

## Obliczenia statyczne

### Poz. 1.0 Obciążenia

#### Poz. 1.1 Obciążenia dachu

##### Poz. 1.1.1 Obciążenia stałe

|   | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
|---|-------------------|------------|-------------------|
| Dachówka ceramiczna                                       | 0,900             | 1,20       | 1,080             |
| Łaty ( 0,05m x 0,06m x 6kN/m <sup>3</sup> ) / 0,30m       | 0,060             | 1,20       | 0,072             |
| Kontrłaty ( 0,06m x 0,025m x 6kN/m <sup>3</sup> ) / 0,80m | 0,011             | 1,20       | 0,014             |
| Papa na deskowaniu  | 0,300             | 1,20       | 0,360             |
| Krokwie 0,06m x 0,17m                                     | 0,000             | 1,10       | 0,000             |
| $q_k =$   | 1,271             |            | $q_o =$ 1,526     |

Obciążenia obliczeniowe na 1m<sup>2</sup> rzutu poziomego dachu

|  | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
|--|-------------------|------------|-------------------|
| $\alpha = 25,00^\circ \quad \cos\alpha = 0,906 \quad \Rightarrow \quad q_k/\cos\alpha =$ | 1,403             | 1,20       | 1,683             |

##### Poz. 1.1.2 Wiatr I strefa

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

|                             |                                    |               |                   |
|-----------------------------|------------------------------------|---------------|-------------------|
| $h = 11,30 \text{ m}$       | $h/L = 0,45 < 2$                   |               |                   |
| $L = 25,2 \text{ m}$        |                                    |               |                   |
| $q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$ | $C_e = 1,00$                       | $\beta = 1,8$ |                   |
| $\alpha = 25,00^\circ$      | $C_n = 0,015\alpha - 0,2 = 0,18$   | $C_z = -0,40$ |                   |
|                             | kN/m <sup>2</sup>                  | $\gamma_f$    | kN/m <sup>2</sup> |
| połać nawietrzna            | $p_k = q_k C_e C_n \beta = 0,095$  | 1,50          | 0,142             |
| połać zawietrzna            | $p_k = q_k C_e C_z \beta = -0,216$ | 1,50          | -0,324            |

##### Poz. 1.1.3 Śnieg IV strefa

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

|                             |  |            |                   |
|-----------------------------|--|------------|-------------------|
| $Q_k = 1,60 \text{ kN/m}^2$ | $\alpha = 25^\circ \Rightarrow C = 0,8 + 0,4 \left( \frac{\alpha - 15}{15} \right) = 1,07$ |            |                   |
|                             | kN/m <sup>2</sup>  | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
| Obciążenie śniegiem         | $S_k = Q_k C = 1,707$  | 1,50       | 2,560             |

### Poz. 1.2 Obciążenia stropów

#### Poz. 1.2.1 Obciążenia stropu nad III piętrem

|  | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
|--|-------------------|------------|-------------------|
| Wełna mineralna 0,25m x 1kN/m <sup>3</sup>           | 0,250             | 1,20       | 0,300             |
| Folia PE   | 0,003             | 1,20       | 0,004             |
| Szlichta betonowa 0,02m x 25kN/m <sup>3</sup>        | 0,500             | 1,30       | 0,650             |
| Strop żelbetowy                                      | 0,000             | 1,10       | 0,000             |
| Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup> | 0,285             | 1,30       | 0,371             |
| Obciążenie technologiczne - oświetlenie itp.         | 0,100             | 1,20       | 0,120             |
| $q_k =$  | 1,138             | 1,27       | 1,444             |
| Obciążenia zmienne - strych bez dojścia z klatki     | $q_{ku} = 0,500$  | 1,40       | 0,700             |

#### Poz. 1.2.2 Obciążenia stropu nad piwnicą - II piętrem

|  | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
|--|-------------------|------------|-------------------|
| Płytki ceramiczne (terakota) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup> | 0,210             | 1,20       | 0,252             |
| Zaprawa cementowa (klej) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>     | 0,210             | 1,30       | 0,273             |
| Szlichta betonowa 0,06m x 25kN/m <sup>3</sup>            | 1,500             | 1,30       | 1,950             |

|   |              |             |              |
|---|--------------|-------------|--------------|
| Styropian 0,10m x 0,45kN/m <sup>3</sup>                             | 0,045        | 1,20        | 0,054        |
| Folia PE  | 0,003        | 1,20        | 0,004        |
| Strop żelbetowy   | 0,000        | 1,10        | 0,000        |
| Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup>                | 0,285        | 1,30        | 0,371        |
| Obciążenie zastępcze od ścianek 1,25kN/m <sup>2</sup> x (2,70/2,65) | 1,274        | 1,20        | 1,528        |
| Obciążenie technologiczne - oświetlenie itp.                        | 0,100        | 1,20        | 0,120        |
| <b>q<sub>k</sub> =</b>  | <b>3,627</b> | <b>1,26</b> | <b>4,551</b> |

|                                   |                   |                |                   |
|-----------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|
|                                   | kN/m <sup>2</sup> | γ <sub>f</sub> | kN/m <sup>2</sup> |
| Obciążenie użytkowe (mieszkania)  | 1,500             | 1,40           | 2,100             |
| Obciążenie użytkowe (komunikacja) | 2,000             | 1,40           | 2,800             |

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/m<sup>3</sup>.

### Poz. 1.2.3 Zadaszenie balkonu

|  |                               |                |                   |
|--|-------------------------------|----------------|-------------------|
|  | kN/m <sup>2</sup>             | γ <sub>f</sub> | kN/m <sup>2</sup> |
| Papa termozgrzewalna wierzchniego krycia             | 0,075                         | 1,20           | 0,090             |
| Papa termozgrzewalna podkładowa                      | 0,075                         | 1,20           | 0,090             |
| Płyta żelbetowa ze spadkiem całkowitym 2cm           | 0,000                         | 1,10           | 0,000             |
| Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup> | 0,285                         | 1,30           | 0,371             |
| <b>q<sub>k</sub> =</b>                               | <b>0,435</b>                  | <b>1,27</b>    | <b>0,551</b>      |
| Obciążenie użytkowe (konstrukcyjnie przyjęte)        | <b>q<sub>ku</sub> = 2,000</b> | <b>1,40</b>    | <b>2,800</b>      |

### Poz. 1.2.4 Balkony

|   |                               |                |                   |
|---|-------------------------------|----------------|-------------------|
|   | kN/m <sup>2</sup>             | γ <sub>f</sub> | kN/m <sup>2</sup> |
| Płytki ceramiczne (gres) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>      | 0,210                         | 1,20           | 0,252             |
| Zaprawa cementowa (klej) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>      | 0,210                         | 1,30           | 0,273             |
| Izolacja z zaprawy szlamowej 0,003m x 21kN/m <sup>3</sup> | 0,042                         | 1,30           | 0,055             |
| Płyta żelbetowa ze spadkiem całkowitym 2cm                | 0,000                         | 1,10           | 0,000             |
| Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup>      | 0,285                         | 1,30           | 0,371             |
| <b>q<sub>k</sub> =</b>                                    | <b>0,747</b>                  | <b>1,28</b>    | <b>0,950</b>      |
| Obciążenie użytkowe (balkon wspornikowy)                  | <b>q<sub>ku</sub> = 5,000</b> | <b>1,30</b>    | <b>6,500</b>      |

### Poz. 1.3 Obciążenia ścian

#### Poz. 1.3.1 Ściana zewnętrzna warstwowa

|  |                   |                |                   |
|--|-------------------|----------------|-------------------|
|  | kN/m <sup>2</sup> | γ <sub>f</sub> | kN/m <sup>2</sup> |
| Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup>       | 0,285             | 1,30           | 0,371             |
| Ściana z bloczków silikatowych 0,24m x 19kN/m <sup>3</sup> | 4,560             | 1,10           | 5,016             |
| Izolacja ze styropianu 0,20m x 0,45kN/m <sup>3</sup>       | 0,090             | 1,20           | 0,108             |
| Tynk (wyprawy i siatka) 0,01m x 19kN/m <sup>3</sup>        | 0,190             | 1,30           | 0,247             |
| <b>q<sub>k</sub> =</b>                                     | <b>5,125</b>      | <b>1,13</b>    | <b>5,742</b>      |

#### Poz. 1.3.2 Ściana zewnętrzna warstwowa - parter

|  |                   |                |                   |
|--|-------------------|----------------|-------------------|
|  | kN/m <sup>2</sup> | γ <sub>f</sub> | kN/m <sup>2</sup> |
| Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup>       | 0,285             | 1,30           | 0,371             |
| Ściana z bloczków silikatowych 0,24m x 19kN/m <sup>3</sup> | 4,560             | 1,10           | 5,016             |
| Izolacja ze styropianu 0,20m x 0,45kN/m <sup>3</sup>       | 0,090             | 1,20           | 0,108             |
| Tynk (klej i siatka) 0,005m x 19kN/m <sup>3</sup>          | 0,095             | 1,30           | 0,124             |
| Zaprawa cementowa (klej) 0,005m x 21kN/m <sup>3</sup>      | 0,105             | 1,30           | 0,137             |
| Elewacyjne płytki klinkierowe 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>  | 0,210             | 1,20           | 0,252             |
| <b>q<sub>k</sub> =</b>                                     | <b>5,345</b>      | <b>1,13</b>    | <b>6,007</b>      |

#### Poz. 1.3.3 Ściana zewnętrzna warstwowa - piwnica

|  |                   |                |                   |
|--|-------------------|----------------|-------------------|
|  | kN/m <sup>2</sup> | γ <sub>f</sub> | kN/m <sup>2</sup> |
| Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup> | 0,285             | 1,30           | 0,371             |

|  |       |      |       |
|--|-------|------|-------|
| Ściana z bloczków betonowych 0,24m x 24kN/m <sup>3</sup> | 5,760 | 1,10 | 6,336 |
| Izolacja ze styroduru 0,20m x 0,45kN/m <sup>3</sup>      | 0,090 | 1,20 | 0,108 |
| Tynk (wyprawy i siatka) 0,01m x 19kN/m <sup>3</sup>      | 0,190 | 1,30 | 0,247 |
| $q_k =$  | 6,325 | 1,12 | 7,062 |

**Poz. 1.3.4 Ściana wewnętrzna - nadziemna**

|  |                   |            |                   |
|--|-------------------|------------|-------------------|
|  | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
| Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup>       | 0,285             | 1,30       | 0,371             |
| Ściana z bloczków silikatowych 0,24m x 19kN/m <sup>3</sup> | 4,560             | 1,10       | 5,016             |
| Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup>       | 0,285             | 1,30       | 0,371             |
| $q_k =$  | 5,130             | 1,13       | 5,757             |

**Poz. 1.3.5 Ściana wewnętrzna - piwnica**

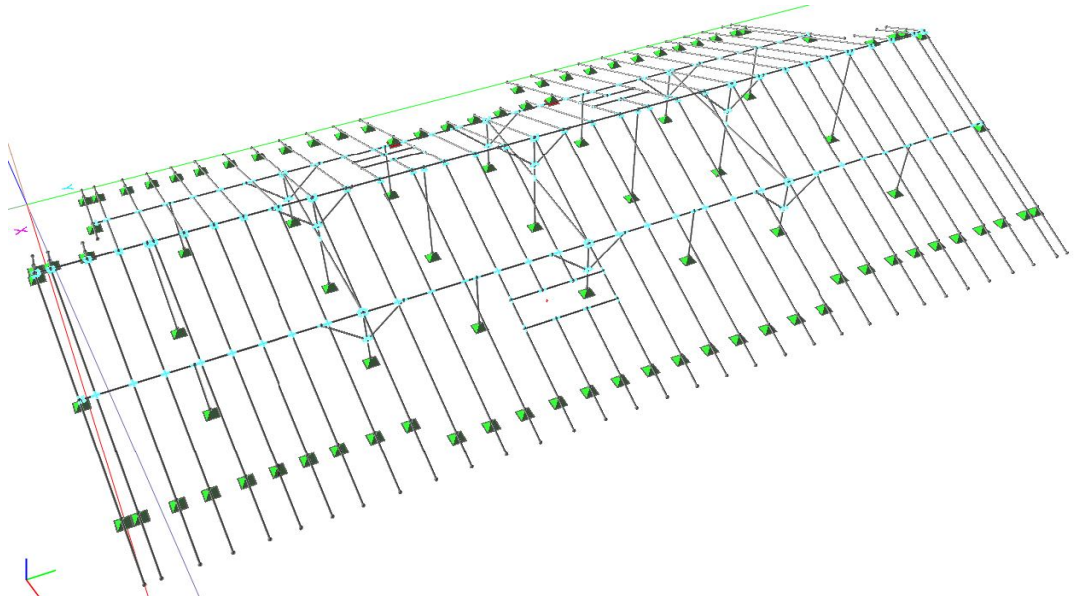
|  |                   |            |                   |
|--|-------------------|------------|-------------------|
|  | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
| Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup>     | 0,285             | 1,30       | 0,371             |
| Ściana z bloczków betonowych 0,24m x 24kN/m <sup>3</sup> | 5,760             | 1,10       | 6,336             |
| Tynk cementowo wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup>     | 0,285             | 1,30       | 0,371             |
| $q_k =$  | 6,330             | 1,12       | 7,077             |

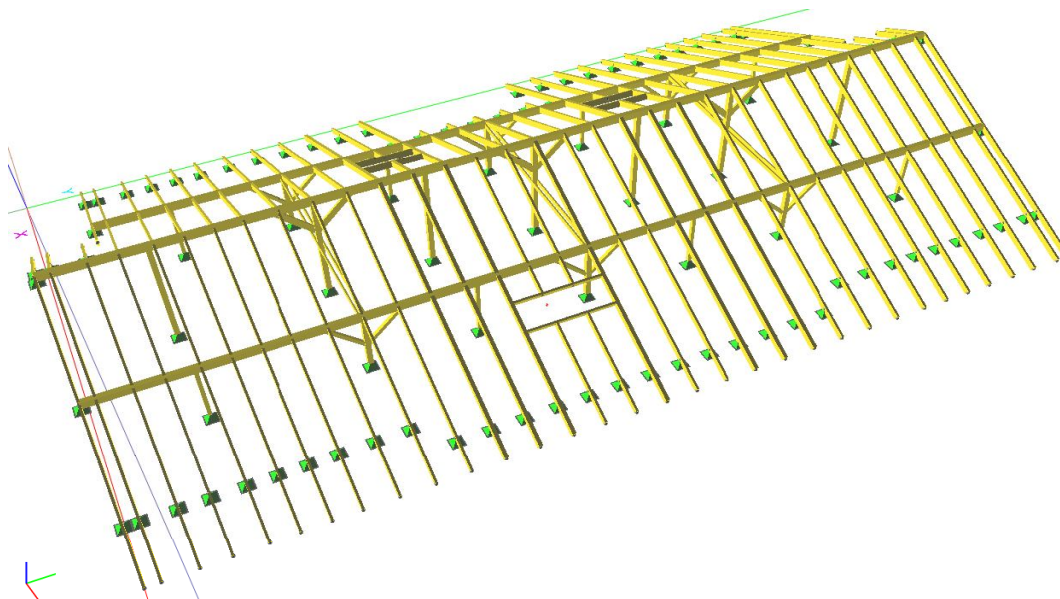
**Poz. 2.0 Konstrukcja dachu głównego**

Projektuje się dach o konstrukcji krokwiowo - płatwiowej z drewna klasy C24 o następujących parametrach wytrzymałościowych:

$$\begin{array}{lll}
 f_{c,0,k} = 23 \text{ MPa} & \Rightarrow x_d = \frac{k_{mod} x_k}{\gamma_M} & \Rightarrow f_{c,0,d} = 12,4 \text{ MPa} \\
 f_{m,y,k} = 30 \text{ MPa} & & f_{m,y,d} = 16,2 \text{ MPa} \\
 f_{v,k} = 3 \text{ MPa} & & f_{v,d} = 1,62 \text{ MPa} \\
 f_{t,0,k} = 18 \text{ MPa} & k_{mod} = 0,7 & f_{t,0,d} = 9,69 \text{ MPa} \\
 E_k = E_{0,05} = 8 \text{ GPa} & \gamma_M = 1,3 & E_{0,mean} = 12,0 \text{ GPa} \\
 & \gamma_{Ms} = 1,1 & G_{mean} = 0,75 \text{ GPa}
 \end{array}$$

Dalsze obliczenia statyczne wykonano dla poniższego schematu obliczeniowego:





### Poz. 2.1 Krokwie przy wymianach

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

|                                 |                                |                                  |                                   |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| $M_{y,max} = 5,890 \text{ kNm}$ | $M_y = 0,00 \text{ kNm}$       | $M_y = 4,940 \text{ kNm}$        | $M_y = 1,230 \text{ kNm}$         |
| $M_z = 0,010 \text{ kNm}$       | $M_{z,max} = 0,14 \text{ kNm}$ | $M_z = 0,010 \text{ kNm}$        | $M_z = 0,000 \text{ kNm}$         |
| $N_{ści.} = 1,910 \text{ kN}$   | $N_{ści.} = 5,660 \text{ kN}$  | $N_{roz,max} = 5,480 \text{ kN}$ | $N_{ści,max} = 13,960 \text{ kN}$ |

Krokwie pracują jako mimośrodowo ściskane lub rozciągane. Dalsze obliczenia wykonano przy uwzględnieniu deskowania całej połaci dachowej, które w pewnym stopniu zabezpieczy krokwie przed wyboczeniem.

Do dalszych obliczeń przyjęto krokwie prostokątne o przekroju 10x18cm jednak z uwagi na 3cm podcięcie nad płatwiami i murlatami dalej przyjęto krokwie o wymiarach 10x15cm o następujących wielkościach przekrojowych:

|                               |                              |                             |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| $h = 15,00 \text{ cm}$        | $I_y = 2812,50 \text{ cm}^4$ | $W_y = 375,00 \text{ cm}^3$ |
| $b = 10,00 \text{ cm}$        | $I_z = 1250,00 \text{ cm}^4$ | $W_z = 250,00 \text{ cm}^3$ |
| $L = L_{dy} = 3,30 \text{ m}$ | $A_d = 150,00 \text{ cm}^2$  | $\beta_c = 0,2$             |
| $L_{dz} = 0,30 \text{ m}$     |                              |                             |

#### Stan graniczny nośności

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 4,33 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 76,21 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 13,6 \text{ MPa}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 2,89 \text{ cm} \quad \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 10,39 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 731,1 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 1,301 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,426$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,177 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,483$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,497 \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,072$$

Dalej przyjęto  $k_{c,y} = 0,497$   $k_{c,z} = 1,000$

#### Sprawdzenie naprężeń

Przypadek dla  $M_{y,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y}A_d} = 0,256 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 15,7 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z}A_d} = 0,127 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa} \\ \left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,975 < 1 & \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,975 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,357 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 15,71 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla  $M_{z,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y}A_d} = 0,759 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 0,0 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z}A_d} = 0,377 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,6 \text{ MPa} \\ \left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,038 < 1 & \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,036 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,357 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 0,56 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla  $N_{roz,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{t,0,d} &= \frac{N}{A_d} = 0,365 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 13,2 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa} \\ \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,856 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,357 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 13,17 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla  $N_{sci,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y}A_d} = 1,871 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 3,3 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z}A_d} = 0,931 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa} \\ \left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,226 < 1 & \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,209 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,357 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 3,28 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej  $T_y = 8,380 \text{ kN}$   $T_z = 0,050 \text{ kN}$   $T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 8,380 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,838 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,30 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie krokwi  $u_{inst,y} = 0,73 \text{ cm}$   $u_{inst,z} = 0,00 \text{ cm}$   $u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 0,73 \text{ cm}$   $k_{def} = 0,50$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 1,10 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 1,65 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

## Poz. 2.2 Pozostałe krokwie

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

|                                 |                                |                                  |                                   |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| $M_{y,max} = 4,980 \text{ kNm}$ | $M_y = 4,98 \text{ kNm}$       | $M_y = 4,780 \text{ kNm}$        | $M_y = 3,080 \text{ kNm}$         |
| $M_z = 0,020 \text{ kNm}$       | $M_{z,max} = 0,02 \text{ kNm}$ | $M_z = 0,020 \text{ kNm}$        | $M_z = 0,020 \text{ kNm}$         |
| $N_{sci.} = 6,820 \text{ kN}$   | $N_{sci.} = 6,820 \text{ kN}$  | $N_{roz,max} = 5,470 \text{ kN}$ | $N_{sci,max} = 13,470 \text{ kN}$ |

Krokwie pracują jako mimośrodowo ściskane lub rozciągane. Dalsze obliczenia wykonano przy uwzględnieniu deskowania całej połaci dachowej, które w pewnym stopniu zabezpieczy krokwie przed wyboczeniem.

Do dalszych obliczeń przyjęto krokwie prostokątne o przekroju 6x18cm jednak z uwagi na 3cm podcięcie nad płatwiami i murlatami dalej przyjęto krokwie o wymiarach 6x15cm o następujących wielkościach przekrojowych:

|                               |                              |                             |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| $h = 15,00 \text{ cm}$        | $I_y = 1687,50 \text{ cm}^4$ | $W_y = 225,00 \text{ cm}^3$ |
| $b = 6,00 \text{ cm}$         | $I_z = 270,00 \text{ cm}^4$  | $W_z = 90,00 \text{ cm}^3$  |
| $L = L_{dy} = 3,30 \text{ m}$ | $A_d = 90,00 \text{ cm}^2$   | $\beta_c = 0,2$             |
| $L_{dz} = 0,30 \text{ m}$     |                              |                             |

Stan graniczny nośności

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 4,33 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 76,21 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 13,6 \text{ MPa}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 1,73 \text{ cm} \quad \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 17,32 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 263,2 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 1,301 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,426$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,296 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,523$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,497 \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,047$$

Dalej przyjęto  $k_{c,y} = 0,497$   $k_{c,z} = 1,000$

Sprawdzenie naprężeń

Przypadek dla  $M_{y,max}$

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 1,524 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 22,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,758 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,2 \text{ MPa}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,399 > 1 \quad \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,388 > 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,595 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 22,13 \text{ MPa} > k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla  $M_{z,max}$

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 1,524 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 22,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,758 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,2 \text{ MPa}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,399 > 1 \quad \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,388 > 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,595 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 22,13 \text{ MPa} > k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla  $N_{roz,max}$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_d} = 0,608 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 21,2 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,2 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,392 > 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,595 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 21,24 \text{ MPa} > k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}$$

Warunki normowe nie spełnione

Przypadek dla  $N_{sci,max}$

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 3,009 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 13,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 1,497 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,2 \text{ MPa}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,920 < 1 \quad \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,876 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,595 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 13,69 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej

$$T_y = 7,300 \text{ kN}$$

$$T_z = 0,040 \text{ kN}$$

$$T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 7,300 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 1,217 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,30 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

$$\begin{aligned} \text{ugięcie krokwi} \quad u_{\text{inst},y} &= 0,97 \text{ cm} & u_{\text{inst}} &= \sqrt{u_{\text{inst},y}^2 + u_{\text{inst},z}^2} = 0,97 \text{ cm} \\ u_{\text{inst},z} &= 0,01 \text{ cm} & k_{\text{def}} &= 0,50 \end{aligned}$$

$$u_{\text{fin}} = u_{\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 1,46 \text{ cm} < u_{\text{net,fin}} = L / 200 = 1,65 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

Z powyższych obliczeń wynika, iż większość warunków nośności nie jest dla podciętego przekroju spełniona. W związku z powyższym projektuje się wzmocnienie podciętych krokwi nad płatwiami oraz nad częścią murłat poprzez jednostronne nakładki o przekroju 4x18cm (stosownie podcięte) z drewna jak krokiew mocowane do niej gwoździami.

$$\text{Rozstaw osiowy grup gwoździ na końcach nakładki} \quad s = 1,20 \text{ m}$$

$$\text{Siła ścinająca jedną grupę gwoździ} \quad V = M_{y,\text{max}} / s = 4,150 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Łączone elementy:} & \text{Krokiew } h = 180 \text{ mm} & \text{Nakładka } h = 180 \text{ mm} \\ \rho_k = 350 \text{ kg/m}^3 & t_2 = b = 60 \text{ mm} & t_1 = b = 40 \text{ mm} \end{array}$$

$$\text{Średnica gwoździ} \quad d_{\text{max}} = t_1 / 6 = 7 \text{ mm} \quad d_{\text{min}} = t_1 / 11 = 3,6 \text{ mm}$$

Do dalszych obliczeń przyjęto gwoździe o średnicy  $d = 5,0 \text{ mm}$

$$\text{Minimalna długość gwoźdźcia} \quad l_{\text{min.}} = t_1 + 1 + 8d + 1,5d = 89 \text{ mm}$$

$$\text{Maksymalna długość gwoźdźcia} \quad l_{\text{max.}} = t_1 + 1 + t_2 = 101 \text{ mm}$$

Ostatecznie do wykonania połączenia przyjęto gwoździe 5x100mm.

Minimalna grubość elementu drewnianego występująca w złączeniu

$$t = \max (7d ; (13d - 30)\rho_k / 400) = (35,0 \text{ mm} ; 30,6 \text{ mm}) = 35,0 \text{ mm} < t_1 = b = 40 \text{ mm}$$

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

$$f_{h,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3} = 17,71 \text{ N/mm}^2 \quad M_{y,k} = 180 d^{2,6} = 11819,38 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,d} = f_{h,k} k_{\text{mod}} / \gamma_M = 9,54 \text{ N/mm}^2 \quad M_{y,d} = M_{y,k} / \gamma_{Ms} = 10744,89 \text{ Nmm}$$

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

$$R_d = f_{h,1,d} t_1 d = 1907,1 \text{ N}$$

$$R_d = f_{h,1,d} t_2 d \beta = 2860,7 \text{ N}$$

$$R_d = \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{1 + \beta} \left[ \sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[ 1 + \frac{t_2}{t_1} + \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right]} + \beta^3 \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \left( 1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] = 1021,0 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[ \sqrt{2\beta^2 (1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,d}}{f_{h,1,d} dt_2^2}} - \beta \right] = 1237,4 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,d}}{f_{h,1,d} dt_1^2}} - \beta \right] = 968,8 \text{ N}$$

$$R_d = 1,1 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,d} f_{h,1,d} d} = 1113,4 \text{ N}$$

$$\text{Miarodajna nośność } R_d = R_{d,\text{min}} = 968,8 \text{ N}$$

Niezbędna liczba łączników w połączeniu jednej grupy gwoździ  $n = N / R_d = 4,28$  szt.

Rozstaw gwoździ w nakładce

Rozstaw gwoździ:  $\alpha = 90,00^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 0,000 \quad \sin \alpha = 1,000$

|   |   |
|---|---|
| odległość między żędami (wzdłuż włókien)    | $a_1 = (5 + 7 \cos \alpha) d = 25 \text{ mm}$     |
| odległość między żędami (w poprzek włókien) | $a_2 = 5 d = 25 \text{ mm}$                       |
| odległość od końca obciążonego              | $a_{3t} = (10 + 5 \cos \alpha) d = 50 \text{ mm}$ |
| odległość od końca nie obciążonego          | $a_{3c} = 10 d = 50 \text{ mm}$                   |
| odległość od krawędzi obciążonej            | $a_{4t} = (5 + 5 \sin \alpha) d = 50 \text{ mm}$  |
| odległość od krawędzi nie obciążonej        | $a_{4c} = 5 d = 25 \text{ mm}$                    |

Ostatecznie w jednej grupie gwoździ na jednym końcu nakładki przyjęto 5szt. gwoździ 5x100mm.

### Poz. 2.3 Wymian o rozpiętości 2,46

Z uwagi na kolizję krokwi z kominami projektuje się przedmiotowy wymian.

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

$$M_y = 2,490 \text{ kNm} \quad M_z = 0,060 \text{ kNm} \quad N_{sci.} = 0,030 \text{ kN}$$

Wymian pracuje jako mimośrodowo ściskany.

Do dalszych obliczeń przyjęto wymian prostokątny o przekroju 6x18cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{aligned} h &= 18,00 \text{ cm} & I_y &= 2916,00 \text{ cm}^4 & W_y &= 324,00 \text{ cm}^3 \\ b &= 6,00 \text{ cm} & I_z &= 324,00 \text{ cm}^4 & W_z &= 108,00 \text{ cm}^3 \\ L &= L_{dy} = 2,46 \text{ m} & A_d &= 108,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L_{dz} &= 0,82 \text{ m} \end{aligned}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{aligned} i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 5,20 \text{ cm} & \lambda_y &= \frac{L_{dy}}{i_y} = 47,34 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 35,2 \text{ MPa} \\ i_z &= \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 1,73 \text{ cm} & \lambda_z &= \frac{L_{dz}}{i_z} = 47,34 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 35,2 \text{ MPa} \\ \lambda_{rel,y} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 0,808 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,857 \\ \lambda_{rel,z} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,808 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,857 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,874 & k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,874 \end{aligned}$$

Dalej przyjęto  $k_{c,y} = 0,874 \quad k_{c,z} = 0,874$

Sprawdzenie naprężeń

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 0,003 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 7,7 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,003 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,6 \text{ MPa} \\ \left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,510 < 1 & \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,510 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,562 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \end{aligned}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 7,69 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej  $T_y = 3,060 \text{ kN}$   $T_z = 0,080 \text{ kN}$   $T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 3,061 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,425 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,30 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie  $u_{inst,y} = 0,36 \text{ cm}$   $u_{inst,z} = 0,04 \text{ cm}$   $u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 0,36 \text{ cm}$   $k_{def} = 0,50$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 0,54 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 1,23 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

## Poz. 2.4 Wymian o rozpiętości 1,70

Z uwagi na kolizję krokwi z kominami projektuje się przedmiotowy wymian.

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

$$M_y = 1,470 \text{ kNm} \quad M_z = 0,030 \text{ kNm} \quad N_{sci.} = 0,050 \text{ kN}$$

Wymian pracuje jako mimośrodowo ściskany.

Do dalszych obliczeń przyjęto wymian prostokątny o przekroju 6x18cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{aligned} h &= 18,00 \text{ cm} & I_y &= 2916,00 \text{ cm}^4 & W_y &= 324,00 \text{ cm}^3 \\ b &= 6,00 \text{ cm} & I_z &= 324,00 \text{ cm}^4 & W_z &= 108,00 \text{ cm}^3 \\ L = L_{dy} &= 1,70 \text{ m} & A_d &= 108,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L_{dz} &= 0,85 \text{ m} \end{aligned}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{aligned} i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 5,20 \text{ cm} & \lambda_y &= \frac{L_{dy}}{i_y} = 32,72 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 73,8 \text{ MPa} \\ i_z &= \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 1,73 \text{ cm} & \lambda_z &= \frac{L_{dz}}{i_z} = 49,07 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 32,8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{rel,y} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 0,558 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,662 \\ \lambda_{rel,z} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,838 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,885 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,983 & k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,856 \end{aligned}$$

Dalej przyjęto  $k_{c,y} = 0,983$   $k_{c,z} = 0,856$

Sprawdzenie naprężeń

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 0,005 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 4,5 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,005 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,298 < 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,298 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,467 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 4,54 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej  $T_y = 1,750 \text{ kN}$   $T_z = 0,050 \text{ kN}$   $T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 1,751 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,243 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,30 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie krokwi  $u_{inst,y} = 0,32 \text{ cm}$   $u_{inst,z} = 0,07 \text{ cm}$   $u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 0,33 \text{ cm}$   $k_{def} = 0,50$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 0,49 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 0,85 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

## Poz. 2.5 Kleszcze

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

$$M_y = 0,040 \text{ kNm} \quad M_z = 0,050 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0,050 \text{ kNm} \quad M_y = 0,040 \text{ kNm}$$

$$N_{roz.,max} = 1,330 \text{ kN} \quad N_{sci.,max} = 1,330 \text{ kN}$$

Kleszcze pracują jako mimośrodowo rozciągane lub ściskane.

