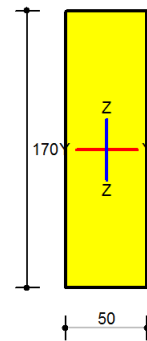


**Pręt nr 7 - Element drewniany wg. PN-B-03150:2000****Informacje o elemencie**

Nazwa/Opis: element nr 4 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 5 (x=6.000m, y=1.000m); 2 (x=8.000m, y=0.000m)

Profil: Pr 50x170 (C 30)

**Wyniki dla elementu****Całkowite wyłączenie elementu: 60%**

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 58 %

Ścinanie: 11 %

Zginanie: 9 %

Zginanie z rozciąganiem: 0 %

Zginanie ze ściskaniem: 60 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 14 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyłączenie
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	57.1 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	13.6 %
2	0.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	6.9 %
3	0.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	6.9 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	57.1 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	57.1 %
6	0.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	6.9 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	6.7 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	14.1 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	6.7 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem	6.7 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	55.4 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	55.4 %
13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	55.4 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	7.1 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	12.7 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	7.1 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	7.1 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	60.1 %

19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	60.1 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	60.1 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	7.3 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	6.4 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	60.3 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	7.3 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	7.3 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	60.3 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	60.3 %
28	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	60.4 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	3.5 %
30	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	60.4 %
31	1.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	7.3 %
32	1.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	7.3 %
33	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	60.4 %
34	1.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	7.3 %

## Wyniki szczegółowe

### Parametry materiałowe

Klasa użytkowania konstrukcji: 1

$$\rightarrow k_{mod} = 0.6$$

Klasa trwania obciążenia dla SGN: Stałe

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 30):

$$\begin{array}{lll}
 f_{m,k} = 30.0 \text{MPa} & f_{t,0,k} = 18.0 \text{MPa} & f_{t,90,k} = 0.6 \text{MPa} \\
 f_{c,0,k} = 23.0 \text{MPa} & f_{c,90,k} = 2.7 \text{MPa} & f_{v,k} = 3.0 \text{MPa} \\
 E_{0,mean} = 12.0 \text{GPa} & E_{0,05} = 8.0 \text{GPa} & E_{90,mean} = 0.40 \text{GPa} \\
 G_{mean} = 0.75 \text{GPa} & \rho_k = 380.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \rho_{mean} = 460.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}
 \end{array}$$

### Ściskanie (58.1 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=2.24\text{m}$ ; Kombinacja: min N (0,1,+2,)

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 85.0 \text{cm}^2$ ,  $A_d = A = 85.0 \text{cm}^2$

Długości wyboczenia dla wyboczenia w płaszczyznach osi głównych przekroju:

$$\text{- w płaszczyźnie Y-Y: } l_{c,y} = \mu_y l_y = 1.000 \cdot 2.236 = 2.236 \text{m}$$

$$\text{- w płaszczyźnie Z-Z: } l_{c,z} = \mu_z l_z = 1.000 \cdot 2.236 = 2.236 \text{m}$$

Wpływ wyboczenia:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{223.6}{4.907} = 45.6, \quad \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{223.6}{1.443} = 154.9$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0.05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 8000.0 / 45.6^2 = 38.0$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0.05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 8000.0 / 154.9^2 = 3.3$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{23.0}{38.0}} = 0.778$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{23.0}{3.3}} = 2.644$$

$$k_y = 0.5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.5) + \lambda_{rel,y}^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.2 (0.778 - 0.5) + 0.778^2 \right] = 0.830$$

$$k_z = 0.5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.5) + \lambda_{rel,z}^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.2 (2.644 - 0.5) + 2.644^2 \right] = 4.210$$

$$k_{c,y} = \min \left[ 1 / \left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right), 1.0 \right] = \min \left[ 1 / \left( 0.830 + \sqrt{0.830^2 - 0.778^2} \right), 1.0 \right] = 0.892$$

$$k_{c,z} = \min \left[ 1 / \left( k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2} \right), 1.0 \right] = \min \left[ 1 / \left( 4.210 + \sqrt{4.210^2 - 2.644^2} \right), 1.0 \right] = 0.134$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 0.134$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_c A_d} = \frac{7.0 \cdot 1e3}{0.134 \cdot 85.0 \cdot 1e2} = 6.17 \text{MPa} < 10.6 \text{MPa} = \frac{23.0 \cdot 0.60}{1.3} = \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Ścinanie (10.9 %)

