

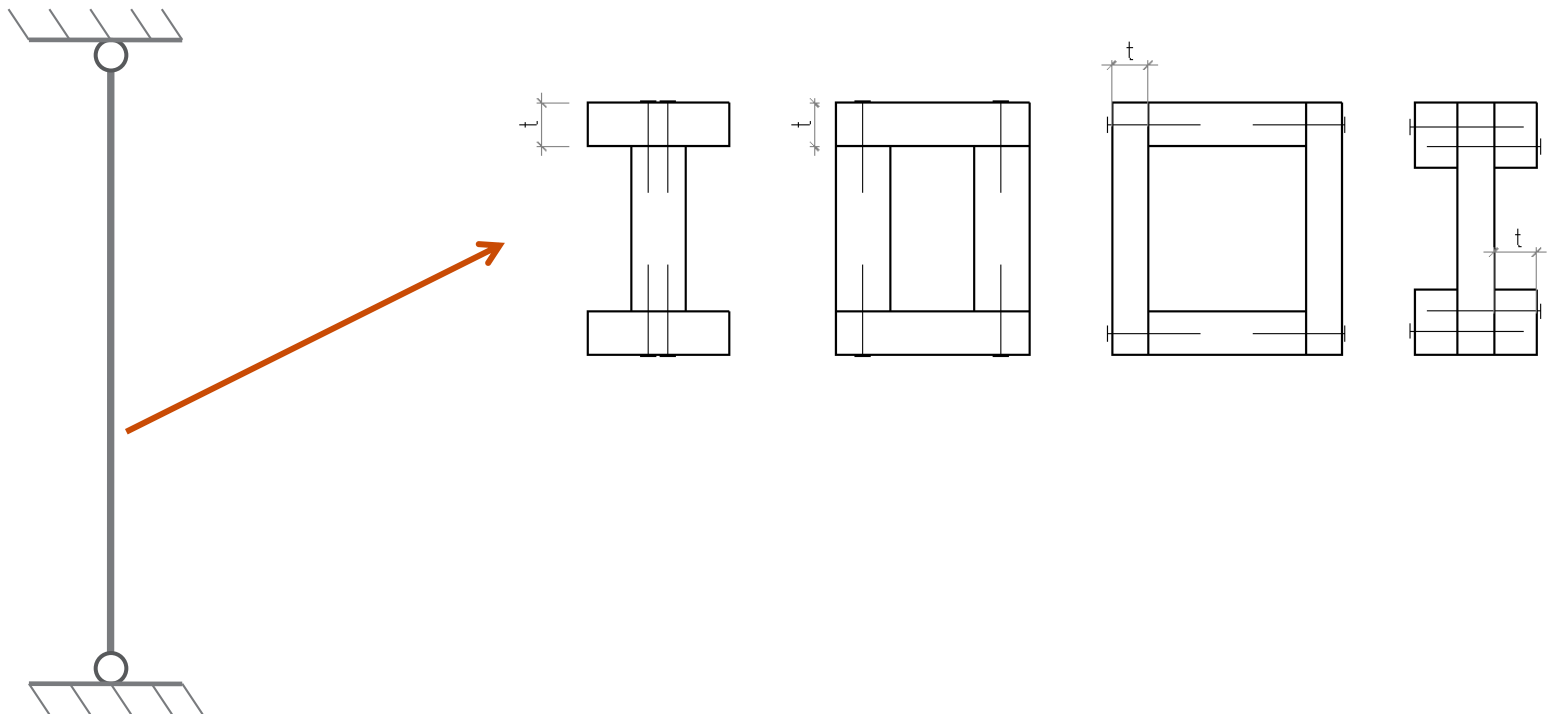


ĆWICZENIE 3

Słup

2

ELEMENT OSIOWO ŚCISKANY



Słup

3

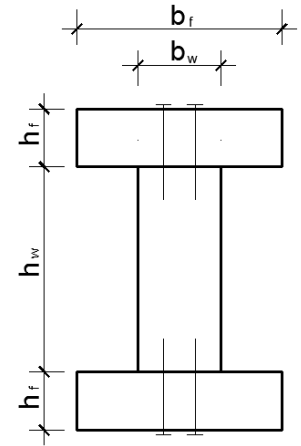


Polecenie

4

Wyznaczyć nośność charakterystyczną słupa ściskanego na podstawie następujących danych:

- długość słupa: $L=4,73\text{ m}$
- wymiary elementów: półki: $2 \times 45 \times 160$, środek: 100×200
- klasa drewna: $C30$
- łączniki: *gwoździe okrągłe gładkie*
(ze stali o wytrzymałości char. na rozciąganie $f_{u,k}=600\text{ Mpa}$)
- klasa użytkowania: 1



Klasa drewna

5

		Gatunki iglaste											
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Właściwości wytrzymałościowe (w N/mm²)													
Zginanie	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Rozciąganie wzdłuż włókien	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
Rozciąganie w poprzek włókien	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Ściskanie wzdłuż włókien	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
Ściskanie w poprzek włókien	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
Ścinanie	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Właściwości sprężyste (w kN/mm²)													
Sredni moduł sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16
5 % kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7
Sredni moduł sprężystości w poprzek włókien	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Sredni moduł odkształcenia postaciowego	G_{mean}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Gęstość (w kg/m³)													
Gęstość charakt.	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
Średnia gęstość	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550

Przyjęcie łączników

6

Należy przyjąć dwa rzędy łączników o takiej średnicy d ,
by spełnione były wymogi normy ze względu na minimalne rozstawy i odległości dla
gwoździ

