WYNIKI OBLICZEŃ KONSTRUKCJI

Nazwa inwestycji:	BUDOWA SALI GIMNASTYCZNEJ
Lokalizacja obiektu:	ul. Szkolna 48-208 Większyce j.e. Reńska Wieś, Większyce Dz. Nr 1094, 255/5, 255/6
Inwestor:	Gmina Reńska Wieś ul. Pawłowicka 11, 47-208 Reńska Wieś
Jednostka projektowa:	**Zakład Usług Inwestycyjnych „DIM" sp. z o.o.** ul. Limanowskiego 1, 47-200 Kędzierzyn-Koźle

WYMIAROWANIE STROPODACHU

- **Sprawdzenie nośności stropu:**

Przy konstruowaniu stropu oparto się na wytycznych przedstawionych w dokumentacji firmy BETAX – Instrukcji montażu strop żelbetowego gęstożebrowanego na belkach kratownicowych - TERIVA 4,0 /1.

Zgodnie z ww. wytycznymi producenta stropy TERIVA 4,0/1 przeznaczone do stosowania w obiektach budowlanych, w których obciążenie charakterystyczne równomiernie rozłożone lub zastępcze równomiernie rozłożone ponad ciężar własny konstrukcji stropu nie przekracza 4,0 kN/m2.

G_k= 1,10 [kN/m²] + 2,40 [kN/m²] + 0,40 [kN/m²] = 2,82[kN/m²]

G_k= 3,90 [kN/m²] ≤ G_{Rd}= 4,00 [kN/m²]

Warunek spełniony

W związku z powyższym przyjęto rozwiązanie w postaci stropu TERIVA 4,0 /1 z zachowaniem warunku maksymalnej rozpiętości modularnej stropu do 6,00 m.

WYMIAROWANIE
FUNDAMENTY

Zestawienie obciążeń:

Ława Ł2 zew. w osi nr C';

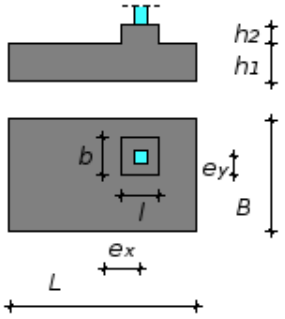
- Ciężar własny ze stropodachu: 3,20 kN/m2 x 5,50m x 1,35= 23,75 kN/m
- Ciężar warstw ze stropodachu: 1,10 kN/m2 x 5,50m x 1,35= 8,17 kN/m
- Ciężar śniegu ze stropodachu: 0,72 kN/m2 x 5,50m x 1,50= 5,35 kN/m
- Ciężar użytkowy ze stropodachu: 0,40 kN/m2 x 5,50m x 1,50= 3,30 kN/m
- Ciężar wieńca żelbetowego:
  25 kN/m3 x 0,25 m x 0,30 m x 1,35 = 2,53 kN/m
- Ciężar ściany 1,74 kN/m2 x 3,00 m x 1,35 = 7,05 kN/m
- Ciężar ściany fundamentowej:
  21 kN/m3 x 0,25 m x 0,70 m x 1,35 = 4,96 kN/m

SUMA= 55,11 kN/m

Węzeł nr 3 - Fundamenty bezpośrednie wg. PN-EN 1997-1

Informacje o węźle

Położenie: (x=3.400m, y=6.000m)



Geometria

Wymiary: L = 0.60m, h_1 = 0.40m, e_x = 0.0

Warunki gruntowe

.0 Profil gruntu: "Profil-1"

Nr	Grunt	Gęstość właściwa [kN/m3]	Gęstość objętość. [kN/m3]	IL/ID	Kąt tarcia wewnętrz. [deg]	Spójność gruntu	Wytrzymałość na ścinanie	Pierwotny moduł ściśliwości [kPa]
1	Glina piaszczysta	2.67	1.291	0.00	25.0	50.00	50.00	82000.0
2	Piasek drobny	2.65	0.980	0.60	31.0	0.00	0.00	73000.0
3	Piasek drobny	2.65	0.961	0.50	30.5	0.00	0.00	61000.0
4	Glina piaszczysta	2.67	1.231	0.12	22.9	40.98	40.98	56216.9

Głębokość posadowienia: 1.00m

Wyniki szczegółowe

Nośność podłoża

Komb: min My (SGU) (+) (0,1,8,9,) → Vd=77.0kN, Hx=0.0kN, My=10.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Decydująca warstwa gruntu: 1: Glina piaszczysta na rzędnej $D = 1.00\text{m}$

Obliczeniowa siła normalna: $V_d = 77.04\text{kN}$
Mimośród statyczny: $e_x = 0.13\text{m}$ $e_y = 0.00\text{m}$
Wymiary zastępcze fundamentu: $L_r = 0.34\text{m}$ $B_r = 1.00\text{m}$
Szerokość fundamentu: $B' = 0.34\text{m}$
Współczynniki nośności: $N_\gamma = 8.64$ $N_C = 19.86$ $N_q = 10.26$
Współczynniki nachylenia obciążenia: $i_\gamma = 1.00$ $i_C = 1.00$ $i_q = 1.00$
Współczynniki nachylenia podstawy fundamentu: $b_c = 1.0$ $b_q = 1.0$ $b_\gamma = 1.0$
Nośność podłoża w warunkach z drenażem:
$R = A'(c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0{,}5\gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) = 469.59\text{kN}$
Warunek nośności podłoża
$V_d = 77.04\text{kN} < 335.42\text{kN} = 469.59/1.40 = R/\gamma_R$

Odrywanie

Komb: min Hx (SGU) (-) (0,1,8,9,) → Vd=68.5kN, Hx=0.0kN, My=10.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Zasięg szczeliny i pole odrywanej pow.: $c = 0.13\text{m}$, $A = 0.14\text{m}^2$.
Warunek ograniczenia zasięgu szczeliny:
$\frac{c}{c_{lim}} = \frac{0.13}{0.30} = 0.44 > 0.50$
Warunek ograniczenia pola powierzchni odrywanej:
$\frac{A}{A_{lim}} = \frac{0.14}{1.20} = 0.11 > 0.25$

Obrót

Komb: min Hx (SGU) (-) (0,1,8,9,) → Vd=68.5kN, Hx=0.0kN, My=10.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Obliczeniowe momenty wywracający: $M_y = 10.00\text{kNm}$
Obliczeniowy moment utrzymujący: $M_{y,u} = 20.55\text{kNm}$
Warunek stateczności na obrót względem osi Y:
$M_y = 10.00 < 18.68\text{kNm} = 20.55/1.10 = M_{y,u}/\gamma_R$

Poślizg

Komb: min Hx (SGU) (-) (0,1,8,9,) → Vd=68.5kN, Hx=0.0kN, My=10.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Obliczeniowa (wypadkowa) siła przesuwająca: $H = 0.00\text{kN}$
Współczynnik tarcia podstawy fundamentu o grunt: $\tan\delta_k = 0.41$
Spójność wraz ze wsp. redukcji: $c' = 50.00\text{kPa}$, $m_c = 1.00$
Wartość siły utrzymującej w warunkach z drenażem: $V_r = \tan\delta_k \cdot V_d + m_c \cdot c' \cdot (L - 2e_x) \cdot (B - 2e_y) = 43.70\text{kN}$
Warunek stateczności na przesunięcie w poziomie posadowienia:
$T = 0.00 < 39.72\text{kN} = 43.70/1.10 = V_r/\gamma_R$
Obliczeniowa (wypadkowa) siła przesuwająca: $H = 0.00\text{kN}$
Wytrzymałość na ścinanie wraz ze wsp. redukcji: $c_u = 50.00\text{kPa}$, $m_c = 1.00$
Wartość siły utrzymującej w warunkach bez drenażu:
$V_r = m_c \cdot c_u \cdot (L - 2e_x) \cdot (B - 2e_y) = 43.70\text{kN}$
Warunek stateczności na przesunięcie w poziomie posadowienia:
$T = 0.00 < 39.72\text{kN} = 43.70/1.10 = V_r/\gamma_R$

