

Obliczenia statyczne

Poz. 1.0 Obciążenia

Poz. 1.1 Obciążenia dachu

Poz. 1.1.1 Dach - Część wyższa i okapy - Obciążenia stałe

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Dachówka ceramiczna holenderka	0,900	1,20	1,080
Łaty (0,05m x 0,06m x 6kN/m ³) / 0,30m	0,060	1,20	0,072
Kontrłaty (0,06m x 0,025m x 6kN/m ³) / 0,70m	0,013	1,20	0,015
Papa na deskowaniu	0,300	1,20	0,360
Krokwie	0,000	1,10	0,000
$q_k =$	1,273		$q_o =$ 1,527

Obciążenia obliczeniowe na 1m² rzutu poziomego dachu

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
$\alpha = 45,00^\circ \cos\alpha = 0,707 \Rightarrow q_k/\cos\alpha =$	1,800	1,20	2,160

Poz. 1.1.2 Dach - Część środkowa - Obciążenia stałe

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Dachówka ceramiczna holenderka	0,900	1,20	1,080
Łaty (0,05m x 0,06m x 6kN/m ³) / 0,30m	0,060	1,20	0,072
Kontrłaty (0,06m x 0,025m x 6kN/m ³) / 0,70m	0,013	1,20	0,015
Papa na deskowaniu	0,300	1,20	0,360
Krokwie	0,000	1,10	0,000
Wełna mineralna (0,12m + 0,15m) x 0,60kN/m ³	0,162	1,20	0,194
Łaty (0,05m x 0,06m x 6kN/m ³) / 0,40m	0,045	1,20	0,054
Folia paroizolacyjna	0,003	1,20	0,004
Płyta gips-karton 2x 0,0125m x 12kN/m ³	0,300	1,20	0,360
$q_k =$	1,783		$q_o =$ 2,139

Obciążenia obliczeniowe na 1m² rzutu poziomego dachu

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
$\alpha = 45,00^\circ \cos\alpha = 0,707 \Rightarrow q_k/\cos\alpha =$	2,521	1,20	3,026

Poz. 1.1.3 Dach - Lukarny - Obciążenia stałe

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Dachówka ceramiczna holenderka	0,900	1,20	1,080
Łaty (0,05m x 0,06m x 6kN/m ³) / 0,30m	0,060	1,20	0,072
Kontrłaty (0,06m x 0,025m x 6kN/m ³) / 0,70m	0,013	1,20	0,015
Papa na deskowaniu	0,300	1,20	0,360
Krokwie	0,000	1,10	0,000
Wełna mineralna (0,12m + 0,15m) x 0,60kN/m ³	0,162	1,20	0,194
Łaty (0,05m x 0,06m x 6kN/m ³) / 0,40m	0,045	1,20	0,054
Folia paroizolacyjna	0,003	1,20	0,004
Płyta gips-karton 2x 0,0125m x 12kN/m ³	0,300	1,20	0,360
$q_k =$	1,783		$q_o =$ 2,139

Obciążenia obliczeniowe na 1m² rzutu poziomego dachu

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
$\alpha = 26,00^\circ \cos\alpha = 0,899 \Rightarrow q_k/\cos\alpha =$	1,984	1,20	2,380

Poz. 1.1.4 Wiatr I strefa - bryła główna

Obciążenie wiatrem połaci dachu przyjęto zgodnie z normą "wiatrową" tabela Z1-3

$$h = 6,70 \text{ m} \quad h/L = 0,26 < 2$$

$$L = 25,40 \text{ m}$$

$$q_k = 0,30 \quad \text{kN/m}^2 \quad C_e = 0,80 \quad \beta = 1,8$$

$$\alpha = 45,00^\circ \Rightarrow C_n = 0,015\alpha - 0,2 = 0,48 \quad C_z = -0,40$$

		kN/m ²	γ_f	kN/m ²
połac nawietrzna	$p_k = q_k C_e C_n \beta =$	0,205	1,50	0,308
połac zawietrzna	$p_k = q_k C_e C_z \beta =$	-0,173	1,50	-0,259

Poz. 1.1.5 Wiatr I strefa - lukarny

Obciążenie wiatrem połaci dachu przyjęto zgodnie z normą "wiatrową" tabela Z1-3

$$h = 6,70 \text{ m} \quad h/L = 0,26 < 2$$

$$L = 25,40 \text{ m}$$

$$q_k = 0,30 \quad \text{kN/m}^2 \quad C_e = 0,80 \quad \beta = 1,8$$

$$\alpha = 26,00^\circ \Rightarrow C_n = 0,015\alpha - 0,2 = 0,19 \quad C_z = -0,40$$

		kN/m ²	γ_f	kN/m ²
połac nawietrzna	$p_k = q_k C_e C_n \beta =$	0,082	1,50	0,123
połac zawietrzna	$p_k = q_k C_e C_z \beta =$	-0,173	1,50	-0,259

Poz. 1.1.6 Śnieg IV strefa - bryła główna

Obliczenia wykonano zgodnie z nowelizacją normy śniegowej PN-80/B-02010/Az1:2006

$$Q_k = 1,60 \quad \text{kN/m}^2 \quad \alpha = 45^\circ \Rightarrow C = 1,2 \left(\frac{60 - \alpha}{30} \right) = 0,60$$

		kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Obciążenie śniegiem	$S_k = Q_k C =$	0,960	1,50	1,440

Poz. 1.1.7 Śnieg IV strefa - lukarny

Obliczenia wykonano zgodnie z nowelizacją normy śniegowej PN-80/B-02010/Az1:2006

$$Q_k = 1,60 \quad \text{kN/m}^2 \quad \alpha = 26,00^\circ \Rightarrow C = 0,8 + 0,4 \left(\frac{\alpha - 15}{15} \right) = 1,09$$

		kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Obciążenie śniegiem	$S_k = Q_k C =$	1,749	1,50	2,624

Poz. 1.1.8 Śnieg IV strefa - stropodach płaski

Obliczenia wykonano zgodnie z nowelizacją normy śniegowej PN-80/B-02010/Az1:2006

Efekt wiatru $l_1 = 6,40 \text{ m} \quad h = 2,35 \text{ m}$
 $l_2 = 2,72 \text{ m}$

$$C_5 = \frac{l_1 + l_2}{2h} = 1,94 < \begin{cases} 2h / Q_k = 2,94 \\ 2,50 \end{cases} \quad \text{dalej przyjęto } C_5 = 1,94$$

$$C = 0,8$$

Efekt ześlizgu $C_6 = 0,5 C l_1 / l_2 = 0,94 \quad C_4 = C_5 + C_6 = 2,88$

		kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Obciążenie śniegiem przy skosie dachu	$S_{k4} = Q_k C_4 =$	4,611	1,50	6,916

$l_s = 2h = 4,70 \text{ m} < 5,00 \text{ m} \quad \text{dalej przyjęto } l_s = 5,00 \text{ m}$

Powyższe obciążenie będzie działać w postaci trapezu o wartości boków:

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
$S_1 = S_{k4} =$	4,611	1,50	6,916
$S_2 = S_{k4} (l_s - l_2) / l_s =$	2,799	1,50	4,198
$S_s = (S_1 + S_2) / 2 =$	3,705	1,50	5,557

Poz. 1.2 Obciążenia stropów

Poz. 1.2.1 Obciążenie sufitem podwieszonym

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Płyta wiórowo - cementowo 20mm 0,02m x 13kN/m ³	0,260	1,20	0,312
Deskowanie 25mm 0,025m x 6kN/m ³	0,150	1,20	0,180
Wełna mineralna (0,12m + 0,15m) x 0,60kN/m ³	0,162	1,20	0,194
Łaty (0,05m x 0,06m x 6kN/m ³) / 0,40m	0,045	1,20	0,054
Folia paroizolacyjna	0,003	1,20	0,004
Płyta gips-karton 2x 0,0125m x 12kN/m ³	0,300	1,20	0,360
Obciążenie technologiczne - oświetlenie, wentylacja itp.	0,200	1,20	0,240
$q_k =$	1,120		$q_o =$ 1,344

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Obciążenia zmienne (strych - połowa)	$q_k =$ 0,250	1,40	0,350

Poz. 1.2.2 Obciążenia stropu nad parterem i piętrem - strop drewniany

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Płytki ceramiczne 0,01m x 21kN/m ³	0,210	1,20	0,252
Zaprawa cementowa (klej) 0,005m x 21kN/m ³	0,105	1,30	0,137
Płyta wiórowo - cementowo 20mm 0,02m x 13kN/m ³	0,260	1,20	0,312
Folia paroprzepuszczalna	0,003	1,20	0,004
Istniejące deskowanie 32mm 0,032m x 6kN/m ³	0,192	1,20	0,230
Belki stropowe drewniane	0,000	1,10	0,000
Wełna mineralna 0,24m x 0,6kN/m ³	0,144	1,20	0,173
Łaty (0,05m x 0,06m x 6kN/m ³) / 0,40m	0,045	1,20	0,054
Folia paroizolacyjna	0,003	1,20	0,004
Płyta gips - karton 2x 15mm 0,03m x 12kN/m ³	0,360	1,20	0,432
Obciążenie zastępcze od ścianek 0,25kN/m ² x (3,20/2,65)	0,302	1,20	0,362
Obciążenie technologiczne - oświetlenie itp.	0,100	1,20	0,120
$q_k =$	1,724	1,21	2,079

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Obciążenia zmienne (pomieszczenia biurowe)	$q_k =$ 2,000	1,40	2,800
Obciążenia zmienne (sala zebrań)	$q_k =$ 3,000	1,30	3,900
Obciążenia zmienne (komunikacja)	$q_k =$ 3,000	1,30	3,900

Ścianki działowe wykonać w technologii lekkiej z płyt gipsowo - kartonowych na metalowym ruszcie systemowym z wypełnieniem wełną mineralną.

Poz. 1.2.3 Obciążenia stropu nad parterem i piętrem - strop żelbetowy

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Płytki kamionkowe 0,02m x 21kN/m ³	0,420	1,20	0,504
Zaprawa cementowa 0,02m x 21kN/m ³	0,420	1,30	0,546
Monolityczna płyta żelbetowa 15cm 0,15m x 25kN/m ³	3,750	1,10	4,125
Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m ³	0,285	1,30	0,371
Obciążenie zastępcze od ścianek 0,75kN/m ²	0,750	1,20	0,900
Obciążenie technologiczne - oświetlenie itp.	0,100	1,20	0,120
$q_k =$	5,725	1,15	6,566

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Obciążenia zmienne (klatka schodowa)	$q_k =$ 4,000	1,30	5,200

Ścianki działowe wykonać jako lekkie gipsowo kartonowe na konstrukcji metalowej lub jako murowane z gazobetonu o grubości 12cm i otynkowane. Stosować gazobeton o ciężarze objętościowym do 6,00kN/m³.

Poz. 1.2.4 Obciążenia stropodachu przybudówki

	kN/m ²	γ _f	kN/m ²
Papa termozgrzewalna wierzchniego krycia	0,080	1,20	0,096
Papa termozgrzewalna podkładowa	0,080	1,20	0,096
Wełna mineralna laminowana papą 0,26m x 1kN/m ³	0,260	1,20	0,312
Folia	0,003	1,20	0,004
Płyta żelbetowa	0,000	1,10	0,000
Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m ³	0,285	1,30	0,371
Obciążenie technologiczne - oświetlenie itp.	0,100	1,20	0,120
q _k =	0,808	1,24	0,998

Poz. 1.2.5 Obciążenia stropu przybudówki

	kN/m ²	γ _f	kN/m ²
Płytki ceramiczne 0,01m x 21kN/m ³	0,210	1,20	0,252
Zaprawa cementowa (klej) 0,005m x 21kN/m ³	0,105	1,30	0,137
Szlichta betonowa zbrojona 0,06m x 25kN/m ³	1,500	1,30	1,950
Folia	0,003	1,20	0,004
Styropian 0,08m x 0,45kN/m ³	0,036	1,20	0,043
Płyta żelbetowa	0,000	1,10	0,000
Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m ³	0,285	1,30	0,371
Obciążenie technologiczne - oświetlenie itp.	0,100	1,20	0,120
q _k =	2,239	1,29	2,876

		kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Obciążenia zmienne (pom. biurowe)	q _k =	2,000	1,40	2,800

Poz. 1.2.6 Obciążenie od centrali wentylacyjnej o wadze 300kg

Wymiary centrali 1N - 1W L = 1,95 m m = 300 kg ⇒ P = 3,00 kN
B = 1,93 m h = 0,70 m

Współczynnik obciążenia dynamicznego $\gamma_{fd} = 1,20$

Przedmiotowe urządzenie jako podwieszone będzie mocowane do trzech drewnianych belek stropu nad parterem. Na jedną belkę będą działać po dwie siły skupione o następującej wartości:

		kN	γ_f	kN
Obciążenie centralą 1N - 1W	$P_k = \gamma_{fd} P / 6 =$	0,600	1,20	0,720

Poz. 1.2.7 Obciążenie od centrali wentylacyjnej o wadze 250kg

Wymiary centrali 1N - 1W L = 1,95 m m = 250 kg ⇒ P = 2,50 kN
B = 1,32 m h = 0,70 m

Współczynnik obciążenia dynamicznego $\gamma_{fd} = 1,20$

Przedmiotowe urządzenie będzie podwieszone do istniejącego stropu żelbetowego klatki schodowej nad parterem lub oparte na trzech projektowanych belkach stropowych poddasza. Na jedną belkę będą działać po dwie siły skupione o następującej wartości:

		kN	γ_f	kN
Obciążenie centralą 1N - 1W	$P_k = \gamma_{fd} P / 6 =$	0,500	1,20	0,600

Poz. 1.3 Obciążenia ścian

Poz. 1.3.1 Ściana zewnętrzna i wewnętrzna

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Tynk cementowo wapienny 0,015 m x 19 kN/m ³	0,285	1,30	0,371

Ściana z cegły ceramicznej pełnej 0,38m x 18kN/m ³	6,840	1,10	7,524
Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m ³	0,285	1,30	0,371
$q_k =$	7,410	1,12	8,265

Poz. 1.3.2 Ściana wewnętrzna

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m ³	0,285	1,30	0,371
Ściana z cegły ceramicznej pełnej 0,25m x 18kN/m ³	4,500	1,10	4,950
Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m ³	0,285	1,30	0,371
$q_k =$	5,070	1,13	5,691

Poz. 1.3.3 Ściana attyki

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Tynk (siatka + klej + wyprawa) 0,01m x 19kN/m ³	0,380	1,30	0,494
Styropian 0,15m x 0,45kN/m ³	0,068	1,20	0,081
Ściana z bloczków silikatowych 0,24m x 19kN/m ³	4,560	1,10	5,016
Styropian 0,15m x 0,45kN/m ³	0,068	1,20	0,081
Tynk (siatka + klej + wyprawa) 0,01m x 19kN/m ³	0,380	1,30	0,494
$q_k =$	5,455	1,14	6,166

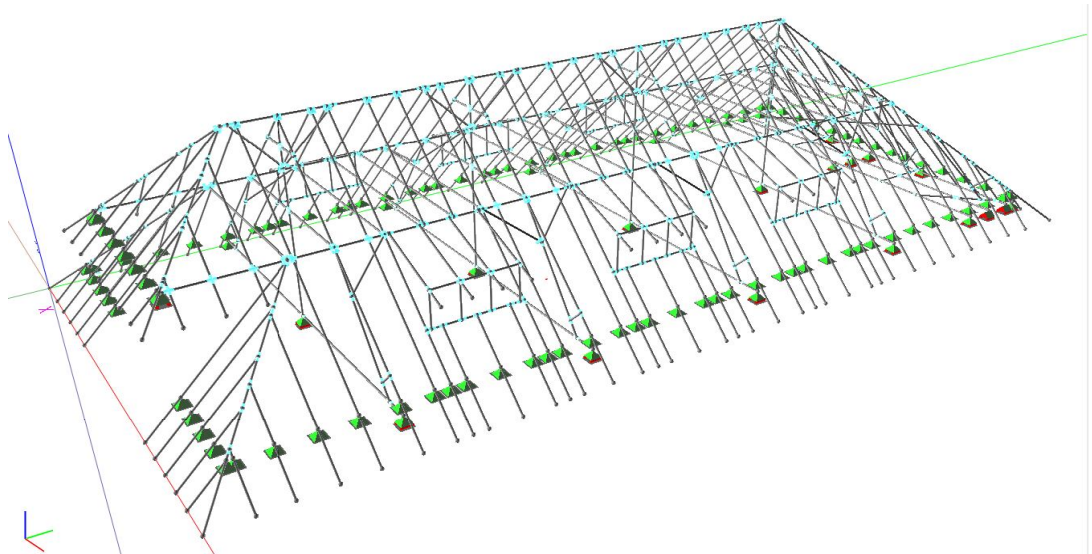
Poz. 2.0 Konstrukcja dachu

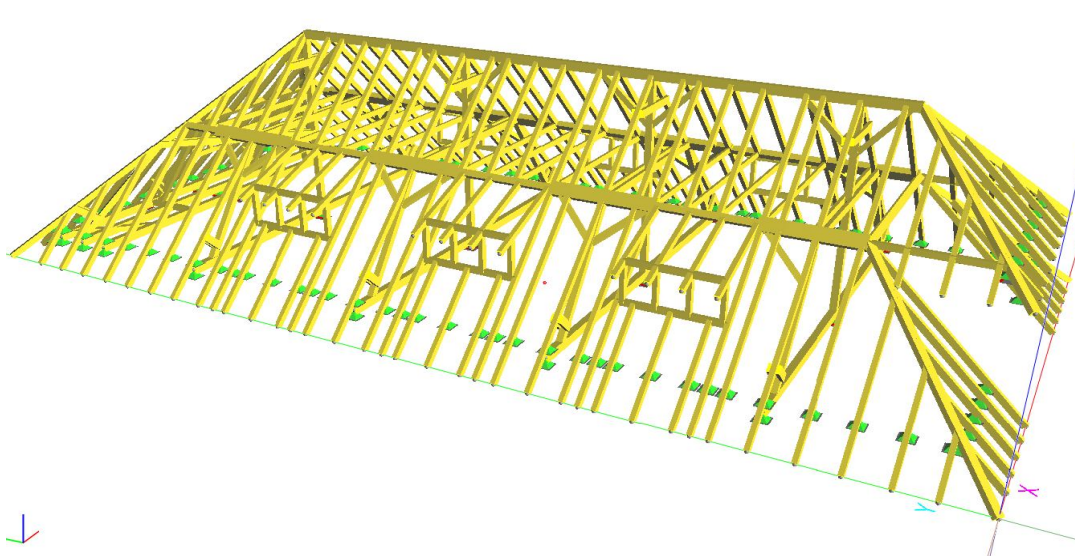
Dalej przyjęto, iż wszystkie elementy drewniane budynku wykonano z drewna klasy C27 o następujących parametrach wytrzymałościowych:

$$\begin{array}{lll}
 f_{c,0,k} = 22 \text{ MPa} & \Rightarrow x_d = \frac{k_{mod} x_k}{\gamma_M} & \Rightarrow f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \\
 f_{c,90,k} = 5,6 \text{ MPa} & & f_{c,90,d} = 3,015 \text{ MPa} \\
 f_{m,y,k} = 27 \text{ MPa} & & f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa} \\
 f_{v,k} = 2,8 \text{ MPa} & & f_{v,d} = 1,508 \text{ MPa} \\
 f_{t,0,k} = 16 \text{ MPa} & k_{mod} = 0,7 & f_{t,0,d} = 8,615 \text{ MPa} \\
 E_k = E_{0,05} = 8 \text{ MPa} & \gamma_M = 1,3 & E_{0,mean} = 12,0 \text{ GPa} \\
 \rho_k = 370 \text{ kg/m}^3 & \gamma_{Ms} = 1,1 & G_{mean} = 0,75 \text{ GPa}
 \end{array}$$

Poz. 2.1 Dach

Do dalszych obliczeń przyjęto istniejącą wieżbę według poniższego schematu:





Poz. 2.1 Krokiew - siły przekrojowe nad płytami

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$M_{y,max} = 5,520 \text{ kNm}$	$M_y = 2,12 \text{ kNm}$	$M_y = 0,80 \text{ kNm}$	$M_y = 0,00 \text{ kNm}$
$M_z = 0,040 \text{ kNm}$	$M_{z,max} = 0,49 \text{ kNm}$	$M_z = 0,00 \text{ kNm}$	$M_z = 0,00 \text{ kNm}$
$N_{ści.} = 6,290 \text{ kN}$	$N_{roz.} = 30,410 \text{ kN}$	$N_{ści.,max} = 48,370 \text{ kN}$	$N_{roz.,max} = 24,380 \text{ kN}$

Krokiew pracuje jako mimośrodowo ściskana lub rozciągana. Dalsze obliczenia wykonano przy uwzględnieniu deskowania pełnego i łączenia całej połaci dachowej, które w pewnym stopniu zabezpieczają krokiew przed wyboczeniem w płaszczyźnie połaci dachu.