Przyjęto gwoździe 4,5/100 wbijane w dwóch szeregach
w rozstawie co 60 mm

Przyjęcie łączników

7

Tablica 8.2 – Minimalne rozstawy i odległości gwoździ

Rozstawy i odległości (patrz Rysunek 8.7)	Kąt α	Minimalne rozstawy i odległości		
		bez nawierconych otworów		z nawierconymi otworami
		$\rho_k \leq 420$	$420 < \rho_k \leq 500$	
		ρ_k w kg/m^3		
Rozstaw a_1 (wzdłuż włókien)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$d < 5 \text{ mm}: (5+5 \cos \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (5+7 \cos \alpha) d$	$(7 + 8) \cos \alpha d$	$(4+ \cos \alpha) d$
Rozstaw a_2 (w poprzek włókien)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$(3+ \sin \alpha) d$
Odległość $a_{3,t}$ (koniec obciążony)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(10 + 5\cos \alpha) d$	$(15 + 5\cos \alpha) d$	$(7+5 \cos \alpha) d$
Odległość $a_{3,c}$ (koniec nieobciążony)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$10d$	$15d$	$7d$
Odległość $a_{4,t}$ (bok obciążony)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$d < 5 \text{ mm}: (5 + 2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (5 + 5 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm}: (7 + 2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (7 + 5 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm}: (3 + 2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (3 + 4 \sin \alpha) d$
Odległość $a_{4,c}$ (bok nieobciążony)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$3d$

Wymiary gwoździ okrągłych gładkich najczęściej stosowanych w konstrukcjach drewnianych

średnica	długość	średnica główki	średnica	długość	średnica główki
d	l	d _h	d	l	d _h
mm					
1,8	20, 25, 30, 32, 35, 40	4,2	5,0	100, 110, 115, 125, 140, 145, 150,	12,5
2,0	25, 27, 30, 35, 40, 45	4,5	5,4	125,	13,5
2,1	32, 40, 45, 50	5,0	5,5	125, 140, 145, 150, 160	13,5
2,2	40, 45, 50, 55	5,0	5,6	50, 65, 125, 140, 150	13,5
2,3	50	5,0	5,7	125, 135	13,5
2,4	25, 40, 45, 50, 55	5,5	5,8	125, 140	13,5
2,5	40, 45, 50, 55, 60, 65	5,5	5,9	140, 160	13,5
2,7	29, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80	6,5	6,0	125, 140, 150, 160, 175, 180	13,5
2,8	25, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75	6,5	6,1	65, 160	13,5
3,0	50, 55, 60, 65, 70, 75, 80	7,0	6,2	140, 150	13,5
3,1	50, 55, 60, 65, 70, 75, 80	7,0	6,4	160	14,8
3,2	75, 85	7,0	6,5	160, 180	14,8
3,4	25, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90	8,0	6,6	180	14,8
3,5	50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90	8,0	6,7	150, 180	14,8
3,7	70, 80	8,5	7,0	180, 200, 210, 225, 230, 250, 300	15,5
3,8	70, 75, 80, 85, 90, 100, 115	8,5	7,2	200	15,5
3,9	90	9,0	7,6	230, 260	16,5
4,0	75, 80, 90, 100, 110	9,0	8,0	200, 230, 250	17,5
4,1	90, 130,	9,0	8,6	260	19,0
4,2	76, 90, 100, 110, 120	9,5	8,8	260	21,0
4,4	100	10,5	9,0	260, 275, 280, 300, 310	21,0
4,5	90, 95, 100, 125	10,5			
4,6	100, 130	10,5			
4,9	100, 110	12,5			

UWAGA: Jako symbol gwoźdźdźa przyjmuje się oznaczenie d x l, np. 4,6 x 100.

Nośność charakterystyczna

NOŚNOŚĆ CHARAKTERYSTYCZNA NA ŚCISKANIE:

- maksymalna dopuszczalna siła ściskająca, która może działać na słup



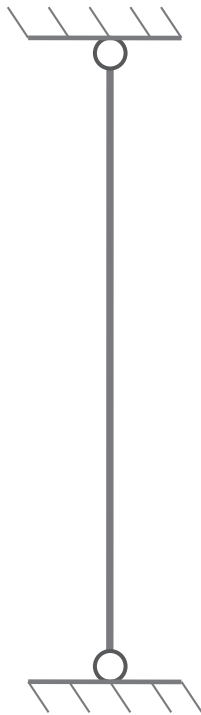
1

WYBOCZENIE SŁUPA

Schemat statyczny

11

$$\mu = 1,0$$

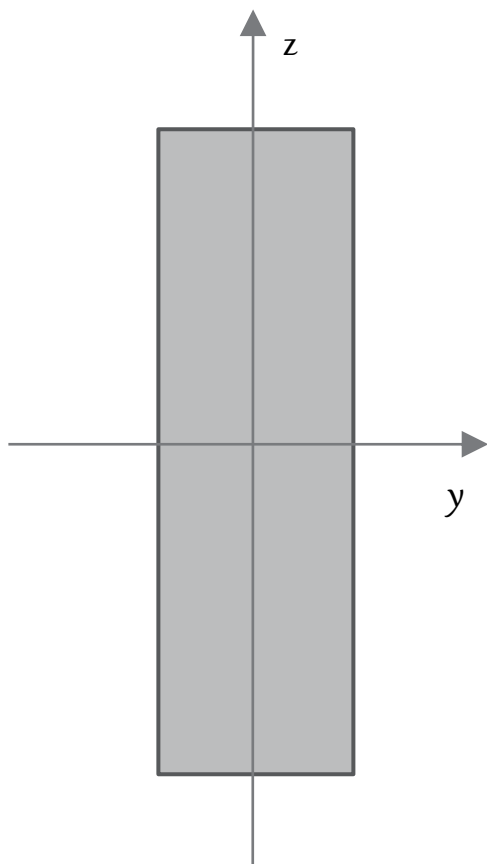


Zamocowany przegubowo –
jest to najodpowiedniejszy schemat
statyczny, ze względu
na podatność łączników.