Do dalszych obliczeń przyjęto kleszcze w postaci dwóch prostokątnych belek o przekroju 4x14cm oddzielonych przekładkami o grubości  $a = 10 \text{ cm}$  o następujących wielkościach przekrojowych:

$$h = 14,00 \text{ cm} \quad l_y = 1829,33 \text{ cm}^4 \quad W_y = 261,33 \text{ cm}^3$$

$$b = 4,00 \text{ cm} \quad l_z = 5637,33 \text{ cm}^4 \quad W_z = 626,37 \text{ cm}^3$$

$$L = L_d = 6,15 \text{ m} \quad A_d = 112,00 \text{ cm}^2 \quad \beta_c = 0,2$$

$$L_1 = 1,54 \text{ m} \quad l_1 = 74,67 \text{ cm}^4 \quad n = 2$$

$$A_1 = 56,00 \text{ cm}^2 \quad \eta = 4$$

Stan graniczny nośności

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 4,04 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 152,17 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 3,4 \text{ MPa}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 7,09 \text{ cm} \quad \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 86,69 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 10,5 \text{ MPa}$$

$$i_1 = \sqrt{\frac{I_1}{A_1}} = 1,15 \text{ cm} \quad \lambda_1 = \frac{L_1}{i_1} = 133,37 \Rightarrow \sigma_{c,crit,1} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_1^2} = 4,4 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_z^2 + \eta \frac{n}{2} \lambda_1^2} = 280,47 \Rightarrow \sigma_{c,crit,ef} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_{ef}^2} = 1,0 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 2,597 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 4,082$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,ef}}} = 4,787 \quad \Rightarrow \quad k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 12,386$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,138 \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,042$$

Przypadek dla  $N_{roz,max}$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_d} = 0,12 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 0,15 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,08 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} = 0,027 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 1,176 < 1,4 \quad \Rightarrow \quad k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m} = 0,678$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,15 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 10,95 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla  $N_{sci,max}$

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 0,859 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 0,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 2,827 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,1 \text{ MPa}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,019 < 1 \quad \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,067 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 1,176 < 1,4 \quad \Rightarrow \quad k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m} = 0,678$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,15 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 10,95 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej

$$T_y = 0,080 \text{ kN} \quad T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 0,081 \text{ kN}$$

$$T_z = 0,010 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,022 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,615 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

$$u_{inst,y} = 0,25 \text{ cm} \quad u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 0,28 \text{ cm}$$

$$u_{inst,z} = 0,13 \text{ cm} \quad k_{def} = 0,50$$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 0,42 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 3,08 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

## Poz. 2.6 Płatwie

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

$$\begin{array}{llll} M_{y,max} = 11,920 \text{ kNm} & M_y = 7,82 \text{ kNm} & M_y = 5,550 \text{ kNm} & M_y = 11,920 \text{ kNm} \\ M_z = 1,410 \text{ kNm} & M_{z,max} = 1,71 \text{ kNm} & M_z = 0,510 \text{ kNm} & M_z = 1,410 \text{ kNm} \\ N_{sci} = 8,440 \text{ kN} & N_{roz} = 8,440 \text{ kN} & N_{roz,max} = 24,280 \text{ kN} & N_{sci,max} = 8,440 \text{ kN} \end{array}$$

Płatwie pracują jako mimośrodowo ściskane lub rozciągane. Do dalszych obliczeń przyjęto płatwie prostokątne o przekroju 14x20cm o następujących wielkościach przekrojowych:

|                               |                              |                             |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| $h = 20,00 \text{ cm}$        | $I_y = 9333,33 \text{ cm}^4$ | $W_y = 933,33 \text{ cm}^3$ |
| $b = 14,00 \text{ cm}$        | $I_z = 4573,33 \text{ cm}^4$ | $W_z = 653,33 \text{ cm}^3$ |
| $L = L_{dy} = 3,22 \text{ m}$ | $A_d = 280,00 \text{ cm}^2$  | $\beta_c = 0,2$             |
| $L_{dz} = 0,85 \text{ m}$     |                              |                             |

Stan graniczny nośności

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 5,77 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 55,77 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 25,4 \text{ MPa}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 4,04 \text{ cm} \quad \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 21,03 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 178,5 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 0,952 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,998$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,359 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,550$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,770 \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,034$$

Dalej przyjęto  $k_{c,y} = 0,770$   $k_{c,z} = 1,000$

Sprawdzenie naprężeń

Przypadek dla  $M_{y,max}$

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 0,392 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 12,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,301 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 2,2 \text{ MPa}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,925 < 1 \quad \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,925 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,291 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 12,77 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla  $M_{z,max}$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_d} = 0,301 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 8,4 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 2,6 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,712 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,291 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 8,38 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla  $N_{roz,max}$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_d} = 0,867 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 5,9 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,8 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,506 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,291 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 5,95 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla  $N_{sci,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 0,392 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 12,8 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 0,301 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 2,2 \text{ MPa} \\ \left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,925 < 1 & \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,925 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,291 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 12,77 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej  $T_y = 21,800 \text{ kN}$   $T_z = 3,100 \text{ kN}$   $T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 22,019 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 1,180 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,30 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie krokwi  $u_{inst,y} = 0,42 \text{ cm}$   $u_{inst,z} = 0,18 \text{ cm}$   $u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 0,46 \text{ cm}$   $k_{def} = 0,50$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 0,69 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 1,61 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

## Poz. 2.7 Miecze

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

$$M_y = 0,010 \text{ kNm} \quad M_z = 0,010 \text{ kNm} \quad N_{sci} = 45,710 \text{ kN}$$

Miecze pracuje jako mimośrodowo ściskany.

Do dalszych obliczeń przyjęto miecze kwadratowe o przekroju 10x10cm o następujących wielkościach przekrojowych:

$$\begin{aligned}h &= 10,00 \text{ cm} & I_y &= 833,33 \text{ cm}^4 & W_y &= 166,67 \text{ cm}^3 \\ b &= 10,00 \text{ cm} & I_z &= 833,33 \text{ cm}^4 & W_z &= 166,67 \text{ cm}^3 \\ L = L_{dy} &= 1,42 \text{ m} & A_d &= 100,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L_{dz} &= 1,42 \text{ m}\end{aligned}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{aligned}i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 2,89 \text{ cm} & \lambda_y &= \frac{L_{dy}}{i_y} = 49,19 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 32,6 \text{ MPa} \\ i_z &= \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 2,89 \text{ cm} & \lambda_z &= \frac{L_{dz}}{i_z} = 49,19 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 32,6 \text{ MPa} \\ \lambda_{rel,y} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 0,840 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,886\end{aligned}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,840 \quad \Rightarrow \quad k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,886$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,854 \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,854$$

Dalej przyjęto  $k_{c,y} = 0,854$   $k_{c,z} = 0,854$

*Sprawdzenie naprężeń*

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 5,351 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 0,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 5,351 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,1 \text{ MPa}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,194 < 1 \quad \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,194 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,191 < 0,75 \quad \Rightarrow \quad k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,06 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

## Poz. 2.8 Słupki wysokie

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

$$M_y = 0,030 \text{ kNm} \quad M_z = 0,150 \text{ kNm} \quad N_{sci} = 31,100 \text{ kN}$$

Słupki pracują jako mimośrodowo ściskane.

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

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

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

$$L = L_{dy} = 3,12 \text{ m} \quad A_d = 196,00 \text{ cm}^2 \quad \beta_c = 0,2$$

$$L_{dz} = 3,12 \text{ m}$$

*Stan graniczny nośności*

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 4,04 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{L_{dy}}{i_y} = 77,20 \quad \Rightarrow \quad \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 13,2 \text{ MPa}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 4,04 \text{ cm} \quad \lambda_z = \frac{L_{dz}}{i_z} = 77,20 \quad \Rightarrow \quad \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 13,2 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 1,318 \quad \Rightarrow \quad k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,450$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 1,318 \quad \Rightarrow \quad k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 1,450$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,487 \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,487$$

Dalej przyjęto  $k_{c,y} = 0,487$   $k_{c,z} = 0,487$

*Sprawdzenie naprężeń*

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 3,260 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 0,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 3,260 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0,3 \text{ MPa}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,094 < 1 \quad \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,094 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,239 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,33 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

## Poz. 2.9 Słupki niskie - główne

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

$$M_y = 0,010 \text{ kNm} \quad M_z = 1,370 \text{ kNm} \quad N_{sci} = 71,940 \text{ kN}$$

Słupki pracują jako mimośrodowo ściskane.

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

$$\begin{aligned} h &= 14,00 \text{ cm} & I_y &= 3201,33 \text{ cm}^4 & W_y &= 457,33 \text{ cm}^3 \\ b &= 14,00 \text{ cm} & I_z &= 3201,33 \text{ cm}^4 & W_z &= 457,33 \text{ cm}^3 \\ L = L_{dy} &= 1,70 \text{ m} & A_d &= 196,00 \text{ cm}^2 & \beta_c &= 0,2 \\ L_{dz} &= 1,70 \text{ m} \end{aligned}$$

Stan graniczny nośności

$$\begin{aligned} i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 4,04 \text{ cm} & \lambda_y &= \frac{L_{dy}}{i_y} = 42,06 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 44,6 \text{ MPa} \\ i_z &= \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 4,04 \text{ cm} & \lambda_z &= \frac{L_{dz}}{i_z} = 42,06 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 44,6 \text{ MPa} \\ \lambda_{rel,y} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 0,718 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,780 \\ \lambda_{rel,z} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,718 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,780 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,923 & k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,923 \end{aligned}$$

Dalej przyjęto  $k_{c,y} = 0,923$   $k_{c,z} = 0,923$

Sprawdzenie naprężeń

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{N}{k_{c,y} A_d} = 3,976 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,z} = \frac{N}{k_{c,z} A_d} = 3,976 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 3,0 \text{ MPa}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,290 < 1 \quad \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,290 < 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,177 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 3,00 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}$$

Warunki normowe spełnione

**Poz. 2.10 Słupki pomocnicze**

Konstrukcyjnie przyjęto słupki o przekroju 10x10cm.

**Poz. 2.11 Podwaliny pod słupki**

Konstrukcyjnie przyjęto podwaliny o przekroju 14x14cm.

**Poz. 2.12 Murlaty**

Konstrukcyjnie przyjęto murlaty o przekroju 12x12cm. Murlaty mocować do płyty stropowej przy pomocy śrub M16 rozporowych lub wklejanych chemicznie w rozstawie co 1,50m.

**Poz. 2.13 Krokwie skosu za ścianką attykową**

Konstrukcyjnie przyjęto krokwie o przekroju 6x15cm mocowane do krokwi podstawowych Poz. 2.1 i Poz. 2.2 za pośrednictwem słupków Poz. 2.14. Skos za ścianką attykową wykonać na więźbie głównej. Aby uniknąć rozporu każda krokiew skosu 6x15cm musi opierać się na słupkach Poz. 2.14, które należy mocować do każdej krokwi Poz. 2.1 i Poz. 2.2.

**Poz. 2.14 Słupki podpierające krokwie Poz. 2.13**

Konstrukcyjnie przyjęto słupki o przekroju 5x10cm.

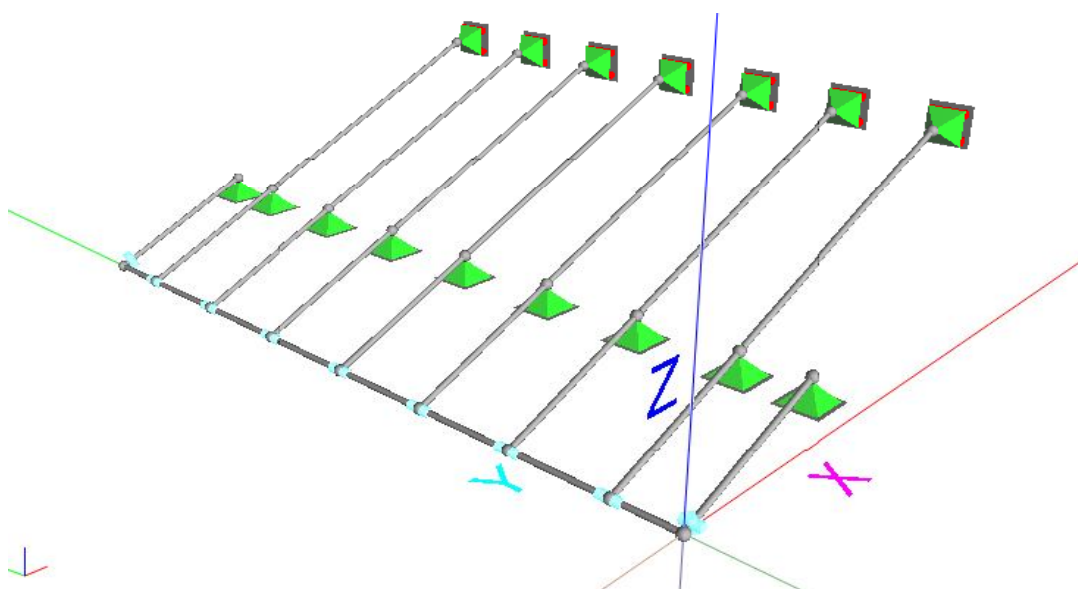
**Poz. 3.0 Konstrukcja zadaszenia nad wiatrolapem**

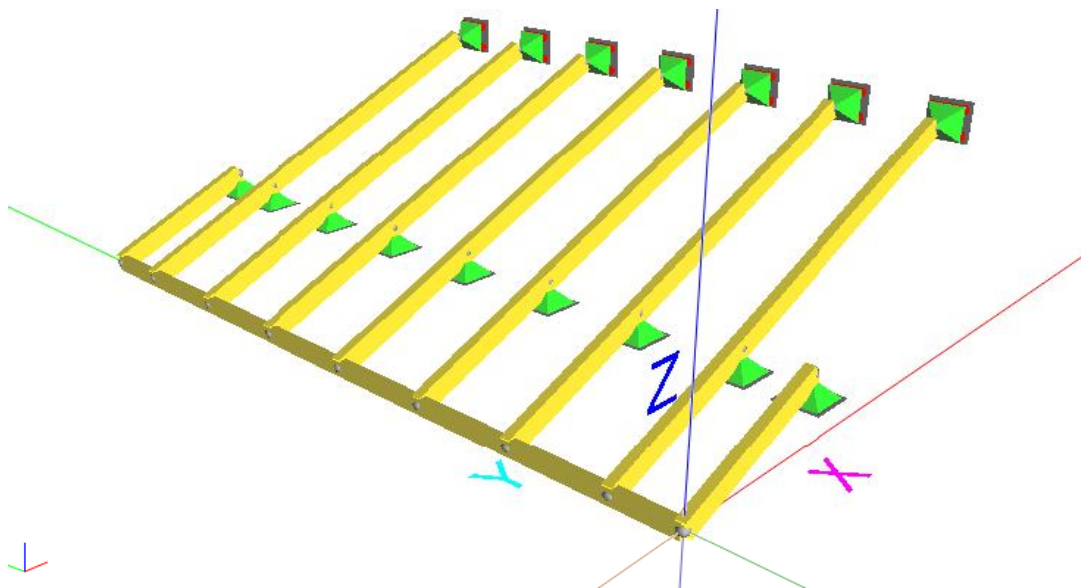
Projektuje się zadaszenie wejścia do budynku w postaci krokwi opartych na murlatach z drewna klasy C24.

Na przedmiotowe zadaszenie będą działać następujące obciążenia:

|   |         | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
|---|---------|-------------------|------------|-------------------|
| Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.1           | $q_k =$ | 1,403             | 1,20       | 1,683             |
| Obciążenia zmienne - wiatr Poz. 1.1.2       | $q_k =$ | 0,095             | 1,51       | 0,142             |
| Obciążenia zmienne - śnieg Poz. 1.1.3 + 20% | $q_k =$ | 2,048             | 1,50       | 3,072             |

Jako schemat statyczny przyjęto poniższy układ krokwi:





### Poz. 3.1 Krokwie

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

|                                 |                                |                                  |                                   |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| $M_{y,max} = 4,470 \text{ kNm}$ | $M_y = 0,00 \text{ kNm}$       | $M_y = 4,470 \text{ kNm}$        | $M_y = 3,810 \text{ kNm}$         |
| $M_z = 0,030 \text{ kNm}$       | $M_{z,max} = 0,13 \text{ kNm}$ | $M_z = 0,050 \text{ kNm}$        | $M_z = 0,000 \text{ kNm}$         |
| $N_{sci.} = 12,080 \text{ kN}$  | $N_{sci.} = 0,560 \text{ kN}$  | $N_{roz,max} = 2,640 \text{ kN}$ | $N_{sci,max} = 12,970 \text{ kN}$ |

Krokwie pracują jako mimośrodowo ściskane lub rozciągane. Dalsze obliczenia wykonano przy uwzględnieniu deskowania całej połaci dachowej, które w pewnym stopniu zabezpieczy krokwie przed wyboczeniem.

Do dalszych obliczeń przyjęto krokwie prostokątne o przekroju 8x18cm jednak z uwagi na 3cm podcięcie nad płatwiami i murlatami dalej przyjęto krokwie o wymiarach 8x15cm o następujących wielkościach przekrojowych:

|                               |                              |                             |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| $h = 15,00 \text{ cm}$        | $I_y = 2250,00 \text{ cm}^4$ | $W_y = 300,00 \text{ cm}^3$ |
| $b = 8,00 \text{ cm}$         | $I_z = 640,00 \text{ cm}^4$  | $W_z = 160,00 \text{ cm}^3$ |
| $L = L_{dy} = 2,40 \text{ m}$ | $A_d = 120,00 \text{ cm}^2$  | $\beta_c = 0,2$             |
| $L_{dz} = 0,30 \text{ m}$     |                              |                             |

#### Stan graniczny nośności

$$\begin{aligned}
 i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_d}} = 4,33 \text{ cm} & \lambda_y &= \frac{L_{dy}}{i_y} = 55,43 \Rightarrow \sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 25,7 \text{ MPa} \\
 i_z &= \sqrt{\frac{I_z}{A_d}} = 2,31 \text{ cm} & \lambda_z &= \frac{L_{dz}}{i_z} = 12,99 \Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = 467,9 \text{ MPa} \\
 \lambda_{rel,y} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = 0,946 \Rightarrow k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,992 \\
 \lambda_{rel,z} &= \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = 0,222 \Rightarrow k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,497 \\
 k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,775 & k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,062
 \end{aligned}$$

Dalej przyjęto  $k_{c,y} = 0,775$   $k_{c,z} = 1,000$

#### Sprawdzenie naprężeń

Przypadek dla  $M_{y,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y}A_d} = 1,299 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 14,9 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z}A_d} = 1,007 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,2 \text{ MPa} \\ \left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,945 < 1 & \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,941 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,380 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 14,90 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla  $M_{z,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y}A_d} = 0,060 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 0,0 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z}A_d} = 0,047 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,8 \text{ MPa} \\ \left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,050 < 1 & \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,050 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,380 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 0,81 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla  $N_{roz,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{t,0,d} &= \frac{N}{A_d} = 0,220 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 14,9 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,3 \text{ MPa} \\ \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,964 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,380 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 14,90 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Przypadek dla  $N_{sci,max}$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d,y} &= \frac{N}{k_{c,y}A_d} = 1,395 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_y}{W_y} = 12,7 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,0,d,z} &= \frac{N}{k_{c,z}A_d} = 1,081 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 12,38 \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_z}{W_z} = 0,0 \text{ MPa} \\ \left( \frac{\sigma_{c,0,d,y}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,799 < 1 & \left( \frac{\sigma_{c,0,d,z}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= 0,794 < 1 \\ \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{I_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,380 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1,000 \\ \sigma_{m,y,d} &= 12,70 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,y,d} = 16,15 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Warunki normowe spełnione

Wpływ siły ścinającej  $T_y = 6,840 \text{ kN}$   $T_z = 0,090 \text{ kN}$   $T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2} = 6,841 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,5 \frac{T}{bh} = 0,855 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,30 \text{ MPa}$$

Warunek normowy spełniony

Stan graniczny użytkowania

ugięcie krokwi  $u_{inst,y} = 0,62 \text{ cm}$   $u_{inst,z} = 0,13 \text{ cm}$   $u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2} = 0,63 \text{ cm}$   $k_{def} = 0,50$

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) = 0,95 \text{ cm} < u_{net,fin} = L / 200 = 1,20 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony

### Poz. 3.2 Poprzeczka łącząca

Konstrukcyjnie przyjęto poprzeczkę o przekroju 6x15cm.

### Poz. 3.3 Murlaty

Konstrukcyjnie przyjęto murlaty o przekroju 12x12cm. Murlaty mocować do płyty stropowej przy pomocy śrub M16 rozporowych lub wklejanych chemicznie w rozstawie co 1,50m.

### Poz. 4.0 Rdzenie ścian stropodachu

### Poz. 4.1 Rdzenie o przekroju 24x24cm

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne rdzenie żelbetowe z betonu B-25 o przekroju 24x24cm zbrojone prętami podłużnymi 4φ12mm ze stali A-III 34GS oraz strzemionami dwuciętymi φ6 ze stali A-0 StOS w rozstawie co 9 i 18cm.

### Poz. 5.0 Strop nad III piętrem

### Poz. 5.1 Żelbetowa monolityczna płyta stropowa

Projektuje się strop jako żelbetową monolityczną płytę z betonu B-25 zbrojoną krzyżowo prętami ze stali A-III 34GS.

Na przedmiotowy strop będą działać następujące obciążenia:

|  | kN/m <sup>2</sup>      | γ <sub>f</sub> | kN/m <sup>2</sup> |
|--|------------------------|----------------|-------------------|
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1     | q <sub>k</sub> = 1,138 | 1,27           | 1,444             |
| Obciążenia zmienne (strych) Poz. 1.2.1 | q <sub>k</sub> = 0,500 | 1,40           | 0,700             |

Reakcje od słupków więźby dachowej:

|                       | kN                        | γ <sub>f</sub> | kN     |
|-----------------------|---------------------------|----------------|--------|
| Reakcja od słupka Nr1 | N <sub>1.1</sub> = 35,470 | 1,37           | 48,260 |
| Reakcja od słupka Nr2 | N <sub>1.2</sub> = 50,470 | 1,37           | 68,640 |
| Reakcja od słupka Nr3 | N <sub>1.3</sub> = 29,580 | 1,36           | 40,220 |
| Reakcja od słupka Nr4 | N <sub>1.4</sub> = 52,920 | 1,36           | 71,940 |
| Reakcja od słupka Nr5 | N <sub>1.5</sub> = 29,620 | 1,36           | 40,250 |
| Reakcja od słupka Nr6 | N <sub>1.6</sub> = 50,610 | 1,37           | 68,840 |
| Reakcja od słupka Nr7 | N <sub>1.7</sub> = 35,450 | 1,37           | 48,230 |

|                       | kN                        | γ <sub>f</sub> | kN     |
|-----------------------|---------------------------|----------------|--------|
| Reakcja od słupka Nr1 | N <sub>2.1</sub> = 11,930 | 1,36           | 16,110 |
| Reakcja od słupka Nr2 | N <sub>2.2</sub> = 20,910 | 1,36           | 28,250 |
| Reakcja od słupka Nr3 | N <sub>2.3</sub> = 12,310 | 1,35           | 16,600 |

|                       |             |        |      |        |
|-----------------------|-------------|--------|------|--------|
| Reakcja od słupka Nr4 | $N_{2,4} =$ | 23,000 | 1,36 | 31,100 |
| Reakcja od słupka Nr5 | $N_{2,5} =$ | 12,750 | 1,35 | 17,190 |
| Reakcja od słupka Nr6 | $N_{2,6} =$ | 20,870 | 1,36 | 28,190 |
| Reakcja od słupka Nr7 | $N_{2,7} =$ | 11,930 | 1,36 | 16,110 |

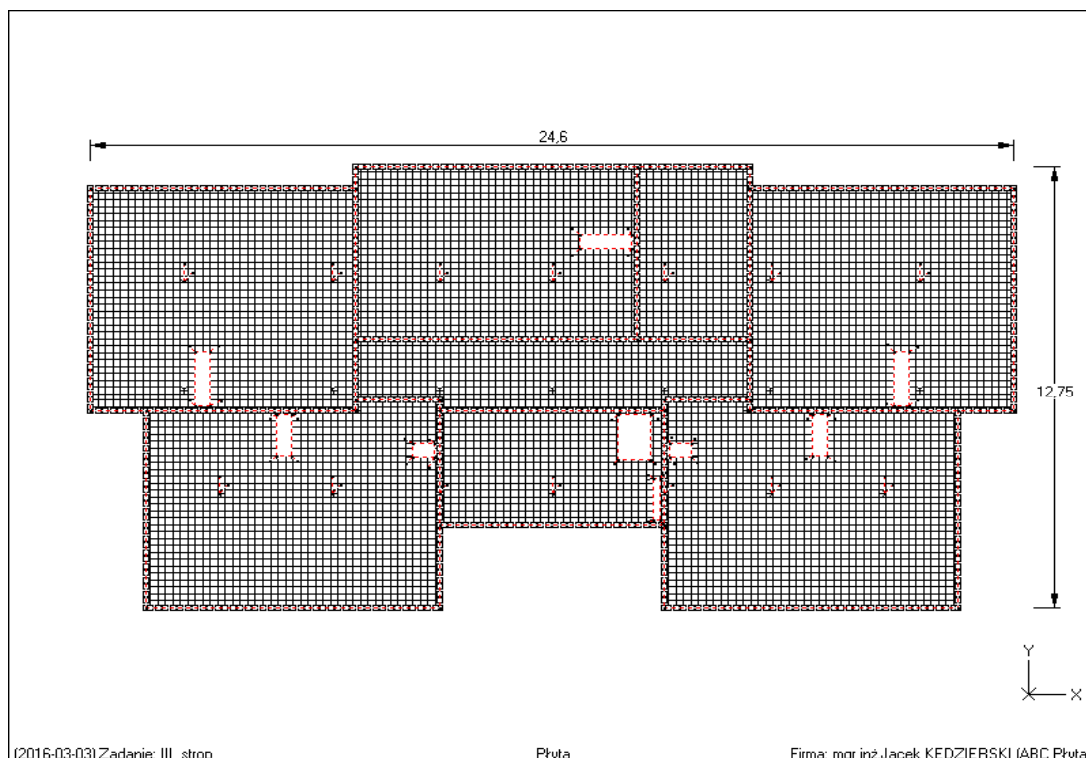
|                       |             | kN     | $\gamma_f$ | kN     |
|-----------------------|-------------|--------|------------|--------|
| Reakcja od słupka Nr1 | $N_{3,1} =$ | 32,420 | 1,37       | 44,130 |
| Reakcja od słupka Nr2 | $N_{3,2} =$ | 51,380 | 1,37       | 69,890 |
| Reakcja od słupka Nr3 | $N_{3,3} =$ | 27,700 | 1,36       | 37,660 |
| Reakcja od słupka Nr4 | $N_{3,4} =$ | 44,210 | 1,36       | 60,120 |
| Reakcja od słupka Nr5 | $N_{3,5} =$ | 27,760 | 1,36       | 37,730 |
| Reakcja od słupka Nr6 | $N_{3,6} =$ | 51,370 | 1,37       | 69,880 |
| Reakcja od słupka Nr7 | $N_{3,7} =$ | 32,420 | 1,37       | 44,140 |

Ponadto na płytę stropową będą działać następujące krawędziowe obciążenie liniowe od kominów wentylacyjnych i ich obudowy:

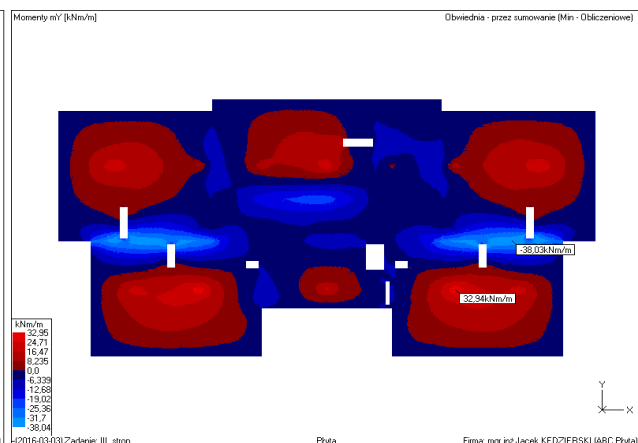
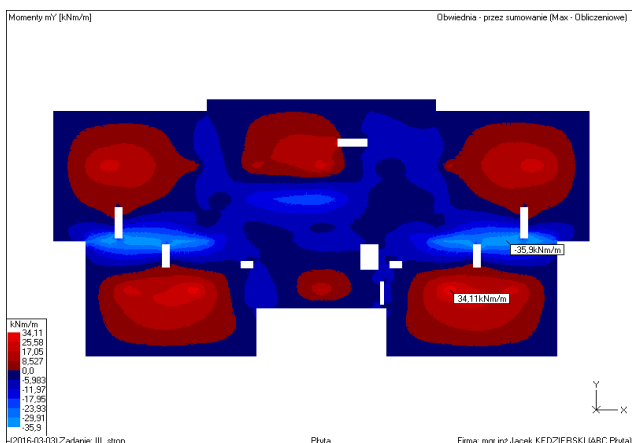
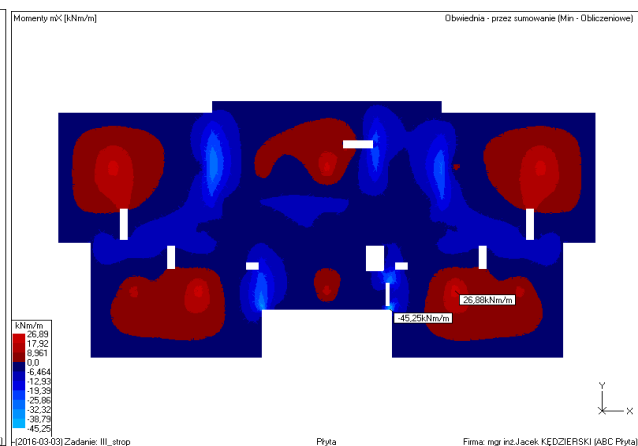
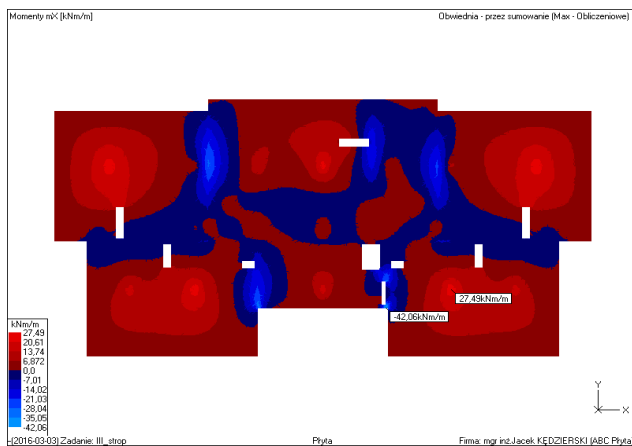
|  | kN/m   | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|--------|------------|--------|
| Cera. kształ. komin. 0,19x0,19x24cm 7,5kg x 15szt. x 5szt.           | 5,625  | 1,30       | 7,313  |
| Obudo. komin - błączek silikato. 0,08m x 3,70m x 19kN/m <sup>3</sup> | 5,624  | 1,30       | 7,311  |
| Tynk cementowo wapienny 0,015m x 3,70m x 19kN/m <sup>3</sup>         | 1,055  | 1,30       | 1,371  |
| $q_k =$  | 12,304 | 1,30       | 15,995 |

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

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



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



$$M_{x,prz\acute{e}} = 27,5 \text{ kNm}$$

$$M_{x,podp} = 45,3 \text{ kNm}$$

$$M_{y,prz\acute{e}} = 34,1 \text{ kNm}$$

$$M_{y,podp} = 38,0 \text{ kNm}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

$$\text{Beton B-25 } f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$$

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

$$\text{Stal A-III 34GS } f_{yd} = 350 \text{ MPa}$$

Klasa ekspozycji XC1

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

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

$$\text{rozpiętość efektywna } l_{eff} = 6,45 \text{ m}$$

$$\text{wysokość płyty } h = 0,17 \text{ m}$$

$$\text{szerokość płyty } b = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{średnica pręta podłużnego } \phi = 12 \text{ mm}$$

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

$$a_1 \text{ i } a_2 = 31 \text{ mm}$$

$$\text{użyteczna wysokość przekroju } d_x = 0,139 \text{ m}$$

$$\text{użyteczna wysokość przekroju } d_y = d_x - \phi = 0,127 \text{ m}$$

Zbrojenie przęsłowe dla  $M_x$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,107$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5 \zeta_{eff} = 0,943$$

$$\text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,113$$

$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 5,990 \text{ cm}^2$$

$$\text{co } 18 \text{ cm o } A_{s1,prov} = 6,283 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie podporowe dla  $M_x$

$$\mu_{eff} = 0,176$$

$$\xi_{eff} = 0,195$$

$$\zeta_{eff} = 0,902$$

$$A_{s2} = 10,307 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm}$$

$$\text{co } 9 \text{ cm o}$$

$$A_{s2,prov} = 12,566 \text{ cm}^2$$

#### Zbrojenie przęsłowe dla $M_y$

$$\mu_{\text{eff}} = 0,159 \quad \xi_{\text{eff}} = 0,174 \quad \zeta_{\text{eff}} = 0,913 \quad A_{s1} = 8,406 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm} \quad \text{co } 12 \text{ cm} \quad \text{o} \quad A_{s1,\text{prov}} = 9,425 \text{ cm}^2$$

#### Zbrojenie podporowe dla $M_y$

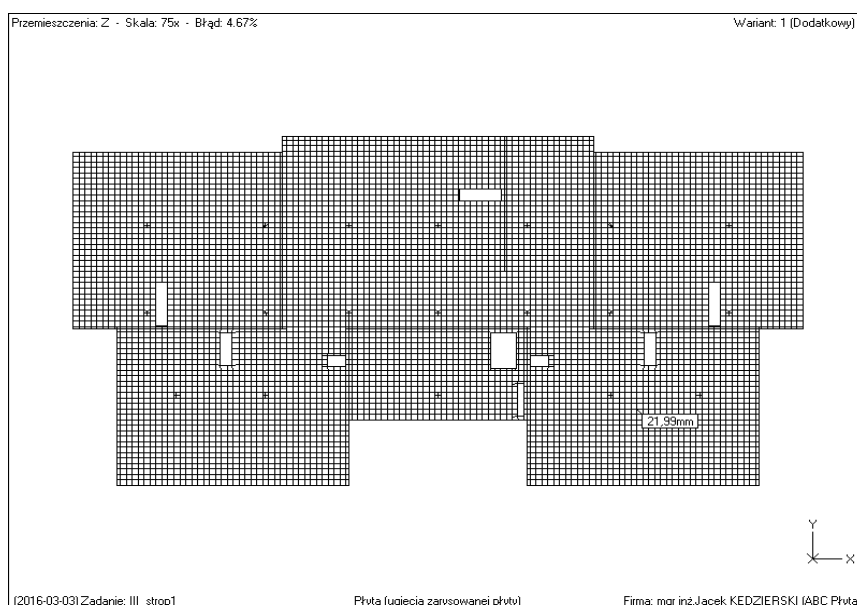
$$\mu_{\text{eff}} = 0,177 \quad \xi_{\text{eff}} = 0,197 \quad \zeta_{\text{eff}} = 0,902 \quad A_{s2} = 9,488 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm} \quad \text{co } 9 \text{ cm} \quad \text{o} \quad A_{s2,\text{prov}} = 12,566 \text{ cm}^2$$

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

$$a = 2,20 \text{ cm} < a_{\text{lim}} = 3,00 \text{ cm} \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$



#### Poz. 5.2 Żelbetowa monolityczna płyta daszków nad balkonami

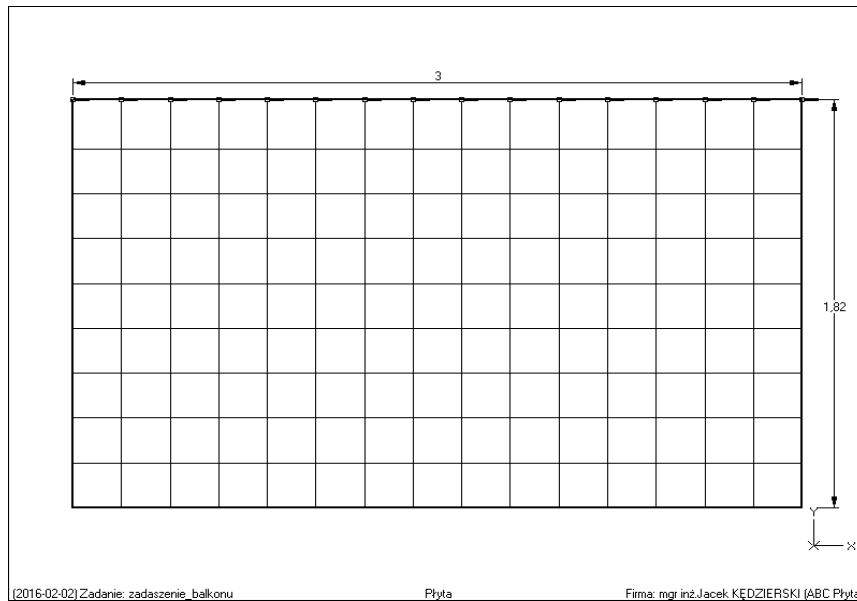
Projektuje się daszki balkonów jako żelbetową monolityczną płytę z betonu B-25 zbrojoną jednokierunkowo prętami ze stali A-III 34GS oraz prętami rozdzielczymi ze stali A-0 StOS. W celu uniknięcia mostków termicznych projektuje się mocowanie płyty zadaszenia balkonów do konstrukcji budynku przy pomocy "Isokorb" firmy Schock lub równoważnych.

