

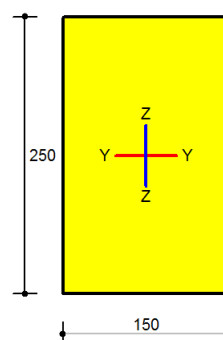
## Pręt nr 0 - Element drewniany wg PN-EN 1995:2010

### Informacje o elemencie

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

Węzły: 0 (x=0.000m, y=-0.000m); 1 (x=4.000m, y=-0.000m)

Profil: Pr 150x250 (C 20)



### Wyniki dla elementu

**Całkowite wyężenie elementu: 147%**

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 51 %

Ścinanie: 65 %

Zginanie: 93 %

Zginanie z rozciąganiem: 0 %

Zginanie ze ściskaniem: 129 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 147 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Ścinanie	64.9 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Ścinanie	22.0 %
3	0.000	max N	Ścinanie	22.0 %
4	0.000	max Ty	Ścinanie	64.9 %
5	0.000	min N	Ścinanie	64.9 %
6	0.000	max Mx	Ścinanie	22.0 %
7	0.250	min Mx	Zginanie	30.4 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	104.5 %
9	0.250	min Ty	Zginanie	30.4 %
10	0.250	max N	Zginanie	30.4 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	109.4 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	109.4 %
13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	109.4 %
14	0.500	min Mx	Zginanie	40.6 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	146.7 %
16	0.500	min Ty	Zginanie	46.3 %
17	0.500	max N	Zginanie	46.3 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	124.0 %

Projekt nr 1 - Poz. 1.1

19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	124.0 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	129.0 %
21	0.750	min Mx	Zginanie	30.4 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	104.5 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	109.4 %
24	0.750	max N	Zginanie	34.7 %
25	0.750	max Ty	Zginanie	30.4 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	105.6 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	109.4 %
28	1.000	min Mx	Ścinanie	22.0 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Ścinanie	64.9 %
31	1.000	max N	Ścinanie	27.2 %
32	1.000	max Ty	Ścinanie	22.0 %
33	1.000	min N	Ścinanie	58.8 %
34	1.000	max Mx	Ścinanie	22.0 %

## Wyniki szczegółowe

### Parametry materiałowe

Klasa użytkowania konstrukcji: 2

$$\rightarrow k_{mod} = 0.8$$

Klasa trwania obciążenia dla SGN: Średniotrwałe

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 20):

$$\begin{array}{lll}
 f_{m,k} = 20.0 \text{MPa} & f_{t,0,k} = 12.0 \text{MPa} & f_{t,90,k} = 0.5 \text{MPa} \\
 f_{c,0,k} = 19.0 \text{MPa} & f_{c,90,k} = 2.3 \text{MPa} & f_{v,k} = 2.2 \text{MPa} \\
 E_{0,mean} = 9.5 \text{GPa} & E_{0,05} = 6.4 \text{GPa} & E_{90,mean} = 0.32 \text{GPa} \\
 G_{mean} = 0.59 \text{GPa} & \rho_k = 330.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \rho_{mean} = 390.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}
 \end{array}$$

### Ściskanie (50.6 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=4.00\text{m}$ ; Kombinacja: min N (-1,+2,)

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 375.0 \text{cm}^2$ ,  $A_d = A_n = 375.0 \text{cm}^2$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach osi głównych przekroju:

- w płaszczyźnie Y-Y:  $l_{c,y} = \mu_y l_y = 1.000 \cdot 4.000 = 4.000\text{m}$

- w płaszczyźnie Z-Z:  $l_{c,z} = \mu_z l_z = 1.000 \cdot 4.000 = 4.000\text{m}$

Wpływ wyboczenia:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{400.0}{7.217} = 55.4, \quad \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{400.0}{4.330} = 92.4$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0.05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 6400.0 / 55.4^2 = 20.6$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0.05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 6400.0 / 92.4^2 = 7.4$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{19.0}{20.6}} = 0.961$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{19.0}{7.4}} = 1.602$$

$$k_y = 0.5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.2 (0.961 - 0.3) + 0.961^2 \right] = 1.028$$

$$k_z = 0.5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.2 (1.602 - 0.3) + 1.602^2 \right] = 1.914$$

$$k_{c,y} = \min \left[ 1 / \left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right), 1.0 \right] = \min \left[ 1 / \left( 1.028 + \sqrt{1.028^2 - 0.961^2} \right), 1.0 \right] = 0.718$$

$$k_{c,z} = \min \left[ 1 / \left( k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2} \right), 1.0 \right] = \min \left[ 1 / \left( 1.914 + \sqrt{1.914^2 - 1.602^2} \right), 1.0 \right] = 0.338$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 0.338$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_c A_d} = \frac{75.0 \cdot 1e3}{0.338 \cdot 375.0 \cdot 1e2} = 5.92 \text{ MPa} < 11.7 \text{ MPa} = \frac{19.0 \cdot 0.80}{1.3} = \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Ścinanie (64.9 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=4.00\text{m}$ ; Kombinacja:  $\min T_y (+1,+2)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{d,z} = \frac{3 T_z}{2 k_{cr} A} = \frac{3 \cdot 14.4 \cdot 1e3}{2 \cdot 0.67 \cdot 375.0 \cdot 1e2} = 0.86 \text{ MPa} < 1.35 \text{ MPa} = \frac{2.2 \cdot 0.80}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

$$\tau_{d,y} = \frac{3 T_y}{2 k_{cr} A} = \frac{3 \cdot 3.0 \cdot 1e3}{2 \cdot 0.67 \cdot 375.0 \cdot 1e2} = 0.18 \text{ MPa} < 1.35 \text{ MPa} = \frac{2.2 \cdot 0.80}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie wypadkowe