Dalej przyjęto krokiew prostokątną o przekroju 11x15cm, jednak z uwagi na podcięcie krokwi (2cm) do dalszych obliczeń przyjęto przekrój 11x13cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$h = 13,00 \text{ cm}$	$I_y = 2013,92 \text{ cm}^4$	$W_y = 309,83 \text{ cm}^3$
$b = 11,00 \text{ cm}$	$I_z = 1441,92 \text{ cm}^4$	$W_z = 262,17 \text{ cm}^3$
$L = L_{dy} = 3,80 \text{ m}$	$A_d = 143,00 \text{ cm}^2$	$\beta_c = 0,2$
$L_{dz} = 0,34 \text{ m}$		

Stan graniczny nośności

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 3,75 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 101,26 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 7,7 \text{ MPa}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 3,18 \text{ cm} \quad \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 10,71 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 688,7 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 1,690 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 2,047$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,179 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,484$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,312 \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,071$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,312$ $k_{c,z} = 1,000$

Sprawdzenie naprężeń

Przypadek dla $M_{y,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y}A_d} = 1,41 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 17,8 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z}A_d} = 0,440 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,15 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 1,250 > 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 1,237 > 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k} \frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,307 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 17,82 \text{ MPa} > k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla $M_{z,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{t,0,d} &= \frac{N}{A_d} = 2,13 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 6,8 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 1,87 \text{ MPa} \\ \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,846 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k} \frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,307 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 6,84 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla $N_{sci,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y}A_d} = 10,834 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 2,6 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z}A_d} = 3,383 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 1,014 > 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,259 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k} \frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,307 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 2,58 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe częściowo nie spełnione

Przypadek dla $N_{roz,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{t,0,d} &= \frac{N}{A_d} = 1,70 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 0,0 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,00 \text{ MPa} \\ \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,198 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k} \frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,307 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 0,00 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej

$$T_y = 6,180 \text{ kN}$$

$$T_z = 0,280 \text{ kN}$$

$$T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 6,186 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,649 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie krokwi

$$u_{inst,y} = 0,90 \text{ cm}$$

$$u_{inst,z} = 0,00 \text{ cm}$$

$$u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 0,90 \text{ cm}$$

$$k_{def} = 0,50$$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 1,35 \text{ cm}$$

$$u_{net,fin} = L / 200 = 1,90 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Z powyższych obliczeń wynika, iż część warunków nośności nie jest dla podciętego przekroju spełniona. W związku z powyższym projektuje się wzmocnienie podciętych krokwi nad płytami poprzez jednostronne nakładki o przekroju 6x15cm (stosownie podcięte) z drewna C27 mocowane do niej gwoździami.

Dalej przyjęto krokiew prostokątną o przekroju 11x15cm wzmocnioną nakładką boczną o przekroju 6x15cm, jednak z uwagi na podcięcie obu elementów (2cm) do dalszych obliczeń przyjęto łączny przekrój 17x13cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$h = 13,00 \text{ cm}$$

$$b = 17,00 \text{ cm}$$

$$L = L_{dy} = 3,80 \text{ m}$$

$$L_{dz} = 0,34 \text{ m}$$

$$I_y = 3112,42 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 5322,42 \text{ cm}^4$$

$$A_d = 221,00 \text{ cm}^2$$

$$W_y = 478,83 \text{ cm}^3$$

$$W_z = 626,17 \text{ cm}^3$$

$$\beta_c = 0,2$$

Przypadek dla $M_{y,max}$

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 0,912 \text{ MPa}$$

$$< f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 11,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,285 \text{ MPa}$$

$$< f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,06 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,803 < 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,798 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,307$$

$$\sigma_{m,y,d} = 11,53 \text{ MPa}$$

$$< k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla $N_{sci,max}$

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 7,010 \text{ MPa}$$

$$< f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 1,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 2,189 \text{ MPa}$$

$$< f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,465 < 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,149 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,307$$

$$\sigma_{m,y,d} = 1,67 \text{ MPa}$$

$$< k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Z powyższych obliczeń sprawdzających wynika, iż wzmocnienie krokwi nakładką boczną zapewnia spełnienie wszystkich warunków stanu granicznego nośności.

Rozstaw osiowy grup gwoździ na końcach nakładki $s = 1,00 \text{ m}$

Siła ścinająca jedną grupę gwoździ $V = M_{y,\max} / s = 5,520 \text{ kN}$

Łączone elementy: Krokiew $h = 150 \text{ mm}$ Nakładka $h = 150 \text{ mm}$
 $\rho_k = 370 \text{ kg/m}^3$ $t_2 = b = 110 \text{ mm}$ $t_1 = b = 60 \text{ mm}$

Średnica gwoździ $d_{\max} = t_1 / 6 = 10 \text{ mm}$ $d_{\min} = t_1 / 11 = 5,5 \text{ mm}$

Do dalszych obliczeń przyjęto gwoździe o średnicy $d = 6,0 \text{ mm}$

Minimalna długość gwoźdźnia $l_{\min} = t_1 + 1 + 8d + 1,5d = 118 \text{ mm}$

Maksymalna długość gwoźdźnia $l_{\max} = t_1 + 1 + t_2 = 171 \text{ mm}$

Ostatecznie do wykonania połączenia przyjęto gwoździe 6x140mm.

Minimalna grubość elementu drewnianego występująca w złączu

$$t = \max (7d ; (13d - 30)\rho_k / 400) = (42,0 \text{ mm} ; 44,4 \text{ mm}) = 44,4 \text{ mm} < t_1 = b = 60 \text{ mm}$$

Wartość charakterystyczna i obliczeniowa na docisk i moment uplastyczniający dla gwoździ okrągłych bez wcześniejszego nawiercania otworów:

$$f_{h,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3} = 17,72 \text{ N/mm}^2 \quad M_{y,k} = 180 d^{2,6} = 18987,41 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,d} = f_{h,k} k_{\text{mod}} / \gamma_M = 9,54 \text{ N/mm}^2 \quad M_{y,d} = M_{y,k} / \gamma_{Ms} = 17261,28 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,d} = f_{h,1,d} = f_{h,2,d} = 9,54 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \beta = 1,0$$

$$R_d = f_{h,1,d} t_1 d = 3435,8 \text{ N}$$

$$R_d = f_{h,1,d} t_2 d \beta = 6299,0 \text{ N}$$

$$R_d = \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] = 2163,4 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2 (1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,d}}{f_{h,1,d} d t_2^2}} - \beta \right] = 2479,1 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,d}}{f_{h,1,d} d t_1^2}} - \beta \right] = 1558,5 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,d} f_{h,1,d} d} = 1546,6 \text{ N}$$

$$\text{Miarodajna nośność } R_d = R_{d,\min} = 1546,6 \text{ N}$$

Niezbędna liczba łączników w połączeniu jednej grupy gwoździ $n = N / R_d = 3,57 \text{ szt.}$

Rozstaw gwoździ w nakładce

Rozstaw gwoździ: $\alpha = 0,00^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 1,000 \quad \sin \alpha = 0,000$

odległość między żędami (wzdłuż włókien) $a_1 = (5 + 7 \cos \alpha) d = 72 \text{ mm}$

odległość między żędami (w poprzek włókien) $a_2 = 5 d = 30 \text{ mm}$

odległość od końca obciążonego $a_{3t} = (10 + 5 \cos \alpha) d = 90 \text{ mm}$

odległość od końca nie obciążonego $a_{3c} = 10 d = 60 \text{ mm}$

odległość od krawędzi obciążonej $a_{4t} = (5 + 5 \sin \alpha) d = 30 \text{ mm}$

odległość od krawędzi nie obciążonej $a_{4c} = 5 d = 30 \text{ mm}$

Ostatecznie w jednej grupie gwoździ na jednym końcu nakładki przyjęto 5szt. gwoździ 6x140mm.

Poz. 2.2 Krokwie - siły przekrojowe przęsłowe

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$\begin{array}{llll} M_{y,max} = 7,150 \text{ kNm} & M_y = 6,87 \text{ kNm} & M_y = 6,63 \text{ kNm} & M_y = 0,00 \text{ kNm} \\ M_z = 0,010 \text{ kNm} & M_{z,max} = 0,22 \text{ kNm} & M_z = 0,08 \text{ kNm} & M_z = 0,00 \text{ kNm} \\ N_{sci.} = 21,320 \text{ kN} & N_{roz.} = 24,630 \text{ kN} & N_{sci.,max} = 32,510 \text{ kN} & N_{roz.,max} = 24,380 \text{ kN} \end{array}$$

Krokwie pracuje jako mimośrodowo ściskana lub rozciągana. Dalsze obliczenia wykonano przy uwzględnieniu deskowania pełnego i łacenia całej połaci dachowej, które w pewnym stopniu zabezpieczają krokiew przed wyboczeniem w płaszczyźnie połaci dachu.

Do dalszych obliczeń przyjęto krokiew prostokątną o przekroju 11x15cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{array}{lll} h = 15,00 \text{ cm} & I_y = 3093,75 \text{ cm}^4 & W_y = 412,50 \text{ cm}^3 \\ b = 11,00 \text{ cm} & I_z = 1663,75 \text{ cm}^4 & W_z = 302,50 \text{ cm}^3 \\ L = L_{dy} = 3,80 \text{ m} & A_d = 165,00 \text{ cm}^2 & \beta_c = 0,2 \\ L_{dz} = 0,34 \text{ m} & & \end{array}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{array}{ll} i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 4,33 \text{ cm} & \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 87,76 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 10,3 \text{ MPa} \\ i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 3,18 \text{ cm} & \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 10,71 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 688,7 \text{ MPa} \\ \lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 1,465 & \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,669 \\ \lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,179 & \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,484 \\ k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,405 & k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,071 \end{array}$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,405$ $k_{c,z} = 1,000$

Sprawdzenie naprężeń

Przypadek dla $M_{y,max}$

$$\begin{array}{lll} \sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 3,19 \text{ MPa} & < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 17,3 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 1,292 \text{ MPa} & < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,03 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,267 > 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,206 > 1 \\ \lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,330 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} = 17,33 \text{ MPa} & > k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa} \end{array}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla $M_{z,max}$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_d} = 1,49 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 16,7 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,73 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} = 1,369 > 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,330 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 16,65 \text{ MPa} > k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla $N_{sci,max}$

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 4,867 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 16,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 1,970 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,3 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,293 > 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,151 > 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,330 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 16,07 \text{ MPa} > k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla $N_{roz,max}$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_d} = 1,48 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 0,0 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} = 0,172 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,330 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,00 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej

$$T_y = 10,500 \text{ kN} \quad T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 10,506 \text{ kN}$$

$$T_z = 0,350 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,955 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

$$u_{inst,y} = 1,25 \text{ cm} \quad u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 1,25 \text{ cm}$$

$$u_{inst,z} = 0,00 \text{ cm} \quad k_{def} = 0,50$$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 1,88 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 1,90 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Z powyższych obliczeń wynika, iż część warunków nośności nie jest dla przyjętego przekroju spełniona. W związku z powyższym projektuje się wzmocnienie krokwi w przęsłach poprzez jednostronne nakładki o przekroju 6x15cm z drewna C27 mocowane do niej gwoździami.

Do dalszych obliczeń przyjęto krokiew prostokątną o przekroju 11x15cm wzmocnioną nakładką boczną o przekroju 6x15cm, co daje łącznie przekrój 17x15cm o następujących wielkościach

przekrojowych:

$$\begin{array}{lll}
 h = 15,00 \text{ cm} & I_y = 4781,25 \text{ cm}^4 & W_y = 637,50 \text{ cm}^3 \\
 b = 17,00 \text{ cm} & I_z = 6141,25 \text{ cm}^4 & W_z = 722,50 \text{ cm}^3 \\
 L = L_{dy} = 3,80 \text{ m} & A_d = 255,00 \text{ cm}^2 & \beta_c = 0,2 \\
 L_{dz} = 0,34 \text{ m} & &
 \end{array}$$

Przypadek dla $M_{y,max}$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 2,065 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 11,2 \text{ MPa} \\
 \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,836 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,01 \text{ MPa} \\
 \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,803 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,777 < 1 \\
 \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,330 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\
 \sigma_{m,y,d} &= 11,22 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla $M_{z,max}$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{t,0,d} &= \frac{N}{A_d} = 0,97 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 10,8 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,30 \text{ MPa} \\
 \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,874 < 1 \\
 \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,330 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\
 \sigma_{m,y,d} &= 10,78 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla $N_{sci,max}$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 3,149 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 10,4 \text{ MPa} \\
 \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 1,275 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,1 \text{ MPa} \\
 \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,794 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,735 < 1 \\
 \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,330 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\
 \sigma_{m,y,d} &= 10,40 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Z powyższych obliczeń sprawdzających wynika, iż wzmocnienie krokwi nakładką boczną zapewnia spełnienie wszystkich warunków stanu granicznego nośności.

Rozstaw osiowy grup gwoździ na końcach nakładki $s = 1,00 \text{ m}$

Siła ścinająca jedną grupę gwoździ $V = M_{y,max} / s = 7,150 \text{ kN}$

Łączone elementy: Krokiew $h = 150 \text{ mm}$ Nakładka $h = 150 \text{ mm}$

$$\rho_k = 370 \text{ kg/m}^3 \quad t_2 = b = 110 \text{ mm} \quad t_1 = b = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Średnica gwoździ} \quad d_{\max} = t_1 / 6 = 10 \text{ mm} \quad d_{\min} = t_1 / 11 = 5,5 \text{ mm}$$

Do dalszych obliczeń przyjęto gwoździe o średnicy $d = 6,0 \text{ mm}$

$$\text{Minimalna długość gwoźdźnia} \quad l_{\min.} = t_1 + 1 + 8d + 1,5d = 118 \text{ mm}$$

$$\text{Maksymalna długość gwoźdźnia} \quad l_{\max.} = t_1 + 1 + t_2 = 171 \text{ mm}$$

Ostatecznie do wykonania połączenia przyjęto gwoździe 6x140mm.

Minimalna grubość elementu drewnianego występująca w złączu

$$t = \max (7d ; (13d - 30)\rho_k / 400) = (42,0 \text{ mm} ; 44,4 \text{ mm}) = 44,4 \text{ mm} < t_1 = b = 60 \text{ mm}$$

Wartość charakterystyczna i obliczeniowa na docisk i moment uplastyczniający dla gwoździ okrągłych bez wcześniejszego nawiercania otworów:

$$f_{h,k} = 0,082 \rho_k d^{0,3} = 17,72 \text{ N/mm}^2 \quad M_{y,k} = 180 d^{2,6} = 18987,41 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,d} = f_{h,k} k_{\text{mod}} / \gamma_M = 9,54 \text{ N/mm}^2 \quad M_{y,d} = M_{y,k} / \gamma_{Ms} = 17261,28 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,d} = f_{h,1,d} = f_{h,2,d} = 9,54 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \beta = 1,0$$

$$R_d = f_{h,1,d} t_1 d = 3435,8 \text{ N}$$

$$R_d = f_{h,1,d} t_2 d \beta = 6299,0 \text{ N}$$

$$R_d = \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] = 2163,4 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2 (1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,d}}{f_{h,1,d} d t_2^2}} - \beta \right] = 2479,1 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,d}}{f_{h,1,d} d t_1^2}} - \beta \right] = 1558,5 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,d} f_{h,1,d} d} = 1546,6 \text{ N}$$

$$\text{Miarodajna nośność } R_d = R_{d,\min} = 1546,6 \text{ N}$$

Niezbędna liczba łączników w połączeniu jednej grupy gwoździ $n = N / R_d = 4,62$ szt.

Rozstaw gwoździ w nakładce

$$\text{Rozstaw gwoździ:} \quad \alpha = 0,00^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 1,000 \quad \sin \alpha = 0,000$$

$$\text{odległość między żędami (wzdłuż włókien)} \quad a_1 = (5 + 7 \cos \alpha) d = 72 \text{ mm}$$

$$\text{odległość między żędami (w poprzek włókien)} \quad a_2 = 5 d = 30 \text{ mm}$$

$$\text{odległość od końca obciążonego} \quad a_{3t} = (10 + 5 \cos \alpha) d = 90 \text{ mm}$$

$$\text{odległość od końca nie obciążonego} \quad a_{3c} = 10 d = 60 \text{ mm}$$

$$\text{odległość od krawędzi obciążonej} \quad a_{4t} = (5 + 5 \sin \alpha) d = 30 \text{ mm}$$

$$\text{odległość od krawędzi nie obciążonej} \quad a_{4c} = 5 d = 30 \text{ mm}$$

Ostatecznie w jednej grupie gwoździ na jednym końcu nakładki przyjęto 5szt. gwoździ 6x140mm.

Poz. 2.3 Krokwie lukarn

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_y = 1,500 \text{ kNm} \quad M_y = 1,50 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0,070 \text{ kNm} \quad M_z = 0,07 \text{ kNm}$$

$$N_{\text{ści.}} = 10,180 \text{ kN}$$

$$N_{\text{roz.}} = 3,880 \text{ kN}$$

Krokiw pracuje jako mimośrodowo ściskana lub rozciągana. Dalsze obliczenia wykonano przy uwzględnieniu deskowania pełnego i łacenia całej połaci dachowej, które w pewnym stopniu zabezpieczają krokiw przed wyboczeniem w płaszczyźnie połaci dachu.

Do dalszych obliczeń przyjęto krokiw prostokątną o przekroju 11x15cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{aligned} h &= 15,00 \text{ cm} & I_y &= 3093,75 \text{ cm}^4 & W_y &= 412,50 \text{ cm}^3 \\ b &= 11,00 \text{ cm} & I_z &= 1663,75 \text{ cm}^4 & W_z &= 302,50 \text{ cm}^3 \\ L = L_{dy} &= 2,40 \text{ m} & A_d &= 165,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L_{dz} &= 0,34 \text{ m} \end{aligned}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{aligned} i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 4,33 \text{ cm} & \lambda_y &= \frac{L_{dy}}{i_y} = 55,43 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 25,7 \text{ MPa} \\ i_z &= \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 3,18 \text{ cm} & \lambda_z &= \frac{L_{dz}}{i_z} = 10,71 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 688,7 \text{ MPa} \\ \lambda_{rel,y} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 0,925 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,970 \\ \lambda_{rel,z} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,179 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,484 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,791 & k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,071 \end{aligned}$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,791$

$k_{c,z} = 1,000$

Sprawdzenie naprężeń

Przypadek dla mimośrodowego ściskania

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 0,78 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 3,6 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,617 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,23 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,270 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,269 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,262 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 3,64 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla mimośrodowego rozciągania

$$\begin{aligned} \sigma_{t,0,d} &= \frac{N}{A_d} = 0,24 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 3,6 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,23 \text{ MPa} \\ \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,293 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,262 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 3,64 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej

$$T_y = 3,760 \text{ kN}$$

$$T_z = 0,100 \text{ kN}$$

$$T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 3,761 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,342 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie krokwi

$$u_{inst,y} = 0,13 \text{ cm}$$

$$u_{inst,z} = 0,00 \text{ cm}$$

$$u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 0,13 \text{ cm}$$

$$k_{def} = 0,50$$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 0,20 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 1,20 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Poz. 2.4 Krokwie narożne

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_y = 4,420 \text{ kNm}$$

$$M_z = 2,830 \text{ kNm}$$

$$N_{sci.} = 38,320 \text{ kN}$$

$$M_y = 4,42 \text{ kNm}$$

$$M_z = 2,83 \text{ kNm}$$

$$N_{roz.} = 40,550 \text{ kN}$$

Krokiew pracuje jako mimośrodowo ściskana lub rozciągana. Dalsze obliczenia wykonano przy uwzględnieniu deskowania pełnego i łacenia całej połaci dachowej, które w pewnym stopniu zabezpieczają krokiew przed wyboczeniem w płaszczyźnie połaci dachu.

Do dalszych obliczeń przyjęto krokiew kwadratową o przekroju 16x16cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$h = 16,00 \text{ cm}$$

$$b = 16,00 \text{ cm}$$

$$L = L_{dy} = 5,00 \text{ m}$$

$$L_{dz} = 0,34 \text{ m}$$

$$I_y = 5461,33 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 5461,33 \text{ cm}^4$$

$$A_d = 256,00 \text{ cm}^2$$

$$W_y = 682,67 \text{ cm}^3$$

$$W_z = 682,67 \text{ cm}^3$$

$$\beta_c = 0,2$$

Stan graniczny nośności

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 4,62 \text{ cm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 4,62 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 108,25 \Rightarrow$$

$$\lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 7,36 \Rightarrow$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 6,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 1457,1 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 1,807 \Rightarrow$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,123 \Rightarrow$$

$$k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 2,263$$

$$k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,470$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,276$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,083$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,276$

$k_{c,z} = 1,000$

Sprawdzenie naprężeń

Przypadek dla mimośrodowego ściskania

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 5,43 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 6,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 1,497 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 4,15 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,940 < 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,746 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,269 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 6,47 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla mimośrodowego rozciągania

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_d} = 1,58 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 6,5 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 4,15 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,914 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,269 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 6,47 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej $T_y = 8,610 \text{ kN}$ $T_z = 9,290 \text{ kN}$ $T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 12,666 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,742 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie krokwi $u_{inst,y} = 0,87 \text{ cm}$ $u_{inst,z} = 0,51 \text{ cm}$ $u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 1,01 \text{ cm}$ $k_{def} = 0,50$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 1,51 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 2,50 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Poz. 2.5 Płatew kalenicowa

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$\begin{aligned} M_y &= 8,310 \text{ kNm} & M_y &= 8,31 \text{ kNm} \\ M_z &= 0,690 \text{ kNm} & M_z &= 0,69 \text{ kNm} \\ N_{sci.} &= 14,030 \text{ kN} & N_{roz.} &= 13,040 \text{ kN} \end{aligned}$$

Płatew pracuje jako mimośrodowo ściskana lub rozciągana.

Do dalszych obliczeń przyjęto płatew prostokątną o przekroju 17x23cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{aligned} h &= 23,00 \text{ cm} & I_y &= 17236,58 \text{ cm}^4 & W_y &= 1498,83 \text{ cm}^3 \\ b &= 17,00 \text{ cm} & I_z &= 9416,58 \text{ cm}^4 & W_z &= 1107,83 \text{ cm}^3 \\ L &= L_{dy} = 2,80 \text{ m} & A_d &= 391,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L_{dz} &= 0,90 \text{ m} \end{aligned}$$

Stan graniczny nośności

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 6,64 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 42,17 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 44,4 \text{ MPa}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 4,91 \text{ cm} \quad \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 18,34 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 234,8 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 0,704 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,768$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,306 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,527$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,930 \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,045$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,930$ $k_{c,z} = 1,000$

Sprawdzenie naprężeń

Przypadek dla mimośrodowego ściskania

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 0,39 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 5,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,359 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,62 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,425 < 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,425 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,227 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 5,54 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla mimośrodowego rozciągania

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_d} = 0,33 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 5,5 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,62 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,463 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,227 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 5,54 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej

$$T_y = 18,630 \text{ kN} \quad T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 18,721 \text{ kN}$$

$$T_z = 1,840 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,718 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie krokwi

$$u_{inst,y} = 0,26 \text{ cm} \quad u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 0,51 \text{ cm}$$

$$u_{inst,z} = 0,44 \text{ cm} \quad k_{def} = 0,50$$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 0,77 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 1,40 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Poz. 2.6 Płatew boczna 17x17cm

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$\begin{aligned} M_y &= 5,150 \text{ kNm} & M_y &= 5,15 \text{ kNm} \\ M_z &= 5,640 \text{ kNm} & M_z &= 5,64 \text{ kNm} \\ N_{\text{ści.}} &= 22,960 \text{ kN} & N_{\text{roz.}} &= 1,290 \text{ kN} \end{aligned}$$

Płatew pracuje jako mimośrodowo ściskana lub rozciągana.