Zbrojenie

Komb: min My (SGN) (+) (0,1,8,9,) → Vd=77.0kN, Hx=0.0kN, My=10.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Zbrojenie minimalne w kierunku L:
$A_{sL,min,1} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct,L}/\sigma_{lim,L} = 5.0\,\text{cm}^2/\text{m}, A_{sL,min,2} = \max(0{,}26\, f_{ct,eff}/f_{yk};\ 0{,}0013)d = 4.9\,\text{cm}^2/\text{m},$
Zbrojenie minimalne w kierunku B:
$A_{sB,min,1} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct,B}/\sigma_{lim,B} = 5.0\,\text{cm}^2/\text{m}, A_{sB,min,2} = \max(0{,}26\, f_{ct,eff}/f_{yk};\ 0{,}0013)d = 4.8\,\text{cm}^2/\text{m}$
Zbrojenie w kierunku L:
Moment zginający obl. z metody wsporników prostokątnych: $M_{Ed} = 8.2\text{kNm}$
Wytrzymałość betonu na ściskanie: $f_{cd} = 16.7\text{MPa}$

Granica plastyczności stali zbrojeniowej: $f_{yd} = 435.0\text{MPa}$

Wysokość użyteczna przekroju: $d = 36.4\text{cm}$, względne ramię sił: $\zeta_{eff} = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - 2 \cdot A_0}\right) = 0.9981$

$A_0 = 0.004, A_{0,lim} = 0.480$

Zbrojenie potrzebne ze względu na zginanie: $A_{sB,stat} = \frac{M_{Ed}/B}{f_{yd} \cdot \zeta_{eff} \cdot d} = 0.3\,\text{cm}^2/\text{m}$

przyjęto $10\Phi\,12/\text{m} \rightarrow A_{sL,prov} = 11.3\,\text{cm}^2/\text{m} > 5.01\,\text{cm}^2/\text{m} = A_{sL,req}$

Przebicie

Komb: min My (SGN) (+) (0,1,8,9,) → Vd=77.0kN, Hx=0.0kN, My=10.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Obliczeniowa siła pionowa: $V_{Ed} = 51.44\text{kN}$

Sprawdzenie w obwodzie kontrolnym

Kąt θ przyjęto $26.6^o \rightarrow \tan\theta = 0.50$

Obwód kontrolny: $u = 120.00\text{cm}$

Wysokość użyteczna: $d = 35.80\text{cm}$

Naprężenia ścinające: $v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed} - \Delta V}{ud} = 0.36\text{MPa}$

Stopień zbrojenia: $\rho = 0.00\%$

Nośność na przebicie: $v_{Rd,c} = \max\left(C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \rho_{cp}, v_{min} + k_1 \rho_{cp}\right) = 0.45\text{MPa}$

Warunek nośności na przebicie:

$v_{Ed} = 0.36\text{MPa} < 0.45\text{MPa} = v_{Rd,c}$

Osiadanie

Komb: min My (SGU) (+) (0,1,8,9,) → Vd=77.0kN, Hx=0.0kN, My=10.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Dopuszczalną wartość osiadania: $s_{max} = 5.00$

Czas wznoszenia budowli: Powyżej roku $\rightarrow \lambda = 1$

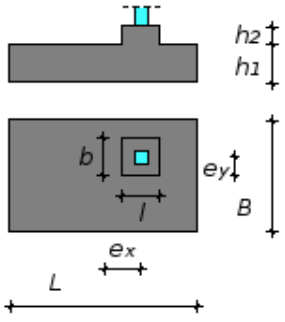
Warunek osiadań fundamentu: $s = 0.17\text{cm} < 5.00\text{cm} = s_{max}$

Węzeł nr 3 - Fundamenty bezpośrednie wg. PN-EN 1997-1

Informacje o węźle

Położenie: (x=3.400m, y=6.000m)

Geometria



Wymiary: L = 2.00m, B = 2.00m, h_1 = 0.55m, e_x = 0.00m, e_y = 0.0

Warunki gruntowe

.0 Profil gruntu: "Profil-1"

Nr	Grunt	Gęstość właściwa [kN/m3]	Gęstość objętość. [kN/m3]	IL/ID	Kąt tarcia wewnętrz. [deg]	Spójność gruntu	Wytrzymałość na ścinanie	Pierwotny moduł ściśliwości [kPa]
1	Glina piaszczysta	2.67	1.291	0.00	25.0	50.00	50.00	82000.0
2	Piasek drobny	2.65	0.980	0.60	31.0	0.00	0.00	73000.0
3	Piasek drobny	2.65	0.961	0.50	30.5	0.00	0.00	61000.0
4	Glina piaszczysta	2.67	1.231	0.12	22.9	40.98	40.98	56216.9

Głębokość posadowienia: 1.00m

Wyniki szczegółowe

Nośność podłoża

Komb: min My (SGU) (+) (0,1,8,9,) → Vd=1061.3kN, Hx=0.0kN, My=10.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Decydująca warstwa gruntu: $1:\text{Glina piaszczysta}$ na rzędnej $D = 1.00\text{m}$
Obliczeniowa siła normalna: $V_d = 1061.33\text{kN}$
Mimośród statyczny: $e_x = 0.01\text{m}$ $e_y = 0.00\text{m}$
Wymiary zastępcze fundamentu: $L_r = 2.08\text{m}$ $B_r = 2.00\text{m}$
Szerokość fundamentu: $B' = 2.00\text{m}$
Współczynniki nośności: $N_\gamma = 8.64$ $N_C = 19.86$ $N_q = 10.26$
Współczynniki nachylenia obciążenia: $i_\gamma = 1.00$ $i_C = 1.00$ $i_q = 1.00$
Współczynniki nachylenia podstawy fundamentu: $b_c = 1.0$ $b_q = 1.0$ $b_\gamma = 1.0$
Nośność podłoża w warunkach z drenażem:
$R = A'(c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0{,}5\gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) = 7404.39\text{kN}$
Warunek nośności podłoża
$V_d = 1061.33\text{kN} < 5288.85\text{kN} = 7404.39/1.40 = R/\gamma_R$

Odrywanie

Komb: min My (SGN) (+) (0,1,8,9,) → Vd=1061.3kN, Hx=0.0kN, My=10.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Zasięg szczeliny i pole odrywanej pow.: $c = 0.00\text{m}$, $A = 0.00\text{m}^2$.
Warunek ograniczenia zasięgu szczeliny:
$\frac{c}{c_{lim}} = \frac{0.00}{1.04} = 0.00 < 0.50$
Warunek ograniczenia pola powierzchni odrywanej:
$\frac{A}{A_{lim}} = \frac{0.00}{4.20} = 0.00 < 0.25$

Obrót

Komb: min Hx (SGU) (-) (0,1,8,9,) → Vd=1020.0kN, Hx=0.0kN, My=10.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Obliczeniowe momenty wywracający: $M_x = 0.00\text{kNm}$
Obliczeniowy moment utrzymujący: $M_{x,u} = 1020.04\text{kNm}$
Warunek stateczności na obrót względem osi X:
$M_x = 0.00 < 927.30\text{kNm} = 1020.04/1.10 = M_{x,u}/\gamma_R$
Obliczeniowe momenty wywracający: $M_y = 10.00\text{kNm}$
Obliczeniowy moment utrzymujący: $M_{y,u} = 1071.04\text{kNm}$
Warunek stateczności na obrót względem osi Y:
$M_y = 10.00 < 973.67\text{kNm} = 1071.04/1.10 = M_{y,u}/\gamma_R$

Poślizg

Komb: min Hx (SGU) (-) (0,1,8,9,) → Vd=1020.0kN, Hx=0.0kN, My=10.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Obliczeniowa (wypadkowa) siła przesuwająca: $\mathrm{H} = 0.00\mathrm{kN}$
Współczynnik tarcia podstawy fundamentu o grunt: $\tan\delta_k = 0.41$
Spójność wraz ze wsp. redukcji: $c' = 50.00\mathrm{kPa}$, $m_c = 1.00$
Wartość siły utrzymującej w warunkach z drenażem: $V_r = \tan\delta_k \cdot V_d + m_c \cdot c' \cdot (L - 2e_x) \cdot (B - 2e_y) = 629.31\mathrm{kN}$
Warunek stateczności na przesunięcie w poziomie posadowienia:
$T = 0.00 < 572.10\mathrm{kN} = 629.31/1.10 = V_r/\gamma_R$
Obliczeniowa (wypadkowa) siła przesuwająca: $\mathrm{H} = 0.00\mathrm{kN}$
Wytrzymałość na ścinanie wraz ze wsp. redukcji: $c_u = 50.00\mathrm{kPa}$, $m_c = 1.00$
Wartość siły utrzymującej w warunkach bez drenażu:
$V_r = m_c \cdot c_u \cdot (L - 2e_x) \cdot (B - 2e_y) = 629.31\mathrm{kN}$
Warunek stateczności na przesunięcie w poziomie posadowienia:
$T = 0.00 < 572.10\mathrm{kN} = 629.31/1.10 = V_r/\gamma_R$