SCHEMAT STATYCZNY PRĘTA ŚCISKANEGO

Długości wyboczeniowe

12



$$L_{c,y} = \mu_{c,y} \cdot L$$

$$L_{c,z} = \mu_{c,z} \cdot L$$

Długości wyboczeniowe

13

Wyboczenie względem osi y (w płaszczyźnie x-z):

$$L_{c,y} = \mu_{c,y} \cdot L = 1,0 \cdot 4,73 = 4,73 \text{ m}$$

Wyboczenie względem osi z (w płaszczyźnie x-y):

$$L_{c,z} = \mu_{c,z} \cdot L = 1,0 \cdot 4,73 = 4,73 \text{ m}$$

Całkowite pole przekroju:

$$A_{tot} = 2 \cdot 4,5 \cdot 16 + 10 \cdot 20 = 344 \text{ cm}^2$$

Moduły podatności złączy

14

Moduł podatności złączy w stanie SGU:

$$K_{ser} = \frac{\rho_m^{1,5} d^{0,8}}{30} = \frac{460^{1,5} \cdot 4,5^{0,8}}{30} = 1095 \frac{N}{mm}$$

Moduł podatności złączy w stanie SGN:

$$K_u = \frac{2}{3} K_{ser} = \frac{2}{3} \cdot 1095 = 730 \frac{N}{mm}$$

Efektywne momenty bezwładności

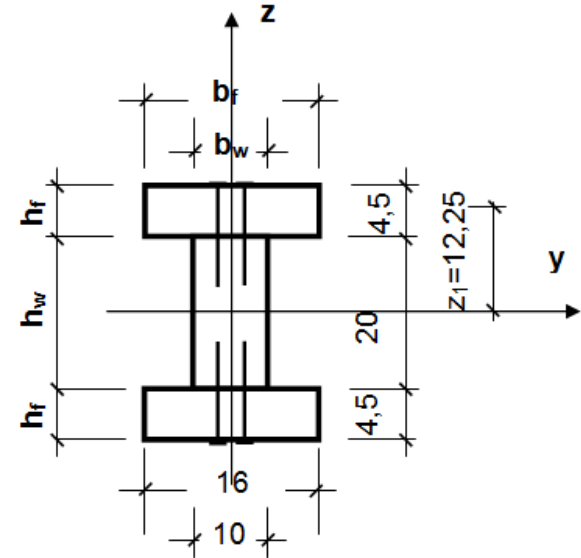
15

Wyboczenie względem osi z

$$I_{ef,z,SGN} = \sum_i I_{i,z} + \sum_i \gamma_{z,SGN} A_i y_i^2$$

Wyboczenie względem osi y

$$I_{ef,y,SGN} = \sum_i I_{i,y} + \sum_i \gamma_{y,SGN} A_i z_i^2$$



Efektywne momenty bezwładności

16

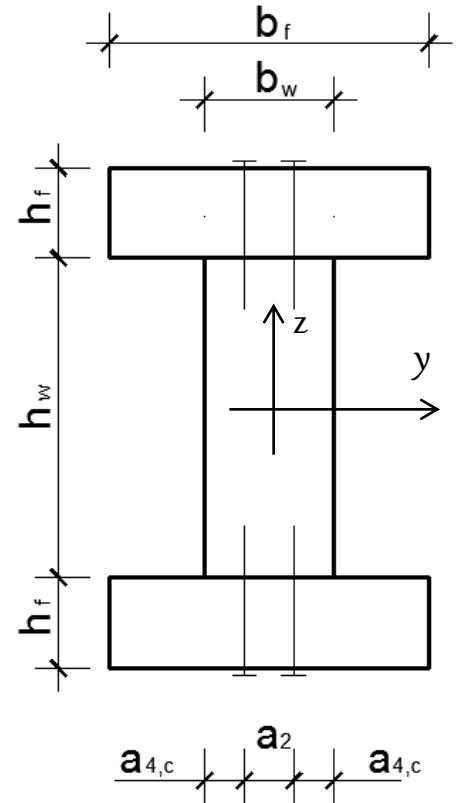
Wyboczenie względem osi z

$$I_{ef,z,SGN} = \sum_i I_{i,z}$$

Wyboczenie względem osi y

$$I_{ef,y,SGN} = \sum_i I_{i,y} + 2\gamma_{y,SGN} A_f z_1^2$$

$$A_f = h_f b_f \quad z_1 = \frac{h_w}{2} + \frac{h_f}{2}$$



Współczynniki redukcyjne

17

Współczynnik redukcyjny w stanie SGN:

$$\gamma_{SGN} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E_{0,mean} A_f}{L^2 K_u} s_1} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{4730^2} \frac{12000 \cdot 7200}{730} \cdot 30} = 0,390$$

Efektywne momenty bezwładności

Efektywny moment bezwładności względem osi y:

$$I_{ef,y,SGN} = \frac{1}{12} (2 \cdot 16 \cdot 4,5^3 + 10 \cdot 20^3) + 2 \cdot 4,5 \cdot 16 \cdot 12,25^2 \cdot 0,390 = 15338 \text{ cm}^4$$

Efektywny moment bezwładności względem osi z:

$$I_{ef,z,SGN} = \frac{1}{12} (2 \cdot 4,5 \cdot 16^3 + 20 \cdot 10^3) = 4739 \text{ cm}^4$$

Efektywne momenty bezwładności

19

Wyboczenie względem osi z

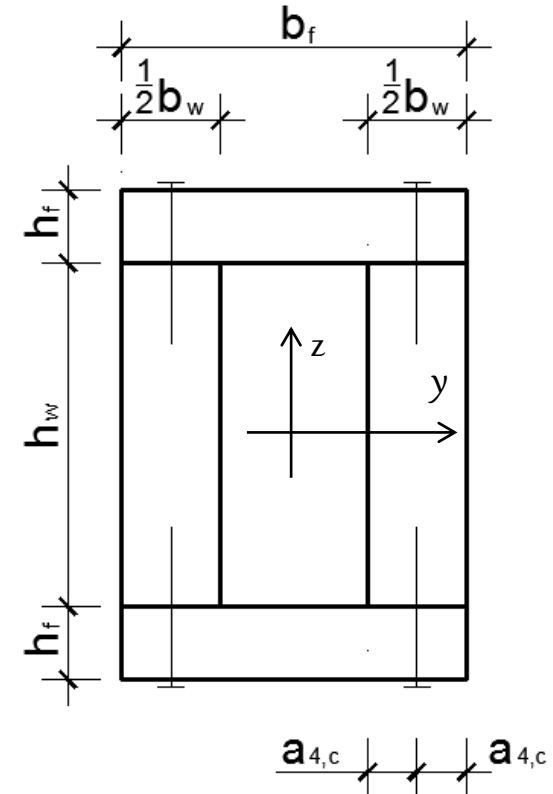
$$I_{ef,z,SGN} = \sum_i I_{i,z} + 2\gamma_{z,SGN} A_w y_1^2$$