Do dalszych obliczeń przyjęto płatew prostokątną o przekroju 17x17cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{aligned} h &= 17,00 \text{ cm} & I_y &= 6960,08 \text{ cm}^4 & W_y &= 818,83 \text{ cm}^3 \\ b &= 17,00 \text{ cm} & I_z &= 6960,08 \text{ cm}^4 & W_z &= 818,83 \text{ cm}^3 \\ L = L_{dy} &= 2,80 \text{ m} & A_d &= 289,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L_{dz} &= 0,90 \text{ m} \end{aligned}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{aligned} i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 4,91 \text{ cm} & \lambda_y &= \frac{L_{dy}}{i_y} = 57,06 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 24,3 \text{ MPa} \\ i_z &= \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 4,91 \text{ cm} & \lambda_z &= \frac{L_{dz}}{i_z} = 18,34 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 234,8 \text{ MPa} \\ \lambda_{rel,y} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 0,952 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,999 \\ \lambda_{rel,z} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,306 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,527 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,769 & k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,045 \end{aligned}$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,769$ $k_{c,z} = 1,000$

Sprawdzenie naprężeń

Przypadek dla mimośrodowego ściskania

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 1,03 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 6,3 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,794 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 6,89 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,914 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,911 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,195 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 6,89 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla mimośrodowego rozciągania

$$\begin{aligned} \sigma_{t,0,d} &= \frac{N}{A_d} = 0,04 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 6,3 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 6,89 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} = 0,912 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,195 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 6,89 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej $T_y = 18,470 \text{ kN}$ $T_z = 8,960 \text{ kN}$ $T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 20,529 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 1,065 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie płatwi $u_{inst,y} = 0,29 \text{ cm}$ $u_{inst,z} = 0,00 \text{ cm}$ $u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 0,29 \text{ cm}$ $k_{def} = 0,50$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 0,44 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 1,40 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Poz. 2.7 Płatów boczną 2x 17x17cm

Zgodnie z Załącznikiem Nr 1.

Poz. 2.8 Miecze

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_y = 0,970 \text{ kNm} \quad M_y = 0,97 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0,530 \text{ kNm} \quad M_z = 0,53 \text{ kNm}$$

$$N_{sci.} = 34,670 \text{ kN} \quad N_{roz.} = 9,780 \text{ kN}$$

Miecze pracują jako mimośrodowo ściskane lub rozciągane.

Do dalszych obliczeń przyjęto miecze kwadratowe o przekroju 14x14cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$h = 14,00 \text{ cm} \quad I_y = 3201,33 \text{ cm}^4 \quad W_y = 457,33 \text{ cm}^3$$

$$b = 14,00 \text{ cm} \quad I_z = 3201,33 \text{ cm}^4 \quad W_z = 457,33 \text{ cm}^3$$

$$L = L_{dy} = 1,88 \text{ m} \quad A_d = 196,00 \text{ cm}^2 \quad \beta_c = 0,2$$

$$L_{dz} = 1,88 \text{ m}$$

Stan graniczny nośności

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 4,04 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 46,52 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 36,5 \text{ MPa}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 4,04 \text{ cm} \quad \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 46,52 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 36,5 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 0,776 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,829$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,776 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,829$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,893 \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,893$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,893$ $k_{c,z} = 0,893$

Sprawdzenie naprężeń

Przypadek dla mimośrodowego ściskania

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 1,98 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 2,12 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 1,981 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 1,16 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,254 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,254 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,176 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 2,12 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla mimośrodowego rozciągania

$$\begin{aligned} \sigma_{t,0,d} &= \frac{N}{A_d} = 0,50 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 2,1 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 1,16 \text{ MPa} \\ \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} &= 0,284 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,176 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 2,12 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej $T_y = 0,640 \text{ kN}$ $T_z = 0,370 \text{ kN}$ $T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 0,739 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,057 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Poz. 2.9 Kleszcze 2x 8x20cm

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_y = 2,080 \text{ kNm} \quad M_z = 1,650 \text{ kNm} \quad N_{sci.} = 37,050 \text{ kN} \quad T_y = 4,160 \text{ kN}$$

Kleszcze pracują jako mimośrodowo ściskane.

Do dalszych obliczeń przyjęto kleszcze w postaci dwóch prostokątnych belek o przekroju 8x20cm oddzielonych przekładkami o grubości $a = 11 \text{ cm}$ o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{aligned} h &= 20,00 \text{ cm} & I_y &= 10666,67 \text{ cm}^4 & W_y &= 1066,67 \text{ cm}^3 \\ b &= 8,00 \text{ cm} & I_z &= 30586,67 \text{ cm}^4 & W_z &= 2265,68 \text{ cm}^3 \\ L = L_d &= 2,40 \text{ m} & A_d &= 320,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L_1 &= 1,20 \text{ m} & I_1 &= 853,33 \text{ cm}^4 & n &= 2 \end{aligned}$$

$$A_1 = 160,00 \text{ cm}^2$$

$$\eta = 4$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{aligned} i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 5,77 \text{ cm} & \lambda_y &= \frac{L_{dy}}{i_y} = 41,57 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 45,7 \text{ MPa} \\ i_z &= \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 9,78 \text{ cm} & \lambda_z &= \frac{L_{dz}}{i_z} = 24,55 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 131,0 \text{ MPa} \\ i_1 &= \sqrt{\frac{I_1}{A_1}} = 2,31 \text{ cm} & \lambda_1 &= \frac{L_1}{i_1} = 51,96 \Rightarrow \sigma_{c,crit,1} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_1^2} = 29,2 \text{ MPa} \\ \lambda_{ef} &= \sqrt{\lambda_z^2 + \eta \frac{n}{2} \lambda_1^2} = 106,78 \Rightarrow \sigma_{c,crit,ef} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_{ef}^2} = 6,9 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{rel,y} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 0,694 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,760 \\ \lambda_{rel,z} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,ef}}} = 1,782 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 2,217 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,934 & k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,283 \end{aligned}$$

Nośność

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 1,239 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 2,0 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 4,093 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,7 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,195 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,304 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,417 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 1,95 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} & &= 14,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,390 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,508 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

$$u_{inst} = 0,78 \text{ cm}$$

$$k_{def} = 0,50$$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 1,17 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 1,20 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Zgodnie z powyższymi obliczeniami zachodzi konieczność montażu dwóch przewiązek w polach pomiędzy krokiewkami i słupem. Przewiązki wykonać w postaci "klacka" 20x20cm o grubości dostosowanej do rozstawu gałęzi kleszczy. Przewiązki łączyć z gałęziami kleszczy przy pomocy śrub M12 - dwie śruby na jedną przewiązkę.

Poz. 2.10 Kleszcze krokwi narożnych

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_y = 0,370 \text{ kNm} \quad M_z = 0,000 \text{ kNm} \quad N_{sci} = 23,810 \text{ kN} \quad T_y = 0,340 \text{ kN}$$

Kleszcze pracują jako mimośrodowo ściskane.

Do dalszych obliczeń przyjęto kleszcze w postaci dwóch prostokątnych belek o przekroju 8x20cm

odzielonych przekładkami o grubości $a = 16 \text{ cm}$ o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{aligned} h &= 20,00 \text{ cm} & I_y &= 10666,67 \text{ cm}^4 & W_y &= 1066,67 \text{ cm}^3 \\ b &= 8,00 \text{ cm} & I_z &= 47786,67 \text{ cm}^4 & W_z &= 2986,67 \text{ cm}^3 \\ L = L_d &= 4,33 \text{ m} & A_d &= 320,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L_1 &= 2,17 \text{ m} & I_1 &= 853,33 \text{ cm}^4 & n &= 2 \\ & & A_1 &= 160,00 \text{ cm}^2 & \eta &= 4 \end{aligned}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{aligned} i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 5,77 \text{ cm} & \lambda_y &= \frac{L_{dy}}{i_y} = 75,00 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 14,0 \text{ MPa} \\ i_z &= \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 12,22 \text{ cm} & \lambda_z &= \frac{L_{dz}}{i_z} = 35,43 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 62,9 \text{ MPa} \\ i_1 &= \sqrt{\frac{I_1}{A_1}} = 2,31 \text{ cm} & \lambda_1 &= \frac{L_1}{i_1} = 93,96 \Rightarrow \sigma_{c,crit,1} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_1^2} = 8,9 \text{ MPa} \\ \lambda_{ef} &= \sqrt{\lambda_z^2 + \eta \frac{n}{2} \lambda_1^2} = 191,24 \Rightarrow \sigma_{c,crit,ef} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_{ef}^2} = 2,2 \text{ MPa} \\ \lambda_{rel,y} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 1,252 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,359 \\ \lambda_{rel,z} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 3,192 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 5,864 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,530 & k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,093 \end{aligned}$$

Nośność

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 1,404 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 0,3 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 8,024 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,038 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,483 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,560 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 0,35 \text{ MPa} & & & k_{crit} f_{m,y,d} &= 14,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,032 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,508 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

$$u_{inst} = 0,20 \text{ cm} \quad k_{def} = 0,50$$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 0,30 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 2,17 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Zgodnie z powyższymi obliczeniami zachodzi konieczność montażu jednej przewiązki w środku rozpiętości kleszczy. Przewiązki wykonać w postaci "kłacka" 20x20cm o grubości dostosowanej do rozstawu gałęzi kleszczy. Przewiązki łączyć z gałęziami kleszczy przy pomocy śrub M12 - dwie śruby na jedną przewiązkę.

Poz. 2.11 Słupy kalenicowe

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$\begin{array}{lll} M_{y,max} = 9,420 \text{ kNm} & M_y = 4,24 \text{ kNm} & M_y = 0,00 \text{ kNm} \\ M_z = 0,860 \text{ kNm} & M_{z,max} = 2,64 \text{ kNm} & M_z = 0,00 \text{ kNm} \\ N_{sci.} = 16,730 \text{ kN} & N_{sci.} = 24,710 \text{ kN} & N_{sci.,max} = 58,490 \text{ kN} \end{array}$$

Słupy pracują jako mimośrodowo ściskane.

Do dalszych obliczeń przyjęto słupy kwadratowe o przekroju 17x17cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{array}{lll} h = 17,00 \text{ cm} & I_y = 6960,08 \text{ cm}^4 & W_y = 818,83 \text{ cm}^3 \\ b = 17,00 \text{ cm} & I_z = 6960,08 \text{ cm}^4 & W_z = 818,83 \text{ cm}^3 \\ L = L_{dy} = 3,95 \text{ m} & A_d = 289,00 \text{ cm}^2 & \beta_c = 0,2 \\ L_{dz} = 3,00 \text{ m} & & \end{array}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{array}{lll} i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 4,91 \text{ cm} & \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 80,49 \Rightarrow & \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 12,2 \text{ MPa} \\ i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 4,91 \text{ cm} & \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 61,13 \Rightarrow & \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 21,1 \text{ MPa} \\ \lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 1,344 \Rightarrow & k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,487 \\ \lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 1,020 \Rightarrow & k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 1,073 \\ k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,471 & k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,713 \end{array}$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,471$ $k_{c,z} = 0,713$

Sprawdzenie naprężeń

Przypadek dla $M_{y,max}$

$$\begin{array}{lll} \sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 1,23 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 11,5 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,812 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 1,05 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,874 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,868 < 1 \\ \lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,232 < 0,75 \Rightarrow & k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} = 11,50 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa} \end{array}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla $M_{z,max}$

$$\begin{array}{lll} \sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 1,82 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 5,18 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 1,20 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 3,22 \text{ MPa} \end{array}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,601 < 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,588 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,232 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 5,18 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla $N_{\dot{s}ci,max}$

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 4,299 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 2,840 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,132 < 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,057 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,232 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,00 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe częściowo nie spełnione

Wpływ siły ścinającej

$$T_y = 27,480 \text{ kN}$$

$$T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 27,691 \text{ kN}$$

$$T_z = 3,410 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 1,437 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie słupa

$$u_{inst,y} = 0,42 \text{ cm}$$

$$u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 0,42 \text{ cm}$$

$$u_{inst,z} = 0,00 \text{ cm}$$

$$k_{def} = 0,50$$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 0,63 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 1,98 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Poz. 2.12 Słupy skośne

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_{y,max} = 3,060 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0,93 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0,060 \text{ kNm}$$

$$M_{z,max} = 2,01 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0,00 \text{ kNm}$$

$$N_{\dot{s}ci} = 12,130 \text{ kN}$$

$$N_{\dot{s}ci} = 11,920 \text{ kN}$$

$$N_{\dot{s}ci,max} = 37,700 \text{ kN}$$

Słupy pracują jako mimośrodowo ściskane.

Do dalszych obliczeń przyjęto słupy kwadratowe o przekroju 16x16cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$h = 16,00 \text{ cm}$$

$$I_y = 5461,33 \text{ cm}^4$$

$$W_y = 682,67 \text{ cm}^3$$

$$b = 16,00 \text{ cm}$$

$$I_z = 5461,33 \text{ cm}^4$$

$$W_z = 682,67 \text{ cm}^3$$

$$L = L_{dy} = 4,00 \text{ m}$$

$$A_d = 256,00 \text{ cm}^2$$

$$\beta_c = 0,2$$

$$L_{dz} = 3,00 \text{ m}$$

Stan graniczny nośności

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 4,62 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 86,60 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 10,5 \text{ MPa}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 4,62 \text{ cm} \quad \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 64,95 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 18,7 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 1,446 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,639$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 1,084 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 1,146$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,414 \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,659$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,414$ $k_{c,z} = 0,659$

Sprawdzenie naprężeń

Przypadek dla $M_{y,max}$

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 1,14 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 4,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,719 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,09 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,324 < 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,318 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,241 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 4,48 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla $M_{z,max}$

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 1,12 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 1,36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,71 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 2,94 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,305 < 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,300 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,241 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 2,94 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla $N_{sci,max}$

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 3,553 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 2,235 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,090 < 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,036 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,241 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,00 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe częściowo nie spełnione

Wpływ siły ścinającej $T_y = 6,690 \text{ kN}$ $T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 6,913 \text{ kN}$
 $T_z = 1,740 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,405 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie krokwi $u_{inst,y} = 0,37 \text{ cm}$ $u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 0,37 \text{ cm}$
 $u_{inst,z} = 0,00 \text{ cm}$ $k_{def} = 0,50$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 0,56 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 2,00 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Poz. 2.13 Dodatkowe belki podpierające projektowaną podłogę i sufit podwieszony

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$\begin{array}{lll} M_{y,max} = 6,570 \text{ kNm} & M_y = 6,57 \text{ kNm} & M_y = 0,00 \text{ kNm} \\ M_z = 0,000 \text{ kNm} & M_{z,max} = 0,00 \text{ kNm} & M_z = 0,00 \text{ kNm} \\ N_{sci} = 24,550 \text{ kN} & N_{sci} = 24,550 \text{ kN} & N_{sci,max} = 35,330 \text{ kN} \end{array}$$

Belki pracują jako mimośrodowo ściskane.

Do dalszych obliczeń przyjęto belki prostokątne o przekroju 6x16cm o następujących wielkościach przekrojowych:

Belki będą usztywnione przez podłogę z desek o grubości 25mm.

$$\begin{array}{lll} h = 20,00 \text{ cm} & I_y = 5333,33 \text{ cm}^4 & W_y = 533,33 \text{ cm}^3 \\ b = 8,00 \text{ cm} & I_z = 853,33 \text{ cm}^4 & W_z = 213,33 \text{ cm}^3 \\ L = L_{dy} = 3,80 \text{ m} & A_d = 160,00 \text{ cm}^2 & \beta_c = 0,2 \\ L_{dz} = 0,50 \text{ m} & & \end{array}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{array}{lll} i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 5,77 \text{ cm} & \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 65,82 \Rightarrow & \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 18,2 \text{ MPa} \\ i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 2,31 \text{ cm} & \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 21,65 \Rightarrow & \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 168,4 \text{ MPa} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 1,099 \Rightarrow & k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,163 \\ \lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,361 \Rightarrow & k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,551 \\ k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,647 & k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,033 \end{array}$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,647$ $k_{c,z} = 1,000$

Sprawdzenie naprężeń

Przypadek dla $M_{y,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y}A_d} = 2,37 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 12,3 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z}A_d} = 1,534 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,00 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,887 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,864 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,524 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 12,32 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla $M_{z,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y}A_d} = 2,37 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 12,32 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z}A_d} = 1,53 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,00 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,887 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,864 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,524 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 12,32 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla $N_{sci,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y}A_d} = 3,414 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 0,0 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z}A_d} = 2,208 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,083 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,035 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,524 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 0,00 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe częściowo nie spełnione

Wpływ siły ścinającej

$$\begin{aligned}T_y &= 4,890 \text{ kN} & T &= \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 4,890 \text{ kN} \\ T_z &= 0,000 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,458 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie krokwi

$$\begin{aligned}u_{inst,y} &= 1,23 \text{ cm} & u_{inst} &= \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 1,23 \text{ cm} \\ u_{inst,z} &= 0,00 \text{ cm} & k_{def} &= 0,50\end{aligned}$$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 1,85 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 1,90 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Poz. 3.0 Strop nad poddaszem (klatką schodową)

Poz. 3.1 Belki stropowe 14x16cm

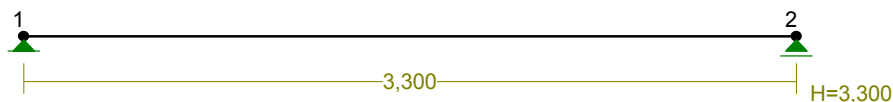
Strop nad poddaszem (klatką schodową) wykonano w postaci belek stropowych z drewna klasy C27 o przekroju 14x16cm.

Na belki będą działać następujące obciążenia na paśmie o szerokości $a = 0,83 \text{ m}$

	kN/m	γ_f	kN/m
Obciążenia zmienne Poz. 1.2.1 x a	0,208	1,40	0,291
Obciążenia stałe Poz. 1.2.1 x a	0,930	1,20	1,116
$q_k =$	1,137	1,24	1,406

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono w programie obliczeniowym.

Jako schemat obliczeniowy przyjęto jednoprzęsłową belkę swobodnie podpartą jak niżej:



Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak wyżej uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M = 2,070 \text{ kNm} \quad T = 2,509 \text{ kN}$$

Do dalszych obliczeń przyjęto belkę prostokątną o przekroju 14x16cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{aligned} h &= 16,00 \text{ cm} & I_y &= 4778,67 \text{ cm}^4 & W_y &= 597,33 \text{ cm}^3 \\ b &= 14,00 \text{ cm} & I_z &= 3658,67 \text{ cm}^4 & W_z &= 522,67 \text{ cm}^3 \\ L = L_{dy} &= 3,30 \text{ m} & A_d &= 224,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L_{dz} &= 3,30 \text{ m} \end{aligned}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{aligned} \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 3,5 \text{ MPa} & \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} &= 0,238 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,250 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 3,47 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,168 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,508 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

$$\text{ugięcie belki} \quad u_{inst} = 0,35 \text{ cm} \quad k_{def} = 0,50$$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 0,53 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 1,65 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Poz. 4.0 Nadproża poddasza

Poz. 4.1 Nadproże o rozpiętości 1,51m

Konstrukcyjnie przyjęto nadproże z dwóch belek z ceownika gorącowalcowanego 120 ze stali S235.

Poz. 5.0 Strop nad piętrem

W związku ze zmianą sposobu użytkowania budynku oraz projektowanymi dodatkowymi warstwami posadzki zachodzi konieczność sprawdzenia poszczególnych elementów drewnianych stropu.

