

Curs 9
ELEMENTE STRUCTURALE ALCATUITE DIN PLACI
PLANE SOLICITATE IN PLANUL LOR
(EN 1993-1-5)

Solicitari: compresiune, incovoiere, compresiune cu incovoiere

Elemente structurale (de tip bara!)

- grinzi cu inima plina (cai de rulare, poduri, stavile si porti de eclisa etc.)
- stalpi cu inima plina (la hale industriale grele echipate cu poduri rulante)
- cadre cu inima plina (pentru hale industriale)

Exemple:

- grinzi cu inima plina:
 - pot fi cu inaltime constanta sau variabila;
 - pot fi sectiune simpla, deschisa, dublu "T" cu talpi egale, sau inegale, sau chesonate;

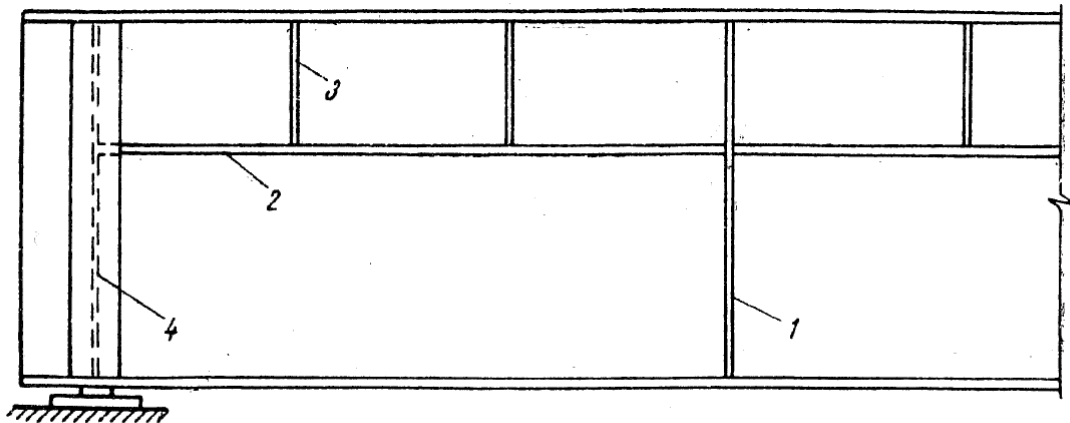
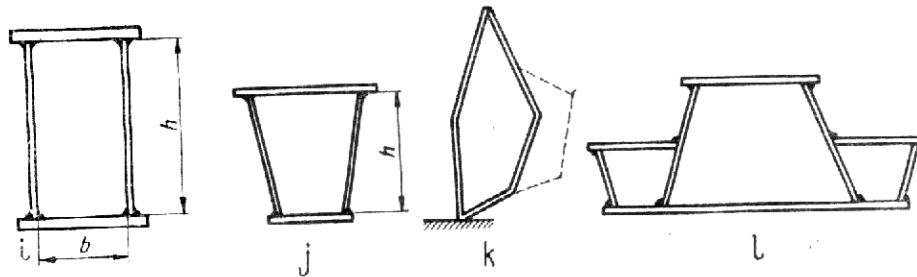
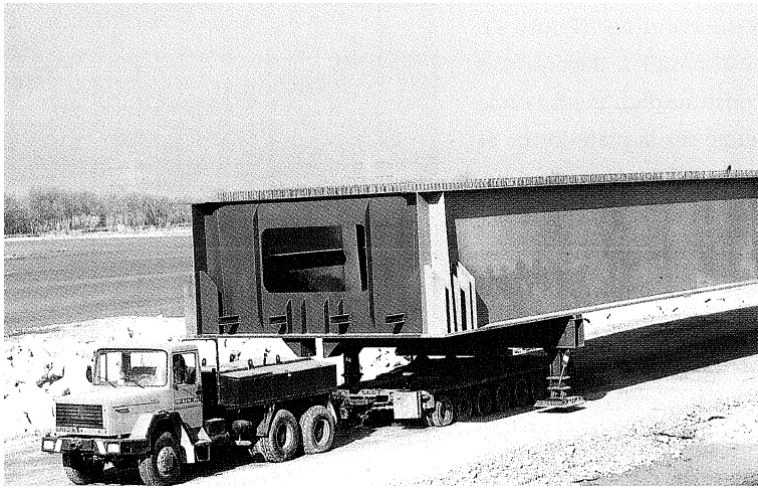


Fig. 6.29. Rigidizări la grinzi cu inimă plină :
1 – transversală ; 2 – longitudinală ; 3 – scurtă ; 4 – de reazem.





- Stalpi cu inima plina : - Pot fi cu sectiune simpla sau chesonat
- Pot fi cu sectiune chesonata sau variabila