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

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{d,z} = \frac{3 T_z}{2 A} = \frac{3 \cdot 0.9 \cdot 1e3}{2 \cdot 85.0 \cdot 1e2} = 0.15 \text{MPa} < 1.38 \text{MPa} = \frac{1.38 \cdot 0.60}{1.3} = \frac{f_{v,d} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Zginanie (8.7 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=1.12\text{m}$ ; Kombinacja:  $\max M_x (0,1,+2)$

Napężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.3 \cdot 1e5}{240.8 \cdot 1e2} = 1.05 \text{MPa} \quad , \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 1e5}{70.8 \cdot 1e2} = 0.00 \text{MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,k} k_{mod}} = \frac{1.05}{30.0 \cdot 0.6} + 0.7 \frac{0.00}{30.0 \cdot 0.6} = 0.08 < 1.0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,k} k_{mod}} = 0.7 \frac{1.05}{30.0 \cdot 0.6} + \frac{0.00}{30.0 \cdot 0.6} = 0.05 < 1.0$$

Dla belki typu „Swobodnie podparta, obc. równomiernie lub równe momenty na końcach” oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_d = 1.000 \cdot 2.24 + 2 \cdot 0.2 = 2.58 \text{m} \quad ,$$

a smukłość porównawcza oraz współczynnik zwężenia odpowiednio:

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,y,k}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2576.1 \cdot 170.0 \cdot 30.0}{\pi \cdot 50.0^2 \cdot 8000.0}} \sqrt{\frac{12000.0}{750.0}} = 0.915 \quad ,$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \lambda_{rel,m} = 0.874 \quad .$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 1.05 \text{MPa} < 12.10 = k_{crit} \frac{k_{mod} f_{m,y,k}}{\gamma_M} = 0.874 \frac{0.6 \cdot 30.0}{1.3}$$

### Zginanie ze ściskaniem (60.4 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=2.24\text{m}$ ; Kombinacja:  $\min N (0,1,+2)$

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.0 \cdot 1e3}{85.0 \cdot 1e2} = 0.82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.1 \cdot 1e5}{240.8 \cdot 1e2} = 0.46 \text{ MPa} \quad , \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 1e5}{70.8 \cdot 1e2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Określenie wpływu wybożenia:

$$\lambda_{rel,max} = 2.6 > 0.5 \rightarrow \text{należy uwzględnić wpływ wybożenia}$$

Nośność elementu przy zginaniu i ściskaniu:

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

$$\frac{0.82}{0.89 \frac{23.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{0.46}{30.0 \cdot 0.6} + 0.7 \frac{0.00}{30.0 \cdot 0.6} = 0.12 < 1.0$$

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

$$\frac{0.82}{0.13 \frac{23.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{0.46}{30.0 \cdot 0.6} + \frac{0.00}{30.0 \cdot 0.6} = 0.60 < 1.0$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \frac{f_{m,y,k} k_{mod}}{\gamma_M}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}} = \left( \frac{0.46}{0.93 \frac{30.0 \cdot 0.6}{1.3}} \right)^2 + \frac{0.82}{0.13 \frac{23.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.58 < 1.0$$

### Ugięcia (14.1 %)

Przekrój:  $x/L=0.250$ ,  $L=0.56m$ ; Kombinacja: ext U (0,1,2,)

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu:

$$u_{1,z,fin} = u_{1,z,inst} \left( 1 + k_{def,1} \right) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.1 (1 + 0.60) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{170.0}{2236.1} \right)^2 \right] = 0.2 \text{ mm} \quad \text{obc. stałe:}$$

(0,1,)

$$u_{2,z,fin} = u_{2,z,inst} \left( 1 + k_{def,2} \right) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.5 (1 + 0.60) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{170.0}{2236.1} \right)^2 \right] = 0.9 \text{ mm} \quad \text{obc. zm:}$$

(2,)

$$u_{z,fin} = u_{1,z,fin} + u_{2,z,fin} = 1.1 \text{ mm}$$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{1,y,fin} = u_{1,y,inst} \left( 1 + k_{def,1} \right) = -0.0 (1 + 0.60) = -0.0 \text{ mm} \quad \text{obc. stałe: (0,1,)}$$

$$u_{2,y,fin} = u_{2,y,inst} \left( 1 + k_{def,2} \right) = -0.0 (1 + 0.60) = -0.0 \text{ mm} \quad \text{obc. zm: (2,)}$$

$$u_{y,fin} = u_{1,y,fin} + u_{2,y,fin} = -0.0 \text{ mm}$$

Przemieszczenie wypadkowe prostopadłe do osi pręta:

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} = 1.1 \text{ mm} < 7.5 \text{ mm} = u_{lim,net}$$