

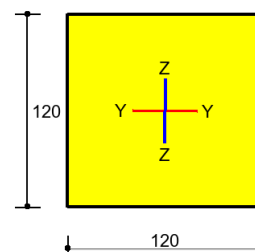
Pręt nr 0 - Element drewniany [PN-EN 1995]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 0 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 0 (x=0.000m, y=0.000m); 1 (x=0.000m, y=0.720m)

Profil: Przekrój-1 (C 24)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyłączenie elementu: 95%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 0 %

Ścinanie: 18 %

Skręcanie: 0 %

Ścinanie ze skręcaniem: 3 %

Zginanie: 95 %

Zginanie z rozciąganiem: 0 %

Zginanie ze ściskaniem: 95 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 10 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyłączenie
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	94.7 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	94.7 %
3	0.000	max N	Ściskanie	0.1 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	94.7 %
5	0.000	max Mx	Ściskanie	0.1 %
6	0.000	min Ty	Ściskanie	0.1 %
7	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	59.2 %
8	0.750	ext U	Ugięcia	7.0 %
9	0.750	min Ty	Ściskanie	0.1 %
10	0.750	max N	Ściskanie	0.1 %
11	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	59.2 %
12	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	59.2 %
13	0.750	max Mx	Ściskanie	0.1 %
14	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	47.4 %

15	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
16	1.000	min Ty	Ściskanie	0.1 %
17	1.000	max N	Ściskanie	0.1 %
18	1.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	47.4 %
19	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	47.4 %
20	1.000	max Mx	Ściskanie	0.1 %
21	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	71.1 %
22	0.500	ext U	Ugięcia	9.9 %
23	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	71.1 %
24	0.500	max N	Ściskanie	0.1 %
25	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	71.1 %
26	0.500	max Mx	Ściskanie	0.1 %
27	0.500	min Ty	Ściskanie	0.1 %
28	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	82.9 %
29	0.250	ext U	Ugięcia	7.8 %
30	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	82.9 %
31	0.250	max N	Ściskanie	0.1 %
32	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	82.9 %
33	0.250	max Mx	Ściskanie	0.1 %
34	0.250	min Ty	Ściskanie	0.1 %

Wyniki szczegółowe

Parametry materiałowe

Klasa trwania obciążenia dla SGN: >> Auto <<

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 24):

$$\begin{aligned}
 f_{m,k} &= 24.0 \text{ MPa} & f_{t,0,k} &= 14.0 \text{ MPa} & f_{t,90,k} &= 0.4 \text{ MPa} \\
 f_{c,0,k} &= 21.0 \text{ MPa} & f_{c,90,k} &= 2.5 \text{ MPa} & f_{v,k} &= 4.0 \text{ MPa} \\
 E_{0,\text{mean}} &= 11.0 \text{ GPa} & E_{0,05} &= 7.4 \text{ GPa} & E_{90,\text{mean}} &= 0.37 \text{ GPa} \\
 G_{\text{mean}} &= 0.69 \text{ GPa} & G_{0,05} &= E_{0,05}/E_{0,\text{mean}} \cdot G_{\text{mean}} = 0.46 \text{ GPa} \\
 \rho_k &= 350.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \rho_{\text{mean}} &= 420.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}
 \end{aligned}$$

Ściskanie (0.1)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: min Ty (-0,-1)

Pole przekroju: $A_{\text{brutto}} = 144.0 \text{ cm}^2$, $A_d = A_n = 144.0 \text{ cm}^2$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach osi głównych przekroju:

- w płaszczyźnie Y-Y: $l_{c,y} = \mu_y l_y = 1.000 \cdot 0.720 = 0.720 \text{ m}$

- w płaszczyźnie Z-Z: $l_{c,z} = \mu_z l_z = 1.000 \cdot 0.720 = 0.720 \text{ m}$

Wpływ wyboczenia:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{72.0}{3.464} = 20.8, \quad \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{72.0}{3.464} = 20.8$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 20.8^2 = 169.1$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 20.8^2 = 169.1$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,\text{crit},y}}} = \sqrt{\frac{21.0}{169.1}} = 0.352$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,\text{crit},z}}} = \sqrt{\frac{21.0}{169.1}} = 0.352$$