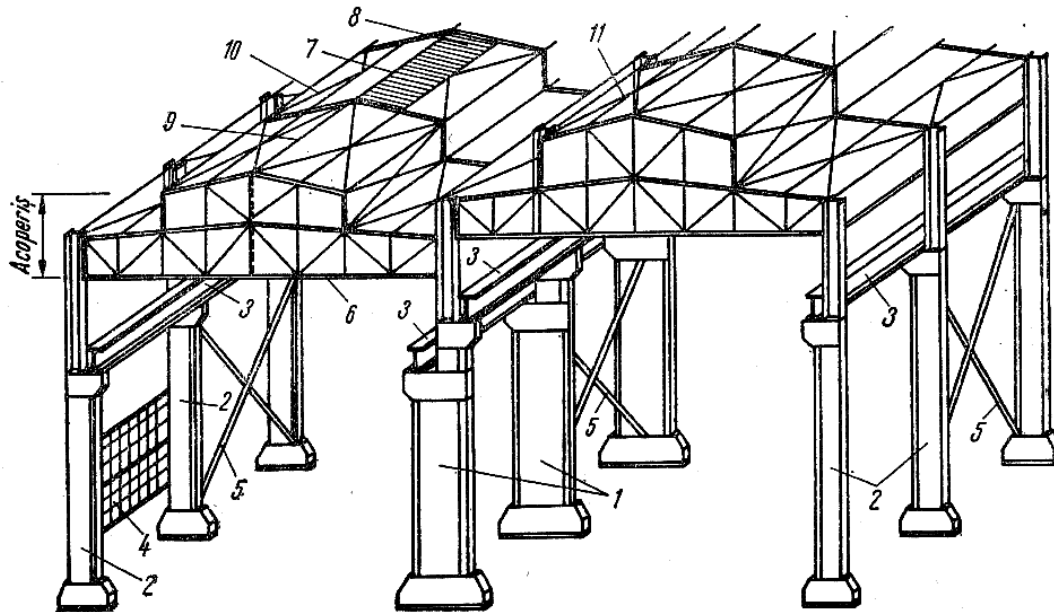
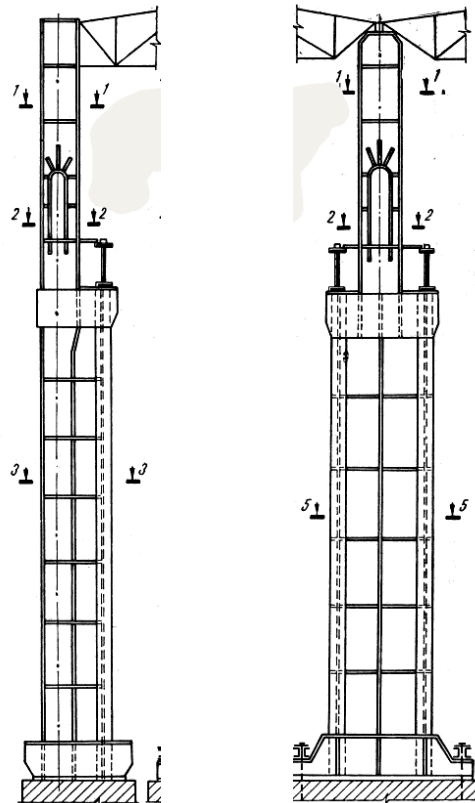
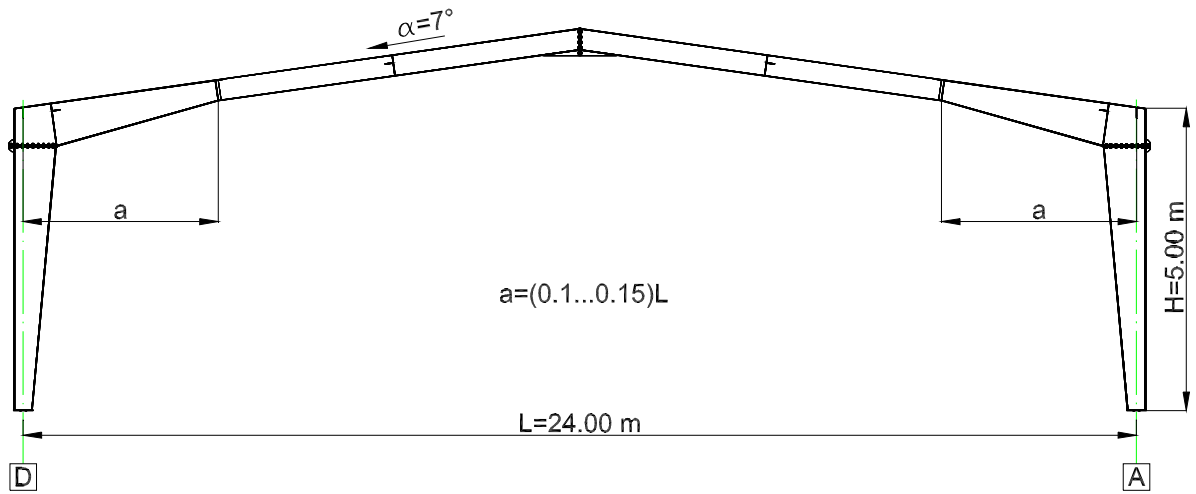


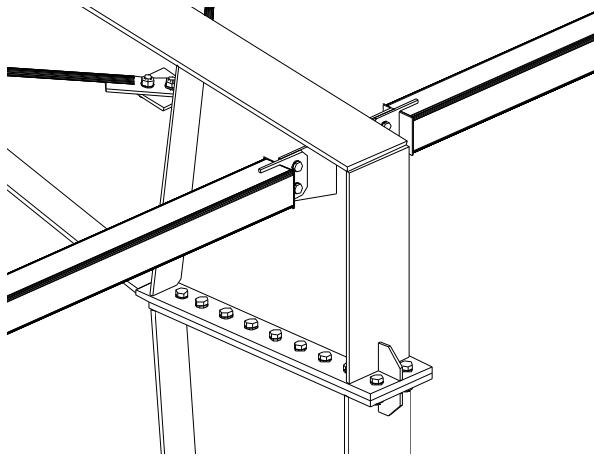
Fig. 9.2. Elementele principale ale halelor industriale metalice :

1 - stîlp central ; 2 - stîlp marginal ; 3 - grindă de rulare ; 4 - perete ; 5 - portal de frînare ;
6 - fermă ; 7 - pane ; 8 - învelitoare ; 9 - luminator ; 10 - contravîntuire longitudinală ;
11 - contravîntuire transversală.

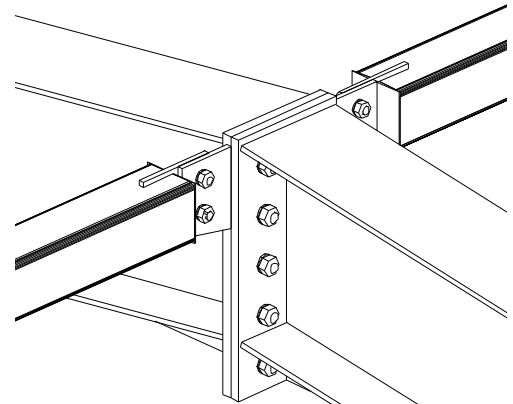




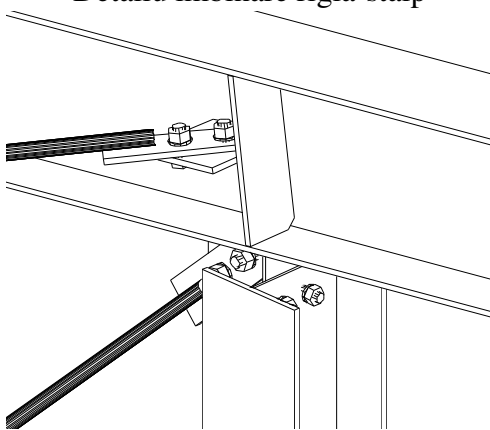
Cadru transversal curent



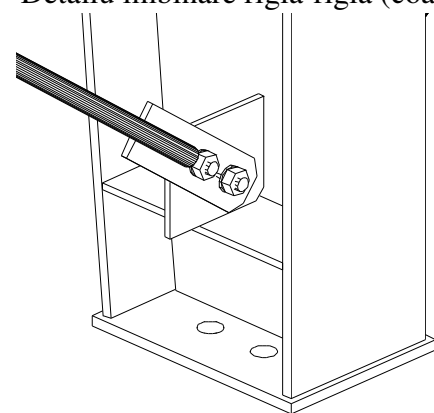
Detaliu imbinare rigla-stalp



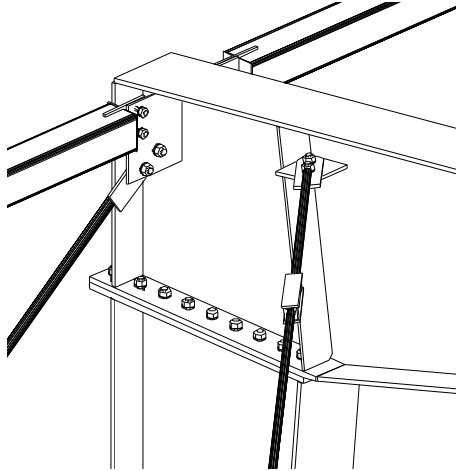
Detaliu imbinare rigla-rigla (coama)



