

# Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

## A Strop

### 1. Dane ogólne

Rozstaw belek:  $a_1 := 1.00 \text{ m}$

$a_2 := 1.00 \text{ m}$

Długość belki:  $l_1 := 5.25 \text{ m}$

Belka:

typ: IPE200

ciężar:  $g_{IPE200} := 22.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

szerokość pola  $a_{s.1} := 0.5 \cdot (a_1 + a_2) = 1.00 \text{ m}$

### 2. Zebranie obciążeń

#### 2.1 Stałe obciążenia

Warstwy podłogowe

$$g_{1.k} := 21 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 5 \text{ mm} = 0.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

wykładzina PVC

$$g_{2.k} := 4.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 32 \text{ mm} = 0.13 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

deski podłogowe 32mm

$$g_{3.k} := 4.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 60 \text{ mm} \cdot 80 \text{ mm} \cdot \frac{1}{0.8 \text{ m}} = 0.03 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

istniejące legary 60x80 w rozstawie co 0,8m

$$g_{4.k} := 0.10 \text{ m} \cdot 1.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 0.12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

wełna mineralna 100 mm

$$g_{5.k} := 122.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

płyta WPS

$$g_{6.k} := 1580 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.005 \text{ m} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.08 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

zaprawa klejowa 5 mm

$$G_k := g_{1.k} + g_{2.k} + g_{3.k} + g_{4.k} + g_{5.k} + g_{6.k} = 1.66 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Zebranie obciążeń stałych**

Ciężar stropu:  $G_k = 1.66 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Ciężar belki:  $G_{IPE200.k} := g_{IPE200} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.22 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

stalowa belka z dwuteownika  
IPE180

## 2.2 Zmienne obciążenia

$$Q_k := 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kategoria obciążenia A  
wg PN-EN 1991-1-1

## 2.3 Zebranie obciążeń na belki

Współczynniki bezpieczeństwa:

$$\gamma_G := 1.35 \quad \xi := 0.85 \quad \gamma_Q := 1.5 \quad \psi_0 := 1.0$$

Obciążenia:

$$G_{k.IPE200} := G_k \cdot a_{s,1} + G_{IPE200,k} = 1.88 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q_{k.IPE200} := Q_k \cdot a_{s,1} = 1.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{k.IPE200} := Q_{k.IPE200} + G_{k.IPE200} = 3.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Kombinacje obciążeń:

$$P_{6.10a.d.IPE200} := G_{k.IPE200} \cdot \gamma_G + \psi_0 \cdot Q_{k.IPE200} \cdot \gamma_Q = 4.79 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

wzór 6.10a  
PN-EN 1990

$$P_{6.10b.d.IPE200} := \xi \cdot G_{k.IPE200} \cdot \gamma_G + Q_{k.IPE200} \cdot \gamma_Q = 4.41 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

wzór 6.10a  
PN-EN 1990

$$\max P_{d.ptyta.IPE200} := \max (P_{6.10a.d.IPE200}, P_{6.10b.d.IPE200}) = 4.79 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

obciążenie rozłożone,  
najniekorzystniejszy  
wariant

### 3. Wymiarowanie elementów

#### 3.1 Właściwości mechaniczne

##### Stal zbrojeniowa

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80.77 \text{ GPa}$$

$$\gamma_s := 1.0$$

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_s} = 235.00 \text{ MPa}$$

#### 3.3 Belka stalowa - IPE200

##### Dane geometryczne

$$h_w := 200 \text{ mm}$$

$$b_f := 100 \text{ mm}$$

$$t_f := 8.5 \text{ mm}$$

$$t_w := 5.6 \text{ mm}$$

$$r := 9 \text{ mm}$$

$$A := 28.5 \text{ cm}^2$$

$$I_y := 1943 \text{ cm}^4$$

$$I_z := 142 \text{ cm}^4$$

$$I_w := 13.0 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

$$I_t := 6.98 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{ply} := 221 \text{ cm}^3$$

$$W_{plz} := 44.6 \text{ cm}^3$$

$$f_{y,b} := 235 \text{ MPa}$$

##### Klasyfikacja przekroju

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{f_y}} = 1.00$$

Półka górna

$$c := \frac{(b_f - t_w - 2 r)}{2} = 38.20 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.49 \quad \square < \square \quad 9 \varepsilon = 9.00$$