$$A_w = \frac{h_w b_w}{2}$$

Wyboczenie względem osi y

$$I_{ef,y,SGN} = \sum_i I_{i,y} + 2\gamma_{y,SGN} A_f z_1^2$$

$$A_f = h_f b_f \quad z_1 = \frac{h_w}{2} + \frac{h_f}{2}$$



Współczynniki redukcyjne

20

Współczynnik redukcyjny w stanie SGN:

$$\gamma_{z,SGN} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E_{0,mean} A_w}{L^2 K_u} s_1}$$

$$\gamma_{y,SGN} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E_{0,mean} A_f}{L^2 K_u} s_1}$$

Efektywne momenty bezwładności

21

Wyboczenie względem osi z

$$I_{ef,z,SGN} = \sum_i I_{i,z} + 2\gamma_{z,SGN} A_f y_1^2$$

$$A_f = b_f h_f \quad y_1 = \frac{b_w}{2} + \frac{b_f}{4}$$

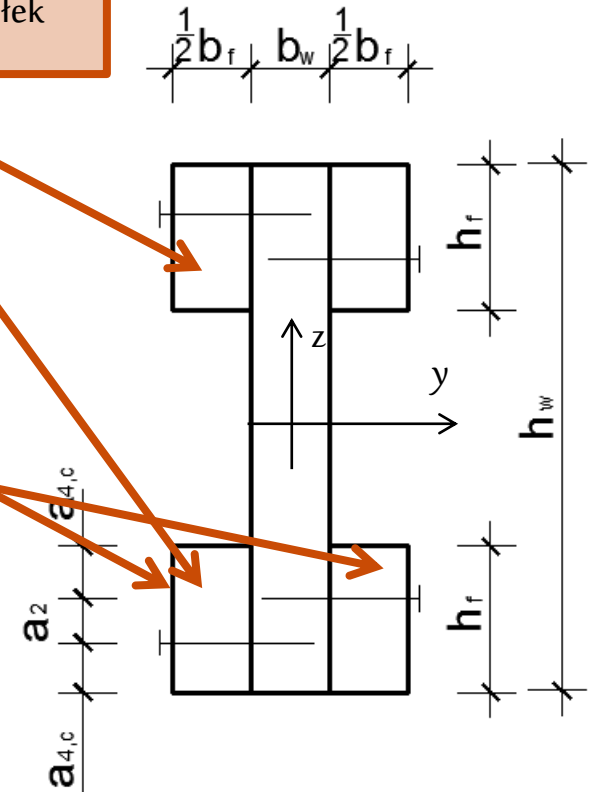
Wyboczenie względem osi y

$$I_{ef,y,SGN} = \sum_i I_{i,y} + 2\gamma_{y,SGN} A_f z_1^2$$

$$A_f = h_f b_f \quad z_1 = \frac{h_w}{2} - \frac{h_f}{2}$$

Pole dwóch elementów półek

Pole jednej półki –
składającej się z dwóch
elementów



Współczynniki redukcyjne

22

Współczynnik redukcyjny w stanie SGU:

$$\gamma_{z,SGN} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{L^2} \frac{E_{0,mean} A_f}{K_u} s_1}$$

$$\gamma_{y,SGN} = \gamma_{z,SGN}$$

Efektywne momenty bezwładności

23

Wyboczenie względem osi z

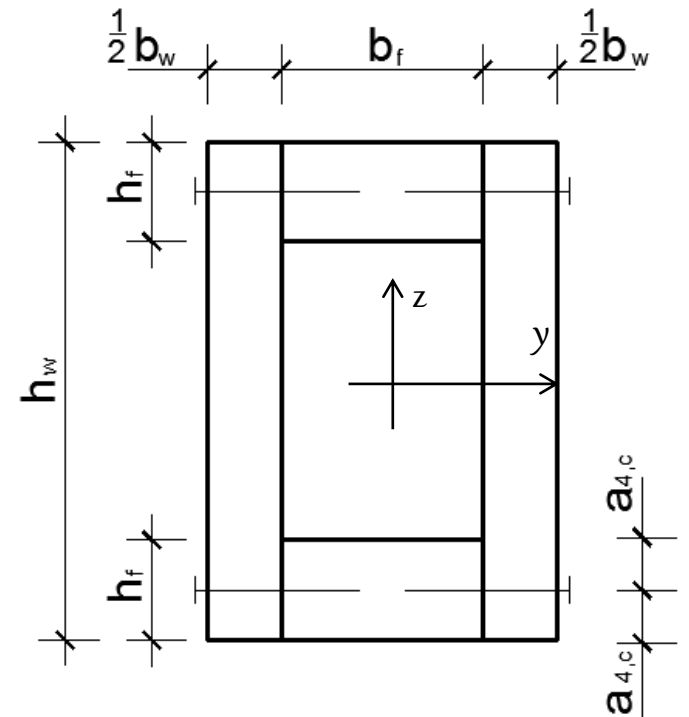
$$I_{ef,z,SGN} = \sum_i I_{i,z} + 2\gamma_{z,SGN} A_w y_1^2$$

$$A_w = \frac{h_w b_w}{2} \quad y_1 = \frac{b_f}{2} + \frac{b_w}{4}$$

Wyboczenie względem osi y

$$I_{ef,y,SGN} = \sum_i I_{i,y} + 2\gamma_{y,SGN} A_f z_1^2$$

$$A_f = h_f b_f \quad z_1 = \frac{h_w}{2} - \frac{h_f}{2}$$



Współczynniki redukcyjne

24

Współczynniki redukcyjne w stanie SGN:

$$\gamma_{z,SGN} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E_{0,mean} A_w}{L^2 K_u} s_1}$$

$$\gamma_{y,SGN} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E_{0,mean} A_f}{L^2 K_u} s_1}$$