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.5 [1 + 0.2(0.352 - 0.3) + 0.352^2] = 0.567$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.5 [1 + 0.2(0.352 - 0.3) + 0.352^2] = 0.567$$

$$k_{c,y} = \min \left[1 / \left(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right), 1.0 \right] = \min \left[1 / (0.567 + \sqrt{0.567^2 - 0.352^2}), 1.0 \right] = 0.988$$

$$k_{c,z} = \min \left[1 / \left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2} \right), 1.0 \right] = \min \left[1 / (0.567 + \sqrt{0.567^2 - 0.352^2}), 1.0 \right] = 0.988$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 0.988$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_{c,A_d}} = \frac{0.1 \cdot 1e3}{0.988 \cdot 144.0 \cdot 1e2} = 0.01 \text{ MPa} < 9.7 \text{ MPa} = \frac{21.0 \cdot 1.30}{1.3} = \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie (18.5)

Przekrój: $x/L=0.250$, $L=0.18\text{m}$; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+2)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{d,z} = 1.5 \frac{T_z}{k_{cr} A} = 1.5 \frac{2.2 \cdot 1e3}{0.67 \cdot 144.0 \cdot 1e2} = 0.34 \text{ MPa} < 1.85 \text{ MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.60}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

$$\tau_{d,y} = 1.5 \frac{T_y}{k_{cr} A} = 1.5 \frac{0.0 \cdot 1e3}{0.67 \cdot 144.0 \cdot 1e2} = 0.00 \text{ MPa} < 1.85 \text{ MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.60}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie wypadkowe

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{d,z}^2 + \tau_{d,y}^2} = \sqrt{0.34^2 + 0.00^2} = 0.34 \text{ MPa} < 1.85 \text{ MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.60}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie ze skręcaniem (3.4)

Przekrój: $x/L=0.250$, $L=0.18\text{m}$; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+2)

Naprężenia w punkcie - boczna krawędź:

$$\tau_{d,z} = 1.5 \frac{T_z}{k_{cr} A} = 1.5 \frac{2.19}{0.67 \cdot 144.0} 10 = 0.34 \text{ MPa}$$

$$\tau_{d,y} = 1.5 \frac{T_y}{k_{cr} A} = 1.5 \frac{0.00}{0.67 \cdot 144.0} 10 = 0.00 \text{ MPa}$$

$$\tau_{tor,d} = \frac{T_x h/2}{J_t} = \frac{0.00 \cdot 6.0}{2920.3} 10 = 0.00 \text{ MPa}$$

Warunek nośności na ścinanie ze skręcaniem:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{d,y}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{d,z}}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0.00}{1.15 \cdot 1.85} + \left(\frac{0.00}{1.85} \right)^2 + \left(\frac{0.34}{1.85} \right)^2 = 0.03 < 1.0$$

gdzie:

$$k_{shape} = \min(2, 1 + 0.15 h/b) = \min(2, 1 + 0.15 \cdot 12.0/12.0) = 1.15$$

Zginanie (94.6)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+2)

Naprężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{3.2 \cdot 1e5}{288.0 \cdot 1e2} = 10.96 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 1e5}{288.0 \cdot 1e2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = \frac{10.96}{\frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.95 < 1.0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = 0.7 \frac{10.96}{\frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.66 < 1.0$$

Dla belki wolnopodpartej ze stałym momentem oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_{ef} = 1.000 \cdot 0.72 + 2 \cdot 0.12 = 0.96 \text{ m},$$

a naprężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78 b^2}{h l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0.78 \cdot 120.0^2}{120.0 \cdot 960.0} 7400.0 = 721.5 \text{ MPa},$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{k_{h,y} f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{1.046 \cdot 24.0}{721.5}} = 0.186,$$

$$k_{crit} = 1.000.$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 10.96 \text{ MPa} < 11.58 \text{ MPa} = k_{crit} \frac{k_{mod} k_{h,y} f_{m,k}}{\gamma_M} = 1.000 \frac{0.6 \cdot 1.046 \cdot 24.0}{1.3}$$

Zginanie ze ściskaniem (94.7)Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+2)