Klasa pierwsza

Środek

$$c := h_w - 2 t_f - 2 r = 165.00 \text{ mm}$$

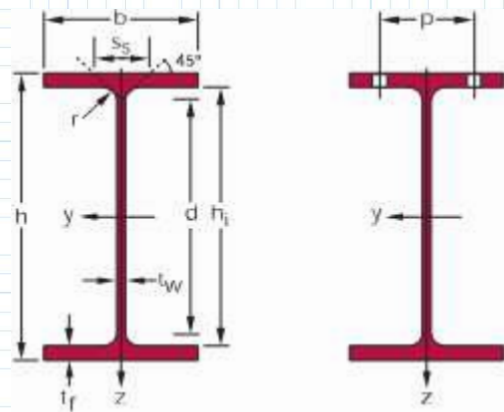
$$\frac{c}{t_w} = 29.46 \quad \square < \square \quad 72 \varepsilon = 72.00$$

Klasa pierwsza

##### Maksymalny moment zginający działający na belkę od obciążenia obliczeniowego

$$l_{eff} := l_1 \cdot 1.05 = 5.51 \text{ m}$$

$$max M_z := max P_{d, \text{płyta.IPE200}} \cdot \frac{l_{eff}^2}{8} = 18.205 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad max M_y := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$





## Zginanie ze zwichrzeniem

Moment krytyczny przy zwichrzeniu:

$$k_z := 1 \quad k_w := 1 \quad z_g := \frac{h_w}{2} = 100.00 \text{ mm}$$

$$C_1 := 1.132 \quad C_2 := 0.459$$

$$l_{crit} := 0.5 \cdot l_1 = 2.63 \text{ m}$$

$$M_{cr} := C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k_z \cdot l_{crit})^2} \cdot \left( \sqrt{\left( \frac{k_z}{k_w} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k_z \cdot l_{crit})^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}} + (C_2 \cdot z_g)^2 - C_2 \cdot z_g \right) = 37.64 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Smukłość bezwymiarowa:

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{ply} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 1.17 \quad \lambda_{LT0} := 0.4$$

Współczynnik zwichrzenia:

$$\alpha_{LT} := \text{if} \left( \frac{h_w}{b_f} < 2, 0.21, 0.34 \right) = 0.34 \quad \beta := 0.75$$

krzywa zwichrzenia b (wg tablicy 6.4 1993-1-1)

$$\phi_{LT} := 0.5 \left( 1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right) = 1.15$$

$$\chi_{LT} := \min \left( \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}}, \frac{1}{\lambda_{LT}^2}, 1 \right) = 0.59$$

## Sprawdzenie warunku nośności na zginanie

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

$$M_{cRd,z} := \chi_{LT} \cdot W_{ply} \cdot \frac{f_{y,b}}{\gamma_{M0}} = 30.85 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cRd,y} := W_{plz} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 10.481 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma := \frac{\max M_z}{M_{cRd,z}} + \frac{\max M_y}{M_{cRd,y}} = 0.59$$

warunek<sub>SGN,σ</sub> = "spełniony"

## Nośność przekroju na ścinanie

Pole przekroju ścinanego:

$$A_{vz} := A - 2 \cdot b_f \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 1350.60 \text{ mm}^2$$

Obliczeniowa siła ścinająca:

$$V_{zEd} := 0.5 \cdot \max P_{d, \text{pyta.IPE200}} \cdot l_{eff} = 13.21 \text{ kN}$$

Plastyczna nośność na ścinanie:

$$V_{plzRd} := \frac{A_{vz} \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 183.25 \text{ kN}$$

## Sprawdzenie warunku nośności

$$\frac{V_{zEd}}{V_{plzRd}} = 0.07 < 1 \quad \text{warunek spełniony}$$

### Sprawdzenie ugięcia od obciążenia charakterystycznego

Ugięcie od obciążenia

$$u_z := \frac{5}{384} \cdot P_{k.IPE200} \cdot \frac{l_{eff}^4}{E \cdot I_y} = 1.00 \text{ cm}$$

$$u_y := \frac{5}{384} \cdot 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{l_{eff}^4}{E \cdot I_z} = 0.00 \text{ cm}$$

$$u_{fin} := \sqrt{u_z^2 + u_y^2} = 1.00 \text{ cm}$$

Maksymalne dopuszczalne ugięcie

$$u_{dop} := \frac{l_{eff}}{350} = 1.58 \text{ cm}$$

Sprawdzenie warunku nośności

$$\frac{u_{fin}}{u_{dop}} = 0.63 < 1 \Rightarrow \text{warunek spełniony}$$