Na przedmiotowe zadaszenie balkonów będą działać następujące obciążenia:

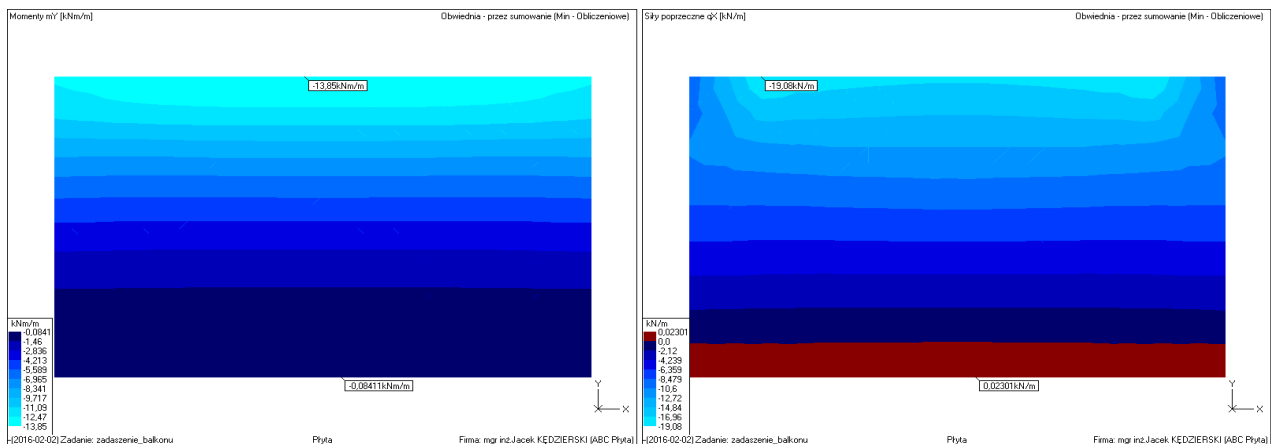
|                                | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
|--------------------------------|-------------------|------------|-------------------|
| Obciążenie śniegiem Poz. 1.1.3 | 1,280             | 1,50       | 1,920             |
| Obciążenia stałe Poz. 1.2.3    | 0,435             | 1,27       | 0,551             |
| Obciążenia zmienne Poz. 1.2.3  | 2,000             | 1,40       | 2,800             |
| $q_k =$                        | 3,715             | 1,42       | 5,271             |

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

Jako schemat statyczny przyjęto płytę zadaszenia balkonu utwierdzoną jedną krawędzią (wspornik) do konstrukcji budynku jak niżej:



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



$$M_{\text{podp}} = 13,9 \text{ kNm/m}$$

$$T_{\text{podp}} = 19,1 \text{ kN/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$

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

Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$

Klasa ekspozycji XC1

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

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

rozpiętość efektywna  $l_{eff} = 1,82 \text{ m}$

wysokość płyty  $h = 0,16 \text{ m}$

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  $d_x = 0,13 \text{ m}$

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

Zbrojenie przęsłowe dla  $M_x$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,062$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5 \zeta_{eff} = 0,968$$

przyjęto  $\phi = 10 \text{ mm}$

$$\Rightarrow \zeta_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,064$$

$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 3,144 \text{ cm}^2$$

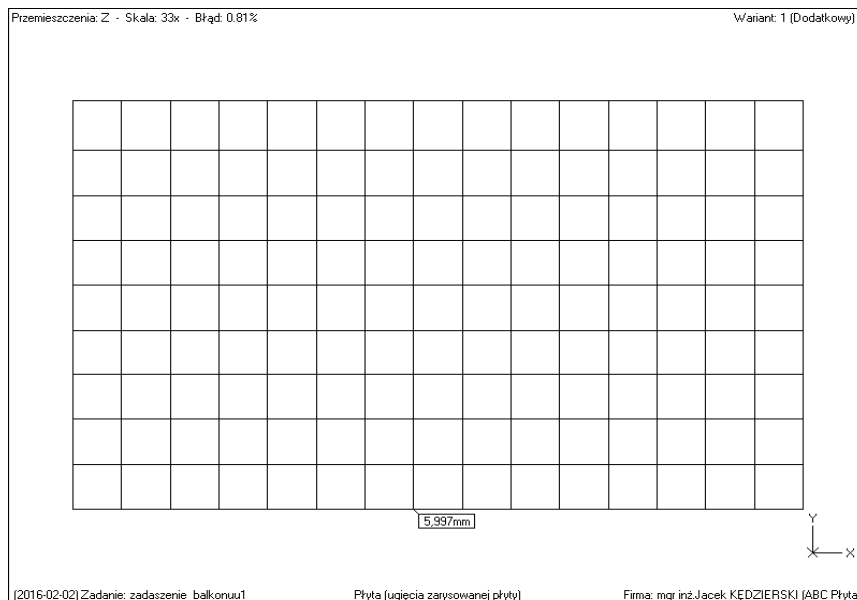
$$\text{co } 20 \text{ cm} \quad \text{o} \quad A_{s1,prov} = 3,927 \text{ cm}^2$$

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

$$a = 0,60 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{l_{eff}}{150} = 1,21 \text{ cm} \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$



Ostatecznie przyjęto płytę zadaszania balkonów o zmiennej grubości od 18 do 16cm z betonu B-25 zbrojoną górną prętami głównymi  $\phi 10$  ze stali A-III 34GS w rozstawie co 15cm oraz prętami rozdzielczymi  $\phi 8$ mm ze stali A-0 StOS w rozstawie co 30cm.

W celu uniknięcia mostków termicznych płytę zadaszania balkonów mocuje się do konstrukcji budynku przy pomocy "Isokorb" K30-CV30-V6-h170 firmy Schock lub równoważnymi.

#### Poz. 6.0 Podciągi i nadproża III piętra

#### Poz. 6.1 Nadproże o rozpiętości 2,10m

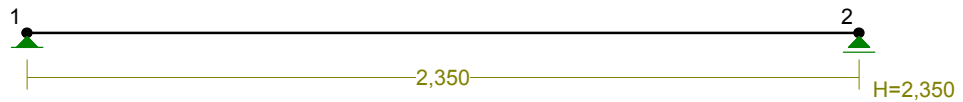
Projektuje się monolityczne nadproże żelbetowe wykonane z betonu B-25 zbrojone prętami głównymi ze stali A-III 34GS i strzemionami ze stali A-0 StOS.

Na przedmiotowe nadproże będą działać następujące obciążenia z dachu i stropu oraz ciężar własny:

|  | kN/m   | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|--------|------------|--------|
| Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.1 x 4,40m                        | 6,172  | 1,20       | 7,406  |
| Obciążenia zmienne dachu - wiatr Poz. 1.1.2 x 4,40m              | 0,416  | 1,51       | 0,625  |
| Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.3 x 4,40m              | 7,509  | 1,50       | 11,264 |
| Krokwie dachu 0,10m x 0,18m x 6kN/m <sup>3</sup> x 4,40m / 0,80m | 0,594  | 1,10       | 0,653  |
| Murlata 0,12m x 0,12m x 6kN/m <sup>3</sup>                       | 0,086  | 1,10       | 0,095  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 0,30m                             | 1,538  | 1,13       | 1,722  |
| Obciążenie wieńcem 0,17m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>           | 1,020  | 1,10       | 1,122  |
| Obciążenia użytkowe stropu (strych) Poz. 1.2.1 x 3,30m           | 1,650  | 1,40       | 2,310  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x 3,30m                       | 3,755  | 1,27       | 4,766  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x 3,30m   | 14,025 | 1,10       | 15,428 |
| $q_k =$  | 36,765 | 1,24       | 45,391 |

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono w programie obliczeniowym.

Jako schemat statyczny przyjęto belkę jednoprzęsłową wolnopodpartą jak niżej:



Dla powyższych obciążeń i schematu uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M = 33,0 \text{ kNm} \quad T = 56,17 \text{ kN}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|                      |                             |   |
|----------------------|-----------------------------|---|
| Beton B-25           | $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$ | rozpiętość efektywna $l_{eff} = 2,35 \text{ m}$                   |
|                      | $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$   | wysokość podciagu $h = 0,35 \text{ m}$                            |
| Stal A-III 34GS      | $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$  | szerokość podciagu $b = 0,24 \text{ m}$                           |
| Klasa ekspozycji XC1 |                             | średnica pręta podłużnego $\phi = 12 \text{ mm}$                  |
|                      | $c_{min} = 15 \text{ mm}$   | średnica pręta strzemion $\phi = 6 \text{ mm}$                    |
|                      | $\Delta c = 10 \text{ mm}$  | otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 25 \text{ mm}$ |
|                      |                             | $a_1$ i $a_2 = 37 \text{ mm}$                                     |
|                      |                             | użyteczna wysokość przekroju $d = 0,313 \text{ m}$                |

#### Zbrojenie przęsłowe

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,106 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,112$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,944 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 3,191 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi 12$  o  $A_{s1,prov} = 4,524 \text{ cm}^2$

#### Wpływ siły ścinającej

| Beton B-25   | Stal A-0 StOS               | Strzemiona                               |
|--|-----------------------------|--|
| $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$                                    | $f_{yd} = 190 \text{ MPa}$  | średnica $\phi_s = 6 \text{ mm}$         |
| $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$                                      | $f_{yk} = 220 \text{ MPa}$  | $a_{sg} = 0,283 \text{ cm}^2$            |
| $f_{ctd} = 1 \text{ MPa}$                                      | $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$ | $m = 2$                                  |
|  |                             | $A_{sw} = a_{sw} m = 0,565 \text{ cm}^2$ |
| $A_{sL} = A_{s1,prov} = 4,524 \text{ cm}^2$                    |                             | $z = 0,9d = 0,282 \text{ m}$             |
| $v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,552$                              |                             | $k = 1,6 - d = 1,287 > 1$                |
| $\theta = 26,67^\circ \Rightarrow \cot \theta = 1,991$         |                             |  |
| $\rho_L = A_{sL} / bd = 0,006 < 0,01$                          |                             |  |
| $V_{Rd1} = 0,35k f_{ctd}(1,2 + 40\rho_L)bd = 48,76 \text{ kN}$ |                             | $V_{Sd} = 56,17 \text{ kN}$              |

Odcinek drugiego rodzaju o zasięgu  $l = 0,30 \text{ m}$

$$k_t = \frac{A_{sw} f_{ywd}}{V_{Sd}} = 0,191 \quad \Rightarrow \quad s_1 = k_t \cot \theta \cdot 0,9d = 0,107 \text{ m}$$

Do dalszych obliczeń przyjęto rozstaw strzemion  $s_1 = 0,09 \text{ m}$

$$k_c = v f_{cd} \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} = 2944,69 \quad V_{Rd2} = 0,9dbk_c = 199,08 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw} f_{ywd}}{s_1} z \cot \theta = 66,952 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 56,17 \text{ kN} < V_{Rd2} = 199,08 \text{ kN} \quad \text{- warunek normowy spełniony}$$

$$V_{Sd} = 56,17 \text{ kN} < V_{Rd3} = 66,95 \text{ kN} \quad \text{- warunek normowy spełniony}$$

Ostatecznie na odcinkach przyporowych 0,50m przyjęto strzemiona dwucięte  $\phi 6 \text{ mm}$  w rozstawie co 8cm, a na pozostałym odcinku co 20cm. Strzemiona wykonać ze stali A-0 StOS.

### Ugięcie konstrukcji

$$a = 0,24 \text{ cm} < a_{\text{lim}} = l_{\text{eff}} / 200 = 1,18 \text{ cm}$$

warunek normowy spełniony

### Poz. 6.2 Nadproże o rozpiętości 1,80m

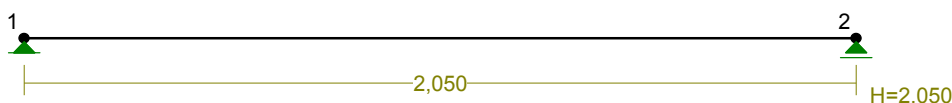
Projektuje się monolityczne nadproże żelbetowe wykonane z betonu B-25 zbrojone prętami głównymi ze stali A-III 34GS i strzemionami ze stali A-0 StOS.

Na przedmiotowe nadproże będą działać następujące obciążenia z dachu ze stropu i zadaszenia balkonu na nim opartych oraz ciężar własny:

|   | kN/m   | $\gamma_f$ | kN/m   |
|---|--------|------------|--------|
| Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.3 x 0,64m                 | 1,092  | 1,50       | 1,638  |
| Obciążenie wieńcem 0,20m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>              | 1,200  | 1,10       | 1,320  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 2,00m                                | 10,250 | 1,13       | 11,483 |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>              | 0,960  | 1,10       | 1,056  |
| Obciążenia użytkowe stropu (strych) Poz. 1.2.1 x 3,90m              | 1,950  | 1,40       | 2,730  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x 3,90m                          | 4,438  | 1,27       | 5,632  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x 3,90m      | 16,575 | 1,10       | 18,233 |
| Obciążenia zmienne zadaszenia - śnieg 1,28kN/m <sup>3</sup> x 1,82m | 2,330  | 1,50       | 3,494  |
| Obciążenia użytkowe zadasz. balkonu Poz. 1.2.3 x 1,82m              | 3,640  | 1,40       | 5,096  |
| Obciążenia stałe zadaszenia balkonu Poz. 1.2.3 x 1,82m              | 0,792  | 1,27       | 1,002  |
| Obciążenie płytą zadaszenia 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x 1,82m     | 7,735  | 1,10       | 8,509  |
| $q_k =$   | 50,962 | 1,19       | 60,193 |

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono w programie obliczeniowym.

Jako schemat statyczny przyjęto belkę jednoprzęsłową wolnopodpartą jak niżej:



Dla powyższych obciążeń i schematu uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M = 33,0 \text{ kNm} \quad T = 64,43 \text{ kN}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|  |   |
|--|---|
| Beton B-25 $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$     | rozpiętość efektywna $l_{\text{eff}} = 2,05 \text{ m}$                          |
| $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$                  | wysokość podciagu $h = 0,35 \text{ m}$  |
| Stal A-III 34GS $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$ | szerokość podciagu $b = 0,24 \text{ m}$   |
| Klasa ekspozycji XC1                       | średnica pręta podłużnego $\phi = 12 \text{ mm}$                                |
| $c_{\text{min}} = 15 \text{ mm}$           | średnica pręta strzemion $\phi = 6 \text{ mm}$                                  |
| $\Delta c = 10 \text{ mm}$                 | otulenie zbrojenia $c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c = 25 \text{ mm}$ |
|  | $a_1$ i $a_2 = 37 \text{ mm}$   |
|  | użyteczna wysokość przekroju $d = 0,313 \text{ m}$                              |

### Zbrojenie przęsłowe

$$\mu_{\text{eff}} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,106 \quad \Rightarrow \quad \xi_{\text{eff}} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{\text{eff}}} = 0,112$$
$$\zeta_{\text{eff}} = 1 - 0,5\xi_{\text{eff}} = 0,944 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{\text{eff}} d f_{yd}} = 3,193 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $4 \quad \phi 12 \quad \text{o} \quad A_{s1, \text{prov}} = 4,524 \text{ cm}^2$

### Wpływ siły ścinającej

|                             |                            |                                  |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Beton B-25                  | Stal A-0 StOS              | Strzemiona                       |
| $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$ | $f_{yd} = 190 \text{ MPa}$ | średnica $\phi_s = 6 \text{ mm}$ |
| $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$   | $f_{yk} = 220 \text{ MPa}$ | $a_{sg} = 0,283 \text{ cm}^2$    |

$$f_{ctd} = 1 \text{ MPa} \quad f_{ywd} = 190 \text{ MPa} \quad m = 2$$

$$A_{sw} = a_{sw} m = 0,565 \text{ cm}^2$$

$$A_{sL} = A_{s1,prov} = 4,524 \text{ cm}^2 \quad z = 0,9d = 0,282 \text{ m}$$

$$v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,552 \quad k = 1,6 - d = 1,287 > 1$$

$$\theta = 26,67^\circ \Rightarrow \cot \theta = 1,991$$

$$\rho_L = A_{sL} / bd = 0,006 < 0,01$$

$$V_{Rd1} = 0,35k f_{ctd}(1,2 + 40\rho_L)bd = 48,76 \text{ kN} < V_{Sd} = 64,43 \text{ kN}$$

Odcinek drugiego rodzaju o zasięgu  $l = 0,30 \text{ m}$

$$k_t = \frac{A_{sw} f_{ywd}}{V_{Sd}} = 0,167 \Rightarrow s_1 = k_t \cot \theta \cdot 0,9d = 0,094 \text{ m}$$

Do dalszych obliczeń przyjęto rozstaw strzemion  $s_1 = 0,09 \text{ m}$

$$k_c = v f_{cd} \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} = 2944,69$$

$$V_{Rd2} = 0,9dbk_c = 199,08 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw} f_{ywd}}{s_1} z \cot \theta = 66,952 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 64,43 \text{ kN} < V_{Rd2} = 199,08 \text{ kN} \quad - \text{warunek normowy spełniony}$$

$$V_{Sd} = 64,43 \text{ kN} < V_{Rd3} = 66,95 \text{ kN} \quad - \text{warunek normowy spełniony}$$

Ostatecznie na odcinkach przypadkowych 0,50m przyjęto strzemiona dwucięte  $\phi 6\text{mm}$  w rozstawie co 8cm, a na pozostałym odcinku co 20cm. Strzemiona wykonać ze stali A-0 StOS.

#### Ugięcie konstrukcji

$$a = 0,19 \text{ cm} < a_{lim} = l_{eff} / 200 = 1,03 \text{ cm}$$

warunek normowy spełniony

### Poz. 6.3 Nadproże o rozpiętości 1,00m

Projektuje się monolityczne nadproże żelbetowe wykonane z betonu B-25 zbrojone prętami głównymi ze stali A-III 34GS i strzemionami ze stali A-0 StOS.

Na przedmiotowe nadproże będą działać następujące obciążenia z dachu i ze stropu oraz ciężar własny:

|  | kN/m   | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|--------|------------|--------|
| Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.1 x 3,90m                        | 5,470  | 1,20       | 6,564  |
| Obciążenia zmienne dachu - wiatr Poz. 1.1.2 x 3,90m              | 0,369  | 1,51       | 0,554  |
| Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.3 x 3,90m              | 6,656  | 1,50       | 9,984  |
| Krokwie dachu 0,10m x 0,18m x 6kN/m <sup>3</sup> x 4,40m / 0,80m | 0,594  | 1,10       | 0,653  |
| Obciążenie wieńcem 0,17m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>           | 1,020  | 1,10       | 1,122  |
| Obciążenia użytkowe stropu (strych) Poz. 1.2.1 x 3,90m           | 1,950  | 1,40       | 2,730  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x 3,90m                       | 4,438  | 1,27       | 5,632  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x 3,90m   | 16,575 | 1,10       | 18,233 |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 0,45m                             | 2,309  | 1,13       | 2,591  |
| $q_k =$  | 39,381 | 1,23       | 48,063 |

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono w programie obliczeniowym.

Jako schemat statyczny przyjęto belkę jednoprzęsłową wolnopodpartą jak niżej:



Dla powyższych obciążeń i schematu uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M = 9,6 \text{ kNm} \quad T = 30,79 \text{ kN}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|                      |                             |   |
|----------------------|-----------------------------|---|
| Beton B-25           | $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$ | rozpiętość efektywna $l_{eff} = 1,25 \text{ m}$                   |
|                      | $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$   | wysokość podciagu $h = 0,13 \text{ m}$                            |
| Stal A-III 34GS      | $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$  | szerokość podciagu $b = 0,24 \text{ m}$                           |
| Klasa ekspozycji XC1 |                             | średnica pręta podłużnego $\phi = 12 \text{ mm}$                  |
|                      | $c_{min} = 15 \text{ mm}$   | średnica pręta strzemion $\phi = 6 \text{ mm}$                    |
|                      | $\Delta c = 10 \text{ mm}$  | otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 25 \text{ mm}$ |
|                      |                             | $a_1$ i $a_2 = 37 \text{ mm}$                                     |
|                      |                             | użyteczna wysokość przekroju $d = 0,093 \text{ m}$                |

### Zbrojenie pręślowe

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,349 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,450$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,775 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 3,813 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $4 \quad \phi 12 \quad o \quad A_{s1,prov} = 4,524 \text{ cm}^2$

### Wpływ siły ścinającej

| Beton B-25   | Stal A-0 StOS               | Strzemiona                               |
|--|-----------------------------|--|
| $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$                                    | $f_{yd} = 190 \text{ MPa}$  | średnica $\phi_s = 6 \text{ mm}$         |
| $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$                                      | $f_{yk} = 220 \text{ MPa}$  | $a_{sg} = 0,283 \text{ cm}^2$            |
| $f_{ctd} = 1 \text{ MPa}$                                      | $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$ | $m = 2$                                  |
|  |                             | $A_{sw} = a_{sw} m = 0,565 \text{ cm}^2$ |
| $A_{sL} = A_{s1,prov} = 4,524 \text{ cm}^2$                    |                             | $z = 0,9d = 0,084 \text{ m}$             |
| $v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,552$                              |                             | $k = 1,6 - d = 1,507 > 1$                |
| $\theta = 26,67^\circ \Rightarrow \cot \theta = 1,991$         |                             |  |
| $\rho_L = A_{sL} / bd = 0,020 < 0,01$                          |                             |  |
| $V_{Rd1} = 0,35k f_{ctd}(1,2 + 40\rho_L)bd = 23,67 \text{ kN}$ |                             | $V_{Sd} = 30,79 \text{ kN}$              |

Odcinek drugiego rodzaju o zasięgu  $l = 0,20 \text{ m}$

$$k_t = \frac{A_{sw} f_{ywd}}{V_{Sd}} = 0,349 \quad \Rightarrow \quad s_1 = k_t \cot \theta \cdot 0,9d = 0,058 \text{ m}$$

Do dalszych obliczeń przyjęto rozstaw strzemion  $s_1 = 0,05 \text{ m}$

$$k_c = v f_{cd} \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} = 2944,69 \quad V_{Rd2} = 0,9dbk_c = 59,153 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw} f_{ywd}}{s_1} z \cot \theta = 35,808 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 30,79 \text{ kN} < V_{Rd2} = 59,15 \text{ kN} \quad - \text{warunek normowy spełniony}$$

$$V_{Sd} = 30,79 \text{ kN} < V_{Rd3} = 35,81 \text{ kN} \quad - \text{warunek normowy spełniony}$$

Ostatecznie na odcinkach przypodporowych 0,25m przyjęto strzemiona dwucięte  $\phi 6 \text{ mm}$  w rozstawie co 5cm, a na pozostałym odcinku co 7cm. Strzemiona wykonać ze stali A-0 StOS.

### Ugięcie konstrukcji

$$a = 0,39 \text{ cm} < a_{lim} = l_{eff} / 200 = 0,63 \text{ cm}$$

warunek normowy spełniony

**Poz. 6.4 Pozostałe nadproża**

Konstrukcyjnie przyjęto nadproża z dwóch prefabrykowanych belek L19 odmiany "N" o długości dostosowanej do rozpiętości otworów.

**Poz. 7.0 Słupy i rdzenie III piętra**

**Poz. 7.1 Rdzenie ścian**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne rdzenie żelbetowe z betonu B-25 o przekroju 24x24cm zbrojone prętami podłużnymi 4 $\phi$ 12mm ze stali A-III 34GS oraz strzemionami dwuciętymi  $\phi$ 6 ze stali A-0 StOS w rozstawie co 9 i 18cm.

**Poz. 8.0 Strop nad II piętrzem**

**Poz. 8.1 Żelbetowa monolityczna płyta stropowa**

Projektuje się strop jako żelbetową monolityczną płytę z betonu B-25 zbrojoną krzyżowo prętami ze stali A-III 34GS.