Na przedmiotowy strop będą działać następujące obciążenia:

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2	1,724	1,21	2,079
Obciążenia zmienne stropu (pom. biurowe) Poz. 1.2.2	2,000	1,40	2,800
Obciążenia zmienne stropu (sala zebrań) Poz. 1.2.2	3,000	1,30	3,900
Obciążenia zmienne stropu (komunikacja) Poz. 1.2.2	3,000	1,30	3,900

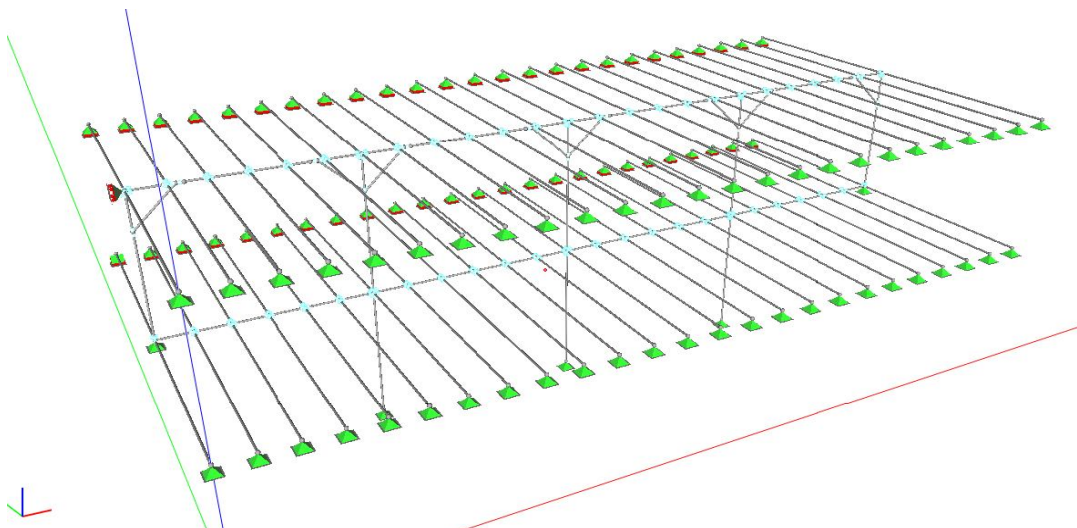
Na słupy podpierające konstrukcję stropu będą działać następujące reakcje od słupów więźby dachowej:

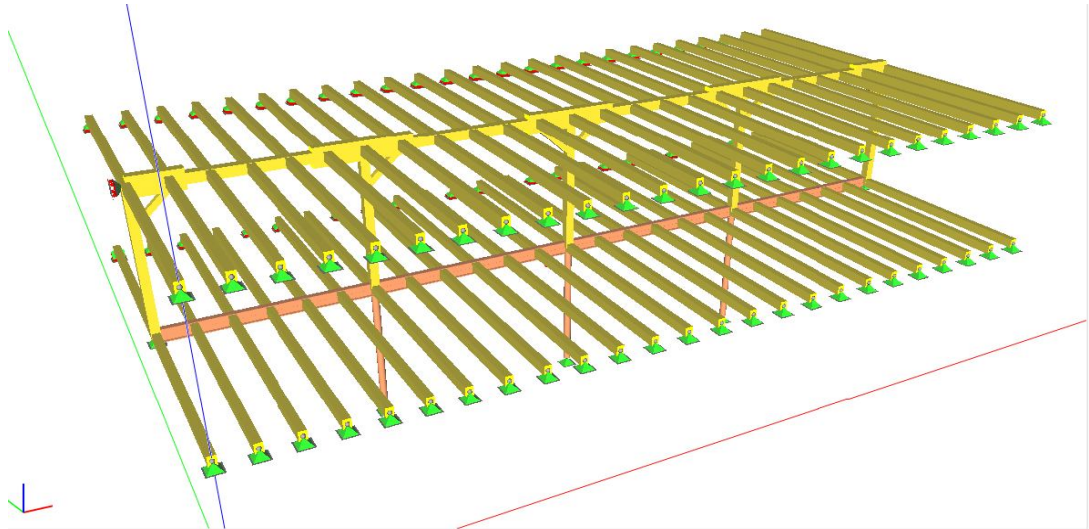
	kN	γ_f	kN
Reakcja od słupa Nr1	24,090	1,27	30,370
Reakcja od słupa Nr2	46,910	1,28	59,630
Reakcja od słupa Nr3	47,880	1,28	60,900
Reakcja od słupa Nr3	36,200	1,28	46,070

Ponadto na trzy belki stropu nad parterem będą działać następujące siły skupione od podwieszonej centrali wentylacyjnej:

	kN	γ_f	kN
Pojedyncza reakcja od centrali wentylacyjnej Poz. 1.2.6	0,600	1,20	0,720

Jako schemat statyczny przyjęto cały układ belek stropowych, podciągów i słupów parteru i piętra jak niżej:





Poz. 5.1 Belki stropowe ciągłe dwuprzęsłowe

Z uwagi na działanie na przedmiotowe belki również obciążeń z więźby dachowej dalsze obliczenia wykonano w oparciu o dwa wykresy sił przekrojowych zgodnie ze schematem z Poz. 2.0 i Poz. 5.0. Siły wyznaczone stosując superpozycję wykresów z dwóch wspomnianych wykresów i uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$\begin{array}{lll} M_{y2,0} = 17,870 \text{ kNm} & M_{z2,0} = 0,500 \text{ kNm} & N_{2,0} = 36,160 \text{ kN} \\ M_{y5,0} = 5,870 \text{ kNm} & M_{z5,0} = 0,060 \text{ kNm} & N_{5,0} = 0,030 \text{ kN} \\ M_y = 23,740 \text{ kNm} & M_z = 0,560 \text{ kNm} & N = 36,190 \text{ kN} \end{array}$$

Belki stropowe pracują jako mimośrodowo ściskane lub rozciągane.

Do dalszych obliczeń przyjęto belki prostokątne o przekroju 17x23cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{array}{lll} h = 23,00 \text{ cm} & I_y = 17236,58 \text{ cm}^4 & W_y = 1498,83 \text{ cm}^3 \\ b = 17,00 \text{ cm} & I_z = 9416,58 \text{ cm}^4 & W_z = 1107,83 \text{ cm}^3 \\ L = L_{dy} = 5,10 \text{ m} & A_d = 391,00 \text{ cm}^2 & \beta_c = 0,2 \\ L_{dz} = 1,00 \text{ m} & & \end{array}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{array}{lll} i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 6,64 \text{ cm} & \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 76,81 \Rightarrow & \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 13,4 \text{ MPa} \\ i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 4,91 \text{ cm} & \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 20,38 \Rightarrow & \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 190,2 \text{ MPa} \\ \lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 1,282 \Rightarrow & k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,400 \\ \lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,340 \Rightarrow & k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,542 \\ k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,509 & k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,038 \end{array}$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,509$ $k_{c,z} = 1,000$

Przypadek dla mimośrodowego rozciągania

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_d} = 0,93 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 15,8 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,51 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} = 1,232 > 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,306 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 15,84 \text{ MPa} > k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla mimośrodowego ściskania

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 1,817 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 15,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,926 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,5 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,148 > 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,130 > 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,306 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 15,84 \text{ MPa} > k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe nie spełnione

Wpływ siły ścinającej

$$T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 39,530 \text{ kN} \quad T_{y2,0} = 28,790 \text{ kN} \quad T_{z2,0} = 0,060 \text{ kN}$$

$$T_{y5,0} = 10,740 \text{ kN} \quad T_y = 39,530 \text{ kN} \quad T_{z5,0} = 0,020 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 1,52 \text{ MPa} > f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa} \quad T_z = 0,080 \text{ kN}$$

Warunek normowy nie spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie istniejących belek $k_{def} = 0,50$

$$u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 2,46 \text{ cm} \quad u_{inst,y2,0} = 1,10 \text{ cm} \quad u_{inst,z2,0} = 0,00 \text{ cm}$$

$$u_{inst,y5,0} = 1,36 \text{ cm} \quad u_{inst,z5,0} = 0,00 \text{ cm}$$

$$u_{inst,y} = 2,46 \text{ cm} \quad u_{inst,z} = 0,00 \text{ cm}$$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 3,69 \text{ cm} > u_{net,fin} = (L / 250) \times 1,5 = 3,06 \text{ cm}$$

Warunek normowy nie spełniony

Z powyższych obliczeń wynika, iż przedmiotowe belki stropowe nie spełniają warunku stanu granicznego nośności oraz użytkowania i wymagają dodatkowych wzmocnień.

Dalej przyjęto belki stropowe prostokątne o przekroju 17x23cm wzmocnione obustronnymi nakładkami bocznymi o przekroju 6x23cm co łącznie daje przekrój 29x23cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$h = 23,00 \text{ cm} \quad I_y = 29403,58 \text{ cm}^4 \quad W_y = 2556,83 \text{ cm}^3$$

$$b = 29,00 \text{ cm} \quad I_z = 46745,58 \text{ cm}^4 \quad W_z = 3223,83 \text{ cm}^3$$

$$L = L_{dy} = 5,10 \text{ m} \quad A_d = 667,00 \text{ cm}^2 \quad \beta_c = 0,2$$

$$L_{dz} = 1,00 \text{ m}$$

Przypadek dla mimośrodowego rozciągania

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_d} = 0,543 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 9,3 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,17 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,714 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,306 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 9,28 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla mimośrodowego ściskania

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 1,065 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 9,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,543 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,2 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,659 < 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,653 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,306 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 9,28 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Z powyższych obliczeń sprawdzających wynika, iż wzmocnienie krokwi nakładką boczną zapewnia spełnienie wszystkich warunków stanu granicznego nośności.

Rozstaw osiowy grup gwoździ na końcach nakładki $s = 1,00 \text{ m}$

Siła ścinająca jedną grupę gwoździ $V = M_{y,max} / s = 23,740 \text{ kN}$

Łączone elementy: Belka $h = 230 \text{ mm}$ Nakładka $h = 230 \text{ mm}$
 $\rho_k = 370 \text{ kg/m}^3$ $t_2 = b = 170 \text{ mm}$ $t_1 = b = 60 \text{ mm}$

Średnica gwoździ $d_{max} = t_1 / 6 = 10 \text{ mm}$ $d_{min} = t_1 / 11 = 5,5 \text{ mm}$

Do dalszych obliczeń przyjęto gwoździe o średnicy $d = 6,0 \text{ mm}$

Minimalna długość gwoździa $l_{min.} = t_1 + 1 + 8d + 1,5d = 118 \text{ mm}$

Maksymalna długość gwoździa $l_{max.} = t_1 + 1 + t_2 = 231 \text{ mm}$

Ostatecznie do wykonania połączenia przyjęto gwoździe 6x140mm.

Minimalna grubość elementu drewnianego występująca w złączu

$$t = \max (7d ; (13d - 30)\rho_k / 400) = (42,0 \text{ mm} ; 44,4 \text{ mm}) = 44,4 \text{ mm} < t_1 = b = 60 \text{ mm}$$

Wartość charakterystyczna i obliczeniowa na docisk i moment uplastyczniający dla gwoździ okrągłych bez wcześniejszego nawiercania otworów:

$$f_{h,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3} = 17,72 \text{ N/mm}^2 \quad M_{y,k} = 180 d^{2,6} = 18987,41 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,d} = f_{h,k} k_{mod} / \gamma_M = 9,54 \text{ N/mm}^2 \quad M_{y,d} = M_{y,k} / \gamma_{Ms} = 17261,28 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,d} = f_{h,1,d} = f_{h2,d} = 9,54 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \beta = 1,0$$

$$R_d = f_{h,1,d} t_1 d = 3435,8 \text{ N}$$

$$R_d = f_{h,1,d} t_2 d \beta = 9734,8 \text{ N}$$

$$R_d = \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] = 3245,8 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2 (1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta) M_{y,d}}{f_{h,1,d} d t_2^2}} - \beta \right] = 3680,2 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta) M_{y,d}}{f_{h,1,d} d t_1^2}} - \beta \right] = 1558,5 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,1,d} d} = 1546,6 \text{ N}$$

Miarodajna nośność $R_d = R_{d,\min} = 1546,6 \text{ N}$

Niezbędna liczba łączników w połączeniu jednej grupy gwoździ $n = N / R_d = 15,35$ szt.

Biorąc pod uwagę, iż przyjęto obustronne nakładki na jedną nakładkę w jednej grupie potrzebne jest $n_1 = n / 2 = 7,67$ szt. gwoździ.

Rozstaw gwoździ w nakładce

Rozstaw gwoździ: $\alpha = 0,00^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 1,000 \quad \sin \alpha = 0,000$

odległość między żędami (wzdłuż włókien)	$a_1 = (5 + 7 \cos \alpha) d = 72 \text{ mm}$
odległość między żędami (w poprzek włókien)	$a_2 = 5 d = 30 \text{ mm}$
odległość od końca obciążonego	$a_{3t} = (10 + 5 \cos \alpha) d = 90 \text{ mm}$
odległość od końca nie obciążonego	$a_{3c} = 10 d = 60 \text{ mm}$
odległość od krawędzi obciążonej	$a_{4t} = (5 + 5 \sin \alpha) d = 30 \text{ mm}$
odległość od krawędzi nie obciążonej	$a_{4c} = 5 d = 30 \text{ mm}$

Ostatecznie w jednej grupie gwoździ na jednym końcu nakładki przyjęto 8szt. gwoździ 6x140mm.

Poz. 5.2 Belki stropowe jednoprzęsłowe

Z uwagi na działanie na przedmiotowe belki również obciążeń z więzby dachowej dalsze obliczenia wykonano w oparciu o dwa wykresy sił przekrojowych zgodnie ze schematem z Poz. 2.0 i Poz. 5.0. Siły wyznaczono stosując superpozycję wykresów z dwóch wspomnianych wykresów i uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$M_{y2,0} = 16,150 \text{ kNm}$	$M_{z2,0} = 0,430 \text{ kNm}$	$N_{2,0} = 1,130 \text{ kN}$
$M_{y5,0} = 4,260 \text{ kNm}$	$M_{z5,0} = 0,010 \text{ kNm}$	$N_{5,0} = 0,010 \text{ kN}$
$M_y = 20,410 \text{ kNm}$	$M_z = 0,440 \text{ kNm}$	$N = 1,140 \text{ kN}$

Belki stropowe pracują jako mimośrodowo ściskane lub rozciągane.

Do dalszych obliczeń przyjęto belki prostokątne o przekroju 17x23cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$h = 23,00 \text{ cm}$	$I_y = 17236,58 \text{ cm}^4$	$W_y = 1498,83 \text{ cm}^3$
$b = 17,00 \text{ cm}$	$I_z = 9416,58 \text{ cm}^4$	$W_z = 1107,83 \text{ cm}^3$
$L = L_{dy} = 5,10 \text{ m}$	$A_d = 391,00 \text{ cm}^2$	$\beta_c = 0,2$
$L_{dz} = 1,00 \text{ m}$		

Stan graniczny nośności

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 6,64 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 76,81 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 13,4 \text{ MPa}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 4,91 \text{ cm} \quad \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 20,38 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 190,2 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 1,282 \quad \Rightarrow \quad k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,400$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,340 \quad \Rightarrow \quad k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,542$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,509 \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,038$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,509$ $k_{c,z} = 1,000$

Przypadek dla mimośrodowego rozciągania

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_d} = 0,03 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 13,6 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,40 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} = 0,967 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,306 < 0,75 \quad \Rightarrow \quad k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 13,62 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla mimośrodowego ściskania

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 0,057 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 13,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,029 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,4 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,964 < 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,964 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,306 < 0,75 \quad \Rightarrow \quad k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 13,62 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej

$$T_{y2,0} = 2,620 \text{ kN} \quad T_{z2,0} = 0,590 \text{ kN}$$

$$T_{y5,0} = 12,670 \text{ kN} \quad T_{z5,0} = 0,000 \text{ kN}$$

$$T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 15,301 \text{ kN} \quad T_y = 15,290 \text{ kN} \quad T_z = 0,590 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,59 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie istniejących belek $k_{def} = 0,50$

$$u_{inst,y2,0} = 0,30 \text{ cm}$$

$$u_{inst,z2,0} = 0,01 \text{ cm}$$

$$u_{inst,y5,0} = 1,73 \text{ cm}$$

$$u_{inst,z5,0} = 0,00 \text{ cm}$$

$$u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 2,03 \text{ cm}$$

$$u_{inst,y} = 2,03 \text{ cm}$$

$$u_{inst,z} = 0,01 \text{ cm}$$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 3,05 \text{ cm} < u_{net,fin} = (L / 250) \times 1,5 = 3,06 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Z powyższych obliczeń wynika, iż przedmiotowe belki stropowe spełniają warunki stanu granicznego nośności oraz użytkowania i nie wymagają dodatkowych wzmocnień.

Poz. 5.3 Żelbetowa monolityczna płyta stropodachu

Projektuje się strop jako żelbetową monolityczną płytę z betonu B-25 zbrojoną krzyżowo prętami ze stali A-III N.

Na przedmiotowy strop będą działać następujące obciążenia:

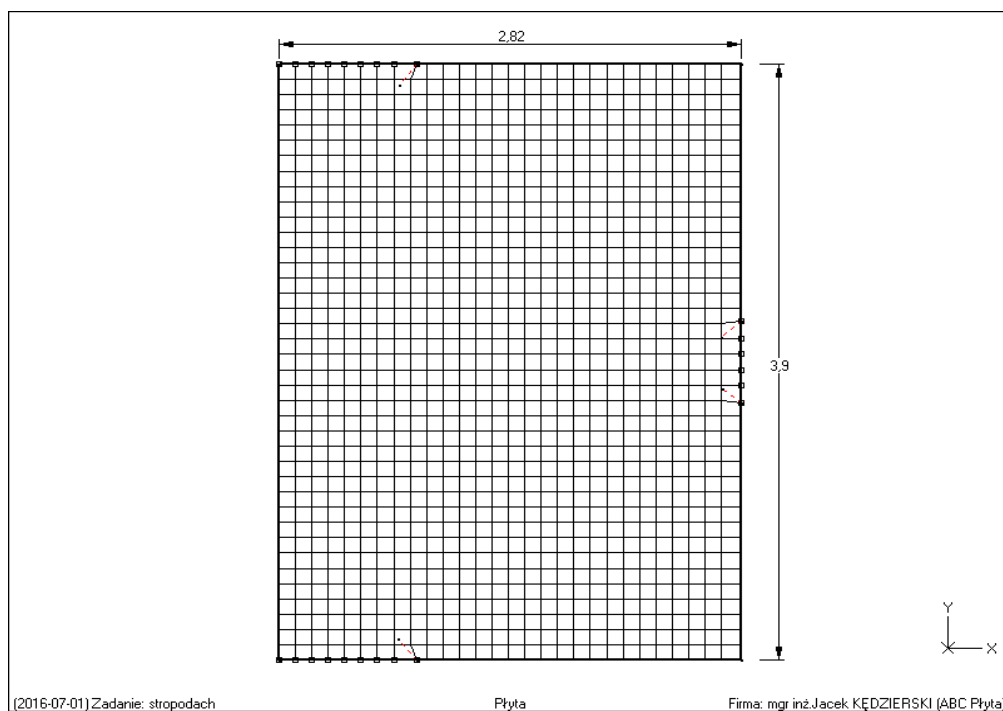
		kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Obciążenia zmienne stropodachu Poz. 1.1.8	$q_{k1} =$	4,611	1,50	6,916
Obciążenia zmienne stropodachu Poz. 1.1.8	$q_{k2} =$	2,799	1,50	4,198
Obciążenia stałe stropodachu Poz. 1.2.4	$q_k =$	0,808	1,24	0,998

Ponadto na krawędzi płyty stropowej będą działać następujące obciążenia od attyki:

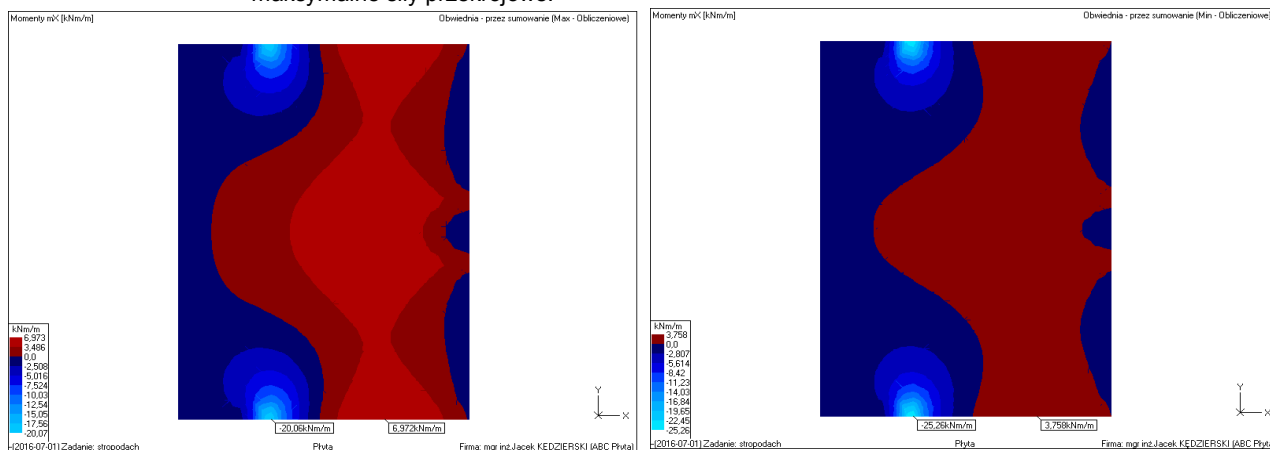
	kN/m	γ_f	kN/m
Obciążenie wieńcem 0,20m x 0,24m x 25kN/m ³	1,200	1,10	1,320
Obciążenie ścianą attyki Poz. 1.3.3 x 0,85m	4,637	1,14	5,241
$q_k =$	5,837	1,13	6,561

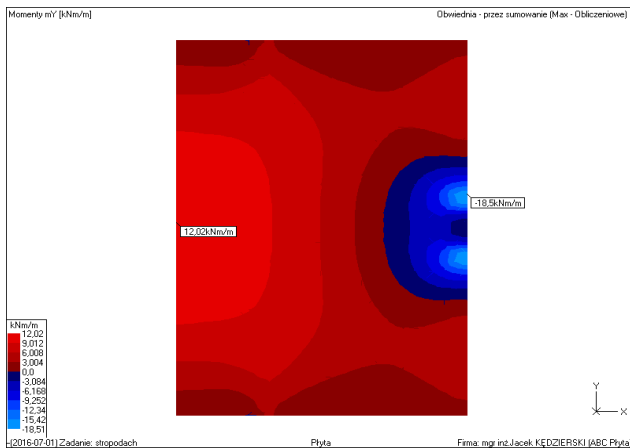
Ciężar własny płyty stropowej uwzględniono automatycznie w programie obliczeniowym ABC Płyta.

