentul încovoietor ultim capabil este:

$$M_{ur} = \frac{t \cdot h^2}{6} \cdot R_m + A_t \cdot h \cdot R_m = \frac{t \cdot h^2}{6} \cdot R_m (\alpha + 3\beta)$$

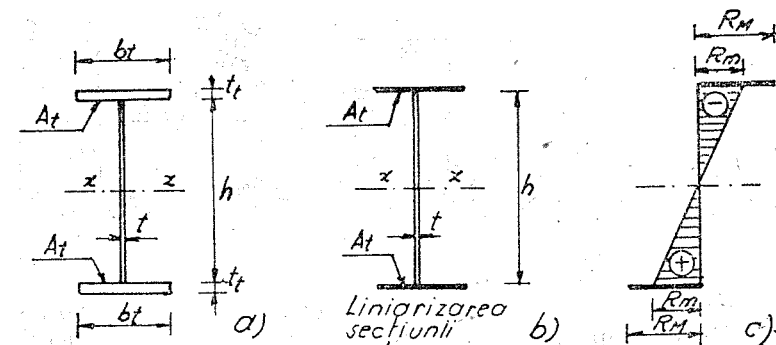


Fig. C.1

Ținînd seama că:

$$W_x \approx \frac{I_x}{h/2} = \frac{\frac{th^3}{12} + 2 A_t \left(\frac{h}{2}\right)^2}{h/2} = \frac{1 + 3\beta}{6} th^2; \beta = \frac{2 A_t}{t \cdot h}; \alpha = \frac{R_m}{R_m};$$

$$\varphi_{Mr} = \frac{M_{ur}}{W_x \cdot R_m}$$

rezultă:

$$\varphi_{Mr} = \frac{\alpha + 3\beta}{1 + 3\beta} = 1 - \frac{1 - \alpha}{1 + 3\beta}. \text{ Dacă } \alpha = 0 \text{ rezultă } \varphi_{Mr} = \varphi_{M_s}$$

Atunci cînd secțiunea preia momentul încovoietor M_{ur} , forța tăietoare capabilă, conform figurii C.2.d, este:

$$T_r = \frac{2}{3} \cdot t \cdot h \cdot 0,6 \cdot R_m$$

Deci

$$\frac{T_r}{0,6 R_m} = \frac{2}{3}$$

Prezența simultană a momentului încovoietor și a forței tăietoare se consideră conform diagramei de interacțiune din fig. C.3. În punctul 1 de pe diagramă tensiunile σ sînt conform figurii C.1.c. Între punctul 1 și punctul 2 tensiunile sînt conform figurii C.2.c. Punctul 2 reprezintă forța tăietoare maximă ce poate

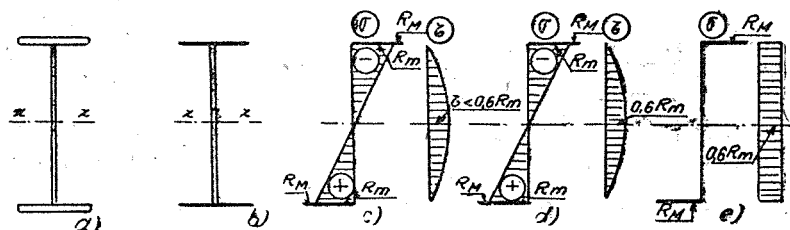


Fig. C,2

fi preluată simultan cu momentul încovoietor ultim capabil iar starea de tensiune limită este conform fig. C.2.d. În punctul 3 este reprezentată forța tăietoare maximă capabilă, v. și fig. C.2.e, cînd moment încovoietor mai pot prelua doar tălpile.

C.10.2. În cazul solicitării la încovoiere, după ce se atinge, în fibra cea mai comprimată a inimii, tensiunea $\sigma_{cr} = 23,9 \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{t}{h}\right)^2$ apar distorsiuni (abateri de la liniaritate) în diagrama de tensiuni, v. fig. C.4.b. Modelul de calcul folosit în instrucțiuni consideră două etape de lucru a grinzii solicitate la încovoiere — o etapă în care distribuția tensiunilor este de tip Navier, pînă la

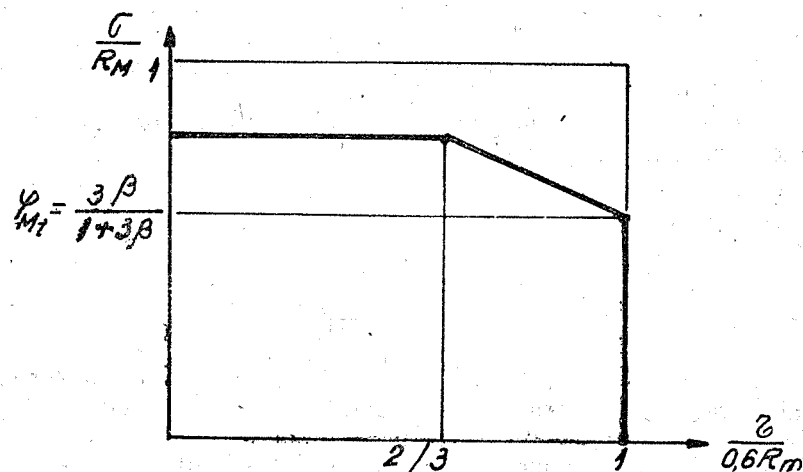


Fig. C,3

atingerea tensiunii σ_{cr} , fig. C.4.d și o altă etapă care durează pînă la atingerea în tălpi a tensiunii R_m , fig. C.4.e, cînd distorsiunile de tensiune din zona comprimată a inimii sînt considerate prin aplicarea unui coeficient $m = \sigma_{cr}/R_m$. Este adoptat ca stadiu limită atingerea curgerii în talpă deoarece plastificarea tălpilor ar presupune condiții mult prea severe și neeconomice pentru stabilitatea generală și locală. Astfel momentul încovoietor ultim este suma momentelor capabile din cele două etape.

