

ZADANIE 6

Nośność słupa złożonego z zastosowaniem łączników mechanicznych

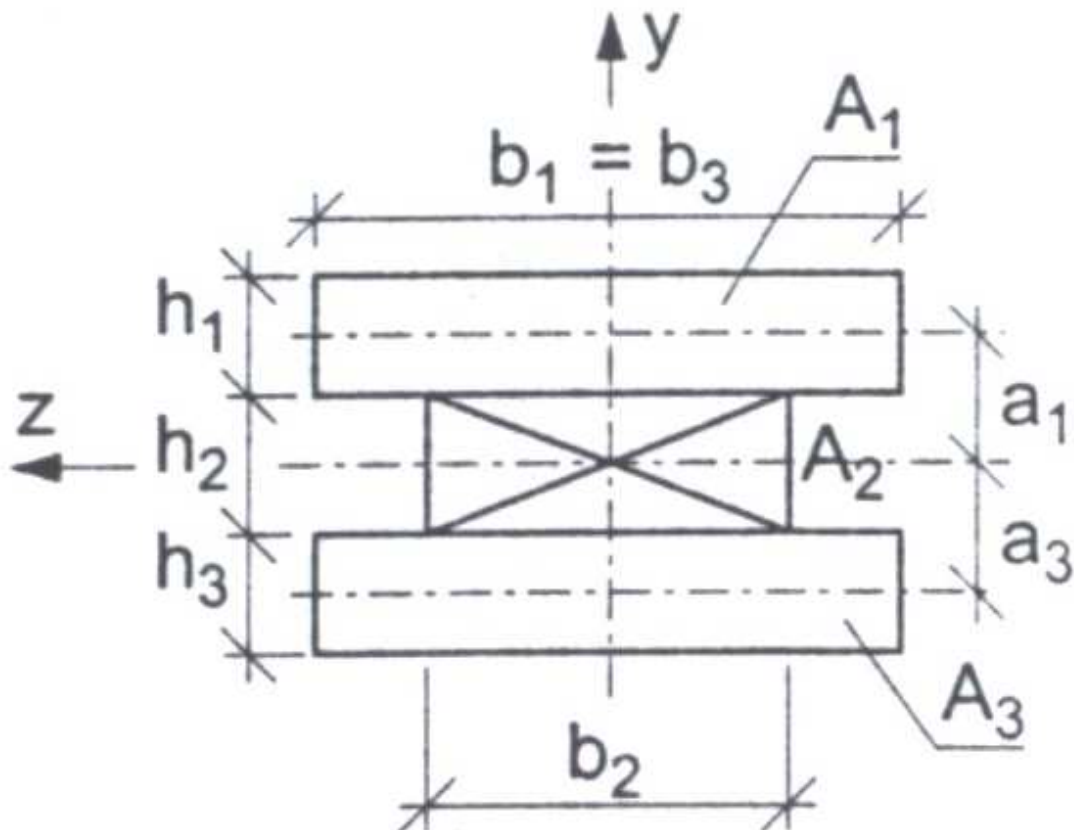
W obliczeniach należy uwzględnić:

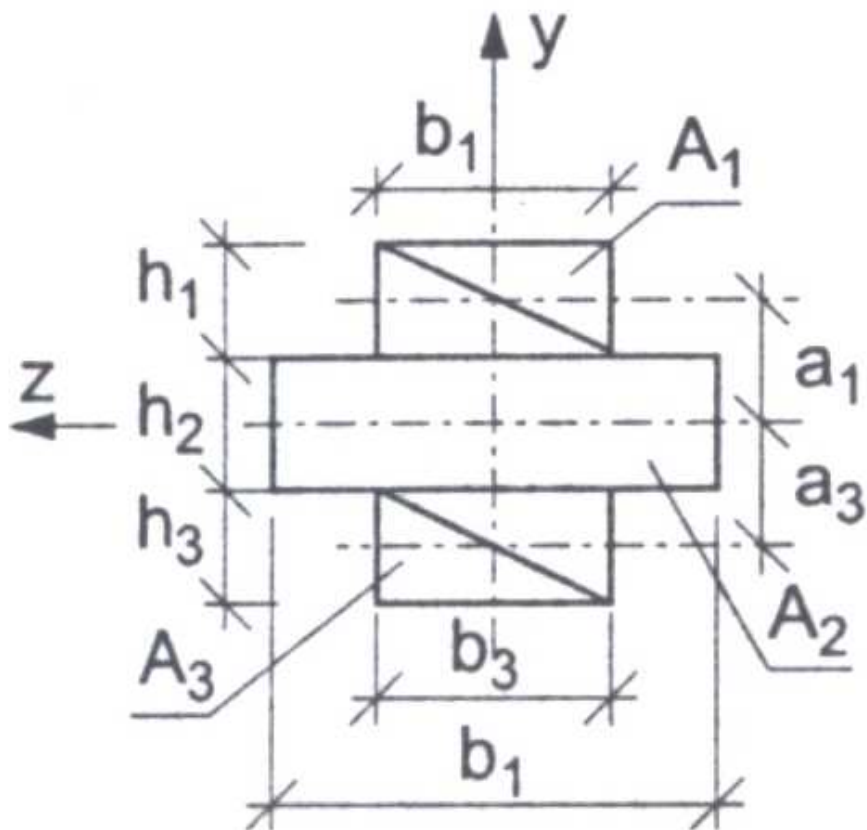
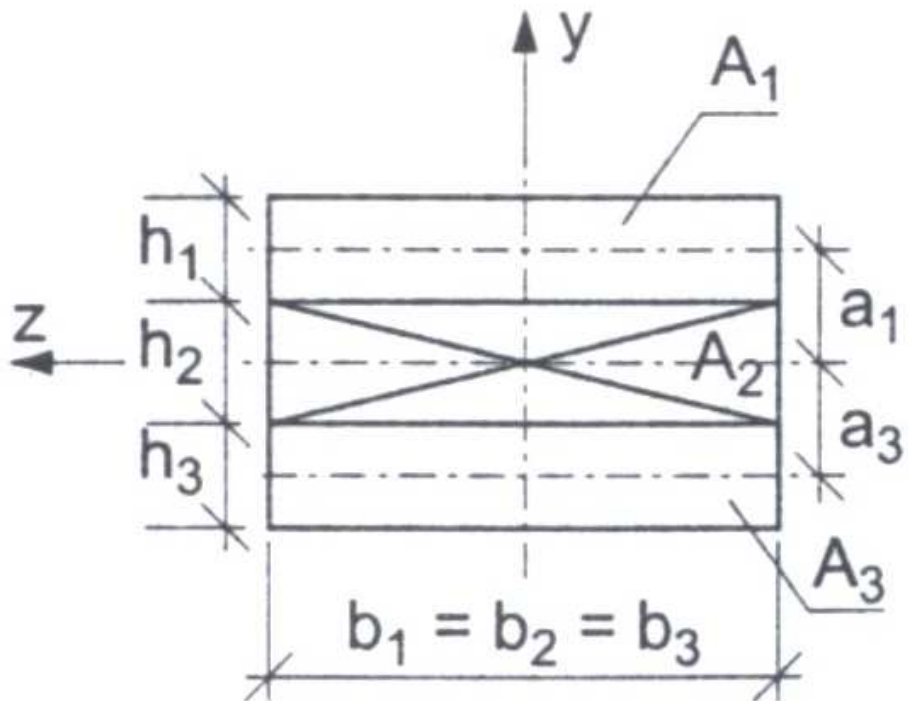
- przemieszczenie wynikające z poślizgu w złączach
- ścinanie
- zginanie trzonu wyboczenie w płaszczyźnie przecinającej złącze