Zbrojenie

Komb: min My (SGN) (+) (0,1,8,9,) → Vd=1061.3kN, Hx=0.0kN, My=10.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Zbrojenie minimalne w kierunku L:
$A_{sL,min,1} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct,L}/\sigma_{lim,L} = 6.5\,\mathrm{cm^2/m}, A_{sL,min,2} = \max(0{,}26\, f_{ct,eff}/f_{yk};\ 0{,}0013)d = 6.9\,\mathrm{cm^2/m},$
Zbrojenie minimalne w kierunku B:
$A_{sB,min,1} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct,B}/\sigma_{lim,B} = 6.5\,\mathrm{cm^2/m}, A_{sB,min,2} = \max(0{,}26\, f_{ct,eff}/f_{yk};\ 0{,}0013)d = 6.8\,\mathrm{cm^2/m}$
Zbrojenie w kierunku L:
Moment zginający obl. z metody wsporników prostokątnych: $M_{Ed} = 217.7\mathrm{kNm}$
Wytrzymałość betonu na ściskanie: $f_{cd} = 16.7\mathrm{MPa}$
Granica plastyczności stali zbrojeniowej: $f_{yd} = 435.0\mathrm{MPa}$
Wysokość użyteczna przekroju: $d = 51.4\mathrm{cm}$, względne ramię sił: $\zeta_{eff} = 0.5 \cdot (1 + \sqrt{1 - 2 \cdot A_0}) = 0.9747$
$A_0 = 0.049, A_{0,lim} = 0.480$
Zbrojenie potrzebne ze względu na zginanie: $A_{sB,stat} = \frac{M_{Ed}/B}{f_{yd} \cdot \zeta_{eff} \cdot d} = 5.0\,\mathrm{cm^2/m}$
przyjęto $10\Phi\,12/\mathrm{m} \rightarrow A_{sL,prov} = 11.3\,\mathrm{cm^2/m} > 6.95\,\mathrm{cm^2/m} = A_{sL,req}$
Zbrojenie w kierunku B:
Moment zginający obl. z metody wsporników prostokątnych: $M_{Ed} = 201.1\mathrm{kNm}$
Wytrzymałość betonu na ściskanie: $f_{cd} = 16.7\mathrm{MPa}$
Granica plastyczności stali zbrojeniowej: $f_{yd} = 435.0\mathrm{MPa}$
Wysokość użyteczna przekroju: $d = 50.2\mathrm{cm}$, względne ramię sił: $\zeta_{eff} = 0.5 \cdot (1 + \sqrt{1 - 2 \cdot A_0}) = 0.9755$
$A_0 = 0.048, A_{0,lim} = 0.480$
Zbrojenie potrzebne ze względu na zginanie: $A_{sB,stat} = \frac{M_{Ed}/L}{f_{yd} \cdot \zeta_{eff} \cdot d} = 4.5\,\mathrm{cm^2/m}$

przyjęto $10\Phi\,12/\mathrm{m} \rightarrow A_{sB,prov} = 11.3\,\mathrm{cm^2/m} > 6.78\,\mathrm{cm^2/m} = A_{sB,req}$

Przebicie

Komb: min My (SGN) (+) (0,1,8,9,) → Vd=1061.3kN, Hx=0.0kN, My=10.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Obliczeniowa siła pionowa:$V_{Ed} = 937.44\mathrm{kN}$
Sprawdzenie w obwodzie kontrolnym
Kąt θprzyjęto $26.6^o \rightarrow \tan\theta = 0.50$
Obwód kontrolny:$u = 0.00\mathrm{cm}$
Wysokość użyteczna:$d = 0.00\mathrm{cm}$
Naprężenia ścinające:$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed} - \Delta V}{ud} = 0.000\mathrm{MPa}$
Stopień zbrojenia: $\rho = 0.22\%$
Nośność na przebicie: $v_{Rd,c} = \max\left(C_{Rd,c} k (100\rho_l f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \rho_{cp}, v_{min} + k_1 \rho_{cp}\right) = 0.000\mathrm{MPa}$
Warunek nośności na przebicie:

$v_{Ed} = 0.000\text{MPa} < 0.000\text{MPa} = v_{Rd,c}$

Osiadanie

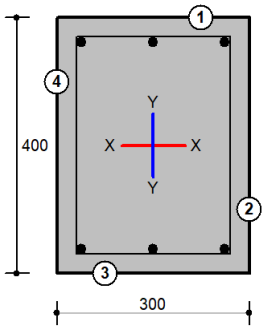
Komb: min My (SGU) (+) (0,1,8,9,) → Vd=1061.3kN, Hx=0.0kN, My=10.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Dopuszczalną wartość osiadania:$s_{max} = 5.00$
Czas wznoszenia budowli: Powyżej roku $\rightarrow \lambda = 1$
Warunek osiadań fundamentu:$s = 0.70\text{cm} < 5.00\text{cm} = s_{max}$

WYMIAROWANIE PODCIĄGU

Pręt nr 1 - Element żelbetowy wg PN-EN 1992-1-1:2008

Informacje o elemencie



Nazwa/Opis: element nr 1 (belka) - Brak opisu elementu.
Węzły: 1 (x=5.700m, y=6.100m); 2 (x=8.400m, y=6.100m)
Profil: Profil nr 64

Zbrojenie podłużne (RB500W (A))

Krawędź 1 - 1φ16; od L1=0.00m do L2=2.70m; lbd1=0.60m; lbd2=0.60m
Krawędź 1 - 2φ16; od L1=0.00m do L2=2.70m; lbd1=3.30m; lbd2=0.60m
Krawędź 3 - 3φ16; od L1=0.00m do L2=2.70m; lbd1=3.30m; lbd2=0.60m

Strzemiona (RB500W (A))

Odcinek 1 od x1/L=0.01 do x2/L=0.51: (Y-Y) 2φ8 (X-X) 2φ8 co 16cm
Odcinek 2 od x1/L=0.51 do x2/L=1.00: (Y-Y) 2φ8 (X-X) 2φ8 co 8cm

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wytężenie
0	0.000	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
1	0.000	min Mx	Ścinanie	75.4 %
2	0.000	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
3	0.000	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
4	0.000	min Ty	Ścinanie	75.4 %
5	0.000	---	Smukłość	0.0 %
6	0.000	max N	Ścinanie	75.4 %
7	0.000	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
8	0.000	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
9	0.000	max Ty	Ścinanie	75.4 %
10	0.000	min	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %

		N_SGU		
11	0.000	min N	Ścinanie	75.4 %
12	0.000	max Mx	Ścinanie	75.4 %
13	0.167	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
14	0.167	min Mx	Ścinanie	48.3 %
15	0.167	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
16	0.167	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
17	0.167	min Ty	Ścinanie	48.3 %
18	0.167	---	Smukłość	0.0 %
19	0.167	max N	Ścinanie	48.3 %
20	0.167	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
21	0.167	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
22	0.167	max Ty	Ścinanie	48.3 %
23	0.167	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
24	0.167	min N	Ścinanie	48.3 %
25	0.167	max Mx	Ścinanie	48.3 %
26	0.333	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
27	0.333	min Mx	Ścinanie	30.7 %
28	0.333	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
29	0.333	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
30	0.333	min Ty	Ścinanie	30.7 %
31	0.333	---	Smukłość	0.0 %
32	0.333	max N	Ścinanie	30.7 %
33	0.333	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
34	0.333	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
35	0.333	max Ty	Ścinanie	30.7 %
36	0.333	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
37	0.333	min N	Ścinanie	30.7 %
38	0.333	max Mx	Ścinanie	30.7 %
39	0.500	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
40	0.500	min Mx	Ścinanie	13.2 %
41	0.500	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
42	0.500	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
43	0.500	min Ty	Ścinanie	13.2 %
44	0.500	---	Smukłość	0.0 %