$$\begin{aligned} M_u &= W_x \cdot \sigma_{cr} + A_i \cdot h (R_m - \sigma_{cr}) + \\ &+ \frac{1}{2} t \frac{h \cdot m}{1+m} (R_m - \sigma_{cr}) \frac{2}{3} \frac{h}{1+m} + \\ &+ \frac{1}{2} t \frac{mh}{1+m} (R_m - \sigma_{cr}) \frac{2}{3} \frac{mh}{1+m} = \\ &= W_x R_m \left[k + \frac{3\beta(1-k)}{1+\beta} + \frac{2m(\alpha-k)}{(1+m)(1+3\beta)} \right] = \\ &= W_x R_m \left[1 - \frac{1 - \frac{2\alpha m - k(1-2m)}{1+m}}{1+3\beta} \right] \end{aligned}$$

În relațiile precedente s-a admis liniarizarea secțiunii (v. fig. C.4.e) și s-au făcut notațiile.

$$\beta = \frac{2 A_t}{A_i}; \quad \alpha = \frac{R_m}{R_m}; \quad W_x = \frac{1+3\beta}{6} th^2;$$

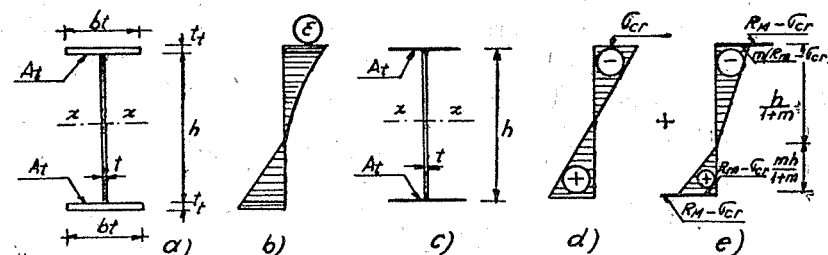


Fig. C,4

$$\frac{A_t \cdot h}{W_x} = \frac{3 \beta}{1 + 3 \beta}; \quad \frac{t \cdot h^2}{3 W_x} = \frac{2}{1 + 3 \beta}; \quad m = \frac{\sigma_{cr}}{R_M}; \quad k = \frac{\sigma_{cr}}{R_M};$$

$$\text{Notînd } \varphi_M = \frac{M_u}{W_x R_M} \text{ și experimentînd } m = k = \frac{\sigma_{cr}}{R_M} = \left(\frac{145}{h/t} \right)^2 \frac{210}{R_M} \text{ rezultă relațiile prevăzute în instrucțiuni.}$$

Media rapoartelor între încărcările de cedare prin încovoiere calculate cu relațiile din instrucțiuni și cele rezultate experimental în cazul a 16 încercări (care îndeplinesc condiția de stabilitate generală) și alte 12 încercări este 1,02 iar abaterea standard este 0,06.

Într-un program de cercetare teoretică și experimentală efectuat în țară, au fost încercate patru grinzi care au avut panouri ce au cedat prin încovoiere. Suplețele inimilor în aceste panouri au fost 150, 128, 200 și 200 iar limitele de curgere ale oțelurilor au fost 450 N/mm² în tălpi, 160 N/mm² în inima primelor două și 225 N/mm² în inima ultimelor două. În toate cazurile de cedare, momentele încovoietoare au depășit pe cele de curgere de fibră în tălpi, în ultimul caz fiind prezentă concomitent și o tensiune de forfecare ce a depășit cu 10% pe cea critică corespunzătoare.

În cazul solicitării la forfecare, după atingerea tensiunii critice τ_{cr} , grinda preia în continuare forța tăietoare prin acțiunea unui câmp diagonal de tensiuni de întindere care împreună cu tălpile și cu rigidizările formează o pseudogrindă cu zăbrele. Stadiul ultim se atinge odată cu formarea în tălpi a unor articulații plastice (fig. C.5.a) asemănător ca în modelul Cardiff. Spre deosebire de modelul Cardiff, câmpul diagonal de tensiuni este considerat de formă triunghiulară și dirijat după diagonala panoului.

Izolînd porțiunea de talpă cuprinsă între două articulații și exprimînd echilibrul (ecuație de moment) rezultă:

$$\left(\frac{1}{2} \cdot t \cdot \sigma^* \cdot c \cdot \sin \Theta d \right) \cdot \frac{c}{2} \sin \Theta d = 2 M_{pt}$$