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.1 \cdot 1e3}{144.0 \cdot 1e2} = 0.01 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{3.2 \cdot 1e5}{288.0 \cdot 1e2} = 10.96 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 1e5}{288.0 \cdot 1e2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Określenie wpływu wyboczenia:

$$\lambda_{rel,max} = 0.4 < 0.3 \rightarrow \text{można pominąć wpływ wyboczenia}$$

Nośność elementu przy zginaniu i ściskaniu:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod} \gamma_M} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod} \gamma_M} < 1.0$$

$$\frac{0.01}{0.99 \frac{21.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{10.96}{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.6 \cdot 1.3} + 0.7 \frac{0.00}{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.6 \cdot 1.3} = 0.95 < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod} \gamma_M} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod} \gamma_M} < 1.0$$

$$\frac{0.01}{0.99 \frac{21.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{10.96}{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.6 \cdot 1.3} + \frac{0.00}{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.6 \cdot 1.3} = 0.66 < 1.0$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \frac{f_{m,k} k_{mod}}{\gamma_M}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}} = \left(\frac{10.96}{1.00 \frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} \right)^2 + \frac{0.01}{0.99 \frac{21.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.90 < 1.0$$

Ugięcia (9.9)Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.36m$; Kombinacja: ext U (0,1,2,S2)

Przesunięcie w płaszczyźnie układu:

$$u_{z,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Gi} (1 + k_{def}) \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. stałe: } 0,1$$

$$u_{z,fin,Q} = (u_{z,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.8 \text{ mm obc. zm: } 2$$

$$u_{z,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.5 \text{ mm obc. zm (część stała): } S2$$

$$u_{z,fin} = u_{z,fin,G} + u_{z,fin,Q} + u_{z,fin,QS} = |1.3| \text{ mm} < 13.3 \text{ mm} = u_{lim,net}$$

Przesunięcie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{y,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Gi} (1 + k_{def}) \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0.0 \text{ mm obc. stałe: } 0,1$$

$$u_{y,fin,Q} = (u_{y,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{y,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm: } 2$$

$$u_{y,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): } S2$$

$$u_{y,fin} = u_{y,fin,G} + u_{y,fin,Q} + u_{y,fin,QS} = |-0.0| \text{ mm} < 13.3 \text{ mm} = u_{lim,net}$$

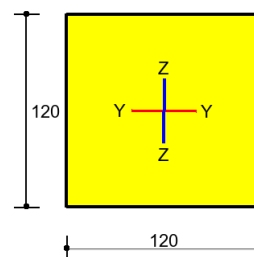
Pręt nr 1 - Element drewniany [PN-EN 1995]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 1 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 1 (x=0.000m, y=0.720m); 2 (x=0.000m, y=2.160m)

Profil: Przekrój-1 (C 24)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 47%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 0 %

Ścinanie: 18 %

Skręcanie: 0 %

Ścinanie ze skręcaniem: 3 %

Zginanie: 47 %

Zginanie z rozciąganiem: 0 %

Zginanie ze ściskaniem: 47 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 6 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	47.4 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	47.4 %
3	0.000	max N	Ściskanie	0.1 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	47.4 %
5	0.000	max Mx	Ściskanie	0.1 %
6	0.000	min Ty	Ściskanie	0.1 %
7	0.750	min Mx	Ścinanie	4.6 %
8	0.750	ext U	Ugięcia	3.2 %
9	0.750	min Ty	Ściskanie	0.0 %
10	0.750	max N	Ściskanie	0.0 %
11	0.750	max Ty	Ścinanie	4.6 %
12	0.750	min N	Ścinanie	4.6 %
13	0.750	max Mx	Ściskanie	0.0 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	11.9 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	5.7 %
16	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	11.9 %
17	0.500	max N	Ściskanie	0.0 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	11.9 %
19	0.500	max Mx	Ściskanie	0.0 %

20	0.500	min Ty	Ściskanie	0.0 %
21	1.000	min Mx	Smukłość	0.0 %
22	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
23	1.000	min Ty	Smukłość	0.0 %
24	1.000	max N	Smukłość	0.0 %
25	1.000	max Ty	Smukłość	0.0 %
26	1.000	min N	Smukłość	0.0 %
27	1.000	max Mx	Smukłość	0.0 %
28	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	26.7 %
29	0.250	ext U	Ugięcia	5.6 %
30	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	26.7 %
31	0.250	max N	Ściskanie	0.1 %
32	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	26.7 %
33	0.250	max Mx	Ściskanie	0.1 %
34	0.250	min Ty	Ściskanie	0.1 %