45	0.500	max N	Ścinanie	13.2 %
46	0.500	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
47	0.500	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
48	0.500	max Ty	Ścinanie	13.2 %
49	0.500	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
50	0.500	min N	Ścinanie	13.2 %
51	0.500	max Mx	Ścinanie	13.2 %
52	0.667	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
53	0.667	min Mx	Zbrojenie główne	12.9 %
54	0.667	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
55	0.667	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
56	0.667	min Ty	Zbrojenie główne	12.9 %
57	0.667	---	Smukłość	0.0 %
58	0.667	max N	Zbrojenie główne	12.9 %
59	0.667	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
60	0.667	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
61	0.667	max Ty	Zbrojenie główne	12.9 %
62	0.667	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
63	0.667	min N	Zbrojenie główne	12.9 %
64	0.667	max Mx	Zbrojenie główne	12.9 %
65	0.833	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
66	0.833	min Mx	Ścinanie	21.9 %
67	0.833	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
68	0.833	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
69	0.833	min Ty	Ścinanie	21.9 %
70	0.833	---	Smukłość	0.0 %
71	0.833	max N	Ścinanie	21.9 %
72	0.833	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
73	0.833	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
74	0.833	max Ty	Ścinanie	21.9 %
75	0.833	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
76	0.833	min N	Ścinanie	21.9 %
77	0.833	max Mx	Ścinanie	21.9 %
78	1.000	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %

79	1.000	min Mx	Ścinanie	52.8 %
80	1.000	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
81	1.000	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
82	1.000	min Ty	Ścinanie	52.8 %
83	1.000	---	Smukłość	0.0 %
84	1.000	max N	Ścinanie	52.8 %
85	1.000	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
86	1.000	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
87	1.000	max Ty	Ścinanie	52.8 %
88	1.000	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
89	1.000	min N	Ścinanie	52.8 %
90	1.000	max Mx	Ścinanie	52.8 %
91	0.570	max v	Ugięcia	2.1 %

Wyniki szczegółowe

Zbrojenie minimalne

Przekrój: x/L=0.167, L=0.45m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,-8,+9,)

Zbrojenie minimalne przy zginaniu bez udziału siły podłużnej dla przekroju prostokątnego oraz teowego z półką w strefie ściskanej:

$$A_{s1,min} = 0.26\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}bd = 0.26\frac{2.6}{500.0}30.0 \cdot 36.0 = 1.5cm^2 < 6.0cm^2$$

$$A_{s1,min} = 0.0013bd = 0.0013 \cdot 30.0 \cdot 36.0 = 1.4cm^2 < 6.0cm^2$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto wg Rysunku 5.7

Klasyfikacja: X-X → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty; Y-Y → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty

Przyjęto: $\beta_x = 1.000$ $\beta_y = 1.000$ oraz $l_{col} = 2.700m$

Zbrojenie główne

Przekrój: x/L=0.000, L=0.00m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,-8,+9,)

$$\text{Dane: } \alpha_{cc} = 1.00, x_{eff} = 9.2cm, a_1 = 3.6cm, d = 36.0cm$$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$minN_{Rd} = -2580.7kN < -0.0kN = N_{Sd}$$

$$maxN_{Rd} = 403.7kN > -0.0kN = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

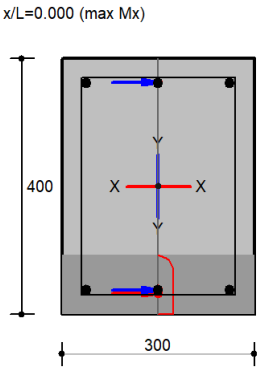
$$M_{Rd} = 89.6kNm > 20.8kNm = M_{Sd}$$

Odkształcenia:

$$\varepsilon_{s1} = -0.00054 > -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00018 < 0.0035$$

$$\varepsilon_c = -0.00016 < 0.0020$$



Ścinanie

Przekrój: x/L=0.000, L=0.00m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,-8,+9,)

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$V_{Rd,c} = \left[0.18/\gamma_c\, k(100\rho_L f_{ck})^{1/3} + 0.15\sigma_{cp}\right] b_w d$

$V_{Rd,c} = \left[0.18/1.4 \cdot 1.743(100 \cdot 3.703e-03 \cdot 25.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.00\right] \cdot 300 \cdot 362.0 \cdot 1e-3 = 51.1\text{kN}$

$V_{Rd,c,min} = \left(\nu_{min} + k_1\sigma_{cp}\right) b_w d = (0.403 + 1.743 \cdot 0.000)0.3 \cdot 0.4 = 43.7\text{kN}$

$V_{Rd,c} = \max\left(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}\right) = 51.1\text{kN} > 38.5\text{kN} = V_{Ed}$ -> zbrojenie nie jest wymagane

gdzie przyjęto:

– $k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1.743$

– $\rho_L = \min\left(0.02, \frac{A_{sl}}{b_w d}\right) = \min\left(0.02, \frac{4.02}{30.0 \cdot 36.2}\right) = 3.703e-03$

– $\nu_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.743^{3/2} 25.0^{1/2} = 0.403$

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$V_{Rd,max} = 0.5\nu b_w d f_{cd} = 0.5 \cdot 0.540 \cdot 30.0 \cdot 36.2 \cdot 1.79 = 523.6\text{kN}$

gdzie przyjęto:

– $\nu = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 25.0/250) = 0.540$

Warunki nośności:

$V_{Rd,c} = 51.1\text{kN} > 38.5\text{kN}$

$V_{Rd,max} = 523.6\text{kN} > 38.5\text{kN}$

Ugięcia

Przekrój: x/L=0.570, L=1.54m; Kombinacja: max v (0,1,8,9,)

Obciążenia: tylko część długotrwała; schemat statyczny elementu: belka wolnopodparta

Efektywny moduł sprężystości betonu: $E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi(\infty,t_0)} = \frac{31000.0}{1+2.000} = 10333.3\text{MPa}$

Maksymalne ugięcie uzyskano poprzez całkowanie równania linii ugięcia belki z uwzględnieniem pełzania, zarysowania i rzeczywistego rozkładu zbrojenia oraz przebiegu momentów. Sztywność elementu niezarysowanego przyjęto równą $B_\infty = E_{c,eff} J_I$ lub $B_0 = E_{cm} J_I$ odpowiednio przy obciążeniu długotrwałym i krótkotrwałym, natomiast sztywność przekrojów zarysowanych wyznaczono wg wzoru:

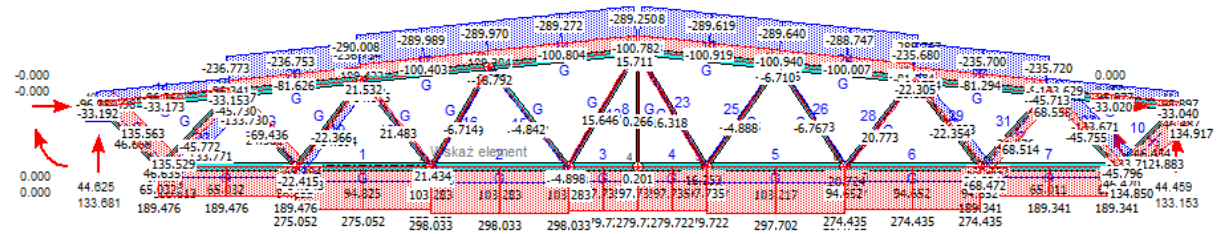
$$B_\infty = \frac{E_{c,eff} J_I}{1-\beta\left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2\left(1-\frac{J_I}{J_{II}}\right)},$$

gdzie w przypadku B_0 przyjęto $E_{c,eff} = E_{cm}$.