Jako schemat statyczny przyjęto całą płytę stropową swobodnie podpartą na ścianach jak niżej:



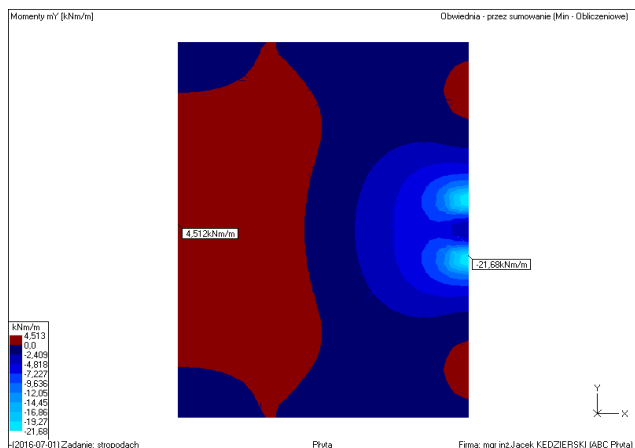
Dla powyższych obciążeń oraz schematu statycznego uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:





$$M_{x,prz\acute{e}} = 7,0 \text{ kNm}$$

$$M_{x,podp} = 25,3 \text{ kNm}$$



$$M_{y,prz\acute{e}} = 12,0 \text{ kNm}$$

$$M_{y,podp} = 21,7 \text{ kNm}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton C20/25 $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$

$E_{cm} = 30 \text{ GPa}$

Stal A-III N $f_{yd} = 420 \text{ MPa}$

Klasa ekspozycji XC1

$c_{min} = 15 \text{ mm}$

$\Delta c = 10 \text{ mm}$

rozpiętość efektywna $l_{eff} = 3,90 \text{ m}$

wysokość płyty $h = 0,15 \text{ m}$

szerokość płyty $b = 1,00 \text{ m}$

średnica pręta podłużnego $\phi = 10 \text{ mm}$

otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 25 \text{ mm}$

a_1 i $a_2 = 30 \text{ mm}$

użyteczna wysokość przekroju $d_x = 0,12 \text{ m}$

użyteczna wysokość przekroju $d_y = d_x - \phi = 0,11 \text{ m}$

Zbrojenie przęsłowe dla M_x

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,036$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5 \zeta_{eff} = 0,981$$

przyjęto $\phi = 10 \text{ mm}$

$$\Rightarrow \zeta_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,037$$

$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 1,409 \text{ cm}^2$$

co 28 cm o $A_{s1,prov} = 2,805 \text{ cm}^2$

Zbrojenie podporowe dla M_x

$$\mu_{eff} = 0,132$$

$$\zeta_{eff} = 0,142$$

$$\zeta_{eff} = 0,929$$

$$A_{s2} = 5,395 \text{ cm}^2$$

przyjęto $\phi = 10 \text{ mm}$

co 14 cm o $A_{s2,prov} = 5,610 \text{ cm}^2$

Zbrojenie przęsłowe dla M_y

$$\mu_{eff} = 0,075$$

$$\zeta_{eff} = 0,078$$

$$\zeta_{eff} = 0,961$$

$$A_{s1} = 2,707 \text{ cm}^2$$

przyjęto $\phi = 10 \text{ mm}$

co 28 cm o $A_{s1,prov} = 2,805 \text{ cm}^2$

Zbrojenie podporowe dla M_y

$$\mu_{eff} = 0,135$$

$$\zeta_{eff} = 0,145$$

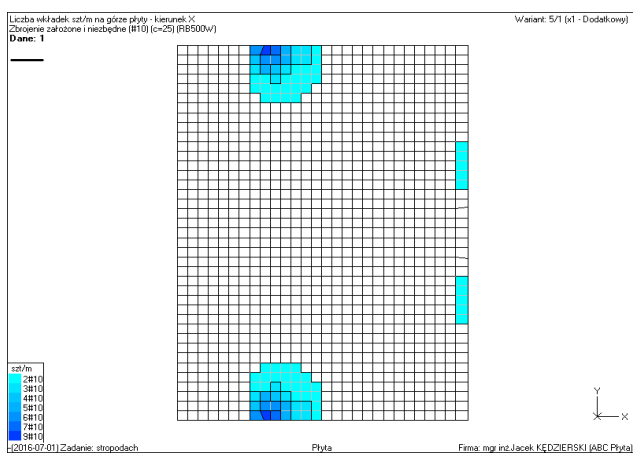
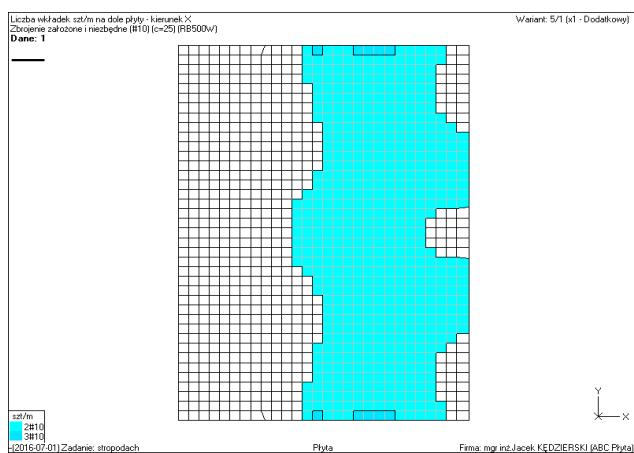
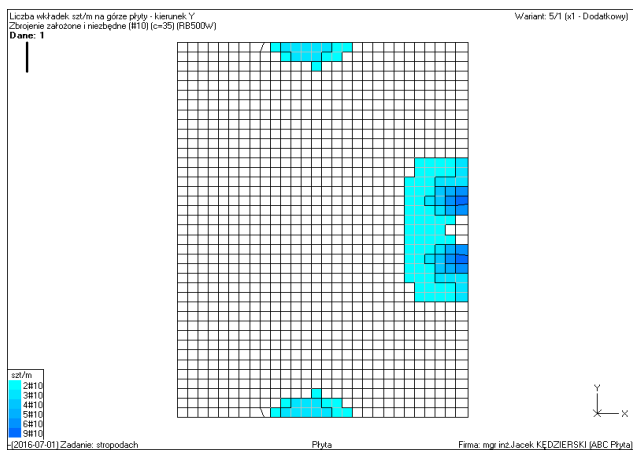
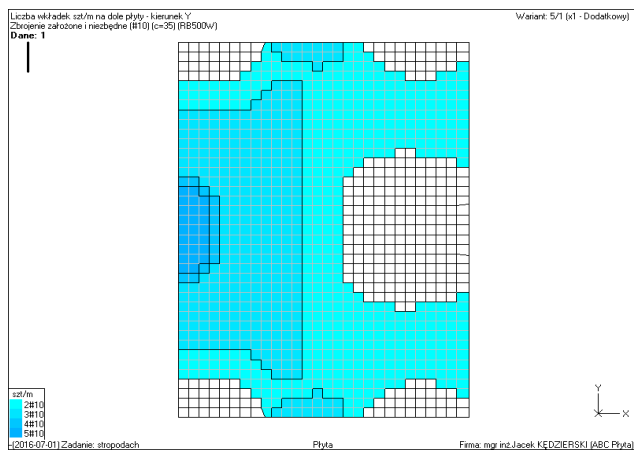
$$\zeta_{eff} = 0,927$$

$$A_{s2} = 5,060 \text{ cm}^2$$

przyjęto $\phi = 10 \text{ mm}$

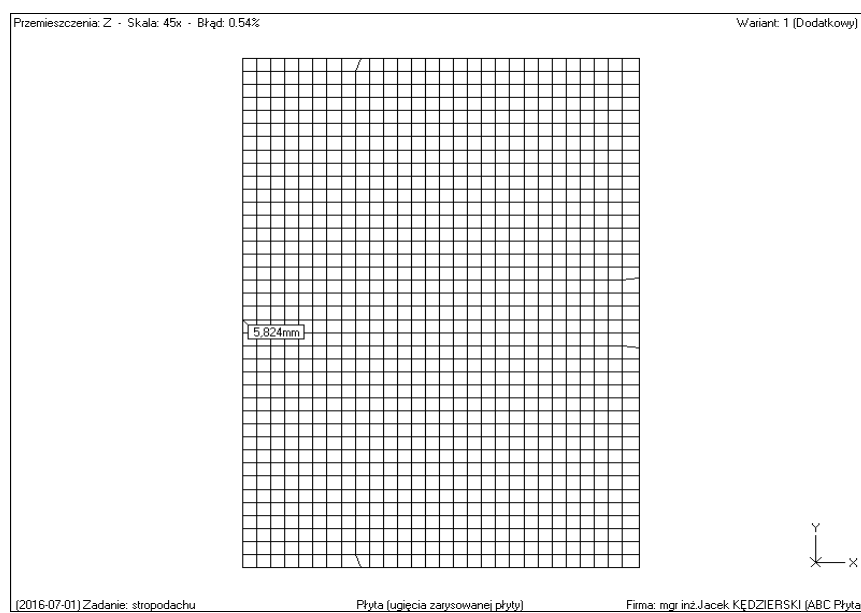
co 14 cm o $A_{s2,prov} = 5,610 \text{ cm}^2$

Powyższe zbrojenie zostało określone dla największych sił występujących lokalnie w płycie stropowej. Szczegółowy rozkład i ilość zbrojenia w poszczególnych miejscach dokładnie określono w dokumentacji graficznej.



Ugięcie konstrukcji w stanie zarysowanym

$$a = 0,58 \text{ cm} < a_{\text{lim}} = l_{\text{eff}} / 200 = 1,95 \text{ cm} \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$



Poz. 6.0 Podciągi i nadproża I piętra

Poz. 6.1 Podciąg drewniany o przekroju 23x25cm

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 5.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_y = 32,030 \text{ kNm} \quad M_z = 0,000 \text{ kNm} \quad N = 5,530 \text{ kN}$$

Podciąg pracuje jako mimośrodowo ściskany lub rozciągany.

Do dalszych obliczeń przyjęto podciąg prostokątny o przekroju 23x25cm. Jednak z uwagi na 2cm podcięcia na "gniazda" belek stropowych dalej przyjęto przekrój 23x23cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{aligned} h &= 23,00 \text{ cm} & I_y &= 23320,08 \text{ cm}^4 & W_y &= 2027,83 \text{ cm}^3 \\ b &= 23,00 \text{ cm} & I_z &= 23320,08 \text{ cm}^4 & W_z &= 2027,83 \text{ cm}^3 \\ L = L_{dy} &= 3,20 \text{ m} & A_d &= 529,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L_{dz} &= 0,84 \text{ m} \end{aligned}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{aligned} i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 6,64 \text{ cm} & \lambda_y &= \frac{L_{dy}}{i_y} = 48,20 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 34,0 \text{ MPa} \\ i_z &= \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 6,64 \text{ cm} & \lambda_z &= \frac{L_{dz}}{i_z} = 12,65 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 493,3 \text{ MPa} \\ \lambda_{rel,y} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 0,805 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,854 \\ \lambda_{rel,z} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,211 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,493 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,877 & k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,065 \end{aligned}$$

$$\text{Dalej przyjęto } k_{c,y} = 0,877 \quad k_{c,z} = 1,000$$

Przypadek dla mimośrodowego rozciągania

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_d} = 0,10 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 15,8 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,099 > 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,179 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 15,80 \text{ MPa} > k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla mimośrodowego ściskania

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 0,119 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 15,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,105 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,087 > 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,087 > 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,179 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 15,80 \text{ MPa} > k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe nie spełnione

Wpływ siły ścinającej $T_y = 58,300 \text{ kN}$ $T_z = 0,040 \text{ kN}$ $T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 58,300 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 1,653 \text{ MPa} > f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy nie spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie istniejących belek $u_{inst,y} = 1,03 \text{ cm}$ $u_{inst,z} = 0,00 \text{ cm}$ $u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 1,03 \text{ cm}$ $k_{def} = 0,50$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 1,55 \text{ cm} < u_{net,fin} = (L / 250) \times 1,5 = 1,92 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Z powyższych obliczeń wynika, iż przedmiotowe podciągry nie spełniają warunku stanu granicznego nośności i wymagają dodatkowych wzmocnień.

Dalej przyjęto podciągry prostokątne o przekroju 23x25cm wzmocnione obustronnymi nakładkami bocznymi o przekroju 6x25cm co łącznie daje przekrój 35x25cm, z uwagi jednak na podcięcia pod belki stropowe do dalszych obliczeń przyjęto przekrój 35x23cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{aligned} h &= 23,00 \text{ cm} & I_y &= 35487,08 \text{ cm}^4 & W_y &= 3085,83 \text{ cm}^3 \\ b &= 35,00 \text{ cm} & I_z &= 82177,08 \text{ cm}^4 & W_z &= 4695,83 \text{ cm}^3 \\ L &= L_{dy} = 3,20 \text{ m} & A_d &= 805,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L &= L_{dz} = 0,84 \text{ m} \end{aligned}$$

Przypadek dla mimośrodowego rozciągania

$$\begin{aligned} \sigma_{t,0,d} &= \frac{N}{A_d} = 0,069 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 10,4 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,00 \text{ MPa} \\ \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,722 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,179 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 10,38 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla mimośrodowego ściskania

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 0,078 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 10,4 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,069 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,714 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,714 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,179 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 10,38 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Z powyższych obliczeń sprawdzających wynika, iż wzmocnienie krokwi nakładką boczną zapewnia spełnienie wszystkich warunków stanu granicznego nośności.

Rozstaw osiowy grup gwoździ na końcach nakładki $s = 1,00 \text{ m}$

Siła ścinająca jedną grupę gwoździ $V = M_{y,\max} / s = 32,030 \text{ kN}$

Łączone elementy: Podciąg $h = 230 \text{ mm}$ Nakładka $h = 230 \text{ mm}$
 $\rho_k = 370 \text{ kg/m}^3$ $t_2 = b = 230 \text{ mm}$ $t_1 = b = 60 \text{ mm}$

Średnica gwoździ $d_{\max} = t_1 / 6 = 10 \text{ mm}$ $d_{\min} = t_1 / 11 = 5,5 \text{ mm}$

Do dalszych obliczeń przyjęto gwoździe o średnicy $d = 6,5 \text{ mm}$

Minimalna długość gwoździa $l_{\min.} = t_1 + 1 + 8d + 1,5d = 123 \text{ mm}$

Maksymalna długość gwoździa $l_{\max.} = t_1 + 1 + t_2 = 291 \text{ mm}$

Ostatecznie do wykonania połączenia przyjęto gwoździe 6,5x160mm.

Minimalna grubość elementu drewnianego występująca w złączu

$$t = \max (7d ; (13d - 30)\rho_k / 400) = (45,5 \text{ mm} ; 50,4 \text{ mm}) = 50,4 \text{ mm} < t_1 = b = 60 \text{ mm}$$

Wartość charakterystyczna i obliczeniowa na docisk i moment uplastyczniający dla gwoździ okrągłych bez wcześniejszego nawiercania otworów:

$$f_{h,k} = 0,082 \rho_k d^{0,3} = 17,30 \text{ N/mm}^2 \quad M_{y,k} = 180 d^{2,6} = 23380,15 \text{ Nmm}$$
$$f_{h,d} = f_{h,k} k_{\text{mod}} / \gamma_M = 9,32 \text{ N/mm}^2 \quad M_{y,d} = M_{y,k} / \gamma_{Ms} = 21254,68 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,d} = f_{h,1,d} = f_{h,2,d} = 9,32 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \beta = 1,0$$

$$R_d = f_{h,1,d} t_1 d = 3633,8 \text{ N}$$

$$R_d = f_{h,1,d} t_2 d \beta = 13929,6 \text{ N}$$

$$R_d = \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] = 4662,1 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2 (1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,d}}{f_{h,1,d} d t_2^2}} - \beta \right] = 5208,7 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,d}}{f_{h,1,d} d t_1^2}} - \beta \right] = 1697,1 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,d} f_{h,1,d} d} = 1765,0 \text{ N}$$

$$\text{Miarodajna nośność } R_d = R_{d,\min} = 1697,1 \text{ N}$$

Niezbędna liczba łączników w połączeniu jednej grupy gwoździ $n = N / R_d = 18,87 \text{ szt.}$

Biorąc pod uwagę, iż przyjęto obustronne nakładki na jedną nakładkę w jednej grupie potrzebne jest $n_1 = n / 2 = 9,44 \text{ szt.}$ gwoździ.

Rozstaw gwoździ w nakładce

Rozstaw gwoździ: $\alpha = 0,00^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 1,000 \quad \sin \alpha = 0,000$

odległość między żędami (wzdłuż włókien)

$$a_1 = (5 + 7 \cos \alpha) d = 78 \text{ mm}$$

odległość między żędami (w poprzek włókien)

$$a_2 = 5 d = 32,5 \text{ mm}$$

odległość od końca obciążonego

$$a_{3t} = (10 + 5 \cos \alpha) d = 97,5 \text{ mm}$$

odległość od końca nie obciążonego

$$a_{3c} = 10 d = 65 \text{ mm}$$

odległość od krawędzi obciążonej

$$a_{4t} = (5 + 5 \sin \alpha) d = 32,5 \text{ mm}$$

odległość od krawędzi nie obciążonej

$$a_{4c} = 5 d = 32,5 \text{ mm}$$

Ostatecznie w jednej grupie gwoździ przyjęto 10szt. gwoździ 10x160mm.

Poz. 6.2 Podciąg drewniany o przekroju 2x 23x25cm

Zgodnie z Załącznikiem Nr 2.

Poz. 6.3 Miecze o przekroju 14x14cm

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 5.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_y = 0,020 \text{ kNm} \quad M_z = 0,000 \text{ kNm} \quad N = 108,670 \text{ kN}$$

Miecze pracują jako mimośrodowo ściskane.

Do dalszych obliczeń przyjęto miecze kwadratowe o przekroju 14x14cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{aligned} h &= 14,00 \text{ cm} & I_y &= 3201,33 \text{ cm}^4 & W_y &= 457,33 \text{ cm}^3 \\ b &= 14,00 \text{ cm} & I_z &= 3201,33 \text{ cm}^4 & W_z &= 457,33 \text{ cm}^3 \\ L = L_{dy} &= 1,34 \text{ m} & A_d &= 196,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L_{dz} &= 1,34 \text{ m} \end{aligned}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{aligned} i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 4,04 \text{ cm} & \lambda_y &= \frac{L_{dy}}{i_y} = 33,16 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 71,8 \text{ MPa} \\ i_z &= \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 4,04 \text{ cm} & \lambda_z &= \frac{L_{dz}}{i_z} = 33,16 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 71,8 \text{ MPa} \\ \lambda_{rel,y} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 0,553 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,659 \\ \lambda_{rel,z} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,553 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,659 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,985 & k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,985 \end{aligned}$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,985$ $k_{c,z} = 0,985$

Przypadek dla mimośrodowego ściskania

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 5,629 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 0,0 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 5,629 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,229 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,229 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,149 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 0,04 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej $T_y = 0,050 \text{ kN}$ $T_z = 0,000 \text{ kN}$ $T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 0,050 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,004 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy nie spełniony

Poz. 6.4 Wzmocnienie stropu żelbetowego o rozpiętości 2,96m

W związku z koniecznością wykucia części monolitycznego stropu żelbetowego pod sztywne podnośniki dla osób niepełnosprawnych należy wzmocnić przedmiotowy strop poprzez podparcie go stalowymi belkami.

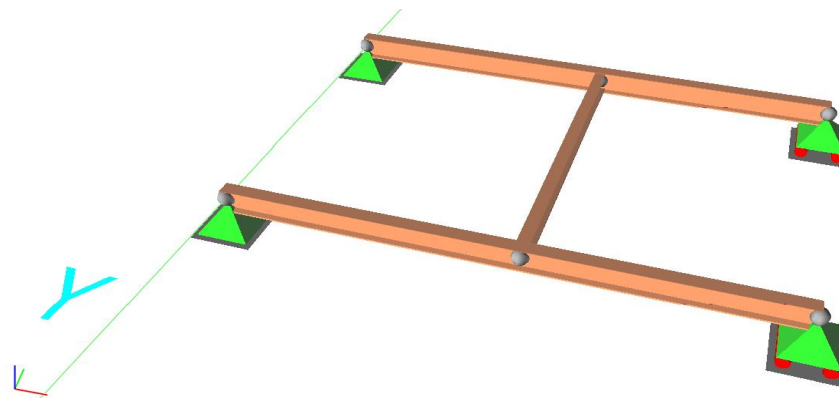
W związku z powyższym projektuje się rusz ze stalowych dwuteowych belek gorącowalcowanych ze stali S235.

Na przedmiotowy strop będą działać następujące obciążenia powierzchniowe:

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Obciążenia zmienne stropu Poz. 1.2.3	4,000	1,30	5,200
Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.3	5,725	1,15	6,566
$q_k =$	9,725	1,21	11,766

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono automatycznie w programie obliczeniowym.

Jako schemat statyczny przyjęto ruszt z dwuteowników jak niżej:



Poz. 6.4.1 Belki główne o rozpiętości 2,96m

Do dalszych obliczeń przyjęto dwuteowe gorącowalcowane belki ze stali S235.

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 6.4 uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M_x = 18,22 \text{ kNm} \quad T_x = 20,58 \text{ kN}$$

Do dalszych obliczeń przyjęto belki stalowe z dwuteownika 160 ze stali S235 o następujących parametrach przekroju:

$W_x =$	117,00 cm ³	$h =$	16,00 cm	$\varepsilon = \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 0,96$
$W_y =$	14,80 cm ³	$b =$	7,40 cm	
$A =$	22,80 cm ²	$t_w =$	0,63 cm	
$i_x =$	6,40 cm	$t_f =$	0,95 cm	$f_d = 235 \text{ MPa}$
$i_y =$	1,55 cm	$R =$	0,63 cm	
$L = l_0 =$	3,10 m	$\mu_x = \mu_y =$	1	
$l_1 =$	1,66 m	$\beta =$	1	

klasa przekroju

Środek	$\frac{h - 2t_f - 2R}{t_w} = 20,38$	$< 66\varepsilon = 63,13$	Przekrój klasy 1
Półka	$\frac{b - t_w - 2R}{2t_f} = 2,90$	$< 9\varepsilon = 8,61$	Przekrój klasy 1

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1

$$\alpha_p = 1$$

$$\psi = 1$$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 27,5 \text{ kNm} \quad M_{Ry} = \alpha_p W_y f_d = 3,5 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_L = 0,045 \sqrt{\frac{I_1 h}{b t_f} \beta \frac{f_d}{215}} = 0,914 \quad \text{dla } n = 2,5 \quad \Rightarrow \quad \varphi_L = 0,821$$

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = 0,808 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środka na ścinanie $K = 1,00$ $A_{Vx} = h t_w = 10,080 \text{ cm}^2$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{h}{t_w} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,474 \quad \Rightarrow \quad \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 2,11 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto $\varphi_{pv,x} = 1,00$ $V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 137,39 \text{ kN}$

$$T_{x,max} = 20,58 \text{ kN} < 0,6 V_{Rx} = 82,43 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć $f_x = 0,75 \text{ cm}$ $f_y = 0,00 \text{ cm}$ $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,75 \text{ cm}$

$$f = 0,75 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{L}{250} = 1,24 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

Poz. 6.4.2 Wymian

Konstrukcyjnie przyjęto belkę z dwuteownika gorącowalcowanego 140 ze stali S235.