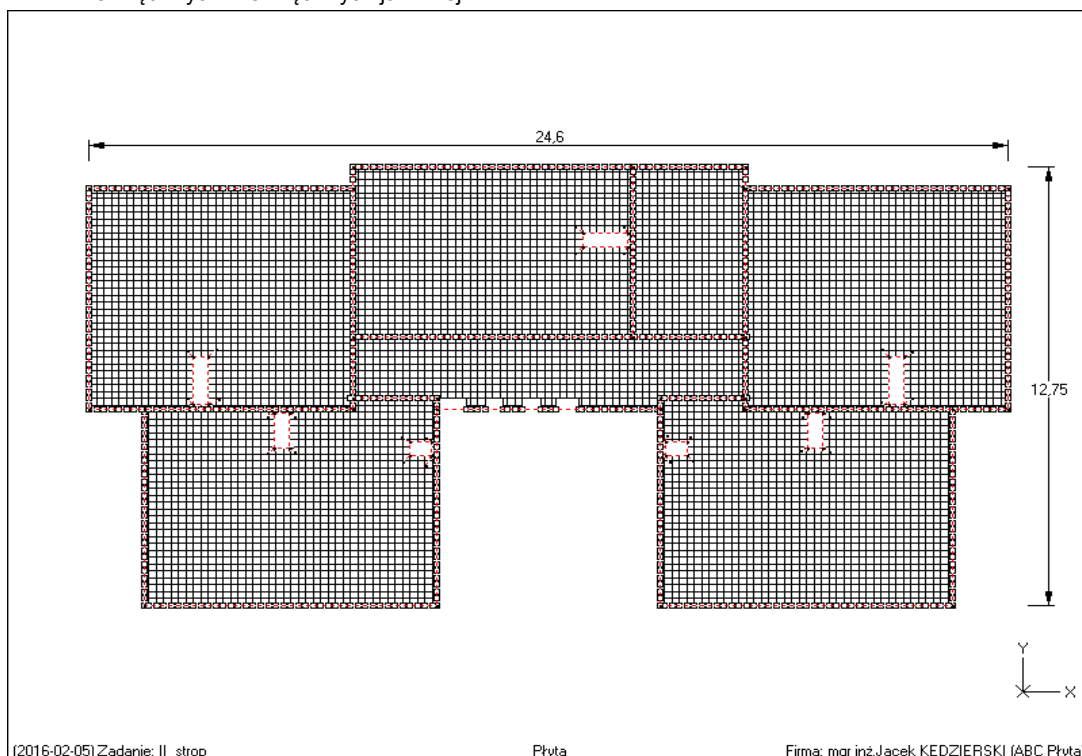
Na przedmiotowy strop będą działać następujące obciążenia:

|   |         | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
|---|---------|-------------------|------------|-------------------|
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2          | $q_k =$ | 3,627             | 1,26       | 4,551             |
| Obciążenia zmienne (mieszkania) Poz. 1.2.2  | $q_k =$ | 1,500             | 1,40       | 2,100             |
| Obciążenia zmienne (komunikacja) Poz. 1.2.2 | $q_k =$ | 2,000             | 1,40       | 2,800             |

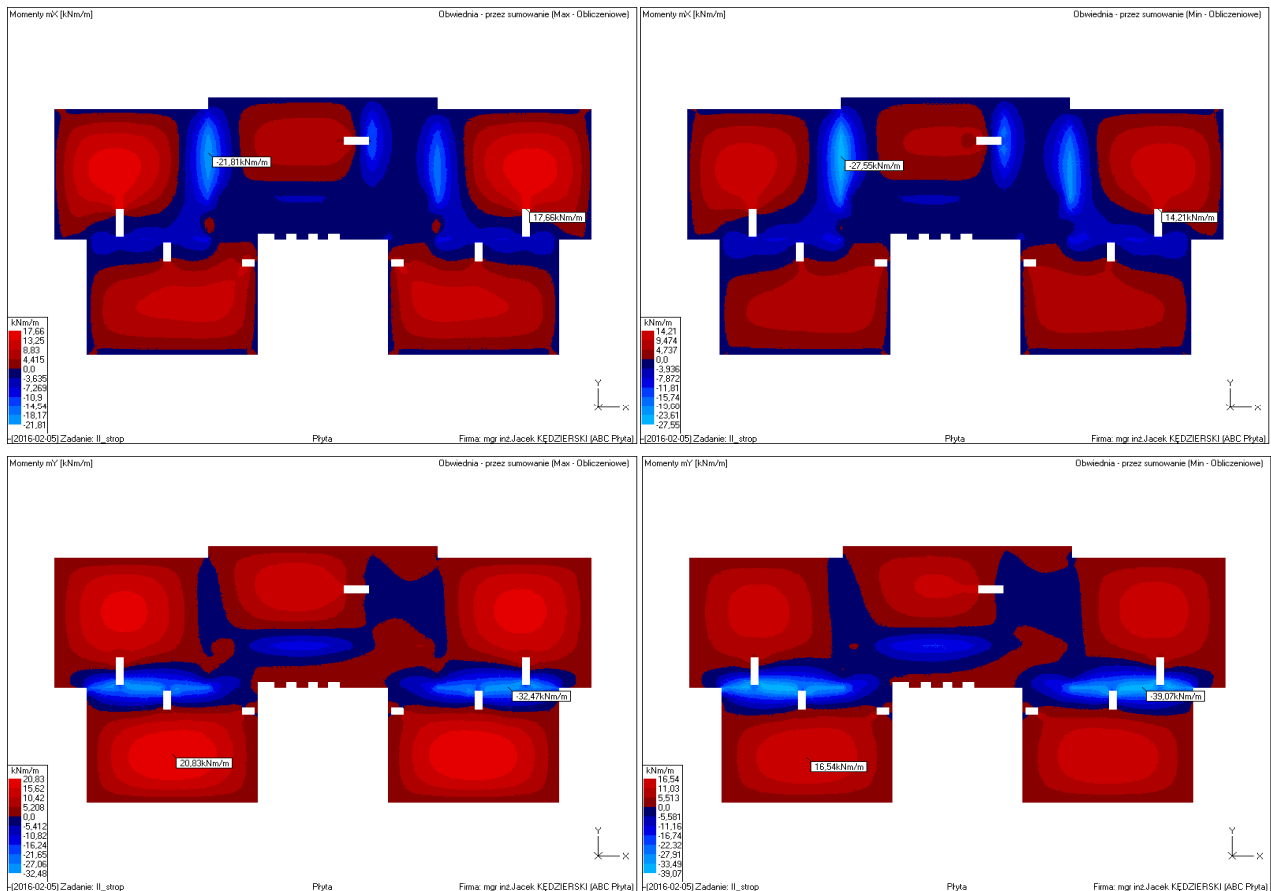
Ponadto na płytę stropową będą działać następujące krawędziowe obciążenie liniowe od kominów wentylacyjnych i ich obudowy:

|  | kN/m  | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|-------|------------|--------|
| Cera. kształ. komin. 0,19x0,19x24cm 7,5kg x 12szt. x 5szt.           | 4,500 | 1,30       | 5,850  |
| Obudo. komina - błoček silikato. 0,08m x 2,80m x 19kN/m <sup>3</sup> | 4,256 | 1,30       | 5,533  |
| Tynk cementowo wapienny 0,015m x 2,80m x 19kN/m <sup>3</sup>         | 0,926 | 1,30       | 1,204  |
| $q_k =$  | 9,682 | 1,30       | 12,587 |

Ciężar własny płyty stropowej uwzględniono automatycznie w programie obliczeniowym ABC Płyta. Jako schemat statyczny przyjęto całą płytę stropową swobodnie podpartą na ścianach wewnętrznych i zewnętrznych jak niżej:



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



$$M_{x,prz\acute{e}} = 17,7 \text{ kNm}$$

$$M_{x,podp} = 27,6 \text{ kNm}$$

$$M_{y,prz\acute{e}} = 20,8 \text{ kNm}$$

$$M_{y,podp} = 39,1 \text{ kNm}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

$$\text{Beton B-25 } f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$$

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

$$\text{Stal A-III 34GS } f_{yd} = 350 \text{ MPa}$$

Klasa ekspozycji XC1

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

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

$$\text{rozpiętość efektywna } l_{eff} = 6,45 \text{ m}$$

$$\text{wysokość płyty } h = 0,16 \text{ m}$$

$$\text{szerokość płyty } b = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{średnica pręta podłużnego } \phi = 12 \text{ mm}$$

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

$$a_1 \text{ i } a_2 = 31 \text{ mm}$$

$$\text{użyteczna wysokość przekroju } d_x = 0,129 \text{ m}$$

$$\text{użyteczna wysokość przekroju } d_y = d_x - \phi = 0,117 \text{ m}$$

Zbrojenie przęsłowe dla  $M_x$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,080$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5 \mu_{eff} = 0,958$$

$$\text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \zeta_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,083$$

$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 4,081 \text{ cm}^2$$

$$\text{co } 20 \text{ cm o } A_{s1,prov} = 5,655 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie podporowe dla  $M_x$

$$\mu_{eff} = 0,124$$

$$\zeta_{eff} = 0,133$$

$$\zeta_{eff} = 0,933$$

$$A_{s2} = 6,538 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 12 \text{ mm}$  co 15 cm o  $A_{s2,prov} = 7,540 \text{ cm}^2$

Zbrojenie przęsłowe dla  $M_y$

$\mu_{eff} = 0,114$   $\xi_{eff} = 0,122$   $\zeta_{eff} = 0,939$   $A_{s1} = 5,417 \text{ cm}^2$

przyjęto  $\phi = 12 \text{ mm}$  co 20 cm o  $A_{s1,prov} = 5,655 \text{ cm}^2$

Zbrojenie podporowe dla  $M_y$

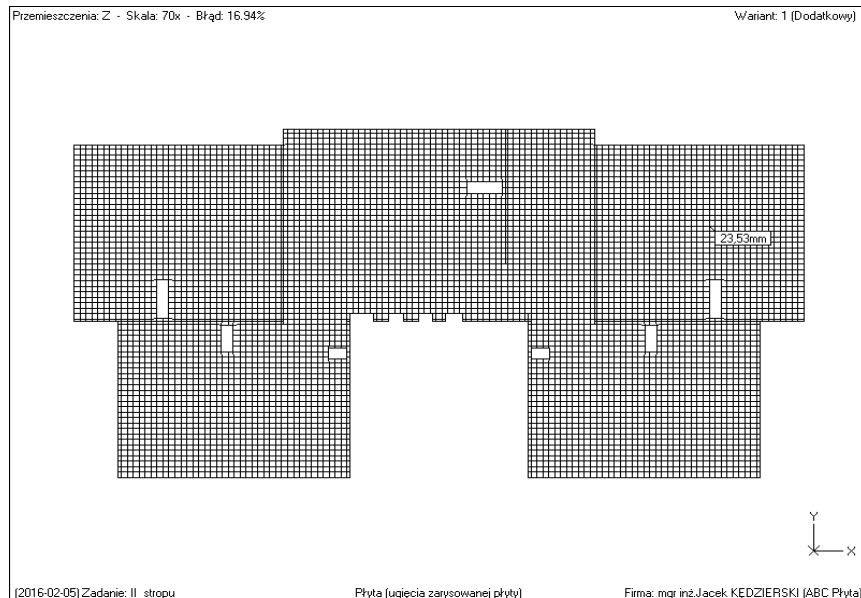
$\mu_{eff} = 0,215$   $\xi_{eff} = 0,244$   $\zeta_{eff} = 0,878$   $A_{s2} = 10,870 \text{ cm}^2$

przyjęto  $\phi = 12 \text{ mm}$  co 10 cm o  $A_{s2,prov} = 11,310 \text{ cm}^2$

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

$a = 2,35 \text{ cm} < a_{lim} = 3,00 \text{ cm}$  Warunek normowy spełniony



## Poz. 8.2 Żelbetowa monolityczna płyta balkonowa

Projektuje się płyty balkonów jako żelbetową monolityczną płytę z betonu B-25 zbrojoną jednokierunkowo prętami ze stali A-III 34GS oraz prętami rozdzielczymi ze stali A-0 StOS. W celu uniknięcia mostków termicznych projektuje się mocowanie płyty balkonowej do konstrukcji budynku przy pomocy "Isokorb" firmy Schock lub równoważnych.

Na przedmiotowe balkony będą działać następujące obciążenia:

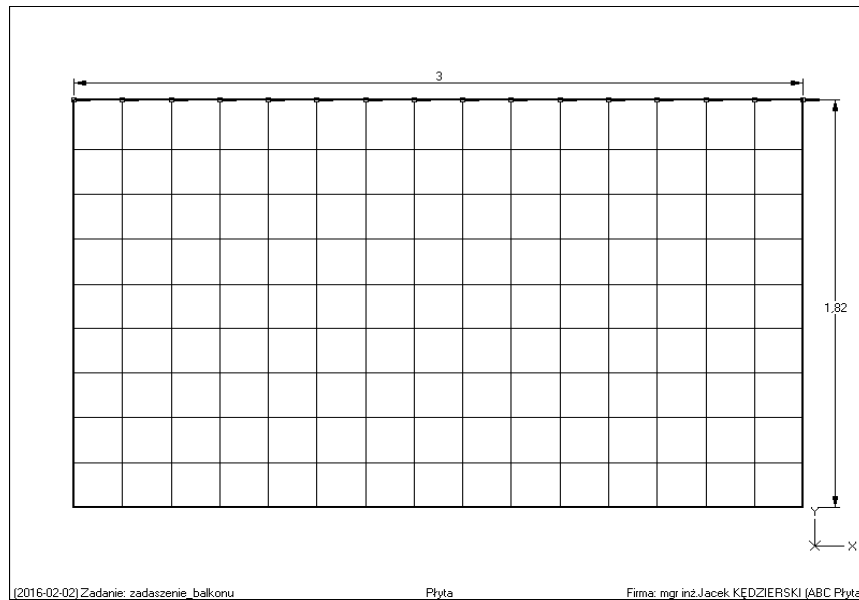
|                                | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
|--------------------------------|-------------------|------------|-------------------|
| Obciążenie śniegiem Poz. 1.1.3 | 1,280             | 1,50       | 1,920             |
| Obciążenia stałe Poz. 1.2.4    | 0,747             | 1,28       | 0,950             |
| Obciążenia zmienne Poz. 1.2.4  | 5,000             | 1,30       | 6,500             |
| $q_k =$                        | 7,027             | 1,34       | 9,370             |

Ponadto na krawędzi balkonu będą działać obciążenia liniowe od balustrady:

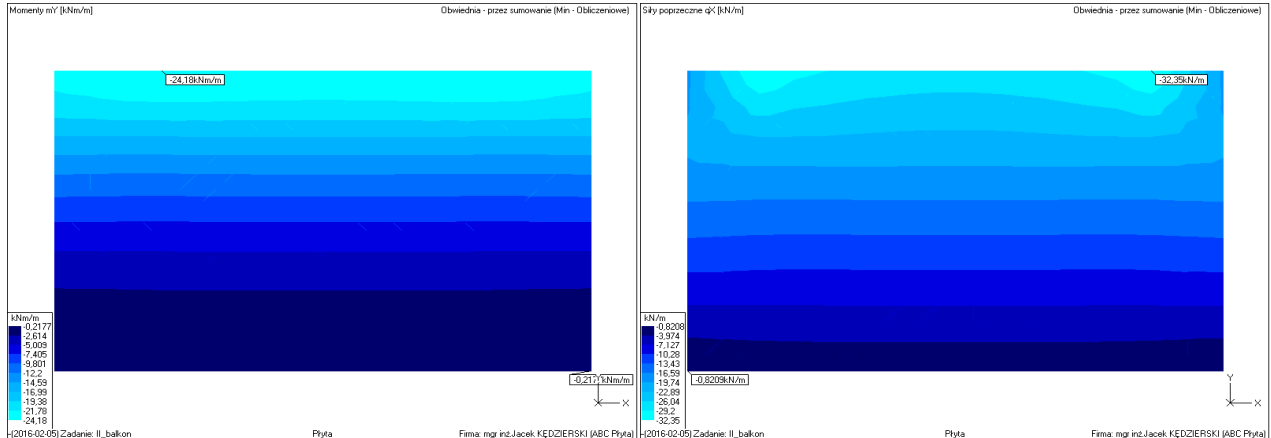
|                       |       |            |       |
|-----------------------|-------|------------|-------|
|                       | kN/m  | $\gamma_f$ | kN/m  |
| Obciążenie balustradą | 1,000 | 1,20       | 1,200 |

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

Jako schemat statyczny przyjęto płytę zadaszenia balkonu utwierdzoną jedną krawędzią (wspornik) do konstrukcji budynku jak niżej:



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



$$M_{\text{podp}} = 24,2 \text{ kNm/m}$$

$$T_{\text{podp}} = 32,4 \text{ kN/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$

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

Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$

Klasa ekspozycji XC1

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

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

rozpiętość efektywna  $l_{\text{eff}} = 1,82 \text{ m}$

wysokość płyty  $h = 0,16 \text{ m}$

szerokość płyty  $b = 1,00 \text{ m}$

średnica pręta podłużnego  $\phi = 12 \text{ mm}$

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

$a_1$  i  $a_2 = 31 \text{ mm}$

użyteczna wysokość przekroju  $d_x = 0,129 \text{ m}$

użyteczna wysokość przekroju  $d_y = d_x - \phi = 0,117 \text{ m}$

Zbrojenie przęsłowe dla  $M_x$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,109$$

$$\Rightarrow \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,116$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,942$$

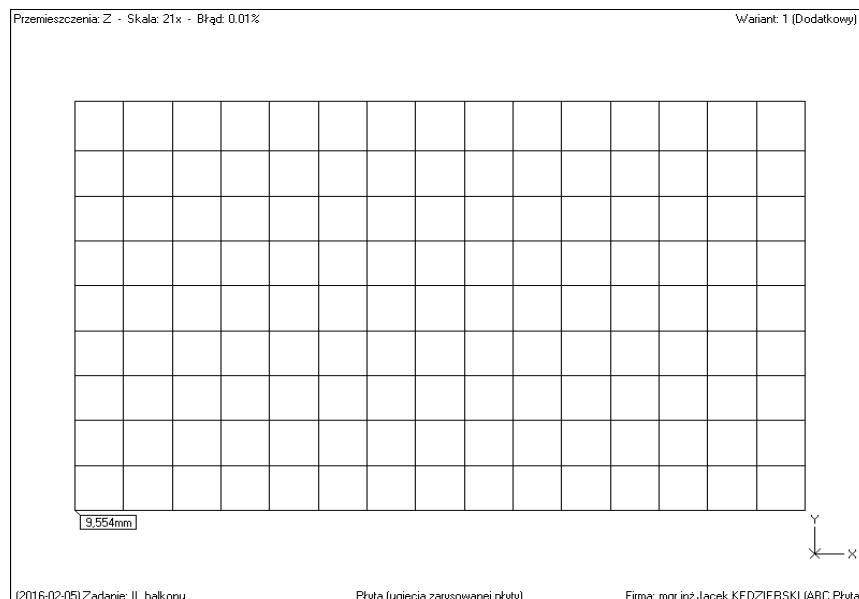
$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 5,685 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm} \quad \text{co } 18 \text{ cm} \quad \text{o} \quad A_{s1,prov} = 6,283 \text{ cm}^2$$

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

$$a = 1,11 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{l_{eff}}{150} = 1,21 \text{ cm} \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$



Ostatecznie przyjęto płytę balkonową o zmiennej grubości od 18 do 16cm z betonu B-25 zbrojoną górą prętami głównymi  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS w rozstawie co 18cm oraz prętami rozdzielnymi  $\phi 8$ mm ze stali A-0 StOS w rozstawie co 30cm.

W celu uniknięcia mostków termicznych projektuje się mocowanie płyty balkonowej do konstrukcji budynku przy pomocy "Isokorb" K50-BH10-CV30-h160 firmy Schock lub równoważnych.

W celu ograniczenia ugięć projektuje się strzałkę odwrotną ugięcia płyty balkonowej (na jej końcu) równą 1cm.

## Poz. 9.0 Podciągi i nadproża II piętra

### Poz. 9.1 Nadproże o rozpiętości 2,10m

Projektuje się monolityczne nadproże żelbetowe wykonane z betonu B-25 zbrojone prętami głównymi ze stali A-III 34GS i strzemionami ze stali A-0 StOS.

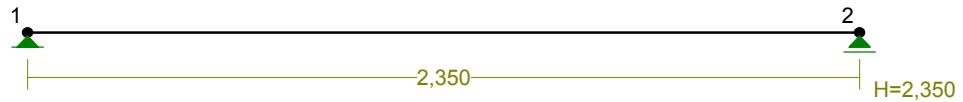
Na przedmiotowe nadproże będą działać następujące obciążenia ze stropu i płyty balkonowej na nim opartych oraz ciężar własny:

|  | kN/m   | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|--------|------------|--------|
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 1,20m                             | 6,150  | 1,13       | 6,890  |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>           | 0,960  | 1,10       | 1,056  |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszka.) Poz. 1.2.2 x 3,30m         | 4,950  | 1,40       | 6,930  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x 3,30m                       | 11,968 | 1,26       | 15,020 |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x 3,30m   | 13,200 | 1,10       | 14,520 |
| Obciążenia zmienne balkonu - śnieg 1,28kN/m <sup>3</sup> x 1,82m | 2,330  | 1,50       | 3,494  |
| Obciążenia użytkowe balkonu Poz. 1.2.4 x 1,82m                   | 9,100  | 1,30       | 11,830 |

|  |        |      |        |
|--|--------|------|--------|
| Obciążenia stałe balkonu Poz. 1.2.4 x 1,82m                  | 1,360  | 1,28 | 1,729  |
| Obciążenie płytą balkonu 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x 1,82m | 7,735  | 1,10 | 8,509  |
| Obciążenie balustradą balkonu                                | 1,000  | 1,20 | 1,200  |
| $q_k =$  | 58,752 | 1,22 | 71,178 |

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono w programie obliczeniowym.

Jako schemat statyczny przyjęto belkę jednoprzęsłową wolnopodpartą jak niżej:



Dla powyższych obciążeń i schematu uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M = 51,3 \text{ kNm} \quad T = 87,35 \text{ kN}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|  |   |
|--|---|
| Beton B-25 $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$     | rozpiętość efektywna $l_{eff} = 2,35 \text{ m}$                   |
| $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$                  | wysokość podciagu $h = 0,42 \text{ m}$                            |
| Stal A-III 34GS $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$ | szerokość podciagu $b = 0,24 \text{ m}$                           |
| Klasa ekspozycji XC1                       | średnica pręta podłużnego $\phi = 12 \text{ mm}$                  |
| $c_{min} = 15 \text{ mm}$                  | średnica pręta strzemion $\phi = 6 \text{ mm}$                    |
| $\Delta c = 10 \text{ mm}$                 | otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 25 \text{ mm}$ |
|  | $a_1 \text{ i } a_2 = 37 \text{ mm}$                              |
|  | użyteczna wysokość przekroju $d = 0,383 \text{ m}$                |

#### Zbrojenie przęsłowe

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,110 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,116$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,942 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 4,065 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $4 \quad \phi 12 \quad o \quad A_{s1,prov} = 4,524 \text{ cm}^2$

#### Wpływ siły ścinającej

| Beton B-25   | Stal A-0 StOS               | Strzemiona                               |
|--|-----------------------------|--|
| $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$                                      | $f_{yd} = 190 \text{ MPa}$  | średnica $\phi_s = 6 \text{ mm}$         |
| $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$  | $f_{yk} = 220 \text{ MPa}$  | $a_{sg} = 0,283 \text{ cm}^2$            |
| $f_{ctd} = 1 \text{ MPa}$  | $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$ | $m = 2$                                  |
|  |                             | $A_{sw} = a_{sw} m = 0,565 \text{ cm}^2$ |
| $A_{sL} = A_{s1,prov} = 4,524 \text{ cm}^2$                      |                             | $z = 0,9d = 0,345 \text{ m}$             |
| $v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,552$                                |                             | $k = 1,6 - d = 1,217 > 1$                |
| $\theta = 26,67^\circ \Rightarrow$                               |                             | $\cot \theta = 1,991$                    |
| $\rho_L = A_{sL} / bd = 0,005 < 0,01$                            |                             |  |
| $V_{Rd1} = 0,35k f_{ctd} (1,2 + 40\rho_L) bd = 54,69 \text{ kN}$ |                             | $< V_{sd} = 87,35 \text{ kN}$            |

Odcinek drugiego rodzaju o zasięgu  $l = 0,50 \text{ m}$

$$k_t = \frac{A_{sw} f_{ywd}}{V_{sd}} = 0,123 \quad \Rightarrow \quad s_1 = k_t \cot \theta \cdot 0,9d = 0,084 \text{ m}$$

Do dalszych obliczeń przyjęto rozstaw strzemion  $s_1 = 0,08 \text{ m}$

$$k_c = v f_{cd} \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} = 2944,69 \quad V_{Rd2} = 0,9dbk_c = 243,61 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw} f_{ywd}}{s_1} z \cot \theta = 92,166 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 87,35 \text{ kN} < V_{Rd2} = 243,61 \text{ kN} \quad - \text{warunek normowy spełniony}$$

$$V_{Sd} = 87,35 \text{ kN} < V_{Rd3} = 92,17 \text{ kN} \quad - \text{warunek normowy spełniony}$$

Ostatecznie na odcinkach przyporowych 0,60m przyjęto strzemiona dwucięte  $\phi 6\text{mm}$  w rozstawie co 8cm, a na pozostałym odcinku co 20cm. Strzemiona wykonać ze stali A-0 StOS.

#### Ugięcie konstrukcji

$$a = 0,22 \text{ cm} < a_{\text{lim}} = l_{\text{eff}} / 200 = 1,18 \text{ cm}$$

warunek normowy spełniony

### Poz. 9.2 Nadproże o rozpiętości 1,80m

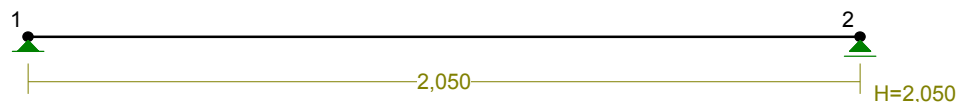
Projektuje się monolityczne nadproże żelbetowe wykonane z betonu B-25 zbrojone prętami głównymi ze stali A-III 34GS i strzemionami ze stali A-0 StOS.

Na przedmiotowe nadproże będą działać następujące obciążenia ze stropu i płyty balkonowej na nim opartych oraz ciężar własny:

|  | kN/m   | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|--------|------------|--------|
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 1,20m                             | 6,150  | 1,13       | 6,890  |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>           | 0,960  | 1,10       | 1,056  |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszka.) Poz. 1.2.2 x 3,30m         | 4,950  | 1,40       | 6,930  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x 3,30m                       | 11,968 | 1,26       | 15,020 |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x 3,30m   | 13,200 | 1,10       | 14,520 |
| Obciążenia zmienne balkonu - śnieg 1,28kN/m <sup>3</sup> x 1,82m | 2,330  | 1,50       | 3,494  |
| Obciążenia użytkowe balkonu Poz. 1.2.4 x 1,82m                   | 9,100  | 1,30       | 11,830 |
| Obciążenia stałe balkonu Poz. 1.2.4 x 1,82m                      | 1,360  | 1,28       | 1,729  |
| Obciążenie płytą balkonu 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x 1,82m     | 7,735  | 1,10       | 8,509  |
| Obciążenie balustradą balkonu                                    | 1,000  | 1,20       | 1,200  |
| $q_k =$  | 58,752 | 1,22       | 71,178 |

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono w programie obliczeniowym.

Jako schemat statyczny przyjęto belkę jednoprzęsłową wolnopodpartą jak niżej:



Dla powyższych obciążeń i schematu uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M = 39,1 \text{ kNm} \quad T = 76,20 \text{ kN}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|  |   |
|--|---|
| Beton B-25 $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$     | rozpiętość efektywna $l_{\text{eff}} = 2,05 \text{ m}$                          |
| $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$                  | wysokość podciagu $h = 0,42 \text{ m}$  |
| Stal A-III 34GS $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$ | szerokość podciagu $b = 0,24 \text{ m}$   |
| Klasa ekspozycji XC1                       | średnica pręta podłużnego $\phi = 12 \text{ mm}$                                |
| $c_{\text{min}} = 15 \text{ mm}$           | średnica pręta strzemion $\phi = 6 \text{ mm}$                                  |
| $\Delta C = 10 \text{ mm}$                 | otulenie zbrojenia $c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta C = 25 \text{ mm}$ |
|  | $a_1$ i $a_2 = 37 \text{ mm}$   |
|  | użyteczna wysokość przekroju $d = 0,383 \text{ m}$                              |

#### Zbrojenie przęsłowe

$$\mu_{\text{eff}} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,083$$

$\Rightarrow$

$$\xi_{\text{eff}} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{\text{eff}}} = 0,087$$

$$\zeta_{\text{eff}} = 1 - 0,5\zeta_{\text{eff}} = 0,956$$

$\Rightarrow$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{\text{eff}} d f_{yd}} = 3,046 \text{ cm}^2$$

przyjęto **3**  $\phi$  **12** o  $A_{s1,prov} = 3,393 \text{ cm}^2$

### Wpływ siły ścinającej

Beton B-25

Stal A-0 StOS

Strzemiona

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 190 \text{ MPa}$$

$$\text{średnica } \phi_s = 6 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 220 \text{ MPa}$$

$$a_{sg} = 0,283 \text{ cm}^2$$

$$f_{ctd} = 1 \text{ MPa}$$

$$f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$$

$$m = 2$$

$$A_{sw} = a_{sw}m = 0,565 \text{ cm}^2$$

$$A_{sL} = A_{s1,prov} = 3,393 \text{ cm}^2$$

$$z = 0,9d = 0,345 \text{ m}$$

$$v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,552$$

$$k = 1,6 - d = 1,217 > 1$$

$$\theta = 26,67^\circ \Rightarrow$$

$$\cot\theta = 1,991$$

$$\rho_L = A_{sL} / bd = 0,004 < 0,01$$

$$V_{Rd1} = 0,35kf_{ctd}(1,2 + 40\rho_L)bd = 52,76 \text{ kN} < V_{Sd} = 76,20 \text{ kN}$$

Odcinek drugiego rodzaju o zasięgu

$$l = 0,40 \text{ m}$$

$$k_t = \frac{A_{sw}f_{ywd}}{V_{Sd}} = 0,141 \Rightarrow$$

$$s_1 = k_t \cot\theta \cdot 0,9d = 0,097 \text{ m}$$

Do dalszych obliczeń przyjęto rozstaw strzemion

$$s_1 = 0,08 \text{ m}$$

$$k_c = v f_{cd} \frac{\cot\theta}{1 + \cot^2\theta} = 2944,69$$

$$V_{Rd2} = 0,9dbk_c = 243,61 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw}f_{ywd}}{s_1} z \cot\theta = 92,166 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 76,20 \text{ kN} < V_{Rd2} = 243,61 \text{ kN} \quad - \text{warunek normowy spełniony}$$

$$V_{Sd} = 76,20 \text{ kN} < V_{Rd3} = 92,17 \text{ kN} \quad - \text{warunek normowy spełniony}$$

Ostatecznie na odcinkach przyporowych 0,50m przyjęto strzemiona dwucięte  $\phi 6\text{mm}$  w rozstawie co 8cm, a na pozostałym odcinku co 20cm. Strzemiona wykonać ze stali A-0 StOS.

### Ugięcie konstrukcji

$$a = 0,13 \text{ cm} < a_{lim} = l_{eff} / 200 = 1,03 \text{ cm}$$

warunek normowy spełniony

### Poz. 9.3 Nadproże o rozpiętości 1,00m

Projektuje się monolityczne nadproże żelbetowe wykonane z betonu B-25 zbrojone prętami głównymi ze stali A-III 34GS i strzemionami ze stali A-0 StOS.

Na przedmiotowe nadproże będą działać następujące obciążenia ze stropu oraz ciężar własny:

|  | kN/m   | $\gamma_f$  | kN/m   |
|--|--------|-------------|--------|
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>         | 0,960  | <b>1,10</b> | 1,056  |
| Obciążenia użytkowe stropu (komunika.) Poz. 1.2.2 x 3,90m      | 7,800  | 1,40        | 10,920 |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x 3,90m                     | 14,144 | 1,26        | 17,750 |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x 3,90m | 15,600 | <b>1,10</b> | 17,160 |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 0,45m                           | 2,309  | 1,13        | 2,591  |
| $q_k =$  | 40,812 | 1,22        | 49,477 |

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono w programie obliczeniowym.

Jako schemat statyczny przyjęto belkę jednoprzęsłową wolnopodpartą jak niżej:



Dla powyższych obciążeń i schematu uzyskano następujące maksymalne siły przekrojowe:

$$M = 9,9 \text{ kNm} \quad T = 31,63 \text{ kN}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|                      |                             |   |
|----------------------|-----------------------------|---|
| Beton B-25           | $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$ | rozpiętość efektywna $l_{eff} = 1,25 \text{ m}$                   |
|                      | $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$   | wysokość podciagu $h = 0,13 \text{ m}$                            |
| Stal A-III 34GS      | $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$  | szerokość podciagu $b = 0,24 \text{ m}$                           |
| Klasa ekspozycji XC1 |                             | średnica pręta podłużnego $\phi = 12 \text{ mm}$                  |
|                      | $c_{min} = 15 \text{ mm}$   | średnica pręta strzemion $\phi = 6 \text{ mm}$                    |
|                      | $\Delta c = 10 \text{ mm}$  | otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 25 \text{ mm}$ |
|                      |                             | $a_1 \text{ i } a_2 = 37 \text{ mm}$                              |
|                      |                             | użyteczna wysokość przekroju $d = 0,093 \text{ m}$                |

### Zbrojenie przęsłowe

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,358 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,467$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\zeta_{eff} = 0,766 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} df_{yd}} = 3,963 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi 12$  o  $A_{s1,prov} = 4,524 \text{ cm}^2$

### Wpływ siły ścinającej

| Beton B-25  | Stal A-0 StOS               | Strzemiona                              |
|---|-----------------------------|---|
| $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$                                   | $f_{yd} = 190 \text{ MPa}$  | średnica $\phi_s = 6 \text{ mm}$        |
| $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$                                     | $f_{yk} = 220 \text{ MPa}$  | $a_{sg} = 0,283 \text{ cm}^2$           |
| $f_{ctd} = 1 \text{ MPa}$                                     | $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$ | $m = 2$                                 |
|   |                             | $A_{sw} = a_{sw}m = 0,565 \text{ cm}^2$ |
| $A_{sL} = A_{s1,prov} = 4,524 \text{ cm}^2$                   |                             | $z = 0,9d = 0,084 \text{ m}$            |
| $v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,552$                             |                             | $k = 1,6 - d = 1,507 > 1$               |
| $\theta = 26,67^\circ \Rightarrow \cot \theta = 1,991$        |                             |   |
| $\rho_L = A_{sL} / bd = 0,020 < 0,01$                         |                             |   |
| $V_{Rd1} = 0,35kf_{ctd}(1,2 + 40\rho_L)bd = 23,67 \text{ kN}$ |                             | $V_{Sd} = 31,63 \text{ kN}$             |

Odcinek drugiego rodzaju o zasięgu  $l = 0,20 \text{ m}$

$$k_t = \frac{A_{sw}f_{ywd}}{V_{Sd}} = 0,340 \quad \Rightarrow \quad s_1 = k_t \cot \theta \cdot 0,9d = 0,057 \text{ m}$$

Do dalszych obliczeń przyjęto rozstaw strzemion  $s_1 = 0,05 \text{ m}$

$$k_c = v f_{cd} \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} = 2944,69 \quad V_{Rd2} = 0,9dbk_c = 59,153 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw}f_{ywd}}{s_1} z \cot \theta = 35,808 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 31,63 \text{ kN} < V_{Rd2} = 59,15 \text{ kN} \quad - \text{warunek normowy spełniony}$$

$$V_{Sd} = 31,63 \text{ kN} < V_{Rd3} = 35,81 \text{ kN} \quad - \text{warunek normowy spełniony}$$

Ostatecznie na odcinkach przyporowych 0,25m przyjęto strzemiona dwucięte  $\phi 6 \text{ mm}$  w rozstawie co 5cm, a na pozostałym odcinku co 7cm. Strzemiona wykonać ze stali A-0 StOS.