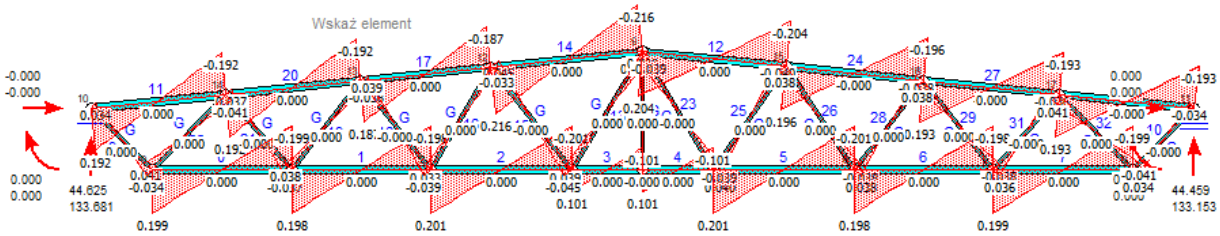
Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 0.3\text{ mm} < 13.5\text{ mm} = a_{lim.}$

WYMIAROWANIE
KRATOWNICY DACHOWEJ

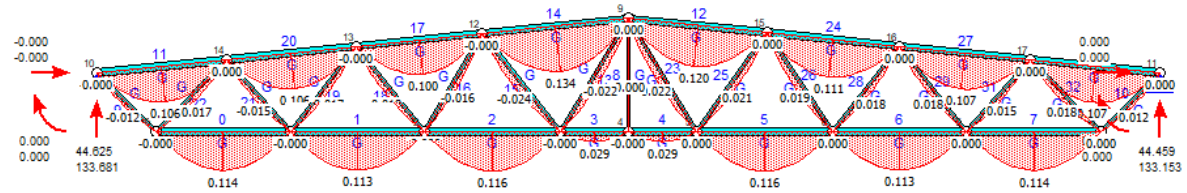
N [kN]



T [kN]



M [kN]

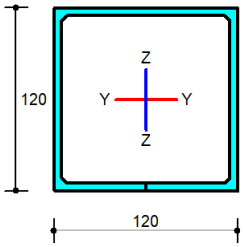


Wskaż element

Pręt nr 5 - Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 5 (belka) - Brak opisu elementu.
Węzły: 5 (x=23.650m, y=3.100m); 6 (x=25.950m, y=3.100m)
Profil: RK 120x120x5 (S 235)



Wyniki dla elementu

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wytężenie
0	0.000	min Mx	Rozciąganie	19.3 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Rozciąganie	42.0 %
3	0.000	max N	Rozciąganie	55.8 %
4	0.000	max Ty	Rozciąganie	19.3 %
5	0.000	min N	Rozciąganie	19.3 %
6	0.000	max Mx	Rozciąganie	19.3 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	19.5 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.8 %
9	0.250	min Ty	Rozciąganie	42.0 %
10	0.250	max N	Rozciąganie	55.8 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	19.5 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną	19.5 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	19.5 %
14	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	19.7 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	1.1 %
16	0.500	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	42.0 %
17	0.500	max N	Rozciąganie	55.8 %
18	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	19.7 %
19	0.500	min N	Zginanie z siłą podłużną	19.7 %
20	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	19.7 %
21	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	19.5 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	0.8 %
23	0.750	min Ty	Rozciąganie	42.0 %
24	0.750	max N	Rozciąganie	55.8 %
25	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	19.5 %
26	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	19.5 %

27	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	19.5 %
28	1.000	min Mx	Rozciąganie	19.3 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Rozciąganie	42.0 %
31	1.000	max N	Rozciąganie	55.8 %
32	1.000	max Ty	Rozciąganie	19.3 %
33	1.000	min N	Rozciąganie	19.3 %
34	1.000	max Mx	Rozciąganie	19.3 %

Wyniki szczegółowe

Rozciąganie (55.8 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.30m; Kombinacja: max N (+0,+1,+3,+K4,+8,+9,+10,)

Pole przekroju: $A_{brutto} = 22.70 cm^2$
Nośność elementu rozciąganego (6.2.3):

$$N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{22.70 \cdot 23.5}{1.00} = 533.5 kN > 297.7 kN = N$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 2.3m$
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 2.3m$
Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 2.3m$
Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 MPa \cdot 498.0 cm^4}{(1.000 \cdot 2.3m)^2} = 1951.2 kN$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 MPa \cdot 498.0 cm^4}{(1.000 \cdot 2.3m)^2} = 1951.2 kN$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2}\left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T\right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{6.6^2}\left[\frac{\pi^2 210000.0 MPa \cdot 0.0 cm^6}{(1.000 \cdot 2.3m)^2} + 80769.2 MPa \cdot 760.4 cm^4\right] = 139983.2 kN$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,y}+N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,y}+N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,y} N_{cr,T}(1-\mu z_s^2/i_s^2)}}{2(1-\mu z_s^2/i_s^2)} = \frac{(N_{cr,y}+N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1-\mu z_s^2/i_s^2)}$$

$$R = (1951.2 + 139983.2)^2 - 4 \cdot 1951.2 \cdot 139983.2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2/6.624^2) = 19052850832.6 kN$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(1951.2+139983.2) - \sqrt{19052850832.6}}{2(1-1.000 \cdot 0.0^2/6.624^2)} = 1951.2 kN$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.
Wsp. długości wyboczeniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00, \mu_{\omega,Mcr} = 1.00$(tylko do obliczeń M_{cr})
Współczynniki ze względu na podparcie i obciążenie: $C_1 = 1.13, C_2 = 0.46, C_3 = 0.53$
Współrzędna przyłożonego obciążenia względem środka ciężkości: $z_a = 6.0 cm$
Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0 cm$

$$z_j = z_s - 0.5 \int_A (y^2 + z^2) z \, dA / J_y = 0.0 + 0.5 \cdot 0.00 = 0.0$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 E J_z / \left(\mu_{z,Mcr} L\right)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 498.0 / (1.00 \cdot 230.0)^2 = 1951.2 kN$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{\left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}}\right)^2 \frac{J_\omega}{J_z} + \frac{G J_t}{N_{cr,z}} + V\right]^{0.5} - V\right\}$$

$$V = C_2(z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(6.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 2.75$$

$$M_{cr} = 1e-2 \cdot 1.13 \cdot 1951.2 \left\{\left[\left(\frac{1.00}{1.00}\right)^2 \frac{0.0}{498.0} + \frac{8076.9 \cdot 760.4}{1951.2} + 2.75\right]^{0.5} - 2.75\right\} = 1179.88 kNm$$

Ścinanie (0.1 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.30m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,-8,+9,+10,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 11.0\text{cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z}/t_z = 22.0 < 60.0 = 72\,\varepsilon/\eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} = \frac{11.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 149.2\text{kN} > 0.2\text{kN} = V_{Ed,z}$$

Zginanie (0.6 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=1.15m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,-8,+9,+10,)

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ścianka górna:

$$\kappa = b_0/L_e = 57.5/2300.0 = 0.025 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4\,\kappa\text{^}2) = 1/(1.004) = 0.996$$

$$A_{eff} = \max\left(A_{c,eff}\beta^{\kappa}, A_{c,eff}\beta\right) = \max(575 \cdot 0.996^{0.025}, 575 \cdot 0.996) = 575\text{mm}^2$$

Ścianka dolna:

$$\kappa = b_0/L_e = 57.5/2300.0 = 0.025 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4\,\kappa\text{^}2) = 1/(1.004) = 0.996$$

$$A_{eff} = \max\left(A_{c,eff}\beta^{\kappa}, A_{c,eff}\beta\right) = \max(575 \cdot 0.996^{0.025}, 575 \cdot 0.996) = 575\text{mm}^2$$

Przyjęto, że element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,y} = M_{eff,Rd,y} = \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{84.5 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 19.9\text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{eff,Rd,y}} = \frac{0.1}{19.9} = 0.01 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ścianka lewa:

$$\kappa = b_0/L_e = 57.5/2300.0 = 0.025 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4\,\kappa\text{^}2) = 1/(1.004) = 0.996$$

$$A_{eff} = \max\left(A_{c,eff}\beta^{\kappa}, A_{c,eff}\beta\right) = \max(575 \cdot 0.996^{0.025}, 575 \cdot 0.996) = 575\text{mm}^2$$