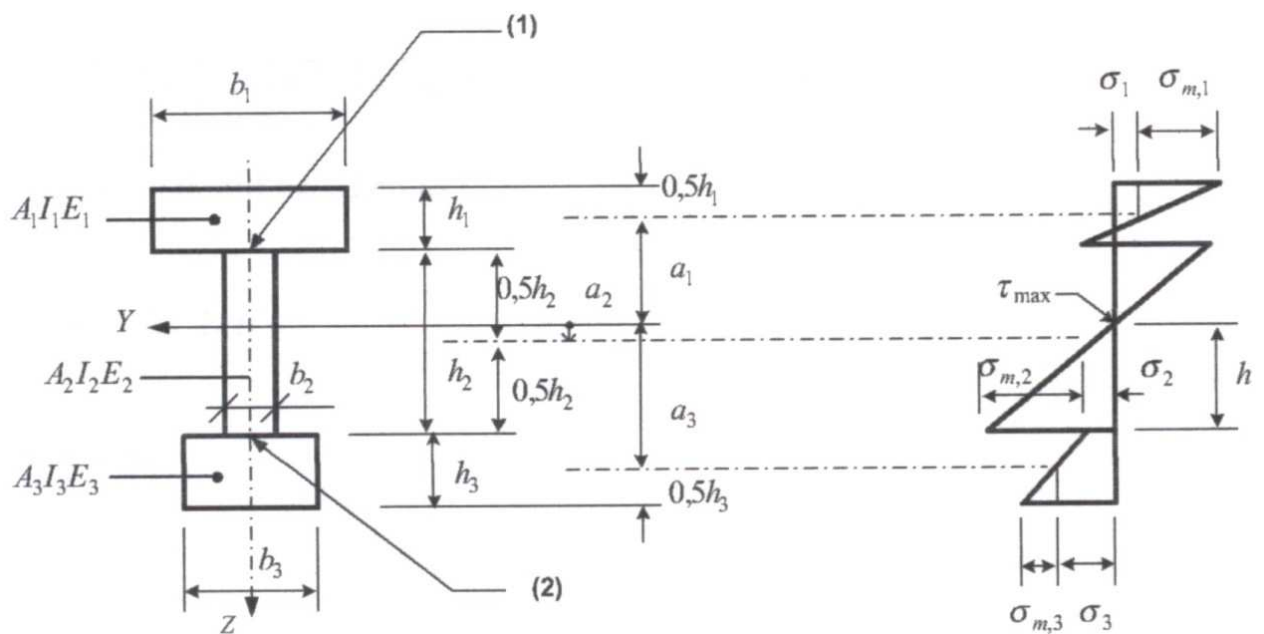
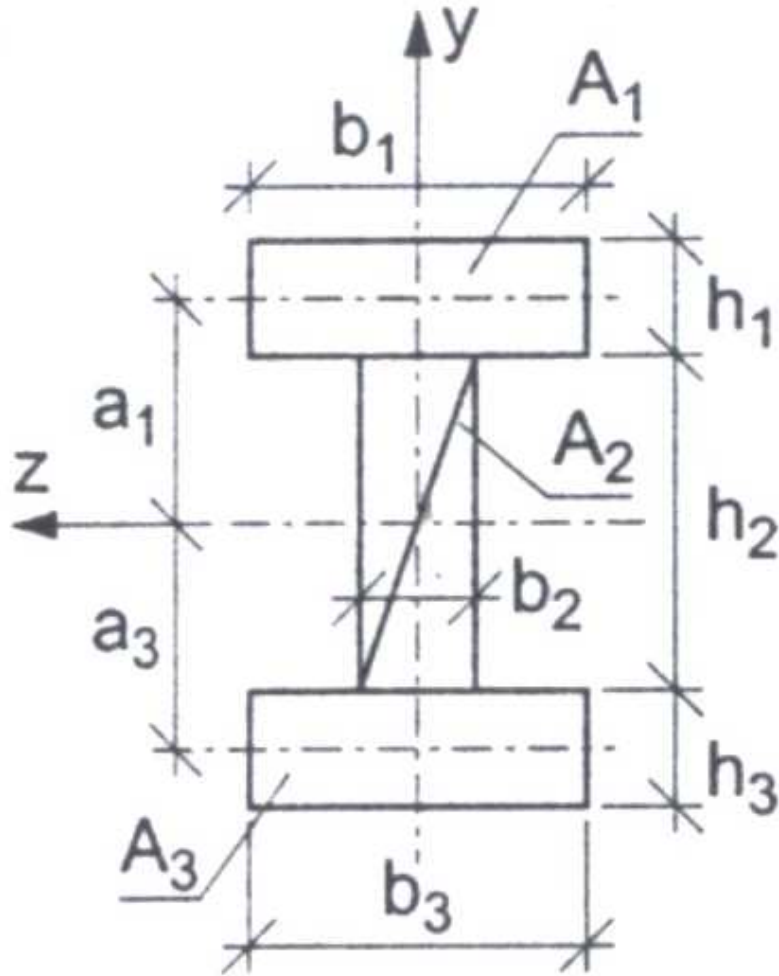
$$\sigma_{c,o,d} = \frac{F_{c,d}}{A_{tot}} \leq k_c f_{c,0,d}$$