Smukłości efektywne

25

Smukłość efektywna przy wyboczeniu względem osi y
(w płaszczyźnie x-z):

$$\lambda_{ef,y} = L_{c,y} \sqrt{\frac{A_{tot}}{I_{ef,y,SGN}}} = 473 \cdot \sqrt{\frac{344}{15338}} = 70,84$$

Smukłość efektywna przy wyboczeniu względem osi z
(w płaszczyźnie x-y):

$$\lambda_{ef,z} = L_{c,z} \sqrt{\frac{A_{tot}}{I_{ef,z,SGN}}} = 473 \cdot \sqrt{\frac{344}{4739}} = 127,44$$

2

NOŚNOŚĆ SŁUPA ZE WZGLĘDU NA ŚCISKANIE

Wybór płaszczyzny wyboczenia

27

Smukłość maksymalna:

$$\max(\lambda_{ef,y}; \lambda_{ef,z}) = \max(70,84; 127,44) = 127,44 = \lambda_{ef,z}$$

Do obliczania nośności słupa ze względu na ściskanie przyjmujemy płaszczyznę x-y (wyboczenie względem osi z)

Smukłość względna przy wyboczeniu względem osi z:

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_{ef,z}}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{127,44}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{23}{8000}} = 2,18$$

Współczynniki

28

Współczynnik niestabilności:

$$k_z = 0,5 \left[1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},z}^2 \right] =$$

$$= 0,5 \cdot \left[1 + 0,2 \cdot (2,18 - 0,3) + 2,18^2 \right] = 3,06$$

Współczynnik wyboczeniowy:

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}} = \frac{1}{3,06 + \sqrt{3,06^2 - 2,18^2}} = 0,19$$

Nośność charakterystyczna słupa

Nośność charakterystyczna słupa ze względu na ściskanie:

$$N_1 = k_{c,z} A_{tot} f_{c,0,k} = 0,19 \cdot 34400 \cdot 23 = 150328 \text{ N} = 150,33 \text{ kN}$$

3

NOŚNOŚĆ SŁUPA ZE WZGLĘDU NA ŁĄCZNIKI

Nośność ze względu na łączniki

31

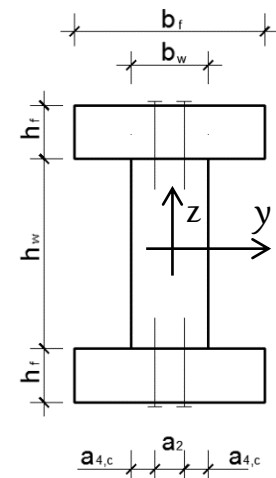
Siła ścinająca w połączeniu

$$F_{v,y} = \frac{\gamma_{y,SGN} VS_{f,y}}{I_{ef,y,SGN}} S_1$$

Moment statyczny jednej półki

$$F_{v,z} = \frac{\gamma_{z,SGN} VS_{f,z}}{I_{ef,z,SGN}} S_1$$

Wyboczenie względem osi z



Nośność ze względu na łączniki

32

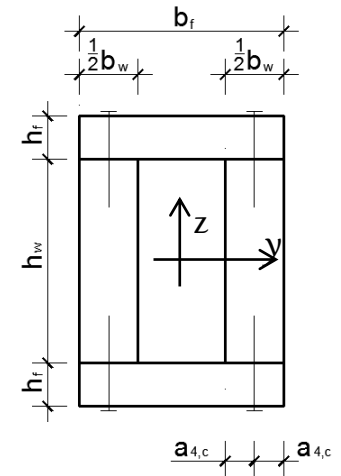
Siła ścinająca w połączeniu

$$F_{v,y} = \frac{\gamma_{y,SGN} VS_{f,y}}{I_{ef,y,SGN}} S_1$$

Moment statyczny jednej półki

$$F_{v,z} = \frac{\gamma_{z,SGN} VS_{w,z}}{I_{ef,z,SGN}} S_1$$

Moment statyczny jednej części środka



Nośność ze względu na łączniki

33

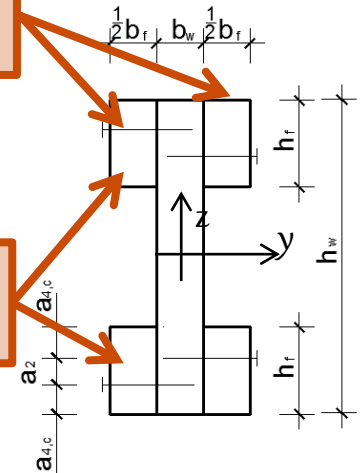
Siła ścinająca w połączeniu

$$F_{v,y} = \frac{\gamma_{y,SGN} VS_{f,y}}{I_{ef,y,SGN}} S_1$$

Moment statyczny jednej półki – składającej się z dwóch elementów

$$F_{v,z} = \frac{\gamma_{z,SGN} VS_{f,z}}{I_{ef,z,SGN}} S_1$$

Moment statyczny dwóch elementów półek



Nośność ze względu na łączniki

34

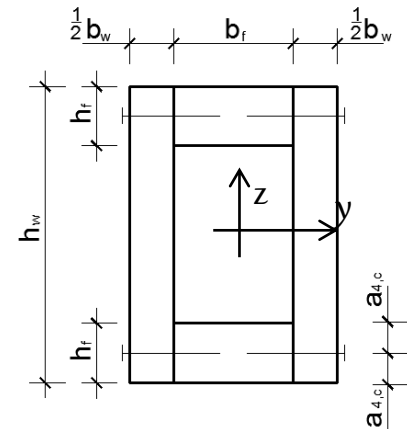
Siła ścinająca w połączeniu

$$F_{v,y} = \frac{\gamma_{y,SGN} VS_{f,y}}{I_{ef,y,SGN}} S_1$$

Moment statyczny jednej półki

$$F_{v,z} = \frac{\gamma_{z,SGN} VS_{w,z}}{I_{ef,z,SGN}} S_1$$

Moment statyczny jednej części środka



Nośność ze względu na łączniki

W analizowanym przykładzie dwuteownika wyboczenie następuje względem osi z (slajd 27).