Ścianka prawa:

$$\kappa = b_0/L_e = 57.5/2300.0 = 0.025 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4\,\kappa\text{^}2) = 1/(1.004) = 0.996$$

$$A_{eff} = \max\left(A_{c,eff}\beta^{\kappa}, A_{c,eff}\beta\right) = \max(575 \cdot 0.996^{0.025}, 575 \cdot 0.996) = 575\text{mm}^2$$

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{84.5 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 19.9\text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{19.9} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (55.7 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=1.15m; Kombinacja: max N (+0,+1,+3,+K4,+8,+9,+10,)

Naprężenia normalne w przekroju efektywnym z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{J_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{J_{y,eff}} y_{eff}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{297.7}{23.0} + \frac{0.1 \cdot 1e2 + 297.7 \cdot 0.000}{507.2} 6.0 + \frac{0.0 \cdot 1e2 + 297.7 \cdot 0.000}{507.2} 6.0 = 13.1 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |130.8| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Dodatkowy warunek nośności (6.44) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y/\gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y/\gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y/\gamma_{M0}} < 1.0$$

$$\frac{297.7}{23.0 \cdot 23.5/1.0} + \frac{0.1+297.7 \cdot 0.000}{84.5 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4/1.0} + \frac{0.0+297.7 \cdot 0.000}{84.5 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4/1.0} = 0.557 < 1.0$$

Ugięcia (1.1 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=1.15m; Kombinacja: ext U (0,1,8,9,10,)

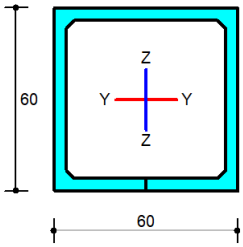
Przemieszczenie w płaszczyźnie układu: $u_z = 0.1\text{mm} < 5.8\text{mm} = u_{z,\text{lim.}}$
Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 0.0\text{mm} < 5.8\text{mm} = u_{y,\text{lim.}}$

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

Pręt nr 9 - Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 9 (belka) - Brak opisu elementu.
Węzły: 0 (x=14.500m, y=3.100m); 10 (x=13.503m, y=4.097m)
Profil: Profil nr 63 (S 235)



Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wytężenie
0	0.000	min Mx	Rozciąganie	22.6 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Rozciąganie	49.3 %
3	0.000	max N	Rozciąganie	65.6 %
4	0.000	max Ty	Rozciąganie	22.6 %
5	0.000	min N	Rozciąganie	22.6 %
6	0.000	max Mx	Rozciąganie	22.6 %
7	0.250	min Mx	Rozciąganie	22.6 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.5 %
9	0.250	min Ty	Rozciąganie	49.3 %
10	0.250	max N	Rozciąganie	65.6 %
11	0.250	max Ty	Rozciąganie	22.6 %
12	0.250	min N	Rozciąganie	22.6 %
13	0.250	max Mx	Rozciąganie	22.6 %
14	0.500	min Mx	Rozciąganie	22.6 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.7 %
16	0.500	min Ty	Rozciąganie	49.3 %
17	0.500	max N	Rozciąganie	65.6 %
18	0.500	max Ty	Rozciąganie	22.6 %
19	0.500	min N	Rozciąganie	22.6 %

20	0.500	max Mx	Rozciąganie	22.6 %
21	0.750	min Mx	Rozciąganie	22.6 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	0.5 %
23	0.750	min Ty	Rozciąganie	49.3 %
24	0.750	max N	Rozciąganie	65.6 %
25	0.750	max Ty	Rozciąganie	22.6 %
26	0.750	min N	Rozciąganie	22.6 %
27	0.750	max Mx	Rozciąganie	22.6 %
28	1.000	min Mx	Środnik pod obciążeniem skupionym	28.5 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Środnik pod obciążeniem skupionym	63.7 %
31	1.000	max N	Środnik pod obciążeniem skupionym	85.2 %
32	1.000	max Ty	Środnik pod obciążeniem skupionym	28.5 %
33	1.000	min N	Środnik pod obciążeniem skupionym	28.5 %
34	1.000	max Mx	Środnik pod obciążeniem skupionym	28.5 %

Wyniki szczegółowe

Rozciąganie (65.6 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=1.41m; Kombinacja: max N (+0,+1,+3,+K4,+8,+9,+10,)

Pole przekroju: $A_{brutto} = 8.79\text{cm}^2$
Nośność elementu rozciąganego (6.2.3):

$$N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8.79 \cdot 23.5}{1.00} = 206.6\text{kN} > 135.6\text{kN} = N$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000\ \eta_2 = 1.000\ \eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 1.4\text{m}$
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000\ \eta_2 = 1.000\ \eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 1.4\text{m}$
Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 1.4\text{m}$
Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0\text{MPa} \cdot 45.4\text{cm}^4}{(1.000 \cdot 1.4\text{m})^2} = 473.3\text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0\text{MPa} \cdot 45.4\text{cm}^4}{(1.000 \cdot 1.4\text{m})^2} = 473.3\text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2}\left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T\right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{3.2^2}\left[\frac{\pi^2 210000.0\text{MPa} \cdot 0.0\text{cm}^6}{(1.000 \cdot 1.4\text{m})^2} + 80769.2\text{MPa} \cdot 70.2\text{cm}^4\right] = 54925.4\text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,y}+N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,y}+N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,y} N_{cr,T}(1-\mu z_s^2/i_s^2)}}{2(1-\mu z_s^2/i_s^2)} = \frac{(N_{cr,y}+N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1-\mu z_s^2/i_s^2)}$$

$$R = (473.3 + 54925.4)^2 - 4 \cdot 473.3 \cdot 54925.4(1 - 1.000 \cdot 0.0^2/3.214^2) = 2965028657.4\text{kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(473.3+54925.4) - \sqrt{2965028657.4}}{2(1-1.000 \cdot 0.0^2/3.214^2)} = 473.3\text{kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.
Wsp. długości wyboczeniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00, \mu_{\omega,Mcr} = 1.00$(tylko do obliczeń M_{cr})
Współczynniki ze względu na podparcie i obciążenie: $C_1 = 1.13, C_2 = 0.46, C_3 = 0.53$
Współrzędna przyłożonego obciążenia względem środka ciężkości: $z_a = 3.0\text{cm}$
Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0\text{cm}$

$z_j = z_s - 0.5\int_A (y^2+z^2)z\,dA/J_y = 0.0 + 0.5\cdot 0.00 = 0.0$

$N_{cr,z} = \pi^2 E J_z/\left(\mu_{z,Mcr} L\right)^2 = \pi^2 21000.0\cdot 45.4/(1.00\cdot 141.0)^2 = 473.3\text{kN}$

$M_{cr} = C_1 N_{cr,z}\left\{\left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}}\right)^2 \frac{J_\omega}{J_z} + \frac{GJ_t}{N_{cr,z}} + V\right]^{0.5} - V\right\}$

$V = C_2(z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(3.0 - 0.0) - 0.53\cdot 0.0 = 1.38$

$M_{cr} = 1e-2\cdot 1.13\cdot 473.3\left\{\left[\left(\frac{1.00}{1.00}\right)^2 \frac{0.0}{45.4} + \frac{8076.9\cdot 70.2}{473.3} + 1.38\right]^{0.5} - 1.38\right\} = 178.27\text{kNm}$

Ścinanie (0.1 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=1.41m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,-8,+9,+10,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 4.2\text{cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z}/t_z = 13.0 < 60.0 = 72\,\varepsilon/\eta$

Warunek nośności plastycznej:

$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} = \frac{4.2\cdot 23.5}{\sqrt{3}\cdot 1.0} = 56.4\text{kN} > 0.0\text{kN} = V_{Ed,z}$

Zginanie (0.3 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=0.71m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,-8,+9,+10,)

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Przyjęto, że element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność obliczeniowa przekroju (klasa 1):

$M_{c,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{19.2\cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 4.5\text{kNm}$

Warunek nośności:

$\frac{M_{Ed,y}}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{0.0}{4.5} = 0.00 < 1.0$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Nośność obliczeniowa przekroju (klasa 1):

$M_{c,Rd,z} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{19.2\cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 4.5\text{kNm}$

Warunek nośności:

$\frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{0.0}{4.5} = 0.00 < 1.0$

Zginanie z siłą podłużną (0.0 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=0.71m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,-8,+9,+10,)