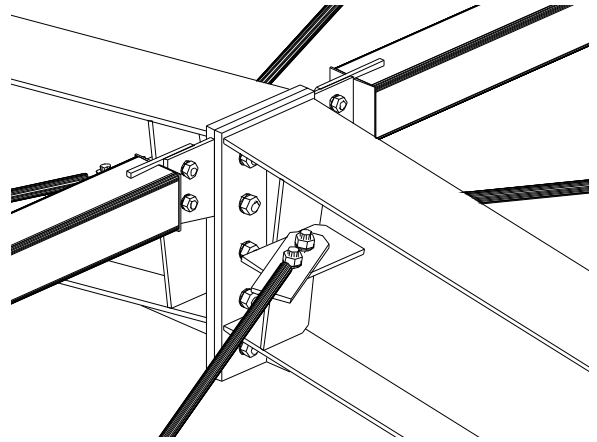
Detaliu prindere stalp fronton



Detaliu prindere contravantuire perete

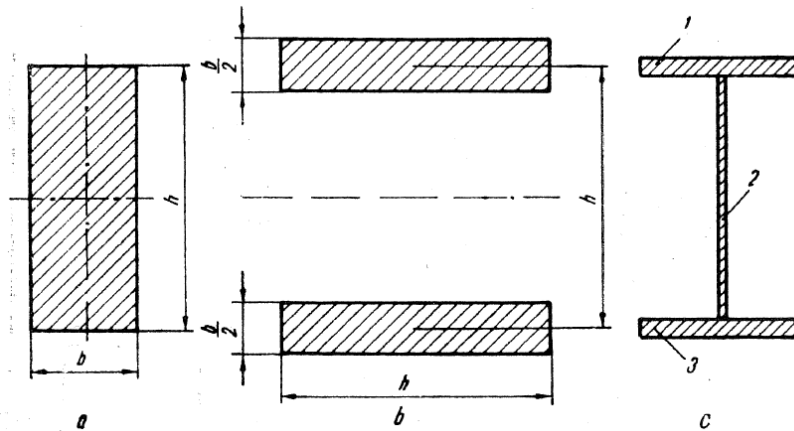


Detaliu prindere contravanturii (perete, acoperis), rigle longitudinale



Detaliu prindere contravanturii acoperis, rigle longitudinale

Elemente structurale cu inima plina, solicitate la incovoiere sau incovoiere cu compresiune exploateaza "principiul grinzii ideale".



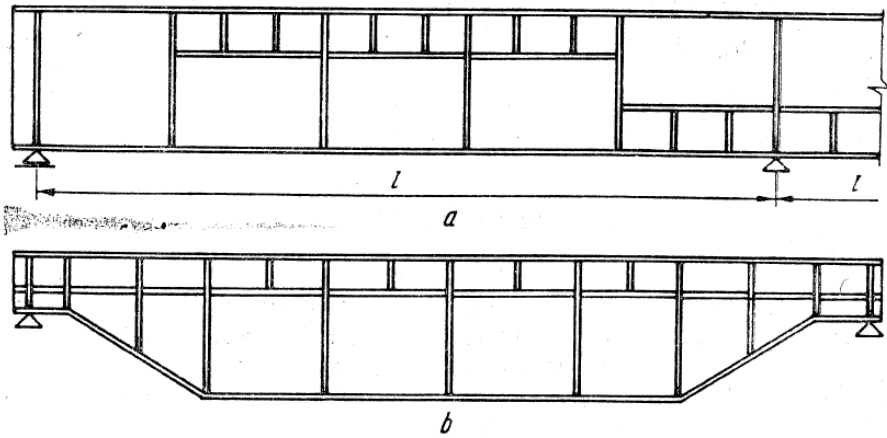
Sectiune dreptunghiulara: $W_{\square} = \frac{bh^2}{6}$; $A_{\square} = bh$

Sectiune cu doua talpi: $W = \frac{I}{h/2} \cong 2 \frac{hb \left(\frac{h}{2}\right)^2}{h} = \frac{bh^2}{2}$
 $A = 2h \frac{b}{2} = bh$

== > $W_{\square} / W = 3$

In consecinta, tendinta este de a lega talpile cu inimi inalte si zvelte, in general de clasa 4 sau, cel mult 3. Pentru a se preintampina voalarea inimilor este

necesar sa se dispuna rigidizari transversale si/sau longitudinale in vederea reducerii zveltetei acestora.



Recomandari orientative de alcatuire a grinzilor cu inima plina

426 ELEMENTE DE CONSTRUCȚII DIN OȚEL REALIZATE DIN PRODUSE LAMINATE LA CALD

Tabelul 6.10

GRINZI CU INIMĂ PLINĂ. Rapoarte orientative $\frac{h}{l}$

Destinația construcției	Elementul de construcție	Sistemul static	Rapoartul orientativ h/l ¹⁾	Observații
Construcții civile și industriale		Simplu rezemat	$\frac{1}{8} \dots \frac{1}{10}$	
		Nedeterminat	$\frac{1}{12} \dots \frac{1}{20}$	Grinzi continue
			$\frac{1}{18} \dots \frac{1}{25}$	Rigle cadre rigide
Poduri rulante	Grinzi cu un perete	Simplu rezemat	$\frac{1}{12} \dots \frac{1}{16}$	
	Grinzi cu doi pereți (cheson)		$\frac{1}{17} \dots \frac{1}{20}$	Regim ușor și mediu
			$\frac{1}{16} \dots \frac{1}{18}$	Regim greu și foarte greu
Poduri de șosea	Grinzi principale	Simplu rezemat	$\frac{1}{10} \dots \frac{1}{16}$	În general
			$\frac{1}{10} \dots \frac{1}{14}$	Pod oraș cu calca sus
			$\frac{1}{15} \dots \frac{1}{17}$ ²⁾	
		Continuu	$\frac{1}{8} \dots \frac{1}{10}$	Pod oraș cu calca jos
			$\frac{1}{12} \dots \frac{1}{20} \dots \left(\frac{1}{30}\right)$	
Poduri de șosea și cale ferată	Lonjeroni	Simplu rezemat	Profil laminat	$\frac{1}{8} \dots \frac{1}{12}$
			Secțiune compusă	$\frac{1}{7} \dots \frac{1}{10}$
	Antretoaze		Pod deschis	$\frac{1}{6}$
			Pod închis	$\frac{1}{8}$
Poduri de cale ferată	Grinzi principale	Simplu rezemat	$\frac{1}{10}$	STAS 1911-75
		Continuu	$\frac{1}{12}$	STAS 1911-75
Stavile plane	Grinzi principale	Simplu rezemat	$\frac{1}{8} \dots \frac{1}{10}$	

¹⁾ Rapoartele orientative se utilizează în cazul anteproiectelor. În cazul proiectelor de execuție înălțimea grinzii se stabilește pe baza h optim, h , săgeată, condiții tehnologice, execuție sau constructive.