De unde rezultă:

$$c = \frac{2}{\sin \Theta d} \sqrt{\frac{2 \cdot M_{pt}}{t \cdot \sigma^*}}$$

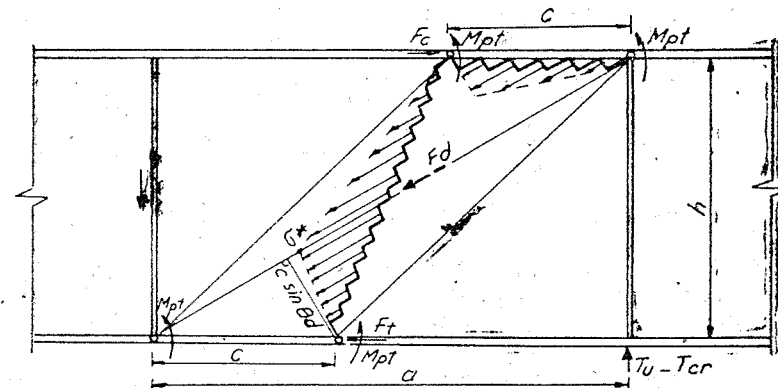


Fig. C,5

Pentru porțiunea de grindă din dreapta secțiunii prin articulațiile interioare se scrie echilibrul (ecuația de protecție pe verticală) și rezultă:

$$T_u - T_{cr} = F_a \sin \theta_a$$

$$T_u = T_{cr} + F_a \sin \theta_a = t \cdot h \cdot \tau_{cr} +$$

$$+ \left[(2 \cdot c \cdot \sin \theta_a) \cdot \frac{1}{2} \sigma^* \cdot t \right] \sin \theta_a = t \cdot h \cdot \tau_{cr} + t \cdot c \cdot \sigma^* \sin^2 \theta_a$$

În expresia lui T_u se înlocuiește valoarea c de mai sus și se admite dependența liniară:

$$\frac{\tau_{cr}}{0,6 R_m} + \frac{\sigma^*}{R_m} = 1$$

Se notează:

$$\varphi_T = \frac{T_u}{t \cdot h \cdot 0,6 R_m}; \quad \varphi_{T_{cr}} = \frac{\tau_{cr}}{0,6 R_m}$$

Pe baza notațiilor și a rezultatelor de mai sus se obține:

$$\varphi_T = \varphi_{T_{cr}} + \sqrt{\frac{25 M_{pt}}{t \cdot h^2 R_m} \frac{1 - \varphi_{T_{cr}}}{1 + (a/h)^2}}$$

relația folosită în instrucțiuni.

Pentru τ_{cr} se folosesc relațiile:

$$\tau_{cr} = \left[5,34 + \frac{4,00}{(a/h)^2} \right] \frac{\pi^2 E}{12 (1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{h} \right)^2 \quad \text{pentru } \frac{a}{h} \geq 1$$

$$\tau_{cr} = \left[4,00 + \frac{5,34}{(a/h)^2} \right] \frac{\pi^2 E}{12 (1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{h} \right)^2 \quad \text{pentru } \frac{a}{h} \leq 1$$

care în urma sistematizărilor conduc la expresiile φ_{Tcr} din instrucțiuni.

Ca și în cazul stării limită de rezistență, verificarea stării limită de stabilitate locală la solicitarea de încovoiere și forfecare se face cu relații de interacțiune. În fig. C.6 sînt reprezentate relațiile de interacțiune.

În modelul de interacțiune se apreciază că pînă la atingerea tensiunii critice de forfecare grinda poate prelua integral momentul ultim capabil. Acest aspect a fost confirmat experimental.

C.10.3. —

C.10.4. Relația (7) este dedusă din condiția ca

$$\left(\lambda_{yt} = \frac{lt}{i_{yt}} \right) \leq 40 \sqrt{\frac{210}{R_m}}$$

unde:

$$i_{yt} = \frac{bt}{\sqrt{12}}$$

C.11. —

C.11.1. —

C.11.2. Relația este bazată pe rezultatele cercetărilor raportate în S.U.A.

C.11.3. —

C.11.4. —

C.12. Deoarece atît datorită hibridării secțiunii cît și lucrului inimii în domeniul postcritic, legăturile dintre inimă și tălpi și legăturile dintre rigidizări și elementele secțiunii sînt mai solicitate decît în cazul grinzilor proiectate conform STAS 10108/0-78, este necesară o dezvoltare corespunzătoare.

C.13. Rigidizările trebuie să fie conformate astfel încît să nu cedeze pînă la epuizarea capacității grinzii. Relația (9) din instrucțiuni este asemănătoare cu cea prevăzută în norma. CSN 731401 (Cehoslovacia).

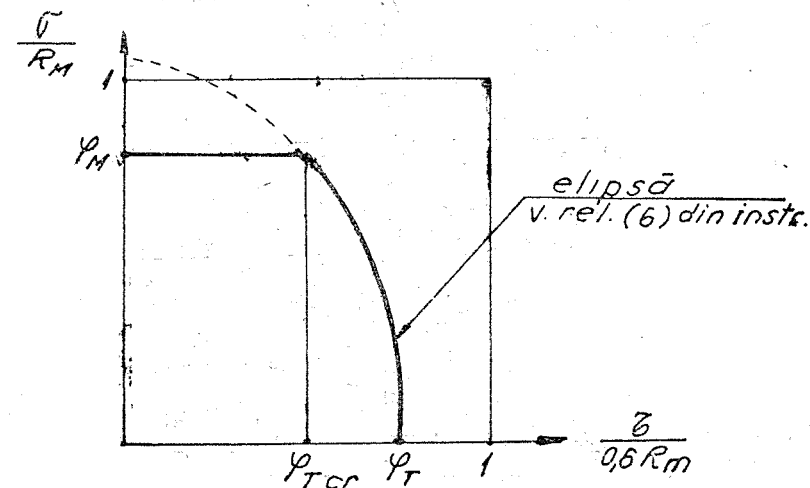


Fig. C.6

C.14. În panourile de margine lucrează la forfecare în domeniul postcritic, pentru a da posibilitatea ancorării câmpurilor diagonale de tensiune se cere realizarea detaliilor din fig. 3.