Zredukowana nośność plastyczna przy zginaniu względem Y-Y z siłą podłużną

$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 46.7/206.6 = 0.226$

$a_y = \min\left[\left(A - 2A_{bt,y}\right)/A, 0.5\right] = \min[(8.8 - 2\cdot 2.1)/8.8, 0.5] = 0.500$

$M_{N,y,Rd} = \min\left[M_{pl,y,Rd}\frac{(1-n)}{(1-0.5a_y)}, M_{pl,y,Rd}\right] = \min\left[4.5\frac{(1-0.226)}{(1-0.5\cdot 0.500)}, 4.5\right] = 4.5\text{kNm}$

Zredukowana nośność plastyczna przy zginaniu względem Z-Z z siłą podłużną

$a_z = \min\left[\left(A - 2A_{bt,z}\right)/A, 0.5\right] = \min[(8.8 - 2\cdot 2.1)/8.8, 0.5] = 0.500$

$M_{N,z,Rd} = \min\left[M_{pl,z,Rd}\frac{(1-n)}{(1-0.5a_z)}, M_{pl,z,Rd}\right] = \min\left[4.5\frac{(1-0.226)}{(1-0.5\cdot 0.500)}, 4.5\right] = 4.5\text{kNm}$

Warunek nośności (klasa 1 i 2) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$\alpha = \min \text{left}[\,1.66/(1 - 1.13\,n\text{^}2), 6.0\,\text{right}\,] = 1.8, \beta = \min \text{left}[\,1.66/(1 - 1.13\,n\text{^}2), 6.0\,\text{right}\,] = 1.8$

$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}}\right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}}\right]^\beta = \left[\frac{0.0}{4.5}\right]^{1.8} + \left[\frac{0.0}{4.5}\right]^{1.8} = 0.00 < 1.0$

Środnik pod obciążeniem skupionym (85.2 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=1.41m; Kombinacja: max N (+0,+1,+3,+K4,+8,+9,+10,)

Dane dla najbardziej wytężonego środnika [mm]: $t_w = 4.0$, $h_w = 52.0$, $t_f = 4.0$, $b_f = 60.0$
Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2\left(\frac{h_w}{a}\right)^2 = 6 + 2\left(\frac{52.0}{500.0}\right)^2 = 6.022$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1 + \sqrt{m_1 + m_2}), a] = \min\left[20.0 + 2 \cdot 4.0\left(1 + \sqrt{15.0 + 0.0}\right), 500.0\right] = 59.0\text{mm}$$

Efektywny wymiar środnika przy obciążeniu skupionym:

$$\bar{\lambda_F} = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9 k_F E t_w^3 / h_w}} = \sqrt{\frac{59.0 \cdot 4.0 \cdot 235.0}{0.9 \cdot 6.022 \cdot 210000.0 \cdot 4.0^3 / 52.0}} = 0.199$$

$$\chi_F = \min\left[\frac{0.5}{\bar{\lambda_F}}, 1.0\right] = \min\left[\frac{0.5}{0.199}, 1.0\right] = 1.000$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1.000 \cdot 59.0 = 59.0\text{mm}$$

Nośność obliczeniowa środnika:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235.0 \cdot 59.0 \cdot 4.0}{1.0} 1e-3 = 55.4\text{kN} > 47.3\text{kN} = F_{Ed}$$

Ugięcia (0.7 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=0.71m; Kombinacja: ext U (0,1,8,9,10,)

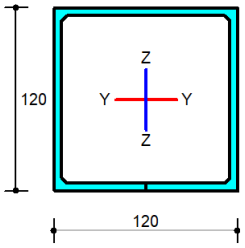
Przemieszczenie w płaszczyźnie układu: $u_z = 0.0\text{mm} < 3.5\text{mm} = u_{z,lim.}$
Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 0.0\text{mm} < 3.5\text{mm} = u_{y,lim.}$

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

Pręt nr 30 - Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 12 (belka) - Brak opisu elementu.
Węzły: 17 (x=29.291m, y=4.323m); 11 (x=31.497m, y=4.097m)
Profil: RK 120x120x5 (S 235)



Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wytężenie
0	0.000	min Mx	Ściskanie	19.5 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Ściskanie	14.6 %
3	0.000	max N	Ściskanie	6.7 %
4	0.000	max Ty	Ściskanie	6.7 %
5	0.000	min N	Ściskanie	19.5 %
6	0.000	max Mx	Ściskanie	6.7 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	19.9 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.7 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	15.0 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem	7.1 %

11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	7.1 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	19.9 %
13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	7.1 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	20.0 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.9 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	15.2 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	7.3 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	7.3 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	20.0 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	7.3 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	19.9 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	0.7 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	15.0 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	7.1 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	7.1 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	19.9 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	7.1 %
28	1.000	min Mx	Środnik pod obciążeniem skupionym	82.0 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Środnik pod obciążeniem skupionym	61.3 %
31	1.000	max N	Środnik pod obciążeniem skupionym	27.4 %
32	1.000	max Ty	Środnik pod obciążeniem skupionym	27.4 %
33	1.000	min N	Środnik pod obciążeniem skupionym	82.0 %
34	1.000	max Mx	Środnik pod obciążeniem skupionym	27.4 %

Wyniki szczegółowe

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000\ \eta_2 = 1.000\ \eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 2.2\text{m}$
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000\ \eta_2 = 1.000\ \eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 2.2\text{m}$
Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 2.2\text{m}$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0\text{MPa} \cdot 498.0\text{cm}^4}{(1.000 \cdot 2.2\text{m})^2} = 2098.7\text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0\text{MPa} \cdot 498.0\text{cm}^4}{(1.000 \cdot 2.2\text{m})^2} = 2098.7\text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2}\left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T\right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{6.6^2}\left[\frac{\pi^2 210000.0\text{MPa} \cdot 0.0\text{cm}^6}{(1.000 \cdot 2.2\text{m})^2} + 80769.2\text{MPa} \cdot 760.4\text{cm}^4\right] = 139983.2\text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,y}+N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,y}+N_{cr,T})^2 - 4N_{cr,y}N_{cr,T}(1-\mu z_s^2/i_s^2)}}{2(1-\mu z_s^2/i_s^2)} = \frac{(N_{cr,y}+N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1-\mu z_s^2/i_s^2)}$$

$$R = (2098.7 + 139983.2)^2 - 4 \cdot 2098.7 \cdot 139983.2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2/6.624^2) = 19012145519.8\text{kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(2098.7+139983.2) - \sqrt{19012145519.8}}{2(1-1.000 \cdot 0.0^2/6.624^2)} = 2098.7\text{kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.

Wsp. długości wyboczeniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00, \mu_{\omega,Mcr} = 1.00$(tylko do obliczeń M_{cr})
Współczynniki ze względu na podparcie i obciążenie: $C_1 = 1.13, C_2 = 0.46, C_3 = 0.53$
Współrzędna przyłożonego obciążenia względem środka ciężkości: $z_a = 6.0\text{cm}$
Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0\text{cm}$

$z_j = z_s - 0.5\int_A (y^2 + z^2) z\,dA/J_y = 0.0 + 0.5 \cdot 0.00 = 0.0$

$N_{cr,z} = \pi^2 E J_z / \left(\mu_{z,Mcr} L\right)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 498.0/(1.00 \cdot 221.8)^2 = 2098.7\text{kN}$

$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{J_\omega}{J_z} + \frac{G J_t}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$

$V = C_2(z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(6.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 2.75$

$M_{cr} = 1e-2 \cdot 1.13 \cdot 2098.7 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{498.0} + \frac{8076.9 \cdot 760.4}{2098.7} + 2.75 \right]^{0.5} - 2.75 \right\} = 1221.45\text{kNm}$

Ściskanie (19.5 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.22m; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,+K4,+K5,+K7,+8,-9,-10,)

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 22.7\text{cm}^2$
Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{22.7 \cdot 23.5}{1.0} = 533.5\text{kN}$
Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):
$\bar{\lambda_y} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 533.5/2098.7 = 0.504 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda_y}) = 0.923$ (giętne x-x)
$\bar{\lambda_z} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 533.5/2098.7 = 0.504 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda_z}) = 0.923$ (giętne y-y)
$\bar{\lambda_x} = \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,x}} = 533.5/139983.2 = 0.062 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda_x}) = 1.000$ (skrętne)
$\bar{\lambda_{zx}} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 533.5/2098.7 = 0.504 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda_{zx}}) = 0.923$ (giętno-skrętne)
Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.923$
Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.923 \cdot 22.7 \cdot 23.5}{1.0} = 492.4\text{kN} > 95.9\text{kN} = N_{Ed}$