²⁾ Pod cu placă de beton armat care concurează cu grinda.

GRINZI SUDATE. Recomandări pentru stabilirea dimensiunilor secțiunii transversale

Tabelul 6.11

Secțiunea transversală a grinzii	Inălțimea grinzii, h		Grosimea inimii t_1	Dimensiunile tălpilor	
	Condiția de săgeată	Optimă		Lățimea b	Grosimea t
	$h_s \approx \rho k R \left \frac{l}{f_a} \right l r 10^{-7}$	$h_s \approx \rho R \left(\frac{l}{f_a} \right) l r 10^{-7}$			
	ρ — coeficient ce ține seama de modul de încărcare (tabelul 6.8) f_a — săgeata admisă (v. cap. 2); k — funcție de h_r/h (tabelul 6.31) $r = (g+p)/(n_g g + n_p p)$ respectiv $r = \sum P_i / \sum n_i P_i$				
	$h_{op} \approx (1,15 \dots 1,20) \sqrt{\frac{W_{nec}}{t_1}}$				
	$W_{nec} = \frac{M_{max}}{R}$; t_1 — se determină cu relațiile date în care se introduce h determinat din tabelul 6.10. Pentru grinzi cheson se ia $2t_1$.				
	Înălțimea h se ia multiplu de: 50 mm pentru $h \leq 1000$ mm 100 mm pentru $h > 1000$ mm				
	Grinzi puternic solicitate		Grinzi solicitate normal		
	$t_1 \approx 7 + 3h/1000$				
	$t_1 \geq 1,5 \frac{T}{hR_f}$; $t_1 \geq \frac{h}{160} \sqrt{\frac{R}{2100}}$ $t_1 \geq 1,5 \frac{T}{hR_f}$				
	Grosimi: — obișnuite: (6); 8; 10; 12; 15 mm — minime: conform prevederilor din cap. 2				
	$A_s \approx \frac{2I_1}{h_t^2}$ unde: $h_t = h - 2 \left(\frac{t}{2} \right)$; $t \approx (2 \dots 3)$ cm $I_t = I_{nec} - I_1$; $b \approx \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5} \right) h$ $I_{nec} = W_{nec} \frac{h}{2}$; $W_{nec} = \frac{M_{max}}{R}$ $t \leq (2 \dots 3) t_1$ $I_t = \frac{t_1 h_t^3}{12}$; $h_t = h - 2t$ $t \approx (2 \dots 3)$ cm				
	Generală		Locală		
	$b \geq \eta_1 t_1$; $\frac{O\text{țel}}{\eta_1} \left \begin{array}{c} OL 37 \\ 0,087 \end{array} \right \left \begin{array}{c} OL 44; OL 52 \\ 0,099 \end{array} \right $		$a \leq \eta_2 t$		
	t_1 — vezi pct. 6.1.5.1		$\frac{O\text{țel}}{\eta_2} \left \begin{array}{c} OL 37 \\ 15,00 \end{array} \right \left \begin{array}{c} OL 44 \\ 13,75 \end{array} \right \left \begin{array}{c} OL 52 \\ 12,55 \end{array} \right $		
	b, t — să fie cuprinse în sortiment (v. cap. 1). $t \geq t_1 + 2$ mm. (10); 12 mm $\leq t \leq 30$; (36) mm				

GRINZI SUDATE. Recomandări pentru stabilirea dimensiunilor secțiunii transversale

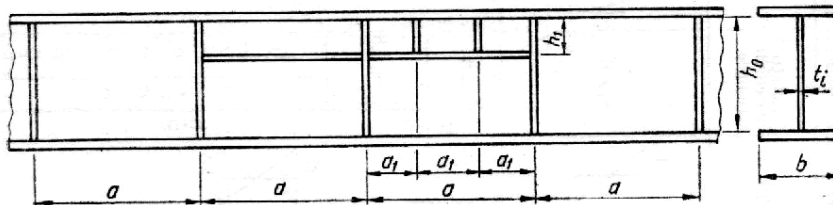
Tabela 6.12

Secțiunea transversală a grinzii		Înălțimea grinzii	Înălțimea grinzii h		Condiții constructive	Precizări	Relații recomandate		Dimensiunile tălpilor		De stabilitate	Construcție
Relația Precizării			Relația Precizării	Optimă			Grosimea tălpii t_1	Optimă	Grosimea t_2	Recomandări		
$h_s \approx \rho k \sigma_a \left(\frac{l}{f_a} \right) l \cdot 10^{-7}$		$h_s \approx \rho \sigma_a \left(\frac{l}{f_a} \right) l \cdot 10^{-7}$										
ρ — coeficient ce ține seama de modul de încărcare (tabelul 6.8) f_a — săgeata admisă (v. cap. 2); k — funcție de h_s/h (tabelul 6.31)												
$h_{op} \approx 1,235 \sqrt{\frac{W_{nec}}{t_1}}$		$h_{op} \approx 1,425 \sqrt{\frac{W_{nec}}{t_1}}$										
$W_{nec} = \frac{M_{max}}{\sigma_a}$; t_1 — se apreciază cu relațiile date în funcție de h determinat din tabelul 6.10. Pentru grinzi cheson se ia $2t_1$.												
Dacă nu contravine altor condiții (tehnologice), înălțimea h se ia multiplu de:		50 mm pentru $h \leq 1\ 000$ mm 100 mm pentru $h > 1\ 000$ mm										
Grinzi puternic solicitate		Grinzi solicitate normal										
$t_1 \approx 2h + 8$ mm; h se introduce în m		$t_1 \approx 0,07 \sqrt{h}$; h se introduce în cm										
$t_1 \geq \frac{T}{0,577 h \sigma_a}$		$t_1 \geq \frac{T}{0,577 h \sigma_a}$										
Grosimi: — obișnute: (6); 8; 10; 12; 15 mm — minime: conform prevederilor din cap. 2.												
$t_1 + 2$ mm $\leq t_1 \leq (2 \dots 3) t_1$ $A_1 = b t_1 \approx \frac{W_{nec}}{h} = 0,320 h t_1$		$t_1 + 2$ mm $\leq t_1 \leq (2 \dots 3) t_1$ $A_1 = b t_1 \approx \frac{W_{nec}}{h} = 0,180 h t_1$ (2.4. $t_1 \approx (0,40 \dots 0,60) A$)										
Generală $b \geq \frac{t_1}{12}$ t_1 — vezi pct. 6.1.5.1.		Locală $a \geq 15t \sqrt{\frac{2\ 400}{\sigma_a}}$										
b, t_1 — să fie cuprinse în sortiment (v. cap. 1); $t_1 \geq t_1 + 2$ mm (10); 12 mm $\leq t_1 \leq 30$; (36) mm.												