C.15. —

C.16. —

C.17. —

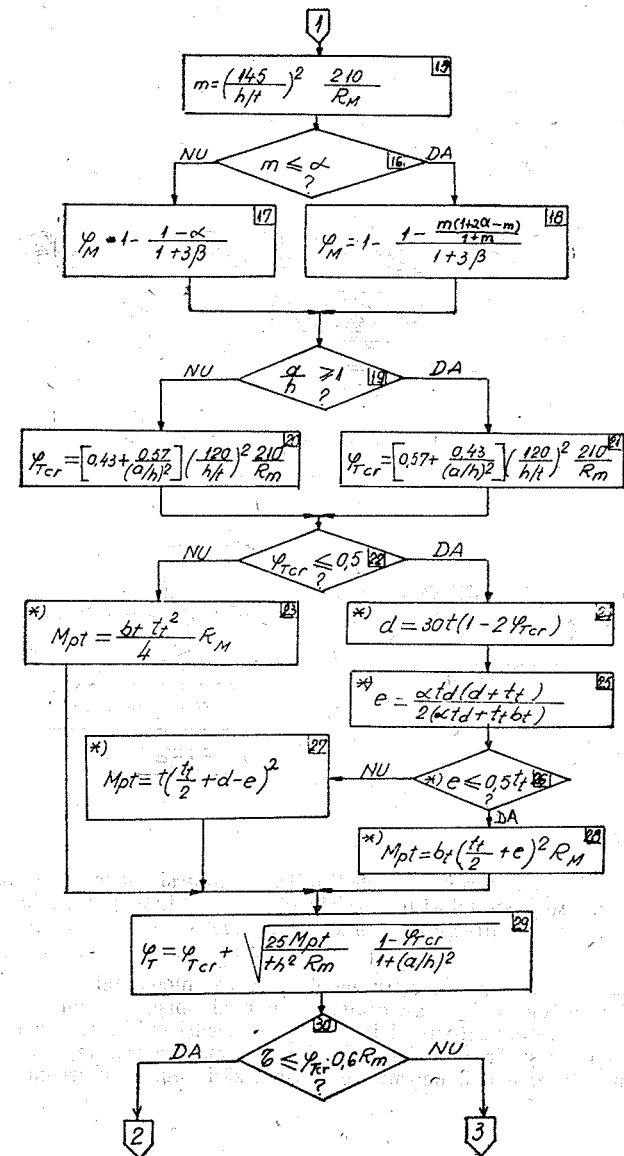
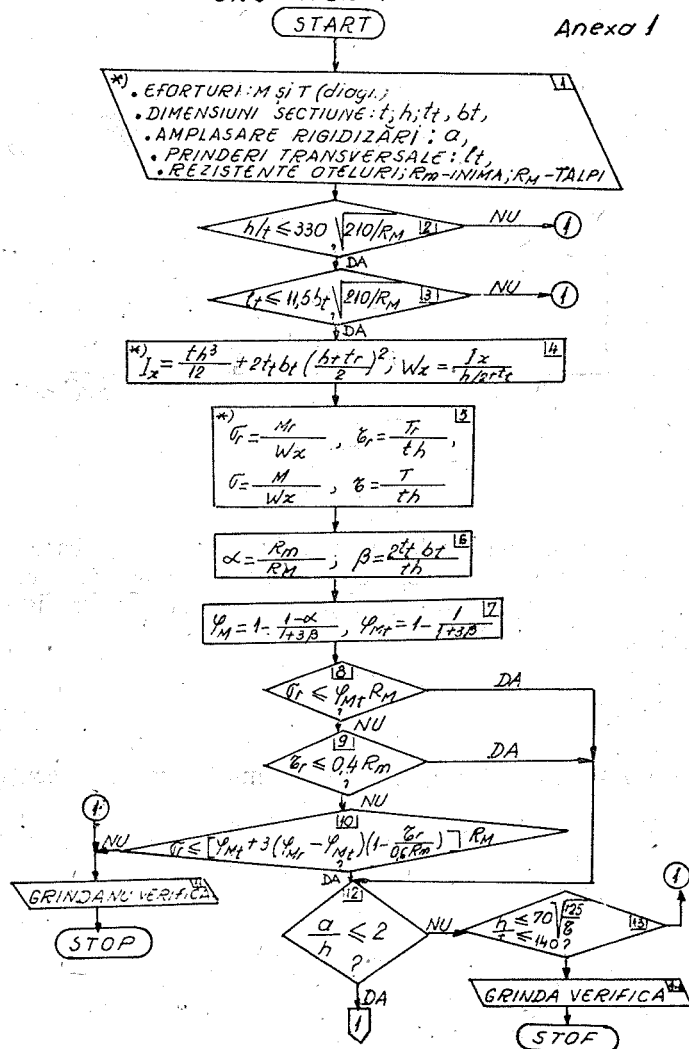
C.18. —