### ***Ugięcie konstrukcji***

$$a = 0,40 \text{ cm} < a_{\text{lim}} = l_{\text{eff}} / 200 = 0,63 \text{ cm}$$

warunek normowy spełniony

#### **Poz. 9.4 Pozostałe nadproża**

Konstrukcyjnie przyjęto nadproża z dwóch prefabrykowanych belek L19 odmiany "N" o długości dostosowanej do rozpiętości otworów.

#### **Poz. 10.0 Słupy i rdzenie II piętra**

##### **Poz. 10.1 Rdzenie ścian**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne rdzenie żelbetowe z betonu B-25 o przekroju 24x24cm zbrojone prętami podłużnymi 4φ12mm ze stali A-III 34GS oraz strzemionami dwuciętymi φ6 ze stali A-0 StOS w rozstawie co 9 i 18cm.

#### **Poz. 11.0 Strop nad I piętrem**

##### **Poz. 11.1 Żelbetowa monolityczna płyta stropowa**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczną płytę stropową jak w Poz. 8.1.

##### **Poz. 11.2 Żelbetowa monolityczna płyta balkonowa**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczną płytę balkonową jak w Poz. 8.2.

#### **Poz. 12.0 Podciągi i nadproża I piętra**

##### **Poz. 12.1 Nadproże o rozpiętości 2,10m**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne nadproże jak w Poz. 9.1.

##### **Poz. 12.2 Nadproże o rozpiętości 1,80m**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne nadproże jak w Poz. 9.2.

##### **Poz. 12.3 Nadproże o rozpiętości 1,00m**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne nadproże jak w Poz. 9.3.

##### **Poz. 12.4 Pozostałe nadproża**

Konstrukcyjnie przyjęto nadproża z dwóch prefabrykowanych belek L19 odmiany "N" o długości dostosowanej do rozpiętości otworów.

#### **Poz. 13.0 Słupy i rdzenie I piętra**

##### **Poz. 13.1 Rdzenie ścian**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne rdzenie żelbetowe z betonu B-25 o przekroju 24x24cm zbrojone prętami podłużnymi 4φ12mm ze stali A-III 34GS oraz strzemionami dwuciętymi φ6 ze stali A-0 StOS w rozstawie co 9 i 18cm.

#### **Poz. 14.0 Strop nad parterem**

##### **Poz. 14.1 Żelbetowa monolityczna płyta stropowa**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczną płytę stropową jak w Poz. 8.1.

##### **Poz. 14.2 Żelbetowa monolityczna płyta balkonowa**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczną płytę balkonową jak w Poz. 8.2.

**Poz. 15.0    Podciągi i nadproża parteru**

**Poz. 15.1    Nadproże o rozpiętości 2,10m**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne nadproże jak w Poz. 9.1.

**Poz. 15.2    Nadproże o rozpiętości 1,80m**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne nadproże jak w Poz. 9.2.

**Poz. 15.3    Nadproże o rozpiętości 1,00m**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne nadproże jak w Poz. 9.3.

**Poz. 15.4    Pozostałe nadproża**

Konstrukcyjnie przyjęto nadproża z dwóch prefabrykowanych belek L19 odmiany "N" o długości dostosowanej do rozpiętości otworów.

**Poz. 16.0    Słupy i rdzenie parteru**

**Poz. 16.1    Rdzenie ścian**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne rdzenie żelbetowe z betonu B-25 o przekroju 24x24cm zbrojone prętami podłużnymi 4 $\phi$ 12mm ze stali A-III 34GS oraz strzemionami dwuciętymi  $\phi$ 6 ze stali A-0 StOS w rozstawie co 9 i 18cm.

**Poz. 17.0    Strop nad piwnicą**

**Poz. 17.1    Żelbetowa monolityczna płyta stropowa**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczną płytę stropową jak w Poz. 8.1.

**Poz. 17.2    Żelbetowa monolityczna płyta balkonowa**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczną płytę balkonową jak w Poz. 8.2 z jedną różnicą w zakresie doboru "Isokorb" z uwagi na wyższe warstwy posadzkowe przyjęto "Isokorby" K50-BH15-CV30-h160 firmy Schock lub równoważne.

**Poz. 18.0    Podciągi i nadproża piwnicy**

**Poz. 18.1    Nadproże o rozpiętości 1,00m**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne żelbetowe nadproże o przekroju 24x26cm z betonu B-25. Zbrojenie nadproża przyjęto poprzez wzmocnienie dołem wieńca prętami 3 $\phi$ 12mm ze stali A-III 34GS oraz poprzez zagęszczenie strzemion  $\phi$ 6mm ze stali A-0 StOS co 10cm.

**Poz. 18.2    Pozostałe nadproża**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne żelbetowe nadproże poprzez dozbrojenie wieńca o przekroju 16x24cm z betonu B-25 dołem jednym prętem  $\phi$ 12mm ze stali A-III 34GS oraz poprzez zagęszczenie strzemion  $\phi$ 6mm ze stali A-0 StOS co 10cm.

**Poz. 19.0    Słupy i rdzenie piwnicy**

**Poz. 19.1    Rdzenie ścian**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne rdzenie żelbetowe z betonu B-25 o przekroju 24x24cm zbrojone prętami podłużnymi 4 $\phi$ 12mm ze stali A-III 34GS oraz strzemionami dwuciętymi  $\phi$ 6 ze stali A-0 StOS w rozstawie co 9 i 18cm.

**Poz. 19.2    Rdzenie usztywniające**

Konstrukcyjnie przyjęto monolityczne rdzenie jak w Poz. 19.1.

**Poz. 20.0 Klatka schodowa**

Projektuje się monolityczną żelbetową klatkę schodową z betonu B-25 zbrojoną prętami głównymi ze stali A-III 34GS oraz rozdzielczymi ze stali A-0 StOS.

**Poz. 20.1 Bieg z poziomu -2,52m na poziom - 1,11m**

Projektuje się bieg schodów w postaci zakrzywionej monolitycznej płyty opartej na płycie spoczynkowej Poz. 20.3 i gruncie.

Na przedmiotowe schody będą działać następujące obciążenia:

kąt nachylenia biegu  $\alpha = 28,38^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 0,846$

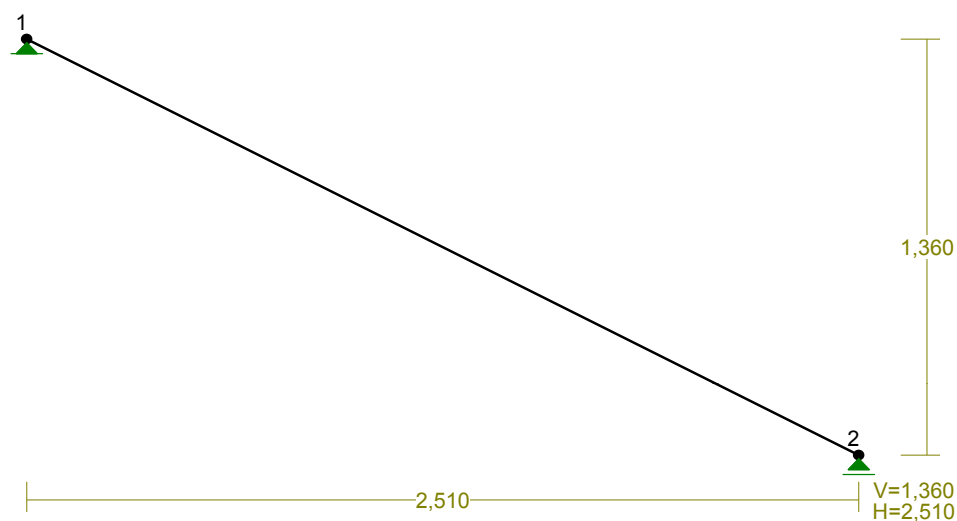
|  | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
|--|-------------------|------------|-------------------|
| Płytki ceramiczne (terakota) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>               | 0,210             | 1,20       | 0,252             |
| Zaprawa cementowa (klej) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>                   | 0,210             | 1,30       | 0,273             |
| Stopnie 0,5 x 0,157m x 24kN/m <sup>3</sup>                             | 1,884             | 1,30       | 2,449             |
| Płyta żelbetowa  | 0,000             | 1,10       | 0,000             |
| Tynk cementowo - wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup> / $\cos \alpha$ | 0,337             | 1,30       | 0,438             |
| $q_k =$  | 2,641             | 1,30       | 3,412             |

Obciążenie użytkowe  $q_k = 3,000$   $\gamma_f = 1,30$  3,900

|            |               |            |       |
|------------|---------------|------------|-------|
|            | kN/m          | $\gamma_f$ | kN/m  |
| Balustrada | $q_k = 1,000$ | 1,20       | 1,200 |

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono automatycznie w programie obliczeniowym

Jako schemat obliczeniowy przyjęto belkę wolnopodpartą o szerokości 1m jak niżej:



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

$$M = 10,16 \text{ kNm}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|  |   |
|--|---|
| Beton B-25 $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$     | rozpiętość efektywna $l_{eff} = 2,51 \text{ m}$                   |
| $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$                  | wysokość płyty $h = 0,14 \text{ m}$                               |
| Stal A-III 34GS $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$ | szerokość płyty $b = 1,00 \text{ m}$                              |
| Klasa ekspozycji XC1                       | średnica pręta podłużnego $\phi = 10 \text{ mm}$                  |
| $c_{min} = 15 \text{ mm}$                  | otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 25 \text{ mm}$ |
| $\Delta c = 10 \text{ mm}$                 | $a_1$ i $a_2 = 30 \text{ mm}$                                     |
|  | użyteczna wysokość przekroju $d = 0,11 \text{ m}$                 |

### Zbrojenie przęsłowe

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,063 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,065$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,967 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 2,728 \quad \text{cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 10 \text{ mm}$  co 15 cm o  $A_{s1,prov} = 5,236 \quad \text{cm}^2$

### Ugięcie konstrukcji

$$a = 0,41 \text{ cm} < a_{lim} = l_{eff} / 200 = 1,255 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

### Poz. 20.2 Bieg z poziomym -1,11m na poziom 0,00m

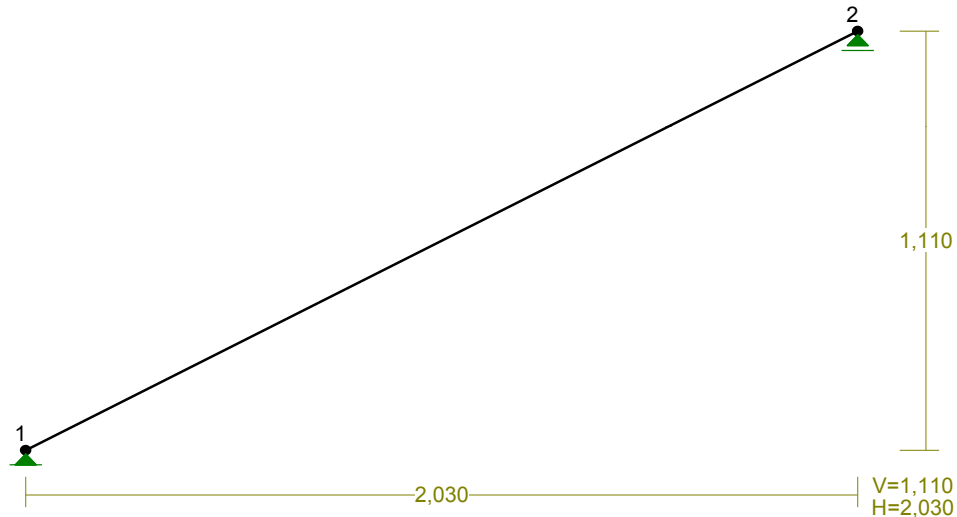
Projektuje się bieg schodów w postaci zakrzywionej monolitycznej płyty opartej na płytach spocznikowych Poz. 20.3 i Poz. 20.4.

Na przedmiotowe schody będą działać następujące obciążenia:

|  |                                 |                   |               |                       |
|--|---------------------------------|-------------------|---------------|-----------------------|
| Bieg   | kąt nachylenia biegu $\alpha =$ | 28,67°            | $\Rightarrow$ | $\cos \alpha = 0,846$ |
|  |                                 | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$    | kN/m <sup>2</sup>     |
| Płytki ceramiczne (terakota) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>               |                                 | 0,210             | 1,20          | 0,252                 |
| Zaprawa cementowa (klej) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>                   |                                 | 0,210             | 1,30          | 0,273                 |
| Stopnie 0,5 x 0,157m x 24kN/m <sup>3</sup>                             |                                 | 1,884             | 1,30          | 2,449                 |
| Płyta żelbetowa  |                                 | 0,000             | 1,10          | 0,000                 |
| Tynk cementowo - wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup> / $\cos \alpha$ |                                 | 0,337             | 1,30          | 0,438                 |
|  | $q_k =$                         | 2,641             | 1,30          | 3,412                 |
| Obciążenie użytkowe  | $q_k =$                         | 3,000             | 1,30          | 3,900                 |
|  |                                 | kN/m              | $\gamma_f$    | kN/m                  |
| Balustrada   | $q_k =$                         | 1,000             | 1,20          | 1,200                 |

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono automatycznie w programie obliczeniowym

Jako schemat obliczeniowy przyjęto belkę wolnopodpartą o szerokości 1m jak niżej:



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

$$M = 6,65 \text{ kNm}$$

# Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|  |   |
|--|---|
| Beton B-25 $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$     | rozpiętość efektywna $l_{eff} = 2,03 \text{ m}$                   |
| $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$                  | wysokość płyty $h = 0,14 \text{ m}$                               |
| Stal A-III 34GS $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$ | szerokość płyty $b = 1,00 \text{ m}$                              |
| Klasa ekspozycji XC1                       | średnica pręta podłużnego $\phi = 10 \text{ mm}$                  |
| $c_{min} = 15 \text{ mm}$                  | otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 25 \text{ mm}$ |
| $\Delta c = 10 \text{ mm}$                 | $a_1 \text{ i } a_2 = 30 \text{ mm}$                              |
|  | użyteczna wysokość przekroju $d = 0,11 \text{ m}$                 |

## Zbrojenie przęsłowe

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,041 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,042$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,979 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 1,765 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 10 \text{ mm}$  co 15 cm o  $A_{s1,prov} = 5,236 \text{ cm}^2$

## Ugięcie konstrukcji

$$a = 0,18 \text{ cm} < a_{lim} = l_{eff} / 200 = 1,015 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

### Poz. 20.3 Płyta spocznikowa na poziomie -1,11m

Projektuje się monolityczną żelbetową płytę spocznikową wykonaną z betonu B-25 krzyżowo zbrojoną prętami ze stali A-III 34GS.

Na przedmiotową płytę będą działać następujące obciążenia:

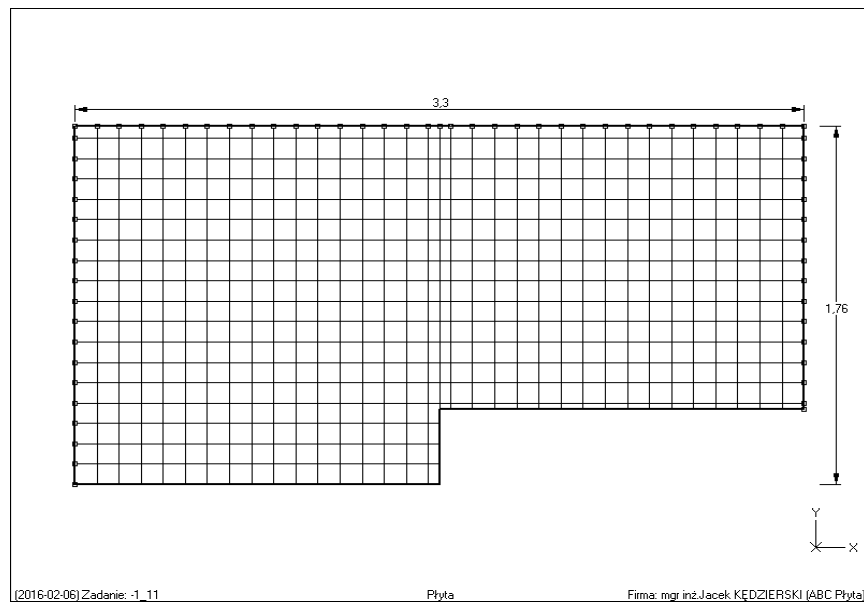
|  | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
|--|-------------------|------------|-------------------|
| Płytki ceramiczne (terakota) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup> | 0,210             | 1,20       | 0,252             |
| Zaprawa cementowa (klej) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>     | 0,210             | 1,30       | 0,273             |
| Płyta żelbetowa  | 0,000             | 1,10       | 0,000             |
| Tynk cementowo - wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup>   | 0,285             | 1,30       | 0,371             |
| $q_k =$  | 0,705             | 1,28       | 0,896             |
| Obciążenie użytkowe                                      | $q_k = 3,000$     | 1,30       | 3,900             |

Ponadto na krawędź płyty będą działać następujące obciążenia od biegów Poz. 20.1 i 20.2.

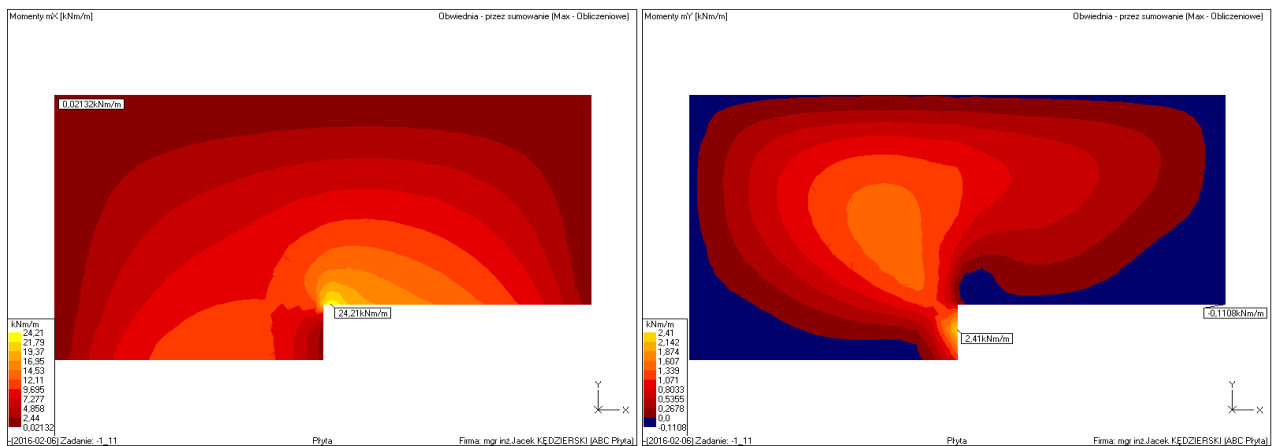
|  | kN/m  | $\gamma_f$ | kN/m  |
|--|-------|------------|-------|
| Obciążenie ciężarem własnym od biegu schodów Poz. 20.1 | 4,796 | 1,11       | 5,276 |
| Obciążenie ciężarem własnym od biegu schodów Poz. 20.2 | 3,887 | 1,11       | 4,276 |
| Obciążenie stałe od biegu schodów Poz. 20.1            | 4,742 | 1,27       | 6,022 |
| Obciążenie stałe od biegu schodów Poz. 20.2            | 3,837 | 1,28       | 4,873 |
| Obciążenie zmienne od biegu schodów Poz. 20.1          | 3,765 | 1,30       | 4,894 |
| Obciążenie zmienne od biegu schodów Poz. 20.2          | 3,045 | 1,30       | 3,958 |

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono automatycznie w programie obliczeniowym

Jako schemat statyczny przyjęto płytę spocznikową podpartą na trzech krawędziach jak niżej:



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



$$M_x = 24,2 \text{ kNm/m}$$

$$M_y = 2,4 \text{ kNm/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

$$\text{Beton B-25 } f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$$

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

$$\text{Stal A-III 34GS } f_{yd} = 350 \text{ MPa}$$

Klasa ekspozycji XC1

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

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

Zbrojenie dla  $M_x$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,150$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5 \zeta_{eff} = 0,918$$

$$\text{przyjęto } \phi = 10 \text{ mm}$$

$$\text{rozpiętość efektywna } l_{eff} = 3,30 \text{ m}$$

$$\text{wysokość płyty } h = 0,14 \text{ m}$$

$$\text{szerokość płyty } b = 1,00 \text{ m}$$

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

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

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

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

$$\text{użyteczna wysokość przekroju } d_y = d_x - \phi = 0,1 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \zeta_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,164$$

$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 6,850 \text{ cm}^2$$

$$\text{co } 10 \text{ cm o } A_{s1,prov} = 7,854 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie dla  $M_y$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,018$$

$\Rightarrow$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,018$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,991$$

$\Rightarrow$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} df_{yd}} = 0,695 \quad \text{cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 10 \text{ mm}$

co 20 cm

o

$$A_{s1,prov} = 3,927 \quad \text{cm}^2$$

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.

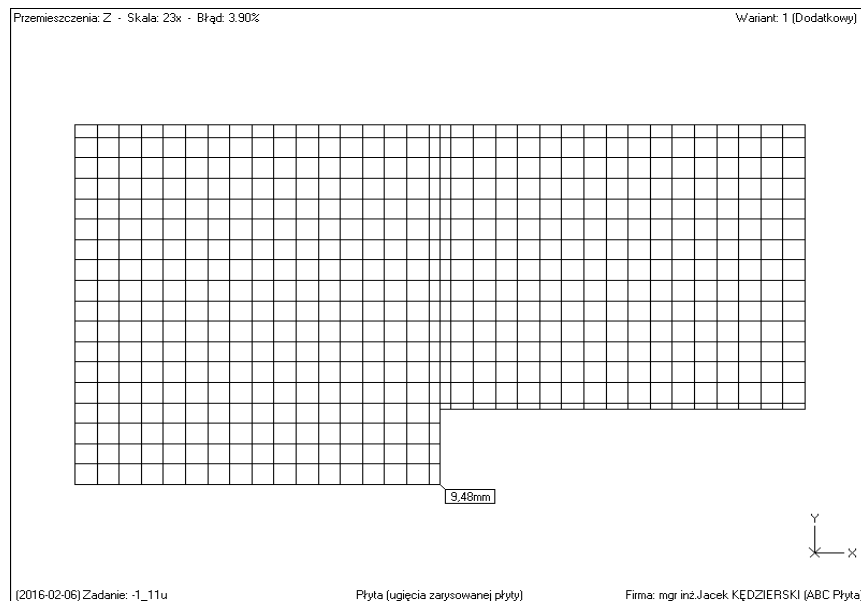
Ugięcie konstrukcji w stanie zarysowanym

$$a = 0,95 \text{ cm}$$

<

$$f_{gr} = \frac{l_{eff}}{200} = 1,65 \text{ cm}$$

Warunek normowy spełniony



#### Poz. 20.4 Płyta spocznikowa na poziomie 0,00m

Projektuje się monolityczną żelbetową płytę spocznikową wykonaną z betonu B-25 krzyżowo zbrojoną prętami ze stali A-III 34GS.

Na przedmiotową płytę będą działać następujące obciążenia:

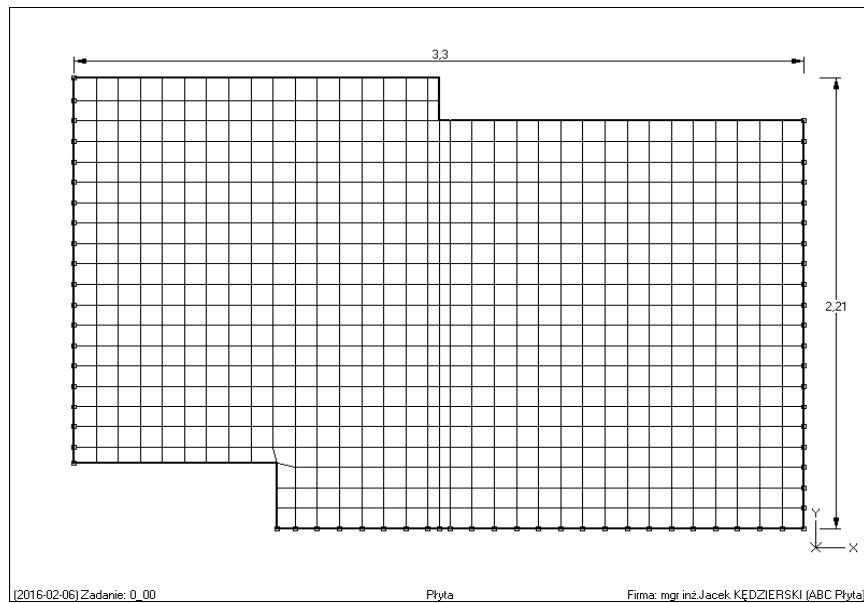
|  | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
|--|-------------------|------------|-------------------|
| Płytki ceramiczne (terakota) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup> | 0,210             | 1,20       | 0,252             |
| Zaprawa cementowa (klej) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>     | 0,210             | 1,30       | 0,273             |
| Płyta żelbetowa  | 0,000             | 1,10       | 0,000             |
| Tynk cementowo - wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup>   | 0,285             | 1,30       | 0,371             |
| $q_k =$  | 0,705             | 1,28       | 0,896             |
| Obciążenie użytkowe                                      | $q_k = 3,000$     | 1,30       | 3,900             |

Ponadto na krawędź płyty będą działać następujące obciążenia od biegów Poz. 20.1 i 20.2.

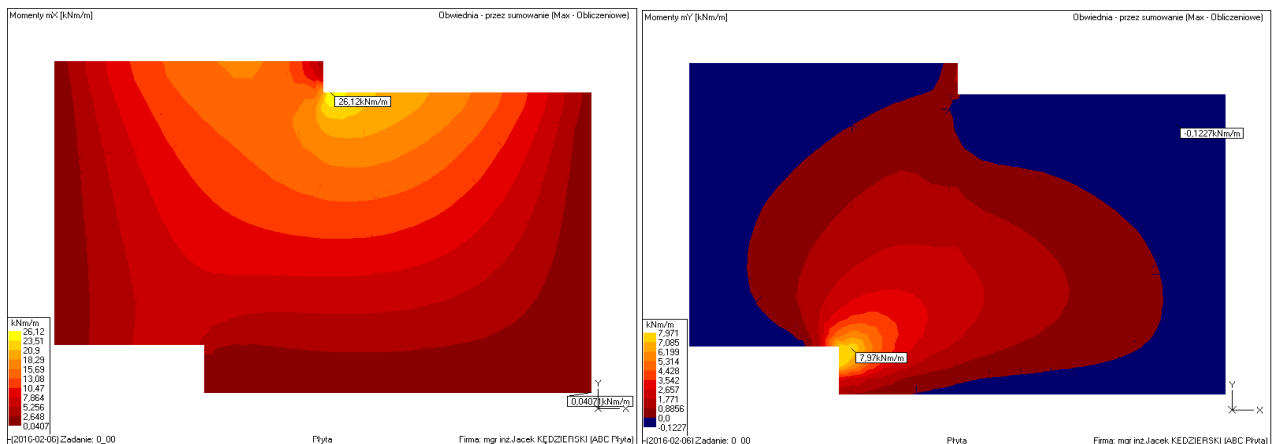
|  | kN/m  | $\gamma_f$ | kN/m  |
|--|-------|------------|-------|
| Obciążenie ciężarem własnym od biegu schodów Poz. 20.2 | 3,887 | 1,11       | 4,276 |
| Obciążenie ciężarem własnym od biegu schodów Poz. 20.5 | 4,984 | 1,10       | 5,482 |
| Obciążenie stałe od biegu schodów Poz. 20.2            | 3,837 | 1,28       | 4,873 |
| Obciążenie stałe od biegu schodów Poz. 20.5            | 4,930 | 1,27       | 6,260 |
| Obciążenie zmienne od biegu schodów Poz. 20.2          | 3,045 | 1,30       | 3,958 |
| Obciążenie zmienne od biegu schodów Poz. 20.5          | 3,915 | 1,31       | 5,090 |

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono automatycznie w programie obliczeniowym

Jako schemat statyczny przyjęto płytę spocznikową podpartą na trzech krawędziach jak niżej:



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



$$M_x = 26,1 \text{ kNm/m}$$

$$M_y = 8,0 \text{ kNm/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$

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

Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$

Klasa ekspozycji XC1

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

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

Zbrojenie dla  $M_x$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,162$$

$\Rightarrow$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,178$$

rozpiętość efektywna  $l_{eff} = 3,30 \text{ m}$

wysokość płyty  $h = 0,14 \text{ m}$

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  $d_x = 0,11 \text{ m}$

użyteczna wysokość przekroju  $d_y = d_x - \phi = 0,1 \text{ m}$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\zeta_{eff} = 0,911 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} df_{yd}} = 7,448 \quad \text{cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 10 \text{ mm}$       co 10 cm      o       $A_{s1,prov} = 7,854 \quad \text{cm}^2$

Zbrojenie dla  $M_y$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,060 \quad \Rightarrow \quad \zeta_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,062$$

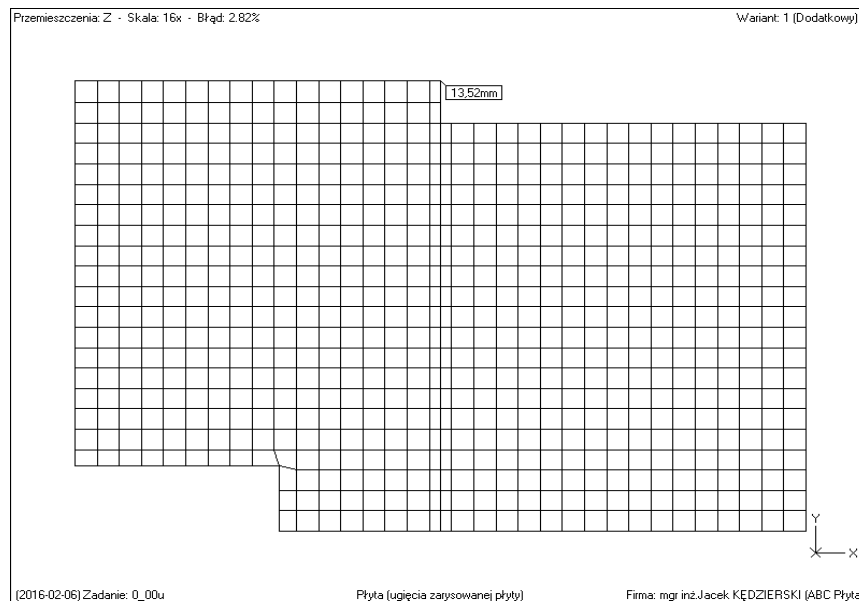
$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\zeta_{eff} = 0,969 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} df_{yd}} = 2,350 \quad \text{cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 10 \text{ mm}$       co 20 cm      o       $A_{s1,prov} = 3,927 \quad \text{cm}^2$

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

$$a = 1,35 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{l_{eff}}{200} = 1,65 \text{ cm} \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$



## Poz. 20.5 Bieg z poziomu 0,00m na poziom 1,41m

Projektuje się bieg schodów w postaci zakrzywionej monolitycznej płyty opartej na płytach spoczynkowych Poz. 20.4 i Poz. 20.7.