Dispunerea Rigidizărilor:

Rigidizările se dispun pe inima pentru a preveni voalarea din eforturile de compresiune (N;M zona comprimata), respectiv de tăiere (V).

Rigidizări		Transversale		Longitudinale		Longitudinale și scurte
Solicitarea pentru care se recomandă rigidizările		Lunecare Forfecare	Încovoiere	Compresiune	Încovoiere	Acțiuni locale mobile (forțe concentrate mobile)
Dimensiuni aproximative pentru:	Construcții metalice hidrotehnice	$a = \lambda$ (distanța între antretoaze) $a \leq 3h_0$ $a \leq 3,0m$		$h_1 = 0,5 h_0$	Se prevăd dacă: $\frac{h_0}{t_i} > 150$	$a_1 = \left(\frac{1}{2} \dots \frac{1}{3}\right) a$
	Poduri metalice cu calea	sus	$a = 1,6 \dots 2,0m$ $a \leq 3h_0$	$h_1 = 0,5 h_0$	La distanța $h_1 = \left(\frac{1}{4} \dots \frac{1}{5}\right) h_0$	—
		jos	$a = \lambda$ (distanța între antretoaze) $a \leq 3h_0$; $a \leq 3,0m$			
	Construcții civile, industriale și agricole	- Dacă $h_0 > 100 t_i$ se va lua $a \leq 2h_0$ - Dacă $h_0 \leq 100 t_i$ se va lua $a \leq 2,5 h_0$		$h_1 = 0,5 h_0$	$h_1 = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5}\right) h_0$	$a_1 = \left(\frac{1}{2} \dots \frac{1}{3}\right) a$



VERIFICAREA ELEMENTELOR STRUCTURALE CU INIMA PLINA ZVELTA

Grinzile si stalpii cu inima plina, de clasa 1,2 si 3 se verifica conform prevederilor curente din EN 1993-1-1.

Grinzile si stalpii cu inima plina de clasa 4 se verifica luand in considerare posibilitatea ca inima sa voaleze.

→ se considera sectiune efectiva, determinata pe baza de latime efectiva (eficace), in conformitatea cu prevederile din EN 1993-1-5.

Voalarea se produce cand :

$$\sigma_{Ed} > \sigma_{cr}$$

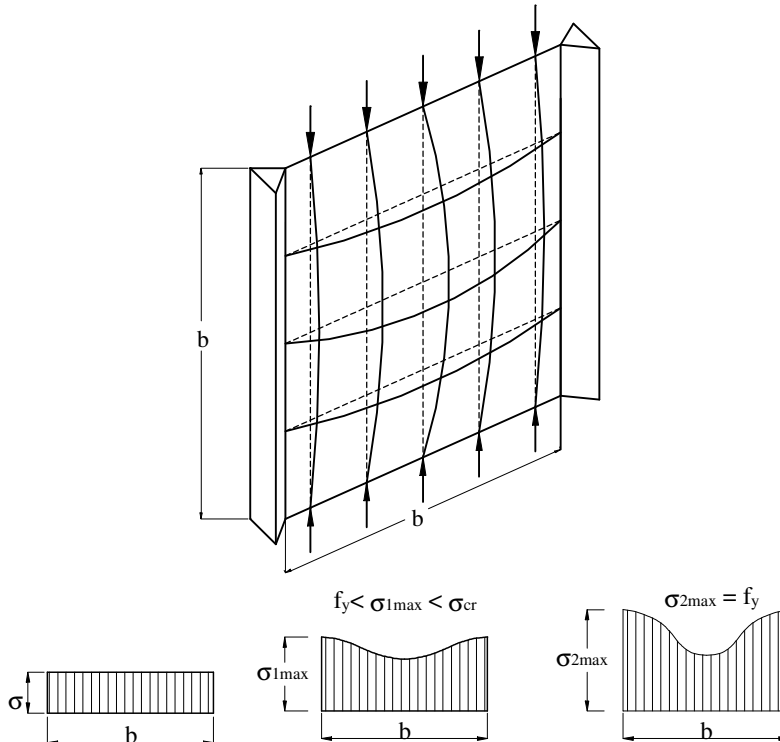
$$\tau_{Ed} > \tau_{cr} \quad \text{sau} \quad V_{Ed} > V_{cr}$$

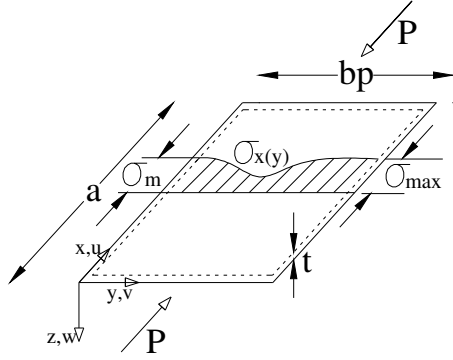
Voalarea poate fi evitata prin dispunerea unor rigidizari.

Observatie:

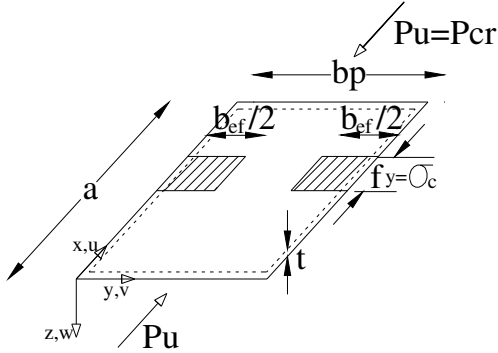
Daca si talpa (comprimata) este de clasa 4, se va considera si in acest caz de reducerea sectiunii.