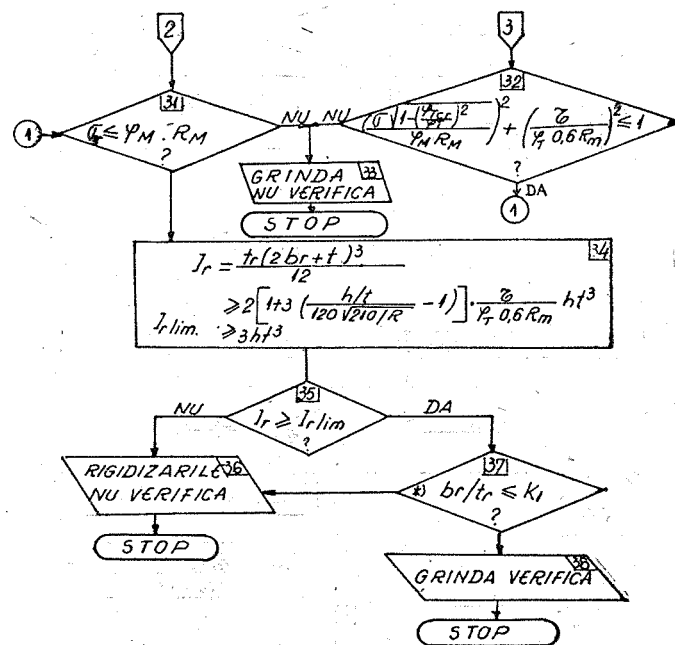
C.19. — Prevederea urmărește simplitatea la execuție.

VERIFICAREA GRINZILOR DIN OTEL CU SECTIUNE PLINA, INIMI SUPLI, OMIGENE SAU HIBRIDE *)

ORGANIGRAMA

Anexa 1

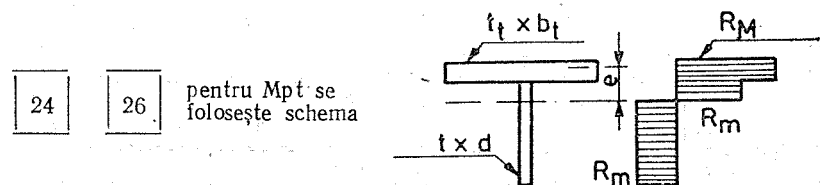




NOTE:

*) Organigrama se referă la secțiunile I dublu simetrice solicitate static la care în inimă se poate folosi (grinzi hibride) un oțel inferior oțelului din tălpi, iar verificările de stabilitate locală conform STAS 10108/0-78, nu mai sînt îndeplinite.

1) Pentru verificări se rețin pe de o parte momentele încovoietoare și forțele tăietoare cele mai dezavantajoase (în mod obișnuit moment maxim și forță tăietoare corespunzătoare și invers) din aceleași secțiuni, aceste solicitări sînt notate cu M_r și T_r , cît și solicitările cele mai dezavantajoase, notate cu M și T , reduse în panourile delimitate de rigidizări după cum urmează.



24 26 pentru M_{pt} se folosește schema

33	OȚEL ÎN RIGIDIZĂRI	OL 37	OL 44	OL 52	CCS 55	CCS 58
	k_1	15	14	13	12	11

În cazul variației secțiunii tălpilor în lungul grinzii, pentru ca o talpă să poată fi considerată activă din punct de vedere al stării limită de stabilitate locală a unui panou de inimă, este necesar ca dimensiunile ei să existe și în panoul vecin mai puțin solicitat, la o distanță de minim $b_r/2$ (vezi fig. 4).

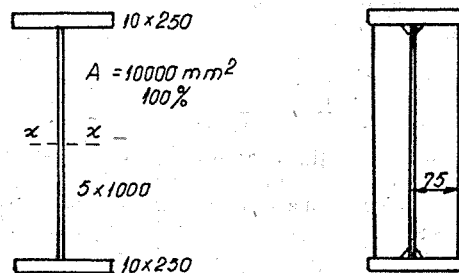
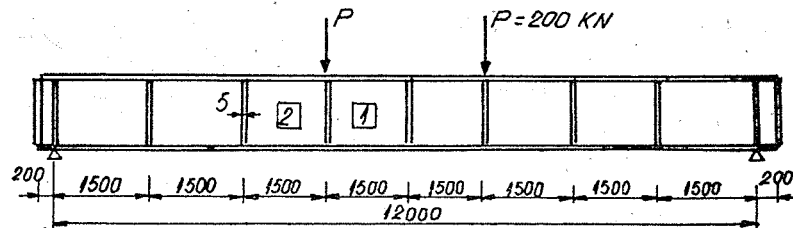
O talpă este considerată activă din punct de vedere al stării limită de rezistență de la o distanță de $b_r/2$ de la locul de unde se modifică dimensiunile ei.

NOTA:

Legătura dintre inimă și tălpi poate fi sudură pătrunsă pe toată grosimea inimii (cu sau fără prelucrarea materialului de bază) sau sudură de colț avînd grosimea minim 0,6 t. Prinderea rigidizărilor transversale pe inimă și tălpi se face cu două cordoane de sudură de colț, avînd grosimea minim 0,5 tr. În cazul rigidizărilor de reazem grosimea minimă a sudurilor este 0,6 tr. Grosimile sudurilor de colț nu vor depăși 0,7 t min (t_{min} = grosimea minimă a tablelor ce se îmbină cu cordonul respectiv de sudură).

EXEMPLU DE CALCUL Nr. 1

Să se verifice grinda de mai jos. Încărcarea este încărcare de calcul. Grinda are secțiune hibridă, inima fiind din oțel OL 37, iar tălpile din oțel 52.