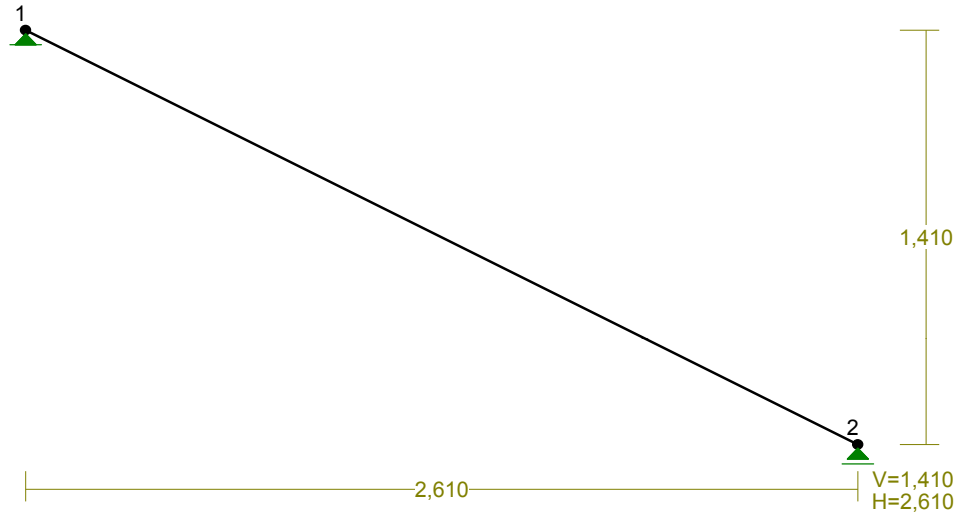
Na przedmiotowe schody będą działać następujące obciążenia:

|  |                                 |                   |               |                       |                   |
|--|---------------------------------|-------------------|---------------|-----------------------|-------------------|
| <b>Bieg</b>  | kąt nachylenia biegu $\alpha =$ | <b>28,38°</b>     | $\Rightarrow$ | $\cos \alpha = 0,846$ |                   |
|  |                                 | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$    |                       | kN/m <sup>2</sup> |
| Płytki ceramiczne (terakota) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>               |                                 | 0,210             | 1,20          |                       | 0,252             |
| Zaprawa cementowa (klej) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>                   |                                 | 0,210             | 1,30          |                       | 0,273             |
| Stopnie 0,5 x 0,157m x 24kN/m <sup>3</sup>                             |                                 | 1,884             | 1,30          |                       | 2,449             |
| Płyta żelbetowa  |                                 | 0,000             | 1,10          |                       | 0,000             |
| Tynk cementowo - wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup> / $\cos \alpha$ |                                 | 0,337             | 1,30          |                       | 0,438             |
|  | $q_k =$                         | 2,641             | 1,30          |                       | 3,412             |
| Obciążenie użytkowe  | $q_k =$                         | 3,000             | 1,30          |                       | 3,900             |

|            |               |             |       |
|------------|---------------|-------------|-------|
|            | kN/m          | $\gamma_f$  | kN/m  |
| Balustrada | $q_k = 1,000$ | <b>1,20</b> | 1,200 |

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono automatycznie w programie obliczeniowym

Jako schemat obliczeniowy przyjęto belkę wolnopodpartą o szerokości 1m jak niżej:



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

$$M = 10,98 \text{ kNm}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|  |   |
|--|---|
| Beton B-25 $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$     | rozpiętość efektywna $l_{eff} = 2,61 \text{ m}$                   |
| $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$                  | wysokość płyty $h = 0,14 \text{ m}$                               |
| Stal A-III 34GS $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$ | szerokość płyty $b = 1,00 \text{ m}$                              |
| Klasa ekspozycji XC1                       | średnica pręta podłużnego $\phi = 10 \text{ mm}$                  |
| $c_{min} = 15 \text{ mm}$                  | otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 25 \text{ mm}$ |
| $\Delta c = 10 \text{ mm}$                 | $a_1$ i $a_2 = 30 \text{ mm}$                                     |
|  | użyteczna wysokość przekroju $d = 0,11 \text{ m}$                 |

Zbrojenie przęsłowe

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,068 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,071$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,965 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 2,957 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 10 \text{ mm}$  co 15 cm o  $A_{s1,prov} = 5,236 \text{ cm}^2$

Ugięcie konstrukcji

$$a = 0,48 \text{ cm} < a_{lim} = l_{eff} / 200 = 1,305 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

## Poz. 20.6 Bieg z poziomu 1,41m na poziom 2,83m

Projektuje się bieg schodów w postaci zakrzywionej monolitycznej płyty opartej na płytach spocznikowych Poz. 20.7 i Poz. 20.8.

Na przedmiotowe schody będą działać następujące obciążenia:

Bieg kąt nachylenia biegu  $\alpha = 28,55^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 0,846$

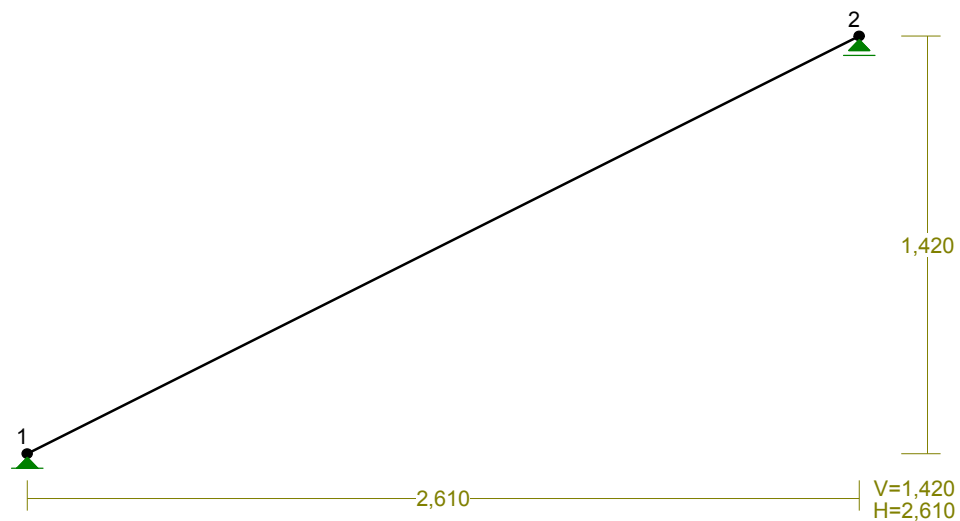
|   | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
|---|-------------------|------------|-------------------|
| Płytki ceramiczne (terakota) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>              | 0,210             | 1,20       | 0,252             |
| Zaprawa cementowa (klej) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>                  | 0,210             | 1,30       | 0,273             |
| Stopnie 0,5 x 0,157m x 24kN/m <sup>3</sup>                            | 1,884             | 1,30       | 2,449             |
| Płyta żelbetowa   | 0,000             | 1,10       | 0,000             |
| Tynk cementowo - wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup> / $\cos\alpha$ | 0,337             | 1,30       | 0,438             |
| $q_k =$   | 2,641             | 1,30       | 3,412             |

Obciążenie użytkowe  $q_k = 3,000 \quad 1,30 \quad 3,900$

|            | kN/m          | $\gamma_f$ | kN/m  |
|------------|---------------|------------|-------|
| Balustrada | $q_k = 1,000$ | 1,20       | 1,200 |

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono automatycznie w programie obliczeniowym

Jako schemat obliczeniowy przyjęto belkę wolnopodpartą o szerokości 1m jak niżej:



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

$$M = 10,99 \text{ kNm}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|  |   |
|--|---|
| Beton B-25 $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$     | rozpiętość efektywna $l_{eff} = 2,61 \text{ m}$                   |
| $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$                  | wysokość płyty $h = 0,14 \text{ m}$                               |
| Stal A-III 34GS $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$ | szerokość płyty $b = 1,00 \text{ m}$                              |
| Klasa ekspozycji XC1                       | średnica pręta podłużnego $\phi = 10 \text{ mm}$                  |
| $c_{min} = 15 \text{ mm}$                  | otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 25 \text{ mm}$ |
| $\Delta c = 10 \text{ mm}$                 | $a_1$ i $a_2 = 30 \text{ mm}$                                     |
|  | użyteczna wysokość przekroju $d = 0,11 \text{ m}$                 |

Zbrojenie przęsłowe

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,068 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,071$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,965 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 2,959 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 10 \text{ mm}$  co 15 cm o  $A_{s1,prov} = 5,236 \text{ cm}^2$

Ugięcie konstrukcji

$$a = 0,48 \text{ cm} < a_{lim} = l_{eff} / 200 = 1,305 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

**Poz. 20.7 Płyta spocznikowa na poziomie 1,41m**

Projektuje się monolityczną żelbetową płytę spocznikową wykonaną z betonu B-25 krzyżowo zbrojoną prętami ze stali A-III 34GS.

Na przedmiotową płytę będą działać następujące obciążenia:

|  | kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | kN/m <sup>2</sup> |
|--|-------------------|------------|-------------------|
| Płytki ceramiczne (terakota) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup> | 0,210             | 1,20       | 0,252             |
| Zaprawa cementowa (klej) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>     | 0,210             | 1,30       | 0,273             |
| Płyta żelbetowa  | 0,000             | 1,10       | 0,000             |
| Tynk cementowo - wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup>   | 0,285             | 1,30       | 0,371             |
| $q_k =$  | 0,705             | 1,28       | 0,896             |

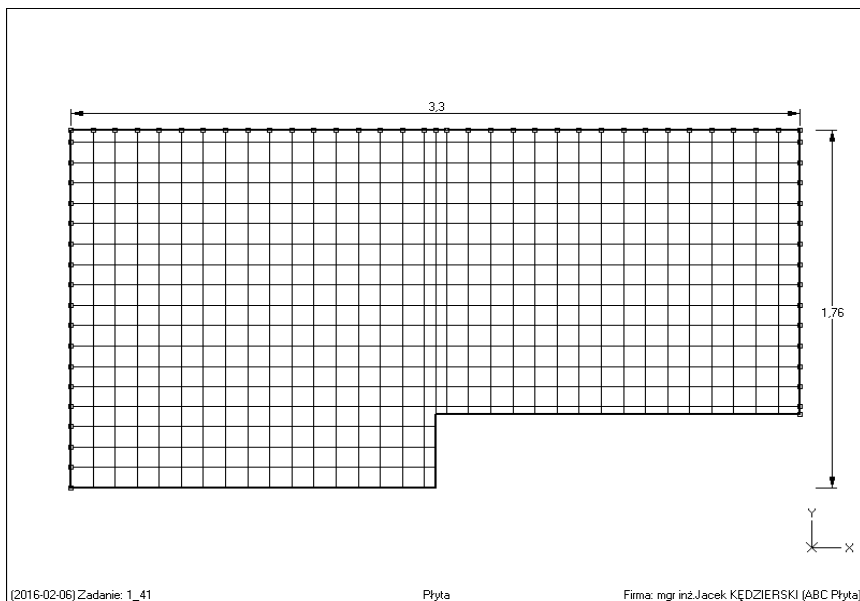
|                     |         |       |      |       |
|---------------------|---------|-------|------|-------|
| Obciążenie użytkowe | $q_k =$ | 3,000 | 1,30 | 3,900 |
|---------------------|---------|-------|------|-------|

Ponadto na krawędź płyty będą działać następujące obciążenia od biegów Poz. 20.5 i 20.6.

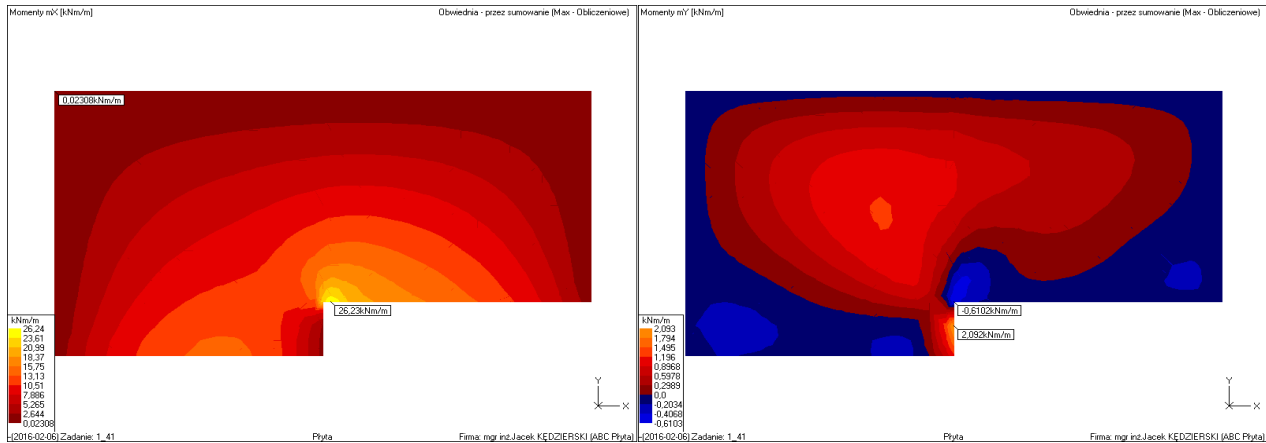
|  | kN/m  | $\gamma_f$ | kN/m  |
|--|-------|------------|-------|
| Obciążenie ciężarem własnym od biegu schodów Poz. 20.5 | 4,984 | 1,10       | 5,482 |
| Obciążenie ciężarem własnym od biegu schodów Poz. 20.6 | 4,992 | 1,10       | 5,491 |
| Obciążenie stałe od biegu schodów Poz. 20.5            | 4,930 | 1,27       | 6,260 |
| Obciążenie stałe od biegu schodów Poz. 20.6            | 4,932 | 1,27       | 6,263 |
| Obciążenie zmienne od biegu schodów Poz. 20.5          | 3,915 | 1,31       | 5,090 |
| Obciążenie zmienne od biegu schodów Poz. 20.6          | 3,915 | 1,31       | 5,090 |

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono automatycznie w programie obliczeniowym

Jako schemat statyczny przyjęto płytę spocznikową podpartą na trzech krawędziach jak niżej:



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



$$M_x = 26,2 \text{ kNm/m}$$

$$M_y = 2,1 \text{ kN/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$

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

Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$

Klasa ekspozycji XC1

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

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

rozpiętość efektywna  $l_{eff} = 3,30 \text{ m}$

wysokość płyty  $h = 0,14 \text{ m}$

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  $d_x = 0,11 \text{ m}$

użyteczna wysokość przekroju  $d_y = d_x - \phi = 0,1 \text{ m}$

Zbrojenie dla  $M_x$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,163$$

$$\Rightarrow \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,179$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,910$$

$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 7,483 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 10 \text{ mm}$

co 10 cm o  $A_{s1,prov} = 7,854 \text{ cm}^2$

Zbrojenie dla  $M_y$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,016$$

$$\Rightarrow \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,016$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,992$$

$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 0,602 \text{ cm}^2$$

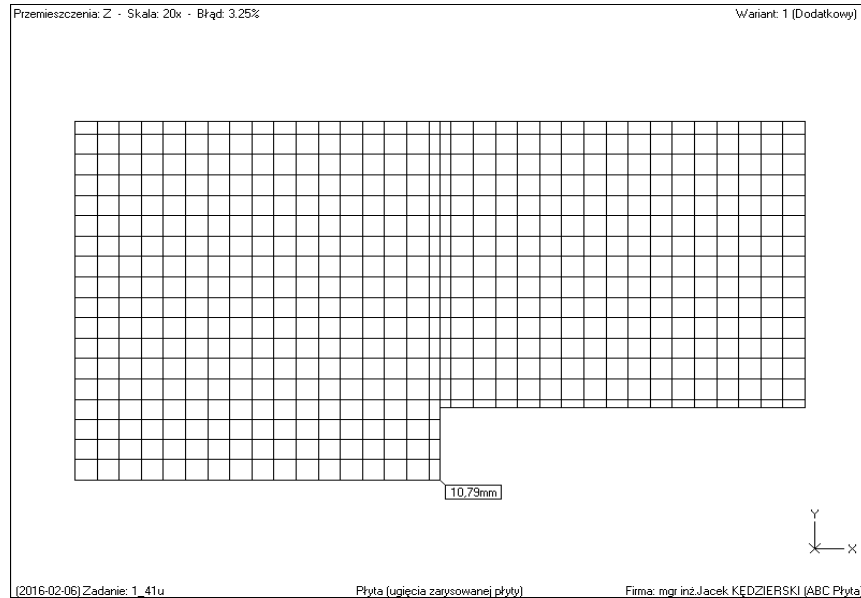
przyjęto  $\phi = 10 \text{ mm}$

co 20 cm o  $A_{s1,prov} = 3,927 \text{ cm}^2$

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

$$a = 1,08 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{l_{eff}}{200} = 1,65 \text{ cm} \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$



#### Poz. 20.8 Płyta spocznikowa na poziomie 2,83m

Projektuje się monolityczną żelbetonową płytę spocznikową wykonaną z betonu B-25 krzyżowo zbrojoną prętami ze stali A-III 34GS.

Na przedmiotową płytę będą działać następujące obciążenia:

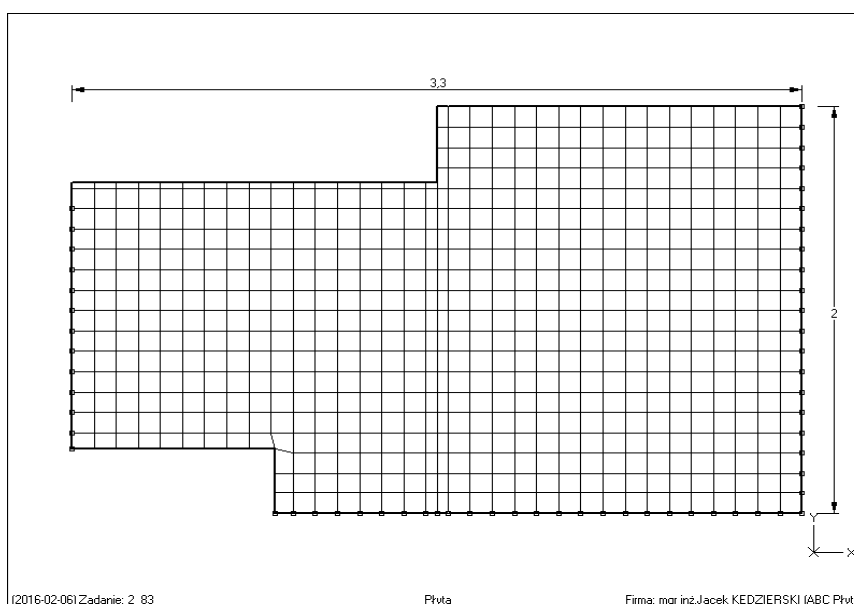
|  | kN/m <sup>2</sup>    | γ <sub>f</sub> | kN/m <sup>2</sup> |
|--|----------------------|----------------|-------------------|
| Płytki ceramiczne (terakota) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup> | 0,210                | 1,20           | 0,252             |
| Zaprawa cementowa (klej) 0,01m x 21kN/m <sup>3</sup>     | 0,210                | 1,30           | 0,273             |
| Płyta żelbetowa  | 0,000                | 1,10           | 0,000             |
| Tynk cementowo - wapienny 0,015m x 19kN/m <sup>3</sup>   | 0,285                | 1,30           | 0,371             |
| <b>q<sub>k</sub> =</b>                                   | <b>0,705</b>         | <b>1,28</b>    | <b>0,896</b>      |
| <br>Obciążenie użytkowe                                  | <br>q <sub>k</sub> = | <br>3,000      | <br>1,30          |
|  |                      |                | <b>3,900</b>      |

Ponadto na krawędź płyty będą działać następujące obciążenia od biegów Poz. 20.5 i 20.6.

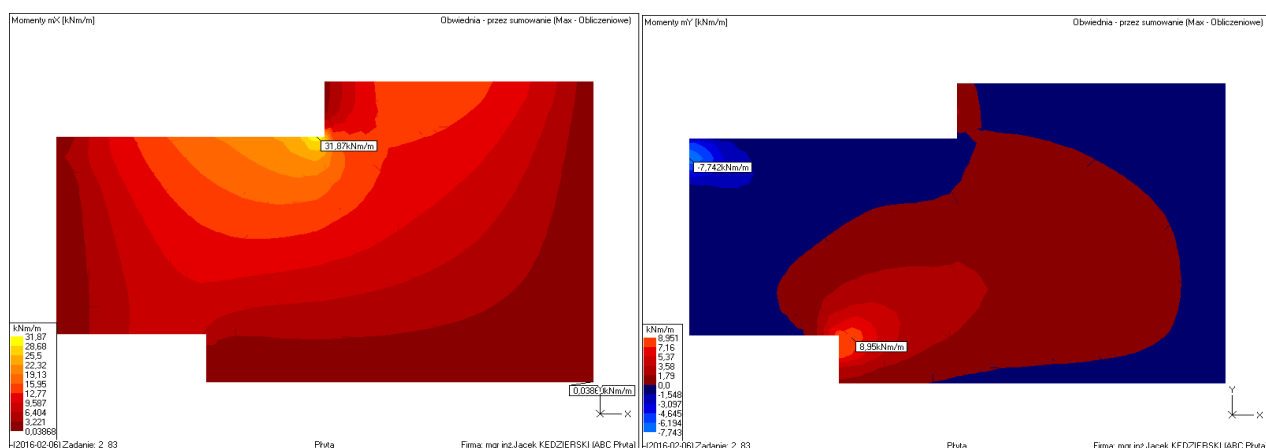
|  | kN/m  | γ <sub>f</sub> | kN/m  |
|--|-------|----------------|-------|
| Obciążenie ciężarem własnym od biegu schodów Poz. 20.5 | 4,984 | 1,10           | 5,482 |
| Obciążenie ciężarem własnym od biegu schodów Poz. 20.6 | 4,992 | 1,10           | 5,491 |
| Obciążenie stałe od biegu schodów Poz. 20.5            | 4,930 | 1,27           | 6,260 |
| Obciążenie stałe od biegu schodów Poz. 20.6            | 4,932 | 1,27           | 6,263 |
| Obciążenie zmienne od biegu schodów Poz. 20.5          | 3,915 | 1,31           | 5,090 |
| Obciążenie zmienne od biegu schodów Poz. 20.6          | 3,915 | 1,31           | 5,090 |

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono automatycznie w programie obliczeniowym

Jako schemat statyczny przyjęto płytę spocznikową podpartą na trzech krawędziach jak niżej:



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



$$M_x = 31,9 \text{ kNm/m}$$

$$M_y = 9,0 \text{ kNm/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

$$\text{Beton B-25 } f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$$

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

$$\text{Stal A-III 34GS } f_{yd} = 350 \text{ MPa}$$

Klasa ekspozycji XC1

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

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

$$\text{rozpiętość efektywna } l_{eff} = 3,30 \text{ m}$$

$$\text{wysokość płyty } h = 0,14 \text{ m}$$

$$\text{szerokość płyty } b = 1,00 \text{ m}$$

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

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

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

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

$$\text{użyteczna wysokość przekroju } d_y = d_x - \phi = 0,1 \text{ m}$$

Zbrojenie dla  $M_x$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,198$$

$$\Rightarrow \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,223$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\zeta_{eff} = 0,889$$

$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 9,316 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto } \phi = 10 \text{ mm}$$

$$\text{co } 5 \text{ cm o } A_{s1,prov} = 15,708 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie dla  $M_y$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,067 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,070$$

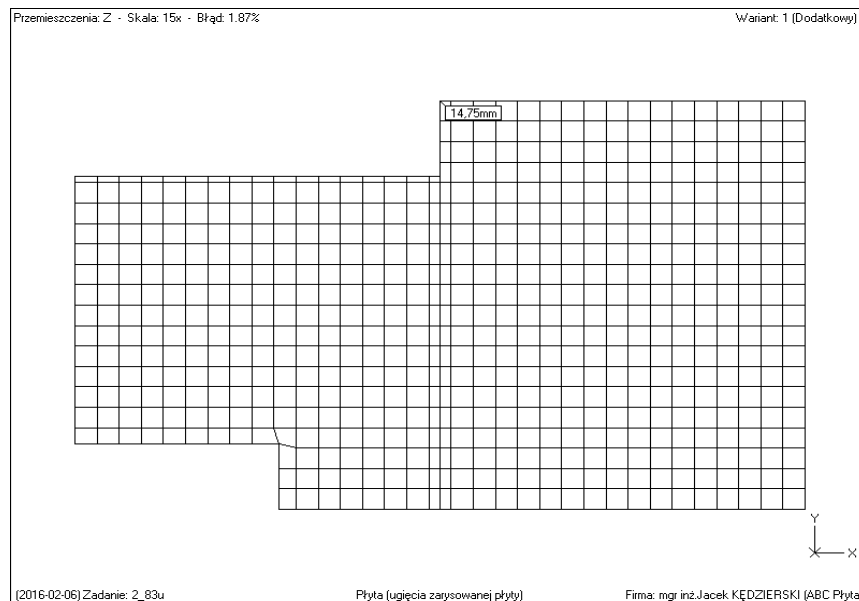
$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,965 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 2,650 \quad \text{cm}^2$$

$$\text{przyjęto } \phi = 10 \text{ mm} \quad \text{co } 20 \text{ cm} \quad \text{o} \quad A_{s1,prov} = 3,927 \quad \text{cm}^2$$

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

$$a = 1,48 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{l_{eff}}{200} = 1,65 \text{ cm} \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$



## Poz. 21.0 Fundamenty

Projektuje się posadowienie bezpośrednie na stopach i ławach fundamentowych o wysokości 40cm z betonu B-25 zbrojonych czterema prętami podłużnymi  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS i strzemiionami  $\phi 6$  co 25cm ze stali A-0 StOS. 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 B-10 o grubości min. 10cm. W miejscu występowania słupów i rdzeni w ławach i stopach zatopić odpowiednią ilość prętów startowych o średnicach odpowiadających średnicą zbrojenia przewidzianego w przedmiotowych słupach i rdzeniach.

Przed wykonaniem fundamentów należy dokonać odbioru dna wykopu przez uprawnionego geologa z wisem do dziennika budowy.

Warunki gruntowe przyjęto na podstawie badań geotechnicznych podłoża gruntowego opracowanych w lutym 2016r. przez Firmę Geologiczną "GEOP" mgr Adam Oprzyński. Zgodnie z przedmiotowym opracowaniem w miejscu posadowienia projektowanego budynku występują grunty holoceni i plejstoceni. Holocen reprezentowany jest przez nasypy niebudowlane, glebę (humus), natomiast plejstocen reprezentują utwory wodnolodowcowe (piaski drobno i średnioziarniste), utwory zastoiskowe (pyły piaszczyste) oraz utwory lodowcowe (gliny). W szczególności wydzielono następujące warstwy:

Warstwa IA - grunty nienośne gleby i nasypy niebudowlane,

Warstwa IIA - plejstoceni piaski drobno i średnioziarniste o stopniu zagęszczenia  $I_D = 0,50$ ,

Warstwa IIB - plejstoceni piaski drobnoziarniste o stopniu zagęszczenia  $I_D = 0,70$ ,

Warstwa IIC - plejstocenyjskie piaski średnio i gruboziarniste o stopniu zagęszczenia  $I_D = 0,50$ ,  
 Warstwa IIIA - plejstocenyjskie zastoiskowe pyły i gliny piaszczyste o stopniu plastyczno.  $I_L = 0,20$ ,  
 Warstwa IVA - plejstocenyjskie lodowcowe gliny piaszczyste o stopniu plastyczno.  $I_L = 0,30$ ,  
 Warstwa IVB - plejstocenyjskie lodowcowe gliny piaszczyste o stopniu plastyczno.  $I_L = 0,20$ ,

W miejscu posadowienia budynku nie stwierdzono występowania wód gruntowych.

W trakcie prowadzenia robót fundamentowych niedopuszczalne jest doprowadzenie do rozluźnienia dna wykopu. Rozluźnione podłoże należy bezwzględnie usunąć i zastąpić pospółką zagęszczoną do  $I_D = 0,50$  warstwami o grubości max. 20cm.

Budynek należy posadowić na gruntach rodzimych na poziomie 156,88m n.p.m.  
 W przyjętym poziomie posadowienia budynku występują dwie warstwy IIA i IIC. Dalsze obliczenia przeprowadzono dla warstwy słabszej tj. IIA.

Warstwa IIA - piaski drobno i średnioziarniste o  $I_D = 0,50$

$$\begin{array}{llll} \rho_B^{(n)} = & 1,80 \text{ t/m}^3 & \rho_B^{(r)} = & 1,62 \text{ t/m}^3 \\ \rho_D^{(n)} = & 1,80 \text{ t/m}^3 & \rho_D^{(r)} = & 1,62 \text{ t/m}^3 \\ \Phi_u^{(n)} = & 30,40^\circ & \Phi_u^{(r)} = & 27,36^\circ \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,517 \\ c_u^{(n)} = & 0,00 & c_u^{(r)} = & 0,00 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} N_D = e^{\pi \text{tg} \Phi} \text{tg}^2(\pi/4 + \Phi/2) = 13,725 & \gamma_m = 0,90 \\ N_C = (N_D - 1) \text{ctg} \Phi = 24,591 & m = 0,81 \\ N_B = 0,75(N_D - 1) \text{tg} \Phi = 4,939 \end{array}$$

#### Poz. 21.1 Ławy fundamentowe pod ścianami zewnętrznymi - podłużnymi z balkonami

Na przedmiotową ławę będą działać następujące obciążenia na paśmie o szerokości:

- obciążenia z dachu  $a_1 = 4,65 \text{ m}$
- obciążenia ze stropów  $a_2 = 3,25 \text{ m}$

|  | kN/m   | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|--------|------------|--------|
| Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.1 x $a_1$                        | 6,522  | 1,20       | 7,827  |
| Obciążenia zmienne dachu - wiatr Poz. 1.1.2 x $a_1$              | 0,439  | 1,51       | 0,660  |
| Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.3 x $a_1$              | 7,936  | 1,50       | 11,904 |
| Krokwie dachu 0,10m x 0,18m x 6kN/m <sup>3</sup> x $a_1$ / 0,80m | 0,628  | 1,10       | 0,691  |
| Murlata 0,12m x 0,12m x 6kN/m <sup>3</sup>                       | 0,086  | 1,10       | 0,095  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 0,30m                             | 1,538  | 1,13       | 1,722  |
| Obciążenie wieńcem 0,17m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>           | 1,020  | 1,10       | 1,122  |
| Obciążenia użytkowe stropu (strych) Poz. 1.2.1 x $a_2$           | 1,625  | 1,40       | 2,275  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x $a_2$                       | 3,699  | 1,27       | 4,693  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x $a_2$   | 13,813 | 1,10       | 15,194 |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 2,70m                             | 13,838 | 1,13       | 15,502 |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>           | 0,960  | 1,10       | 1,056  |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x $a_2$       | 4,875  | 1,40       | 6,825  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x $a_2$                       | 11,786 | 1,26       | 14,792 |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x $a_2$   | 13,000 | 1,10       | 14,300 |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 2,70m                             | 13,838 | 1,13       | 15,502 |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>           | 0,960  | 1,10       | 1,056  |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x $a_2$       | 4,875  | 1,40       | 6,825  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x $a_2$                       | 11,786 | 1,26       | 14,792 |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x $a_2$   | 13,000 | 1,10       | 14,300 |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 2,70m                             | 13,838 | 1,13       | 15,502 |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>           | 0,960  | 1,10       | 1,056  |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x $a_2$       | 4,875  | 1,40       | 6,825  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x $a_2$                       | 11,786 | 1,26       | 14,792 |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x $a_2$   | 13,000 | 1,10       | 14,300 |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.2 x 2,75m                             | 14,699 | 1,13       | 16,518 |

|   |                                |      |                |
|---|--------------------------------|------|----------------|
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>                  | 0,960                          | 1,10 | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a <sub>2</sub>     | 4,875                          | 1,40 | 6,825          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a <sub>2</sub>                     | 11,786                         | 1,26 | 14,792         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a <sub>2</sub> | 13,000                         | 1,10 | 14,300         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.3 x 2,40m                                    | 15,180                         | 1,12 | 16,948         |
|   | <u>N<sub>k</sub> = 231,182</u> | 1,19 | <u>274,047</u> |

Przyjęta szerokość i głębokość posadowienia ławy:

$$B = 1,80 \text{ m}$$

$$D_{\min} = 0,55 \text{ m}$$

$$D = 2,80 \text{ m}$$

Obciążenia dodatkowe

|  |                  | kN/m   | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|------------------|--------|------------|--------|
| Obciążenie ławą żelbetową B x 0,40m x 25kN/m <sup>3</sup>          | N <sub>L</sub> = | 18,000 | 1,10       | 19,800 |
| Obciążenie gruntem 0,5(B - 0,24m) x (D - 0,40m) x $\gamma_B^{(n)}$ | N <sub>G</sub> = | 33,696 | 1,20       | 40,435 |
| Obciążenie posadzką 0,5(B - 0,24m) x 0,20m x 24kN/m <sup>3</sup>   | N <sub>P</sub> = | 3,744  | 1,30       | 4,867  |
| Obciążenie użytkowe 0,5(B - 0,24m) x 2,0kN/m <sup>2</sup>          | N <sub>U</sub> = | 1,560  | 1,40       | 2,184  |

Obliczeniowa siła wypadkowa

$$N = N_{k0} + N_{L0} + N_{G0} + N_{P0} + N_{U0} = 341 \text{ kN/m}$$

Mimośród siły wypadkowej

Ramię działania poszczególnych sił względem środka ciężkości ławy:

Ramię działania siły N<sub>k0</sub>

$$r_k = 0,000 \text{ m}$$

Ramię działania siły N<sub>L0</sub>

$$r_L = 0,000 \text{ m}$$

Ramię działania siły N<sub>G0</sub>

$$r_G = 0,5(B-0,24\text{m})/2 + 0,12\text{m} = 0,510 \text{ m}$$

Ramię działania siły N<sub>P0</sub>

$$r_P = 0,5(B-0,24\text{m})/2 + 0,12\text{m} = 0,510 \text{ m}$$

Ramię działania siły N<sub>U0</sub>

$$r_U = 0,5(B-0,24\text{m})/2 + 0,12\text{m} = 0,510 \text{ m}$$

Moment działających sił względem środka ciężkości ławy

$$M = N_{k0} \times r_k + N_{L0} \times r_L + N_{G0} \times r_G - N_{P0} \times r_P - N_{U0} \times r_U = 17 \text{ kNm/m}$$

Mimośród działającej siły wypadkowej

$$e_B = M / N = 0,050 \text{ m} < B / 4 = 0,450 \text{ m}$$

Obliczeniowy opór graniczny gruntu

$$\begin{aligned} \bar{B} &= B - 2e_B = 1,700 \text{ m} \\ \bar{L} &= L = 1,000 \text{ m} \\ \bar{B} &= 0,00 \\ i_C &= i_D = i_B = 1 \end{aligned}$$

$$Q_{fNB} = \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_c c_u^{(r)} i_C + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_d \rho_d^{(r)} g D_{\min} i_D + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_b \rho_b^{(r)} g \bar{B} i_B \right] = 430,9 \text{ kN}$$

$$N_r = N \times L = 341,3 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 349,0 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$\begin{aligned} q_{r0,min} &= \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_B}{B} \right) = 158,1 \text{ kPa} & q_{r0,max} &= \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_B}{B} \right) = 221,2 \text{ kPa} \\ q_{r0,śr} &= (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 189,6 \text{ kPa} & & < m Q_{fNB} / BL = 193,9 \text{ kPa} \\ q_{r0,max} &= 221,2 \text{ kPa} & & < 1,2 (m Q_{fNB} / BL) = 232,7 \text{ kPa} \end{aligned}$$

warunki normowe spełnione

$$a = 0,5(B - 0,25) = 0,78 \text{ m} \quad q_{r0,kr} = \frac{(B-a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{B} + q_{r0,min} = 193,83 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 64,51 \text{ kNm}$$

# Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|   |                             |   |
|---|-----------------------------|---|
| Beton B-25  | $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$ | wysokość przekroju $h = 0,40 \text{ m}$                           |
|   | $f_{ctk} = 1,5 \text{ MPa}$ | szerokość przekroju $b = 1,00 \text{ m}$                          |
| Stal A-III 34GS   | $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$  | średnica zbrojenia $\phi = 12 \text{ mm}$                         |
| Klasa ekspozycji  |                             | otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$ |
|   | $c_{min} = 50 \text{ mm}$   | $a_1 \text{ i } a_2 = 66 \text{ mm}$                              |
|   | $\Delta c = 10 \text{ mm}$  | użyteczna wysokość przekroju $d = 0,334 \text{ m}$                |
| $\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,043 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,044$                  |                             |   |
| $\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,978 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 5,644 \quad \text{cm}^2$ |                             |   |
| przyjęto $\phi = 12 \text{ mm}$ co 20 cm      o $A_{s1,prov} = 5,655 \quad \text{cm}^2$   |                             |   |

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne ławy przyjęto pręty  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS w rozstawie co 20cm.