Ze względów dydaktycznych dalsze obliczenia przedstawione są jak dla wyboczenia względem osi y.

Nośność ze względu na łączniki

Przy pełnym wykorzystaniu nośności gwoździ:

$$F_v = F_{v,y} = \frac{\gamma_{y,SGN} V S_{f,y}}{I_{ef,y,SGN}} S_1 = F_{v,Rk}$$

Siła przy wyboczeniu

37

$$V = \begin{cases} \frac{N_2}{120 \cdot k_c} & \text{dla } \lambda_{ef} < 30 \\ \frac{N_2 \lambda_{ef}}{3600 \cdot k_c} & \text{dla } 30 \leq \lambda_{ef} < 60 \\ \frac{N_2}{60 \cdot k_c} & \text{dla } \lambda_{ef} \geq 60 \end{cases}$$

W tym przypadku:

$$\lambda_{ef} = \lambda_{ef,y} = 70,84 > 60 \rightarrow V = \frac{N_2}{60 \cdot k_{c,y}}$$

Współczynniki

38

Smukłość względna przy wyboczeniu względem osi y:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_{ef,y}}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{70,84}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2,3}{800}} = 1,21$$

Współczynnik niestabilności:

$$k_y = 0,5 \left[1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,2 \cdot (1,21 - 0,3) + 1,21^2 \right] = 1,32$$

Współczynnik wyboczeniowy:

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,32 + \sqrt{1,32^2 - 1,21^2}} = 0,54$$

Wyznaczenie nośności łączników

8.2.2 Złącza drewno–drewno i drewno–plyta

(1) Za nośność charakterystyczną gwoździ, zszywek, sworzni, śrub i wkrętów, odniesioną do jednej płaszczyzny ścinania i do jednego łącznika, należy przyjmować minimalną wartość określoną ze wzorów:

– dla łączników jednociętych:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{ll} f_{h,1,k} t_1 d & \text{(a)} \\ f_{h,2,k} t_2 d & \text{(b)} \\ \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(c)} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(d)} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(e)} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(f)} \end{array} \right. \quad (8.6)$$

przy czym

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$$

Wyznaczenie nośności łączników

gdzie:

$F_{v,Rk}$ – nośność charakterystyczna łącznika odniesiona do jednej płaszczyzny ścinania,

t_i – grubość elementu drewnianego lub płyty, lub też długość zakotwienia łącznika, przy czym $i = 1$ lub $i = 2$, patrz także 8.3 do 8.7,

$f_{h,i,k}$ – wytrzymałość charakterystyczna na docisk w elemencie drewnianym,

d – średnica trzpienia łącznika,

$M_{y,Rk}$ – moment charakterystyczny uplastycznienia łącznika,

β – stosunek wytrzymałości charakterystycznych na docisk łącznika do elementów złącza,

$F_{ax,Rk}$ – nośność charakterystyczna łącznika na wyciąganie, patrz (2).

Wyznaczenie nośności łączników

8.3 Złącza na gwoździe

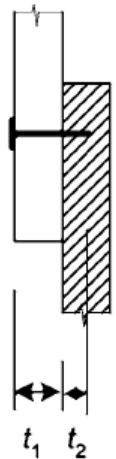
8.3.1 Złącza obciążone poprzecznie

8.3.1.1 Postanowienia ogólne

(1) Symbole dotyczące grubości elementów, występujące w złączach jednociętych i dwuciętych (patrz Rysunek 8.4), definiuje się następująco:

t_1 – w złączach jednociętych: grubość elementu drewnianego od strony główki łącznika,
– w złączach dwuciętych: mniejszy z wymiarów: grubości elementu od strony główki łącznika i długości zakotwienia łącznika,

t_2 – w złączach jednociętych: długość zakotwienia łącznika,
– w złączach dwuciętych: grubość elementu środkowego.



Wyznaczenie nośności łączników

(4) W przypadku zwykłych gwoździ gładkich, produkowanych z drutu stalowego o wytrzymałości na rozciąganie co najmniej 600 N/mm^2 , moment charakterystyczny uplastycznienia należy określać z następujących wzorów:

$$M_{y,Rk} = \begin{cases} 0,3 f_u d^{2,6} & \text{dla gwoździ okrągłych} \\ 0,45 f_u d^{2,6} & \text{dla gwoździ kwadratowych i profilowanych} \end{cases} \quad (8.14)$$

gdzie:

$M_{y,Rk}$ – moment charakterystyczny uplastycznienia, w Nmm,

d – średnica gwoźdź, jak zdefiniowano w EN 14592, w mm,

f_u – wytrzymałość drutu stalowego na rozciąganie, w N/mm^2 .

(5) W przypadku gwoździ o średnicy nie większej niż 8 mm, wytrzymałość na docisk do drewna lub do LVL należy określać z następujących wzorów:

– bez uprzednio nawierconych otworów:

$$f_{h,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3} \quad \text{N/mm}^2$$

gdzie:

ρ_k – gęstość charakterystyczna drewna, w kg/m^3 ,

d – średnica gwoźdź, w mm.