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{d,z}^2 + \tau_{d,y}^2} = \sqrt{0.86^2 + 0.18^2} = 0.88 \text{ MPa} < 1.35 \text{ MPa} = \frac{2.2 \cdot 0.80}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Zginanie (93.1 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=2.00\text{m}$ ; Kombinacja:  $\max M_x (+1,+2)$

Naprężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{14.4 \cdot 1e5}{1562.5 \cdot 1e2} = 9.22 \text{ MPa} \quad , \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{3.0 \cdot 1e5}{937.5 \cdot 1e2} = 3.20 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,k} k_{mod}} = \frac{9.22}{20.0 \cdot 0.8} + 0.7 \frac{3.20}{20.0 \cdot 0.8} = 0.93 < 1.0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,k} k_{mod}} = 0.7 \frac{9.22}{20.0 \cdot 0.8} + \frac{3.20}{20.0 \cdot 0.8} = 0.78 < 1.0$$

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

$$l_{ef} = 0.900 \cdot 4.00 + 2 \cdot 0.25 = 4.10 \text{ m} \quad ,$$

a naprężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78 b^2}{h l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0.78 \cdot 150.0^2}{250.0 \cdot 4100.0} 6400.0 = 109.6 \text{ MPa} \quad ,$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{f_{m,y,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{20.0}{109.6}} = 0.427 \quad ,$$

$$k_{crit} = 1.000 \quad .$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 9.22 \text{ MPa} < 12.31 = k_{crit} \frac{k_{mod} f_{m,y,k}}{\gamma_M} = 1.000 \frac{0.8 \cdot 20.0}{1.3}$$

**Zginanie ze ściskaniem (129.0 %) - Warunek przekroczony!!!**

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=2.00\text{m}$ ; Kombinacja:  $\max M_x (+1,+2)$ ,

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{75.0 \cdot 1e3}{375.0 \cdot 1e2} = 2.00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{14.4 \cdot 1e5}{1562.5 \cdot 1e2} = 9.22 \text{ MPa} \quad , \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{3.0 \cdot 1e5}{937.5 \cdot 1e2} = 3.20 \text{ MPa}$$

Określenie wpływu wybożenia:

$$\lambda_{rel,max} = 1.6 > 0.3 \rightarrow \text{należy uwzględnić wpływ wybożenia}$$

Nośność elementu przy zginaniu i ściskaniu:

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

$$0.72 \frac{2.00}{19.0 \cdot 0.8 \cdot 1.3} + \frac{9.22}{20.0 \cdot 0.8 \cdot 1.3} + 0.7 \frac{3.20}{20.0 \cdot 0.8 \cdot 1.3} = 1.17 > 1.0$$

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

$$0.34 \frac{2.00}{19.0 \cdot 0.8 \cdot 1.3} + 0.7 \frac{9.22}{20.0 \cdot 0.8 \cdot 1.3} + \frac{3.20}{20.0 \cdot 0.8 \cdot 1.3} = 1.29 > 1.0$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \frac{f_{m,y,k} k_{mod}}{\gamma_M}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}} = \left( \frac{9.22}{1.00 \frac{20.0 \cdot 0.8}{1.3}} \right)^2 + \frac{2.00}{0.34 \frac{19.0 \cdot 0.8}{1.3}} = 1.07 > 1.0$$

**Ugięcia (146.7 %) - Warunek przekroczony!!!**

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=2.00\text{m}$ ; Kombinacja:  $\text{ext } U (1,2,S2)$ ,

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu:

$$u_{z,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Gi} \left( 1 + k_{def} \right) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 7.0 \text{ mm} \quad \text{obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{z,fin,Q} = \left( u_{z,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{0,i} \right) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 5.8 \text{ mm} \quad \text{obc. zm: (2,*)}$$

$$u_{z,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 4.6 \text{ mm} \quad \text{obc. zm (część stała): (S2,*)}$$

$$u_{z,fin} = u_{z,fin,G} + u_{z,fin,Q} + u_{z,fin,QS} = 17.4 \text{ mm}$$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{y,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Gi} \left( 1 + k_{def} \right) = 0.0 \text{ mm} \quad \text{obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{y,fin,Q} = u_{y,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} \psi_{0,i} u_{y,inst,Qi} = 5.0 \text{ mm} \quad \text{obc. zm: (2,*)}$$

$$u_{y, fin, QS} = \sum_{i=1..n} k_{def} \psi_{2,i} u_{y, inst, Qi} = 4.0 \text{ mm} \quad \text{obc. zm (część stała): (S2, *,)}$$

$$u_{y, fin} = u_{y, fin, G} + u_{y, fin, Q} + u_{y, fin, QS} = 9.0 \text{ mm}$$

Przemieszczenie wypadkowe prostopadłe do osi pręta:

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z, fin}^2 + u_{y, fin}^2} = 19.6 \text{ mm} > 13.3 \text{ mm} = u_{lim., net}$$

\* - obciążenie boczne