Ścinanie (0.1 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.22m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,-8,+9,+10,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z
Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 11.0\text{cm}^2$
Warunek stateczności: $h_{w,z}/t_z = 22.0 < 60.0 = 72\,\varepsilon/\eta$
Warunek nośności plastycznej:

$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} = \frac{11.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 149.2\text{kN} > 0.2\text{kN} = V_{Ed,z}$

Zginanie (0.5 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=1.11m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,-8,+9,+10,)

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ścianka górna:
$\kappa = b_0/L_e = 57.5/2217.7 = 0.026 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4\,\kappa\text{^}2) = 1/(1.004) = 0.996$
$A_{eff} = \max\left(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta\right) = \max(575 \cdot 0.996^{0.026}, 575 \cdot 0.996) = 575\text{mm}^2$
Ścianka dolna:
$\kappa = b_0/L_e = 57.5/2217.7 = 0.026 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4\,\kappa\text{^}2) = 1/(1.004) = 0.996$
$A_{eff} = \max\left(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta\right) = \max(575 \cdot 0.996^{0.026}, 575 \cdot 0.996) = 575\text{mm}^2$

Przyjęto, że element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.
Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$M_{c,Rd,y} = M_{eff,Rd,y} = \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{84.5 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 19.9\text{kNm}$

Warunek nośności:

$\frac{M_{Ed,y}}{M_{eff,Rd,y}} = \frac{0.1}{19.9} = 0.01 < 1.0$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ścianka lewa:

$\kappa = b_0/L_e = 57.5/2217.7 = 0.026 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4\,\kappa\text{^}2) = 1/(1.004) = 0.996$

$A_{eff} = \max\left(A_{c,eff}\beta^{\kappa}, A_{c,eff}\beta\right) = \max(575 \cdot 0.996^{0.026}, 575 \cdot 0.996) = 575\text{mm}^2$

Ścianka prawa:

$\kappa = b_0/L_e = 57.5/2217.7 = 0.026 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4\,\kappa\text{^}2) = 1/(1.004) = 0.996$

$A_{eff} = \max\left(A_{c,eff}\beta^{\kappa}, A_{c,eff}\beta\right) = \max(575 \cdot 0.996^{0.026}, 575 \cdot 0.996) = 575\text{mm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{84.5 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 19.9\text{kNm}$

Warunek nośności:

$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{19.9} = 0.00 < 1.0$

Zginanie z siłą podłużną (18.3 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=1.11m; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,+K4,+K5,+K7,+8,-9,-10,)

Naprężenia normalne w przekroju efektywnym z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{J_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{J_{y,eff}} y_{eff}$

$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{95.9}{23.0} - \frac{0.1 \cdot 1e2 + 95.9 \cdot 0.000}{507.2} 6.0 - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 95.9 \cdot 0.000}{507.2} 6.0 = -4.3\,\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

$\sigma_{x,Ed,eff} = |-43.0| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

Dodatkowy warunek nośności (6.44) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y/\gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y/\gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y/\gamma_{M0}} < 1.0$

$\frac{-95.9}{23.0 \cdot 23.5/1.0} + \frac{0.1 + -95.9 \cdot 0.000}{84.5 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4/1.0} + \frac{0.0 + -95.9 \cdot 0.000}{84.5 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4/1.0} = 0.183 < 1.0$

Zginanie ze ściskaniem (20.0 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=1.11m; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,+K4,+K5,+K7,+8,-9,-10,)

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 1, Załącznik A):

$C_{my,0} = 1 - 0.18 \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = 1 + 0.03 \frac{95.9}{2098.7} = 1.001$

$C_{mz,0} = 0.79 + 0.21\psi_z + 0.36(\psi_z - 0.33) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}$

$C_{mz,0} = 0.79 + 0.21 \cdot 0.000 + 0.36(0.000 - 0.33) \frac{95.9}{2098.7} = 0.785$

$C_1 = \sqrt{k_c} = \sqrt{0.940} = 1.132$

$\bar{\lambda_0} = 0.000 < 0.208 = 0.2\sqrt{1.132}\sqrt[4]{\left(1 - \frac{95.9}{2098.7}\right)\left(1 - \frac{95.9}{2098.7}\right)} = 0.2\sqrt{C_1}\sqrt[4]{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,<.}}\right)}$

$C_{my} = C_{my,0} = 1.001$

$C_{mz} = C_{mz,0} = 0.785$

$C_{mLT} = 1.0$

$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = \frac{1 - \frac{95.9}{2098.7}}{1 - \frac{0.923 \cdot 95.9}{2098.7}} = 0.996$

$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} = \frac{1 - \frac{95.9}{2098.7}}{1 - \frac{0.923 \cdot 95.9}{2098.7}} = 0.996$

$k_{yy} = C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = 1.001 \cdot 1.000 \frac{0.996}{1 - \frac{95.9}{2098.7}} = 1.045$

$k_{yz} = C_{mz} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} = 0.785 \frac{0.996}{1 - \frac{95.9}{2098.7}} = 0.819$

$$k_{zy} = C_{my}C_{mLT}\frac{\mu_z}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = 1.001 \cdot 1.000\frac{0.996}{1-\frac{95.9}{2098.7}} = 1.045$$

$$k_{zz} = C_{mz}\frac{\mu_z}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} = 0.785\frac{0.996}{1-\frac{95.9}{2098.7}} = 0.819$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 1):

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT}M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz}\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.20 < 1.0$$

$$\frac{95.9}{\frac{0.923 \cdot 533.5}{1.0}} + 1.045\frac{0.1+0.0}{\frac{1.000 \cdot 19.9}{1.0}} + 0.819\frac{0.000+0.000}{\frac{19.9}{1.0}} = 0.20 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT}M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz}\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.20 < 1.0$$

$$\frac{95.9}{\frac{0.923 \cdot 533.5}{1.0}} + 1.045\frac{0.1+0.0}{\frac{1.000 \cdot 19.9}{1.0}} + 0.819\frac{0.000+0.000}{\frac{19.9}{1.0}} = 0.20 < 1.0$$

Środnik pod obciążeniem skupionym (82.0 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.22m; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,+K4,+K5,+K7,+8,-9,-10,)

Dane dla najbardziej wytężonego środnika [mm]: $t_w = 5.0$, $h_w = 110.0$, $t_f = 5.0$, $b_f = 75.0$

Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2\left(\frac{h_w}{a}\right)^2 = 6 + 2\left(\frac{110.0}{500.0}\right)^2 = 6.097$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1+\sqrt{m_1+m_2}), a] = \min\left[20.0 + 2 \cdot 5.0\left(1+\sqrt{15.0+0.0}\right), 500.0\right] = 68.7\text{mm}$$

Efektywny wymiar środnika przy obciążeniu skupionym:

$$\bar{\lambda_F} = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9 k_F E t_w^3/h_w}} = \sqrt{\frac{68.7 \cdot 5.0 \cdot 235.0}{0.9 \cdot 6.097 \cdot 210000.0 \cdot 5.0^3/110.0}} = 0.248$$

$$\chi_F = \min\left[\frac{0.5}{\bar{\lambda_F}}, 1.0\right] = \min\left[\frac{0.5}{0.248}, 1.0\right] = 1.000$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1.000 \cdot 68.7 = 68.7\text{mm}$$

Nośność obliczeniowa środnika:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw}L_{eff}t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235.0 \cdot 68.7 \cdot 5.0}{1.0}1e-3 = 80.8\text{kN} > 66.2\text{kN} = F_{Ed}$$

Ugięcia (0.9 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=1.11m; Kombinacja: ext U (0,1,3,K4,8,9,10,)

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu: $u_z = 0.1\text{mm} < 5.5\text{mm} = u_{z,\text{lim.}}$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 0.0\text{mm} < 5.5\text{mm} = u_{y,\text{lim.}}$

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.