Wyznaczenie nośności łączników

43

Wytrzymałość charakterystyczna na docisk łącznika do drewna:

$$f_{h,k} = f_{h,1,k} = f_{h,2,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3}$$

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot 380 \cdot 4,5^{-0,3} = 19,84 \text{ MPa}$$

Charakterystyczny moment uplastycznienia łącznika:

$$M_{y,Rk} = 0,3 f_{u,k} d^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 4,5^{2,6} = 8987 \text{ Nmm}$$

Elementy złącza wykonane z drewna tej samej, więc:

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 1$$

Nośność łączników wg teorii Johansena

Nośność char. łącznika jednoczętętego w jednej płaszczyźnie ścinania

(pierwszy składnik wzorów – nośność wg teorii Johansena):

$$F_{v,Rk,1J} = f_{h,1,k} t_1 d = 4,02 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2J} = f_{h,2,k} t_2 d = 4,82 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3J} = \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] = 1,84 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,4J} = 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] = 1,61 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,5J} = 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_2^2}} - \beta \right] = 1,86 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,6J} = 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} = 1,46 \text{ kN}$$

Efekt liny

45

(4) Nośność charakterystyczną na wyciąganie $F_{ax,Rk}$ gwoździ wbitych prostopadle (Rysunek 8.8 (a)) lub ukośnie (Rysunek 8.8 (b)) do włókien drewna należy określać, przyjmując najmniejszą wartość uzyskaną z następujących wzorów:

– w przypadku gwoździ gładkich:

$$F_{ax,Rk} = \begin{cases} f_{ax,k} d t_{pen} & \text{(a)} \\ f_{ax,k} d t + f_{head,k} d_h^2 & \text{(b)} \end{cases} \quad (8.24)$$

gdzie:

$f_{ax,k}$ – wytrzymałość charakterystyczna gwoźdź na wyciąganie,

$f_{head,k}$ – wytrzymałość charakterystyczna gwoźdź na przeciąganie łba,

d – średnica gwoźdź, zgodnie z 8.3.1.1,

t_{pen} – długość zakotwienia gwoźdź lub długość od strony ostrza części profilowanej gwoźdź, zagłębionej w elemencie,

t – grubość elementu od strony główki gwoźdź,

d_h – średnica główki gwoźdź.

(5) Wytrzymałości charakterystyczne $f_{ax,k}$ i $f_{head,k}$ należy określać zgodnie z EN 1382, EN 1383 i EN 14358, z niżej podanymi wyjątkami.

(6) W przypadku gwoździ gładkich, których głębokość zakotwienia przekracza $12d$, wytrzymałości charakterystyczne gwoździ na wyciąganie i na przeciąganie należy określać z wzorów:

$$f_{ax,k} = 20 \times 10^{-6} \rho_k^2 \quad (8.25)$$

$$f_{head,k} = 70 \times 10^{-6} \rho_k^2 \quad (8.26)$$

gdzie:

ρ_k – gęstość charakterystyczna drewna, w kg/m^3 .

Efekt liny

46

Wytrzymałość charakterystyczna gwoźdźcia na wyciąganie:

$$f_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} \rho_k^2 = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 380^2 = 2,89 \text{ MPa}$$

Wytrzymałość charakterystyczna gwoźdźcia na przeciąganie łba:

$$f_{head,k} = 70 \cdot 10^{-6} \rho_k^2 = 70 \cdot 10^{-6} \cdot 380^2 = 10,11 \text{ MPa}$$

Nośność charakterystyczna gwoźdźcia na wyciąganie:

$$F'_{ax,Rk} = \min \begin{cases} f_{ax,k} dt_{pen} \\ f_{ax,k} dt + f_{head,k} d_h^2 \end{cases} = \min \begin{cases} 2,89 \cdot 4,5 \cdot 54 = 702 \text{ N} = 0,70 \text{ kN} \\ 2,89 \cdot 4,5 \cdot 45 + 10,11 \cdot 10,5^2 = 1699 \text{ N} = 1,70 \text{ kN} \end{cases}$$

$$F'_{ax,Rk} = 0,70 \text{ kN}$$

Efekt liny

47

W przypadku długości zakotwienia gwoździ gładkich mniejszej niż $12d$, nośność gwoźdza na wyciąganie należy pomnożyć przez dodatkowy składnik:

$$F_{ax,Rk} = F'_{ax,Rk} \left(\frac{t_{pen}}{4d} - 2 \right)$$

Długość zakotwienia w rozpatrywanym przypadku:

$$\frac{t_{pen}}{d} = \frac{54}{4,5} = 12 \rightarrow t_{pen} \geq 12d \rightarrow F_{ax,Rk} = F'_{ax,Rk} = 0,70 \text{ kN}$$

Efekt liny

(2) Pierwszy składnik prawej strony przedstawionych wyżej Wzorów (8.7) i (8.8) wyraża nośność odpowiadającą teorii Johansena, a drugi składnik $F_{ax,Rk}/4$ wyraża udział w nośności efektu liny. Udział ten należy ograniczyć do następujących wartości procentowych, liczonych w stosunku do części odpowiadającej teorii Johansena:

– gwoździe okrągłe	15 %
– gwoździe kwadratowe i profilowane	25 %
– inne gwoździe	50 %
– wkręty	100 %
– śruby	25 %
– sworznie	0 %

Efekt liny

49

Minimalna wartość nośności charakterystycznej gwoździ wg teorii Johansena:

$$F_{v,Rk,6J} = 1,46 kN$$

Ograniczenie udziału efektu liny – jako dodatek przyjęto

$$\min \begin{cases} \frac{1}{4} F_{ax,Rk} = 0,18 kN \\ 0,15 F_{v,Rk,6J} = 0,22 kN \end{cases} = 0,18 kN$$

Nośność łączników z uwzgl. efektu liny

50

Nośność char. łącznika jednociętego w jednej płaszczyźnie ścinania:

$$F_{v,Rk,1} = 4,02 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2} = 4,82 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3} = F_{v,Rk,3J} + \frac{1}{4} F_{ax,Rk} = 1,84 + 0,18 = 2,02 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,4} = F_{v,Rk,4J} + \frac{1}{4} F_{ax,Rk} = 1,61 + 0,18 = 1,79 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,5} = F_{v,Rk,5J} + \frac{1}{4} F_{ax,Rk} = 1,86 + 0,18 = 2,04 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,6} = F_{v,Rk,6J} + \frac{1}{4} F_{ax,Rk} = 1,46 + 0,18 = 1,64 \text{ kN}$$