CONCEPTUL DE LATIME EFECTIVA





$$P = \int_0^{bp} \sigma_x(y) t dy = \sigma_m t b_p$$



$$P_u = f_y b_{ef} t$$

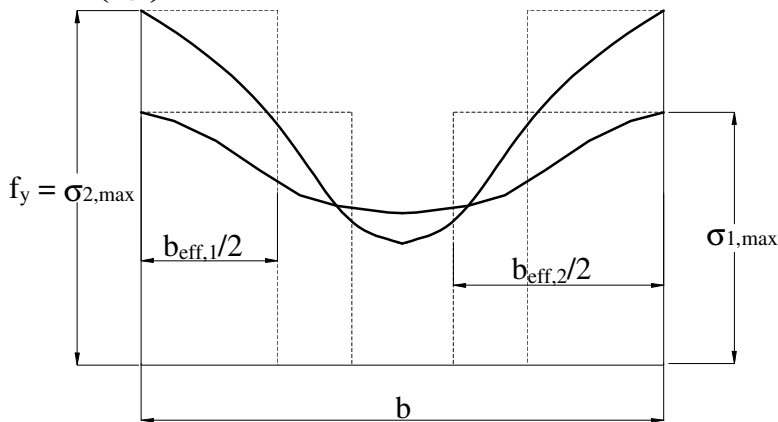
$$b_{ef} = f(\sigma_{cr}, f_y)$$

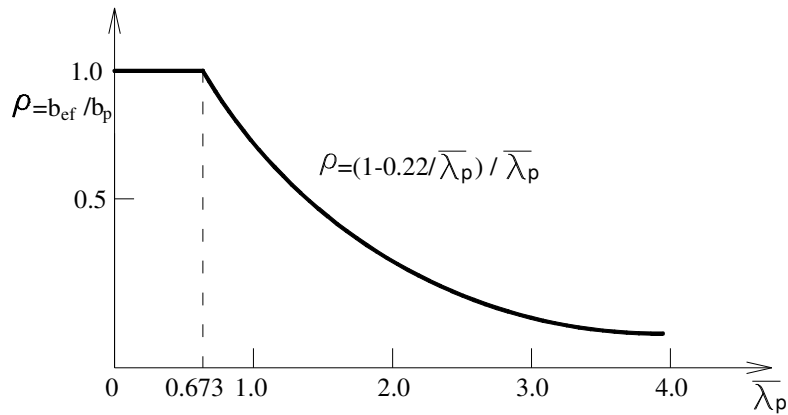
$$\frac{b_{ef}}{b_p} = \sqrt{\frac{\sigma_{cr}}{f_y}} \quad (\text{V. Karman})$$

$$\frac{b_{ef}}{b_p} = \sqrt{\frac{\sigma_{cr}}{f_y}} (1 - 0.22 \sqrt{\frac{\sigma_{cr}}{f_y}}) \quad (\text{Winter})$$

$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}}$ - zveltetea redusa de placa (perete)

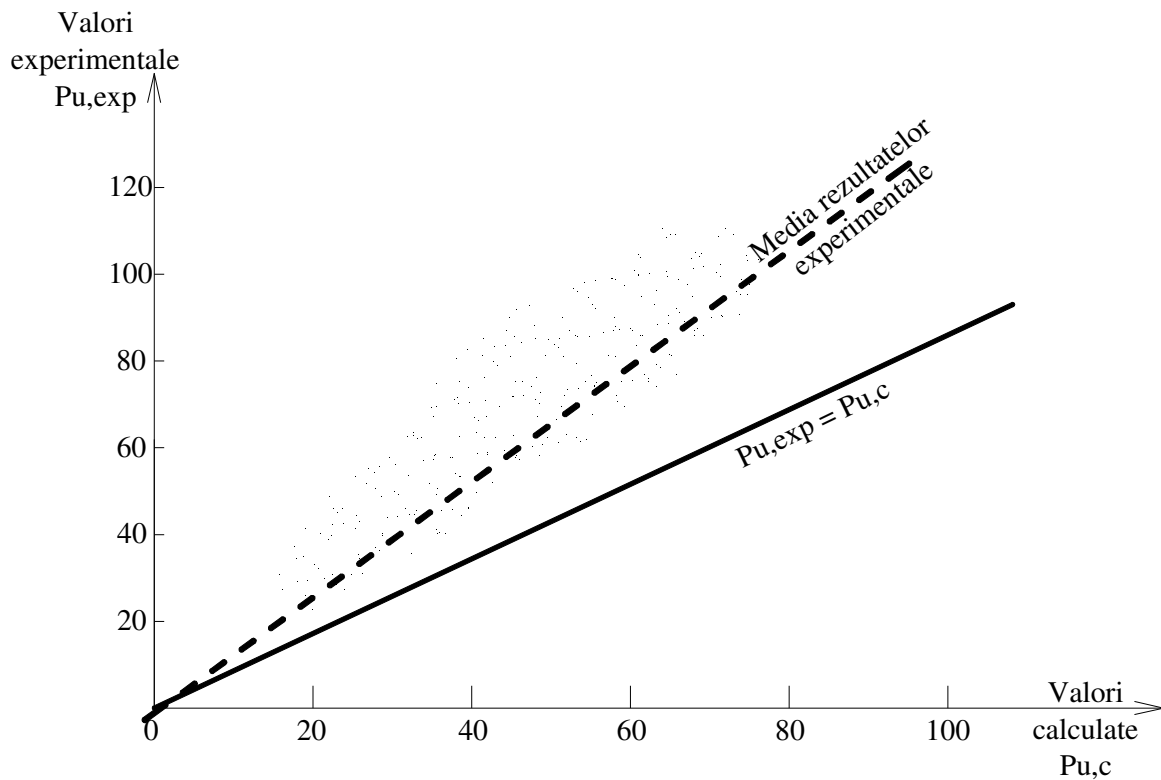
$$\sigma_{cr} = k_\sigma \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b_p} \right)^2; \quad k_\sigma = \text{coeficientul de valoare}$$



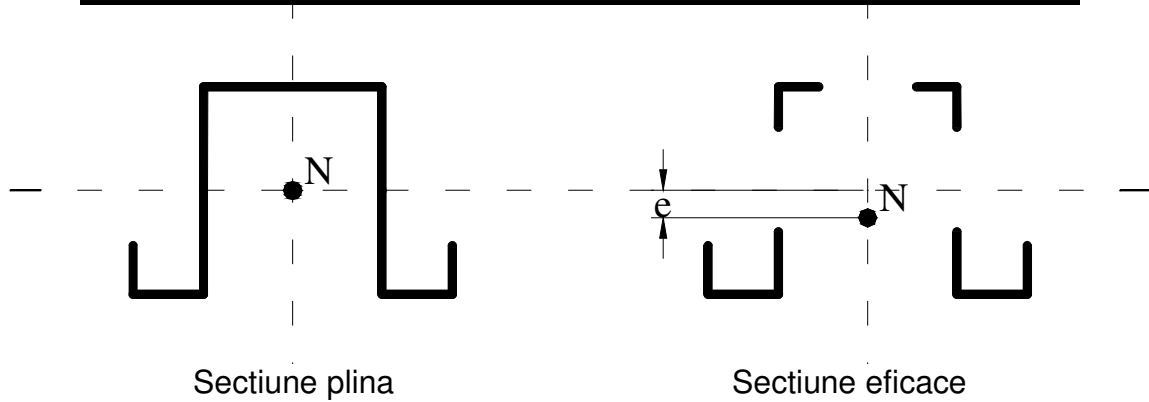


VALIDITATEA CONCEPTULUI DE “LATIME EFICACE”

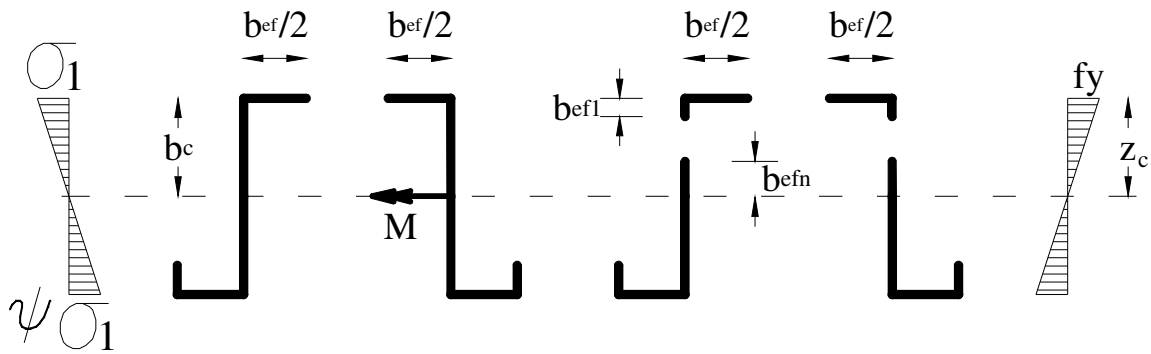
- testele experimentale confirma
- procedeul este foarte simplu
- prin intarirea sectiunii prin rigidizari intermediare si/sau de margine se obtine o crestere a acestei eficacitati.