A_{tot} – całkowite pole przekroju słupa

k_c – współczynnik wyboczeniowy zależny od smukłości zastępczej słupa złożonego λ_{rel}

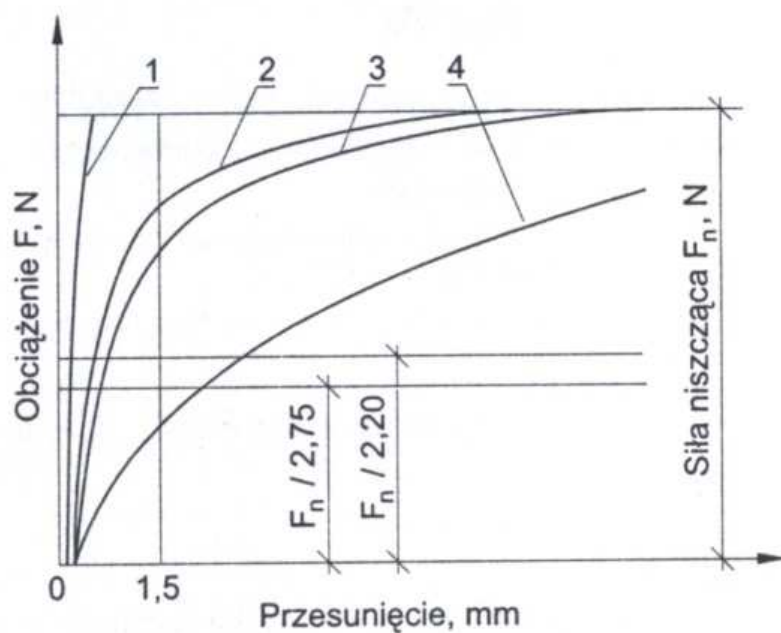
Przykłady słupów złożonych bez przewiązek





Podatność złączy wykonanych przy użyciu łączników trzpieniowych

Podatność – relacja między wzajemnym przesunięciem elementów łączonych a obciążeniem działającym na złącze.



1 – połączenie na klej

2 – połączenie na gwoździe

1 – połączenie na pierścienie

1 – połączenie na swożnie

Moduł podatności chwilowej odniesiony do płaszczyzny ścinania jednego łącznika, w stanie granicznym użytkowości K_{ser}

Tablica 7.2 – Wartości K_{ser} dla łączników typu trzpieniowego w N/mm

Lp.	Rodzaj łącznika	Rodzaj połączenia drewno-drewno, płyta-drewno, stal-drewno ¹⁾
1	Sworznie, śruby, wkręty, gwoździe (z nawierconymi otworami)	$\rho_k^{1,5} d / 20$
2	Gwoździe (bez nawiercania otworów)	$\rho_k^{1,5} d^{0,8} / 25$
3	Zszywki	$\rho_k^{1,5} d^{0,8} / 60$

¹⁾ ρ_k – w kg / m^3 ; d – w mm.