Poz. 6.5 Nadproże o rozpiętości 1,51

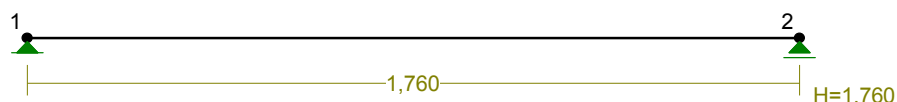
Z uwagi na nową przybudówkę projektuje się nowy otwór drzwiowy nad którym należy wykonać nadproże składające się z dwóch belek z ceownika gorącowalcowanego ze stali S235 skręconych śrubami M12.

Na przedmiotowe nadproże będą działać następujące obciążenia:

	kN/m ²	γ_f	kN/m ²
Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.6 x 1,95m	1,872	1,50	2,808
Obciążenia zmienne dachu - wiatr Poz. 1.1.4 x 1,95m	0,400	1,51	0,601
Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.1 x 1,95m	3,510	1,20	4,212
Krokwie 0,11m x 0,15m x 6kN/m ³ x 1,95m / 0,83m	0,233	1,10	0,256
Murlata 0,14m x 0,16m x 6kN/m ³	0,134	1,10	0,148
Obciążenia zmienne stropu Poz. 1.2.1 x 1,65m	0,413	1,40	0,578
Obciążenia stałe Poz. 1.2.1 x 1,65m	1,848	1,20	2,218
Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 2,55m	18,896	1,12	21,076
Obciążenia zmienne stropu Poz. 1.2.3 x 1,65m	6,600	1,30	8,580
Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.3 x 1,65m	9,446	1,15	10,833
Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 1,25m	9,263	1,12	10,331
$q_k =$	52,614	1,18	61,640

Ciężar własny podciagu uwzględniono automatycznie w programie obliczeniowym.

Jako schemat statyczny przyjęto belkę jednoprzęsłową swobodnie podpartą jak niżej:



Dla powyższych obciążeń oraz schematu statycznego uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M_x = 24,18 \text{ kNm} \quad T_x = 54,94 \text{ kN}$$

Jako nadproże przyjęto belkę stalową z dwóch skręconych śrubami M12 ceowników 140 ze stali S235 o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{aligned}
 W_x &= 172,86 \text{ cm}^3 & h &= 14,00 \text{ cm} \\
 i_y &= 17,34 \text{ cm} & b &= 6,00 \text{ cm} \\
 L = l_0 &= 1,76 \text{ m} & t_w &= 0,70 \text{ cm} \\
 & & t_f &= 1,00 \text{ cm} \\
 & & R &= 1,00 \text{ cm}
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{aligned}
 \varepsilon &= \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 0,96 \\
 f_d &= 235 \text{ MPa} \\
 \beta &= 1
 \end{aligned}$$

klasa przekroju

$$\begin{aligned}
 \text{Środek} & \quad \frac{h - 2t_f - 2R}{t_w} = 14,29 < 66\varepsilon = 63,13 & \text{Przekrój klasy 1} \\
 \text{Półka} & \quad \frac{b - t_w - R}{t_f} = 4,30 < 9\varepsilon = 8,61 & \text{Przekrój klasy 1}
 \end{aligned}$$

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1 $\alpha_p = 1$ $\psi = 1$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 40,6 \text{ kNm}$$

$$l_1 = L = 1,76 \text{ m} < \frac{35i_y}{\beta} \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 5,81 \text{ m} \Rightarrow \varphi_L = 1,000$$

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = 0,595 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\text{Nośność środka na ścinanie } K = 1,00 \quad A_{Vx} = 2 h t_w = 19,600 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{h K}{t_w 56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,373 \Rightarrow \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 2,68 > 1$$

$$\text{Do dalszych obliczeń przyjęto} \quad \varphi_{pv,x} = 1,00 \quad V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 267,15 \text{ kN}$$

$$T_{x,max} = 54,94 \text{ kN} < 0,3 V_{Rx} = 80,14 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć

$$f = 0,27 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{L}{250} = 0,70 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

Poz. 6.6 Nadproże o rozpiętości 1,32

Konstrukcyjnie przyjęto nadproże jak w Poz. 6.5.

Poz. 6.7 Nadproże o rozpiętości 1,10

Konstrukcyjnie przyjęto nadproże z dwóch ceowników gorącowlcowanych 120 ze stali S235.

Poz. 7.0 Słupy I piętra

Poz. 7.1 Słup drewniany o przekroju 20x20cm

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 5.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$\begin{aligned}
 M_{y,max} &= 13,770 \text{ kNm} & M_y &= 0,010 \text{ kNm} & M_y &= 0,000 \text{ kNm} \\
 M_z &= 0,000 \text{ kNm} & M_{z,max} &= 0,090 \text{ kNm} & M_z &= 0,000 \text{ kNm} \\
 N_{sci.} &= 107,390 \text{ kN} & N_{sci.} &= 164,80 \text{ kN} & N_{sci,max} &= 253,72 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Słupy pracują jako mimośrodowo ściskane.

Do dalszych obliczeń przyjęto słupy kwadratowe o przekroju 20x20cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{array}{lll}
 h = 20,00 \text{ cm} & I_y = 13333,33 \text{ cm}^4 & W_y = 1333,33 \text{ cm}^3 \\
 b = 20,00 \text{ cm} & I_z = 13333,33 \text{ cm}^4 & W_z = 1333,33 \text{ cm}^3 \\
 L = L_{dy} = 2,63 \text{ m} & A_d = 400,00 \text{ cm}^2 & \beta_c = 0,2 \\
 L_{dz} = 3,55 \text{ m} & &
 \end{array}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{aligned}
 i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 5,77 \text{ cm} & \lambda_y &= \frac{L_{dy}}{i_y} = 45,55 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 38,1 \text{ MPa} \\
 i_z &= \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 5,77 \text{ cm} & \lambda_z &= \frac{L_{dz}}{i_z} = 61,49 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 20,9 \text{ MPa} \\
 \lambda_{rel,y} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 0,760 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,815 \\
 \lambda_{rel,z} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 1,026 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 1,079 \\
 k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,902 & k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,708
 \end{aligned}$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,902$ $k_{c,z} = 0,708$

Przypadek $M_{y,max}$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 2,977 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 10,3 \text{ MPa} \\
 \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 3,795 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa} \\
 \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,774 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,813 < 1 \\
 \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,174 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\
 \sigma_{m,y,d} &= 10,33 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek $M_{z,max}$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 4,568 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 0,0 \text{ MPa} \\
 \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 5,823 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,1 \text{ MPa} \\
 \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,154 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,247 < 1 \\
 \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,174 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\
 \sigma_{m,y,d} &= 0,07 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek $N_{sci,max}$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 7,033 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 0,0 \text{ MPa} \\
 \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 8,965 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,352 < 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,573 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,174 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,00 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej $T_y = 14,890 \text{ kN}$ $T_z = 0,030 \text{ kN}$ $T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 14,890 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,558 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy nie spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie istniejących belek $u_{inst,y} = 0,71 \text{ cm}$ $u_{inst,z} = 0,00 \text{ cm}$ $u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 0,71 \text{ cm}$ $k_{def} = 0,50$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 1,07 \text{ cm} < u_{net,fin} = (L / 250) \times 1,5 = 1,58 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Poz. 7.2 Monolityczny słup żelbetowy o przekroju 24x84cm

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczny słup żelbetowy o przekroju 24x84cm z betonu C20/25 (B-25) zbrojony obustronnie prętami głównymi $\phi 10$ ze stali A III N w rozstawie co 15 cm i strzemionami $\phi 6$ mm ze stali A-0 w rozstawie co 10 i 20cm.

Poz. 7.3 Monolityczny słup żelbetowy o przekroju 24x54cm

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczny słup żelbetowy o przekroju 24x54cm z betonu C20/25 (B-25) zbrojony obustronnie prętami głównymi $\phi 10$ ze stali A III N w rozstawie co 15 cm i strzemionami $\phi 6$ mm ze stali A-0 w rozstawie co 10 i 20cm.

Poz. 8.0 Strop nad parterem

Poz. 8.1 Belki stropowe ciągłe dwuprzęsłowe

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 5.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_y = 16,84 \text{ kNm} \quad M_z = 0,00 \text{ kNm} \quad N = 0,03 \text{ kN}$$

Belki stropowe pracują jako mimośrodowo ściskane lub rozciągane.

Do dalszych obliczeń przyjęto belki prostokątne o przekroju 17x23cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{aligned} h &= 23,00 \text{ cm} & I_y &= 17236,58 \text{ cm}^4 & W_y &= 1498,83 \text{ cm}^3 \\ b &= 17,00 \text{ cm} & I_z &= 9416,58 \text{ cm}^4 & W_z &= 1107,83 \text{ cm}^3 \\ L = L_{dy} &= 5,10 \text{ m} & A_d &= 391,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L_{dz} &= 1,00 \text{ m} \end{aligned}$$

Stan graniczny nośności

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 6,64 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 76,81 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 13,4 \text{ MPa}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 4,91 \text{ cm} \quad \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 20,38 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 190,2 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 1,282 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,400$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,340 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,542$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,509 \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,038$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,509$ $k_{c,z} = 1,000$

Przypadek dla mimośrodkowego rozciągania

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_d} = 0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 11,2 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,773 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,306 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 11,24 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla mimośrodkowego ściskania

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 0,002 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 11,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,001 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,773 < 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,773 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,306 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 11,24 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej

$$T_y = 16,62 \text{ kN}$$

$$T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 16,620 \text{ kN}$$

$$T_z = 0,00 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,64 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie istniejących belek

$$u_{inst,y} = 1,11 \text{ cm}$$

$$u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 1,11 \text{ cm}$$

$$u_{inst,z} = 0,00 \text{ cm}$$

$$k_{def} = 0,50$$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 1,67 \text{ cm}$$

$$< u_{net,fin} = (L / 250) \times 1,5 = 3,06 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Poz. 8.2 Belki stropowe jednoprzęsłowe

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 5.0 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_y = 17,24 \text{ kNm} \quad M_z = 0,00 \text{ kNm} \quad N = 0,00 \text{ kN}$$

Belki stropowe pracują jako mimośrodowo ściskane lub rozciągane.

Do dalszych obliczeń przyjęto belki prostokątne o przekroju 17x23cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{aligned} h &= 23,00 \text{ cm} & I_y &= 17236,58 \text{ cm}^4 & W_y &= 1498,83 \text{ cm}^3 \\ b &= 17,00 \text{ cm} & I_z &= 9416,58 \text{ cm}^4 & W_z &= 1107,83 \text{ cm}^3 \\ L = L_{dy} &= 5,10 \text{ m} & A_d &= 391,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L_{dz} &= 1,00 \text{ m} \end{aligned}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{aligned} i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 6,64 \text{ cm} & \lambda_y &= \frac{L_{dy}}{i_y} = 76,81 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 13,4 \text{ MPa} \\ i_z &= \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 4,91 \text{ cm} & \lambda_z &= \frac{L_{dz}}{i_z} = 20,38 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 190,2 \text{ MPa} \\ \lambda_{rel,y} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 1,282 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,400 \\ \lambda_{rel,z} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,340 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,542 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,509 & k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,038 \end{aligned}$$

Dalej przyjęto $k_{c,y} = 0,509$ $k_{c,z} = 1,000$

Przypadek dla mimośrodowego rozciągania

$$\begin{aligned} \sigma_{t,0,d} &= \frac{N}{A_d} = 0,00 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 11,5 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,00 \text{ MPa} \\ \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,791 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,306 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 11,50 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} & &= 14,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla mimośrodowego ściskania

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 0,000 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 11,5 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,000 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa} \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,791 < 1 & \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,791 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,306 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 11,50 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} & &= 14,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej $T_y = 13,80 \text{ kN}$ $T_z = 0,00 \text{ kN}$ $T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 13,800 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,53 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie istniejących belek $u_{inst,y} = 1,99 \text{ cm}$ $u_{inst,z} = 0,00 \text{ cm}$ $u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 1,99 \text{ cm}$

$k_{def} = 0,50$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 2,99 \text{ cm} < u_{net,fin} = (L / 250) \times 1,5 = 3,06 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Poz. 8.3 Żelbetowa monolityczna płyta stropowa

Konstrukcyjnie przyjęto płytę stropową jak w Poz. 5.3.

Poz. 9.0 Podciągi i nadproża parteru

Poz. 9.1 Podciąg stalowy o rozpiętości 5,01m

Do dalszych obliczeń przyjęto, że istniejące dwuteowe gorącowalcowane belki z dwuteownika 340 wykonano ze stali S235.

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 5.0 uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$\begin{aligned} M_x &= 101,85 \text{ kNm} & T_x &= 68,16 \text{ kN} \\ M_y &= 0,00 \text{ kNm} & T_y &= 0,00 \text{ kN} \\ N_{sci} &= 0,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dalej sprawdzano belki stalowe z dwuteownika 340 ze stali StOS o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{aligned} W_x &= 923,00 \text{ cm}^3 & h &= 34,00 \text{ cm} \\ W_y &= 98,40 \text{ cm}^3 & b &= 13,70 \text{ cm} & \varepsilon &= \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1,11 \\ A &= 86,80 \text{ cm}^2 & t_w &= 1,22 \text{ cm} \\ i_x &= 13,50 \text{ cm} & t_f &= 1,83 \text{ cm} & f_d &= 175 \text{ MPa} \\ i_y &= 2,80 \text{ cm} & R &= 1,22 \text{ cm} \\ L = l_0 &= 5,01 \text{ m} & \mu_x = \mu_y &= 1 \\ l_1 &= 0,84 \text{ m} & \beta &= 1 \end{aligned}$$

klasa przekroju

$$\begin{aligned} \text{Środek} & \frac{h - 2t_f - 2R}{t_w} = 22,87 < 66\varepsilon = 73,16 & \text{Przekrój klasy 1} \\ \text{Półka} & \frac{b - t_w - 2R}{2t_f} = 2,74 < 9\varepsilon = 9,98 & \text{Przekrój klasy 1} \end{aligned}$$

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1 $\alpha_p = 1$ $\psi = 1$

$$\begin{aligned} M_{Rx} &= \alpha_p W_x f_d = 161,5 \text{ kNm} & M_{Ry} &= \alpha_p W_y f_d = 17,2 \text{ kNm} \\ \bar{\lambda}_L &= 0,045 \sqrt{\frac{I_1 h}{b t_f} \beta \frac{f_d}{215}} = 0,433 & \text{dla } n &= 2,5 \Rightarrow \varphi_L = 0,994 \end{aligned}$$

$$N_{Rc} = \psi A f_d = 1519,0 \text{ kN}$$

$$\lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 93,11 \text{ MPa}$$

$$\lambda_x = \frac{\mu_x I_0}{i_x} = 37,111 \Rightarrow \bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_p} = 0,399 \quad \text{dla } n = 2,0 \Rightarrow \varphi_x = 0,988$$

$$\lambda_y = \frac{\mu_y I_0}{i_y} = 30,000 \Rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_p} = 0,322 \quad \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_y = 0,984$$

Przypadek dla mimośrodowego ściskania

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{M_x}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1 \quad \Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{M_y}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_x = 0,635 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_y = 0,635 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środnika na ścinanie $K = 1,00$

$$A_{Vx} = h t_w = 41,480 \text{ cm}^2$$

$$A_{Vy} = 2 b t_f = 50,142 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{h}{t_w} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,449 \Rightarrow \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 2,23 > 1$$

$$\bar{\lambda}_{py} = \frac{2b}{t_f} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,241 \Rightarrow \varphi_{pv,y} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{py}} = 4,15 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto $\varphi_{pv,x} = \varphi_{pv,y} = 1,00$

$$V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 421,02 \text{ kN}$$

$$V_{Ry} = 0,58 \varphi_{pv,y} A_{Vy} f_d = 508,94 \text{ kN}$$

$$T_{x,max} = 68,16 \text{ kN} < 0,6 V_{Rx} = 252,61 \text{ kN}$$

$$T_{y,max} = 0,00 \text{ kN} < 0,3 V_{Ry} = 152,68 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć

$$f_x = 0,71 \text{ cm}$$

$$f_y = 0,05 \text{ cm}$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,71 \text{ cm}$$

$$f = 0,71 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{L}{250} = 2,00 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

Poz. 9.2 Wzmocnienie stropu żelbetowego o rozpiętości 2,96m

Poz. 9.2.1 Belki główne o rozpiętości 2,96m

Konstrukcyjnie przyjęto belki jak w Poz. 6.4.1.

Poz. 9.2.2 Wymian

Konstrukcyjnie przyjęto belkę jak w Poz. 6.4.2.

Poz. 9.3 Podciąg o rozpiętości 2,96m

Z uwagi na rozbiórkę ściany nośnej na której najprawdopodobniej oparta jest monolityczna żelbetowa płyta stropowa klatki schodowej zachodzi konieczność jej podparcia. W związku z powyższym konstrukcyjnie przyjęto dwie belki z dwuteownika gorącowalcowanego 160 ze stali S235.

Poz. 9.4 Podciąg o rozpiętości 2,32m

Z uwagi na konieczność oparcia belki Poz. 9.2.1 projektuje się pod istniejącym podciągami wykonanie belki składającej się z dwóch dwuteowników gorącowalcowanych 180 ze stali S235.

Poz. 9.5 Nadproża o rozpiętości 1,35m

Nad nowo projektowanymi otworami drzwiowymi konstrukcyjnie przyjęto nadproże z dwóch ceowników gorącownicowanych 140 ze stali S235.

Poz. 9.6 Nadproża o rozpiętości 1,00m

Nad nowo projektowanymi otworami drzwiowymi konstrukcyjnie przyjęto nadproże z dwóch ceowników gorącownicowanych 100 ze stali S235.

Poz. 9.7 Ściąg

Konstrukcyjnie przyjęto belkę o przekroju 24x40cm z betonu C20/25 (B25) zbrojoną prętami głównymi 5φ12mm ze stali A-III N (3szt. Dołem i 2 szt. górą) i strzemionami dwuciętymi φ6mm ze stali A-0 w rozstawie co 10 i 20cm.

Poz. 10.0 Słupy parteru

Poz. 10.1 Słupy żeliwne o przekroju kołowym około 180mm

Istniejące słupy podpierające stalowe belki z dwuteownika gorącownicowanego 340 Poz. 9.1 wykonane z żeliwa szarego obciążone są osiowo reakcjami od wspomnianych belek.

Z uwagi na brak szczegółowych danych odnośnie przekroju słupa do dalszych obliczeń przyjęto najbardziej zbliżony przekrój kołowy 177,8x16mm.

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 5.0 uzyskano następującą maksymalną siłę ściskającą $N_{sci} = 422,05 \text{ kN}$

Dalej przyjęto następujące parametry wspomnianego przekroju kołowego:

$$\begin{aligned} A &= 81,30 \text{ cm}^2 \\ i &= 5,75 \text{ cm} \\ L &= 3,10 \text{ m} \end{aligned} \quad \lambda = L / i = 53,91 \quad \Rightarrow \quad \omega = 1,51$$

$$\sigma = N_{\omega} / A = 78,39 \text{ MPa} < \sigma_{dop.} = 80,0 \text{ MPa}$$

Warunek spełniony

Z uwagi na brak szczegółowych danych w trakcie realizacji robót budowlanych należy słup żeliwny w jednym miejscu przewiercić aby określić grubość jego ścianki. W przypadku stwierdzenia, iż grubość ścianki wynosi poniżej 16mm należy o tym fakcie poinformować autora niniejszego opracowania w celu dodatkowego wzmocnienia słupów.

Poz. 10.2 Monolityczny słup żelbetowy o przekroju 24x84cm

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczny słup żelbetowy o przekroju 24x84cm z betonu C20/25 (B-25) zbrojony obustronnie prętami głównymi φ10 ze stali A III N w rozstawie co 15 cm i strzemionami φ6mm ze stali A-0 w rozstawie co 10 i 20cm.

Poz. 10.3 Monolityczny słup żelbetowy o przekroju 24x54cm

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczny słup żelbetowy o przekroju 24x54cm z betonu C20/25 (B-25) zbrojony obustronnie prętami głównymi φ10 ze stali A III N w rozstawie co 15 cm i strzemionami φ6mm ze stali A-0 w rozstawie co 10 i 20cm.

Poz. 11.0 Klatka schodowa

Z uwagi na zmianę sposobu użytkowania obiektu zachodzi również konieczność sprawdzenia konstrukcji klatki schodowej.

Istniejącą klatkę schodową wykonano z prefabrykowanych monolitycznych żelbetowych stopni opartych na dwuteowych belkach gorącownicowanych i ścianach nośnych. Podesty wykonano jako monolityczne płyty żelbetowe oparte na dwuteowej belce gorącownicowanej i ścianach nośnych.

W dalszych obliczeniach uznano, iż monolityczne żelbetowe elementy klatki schodowej (płyty

spoczników i stropów) z uwagi na znaczne przekroje oraz stosunkowo niewielkie rozpiętości oraz z uwagi na ich dobry stan techniczny, spełniając zarówno stan graniczny nośności jak i użytkowania.

Przedmiotem niniejszej pozycji jest sprawdzenie nośności elementów stalowych klatki schodowej.