SECTIUNEA EFICACE LA O BARA COMPRIMATA



SECTIUNEA EFICACE LA O BARA INCOVOIATA

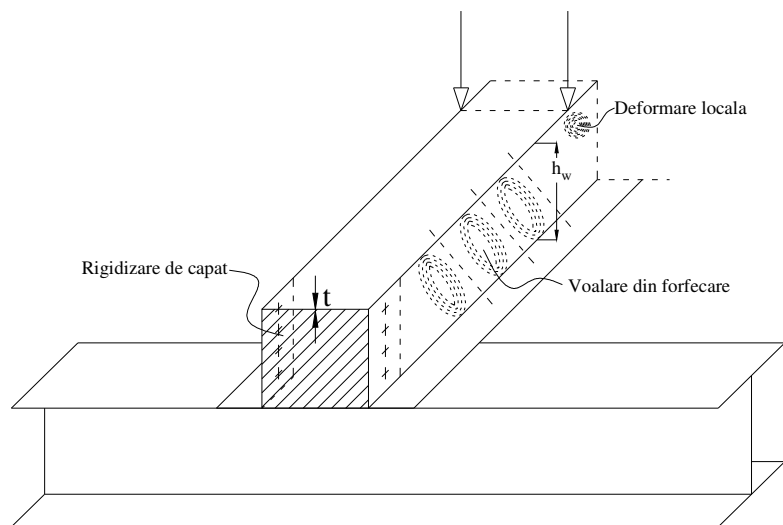


Pozitia preliminara a A.n.

Pozitia finala a A.n.

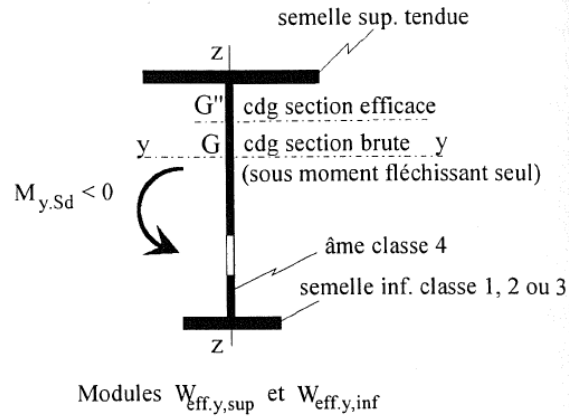
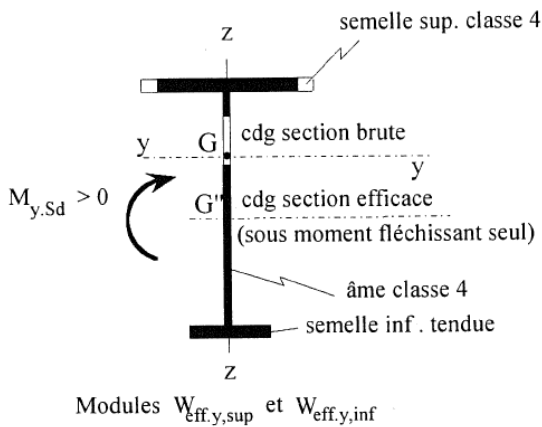
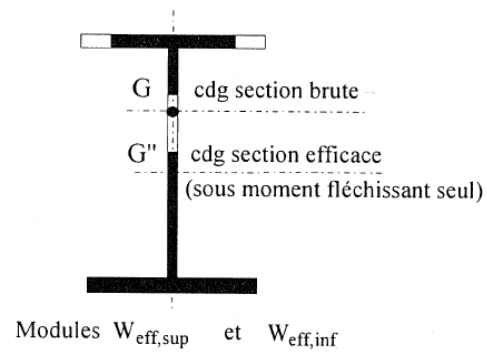
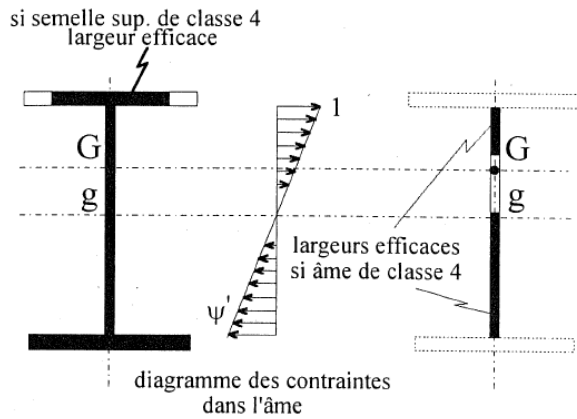
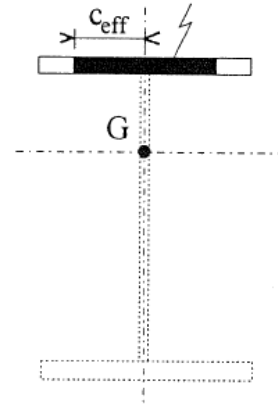
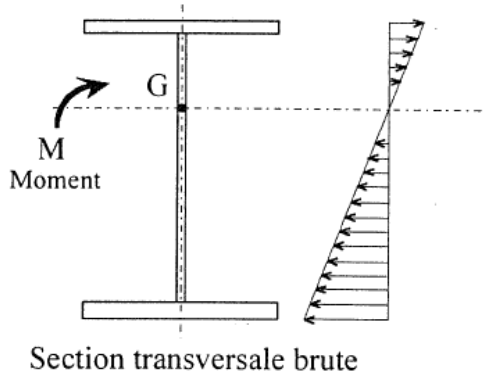
Alte efecte locale datorate "subtiririi de perete"

- voalare de forfecare
- Deformare sau strivire locale (web crippling)