Wyniki szczegółowe

Parametry materiałowe

Klasa trwania obciążenia dla SGN: >> Auto <<

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 24):

$$\begin{aligned}
 f_{m,k} &= 24.0 \text{ MPa} & f_{t,0,k} &= 14.0 \text{ MPa} & f_{t,90,k} &= 0.4 \text{ MPa} \\
 f_{c,0,k} &= 21.0 \text{ MPa} & f_{c,90,k} &= 2.5 \text{ MPa} & f_{v,k} &= 4.0 \text{ MPa} \\
 E_{0,mean} &= 11.0 \text{ GPa} & E_{0,05} &= 7.4 \text{ GPa} & E_{90,mean} &= 0.37 \text{ GPa} \\
 G_{mean} &= 0.69 \text{ GPa} & G_{0,05} &= E_{0,05}/E_{0,mean} \cdot G_{mean} & &= 0.46 \text{ GPa} \\
 \rho_k &= 350.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \rho_{mean} &= 420.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & &
 \end{aligned}$$

Ściskanie (0.1)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: min Ty (-0,-1)

Pole przekroju: $A_{brutto} = 144.0 \text{ cm}^2$, $A_d = A_n = 144.0 \text{ cm}^2$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach osi głównych przekroju:

- w płaszczyźnie Y-Y: $l_{c,y} = \mu_y l_y = 1.000 \cdot 1.440 = 1.440 \text{ m}$

- w płaszczyźnie Z-Z: $l_{c,z} = \mu_z l_z = 1.000 \cdot 1.440 = 1.440 \text{ m}$

Wpływ wyboczenia:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{144.0}{3.464} = 41.6, \quad \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{144.0}{3.464} = 41.6$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 41.6^2 = 42.3$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 41.6^2 = 42.3$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.0}{42.3}} = 0.705$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{21.0}{42.3}} = 0.705$$

$$k_y = 0.5 \left[1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right] = 0.5 \left[1 + 0.2(0.705 - 0.3) + 0.705^2 \right] = 0.789$$

$$k_z = 0.5 \left[1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2 \right] = 0.5 \left[1 + 0.2(0.705 - 0.3) + 0.705^2 \right] = 0.789$$

$$k_{c,y} = \min \left[1 / \left(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right), 1.0 \right] = \min \left[1 / (0.789 + \sqrt{0.789^2 - 0.705^2}), 1.0 \right] = 0.875$$

$$k_{c,z} = \min \left[1 / \left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2} \right), 1.0 \right] = \min \left[1 / (0.789 + \sqrt{0.789^2 - 0.705^2}), 1.0 \right] = 0.875$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 0.875$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_{cAd}} = \frac{0.1 \cdot 1e3}{0.875 \cdot 144.0 \cdot 1e2} = 0.01 \text{MPa} < 9.7 \text{MPa} = \frac{21.0 \cdot 1.30}{1.3} = \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie (18.5)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+2)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{d,z} = 1.5 \frac{T_z}{k_{crA}} = 1.5 \frac{2.2 \cdot 1e3}{0.67 \cdot 144.0 \cdot 1e2} = 0.34 \text{MPa} < 1.85 \text{MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.60}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

$$\tau_{d,y} = 1.5 \frac{T_y}{k_{crA}} = 1.5 \frac{0.0 \cdot 1e3}{0.67 \cdot 144.0 \cdot 1e2} = 0.00 \text{MPa} < 1.85 \text{MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.60}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie wypadkowe

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{d,z}^2 + \tau_{d,y}^2} = \sqrt{0.34^2 + 0.00^2} = 0.34 \text{MPa} < 1.85 \text{MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.60}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie ze skręcaniem (3.4)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+2)