Moduł podatności chwilowej odniesiony do płaszczyzny ścinania jednego łącznika, w stanie granicznym użytkowości K_{ser}

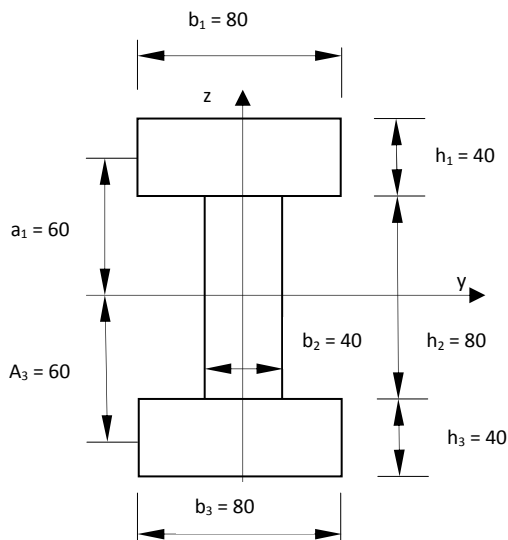
Moduł podatności chwilowej odniesiony do płaszczyzny ścinania jednego łącznika, w stanie granicznym nośności, dla łączników trzpieniowych $K_u = 2/3K_{ser}$

Zadanie 6/5

Dla gwoździ $d = 4\text{mm}$, drewno C25, o $\rho_k = 350\text{ kg/m}^3$

$$K_{ser} = \rho_k^{1,5} d^{0,8} / 25 = 350^{1,5} \times 4^{0,8} / 25 = 794\text{ N/mm}$$

$$K_u = 2/3 K_{ser} = K_{ser} / 1,5 = 794 / 1,5 = 529\text{ N/mm}$$



Słup wielogięziowy C24

$$\rho_k = 350\text{ kg/m}^3$$

$$E_{0,05} = 7,4\text{ GPa} = 7,4 \times 10^3\text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 11,0\text{ GPa} = 11 \times 10^3\text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 21\text{ MPa} = 21\text{ N/mm}^2$$

$$k_{mod} = 0,8$$

$$\gamma_M = 1,3$$

$$l_c = 3\text{ m}$$

$$F_{c,d} = 15\text{ kN} = 15 \times 10^3\text{ N}$$

$$A_{tot} = 3 \times 40 \times 80 = 9\,600\text{ mm}^2 = 9,6 \times 10^3\text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0d} = F_{c,d} / A_{tot} = 15 \times 10^3 / (9,6 \times 10^3) = 1,56\text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 21 \times 0,8 / 1,3 = 12,92 = \text{N/mm}^2$$

Wyboczenie względem osi przechodzącej przez płaszczyzny połączeń z – z, w płaszczyźnie y – y

$$I_z = (2 \times 40 \times 80^3 + 80 \times 40^3) / 12 = 3\,840 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

$$\lambda_z = l_c \sqrt{\frac{A_{tot}}{I_z}} = 3 \times 10^3 \sqrt{\frac{9,6 \times 10^3}{3840 \times 10^3}} = 150 < 175 \text{ (graniczna smukłość ściskanych prętów złożonych na podatnych łącznikach)}$$

$$\sigma_{crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \frac{3,14 \times 3,14 \times 7,4 \times 10^3}{150 \times 150} = 3,24 \frac{N}{mm^2}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{crit,z}}} = \sqrt{\frac{21}{3,24}} = 2,54 > 0,5, \text{ w obliczeniach należy uwzględnić wyboczenie}$$

$$k_z = 0,5[1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5[1 + 0,2(2,54 - 0,5) + 2,54 \times 2,54] = 3,93$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{3,93 + \sqrt{3,93^2 - 2,54^2}} = 0,144$$

$$1,56 \text{ N/mm}^2 < 0,144 \times 12,92 = 1,86 \text{ N/mm}^2$$

Wyboczenie względem osi nie przechodzącej przez płaszczyzny połączeń y – y, w płaszczyźnie z – z