## Poz. 21.2 Ława fundamentowa pod ścianą zewnętrzną - podłużną środkową

Na przedmiotową ławę będą działać następujące obciążenia na paśmie o szerokości:

- obciążenia z dachu  $a_1 = 3,30 \text{ m}$
- obciążenia ze stropów  $a_2 = 2,50 \text{ m}$

|  | kN/m    | $\gamma_f$ | kN/m    |
|--|---------|------------|---------|
| Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.1 x $a_1$                        | 4,629   | 1,20       | 5,555   |
| Obciążenia zmienne dachu - wiatr Poz. 1.1.2 x $a_1$              | 0,312   | 1,51       | 0,469   |
| Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.3 x $a_1$              | 5,632   | 1,50       | 8,448   |
| Krokwie dachu 0,10m x 0,18m x 6kN/m <sup>3</sup> x $a_1$ / 0,80m | 0,446   | 1,10       | 0,490   |
| Murłata 0,12m x 0,12m x 6kN/m <sup>3</sup>                       | 0,086   | 1,10       | 0,095   |
| Obciążenie wieńcem 0,17m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>           | 1,020   | 1,10       | 1,122   |
| Obciążenia użytkowe stropu (strych) Poz. 1.2.1 x $a_2$           | 1,250   | 1,40       | 1,750   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x $a_2$                       | 2,845   | 1,27       | 3,610   |
| Obciążenie płytą stropowom 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x $a_2$   | 10,625  | 1,10       | 11,688  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 2,70m                             | 13,838  | 1,13       | 15,502  |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>           | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x $a_2$       | 3,750   | 1,40       | 5,250   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x $a_2$                       | 9,066   | 1,26       | 11,379  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x $a_2$   | 10,000  | 1,10       | 11,000  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 2,70m                             | 13,838  | 1,13       | 15,502  |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>           | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x $a_2$       | 3,750   | 1,40       | 5,250   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x $a_2$                       | 9,066   | 1,26       | 11,379  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x $a_2$   | 10,000  | 1,10       | 11,000  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 2,70m                             | 13,838  | 1,13       | 15,502  |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>           | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x $a_2$       | 3,750   | 1,40       | 5,250   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x $a_2$                       | 9,066   | 1,26       | 11,379  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x $a_2$   | 10,000  | 1,10       | 11,000  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.2 x 2,75m                             | 14,699  | 1,13       | 16,518  |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>           | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x $a_2$       | 3,750   | 1,40       | 5,250   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x $a_2$                       | 9,066   | 1,26       | 11,379  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x $a_2$   | 10,000  | 1,10       | 11,000  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.3 x 2,90m                             | 18,343  | 1,12       | 20,478  |
| $N_k =$  | 196,504 | 1,18       | 231,466 |

Przyjęta szerokość i głębokość posadowienia ławy:

$$B = 1,20 \text{ m}$$

$$D_{\min} = 1,05 \text{ m}$$

$$D = 3,30 \text{ m}$$

Obciążenia dodatkowe

|  |         | kN/m   | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|---------|--------|------------|--------|
| Obciążenie ławą żelbetową $B \times 0,40 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3$                   | $N_k =$ | 12,000 | 1,10       | 13,200 |
| Obciążenie gruntem $0,5(B - 0,24 \text{ m}) \times (D - 0,40 \text{ m}) \times \gamma_B^{(n)}$ | $N_G =$ | 25,056 | 1,20       | 30,067 |
| Obciążenie posadzką $0,5(B - 0,24 \text{ m}) \times 0,20 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3$   | $N_P =$ | 2,304  | 1,30       | 2,995  |
| Obciążenie użytkowe $0,5(B - 0,24 \text{ m}) \times 2,0 \text{ kN/m}^2$                        | $N_U =$ | 0,960  | 1,40       | 1,344  |

Obliczeniowa siła wypadkowa

$$N = N_{k0} + N_{L0} + N_{G0} + N_{P0} + N_{U0} = 279 \text{ kN/m}$$

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  $N_{G0}$

$$r_G = 0,5(B - 0,24 \text{ m})/2 + 0,12 \text{ m} = 0,360 \text{ m}$$

Ramię działania siły  $N_{P0}$

$$r_P = 0,5(B - 0,24 \text{ m})/2 + 0,12 \text{ m} = 0,360 \text{ m}$$

Ramię działania siły  $N_{U0}$

$$r_U = 0,5(B - 0,24 \text{ m})/2 + 0,12 \text{ m} = 0,360 \text{ m}$$

Moment działających sił względem środka ciężkości ławy

$$M = N_{k0} \times r_k + N_{L0} \times r_L + N_{G0} \times r_G - N_{P0} \times r_P - N_{U0} \times r_U = 9 \text{ kNm/m}$$

Mimośród działającej siły wypadkowej

$$e_B = M / N = 0,033 \text{ m} < B / 4 = 0,300 \text{ m}$$

Obliczeniowy opór graniczny gruntu

$$\bar{B} = B - 2e_B = 1,134 \text{ m} \quad \frac{\bar{B}}{L} = 0,00 \quad i_C = i_D = i_B = 1$$

$$\bar{L} = L = 1,000 \text{ m}$$

$$Q_{rNB} = \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_c c_u^{(r)} i_C + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_d \rho_d^{(r)} g D_{\min} i_D + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_b \rho_b^{(r)} g \bar{B} i_B \right] = 360,5 \text{ kN}$$

$$N_r = N \times L = 279,1 \text{ kN}$$

$$< m Q_{rNB} = 292,0 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_B}{B} \right) = 194,0 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_B}{B} \right) = 271,2 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,śr} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 232,6 \text{ kPa}$$

$$< m Q_{rNB} / BL = 243,3 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 271,2 \text{ kPa}$$

$$< 1,2 (m Q_{rNB} / BL) = 292,0 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

$$a = 0,5(B - 0,25) = 0,48 \text{ m}$$

$$q_{r0,kr} = \frac{(B - a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{B} + q_{r0,min} = 240,28 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 30,05 \text{ kNm}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

$$\text{Beton B-25 } f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$$

$$\text{wysokość przekroju } h = 0,40 \text{ m}$$

$$f_{ctk} = 1,5 \text{ MPa}$$

$$\text{szerokość przekroju } b = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Stal A-III 34GS } f_{yd} = 350 \text{ MPa}$$

$$\text{średnica zbrojenia } \phi = 12 \text{ mm}$$

$$\text{otulenie zbrojenia } c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$$

Klasa ekspozycji

$a_1$  i  $a_2 = 66 \text{ mm}$

$c_{\min} = 50 \text{ mm}$

użyteczna wysokość przekroju  $d = 0,334 \text{ m}$

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

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,020$$

$\Rightarrow$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,020$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,990$$

$\Rightarrow$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 2,597 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 12 \text{ mm}$

co  $30 \text{ cm}$

$$A_{s1,prov} = 3,770 \text{ cm}^2$$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne ławy przyjęto pręty  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS w rozstawie co  $30 \text{ cm}$ .

### Poz. 21.3 Ława fundamentowa pod ścianą zewnętrzną - podłużną przy wejściu

Na przedmiotową ławę będą działać następujące obciążenia na paśmie o szerokości:

- obciążenia z dachu  $a_1 = 3,70 \text{ m}$

- obciążenia ze stropów  $a_2 = 2,90 \text{ m}$

|  | kN/m    | $\gamma_f$ | kN/m    |
|--|---------|------------|---------|
| Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.1 x $a_1$  | 5,190   | 1,20       | 6,228   |
| Obciążenia zmienne dachu - wiatr Poz. 1.1.2 x $a_1$  | 0,350   | 1,51       | 0,525   |
| Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.3 x $a_1$  | 6,315   | 1,50       | 9,472   |
| Krokwie dachu $0,10 \text{ m} \times 0,18 \text{ m} \times 6 \text{ kN/m}^3 \times a_1 / 0,80 \text{ m}$ | 0,500   | 1,10       | 0,549   |
| Murlata $0,12 \text{ m} \times 0,12 \text{ m} \times 6 \text{ kN/m}^3$                                   | 0,086   | 1,10       | 0,095   |
| Obciążenie wieńcem $0,17 \text{ m} \times 0,24 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3$                       | 1,020   | 1,10       | 1,122   |
| Obciążenia użytkowe stropu (strych) Poz. 1.2.1 x $a_2$   | 1,450   | 1,40       | 2,030   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x $a_2$   | 3,300   | 1,27       | 4,188   |
| Obciążenie płytą stropowom $0,17 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 \times a_2$                          | 12,325  | 1,10       | 13,558  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x $2,70 \text{ m}$  | 13,838  | 1,13       | 15,502  |
| Obciążenie wieńcem $0,16 \text{ m} \times 0,24 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3$                       | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x $a_2$   | 4,350   | 1,40       | 6,090   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x $a_2$   | 10,517  | 1,26       | 13,199  |
| Obciążenie płytą stropowom $0,16 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 \times a_2$                          | 11,600  | 1,10       | 12,760  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x $2,70 \text{ m}$  | 13,838  | 1,13       | 15,502  |
| Obciążenie wieńcem $0,16 \text{ m} \times 0,24 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3$                       | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x $a_2$   | 4,350   | 1,40       | 6,090   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x $a_2$   | 10,517  | 1,26       | 13,199  |
| Obciążenie płytą stropowom $0,16 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 \times a_2$                          | 11,600  | 1,10       | 12,760  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x $2,70 \text{ m}$  | 13,838  | 1,13       | 15,502  |
| Obciążenie wieńcem $0,16 \text{ m} \times 0,24 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3$                       | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x $a_2$   | 4,350   | 1,40       | 6,090   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x $a_2$   | 10,517  | 1,26       | 13,199  |
| Obciążenie płytą stropowom $0,16 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 \times a_2$                          | 11,600  | 1,10       | 12,760  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.2 x $2,75 \text{ m}$  | 14,699  | 1,13       | 16,518  |
| Obciążenie wieńcem $0,16 \text{ m} \times 0,24 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3$                       | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x $a_2$   | 4,350   | 1,40       | 6,090   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x $a_2$   | 10,517  | 1,26       | 13,199  |
| Obciążenie płytą stropowom $0,16 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 \times a_2$                          | 11,600  | 1,10       | 12,760  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.3 x $2,40 \text{ m}$  | 15,180  | 1,12       | 16,948  |
| $N_k =$  | 211,635 | 1,19       | 250,159 |

Przyjęta szerokość i głębokość posadowienia ławy:

$B = 1,70 \text{ m}$

$D_{\min} = 0,55 \text{ m}$

$D = 2,80 \text{ m}$

Obciążenia dodatkowe

|  | kN/m           | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|----------------|------------|--------|
| Obciążenie ławą żelbetową $B \times 0,40 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3$ | $N_L = 17,000$ | 1,10       | 18,700 |

|  |                |      |        |
|--|----------------|------|--------|
| Obciążenie gruntem $0,5(B - 0,24m) \times (D - 0,40m) \times \gamma_B^{(n)}$ | $N_G = 31,536$ | 1,20 | 37,843 |
| Obciążenie posadzką $0,5(B - 0,24m) \times 0,20m \times 24kN/m^3$            | $N_P = 3,504$  | 1,30 | 4,555  |
| Obciążenie użytkowe $0,5(B - 0,24m) \times 2,0kN/m^2$                        | $N_U = 1,460$  | 1,40 | 2,044  |

$$\text{Obliczeniowa siła wypadkowa} \quad N = N_{k0} + N_{L0} + N_{G0} + N_{P0} + N_{U0} = 313 \text{ kN/m}$$

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 $N_{G0}$ | $r_G = 0,5(B-0,24m)/2 + 0,12m = 0,485 \text{ m}$ |
| Ramię działania siły $N_{P0}$ | $r_P = 0,5(B-0,24m)/2 + 0,12m = 0,485 \text{ m}$ |
| Ramię działania siły $N_{U0}$ | $r_U = 0,5(B-0,24m)/2 + 0,12m = 0,485 \text{ m}$ |

Moment działających sił względem środka ciężkości ławy

$$M = N_{k0} \times r_k + N_{L0} \times r_L + N_{G0} \times r_G - N_{P0} \times r_P - N_{U0} \times r_U = 15 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Mimośród działającej siły wypadkowej} \quad e_B = M / N = 0,048 \text{ m} < B / 4 = 0,425 \text{ m}$$

Obliczeniowy opór graniczny gruntu

$$\begin{aligned} \bar{B} &= B - 2e_B = 1,603 \text{ m} \\ \bar{L} &= L = 1,000 \text{ m} \\ \bar{B} &= 0,00 \\ i_C &= i_D = i_B = 1 \\ Q_{fNB} &= \bar{B}\bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_c c_u^{(r)} i_C + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_D + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_B \right] = 394,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_r = N \times L = 313,3 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 319,2 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$\begin{aligned} q_{r0,min} &= \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_B}{B} \right) = 152,8 \text{ kPa} & q_{r0,max} &= \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_B}{B} \right) = 215,8 \text{ kPa} \\ q_{r0,sr} &= (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 184,3 \text{ kPa} & & < m Q_{fNB} / BL = 187,8 \text{ kPa} \\ q_{r0,max} &= 215,8 \text{ kPa} & & < 1,2 (m Q_{fNB} / BL) = 225,3 \text{ kPa} \end{aligned}$$

warunki normowe spełnione

$$a = 0,5(B - 0,25) = 0,73 \text{ m} \quad q_{r0,kr} = \frac{(B-a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{B} + q_{r0,min} = 188,74 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 55,09 \text{ kNm}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|  |   |
|--|---|
| Beton B-25 $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$     | wysokość przekroju $h = 0,40 \text{ m}$                           |
| $f_{ctk} = 1,5 \text{ MPa}$                | szerokość przekroju $b = 1,00 \text{ m}$                          |
| Stal A-III 34GS $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$ | średnica zbrojenia $\phi = 12 \text{ mm}$                         |
|  | otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$ |
|  | $a_1$ i $a_2 = 66 \text{ mm}$                                     |
|  | użyteczna wysokość przekroju $d = 0,334 \text{ m}$                |
|  | $c_{min} = 50 \text{ mm}$   |
|  | $\Delta c = 10 \text{ mm}$  |

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,037 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,038$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,981 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 4,803 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 12 \text{ mm}$  co 20 cm o  $A_{s1,prov} = 5,655 \text{ cm}^2$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne ławy przyjęto pręty  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS w rozstawie co 20cm.

#### Poz. 21.4 Ławy fundamentowe pod ścianami zewnętrznymi - szczytowymi

Na przedmiotową ławę będą działać następujące obciążenia na paśmie o szerokości:  $a = 3,25 \text{ m}$

|  | kN/m           | $\gamma_f$  | kN/m           |
|--|----------------|-------------|----------------|
| Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.3 x 0,64m        | 1,092          | 1,50        | 1,638          |
| Obciążenie wieńcem 0,20m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 1,200          | 1,10        | 1,320          |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 2,00m                       | 10,250         | 1,13        | 11,483         |
| Obciążenie wieńcem 0,17m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 1,020          | 1,10        | 1,122          |
| Obciążenia użytkowe stropu (strych) Poz. 1.2.1 x a         | 1,625          | 1,40        | 2,275          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x a                     | 3,699          | 1,27        | 4,693          |
| Obciążenie płytą stropowom 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 13,813         | 1,10        | 15,194         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 2,70m                       | 13,838         | 1,13        | 15,502         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 0,960          | 1,10        | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a     | 4,875          | 1,40        | 6,825          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                     | 11,786         | 1,26        | 14,792         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 13,000         | 1,10        | 14,300         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 2,70m                       | 13,838         | 1,13        | 15,502         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 0,960          | 1,10        | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a     | 4,875          | 1,40        | 6,825          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                     | 11,786         | 1,26        | 14,792         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 13,000         | 1,10        | 14,300         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.1 x 2,70m                       | 13,838         | 1,13        | 15,502         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 0,960          | 1,10        | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a     | 4,875          | 1,40        | 6,825          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                     | 11,786         | 1,26        | 14,792         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 13,000         | 1,10        | 14,300         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.2 x 2,75m                       | 14,699         | 1,13        | 16,518         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 0,960          | 1,10        | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a     | 4,875          | 1,40        | 6,825          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                     | 11,786         | 1,26        | 14,792         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 13,000         | 1,10        | 14,300         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.3 x 2,40m                       | 15,180         | 1,12        | 16,948         |
| <b><math>N_k =</math></b>                                  | <b>226,575</b> | <b>1,18</b> | <b>265,589</b> |

Przyjęta szerokość i głębokość posadowienia ławy:

$B = 1,80 \text{ m}$

$D_{min} = 0,55 \text{ m}$

$D = 2,80 \text{ m}$

#### Obciążenia dodatkowe

|  | kN/m   | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|--------|------------|--------|
| Obciążenie ławą żelbetową B x 0,40m x 25kN/m <sup>3</sup> $N_L =$          | 18,000 | 1,10       | 19,800 |
| Obciążenie gruntem 0,5(B - 0,24m) x (D - 0,40m) x $\gamma_B^{(n)}$ $N_G =$ | 33,696 | 1,20       | 40,435 |
| Obciążenie posadzką 0,5(B - 0,24m) x 0,20m x 24kN/m <sup>3</sup> $N_P =$   | 3,744  | 1,30       | 4,867  |
| Obciążenie użytkowe 0,5(B - 0,24m) x 2,0kN/m <sup>2</sup> $N_U =$          | 1,560  | 1,40       | 2,184  |

Obliczeniowa siła wypadkowa

$$N = N_{k0} + N_{L0} + N_{G0} + N_{P0} + N_{U0} = 333 \text{ kN/m}$$

#### 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  $N_{G0}$

$$r_G = 0,5(B-0,24m)/2 + 0,12m = 0,510 \text{ m}$$

Ramię działania siły  $N_{P0}$

$$r_P = 0,5(B-0,24m)/2 + 0,12m = 0,510 \text{ m}$$

Ramię działania siły  $N_{U0}$

$$r_U = 0,5(B-0,24m)/2 + 0,12m = 0,510 \text{ m}$$

Moment działających sił względem środka ciężkości ławy

$$M = N_{k0} \times r_k + N_{\ell 0} \times r_{\ell} + N_{G0} \times r_G - N_{P0} \times r_P - N_{U0} \times r_U = 17 \text{ kNm/m}$$

Mimośród działającej siły wypadkowej

$$e_B = M / N = 0,051 \text{ m} < B / 4 = 0,450 \text{ m}$$

Obliczeniowy opór graniczny gruntu

$$\begin{aligned} \bar{B} &= B - 2e_B = 1,698 \text{ m} & \frac{\bar{B}}{L} &= 0,00 & i_C &= i_D = i_B = 1 \\ \bar{L} &= L = 1,000 \text{ m} \\ Q_{rNB} &= \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_c c_u^{(r)} i_C + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_b \rho_b^{(r)} g D_{min} i_D + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_b \rho_b^{(r)} g \bar{B} i_B \right] = 429,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_r = N \times L = 332,9 \text{ kN}$$

$$< m Q_{rNB} = 348,2 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_B}{B} \right) = 153,4 \text{ kPa} \quad q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_B}{B} \right) = 216,5 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,sr} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 184,9 \text{ kPa} < m Q_{rNB} / BL = 193,4 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 216,5 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{rNB} / BL) = 232,1 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

$$a = 0,5(B - 0,25) = 0,78 \text{ m} \quad q_{r0,kr} = \frac{(B-a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{B} + q_{r0,min} = 189,13 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 63,08 \text{ kNm}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$

$f_{ctk} = 1,5 \text{ MPa}$

Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$

wysokość przekroju  $h = 0,40 \text{ m}$

szerokość przekroju  $b = 1,00 \text{ m}$

średnica zbrojenia  $\phi = 12 \text{ mm}$

otulenie zbrojenia  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$

$a_1$  i  $a_2 = 66 \text{ mm}$

użyteczna wysokość przekroju  $d = 0,334 \text{ m}$

Klasa ekspozycji

$c_{min} = 50 \text{ mm}$

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

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,043$$

$$\Rightarrow \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,043$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,978$$

$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 5,516 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 12 \text{ mm}$

$$\text{co } 20 \text{ cm} \quad \text{o} \quad A_{s1,prov} = 5,655 \text{ cm}^2$$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne ławy przyjęto pręty  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS w rozstawie co 20cm.

## Poz. 21.5 Ławy fundamentowe pod ścianami wewnętrznymi - podłużne zewnętrzne

Na przedmiotową ławę będą działać następujące obciążenia na paśmie o szerokości:  $a = 5,55 \text{ m}$

|  | kN/m  | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|-------|------------|--------|
| Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.1 x a                        | 7,785 | 1,20       | 9,342  |
| Obciążenia zmienne dachu - wiatr Poz. 1.1.2 x a              | 0,524 | 1,51       | 0,788  |
| Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.3 x a              | 9,472 | 1,50       | 14,208 |
| Krokwie dachu 0,10m x 0,18m x 6kN/m <sup>3</sup> x a / 0,80m | 0,749 | 1,10       | 0,824  |
| Obciążenie wieńcem 0,17m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 1,020 | 1,10       | 1,122  |

|  |                |             |                |
|--|----------------|-------------|----------------|
| Obciążenia użytkowe stropu (strych) Poz. 1.2.1 x a         | 2,775          | 1,40        | 3,885          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x a                     | 6,316          | 1,27        | 8,015          |
| Obciążenie płytą stropowom 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 23,588         | 1,10        | 25,946         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                       | 13,851         | 1,13        | 15,544         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 0,960          | 1,10        | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a     | 8,325          | 1,40        | 11,655         |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                     | 20,128         | 1,26        | 25,260         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 22,200         | 1,10        | 24,420         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                       | 13,851         | 1,13        | 15,544         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 0,960          | 1,10        | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a     | 8,325          | 1,40        | 11,655         |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                     | 20,128         | 1,26        | 25,260         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 22,200         | 1,10        | 24,420         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                       | 13,851         | 1,13        | 15,544         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 0,960          | 1,10        | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a     | 8,325          | 1,40        | 11,655         |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                     | 20,128         | 1,26        | 25,260         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 24,400         | 1,10        | 26,840         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,75m                       | 14,108         | 1,13        | 15,832         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 0,960          | 1,10        | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a     | 8,325          | 1,40        | 11,655         |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                     | 20,128         | 1,26        | 25,260         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 22,200         | 1,10        | 24,420         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.5 x 2,40m                       | 15,192         | 1,12        | 16,985         |
| <b>N<sub>k</sub> =</b>                                     | <b>331,732</b> | <b>1,20</b> | <b>395,563</b> |

Przyjęta szerokość i głębokość posadowienia ławy:

$$B = 2,00 \text{ m}$$

$$D_{\min} = 0,55 \text{ m}$$

$$D = 0,55 \text{ m}$$

Obciążenia dodatkowe

|   | kN/m                    | $\gamma_f$ | kN/m   |
|---|-------------------------|------------|--------|
| Obciążenie ławą żelbetową B x 0,40m x 25kN/m <sup>3</sup>     | N <sub>L</sub> = 20,000 | 1,10       | 22,000 |
| Obciążenie posadzką (B - 0,24m) x 0,20m x 24kN/m <sup>3</sup> | N <sub>P</sub> = 8,448  | 1,30       | 10,982 |
| Obciążenie użytkowe (B - 0,24m) x 2,0kN/m <sup>2</sup>        | N <sub>U</sub> = 3,520  | 1,40       | 4,928  |

Obliczeniowa siła wypadkowa

$$N = N_{k0} + N_{L0} + N_{P0} + N_{U0} = 433 \text{ kN/m}$$

Mimośród siły wypadkowej

Ramię działania poszczególnych sił względem środka ciężkości ławy:

|                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Ramię działania siły N <sub>k0</sub> | r <sub>k</sub> = 0,000 m |
| Ramię działania siły N <sub>L0</sub> | r <sub>L</sub> = 0,000 m |
| Ramię działania siły N <sub>P0</sub> | r <sub>P</sub> = 0,000 m |
| Ramię działania siły N <sub>U0</sub> | r <sub>U</sub> = 0,000 m |

Moment działających sił względem środka ciężkości ławy

$$M = N_{k0} \times r_k + N_{L0} \times r_L - N_{P0} \times r_P - N_{U0} \times r_U = 0 \text{ kNm/m}$$

Mimośród działającej siły wypadkowej

$$e_B = M / N = 0,000 \text{ m} < B / 4 = 0,500 \text{ m}$$

Obliczeniowy opór graniczny gruntu

$$\begin{aligned} \bar{B} &= B - 2e_B = 2,000 \text{ m} \\ \bar{L} &= L = 1,000 \text{ m} \\ \bar{B} &= 0,00 \\ i_c &= i_D = i_B = 1 \\ Q_{fNB} &= \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_c c_u^{(r)} i_c + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{mn} i_D + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_B \right] = 553,9 \text{ kN} \\ N_r &= N \times L = 433,5 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 448,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

#### Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_B}{B} \right) = 216,7 \text{ kPa} \quad q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_B}{B} \right) = 216,7 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,śr} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 216,7 \text{ kPa} < m Q_{fNB} / BL = 224,3 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 216,7 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNB} / BL) = 269,2 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

$$a = 0,5(B - 0,25) = 0,88 \text{ m} \quad q_{r0,kr} = \frac{(B-a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{B} + q_{r0,min} = 216,74 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 83,92 \text{ kNm}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$  wysokość przekroju  $h = 0,40 \text{ m}$   
 $f_{ctk} = 1,5 \text{ MPa}$  szerokość przekroju  $b = 1,00 \text{ m}$   
 Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$  średnica zbrojenia  $\phi = 12 \text{ mm}$

otulenie zbrojenia  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$

$a_1$  i  $a_2 = 66 \text{ mm}$

Klasa ekspozycji

$c_{min} = 50 \text{ mm}$

użyteczna wysokość przekroju  $d = 0,334 \text{ m}$

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

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,057 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,058$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,971 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 7,394 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm} \quad \text{co } 15 \text{ cm} \quad \text{o} \quad A_{s1,prov} = 7,540 \text{ cm}^2$$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne ławy przyjęto pręty  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS w rozstawie co 15cm.

#### Poz. 21.6 Ławy fundamentowe pod ścianami wewnętrznymi - podłużne środkowe

Na przedmiotową ławę będą działać następujące obciążenia na paśmie o szerokości:  $a = 2,70 \text{ m}$

|  | kN/m   | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|--------|------------|--------|
| Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.1 x a                        | 3,787  | 1,20       | 4,545  |
| Obciążenia zmienne dachu - wiatr Poz. 1.1.2 x a              | 0,255  | 1,51       | 0,383  |
| Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.3 x a              | 4,608  | 1,50       | 6,912  |
| Krokwie dachu 0,10m x 0,18m x 6kN/m <sup>3</sup> x a / 0,80m | 0,365  | 1,10       | 0,401  |
| Obciążenie wieńcem 0,17m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 1,020  | 1,10       | 1,122  |
| Obciążenia użytkowe stropu (strych) Poz. 1.2.1 x a           | 1,350  | 1,40       | 1,890  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x a                       | 3,073  | 1,27       | 3,899  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 11,475 | 1,10       | 12,623 |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                         | 13,851 | 1,13       | 15,544 |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 0,960  | 1,10       | 1,056  |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a       | 4,050  | 1,40       | 5,670  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                       | 9,792  | 1,26       | 12,289 |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 10,800 | 1,10       | 11,880 |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                         | 13,851 | 1,13       | 15,544 |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 0,960  | 1,10       | 1,056  |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a       | 4,050  | 1,40       | 5,670  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                       | 9,792  | 1,26       | 12,289 |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 10,800 | 1,10       | 11,880 |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                         | 13,851 | 1,13       | 15,544 |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 0,960  | 1,10       | 1,056  |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a       | 4,050  | 1,40       | 5,670  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                       | 9,792  | 1,26       | 12,289 |

|  |         |      |         |
|--|---------|------|---------|
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 24,400  | 1,10 | 26,840  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,75m                       | 14,108  | 1,13 | 15,832  |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 0,960   | 1,10 | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a     | 4,050   | 1,40 | 5,670   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                     | 9,792   | 1,26 | 12,289  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 10,800  | 1,10 | 11,880  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.5 x 2,90m                       | 18,357  | 1,12 | 20,523  |
| $N_k =$  | 215,957 | 1,18 | 253,300 |

Przyjęta szerokość i głębokość posadowienia ławy:

$$B = 1,20 \text{ m} \quad D_{\min} = 1,05 \text{ m} \quad D = 1,05 \text{ m}$$

Obciążenia dodatkowe

|   | kN/m           | $\gamma_f$ | kN/m   |
|---|----------------|------------|--------|
| Obciążenie ławą żelbetową B x 0,40m x 25kN/m <sup>3</sup>     | $N_L = 12,000$ | 1,10       | 13,200 |
| Obciążenie posadzką (B - 0,24m) x 0,20m x 24kN/m <sup>3</sup> | $N_P = 4,608$  | 1,30       | 5,990  |
| Obciążenie użytkowe (B - 0,24m) x 2,0kN/m <sup>2</sup>        | $N_U = 1,920$  | 1,40       | 2,688  |

$$\text{Obliczeniowa siła wypadkowa} \quad N = N_{k0} + N_{L0} + N_{P0} + N_{U0} = 275 \text{ kN/m}$$

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 $N_{P0}$ | $r_P = 0,000 \text{ m}$ |
| Ramię działania siły $N_{U0}$ | $r_U = 0,000 \text{ m}$ |

Moment działających sił względem środka ciężkości ławy

$$M = N_{k0} \times r_k + N_{L0} \times r_L - N_{P0} \times r_P - N_{U0} \times r_U = 0 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Mimośród działającej siły wypadkowej} \quad e_B = M / N = 0,000 \text{ m} < B / 4 = 0,300 \text{ m}$$

Obliczeniowy opór graniczny gruntu

$$\begin{aligned} \bar{B} &= B - 2e_B = 1,200 \text{ m} & \frac{\bar{B}}{L} &= 0,00 & i_C = i_D = i_B &= 1 \\ \bar{L} &= L = 1,000 \text{ m} \\ Q_{rNB} &= \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_c c_u^{(r)} i_C + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{mn} i_D + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_B \right] = 387,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_r = N \times L = 275,2 \text{ kN} < m Q_{rNB} = 314,2 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$\begin{aligned} q_{r0,min} &= \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_B}{B} \right) = 229,3 \text{ kPa} & q_{r0,max} &= \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_B}{B} \right) = 229,3 \text{ kPa} \\ q_{r0,sr} &= (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 229,3 \text{ kPa} & & < m Q_{rNB} / BL = 261,8 \text{ kPa} \\ q_{r0,max} &= 229,3 \text{ kPa} & & < 1,2 (m Q_{rNB} / BL) = 314,2 \text{ kPa} \end{aligned}$$

warunki normowe spełnione

$$a = 0,5(B - 0,25) = 0,48 \text{ m} \quad q_{r0,kr} = \frac{(B - a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{B} + q_{r0,min} = 229,32 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 26,42 \text{ kNm}$$

# Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|                  |  |   |
|------------------|--|---|
| Beton B-25       | $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$                      | wysokość przekroju $h = 0,40 \text{ m}$                             |
|                  | $f_{ctk} = 1,5 \text{ MPa}$                      | szerokość przekroju $b = 1,00 \text{ m}$                            |
| Stal A-III 34GS  | $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$                       | średnica zbrojenia $\phi = 12 \text{ mm}$                           |
| Klasa ekspozycji | $c_{min} = 50 \text{ mm}$                        | otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$   |
|                  | $\Delta c = 10 \text{ mm}$                       | $a_1 \text{ i } a_2 = 66 \text{ mm}$                                |
|                  |  | użyteczna wysokość przekroju $d = 0,334 \text{ m}$                  |
|                  | $\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,018$ | $\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,018$                     |
|                  | $\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,991$         | $A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 2,280 \text{ cm}^2$ |
|                  | przyjęto $\phi = 12 \text{ mm}$                  | co 30 cm o $A_{s1,prov} = 3,770 \text{ cm}^2$                       |

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne ławy przyjęto pręty  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS w rozstawie co 30cm.