1. Rezolvare.

2. Caracteristici geometrice.

$$I_x = \frac{5 \times 1000^3}{12} + 2 \times 10 \times 250 \times 505^2 = 169179 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_x = \frac{169179 \times 10^4}{510} = 3317 \times 10^3 \text{ mm}^3; \quad A = 10000 \text{ mm}^2;$$

$$a = 1500; \quad a/h = 1500/1000 = 1,5 < 2;$$

$$\beta = \frac{2 \times 10 \times 250}{5 \times 1000} = 1; \quad \alpha = \frac{R_m}{R_M} = \frac{220}{315} = 0,6984;$$

Starea limită de rezistență.

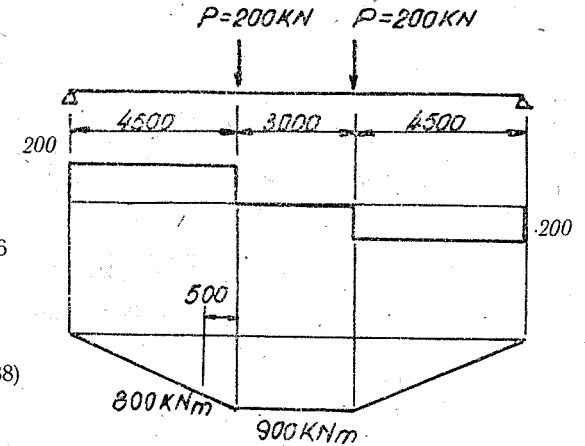
$$\sigma_r = \frac{900 \times 10^6}{3317 \times 10^3} = 271,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_r = \frac{200 \times 10^3}{5 \times 1000} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$\varphi_{Mr} = 1 - \frac{1 - 0,6984}{1 + 3 \times 1} = 0,9246$$

$$271,3 < (0,9246 \times 315 = 291,2)$$

$$40 < (0,4 \times 220 = 88)$$

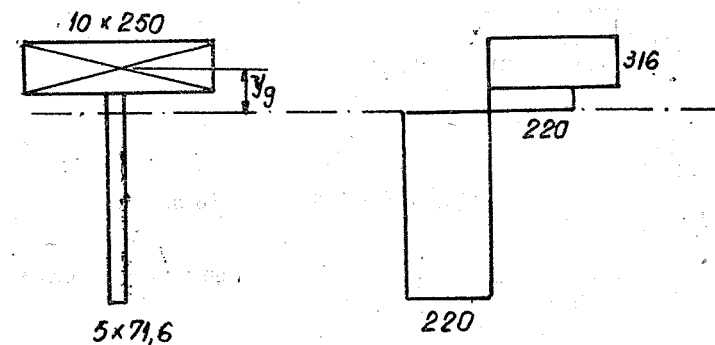


starea limită de stabilitate locală a inimii — se vor analiza două panouri — panoul 1 solicitat la încovoiere cu forfecare.

$$m = \left(\frac{145}{1000/5} \right)^2 \cdot \frac{210}{315} = 0,3504$$

$$\varphi_M = 1 - \frac{0,3504 \times (1 + 2 \times 0,6984 - 0,3504)}{1 + 0,3504} = 0,8827$$

$$\varphi_{Tcr} = \left[0,57 + \frac{0,43}{(1500/1000)^2} \right] \cdot \left(\frac{120}{1000/5} \right)^2 \cdot \frac{210}{220} = 0,2615$$



$$30 \times 5 \times (1 - 2 \times 0,2615) = 71,6$$

$$y_g = \frac{5 \times 71,6 \times \left(5 + \frac{71,6}{2}\right)}{10 \times 250 + 5 \times 71,6} = 5,1$$

$$M_{x1} = 2 \times 5 \times (71,6 - 0,1)^2 \times \frac{1}{2} \times 220 = 5623 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\varphi_T = 0,2615 + \sqrt{\frac{25 \times 5623 \times 10^3}{5 \times 1000^2 \times 220} \cdot \frac{1 - 0,2615}{1 + (1500/1000)^2}} = 0,2615 + 0,1704 = 0,4319$$

panoul 2

$$\sigma = \frac{800 \times 10^6}{3317 \times 10^3} = 241,2 \text{ N/mm}^2; \quad \sigma_r = 271,3 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau = \frac{200 \times 10^3}{5 \times 1000} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$271,3 < (0,8827 \times 315 = 278,1)$$

$$40 < (0,4319 \times 0,6 \times 220 = 57,0)$$

$$\left[\frac{241,2 \sqrt{1 - \left(\frac{0,2615}{0,4319}\right)^2}}{278,1} \right]^2 + \left[\frac{40,0}{57,0} \right]^2 = 0,4690 + 0,4925 = 0,9615$$

$$0,9615 < 1$$

panoul 1

$$\sigma = \frac{900 \times 10^6}{3317 \times 10^3} = 271,3$$

$$271,3 < (0,8827 \times 315 = 278,1)$$

$$\tau = 0$$

Verificarea dimensiunilor rigidizărilor

$$\left(I_r = \frac{5 \times 155^3}{12} = 1.551.000 \text{ mm}^4 \right) > 546.958 \text{ mm}^4;$$

$$2 \cdot \left[1 + 3 \left(\frac{1000/5}{120 \cdot \sqrt{210/220}} - 1 \right) \right] \times \frac{40,0}{57,0} \times 1000 \times 5^3 = 546.958 \text{ mm}^4;$$