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^3 (E_i I_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$\text{Dla } E_1 = E_2 = E_3 = E = 11 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$$

$$I_{ef} = \sum_{i=1}^3 (I_i + \gamma_i A_i a_i^2) \quad \text{"Wzór Stainera dla materiału jednorodnego, wówczas } \gamma_i = 1"$$

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 E_{0,05,i} A_i s_i}{k_{u,i} l_c^2} \right]^{-1}$$

$s_1 = s_3 = 40 \text{ mm}$ odległość między łącznikami sprowadzona do jednego szeregu [mm]

$$\gamma_1 = \left[1 + \frac{3,14^2 \times 7,4 \times 10^3 \times 40 \times 80 \times 40}{529 \times 3000 \times 3000} \right]^{-1} = 2,96^{-1} = 0,338$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_3 = \left[1 + \frac{3,14^2 \times 7,4 \times 10^3 \times 40 \times 80 \times 40}{529 \times 3000 \times 3000} \right]^{-1} = 2,96^{-1} = 0,338$$

$$I_1 = I_3 = 80 \times 40^3 / 12 = 427 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = 40 \times 80^3 / 12 = 1707 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

Zadanie 6/7

$$a_1 = a_3 = 60 \text{ mm}$$

$$a_2 = 0 \text{ mm}$$

$$A_1 = A_2 = A_3 = 40 \times 80 = 3200 \text{ mm}^2$$

$$I_{ef} = 2 \times 427 \times 10^3 + 1707 \times 10^3 + 2 \times 0,338 \times 3200 \times 60 \times 60 = 10347 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

Smukłość zastępcza

$$\lambda_{ef} = \lambda_y = l_c \sqrt{\frac{A_{tot}}{I_y}} = 3 \times 10^3 \sqrt{\frac{9,6 \times 10^3}{10347 \times 10^3}} = 91,4 < 175 \text{ (graniczna smukłość ściskanych prętów złożonych na podatnych łącznikach)}$$

$$\sigma_{crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3,14 \times 3,14 \times 7,4 \times 10^3}{91,4 \times 91,4} = 8,73 \frac{N}{mm^2}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{crit,y}}} = \sqrt{\frac{21}{8,73}} = 1,55 > 0,5, \text{ w obliczeniach należy uwzględnić wyboczenie}$$

$$k_y = 0,5[1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5[1 + 0,2(1,55 - 0,5) + 1,55 \times 1,55] = 1,8$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,8 + \sqrt{1,8^2 - 1,55^2}} = 0,37$$

$$1,56 \text{ N/mm}^2 < 0,37 \times 12,92 = 4,78 \text{ N/mm}^2$$

Obciążenie łączników

Obliczeniowa siła poprzeczna

$$V_d = F_{c,d} / (120 k_c) \text{ dla } \lambda_{ef} \leq 30$$

$$V_d = F_{c,d} / (3600 k_c) \text{ dla } 30 < \lambda_{ef} \leq 60$$

$$V_d = F_{c,d} / (60 k_c) \text{ dla } \lambda_{ef} > 60$$

$$\text{dla } \lambda_{ef} = 91,4 > 60$$

$$V_d = F_{c,d} / (60 k_c) = 15000 / (60 \times 0,37) = \mathbf{676 \text{ N}}$$

Obliczeniowa siła przypadająca na jeden łącznik

$$F_i = \gamma_i E_i A_i a_i s_i V / (EI)_{ef}$$

$$F_1 = F_3 = \gamma_1 E A_1 a_1 s_1 V / (EI)_{ef} = 0,338 \times 40 \times 80 \times 60 \times 40 \times 676 / (10347 \times 10^3) = 170 \text{ N}$$

Należy sprawdzić, czy łącznik o d = 4 mm przeniesie siłę 170 N