Na przedmiotową klatkę schodową będą działać następujące obciążenia:

<i>Obciążenia biegu:</i>	$\alpha = 32,12^\circ$	$\cos \alpha = 0,847$	
		kN/m^2	γ_f
Monolityczne stopnie żelbetowe $0,5 \times 0,18\text{m} \times 25\text{kN/m}^3$		2,250	1,30
Płyta stopni $0,06\text{m} \times 25\text{kN/m}^3$		1,500	1,30
Tynk cementowo wapienny $0,015\text{m} \times 19\text{kN/m}^3 / \cos \alpha$		0,337	1,30
	$q_{k,bie} =$	4,087	1,30
Obciążenie użytkowe	$q_{ku,bie} =$	4,000	1,30
		kN/m	γ_f
Balustrada	$q_{kb} =$	1,000	1,20

Obciążenia spoczników:

		kN/m^2	γ_f
Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.3	$q_{k,spo} =$	5,725	1,15
Obciążenie użytkowe	$q_{ku,spo} =$	4,000	1,30

Biorąc pod uwagę osiowy rozstaw podpór monolitycznych stopni żelbetowych $a = 1,42\text{m}$ na belkę stalową podtrzymującą te stopnie będą działać następujące obciążenia liniowe:

		kN/m	γ_f
Obciążenia stałe	$q_k = q_{k,bie} \times 0,5 \times a =$	2,901	1,30
Obciążenia zmienne	$q_{ku} = q_{ku,bie} \times 0,5 \times a =$	2,840	1,30
Balustrada	$q_{kb} =$	1,000	1,20

Na belki stalowe podestów poza reakcjami od belek stalowych biegów będą działać następujące obciążenia:

Podest na poziomie + 1,92m

		kN/m	γ_f
Obciążenia stałe	$q_k = q_{k,spo} \times 0,80\text{m} =$	4,580	1,15
Obciążenia zmienne	$q_{ku} = q_{ku,spo} \times 0,80\text{m} =$	3,200	1,30

Podest na poziomie + 3,67m

		kN/m	γ_f
Obciążenia stałe	$q_k = q_{k,spo} \times 1,55\text{m} =$	8,874	1,15
Obciążenia zmienne	$q_{ku} = q_{ku,spo} \times 1,55\text{m} =$	6,200	1,30

Podest na poziomie + 5,27m

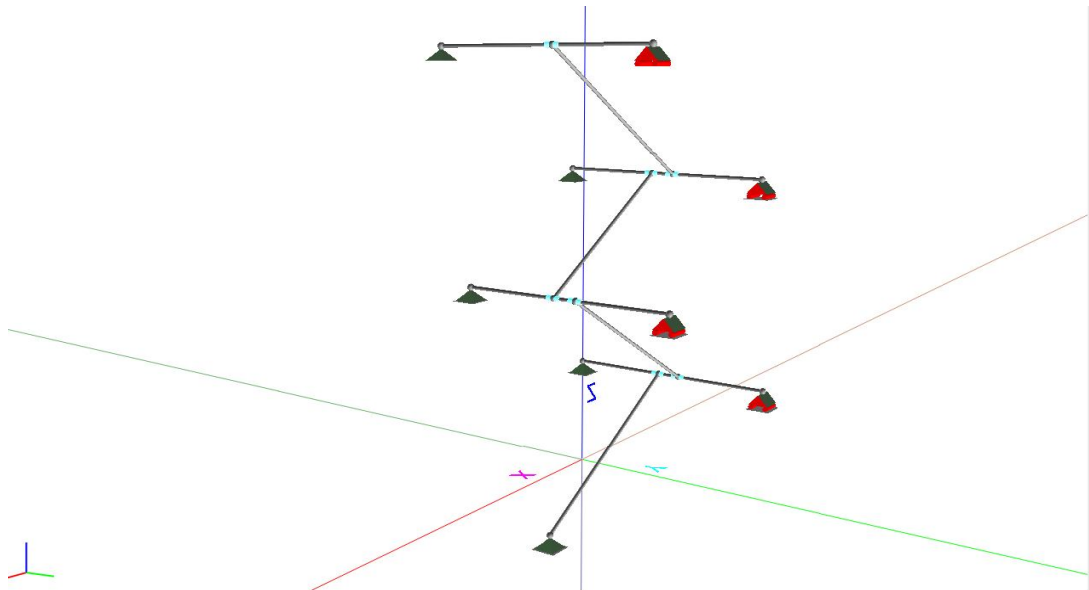
		kN/m	γ_f
Obciążenia stałe	$q_k = q_{k,spo} \times 0,90\text{m} =$	5,153	1,15
Obciążenia zmienne	$q_{ku} = q_{ku,spo} \times 0,90\text{m} =$	3,600	1,30

Podest na poziomie + 7,23m

		kN/m	γ_f
Obciążenia stałe	$q_k = q_{k,spo} \times 1,55\text{m} =$	8,874	1,15
Obciążenia zmienne	$q_{ku} = q_{ku,spo} \times 1,55\text{m} =$	6,200	1,30

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono automatycznie w programie obliczeniowym

Jako schemat obliczeniowy przyjęto układ prętów (stalowe belki) podpierających stopnie i płyty spocznikowe jak niżej:



Poz. 11.1 Belka biegu z poziomu $\pm 0,00\text{m}$ na poziom $+ 1,92\text{m}$

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 11.0 uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M_x = 10,82 \text{ kNm} \quad T_x = 12,81 \text{ kN}$$

Do dalszych obliczeń sprawdzających przyjęto istniejącą belkę stalową z dwuteownika 160 ze stali StOS o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{aligned} W_x &= 117,00 \text{ cm}^3 & h &= 16,00 \text{ cm} \\ L = l_0 &= 3,38 \text{ m} & b &= 7,40 \text{ cm} & \varepsilon &= \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1,11 \\ l_1 &= 3,38 \text{ m} & t_w &= 0,63 \text{ cm} \\ \beta &= 1 & t_f &= 0,95 \text{ cm} & f_d &= 175 \text{ MPa} \\ & & R &= 0,63 \text{ cm} \end{aligned}$$

klasa przekroju

$$\begin{aligned} \text{Środek} & \quad \frac{h - 2t_f - 2R}{t_w} = 20,38 < 66\varepsilon = 73,16 & \text{Przekrój klasy 1} \\ \text{Półka} & \quad \frac{b - t_w - 2R}{2t_f} = 2,90 < 9\varepsilon = 9,98 & \text{Przekrój klasy 1} \end{aligned}$$

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1 $\alpha_p = 1$ $\psi = 1$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 20,5 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_L = 0,045 \sqrt{\frac{l_1 h}{b t_f} \beta \frac{f_d}{215}} = 1,126 \quad \text{dla } n = 2,5 \Rightarrow \varphi_L = 0,661$$

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = 0,799 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środka na ścinanie $K = 1,00$ $A_{Vx} = h t_w = 10,080 \text{ cm}^2$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{h}{t_w} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,409 \Rightarrow \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 2,44 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto $\varphi_{pv,x} = 1,00$ $V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 102,31 \text{ kN}$

$$T_{x,\max} = 12,81 \text{ kN} < 0,6 V_{Rx} = 61,39 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć

$$f = 0,71 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{L}{250} = 1,35 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

Poz. 11.2 Belka biegu z poziomu +1,92m na poziom + 3,67m

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 11.0 uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M_x = 10,20 \text{ kNm} \quad T_x = 12,43 \text{ kN}$$

Do dalszych obliczeń sprawdzających przyjęto istniejącą belkę stalową z dwuteownika 150 ze stali StOS o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{aligned} W_x &= 98,00 \text{ cm}^3 & h &= 15,00 \text{ cm} \\ L = l_0 &= 3,29 \text{ m} & b &= 7,00 \text{ cm} & \varepsilon &= \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1,11 \\ l_1 &= 3,29 \text{ m} & t_w &= 0,60 \text{ cm} \\ \beta &= 1 & t_f &= 0,90 \text{ cm} & f_d &= 175 \text{ MPa} \\ & & R &= 0,60 \text{ cm} \end{aligned}$$

klasa przekroju

$$\begin{aligned} \text{Środek} & \quad \frac{h - 2t_f - 2R}{t_w} = 20,00 < 66\varepsilon = 73,16 & \text{Przekrój klasy 1} \\ \text{Półka} & \quad \frac{b - t_w - 2R}{2t_f} = 2,89 < 9\varepsilon = 9,98 & \text{Przekrój klasy 1} \end{aligned}$$

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1 $\alpha_p = 1$ $\psi = 1$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 17,2 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_L = 0,045 \sqrt{\frac{l_1 h}{b t_f} \beta \frac{f_d}{215}} = 1,136 \quad \text{dla } n = 2,5 \Rightarrow \varphi_L = 0,654$$

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = 0,910 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środka na ścinanie $K = 1,00$ $A_{Vx} = h t_w = 9,000 \text{ cm}^2$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{h}{t_w} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,403 \Rightarrow \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 2,48 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto $\varphi_{pv,x} = 1,00$ $V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 91,35 \text{ kN}$

$$T_{x,max} = 12,43 \text{ kN} < 0,6 V_{Rx} = 54,81 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć

$$f = 0,81 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{L}{250} = 1,32 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

Poz. 11.3 Belka biegu z poziomu +3,67m na poziom + 5,27m

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 11.0 uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M_x = 8,01 \text{ kNm} \quad T_x = 10,98 \text{ kN}$$

Do dalszych obliczeń sprawdzających przyjęto istniejącą belkę stalową z dwuteownika 130 ze stali

StOS o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{aligned}
 W_x &= 67,10 \text{ cm}^3 & h &= 13,00 \text{ cm} \\
 L = l_0 &= 2,92 \text{ m} & b &= 6,20 \text{ cm} & \varepsilon &= \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1,11 \\
 l_1 &= 2,70 \text{ m} & t_w &= 0,54 \text{ cm} \\
 \beta &= 1 & t_f &= 0,81 \text{ cm} & f_d &= 175 \text{ MPa} \\
 & & R &= 0,54 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

klasa przekroju

$$\begin{aligned}
 \text{Środek} & \quad \frac{h - 2t_f - 2R}{t_w} = 19,07 < 66\varepsilon = 73,16 & \text{Przekrój klasy 1} \\
 \text{Półka} & \quad \frac{b - t_w - 2R}{2t_f} = 2,83 < 9\varepsilon = 9,98 & \text{Przekrój klasy 1}
 \end{aligned}$$

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1 $\alpha_p = 1$ $\psi = 1$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 11,7 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{\lambda}_L &= 0,045 \sqrt{\frac{l_1 h}{b t_f} \beta \frac{f_d}{215}} = 1,073 & \text{dla } n &= 2,5 \Rightarrow \varphi_L = 0,702 \\
 \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} &= 0,972 < 1 & \text{Warunek normowy spełniony}
 \end{aligned}$$

$$\text{Nośność środka na ścinanie } K = 1,00 \quad A_{Vx} = h t_w = 7,020 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{h}{t_w} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,388 \Rightarrow \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 2,58 > 1$$

$$\text{Do dalszych obliczeń przyjęto } \varphi_{pv,x} = 1,00 \quad V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 71,25 \text{ kN}$$

$$T_{x,\max} = 10,98 \text{ kN} < 0,6 V_{Rx} = 42,75 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć

$$f = 0,92 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{L}{250} = 1,17 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

Poz. 11.4 Belka biegu z poziomu +5,27m na poziom + 7,23m

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 11.0 uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M_x = 11,89 \text{ kNm} \quad T_x = 13,43 \text{ kN}$$

Do dalszych obliczeń sprawdzających przyjęto istniejącą belkę stalową z dwuteownika 180 ze stali StOS o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{aligned}
 W_x &= 161,00 \text{ cm}^3 & h &= 18,00 \text{ cm} \\
 L = l_0 &= 3,55 \text{ m} & b &= 8,20 \text{ cm} & \varepsilon &= \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1,11 \\
 l_1 &= 3,55 \text{ m} & t_w &= 0,69 \text{ cm} \\
 \beta &= 1 & t_f &= 1,04 \text{ cm} & f_d &= 175 \text{ MPa} \\
 & & R &= 0,69 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

klasa przekroju

$$\begin{aligned}
 \text{Środek} & \quad \frac{h - 2t_f - 2R}{t_w} = 21,07 < 66\varepsilon = 73,16 & \text{Przekrój klasy 1} \\
 \text{Półka} & \quad \frac{b - t_w - 2R}{2t_f} = 2,95 < 9\varepsilon = 9,98 & \text{Przekrój klasy 1}
 \end{aligned}$$

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1 $\alpha_p = 1$ $\psi = 1$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 28,2 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_L = 0,045 \sqrt{\frac{I_1 h}{b t_f} \beta \frac{f_d}{215}} = 1,111 \quad \text{dla } n = 2,5 \quad \Rightarrow \quad \varphi_L = 0,673$$

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = 0,627 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środnika na ścinanie $K = 1,00$ $A_{Vx} = h t_w = 12,420 \text{ cm}^2$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{h}{t_w} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,420 \quad \Rightarrow \quad \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 2,38 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto $\varphi_{pv,x} = 1,00$ $V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 126,06 \text{ kN}$

$$T_{x,\max} = 13,43 \text{ kN} < 0,6 V_{Rx} = 75,64 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć

$$f = 0,65 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{L}{250} = 1,42 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

Poz. 11.5 Belka spocznika w poziomie +1,92m

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 11.0 uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M_x = 26,57 \text{ kNm} \quad T_x = 25,96 \text{ kN}$$

Do dalszych obliczeń sprawdzających przyjęto istniejącą belkę stalową z dwuteownika 220 ze stali StOS o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{aligned} W_x &= 278,00 \text{ cm}^3 & h &= 22,00 \text{ cm} \\ L = I_0 &= 3,10 \text{ m} & b &= 9,80 \text{ cm} & \varepsilon &= \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1,11 \\ I_1 &= 3,10 \text{ m} & t_w &= 0,81 \text{ cm} \\ \beta &= 1 & t_f &= 1,22 \text{ cm} & f_d &= 175 \text{ MPa} \\ & & R &= 0,81 \text{ cm} \end{aligned}$$

klasa przekroju

$$\begin{aligned} \text{Środnik} & \quad \frac{h - 2t_f - 2R}{t_w} = 22,15 < 66\varepsilon = 73,16 & \text{Przekrój klasy 1} \\ \text{Półka} & \quad \frac{b - t_w - 2R}{2t_f} = 3,02 < 9\varepsilon = 9,98 & \text{Przekrój klasy 1} \end{aligned}$$

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1 $\alpha_p = 1$ $\psi = 1$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 48,7 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_L = 0,045 \sqrt{\frac{I_1 h}{b t_f} \beta \frac{f_d}{215}} = 0,970 \quad \text{dla } n = 2,5 \quad \Rightarrow \quad \varphi_L = 0,781$$

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = 0,700 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środnika na ścinanie $K = 1,00$ $A_{Vx} = h t_w = 17,820 \text{ cm}^2$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{h}{t_w} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,438 \quad \Rightarrow \quad \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 2,29 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto $\varphi_{pv,x} = 1,00$ $V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 180,87 \text{ kN}$

$$T_{x,\max} = 25,96 \text{ kN} < 0,6 V_{Rx} = 108,52 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć

$$f = 0,36 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{L}{250} = 1,24 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

Poz. 11.6 Belka spocznika w poziomie +3,67m

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 11.0 uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M_x = 44,67 \text{ kNm} \quad T_x = 45,18 \text{ kN}$$

Do dalszych obliczeń sprawdzających przyjęto istniejącą belkę stalową z dwuteownika 240 ze stali StOS o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{aligned} W_x &= 354,00 \text{ cm}^3 & h &= 24,00 \text{ cm} \\ L = l_0 &= 3,10 \text{ m} & b &= 10,60 \text{ cm} & \varepsilon &= \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1,11 \\ l_1 &= 3,10 \text{ m} & t_w &= 0,87 \text{ cm} \\ \beta &= 1 & t_f &= 1,31 \text{ cm} & f_d &= 175 \text{ MPa} \\ & & R &= 0,87 \text{ cm} \end{aligned}$$

klasa przekroju

$$\begin{aligned} \text{Środek} & \quad \frac{h - 2t_f - 2R}{t_w} = 22,57 < 66\varepsilon = 73,16 & \text{Przekrój klasy 1} \\ \text{Półka} & \quad \frac{b - t_w - 2R}{2t_f} = 3,05 < 9\varepsilon = 9,98 & \text{Przekrój klasy 1} \end{aligned}$$

$$\text{Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1} \quad \alpha_p = 1 \quad \psi = 1$$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 62,0 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_L = 0,045 \sqrt{\frac{l_1 h}{b t_f} \beta \frac{f_d}{215}} = 0,940 \quad \text{dla } n = 2,5 \Rightarrow \varphi_L = 0,803$$

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = 0,898 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\text{Nośność środka na ścinanie} \quad K = 1,00 \quad A_{Vx} = h t_w = 20,880 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{h}{t_w} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,444 \Rightarrow \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 2,25 > 1$$

$$\text{Do dalszych obliczeń przyjęto} \quad \varphi_{pv,x} = 1,00 \quad V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 211,93 \text{ kN}$$

$$T_{x,max} = 45,18 \text{ kN} < 0,6 V_{Rx} = 127,16 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć

$$f = 0,40 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{L}{250} = 1,24 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

Poz. 11.7 Belka spocznika w poziomie +5,27m

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 11.0 uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M_x = 33,47 \text{ kNm} \quad T_x = 31,81 \text{ kN}$$

Do dalszych obliczeń sprawdzających przyjęto istniejącą belkę stalową z dwuteownika 240 ze stali StOS o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{aligned} W_x &= 354,00 \text{ cm}^3 & h &= 24,00 \text{ cm} \\ L = l_0 &= 3,10 \text{ m} & b &= 10,60 \text{ cm} & \varepsilon &= \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1,11 \\ l_1 &= 3,10 \text{ m} & t_w &= 0,87 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\beta = 1 \quad t_f = 1,31 \text{ cm} \quad f_d = 175 \text{ MPa}$$

$$R = 0,87 \text{ cm}$$

klasa przekroju

$$\text{Środek} \quad \frac{h - 2t_f - 2R}{t_w} = 22,57 < 66\varepsilon = 73,16 \quad \text{Przekrój klasy 1}$$

$$\text{Półka} \quad \frac{b - t_w - 2R}{2t_f} = 3,05 < 9\varepsilon = 9,98 \quad \text{Przekrój klasy 1}$$

$$\text{Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1} \quad \alpha_p = 1 \quad \psi = 1$$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 62,0 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_L = 0,045 \sqrt{\frac{I_1 h}{b t_f} \beta \frac{f_d}{215}} = 0,940 \quad \text{dla } n = 2,5 \Rightarrow \varphi_L = 0,803$$

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = 0,673 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\text{Nośność środka na ścinanie} \quad K = 1,00 \quad A_{Vx} = h t_w = 20,880 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{h}{t_w} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,444 \Rightarrow \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 2,25 > 1$$

$$\text{Do dalszych obliczeń przyjęto} \quad \varphi_{pv,x} = 1,00 \quad V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 211,93 \text{ kN}$$

$$T_{x,max} = 31,81 \text{ kN} < 0,6 V_{Rx} = 127,16 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć

$$f = 0,29 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{L}{250} = 1,24 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

Poz. 11.8 Belka spocznika w poziomie +7,23m

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 11.0 uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M_x = 34,93 \text{ kNm} \quad T_x = 38,16 \text{ kN}$$

Do dalszych obliczeń sprawdzających przyjęto istniejącą belkę stalową z dwuteownika 240 ze stali StOS o następujących parametrach przekroju:

$$W_x = 354,00 \text{ cm}^3 \quad h = 24,00 \text{ cm}$$

$$L = l_0 = 3,10 \text{ m} \quad b = 10,60 \text{ cm} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1,11$$

$$l_1 = 3,10 \text{ m} \quad t_w = 0,87 \text{ cm}$$

$$\beta = 1 \quad t_f = 1,31 \text{ cm} \quad f_d = 175 \text{ MPa}$$

$$R = 0,87 \text{ cm}$$

klasa przekroju

$$\text{Środek} \quad \frac{h - 2t_f - 2R}{t_w} = 22,57 < 66\varepsilon = 73,16 \quad \text{Przekrój klasy 1}$$

$$\text{Półka} \quad \frac{b - t_w - 2R}{2t_f} = 3,05 < 9\varepsilon = 9,98 \quad \text{Przekrój klasy 1}$$

$$\text{Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1} \quad \alpha_p = 1 \quad \psi = 1$$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 62,0 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_L = 0,045 \sqrt{\frac{I_1 h}{b t_f} \beta \frac{f_d}{215}} = 0,940 \quad \text{dla } n = 2,5 \Rightarrow \varphi_L = 0,803$$

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = 0,703 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środnika na ścinanie $K = 1,00$

$$A_{Vx} = h t_w = 20,880 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{h}{t_w} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,444 \quad \Rightarrow \quad \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 2,25 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto

$$\varphi_{pv,x} = 1,00$$

$$V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 211,93 \text{ kN}$$

$$T_{x,max} = 38,16 \text{ kN}$$

<

$$0,6 V_{Rx} = 127,16 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć

$$f = 0,30 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{L}{250} = 1,24 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

Poz. 12.0 Filarki ceglane

Poz. 12.1 Filarek o przekroju 51x64cm

Z uwagi na demontaż istniejących ścian działowych usztywniających przedmiotowy filar oraz planowany otwór drzwiowy w przylegającej ścianie nośnej projektuje się okucie przedmiotowego filara przy pomocy czterech kątowników gorącowalcowanych 100x100x10mm ze stali S235 połączonych przewiązkami o przekroju 100x10mm ze stali S235. Gałęzie z kątowników łączyć z przewiązkami przy pomocy spoin czołowych o grubości 10mm.

Poz. 13.0 Fundamenty

Projektuje się posadowienie bezpośrednie przybudówki na ławach fundamentowych o wysokości 40cm z betonu C20/25 (B-25) zbrojonych czterema prętami podłużnymi $\phi 12$ ze stali A-III N i strzemiionami $\phi 6$ co 30cm ze stali A-0. Pręty podłużne na stykach i załamaniach łączyć na pełny zakład to jest min. 60cm, łącząc w jednym miejscu maksymalnie 2 pręty. Pod fundamentami zastosować podkład z chudego betonu C8/10 (B-10) o grubości min. 10cm.

Warunki gruntowe przyjęto na podstawie opinii geotechnicznej warunków posadowienia obiektu opracowanej przez Firmę Geologiczną GEOP - mgr Adam Oprzyński w marcu 2016 roku. Zgodnie z przedmiotową dokumentacją w okolicach istniejącego budynku (projektowana przybudówka) stwierdzono zaleganie pod humusem i nasypaniami niebudowlanymi o miąższości od 40cm do 80cm następujących warstw:

Warstwa IIA - piaski średnio i gruboziarniste z kamieniami średniozagęszczone $I_D = 0,40$;

Warstwa IIB - piaski średnio i gruboziarniste z kamieniami średniozagęszczone $I_D = 0,60$;

W trakcie wykonywania dwóch odwiertów do głębokości około 5,5m wody gruntowej nie stwierdzono.