$$75/5 = 15; 15 = 15;$$

$$A_r = 2 \times 5 \times 75 + 5 \times (5 + 2 \times 15) = 925 \text{ mm}^2$$

$$i_z = \sqrt{\frac{1.551.000}{925}} = 40,9$$

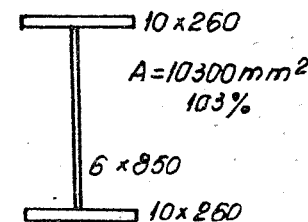
$$\lambda_z = \frac{1000}{40,9} = 24,4$$

$$\frac{\text{Curba B}}{\text{OL 37}}$$

$$\varphi_z = 0,974$$

$$\frac{200 \times 10^3}{0,974 \times 925} = 220 \text{ N/mm}^2 = 220$$

II. Această grindă proiectată la limită conform STAS 10108/0-78 trebuie să fie omogenă și poate avea secțiunea de mai jos:



$$I_x = \frac{0,6 \times 85^3}{12} + 2 \times 1 \times 26 \times 43^2 = 126.850 \times 10^4 \text{ mm}^4;$$

$$W_x = \frac{126.850 \times 10^4}{435} = 2916 \times 10^3 \text{ mm}^3; \quad A = 10300 \text{ mm}^2;$$

$$\left(\sigma = \frac{900 \times 10^6}{2916 \times 10^3} = 308,6 \text{ N/mm}^2 \right) < 315; \quad \sigma^* = 308,6 \frac{425}{435} = 301,5;$$

$$\tau = \frac{200 \times 10^3}{6 \times 850} = 39,2 \text{ N/mm}^2$$

$$(\sigma_{ech} = \sqrt{301,5^2 + 3 \times 39,2^2} = 309,1) < (1,1 \times 315 = 346,5)$$

$$\sigma_{cr} = 700 \left(\frac{100}{850/6} \right)^2 = 348,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{cr} = \left[125 + \frac{95}{(1500/850)^2} \right] \left(\frac{100}{850/6} \right)^2 = 77,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma^* = \frac{800 \times 10^6}{2916 \times 10^3} \times \frac{425}{435} = 268,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{268,9}{348,8} \right)^2 + \left(\frac{39,2}{77,5} \right)^2} = 0,920$$

EXEMPLU DE CALCUL Nr. 2

Să se verifice conform Instrucțiunilor, stabilitatea locală a unui panou de grindă care are secțiunea din figura 1a) și solicitările $M = 2570 \text{ kNm}$; $T = 140 \text{ kN}$.

La aceleași solicitări se va verifica, conform STAS 10108/0-78, stabilitatea locală a panoului de grindă cu secțiunea din fig. 1.b).

Ambele grinzi sînt omogene din OL 52 și au distanța dintre rigidizările transversale de 1500 mm.

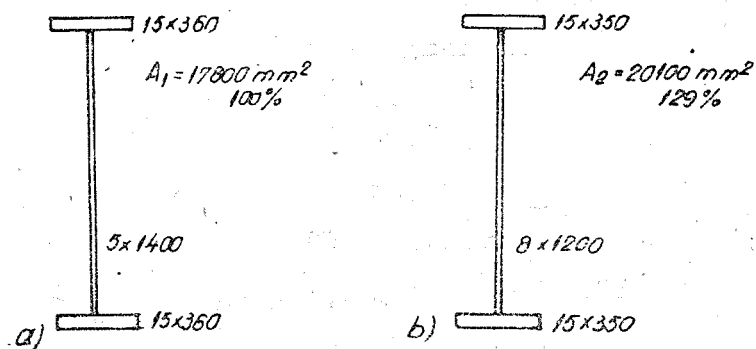


Fig. 1

$$a) I_x = \frac{5 \times 1400^3}{12} + 2 \times 15 \times 360 \times 707,5^2 = 654930 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

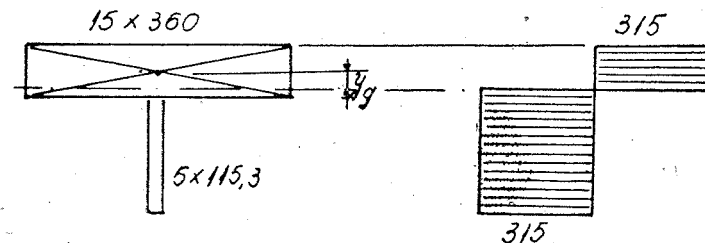
$$W_x = \frac{65493 \times 10^4}{715} = 9160 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\beta = \frac{2 \times 15 \times 360}{5 \times 1400} = 1,5429; \quad \alpha = 1; \quad \frac{h}{t} = 280;$$

$$m = \left(\frac{145}{280} \right)^2 \cdot \frac{210}{315} = 0,1788;$$

$$\varphi_M = 1 - \frac{0,1788(1 + 2 \times 1 - 0,1788)}{1 + 0,1788} = 0,8984;$$

$$\varphi_{Tcr} = \left[0,57 + \frac{0,43}{(1500/1400)^3} \right] \left(\frac{120}{280} \right)^2 \cdot \frac{210}{315} = 0,1157;$$



$$0,1157 < 0,5$$

$$30 \times 5 \times (1 - 2 \times 0,1157) = 115,3$$

$$y_g = \frac{5 \times 115,3 \times \left(7,5 + \frac{115,3}{3} \right)}{15 \times 360 + 5 \times 115,3} = 6,3 \text{ mm}$$