Wyznaczenie nośności łączników

51

Nośność charakterystyczna łącznika jednociętego w jednej płaszczyźnie ścinania:

$$F_{v,Rk} = 1,64 \text{ kN}$$

Nośność charakterystyczna słupa

Nośność charakterystyczna słupa ze względu na łączniki:

$$N_2 = \frac{60 \cdot F_{v,Rk} k_{c,y} I_{ef,y,SGN}}{\gamma_{y,SGN} S_{f,y} S_1} = \frac{60 \cdot 1,64 \cdot 0,54 \cdot 15338}{0,390 \cdot 882 \cdot 3} = 789,77 \text{ kN}$$

4

NOŚNOŚĆ SŁUPA ZE WZGLĘDU NA DOCISK DO PODWALINY

Nośność słupa

54

Nośność słupa ze względu na docisk do podwaliny:

$$N_3 = f_{c,90,k} A_{ef}$$

Efektywne pole docisku dla słupów pośrednich:

$$A_{ef,p} = 2 \cdot 4,5 \cdot (16 + 2 \cdot 3 \text{ cm}) + 20 \cdot (10 + 2 \cdot 3 \text{ cm}) = 518 \text{ cm}^2$$

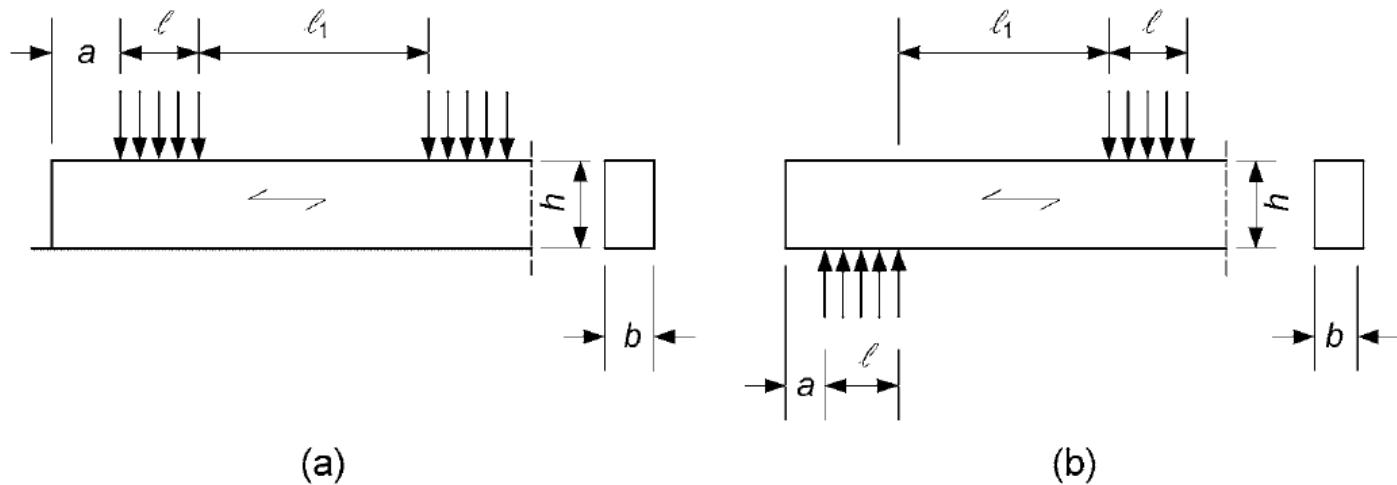
Efektywne pole docisku dla słupów skrajnych:

$$A_{ef,s} = 2 \cdot 4,5 \cdot 16 + 20 \cdot 10 = 344 \text{ cm}^2$$

Nośność słupa

55

Efektywne pole docisku A_{ef} należy określać z uwzględnieniem efektywnej długości kontaktu wzdłuż włókien, biorąc pod uwagę to, że długość kontaktu ℓ jest obustronnie powiększona o 30mm, lecz nie więcej niż a , ℓ lub $\ell_1/2$; patrz Rysunek 6.2



Rysunek 6.2 – Element podparty w sposób (a) ciągły i (b) nieciągły

Nośność słupa

56

Nośność słupa ze względu na docisk do podwaliny:

- słup pośredni:

$$N_{3,p} = f_{c,90,k} A_{ef,p} = 0,27 \cdot 518 = 139,86 \text{ kN}$$

- słup skrajny:

$$N_{3,s} = f_{c,90,k} A_{ef,s} = 0,27 \cdot 431 = 92,9 \text{ kN}$$

5

NOŚNOŚĆ CHARAKTERYSTYCZNA SŁUPA

Nośność charakterystyczna słupa

58

Słup pośredni:

$$N_p = \min [N_1, N_2, N_{3,p}] = \min [150,33; 789,77; 139,86] = 139,86 \text{ kN}$$

Słup skrajny:

$$N_s = \min [N_1, N_2, N_{3,s}] = \min [150,33; 789,77; 92,9] = 92,9 \text{ kN}$$

Strona pomocnicza

59

W celu ułatwienia i przyspieszenia procesu sprawdzania projektów, na ostatniej stronie projektu proszę zamieścić wartości następujących danych przyjętych do obliczeń

n_{sz} - liczba szeregów gwoździ	[szt.]
d - średnica gwoździa	[mm]
l - długość gwoździa	[mm]
d_h - średnica główki gwoździa	[mm]
$f_{u,k}$ - wytrzymałość stali na rozciąganie (wg EC3-1-8)	[MPa]
oraz przyjęte rozstawy łączników.	[mm]

Niniejsze materiały są własnością Zespołu Konstrukcji Drewnianych
Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej.
Rozpowszechnianie, kopiowanie i wykorzystywanie bez zgody
autorów zabronione.