Wszelkie roboty fundamentowe należy prowadzić pod nadzorem uprawnionego geologa.

Ławy fundamentowe wykonać na gruntach rodzimych. W przypadku zalegania w przyjętym poziomie posadowienia gruntów nienośnych należy je usunąć i zastąpić pospółką zagęszczoną do $I_D = 0,50$ warstwami o maksymalnej grubości 20cm.

Dalsze obliczenia wykonano przy założeniu, iż projektowane fundamenty posadowione są na warstwie słabszej IIA.

Warstwa IIA - Piaski średnio i gruboziarniste o $I_D = 0,40$

$$\rho_B^{(n)} = 1,90 \text{ t/m}^3$$

$$\rho_B^{(r)} = 1,71 \text{ t/m}^3$$

$$\rho_D^{(n)} = 1,90 \text{ t/m}^3$$

$$\rho_D^{(r)} = 1,71 \text{ t/m}^3$$

$$\Phi_u^{(n)} = 32,40^\circ$$

$$\Phi_u^{(r)} = 29,16^\circ$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,558$$

$$c_u^{(n)} = 0,00$$

$$c_u^{(r)} = 0,00$$

$$N_D = e^{\pi \tan \Phi} \tan^2(\pi/4 + \Phi/2) = 16,740$$

$$N_C = (N_D - 1) \tan \Phi = 28,209$$

$$N_B = 0,75(N_D - 1) \tan \Phi = 6,587$$

$$\gamma_m = 0,90$$

$$m = 0,81$$

Poz. 13.1 Ławy fundamentowe pod ścianami zewnętrznymi - przybudówka

Z uwagi na fakt, iż przybudówka oparta jest na trzech monolitycznych słupach żelbetowych na najbardziej obciążony fragment ławy będą działać obciążenia zebrane z powierzchni przypadającej na dany słup podzielone przez dłuższy bok przekroju tego słupa:

Powierzchnia (trapezu) stropu działająca na słup o przekroju 24x84cm:

$$A = 0,5 \times (2,94 + 0,87) \times 2,07 = 3,94 \text{ m}^2$$

$$L = 0,84 \text{ m}$$

Na przedmiotową ławę będą działać następujące obciążenia:

	kN/m	γ_f	kN/m
Wieniec attyki - 0,20m x 0,24m x 25kN/m ³ x 2,94m / L	4,200	1,10	4,620
Ściana attyki - Poz. 1.3.3 x 0,60m x 2,94m / L	11,456	1,14	12,949
Obciążenia zmienne dachu - Poz. 1.1.8 x A / L	17,391	1,50	26,087
Obciążenia stałe dachu Poz. 1.2.4 x A / L	3,793	1,24	4,686
Płyta stropodachu - 0,15m x A x 25kN/m ³ / L	17,604	1,10	19,365
Ściana - wyprawa elewacyjna 0,01m x 3,15m x 19kN/m ³	0,599	1,30	0,778
Ściana - styropian 0,15m x 3,15m x 0,45kN/m ³	0,213	1,20	0,255
Ściana - żelbet - 0,24m x 3,15m x 25kN/m ³	18,900	1,10	20,790
Ściana - tynk 0,015m x 3,15m x 19kN/m ³	0,898	1,30	1,167
Obciążenia zmienne stropu - Poz. 1.2.5 x A / L	9,389	1,40	13,145
Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.5 x A / L	10,511	1,29	13,500
Płyta stropowa - 0,15m x A x 25kN/m ³ / L	17,604	1,10	19,365
Ściana - wyprawa elewacyjna 0,01m x 4,25m x 19kN/m ³	0,808	1,30	1,050
Ściana - styropian 0,15m x 4,25m x 0,45kN/m ³	0,287	1,20	0,344
Ściana - żelbet - 0,24m x 4,25m x 25kN/m ³	25,500	1,10	28,050
Ściana - tynk 0,015m x 4,25m x 19kN/m ³	1,211	1,30	1,575
N_k =	140,363	1,20	167,724

Przyjęta szerokość i głębokość posadowienia ławy:

$$B = 0,60 \text{ m}$$

$$D_{\min} = 1,20 \text{ m}$$

$$D = 1,25 \text{ m}$$

Obciążenia dodatkowe

	kN/m	γ_f	kN/m
Obciążenie ławą żelbetową B x 0,40m x 25kN/m ³	N _L = 6,000	1,10	6,600
Obciążenie gruntem (B - 0,24m) x (D _{min} - 0,40m) x $\gamma_B^{(n)}$	N _G = 5,472	1,20	6,566
Obciążenie posadzką 0,5(B - 0,24m) x 0,15m x 24kN/m ³	N _P = 0,648	1,30	0,842
Obciążenie użytkowe 0,5(B - 0,24m) x 3kN/m ²	N _U = 0,540	1,20	0,648

Obliczeniowa siła wypadkowa

$$N = N_{k0} + N_{L0} + N_{G0} + N_{P0} + N_{U0} = 182 \text{ kN/m}$$

Mimośród siły wypadkowej

Ramię działania poszczególnych sił względem środka ciężkości ławy:

Ramię działania siły N _{k0}	r _k = 0,000 m
Ramię działania siły N _{L0}	r _L = 0,000 m
Ramię działania siły N _{G0}	r _G = 0,000 m
Ramię działania siły N _{P0}	r _P = 0,5(B-0,25m)/2 + 0,125m = 0,213 m
Ramię działania siły N _{U0}	r _U = 0,5(B-0,25m)/2 + 0,125m = 0,213 m

Moment działających sił względem środka ciężkości ławy

$$M = N_{k0} \times r_k + N_{L0} \times r_L + N_{G0} \times r_G - N_{P0} \times r_P - N_{U0} \times r_U = 0,3 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Mimośród działającej siły wypadkowej} \quad e_B = M / N = 0,002 \text{ m} < B / 4 = 0,150 \text{ m}$$

Obliczeniowy opór graniczny gruntu

$$\begin{aligned} \bar{B} &= B - 2e_B = 0,597 \text{ m} & \frac{\bar{B}}{L} &= 0,00 & i_C = i_D = i_B &= 1 \\ \bar{L} &= L = 1,000 \text{ m} \\ Q_{rNB} &= \bar{B} \bar{L} \left[\left(1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_{c0} c_u^{(r)} i_C + \left(1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_{D0} \rho_D^{(r)} g D_{min} i_D + \left(1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_{B0} \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_B \right] = 240,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_r = N \times L = 182,4 \text{ kN} < m Q_{rNB} = 194,7 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$\begin{aligned} q_{r0,min} &= \frac{N_r}{BL} \left(1 - \frac{6e_B}{B} \right) = 298,7 \text{ kPa} & q_{r0,max} &= \frac{N_r}{BL} \left(1 + \frac{6e_B}{B} \right) = 309,2 \text{ kPa} \\ q_{r0,śr} &= (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 304,0 \text{ kPa} < m Q_{rNB} / BL = 324,5 \text{ kPa} \\ q_{r0,max} &= 309,2 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{rNB} / BL) = 389,3 \text{ kPa} \end{aligned}$$

warunki normowe spełnione

Poz. 13.2 Istniejące ławy fundamentowe pod ścianami zewnętrznymi - bryła główna

W związku ze zmianą sposobu użytkowania obiektu zachodzi konieczność sprawdzenia jego ław fundamentowych. Z uwagi na brak danych odnośnie poziomu posadowienia oraz szerokości ław w dalszych obliczeniach poczyniono pewne założenia w tej kwestii, które należy bezwzględnie zweryfikować w trakcie wykonywania robót budowlanych.

W przypadku rozbieżności stanu faktycznego w stosunku do przyjętych założeń należy o tym fakcie natychmiast poinformować autora niniejszego opracowania w celu weryfikacji obliczeń.

Na przedmiotową ławę będą działać następujące obciążenia:

	kN/m	γ_f	kN/m
Obciążenia zmienne dachu - Poz. 1.1.4 x 3,40m	0,698	1,51	1,047
Obciążenia zmienne dachu - Poz. 1.1.6 x 3,40m	3,264	1,50	4,896
Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.2 x 3,40m	8,573	1,20	10,287
Krokwie - 0,11m x 0,15m x 6kN/m ³ x (3,40m x 1,414) / 0,65m	0,732	1,10	0,805
Pozostałe elementy więźby	0,500	1,10	0,550
Murłata - 0,14m x 0,14m x 6kN/m ³	0,118	1,10	0,129
Strop nad piętrem - reakcja belek - 10,6kN / 0,83m	12,771	1,26	16,092
Ściana Poz. 1.3.1 x 3,70m	27,417	1,12	30,581
Strop nad parterem - reakcja belek - 10,6kN / 0,83m	12,771	1,26	16,092
Ściana Poz. 1.3.1 x 4,60m	34,086	1,12	38,019
$N_k =$	100,929	1,18	118,498

Przyjęta szerokość i głębokość posadowienia ławy:

$$B = 0,60 \text{ m} \quad D_{min} = 0,90 \text{ m} \quad D = 0,95 \text{ m}$$

Obciążenia dodatkowe

	kN/m	γ_f	kN/m
Obciążenie ławą żelbetową B x 0,40m x 25kN/m ³	$N_L = 6,000$	1,10	6,600
Obciążenie gruntem (B - 0,24m) x (D _{min} - 0,40m) x $\gamma_B^{(n)}$	$N_G = 3,420$	1,20	4,104
Obciążenie posadzką 0,5(B - 0,24m) x 0,15m x 24kN/m ³	$N_P = 0,648$	1,30	0,842
Obciążenie użytkowe 0,5(B - 0,24m) x 3kN/m ²	$N_U = 0,540$	1,20	0,648

$$\text{Obliczeniowa siła wypadkowa} \quad N = N_{k0} + N_{L0} + N_{G0} + N_{P0} + N_{U0} = 131 \text{ kN/m}$$

Mimośród siły wypadkowej

Ramię działania poszczególnych sił względem środka ciężkości ławy:

Ramię działania siły N_{k0}	$r_k = 0,000 \text{ m}$
Ramię działania siły N_{L0}	$r_L = 0,000 \text{ m}$
Ramię działania siły N_{G0}	$r_G = 0,000 \text{ m}$
Ramię działania siły N_{P0}	$r_P = 0,5(B-0,25\text{m})/2 + 0,125\text{m} = 0,213 \text{ m}$
Ramię działania siły N_{U0}	$r_U = 0,5(B-0,25\text{m})/2 + 0,125\text{m} = 0,213 \text{ m}$

Moment działających sił względem środka ciężkości ławy

$$M = N_{k0} \times r_k + N_{L0} \times r_L + N_{G0} \times r_G - N_{P0} \times r_P - N_{U0} \times r_U = 0,3\text{kNm/m}$$

$$\text{Mimośród działającej siły wypadkowej} \quad e_B = M / N = 0,002 \text{ m} \quad < \quad B / 4 = 0,150 \text{ m}$$

Obliczeniowy opór graniczny gruntu

$$\begin{aligned} \bar{B} &= B - 2e_B = 0,595 \text{ m} & \frac{\bar{B}}{L} &= 0,00 & i_C = i_D = i_B &= 1 \\ \bar{L} &= L = 1,000 \text{ m} \\ Q_{rNB} &= \bar{B} \bar{L} \left[\left(1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_c c_u^{(r)} i_C + \left(1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_d \rho_d^{(r)} g D_{mn} i_D + \left(1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_b \rho_b^{(r)} g \bar{B} i_B \right] = 189,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_r = N \times L = 130,7 \text{ kN} \quad < \quad m Q_{rNB} = 153,5 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$\begin{aligned} q_{r0,min} &= \frac{N_r}{BL} \left(1 - \frac{6e_B}{B} \right) = 212,5 \text{ kPa} & q_{r0,max} &= \frac{N_r}{BL} \left(1 + \frac{6e_B}{B} \right) = 223,1 \text{ kPa} \\ q_{r0,sr} &= (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 217,8 \text{ kPa} & & < \quad m Q_{rNB} / BL = 255,9 \text{ kPa} \\ q_{r0,max} &= 223,1 \text{ kPa} & & < \quad 1,2 (m Q_{rNB} / BL) = 307,1 \text{ kPa} \end{aligned}$$

warunki normowe spełnione

W przypadku stwierdzenia, że szerokość ławy fundamentowej istniejącej ściany jest mniejsza niż założone 60cm lub głębokość posadowienia budynku jest mniejsza niż 90cm należy o tych faktach powiadomić aytora niniejszego opracowania w celu weryfikacji obliczeń.

Poz. 13.3 Istniejąca ława fundamentowa pod ścianą wewnętrzną - bryła główna

W związku ze zmianą sposobu użytkowania obiektu zachodzi konieczność sprawdzenia jego ław fundamentowych. Z uwagi na brak danych odnośnie poziomu posadowienia oraz szerokości ław w dalszych obliczeniach poczyniono pewne założenia w tej kwestii, które należy bezwzględnie zweryfikować w trakcie wykonywania robót budowlanych.

W przypadku rozbieżności stanu faktycznego w stosunku do przyjętych założeń należy o tym fakcie natychmiast poinformować autora niniejszego opracowania w celu weryfikacji obliczeń.

Na przedmiotową ławę będą działać następujące obciążenia:

	kN/m	γ_f	kN/m
Obciążenia zmienne stropu - Poz. 1.2.1 x 1,70m	0,425	1,40	0,595
Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x 1,70m	1,904	1,20	2,285
Belki stropowe - 0,14m x 0,16m x 6kN/m ³ x 1,70m	0,228	1,10	0,251
Ściana Poz. 1.3.1 x 2,70m	20,007	1,12	22,316
Strop nad piętrem - obciążenia zmienne - Poz. 1.2.3 x 1,70m	6,800	1,30	8,840
Strop nad piętrem - obciążenia stałe - Poz. 1.2.3 x 1,70m	9,733	1,15	11,161
Ściana Poz. 1.3.1 x 3,70m	27,417	1,12	30,581
Strop nad parterem - obciążenia zmienne - Poz. 1.2.3 x 1,70m	6,800	1,30	8,840
Strop nad parterem - obciążenia stałe - Poz. 1.2.3 x 1,70m	9,733	1,15	11,161
Ściana Poz. 1.3.1 x 4,60m	34,086	1,12	38,019
$N_k =$	117,132	1,15	134,049

Przyjęta szerokość i głębokość posadowienia ławy:

$$B = 0,60 \text{ m}$$

$$D_{\min} = 0,90 \text{ m}$$

$$D = 0,95 \text{ m}$$

Obciążenia dodatkowe

		kN/m	γ_f	kN/m
Obciążenie ławą żelbetową $B \times 0,40 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3$	$N_L =$	6,000	1,10	6,600
Obciążenie gruntem $(B - 0,24 \text{ m}) \times (D_{\min} - 0,40 \text{ m}) \times \gamma_B^{(n)}$	$N_G =$	3,420	1,20	4,104
Obciążenie posadzką $0,5(B - 0,24 \text{ m}) \times 0,15 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3$	$N_P =$	0,648	1,30	0,842
Obciążenie użytkowe $0,5(B - 0,24 \text{ m}) \times 3 \text{ kN/m}^2$	$N_U =$	0,540	1,20	0,648

Obliczeniowa siła wypadkowa

$$N = N_{k0} + N_{L0} + N_{G0} + N_{P0} + N_{U0} = 146 \text{ kN/m}$$

Mimośród siły wypadkowej

Ramię działania poszczególnych sił względem środka ciężkości ławy:

$$\text{Ramię działania siły } N_{k0} \quad r_k = 0,000 \text{ m}$$

$$\text{Ramię działania siły } N_{L0} \quad r_L = 0,000 \text{ m}$$

$$\text{Ramię działania siły } N_{G0} \quad r_G = 0,000 \text{ m}$$

$$\text{Ramię działania siły } N_{P0} \quad r_P = 0,5(B - 0,25 \text{ m})/2 + 0,125 \text{ m} = 0,213 \text{ m}$$

$$\text{Ramię działania siły } N_{U0} \quad r_U = 0,5(B - 0,25 \text{ m})/2 + 0,125 \text{ m} = 0,213 \text{ m}$$

Moment działających sił względem środka ciężkości ławy

$$M = N_{k0} \times r_k + N_{L0} \times r_L + N_{G0} \times r_G - N_{P0} \times r_P - N_{U0} \times r_U = 0,3 \text{ kNm/m}$$

Mimośród działającej siły wypadkowej

$$e_B = M / N = 0,002 \text{ m} < B / 4 = 0,150 \text{ m}$$

Obliczeniowy opór graniczny gruntu

$$\begin{aligned} \bar{B} &= B - 2e_B = 0,596 \text{ m} & \frac{\bar{B}}{L} &= 0,00 & i_C = i_D = i_B &= 1 \\ \bar{L} &= L = 1,000 \text{ m} \\ Q_{fNB} &= \bar{B} \bar{L} \left[\left(1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_c c_u^{(r)} i_C + \left(1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_D + \left(1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_B \right] = 189,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_r = N \times L = 146,2 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 153,7 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left(1 - \frac{6e_B}{B} \right) = 238,5 \text{ kPa} \quad q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left(1 + \frac{6e_B}{B} \right) = 249,0 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,\text{śr}} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 243,7 \text{ kPa} < m Q_{fNB} / BL = 256,2 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 249,0 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNB} / BL) = 307,4 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

W przypadku stwierdzenia, że szerokość ławy fundamentowej istniejącej ściany jest mniejsza niż założone 60cm lub głębokość posadowienia budynku jest mniejsza niż 90cm należy o tych faktach powiadomić autora niniejszego opracowania w celu weryfikacji obliczeń.

Poz. 13.4 Istniejąca stopa fundamentowa - pod słupem Poz. 10.1

W związku ze zmianą sposobu użytkowania obiektu zachodzi konieczność sprawdzenia jego stóp fundamentowych. Z uwagi na brak danych odnośnie poziomu posadowienia oraz wymiarów stóp w dalszych obliczeniach poczyniono pewne założenia w tej kwestii, które należy bezwzględnie zweryfikować w trakcie wykonywania robót budowlanych.

W przypadku rozbieżności stanu faktycznego w stosunku do przyjętych założeń należy o tym

fakcie natychmiast poinformować autora niniejszego opracowania w celu weryfikacji obliczeń.

Na przedmiotową stopę będą działać następujące siły przekrojowe:

	kN	γ_f	kN
Reakcja od słupa Poz. 10.1	335,340	1,26	422,050
Słup żelbetowy 0,40m x 0,40m x 0,80m x 25kN/m ³	3,200	1,10	3,520
$N_k =$	338,540	1,26	425,570
Reakcja od słupa	$N = 425,57 \text{ kN}$		
Maksymalne momenty zginające	$M_B = 0,00 \text{ kNm}$		$M_L = 0,00 \text{ kNm}$
Maksymalne siły poziome	$T_B = 0,00 \text{ kN}$		$T_L = 0,00 \text{ kN}$
Przyjęte wymiary stopy	$B = 1,00 \text{ m}$	$D_{\min} = 0,90 \text{ m}$	
	$L = 1,00 \text{ m}$	$\gamma_f = 1,1$	

Obciążenie od ciężaru stopy i gruntu na niej zalegającego

Średnia wartość ciężaru objętościowego gruntu i żelbetu $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

$$G_r = BLD_{\min}\gamma_f = 22,77 \text{ kN}$$

$$N_r = N + G_r = 448,34 \text{ kN}$$

$$e_B = M_B / N_r = 0,000 \text{ m}$$

$$< B/6 = 0,167 \text{ m}$$

$$\bar{B} = B - 2e_B = 1,00 \text{ m}$$

$$e_L = M_L / N_r = 0,000 \text{ m}$$

$$< L/6 = 0,167 \text{ m}$$

$$\bar{L} = L - 2e_L = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_{rB}}{N_r} = 0,0000$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5580$$

$$\frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0000 \Rightarrow$$

$$i_{B,B} = 1,00$$

$$i_{D,B} = 1,00$$

$$i_{C,B} = 1,00$$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_{rL}}{N_r} = 0,0000$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5580$$

$$\frac{\text{tg } \delta_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0000 \Rightarrow$$

$$i_{B,L} = 1,00$$

$$i_{D,L} = 1,00$$

$$i_{C,L} = 1,00$$

$$Q_{rNB} = \bar{B}\bar{L} \left[\left(1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left(1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{\min} i_{D,B} + \left(1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_{B,B} \right] = 714,7 \text{ kN}$$

$$N_r = 448,34 \text{ kN}$$

$$< m Q_{rNB} = 578,9 \text{ kN}$$

$$Q_{rNL} = \bar{B}\bar{L} \left[\left(1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left(1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{\min} i_{D,L} + \left(1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L} i_{B,L} \right] = 714,7 \text{ kN}$$

$$N_r = 448,34 \text{ kN}$$

$$< m Q_{rNL} = 578,9 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,\min} = \frac{N_r}{BL} \left(1 - \frac{6e_L}{L} \right) = 448,3 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,\max} = \frac{N_r}{BL} \left(1 + \frac{6e_L}{L} \right) = 448,3 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,\text{sr}} = (q_{r0,\min} + q_{r0,\max}) / 2 = 448,3 \text{ kPa}$$

$$< m Q_{rNL} / BL = 578,9 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,\max} = 448,3 \text{ kPa}$$

$$< 1,2 (m Q_{rNL} / BL) = 695 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

W przypadku stwierdzenia, że wymiary istniejących stóp fundamentowej są mniejsze niż założone 100cm x 100cm lub głębokość posadowienia budynku jest mniejsza niż 90cm należy o tych faktach powiadomić autora niniejszego opracowania w celu weryfikacji obliczeń.

Projektował:

Sprawdził:

mgr inż. Jacek Kędzierski
upr. bud. WAM/0003/POOK/05

mgr inż. Andrzej Kozłowski
upr. bud. WAM/0005/POOK/03