$$W_{pl} = 2 \times 360 (7,5 + 6,3)^2 \frac{1}{2} = 68.558 \text{ mm}^3$$

$$\varphi_T = 0,1157 + \sqrt{\frac{25 \times 68558 \times 315}{5 \times 1400^2 \times 315} \frac{1 - 0,1157}{1 + (1500/1400)^2}} = 0,1157 + 0,2683 = 0,3840$$

$$\sigma = \frac{2570 \times 10^6}{9160 \times 10^3} = 280,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{140 \times 10^3}{5 \times 1400} = 20 \text{ N/mm}^2$$

$$280,6 < (0,8984 \times 315 = 283)$$

$$20 < (0,3840 \times 0,6 \times 315 = 72,6)$$

$$\left[\frac{280,6 \sqrt{1 - \left(\frac{0,1157}{0,3840} \right)^2}}{0,8984 \times 315} \right]^2 + \left[\frac{20}{0,3840 \times 0,6 \times 315} \right]^2 = 0,8939 + 0,0759 = 0,9698$$

$$0,9698 < 1$$

$$b) I_x = \frac{8 \times 1200^3}{12} + 2 \times 15 \times 350 \times 607,5^2 = 502700 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_x = \frac{502700 \times 10^4}{615} = 8174 \times 10^3 \text{ mm}^3; \quad \frac{h}{t} = 150$$

$$\sigma = \frac{2570 \times 10^6}{8174 \times 10^3} = 314,4 < 315; \quad \sigma^* = 314,4 \times \frac{600}{615} = 306,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\left(\tau = \frac{140000}{8 \times 1200} = 14,6 \text{ N/mm}^2 \right) < (0,6 \times 315 = 189)$$

$$\sigma_{cr} = 700 \left(\frac{100}{1200/8} \right)^2 = 311,1 \text{ N/mm}^2; \quad \tau_{cr} = 26,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{306,7}{311,1} \right)^2 + \left(\frac{14,6}{26,5} \right)^2} = 1,13 > 1$$

deci deși secțiunea proiectată conform STAS consumă cu 29% mai mult oțel, aceasta nu este verificată la voalare, decât în situația în care forța tăietoare ar fi aproape nulă.

**FISA DE PREZENTARE A SOLUTIEI GRINZI EFICIENTE
DIN OTEL ÎNLOCUITOARE ALE PROFILELOR I LAMINATE (STAS 565)**

PUNCT	1.1 SOLUTIA NOUA										1.2 SOLUTIA VECHĂ				
1	<div><p>OL 52 OL 37 OL 52</p><p>secțiune compusă, sudată, hibridă OL37/OL52</p></div>										<div><p>OL37</p></div>				
2. CARACTERISTICI TEHNICE	h_t mm	t mm	h mm	t_t mm	b_t mm	I_x cm ⁴	W_x cm ³	W_x^{ech} cm ³	A cm ²	A_g cm ²	eco- nomic %	h mm	A cm ²	I_x cm ⁴	W_x cm ³
	140	3	124	8	60	465,8	66,5	92,4	13,3	14,4	21,1	140	18,3	573	81,9
	160	3	144	8	65	737,0	94,6	131,5	14,7	15,8	30,5	160	22,8	935	117
	180	3	164	8	80	1037,0	117,4	163,0	17,72	18,8	32,5	180	27,9	1450	161
	200	3	180	10	80	1589,8	159,0	221,5	21,4	22,7	32,2	200	33,5	2140	214
	220	3	196	12	80	2264,9	203,9	287,6	25,1	26,7	32,6	220	39,6	3060	278
	240	3	216	12	90	3059,1	254,9	356,1	28,1	29,6	35,8	240	46,1	4250	354
	260	3	236	12	105	4224,4	323,3	452,3	32,3	33,8	36,7	260	53,4	5740	442
	280	3	256	12	120	5590,8	399,3	559,2	36,5	38,0	37,8	280	61,1	7590	542
	300	3	272	14	115	7087,7	472,5	662,4	40,4	42,1	39,1	300	69,1	9800	653
320	4	292	14	125	9021,1	563,9	785,5	46,7	48,5	37,6	320	77,8	12510	782	
360	4	328	16	145	14303,8	828,0	1153,0	59,5	61,6	36,6	360	97,1	19610	1090	
400	4	364	18	150	21307,4	1083,4	1491,3	68,6	70,8	40,0	400	118,0	29210	1460	

NOTA:

W_x^{ech} este modulul de rezistență prin care se echivalează secțiunea hibridă cu o secțiune din oțel OL 37;

A_g este o arie globală în care sînt considerate pierderile prin debitarea tablelor pentru obținerea secțiunii compuse și de asemenea sînt considerate adaosurile prin sudare, economia de oțel este evaluată prin comparația dintre A_g de la soluția nouă și A de la soluția veche;

Soluția nouă înlocuiește soluția veche pentru aceeași capacitate portantă de rezistență (moment încovoietor capabil).

3. *Lucrări la care s-a aplicat soluția.*

4. *Indicații tehnologice.*

Soluția nouă se poate aplica mai eficient în condițiile în care grinzile compuse se execută mecanizat la Întreprinderea de construcții metalice Tecuci.

5. *Eficiența.*

a) *tehnică.*

Pe baza principiilor pentru noua soluție se poate extinde, după necesități, gama de secțiuni și de asemeni se poate îndesi sortimentul.

Profilele compuse pot înlocui pe cele laminate în toate domeniile de aplicare.

b) *economică.*

Economii de oțel între 30 și 40% în raport cu soluția veche.