Napężenia w punkcie - boczna krawędź:

$$\tau_{d,z} = 1.5 \frac{T_z}{k_{crA}} = 1.5 \frac{2.19}{0.67 \cdot 144.0} 10 = 0.34 \text{MPa}$$

$$\tau_{d,y} = 1.5 \frac{T_y}{k_{crA}} = 1.5 \frac{0.00}{0.67 \cdot 144.0} 10 = 0.00 \text{MPa}$$

$$\tau_{tor,d} = \frac{T_x h/2}{J_t} = \frac{0.00 \cdot 6.0}{2920.3} 10 = 0.00 \text{MPa}$$

Warunek nośności na ścinanie ze skręcaniem:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{d,y}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{d,z}}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0.00}{1.15 \cdot 1.85} + \left(\frac{0.00}{1.85} \right)^2 + \left(\frac{0.34}{1.85} \right)^2 = 0.03 < 1.0$$

gdzie:

$$- k_{shape} = \min(2, 1 + 0.15 h/b) = \min(2, 1 + 0.15 \cdot 12.0/12.0) = 1.15$$

Zginanie (47.3)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+2)

Napężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.6 \cdot 1e5}{288.0 \cdot 1e2} = 5.48 \text{MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 1e5}{288.0 \cdot 1e2} = 0.00 \text{MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = \frac{5.48}{\frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.47 < 1.0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = 0.7 \frac{5.48}{\frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.33 < 1.0$$

Dla belki wolnopodpartej ze stałym momentem oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_{ef} = 1.000 \cdot 1.44 + 2 \cdot 0.12 = 1.68m,$$

a napężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78 b^2}{h l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0.78 \cdot 120.0^2}{120.0 \cdot 1680.0} 7400.0 = 412.3 \text{MPa},$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{k_{h,y} f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{1.046 \cdot 24.0}{412.3}} = 0.247,$$

$$k_{crit} = 1.000.$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 5.48 \text{MPa} < 11.58 \text{MPa} = k_{crit} \frac{k_{mod} k_{h,y} f_{m,k}}{\gamma_M} = 1.000 \frac{0.6 \cdot 1.046 \cdot 24.0}{1.3}$$

Zginanie ze ściskaniem (47.4)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+2)

Napężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.1 \cdot 1e3}{144.0 \cdot 1e2} = 0.01 \text{MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.6 \cdot 10^5}{288.0 \cdot 10^2} = 5.48 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{288.0 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Określenie wpływu wyboczenia:

$\lambda_{rel,max} = 0.7 > 0.3 \rightarrow$ należy uwzględnić wpływ wyboczenia

Należy określić elementu przy zginaniu i ściskaniu:

$$\frac{\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}}}{\gamma_M} < 1.0$$

$$\frac{0.01}{0.87 \frac{21.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{5.48}{1.046 \frac{24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{1.046 \frac{24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.47 < 1.0$$

$$\frac{\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}}}{\gamma_M} < 1.0$$

$$\frac{0.01}{0.87 \frac{21.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{5.48}{1.046 \frac{24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{0.00}{1.046 \frac{24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.33 < 1.0$$

$$\left(\frac{\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,k} k_{mod}}}{k_{crit} \gamma_M} \right)^2 + \frac{\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,k} k_{mod}}}{k_{c,z} \gamma_M} = \left(\frac{5.48}{1.00 \frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} \right)^2 + \frac{0.01}{0.87 \frac{21.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.22 < 1.0$$

Ugięcia (5.7)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.72m$; Kombinacja: *ext U (0,1,2,S2)*

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu:

$$u_{z,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Gi} \left(1 + k_{def} \right) \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. stałe: } 0,1$$

$$u_{z,fin,Q} = (u_{z,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.5 \text{ mm obc. zm: } 2$$

$$u_{z,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.3 \text{ mm obc. zm (część stała): } S2$$

$$u_{z,fin} = u_{z,fin,G} + u_{z,fin,Q} + u_{z,fin,QS} = |0.8| \text{ mm} < 13.3 \text{ mm} = u_{lim.,net}$$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{y,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Gi} \left(1 + k_{def} \right) \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0.0 \text{ mm obc. stałe: } 0,1$$

$$u_{y,fin,Q} = (u_{y,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{y,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm: } 2$$

$$u_{y,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): } S2$$

$$u_{y,fin} = u_{y,fin,G} + u_{y,fin,Q} + u_{y,fin,QS} = |-0.0| \text{ mm} < 13.3 \text{ mm} = u_{lim.,net}$$