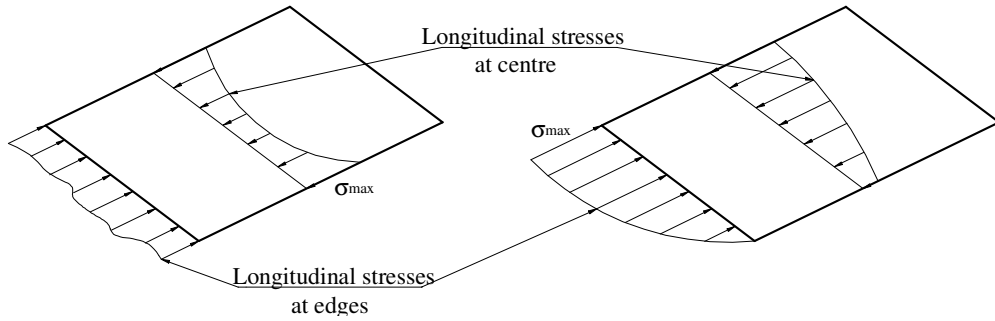
Cand inima si talpa sunt de clasa 4, la o sectiune sollicitata la incovoiere calculul se conduce in doi pasi :

- 1- talpa comprimata
- 2- inima in zona comprimata

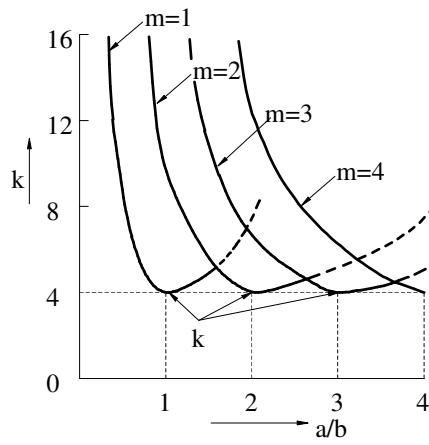
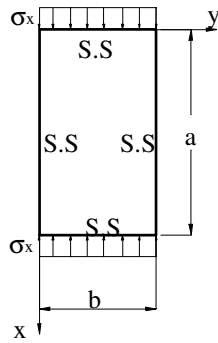


Determinarea latimii eficace (efective) depinde de:

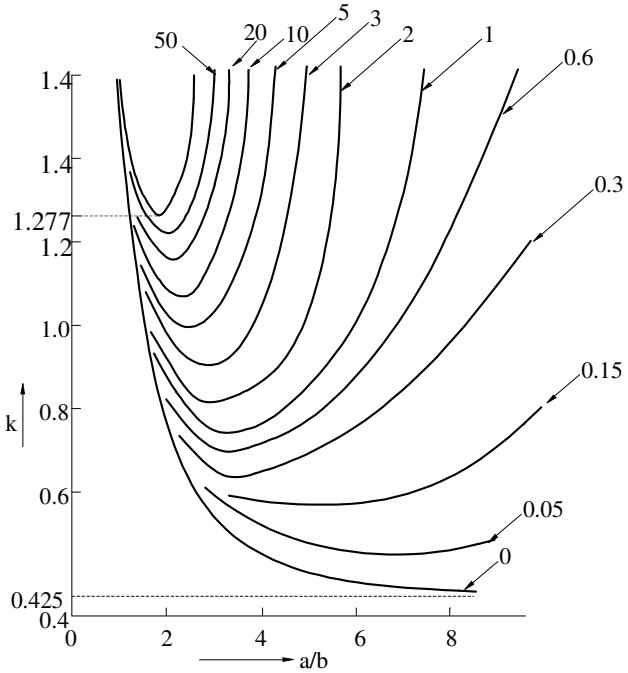
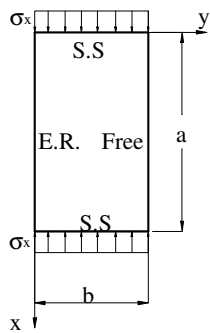
- tipul de perete (placa) – inima
- talpa



Influenta rezemarii

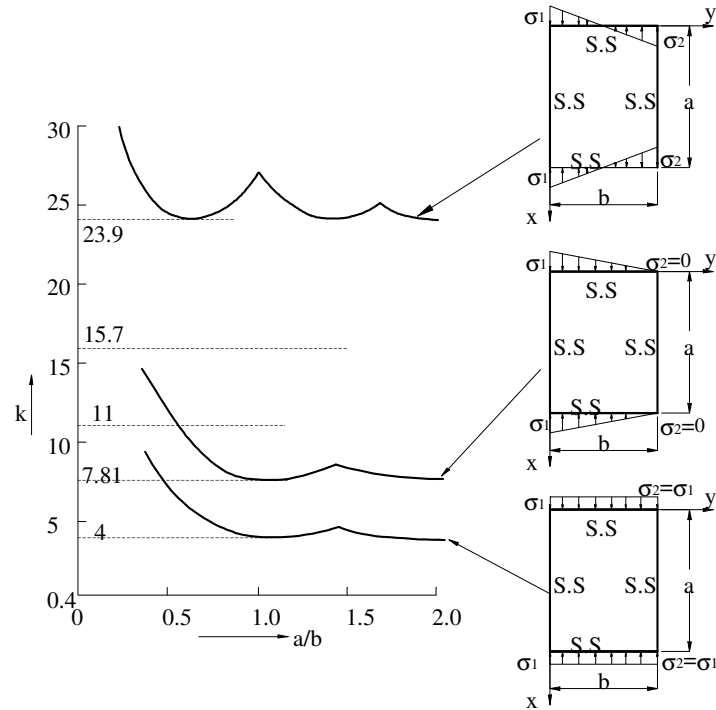


Values of ϵ



- variatia tensiunilor pe latimea peretelui (placii)

Influenta Gradientului de tensiune



Tabelul 4.1 - Elemente comprimate interne

Distribuția tensiunilor (compresiune pozitivă)				Lățimea eficace ^p b_{eff}		
				$\psi = 1$: $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 b_{eff}$ $b_{e2} = 0,5 b_{eff}$		
				$1 > \psi > 0$: $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{eff}$ $b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$		
				$\psi < 0$: $b_{eff} = \rho b_c = \rho \bar{b} (1 - \psi)$ $b_{e1} = 0,4 b_{eff}$ $b_{e2} = 0,6 b_{eff}$		
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi > -3$
Factor de voalare k_G	4,0	$8,2 / (1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$	23,9	$5,98 (1 - \psi)^2$

Tabelul 4.2 - Elemente comprimate în consolă

Distribuția tensiunilor (compresiune pozitivă)	Lățimea eficace ^p b_{eff}
--	--

		$1 > \psi \geq 0:$ $b_{\text{eff}} = \rho c$				
		$\psi < 0:$ $b_{\text{eff}} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$				
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$		1	0	-1	$1 \geq \psi \geq -3$	
Factor de voalare k_G		0,43	0,57	0,85	$0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$	
		$1 > \psi \geq 0:$ $b_{\text{eff}} = \rho c$				
		$\psi < 0:$ $b_{\text{eff}} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$				
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$		1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1
Factor de voalare k_G		0,43	$0,578 / (\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8