## Poz. 21.7 Ławy fundamentowe pod ścianami wewnętrznymi - podłużne środkowe

Na przedmiotową ławę będą działać następujące obciążenia na paśmie o szerokości:  $a = 3,55 \text{ m}$

|  | kN/m    | $\gamma_f$ | kN/m    |
|--|---------|------------|---------|
| Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.1 x a                        | 4,979   | 1,20       | 5,975   |
| Obciążenia zmienne dachu - wiatr Poz. 1.1.2 x a              | 0,335   | 1,51       | 0,504   |
| Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.3 x a              | 6,059   | 1,50       | 9,088   |
| Krokwie dachu 0,10m x 0,18m x 6kN/m <sup>3</sup> x a / 0,80m | 0,479   | 1,10       | 0,527   |
| Obciążenie wieńcem 0,17m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 1,020   | 1,10       | 1,122   |
| Obciążenia użytkowe stropu (strych) Poz. 1.2.1 x a           | 1,775   | 1,40       | 2,485   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x a                       | 4,040   | 1,27       | 5,127   |
| Obciążenie płytą stropowom 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 15,088  | 1,10       | 16,596  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                         | 13,851  | 1,13       | 15,544  |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a       | 5,325   | 1,40       | 7,455   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                       | 12,874  | 1,26       | 16,157  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 14,200  | 1,10       | 15,620  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                         | 13,851  | 1,13       | 15,544  |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a       | 5,325   | 1,40       | 7,455   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                       | 12,874  | 1,26       | 16,157  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 14,200  | 1,10       | 15,620  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                         | 13,851  | 1,13       | 15,544  |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a       | 5,325   | 1,40       | 7,455   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                       | 12,874  | 1,26       | 16,157  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 14,200  | 1,10       | 15,620  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,75m                         | 14,108  | 1,13       | 15,832  |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a       | 5,325   | 1,40       | 7,455   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                       | 12,874  | 1,26       | 16,157  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 14,200  | 1,10       | 15,620  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.5 x 2,90m                         | 18,357  | 1,12       | 20,523  |
| $N_k =$  | 251,430 | 1,19       | 296,785 |

Przyjęta szerokość i głębokość posadowienia ławy:

$$B = 1,40 \text{ m} \quad D_{min} = 1,05 \text{ m} \quad D = 1,05 \text{ m}$$

## Obciążenia dodatkowe

|   | kN/m           | $\gamma_f$ | kN/m   |
|---|----------------|------------|--------|
| Obciążenie ławą żelbetową B x 0,40m x 25kN/m <sup>3</sup> | $N_L = 14,000$ | 1,10       | 15,400 |

|   |                  |       |      |       |
|---|------------------|-------|------|-------|
| Obciążenie posadzką (B - 0,24m) x 0,20m x 24kN/m <sup>3</sup> | N <sub>P</sub> = | 5,568 | 1,30 | 7,238 |
| Obciążenie użytkowe (B - 0,24m) x 2,0kN/m <sup>2</sup>        | N <sub>U</sub> = | 2,320 | 1,40 | 3,248 |

$$N = N_{k0} + N_{L0} + N_{P0} + N_{U0} = 323 \text{ kN/m}$$

#### Mimośród siły wypadkowej

Ramię działania poszczególnych sił względem środka ciężkości ławy:

|                                      |                  |         |
|--------------------------------------|------------------|---------|
| Ramię działania siły N <sub>k0</sub> | r <sub>k</sub> = | 0,000 m |
| Ramię działania siły N <sub>L0</sub> | r <sub>L</sub> = | 0,000 m |
| Ramię działania siły N <sub>P0</sub> | r <sub>P</sub> = | 0,000 m |
| Ramię działania siły N <sub>U0</sub> | r <sub>U</sub> = | 0,000 m |

Moment działających sił względem środka ciężkości ławy

$$M = N_{k0} \times r_k + N_{L0} \times r_L - N_{P0} \times r_P - N_{U0} \times r_U = 0 \text{ kNm/m}$$

$$e_B = M / N = 0,000 \text{ m} < B / 4 = 0,350 \text{ m}$$

#### Obliczeniowy opór graniczny gruntu

$$\begin{aligned} \bar{B} &= B - 2e_B = 1,400 \text{ m} & \frac{\bar{B}}{L} &= 0,00 & i_C = i_D = i_B &= 1 \\ \bar{L} &= L = 1,000 \text{ m} \\ Q_{fNB} &= \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_c c_u^{(r)} i_C + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_D + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_B \right] = 474,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_r = N \times L = 322,7 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 384,3 \text{ kN}$$

#### Sprawdzenie naprężeń

$$\begin{aligned} q_{r0,min} &= \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_B}{B} \right) = 230,5 \text{ kPa} & q_{r0,max} &= \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_B}{B} \right) = 230,5 \text{ kPa} \\ q_{r0,sr} &= (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 230,5 \text{ kPa} & & < m Q_{fNB} / BL = 274,5 \text{ kPa} \\ q_{r0,max} &= 230,5 \text{ kPa} & & < 1,2 (m Q_{fNB} / BL) = 329,4 \text{ kPa} \end{aligned}$$

warunki normowe spełnione

$$a = 0,5(B - 0,25) = 0,58 \text{ m} \quad q_{r0,kr} = \frac{(B - a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{B} + q_{r0,min} = 230,48 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 38,77 \text{ kNm}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| Beton B-25 f <sub>cd</sub> = 13,3 MPa     | wysokość przekroju h = 0,40 m  |
| f <sub>ctk</sub> = 1,5 MPa                | szerokość przekroju b = 1,00 m |
| Stal A-III 34GS f <sub>yd</sub> = 350 MPa | średnica zbrojenia φ = 12 mm   |

Klasa ekspozycji

$$\begin{aligned} c_{min} &= 50 \text{ mm} & \text{otulenie zbrojenia } c_{nom} &= c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm} \\ \Delta c &= 10 \text{ mm} & a_1 \text{ i } a_2 &= 66 \text{ mm} \end{aligned}$$

użyteczna wysokość przekroju d = 0,334 m

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,026 \Rightarrow \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,026$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\zeta_{eff} = 0,987 \Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 3,361 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm} \quad \text{co } 30 \text{ cm} \quad \text{o} \quad A_{s1,prov} = 3,770 \text{ cm}^2$$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne ławy przyjęto pręty  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS w rozstawie co 30cm.

#### Poz. 21.8 Ławy fundamentowe pod ścianami wewnętrznymi - podłużne środkowe

Na przedmiotową ławę będą działać następujące obciążenia na paśmie o szerokości:  **$a = 2,85 \text{ m}$**

|  | kN/m           | $\gamma_f$  | kN/m           |
|--|----------------|-------------|----------------|
| Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.1 x a                        | 3,998          | 1,20        | 4,797          |
| Obciążenia zmienne dachu - wiatr Poz. 1.1.2 x a              | 0,269          | 1,51        | 0,405          |
| Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.3 x a              | 4,864          | 1,50        | 7,296          |
| Krokwie dachu 0,10m x 0,18m x 6kN/m <sup>3</sup> x a / 0,80m | 0,385          | <b>1,10</b> | 0,423          |
| Obciążenie wieńcem 0,17m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 1,020          | <b>1,10</b> | 1,122          |
| Obciążenia użytkowe stropu (strych) Poz. 1.2.1 x a           | 1,425          | 1,40        | 1,995          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x a                       | 3,243          | 1,27        | 4,116          |
| Obciążenie płytą stropowom 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 12,113         | <b>1,10</b> | 13,324         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                         | 13,851         | 1,13        | 15,544         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 0,960          | <b>1,10</b> | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a       | 4,275          | 1,40        | 5,985          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                       | 10,336         | 1,26        | 12,971         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 11,400         | <b>1,10</b> | 12,540         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                         | 13,851         | 1,13        | 15,544         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 0,960          | <b>1,10</b> | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a       | 4,275          | 1,40        | 5,985          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                       | 10,336         | 1,26        | 12,971         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 11,400         | <b>1,10</b> | 12,540         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                         | 13,851         | 1,13        | 15,544         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 0,960          | <b>1,10</b> | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a       | 4,275          | 1,40        | 5,985          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                       | 10,336         | 1,26        | 12,971         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 24,400         | <b>1,10</b> | 26,840         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,75m                         | 14,108         | 1,13        | 15,832         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 0,960          | <b>1,10</b> | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a       | 4,275          | 1,40        | 5,985          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                       | 10,336         | 1,26        | 12,971         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 11,400         | <b>1,10</b> | 12,540         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.5 x 2,40m                         | 15,192         | 1,12        | 16,985         |
| <b><math>N_k =</math></b>                                    | <b>219,052</b> | <b>1,18</b> | <b>257,436</b> |

Przyjęta szerokość i głębokość posadowienia ławy:

$$B = 1,50 \text{ m}$$

$$D_{\min} = 0,55 \text{ m}$$

$$D = 0,55 \text{ m}$$

#### Obciążenia dodatkowe

|   | kN/m           | $\gamma_f$  | kN/m   |
|---|----------------|-------------|--------|
| Obciążenie ławą żelbetową B x 0,40m x 25kN/m <sup>3</sup>     | $N_L = 15,000$ | <b>1,10</b> | 16,500 |
| Obciążenie posadzką (B - 0,24m) x 0,20m x 24kN/m <sup>3</sup> | $N_P = 6,048$  | <b>1,30</b> | 7,862  |
| Obciążenie użytkowe (B - 0,24m) x 2,0kN/m <sup>2</sup>        | $N_U = 2,520$  | <b>1,40</b> | 3,528  |

Obliczeniowa siła wypadkowa

$$N = N_{k0} + N_{L0} + N_{P0} + N_{U0} = 285 \text{ kN/m}$$

#### 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 $N_{P0}$ | $r_P = 0,000 \text{ m}$ |
| Ramię działania siły $N_{U0}$ | $r_U = 0,000 \text{ m}$ |

Moment działających sił względem środka ciężkości ławy

$$M = N_{k0} \times r_k + N_{k0} \times r_k - N_{p0} \times r_p - N_{u0} \times r_u = 0 \text{ kNm/m}$$

Mimośród działającej siły wypadkowej

$$e_B = M / N = 0,000 \text{ m} < B / 4 = 0,375 \text{ m}$$

Obliczeniowy opór graniczny gruntu

$$\begin{aligned} \bar{B} &= B - 2e_B = 1,500 \text{ m} & \frac{\bar{B}}{L} &= 0,00 & i_C = i_D = i_B &= 1 \\ \bar{L} &= L = 1,000 \text{ m} \\ Q_{rNB} &= \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_c c_u^{(r)} i_C + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_d \rho_d^{(r)} g D_{mn} i_D + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_b \rho_b^{(r)} g \bar{B} i_B \right] = 356,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_r = N \times L = 285,3 \text{ kN} < m Q_{rNB} = 288,8 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$\begin{aligned} q_{r0,min} &= \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_B}{B} \right) = 190,2 \text{ kPa} & q_{r0,max} &= \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_B}{B} \right) = 190,2 \text{ kPa} \\ q_{r0,śr} &= (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 190,2 \text{ kPa} & & < m Q_{rNB} / BL = 192,5 \text{ kPa} \\ q_{r0,max} &= 190,2 \text{ kPa} & & < 1,2 (m Q_{rNB} / BL) = 231,0 \text{ kPa} \end{aligned}$$

warunki normowe spełnione

$$a = 0,5(B - 0,25) = 0,63 \text{ m} \quad q_{r0,kr} = \frac{(B - a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{B} + q_{r0,min} = 190,22 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 37,75 \text{ kNm}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$   
 $f_{ctk} = 1,5 \text{ MPa}$   
 Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$

wysokość przekroju  $h = 0,40 \text{ m}$   
 szerokość przekroju  $b = 1,00 \text{ m}$   
 średnica zbrojenia  $\phi = 12 \text{ mm}$   
 otulenie zbrojenia  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$   
 $a_1$  i  $a_2 = 66 \text{ mm}$   
 użyteczna wysokość przekroju  $d = 0,334 \text{ m}$

Klasa ekspozycji

$c_{min} = 50 \text{ mm}$   
 $\Delta c = 10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \mu_{eff} &= \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,025 & \Rightarrow & \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,026 \\ \zeta_{eff} &= 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,987 & \Rightarrow & A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 3,271 \text{ cm}^2 \\ & & & \text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm} \quad \text{co } 30 \text{ cm} \quad \text{o} \quad A_{s1,prov} = 3,770 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne ławy przyjęto pręty  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS w rozstawie co 30cm.

## Poz. 21.9 Ławy fundamentowe pod ścianami wewnętrznymi - poprzeczna górna

Na przedmiotową ławę będą działać następujące obciążenia na paśmie o szerokości:  $a = 4,35 \text{ m}$

|  | kN/m  | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|-------|------------|--------|
| Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.1 x a                        | 6,102 | 1,20       | 7,322  |
| Obciążenia zmienne dachu - wiatr Poz. 1.1.2 x a              | 0,411 | 1,51       | 0,618  |
| Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.3 x a              | 7,424 | 1,50       | 11,136 |
| Krokwie dachu 0,10m x 0,18m x 6kN/m <sup>3</sup> x a / 0,80m | 0,587 | 1,10       | 0,646  |
| Obciążenie wieńcem 0,17m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 1,020 | 1,10       | 1,122  |
| Obciążenia użytkowe stropu (strych) Poz. 1.2.1 x a           | 2,175 | 1,40       | 3,045  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x a                       | 4,950 | 1,27       | 6,282  |

|  |                |             |                |
|--|----------------|-------------|----------------|
| Obciążenie płytą stropowom 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 18,488         | 1,10        | 20,336         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                       | 13,851         | 1,13        | 15,544         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 0,960          | 1,10        | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a     | 6,525          | 1,40        | 9,135          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                     | 15,776         | 1,26        | 19,799         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 17,400         | 1,10        | 19,140         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                       | 13,851         | 1,13        | 15,544         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 0,960          | 1,10        | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a     | 6,525          | 1,40        | 9,135          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                     | 15,776         | 1,26        | 19,799         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 17,400         | 1,10        | 19,140         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                       | 13,851         | 1,13        | 15,544         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 0,960          | 1,10        | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a     | 6,525          | 1,40        | 9,135          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                     | 15,776         | 1,26        | 19,799         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 24,400         | 1,10        | 26,840         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,75m                       | 14,108         | 1,13        | 15,832         |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 0,960          | 1,10        | 1,056          |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a     | 6,525          | 1,40        | 9,135          |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                     | 15,776         | 1,26        | 19,799         |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 17,400         | 1,10        | 19,140         |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.5 x 2,90m                       | 18,357         | 1,12        | 20,523         |
| <b>N<sub>k</sub> =</b>                                     | <b>284,817</b> | <b>1,19</b> | <b>337,712</b> |

Przyjęta szerokość i głębokość posadowienia ławy:

$$B = 1,40 \text{ m}$$

$$D_{\min} = 1,05 \text{ m}$$

$$D = 1,05 \text{ m}$$

#### Obciążenia dodatkowe

|   | kN/m                    | $\gamma_f$ | kN/m   |
|---|-------------------------|------------|--------|
| Obciążenie ławą żelbetową B x 0,40m x 25kN/m <sup>3</sup>     | N <sub>k</sub> = 14,000 | 1,10       | 15,400 |
| Obciążenie posadzką (B - 0,24m) x 0,20m x 24kN/m <sup>3</sup> | N <sub>p</sub> = 5,568  | 1,30       | 7,238  |
| Obciążenie użytkowe (B - 0,24m) x 2,0kN/m <sup>2</sup>        | N <sub>u</sub> = 2,320  | 1,40       | 3,248  |

Obliczeniowa siła wypadkowa

$$N = N_{k0} + N_{L0} + N_{P0} + N_{U0} = 364 \text{ kN/m}$$

#### Mimośród siły wypadkowej

Ramię działania poszczególnych sił względem środka ciężkości ławy:

Ramię działania siły N<sub>k0</sub>

$$r_k = 0,000 \text{ m}$$

Ramię działania siły N<sub>L0</sub>

$$r_L = 0,000 \text{ m}$$

Ramię działania siły N<sub>P0</sub>

$$r_P = 0,000 \text{ m}$$

Ramię działania siły N<sub>U0</sub>

$$r_U = 0,000 \text{ m}$$

Moment działających sił względem środka ciężkości ławy

$$M = N_{k0} \times r_k + N_{L0} \times r_L - N_{P0} \times r_P - N_{U0} \times r_U = 0 \text{ kNm/m}$$

Mimośród działającej siły wypadkowej

$$e_B = M / N = 0,000 \text{ m} < B / 4 = 0,350 \text{ m}$$

Obliczeniowy opór graniczny gruntu

$$\begin{aligned} \bar{B} &= B - 2e_B = 1,400 \text{ m} \\ \bar{L} &= L = 1,000 \text{ m} \\ \frac{\bar{B}}{\bar{L}} &= 0,00 \\ i_C &= i_D = i_B = 1 \\ Q_{fNB} &= \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_c c_u^{(r)} i_C + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_b \rho_b^{(r)} g D_{mn} i_D + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_b \rho_b^{(r)} g \bar{B} i_B \right] = 474,5 \text{ kN} \\ N_r &= N \times L = 363,6 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 384,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

#### Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_B}{B} \right) = 259,7 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_B}{B} \right) = 259,7 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,sr} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 259,7 \text{ kPa}$$

$$< m Q_{fNB} / BL = 274,5 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 259,7 \text{ kPa}$$

$$< 1,2 (m Q_{fNB} / BL) = 329,4 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

$$a = 0,5(B - 0,25) = 0,58 \text{ m}$$

$$q_{r0,kr} = \frac{(B-a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{B} + q_{r0,min} = 259,71 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 43,68 \text{ kNm}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$

wysokość przekroju  $h = 0,40 \text{ m}$

$f_{ctk} = 1,5 \text{ MPa}$

szerokość przekroju  $b = 1,00 \text{ m}$

Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$

średnica zbrojenia  $\phi = 12 \text{ mm}$

otulenie zbrojenia  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$

Klasa ekspozycji

$a_1$  i  $a_2 = 66 \text{ mm}$

$c_{min} = 50 \text{ mm}$

użyteczna wysokość przekroju  $d = 0,334 \text{ m}$

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

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,029$$

$$\Rightarrow \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,030$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,985$$

$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 3,794 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 12 \text{ mm}$

co 25 cm o  $A_{s1,prov} = 4,524 \text{ cm}^2$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne ławy przyjęto pręty  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS w rozstawie co 25cm.

#### Poz. 21.10 Ławy fundamentowe pod ścianami wewnętrznymi - poprzeczna dolna

Na przedmiotową ławę będą działać następujące obciążenia na paśmie o szerokości:  $a = 3,30 \text{ m}$

|  | kN/m   | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|--------|------------|--------|
| Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.1 x a                        | 4,629  | 1,20       | 5,555  |
| Obciążenia zmienne dachu - wiatr Poz. 1.1.2 x a              | 0,312  | 1,51       | 0,469  |
| Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.3 x a              | 5,632  | 1,50       | 8,448  |
| Krokwie dachu 0,10m x 0,18m x 6kN/m <sup>3</sup> x a / 0,80m | 0,446  | 1,10       | 0,490  |
| Obciążenie wieńcem 0,17m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 1,020  | 1,10       | 1,122  |
| Obciążenia użytkowe stropu (strych) Poz. 1.2.1 x a           | 1,650  | 1,40       | 2,310  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x a                       | 3,755  | 1,27       | 4,766  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,17m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 14,025 | 1,10       | 15,428 |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                         | 13,851 | 1,13       | 15,544 |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 0,960  | 1,10       | 1,056  |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a       | 4,950  | 1,40       | 6,930  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                       | 11,968 | 1,26       | 15,020 |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 13,200 | 1,10       | 14,520 |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                         | 13,851 | 1,13       | 15,544 |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 0,960  | 1,10       | 1,056  |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a       | 4,950  | 1,40       | 6,930  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                       | 11,968 | 1,26       | 15,020 |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 13,200 | 1,10       | 14,520 |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m                         | 13,851 | 1,13       | 15,544 |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>       | 0,960  | 1,10       | 1,056  |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a       | 4,950  | 1,40       | 6,930  |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                       | 11,968 | 1,26       | 15,020 |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a   | 24,400 | 1,10       | 26,840 |

|  |         |      |         |
|--|---------|------|---------|
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,75m                       | 14,108  | 1,13 | 15,832  |
| Obciążenie wieńcem 0,16m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup>     | 0,960   | 1,10 | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a     | 4,950   | 1,40 | 6,930   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a                     | 11,968  | 1,26 | 15,020  |
| Obciążenie płytą stropowom 0,16m x 25kN/m <sup>3</sup> x a | 13,200  | 1,10 | 14,520  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.5 x 2,40m                       | 15,192  | 1,12 | 16,985  |
| $N_k =$  | 237,832 | 1,18 | 280,457 |

Przyjęta szerokość i głębokość posadowienia ławy:

$$B = 1,60 \text{ m}$$

$$D_{\min} = 0,55 \text{ m}$$

$$D = 0,55 \text{ m}$$

Obciążenia dodatkowe

|   | kN/m           | $\gamma_f$ | kN/m   |
|---|----------------|------------|--------|
| Obciążenie ławą żelbetową B x 0,40m x 25kN/m <sup>3</sup>     | $N_L = 16,000$ | 1,10       | 17,600 |
| Obciążenie posadzką (B - 0,24m) x 0,20m x 24kN/m <sup>3</sup> | $N_P = 6,528$  | 1,30       | 8,486  |
| Obciążenie użytkowe (B - 0,24m) x 2,0kN/m <sup>2</sup>        | $N_U = 2,720$  | 1,40       | 3,808  |

Obliczeniowa siła wypadkowa

$$N = N_{k0} + N_{L0} + N_{P0} + N_{U0} = 310 \text{ kN/m}$$

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  $N_{P0}$

$$r_P = 0,000 \text{ m}$$

Ramię działania siły  $N_{U0}$

$$r_U = 0,000 \text{ m}$$

Moment działających sił względem środka ciężkości ławy

$$M = N_{k0} \times r_k + N_{L0} \times r_L - N_{P0} \times r_P - N_{U0} \times r_U = 0 \text{ kNm/m}$$

Mimośród działającej siły wypadkowej

$$e_B = M / N = 0,000 \text{ m} < B / 4 = 0,400 \text{ m}$$

Obliczeniowy opór graniczny gruntu

$$\begin{aligned} \bar{B} &= B - 2e_B = 1,600 \text{ m} & \frac{\bar{B}}{L} &= 0,00 & i_C = i_D = i_B &= 1 \\ \bar{L} &= L = 1,000 \text{ m} \\ Q_{rNB} &= \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_c c_u^{(r)} i_C + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{mn} i_D + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_B \right] = 392,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_r = N \times L = 310,4 \text{ kN}$$

$$< m Q_{rNB} = 318,2 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_B}{B} \right) = 194,0 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_B}{B} \right) = 194,0 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,sr} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 194,0 \text{ kPa}$$

$$< m Q_{rNB} / BL = 198,9 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 194,0 \text{ kPa}$$

$$< 1,2 (m Q_{rNB} / BL) = 238,7 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

$$a = 0,5(B - 0,25) = 0,68 \text{ m}$$

$$q_{r0,kr} = \frac{(B - a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{B} + q_{r0,min} = 193,97 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 44,85 \text{ kNm}$$

# Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|                  |  |   |
|------------------|--|---|
| Beton B-25       | $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$                      | wysokość przekroju $h = 0,40 \text{ m}$   |
|                  | $f_{ctk} = 1,5 \text{ MPa}$                      | szerokość przekroju $b = 1,00 \text{ m}$  |
| Stal A-III 34GS  | $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$                       | średnica zbrojenia $\phi = 12 \text{ mm}$                                       |
|                  |  | otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$               |
| Klasa ekspozycji |  | $a_1 \text{ i } a_2 = 66 \text{ mm}$  |
|                  | $c_{min} = 50 \text{ mm}$                        | użyteczna wysokość przekroju $d = 0,334 \text{ m}$                              |
|                  | $\Delta c = 10 \text{ mm}$                       |   |
|                  | $\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,030$ | $\Rightarrow \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,031$                     |
|                  | $\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,985$         | $\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 3,896 \text{ cm}^2$ |
|                  | przyjęto $\phi = 12 \text{ mm}$                  | co $25 \text{ cm}$ o $A_{s1,prov} = 4,524 \text{ cm}^2$                         |

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne ławy przyjęto pręty  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS w rozstawie co 25cm.

## Poz. 21.11 Ławy fundamentowe pod ścianami wewnętrznymi - poprzeczna dolna

Na przedmiotową ławę będą działać następujące obciążenia na paśmie o szerokości:  $a = 4,00 \text{ m}$

|  | kN/m    | $\gamma_f$ | kN/m    |
|--|---------|------------|---------|
| Obciążenia stałe dachu Poz. 1.1.1 x a  | 5,611   | 1,20       | 6,733   |
| Obciążenia zmienne dachu - wiatr Poz. 1.1.2 x a  | 0,378   | 1,51       | 0,568   |
| Obciążenia zmienne dachu - śnieg Poz. 1.1.3 x a  | 6,827   | 1,50       | 10,240  |
| Krokwie dachu $0,10\text{m} \times 0,18\text{m} \times 6\text{kN/m}^3 \times a / 0,80\text{m}$ | 0,540   | 1,10       | 0,594   |
| Obciążenie wieńcem $0,17\text{m} \times 0,24\text{m} \times 25\text{kN/m}^3$                   | 1,020   | 1,10       | 1,122   |
| Obciążenia użytkowe stropu (strych) Poz. 1.2.1 x a   | 2,000   | 1,40       | 2,800   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.1 x a   | 4,552   | 1,27       | 5,776   |
| Obciążenie płytą stropowom $0,17\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 \times a$                      | 17,000  | 1,10       | 18,700  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m   | 13,851  | 1,13       | 15,544  |
| Obciążenie wieńcem $0,16\text{m} \times 0,24\text{m} \times 25\text{kN/m}^3$                   | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a   | 6,000   | 1,40       | 8,400   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a   | 14,506  | 1,26       | 18,206  |
| Obciążenie płytą stropowom $0,16\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 \times a$                      | 16,000  | 1,10       | 17,600  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m   | 13,851  | 1,13       | 15,544  |
| Obciążenie wieńcem $0,16\text{m} \times 0,24\text{m} \times 25\text{kN/m}^3$                   | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a   | 6,000   | 1,40       | 8,400   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a   | 14,506  | 1,26       | 18,206  |
| Obciążenie płytą stropowom $0,16\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 \times a$                      | 16,000  | 1,10       | 17,600  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,70m   | 13,851  | 1,13       | 15,544  |
| Obciążenie wieńcem $0,16\text{m} \times 0,24\text{m} \times 25\text{kN/m}^3$                   | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a   | 6,000   | 1,40       | 8,400   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a   | 14,506  | 1,26       | 18,206  |
| Obciążenie płytą stropowom $0,16\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 \times a$                      | 24,400  | 1,10       | 26,840  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.4 x 2,75m   | 14,108  | 1,13       | 15,832  |
| Obciążenie wieńcem $0,16\text{m} \times 0,24\text{m} \times 25\text{kN/m}^3$                   | 0,960   | 1,10       | 1,056   |
| Obciążenia użytkowe stropu (mieszkania) Poz. 1.2.2 x a   | 6,000   | 1,40       | 8,400   |
| Obciążenia stałe stropu Poz. 1.2.2 x a   | 14,506  | 1,26       | 18,206  |
| Obciążenie płytą stropowom $0,16\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 \times a$                      | 16,000  | 1,10       | 17,600  |
| Obciążenie ścianą Poz. 1.3.5 x 2,90m   | 18,357  | 1,12       | 20,523  |
| $N_k =$  | 270,210 | 1,19       | 319,806 |

Przyjęta szerokość i głębokość posadowienia ławy:

$$B = 1,40 \text{ m} \quad D_{min} = 1,05 \text{ m} \quad D = 1,05 \text{ m}$$

## Obciążenia dodatkowe

|  | kN/m           | $\gamma_f$ | kN/m   |
|--|----------------|------------|--------|
| Obciążenie ławą żelbetową $B \times 0,40\text{m} \times 25\text{kN/m}^3$ | $N_L = 14,000$ | 1,10       | 15,400 |

|   |                  |       |      |       |
|---|------------------|-------|------|-------|
| Obciążenie posadzką (B - 0,24m) x 0,20m x 24kN/m <sup>3</sup> | N <sub>P</sub> = | 5,568 | 1,30 | 7,238 |
| Obciążenie użytkowe (B - 0,24m) x 2,0kN/m <sup>2</sup>        | N <sub>U</sub> = | 2,320 | 1,40 | 3,248 |

$$N = N_{k0} + N_{L0} + N_{P0} + N_{U0} = 346 \text{ kN/m}$$

#### Mimośród siły wypadkowej

Ramię działania poszczególnych sił względem środka ciężkości ławy:

|                                      |                  |         |
|--------------------------------------|------------------|---------|
| Ramię działania siły N <sub>k0</sub> | r <sub>k</sub> = | 0,000 m |
| Ramię działania siły N <sub>L0</sub> | r <sub>L</sub> = | 0,000 m |
| Ramię działania siły N <sub>P0</sub> | r <sub>P</sub> = | 0,000 m |
| Ramię działania siły N <sub>U0</sub> | r <sub>U</sub> = | 0,000 m |

Moment działających sił względem środka ciężkości ławy

$$M = N_{k0} \times r_k + N_{L0} \times r_L - N_{P0} \times r_P - N_{U0} \times r_U = 0 \text{ kNm/m}$$

$$e_B = M / N = 0,000 \text{ m} < B / 4 = 0,350 \text{ m}$$

#### Obliczeniowy opór graniczny gruntu

$$\begin{aligned} \bar{B} &= B - 2e_B = 1,400 \text{ m} & \frac{\bar{B}}{L} &= 0,00 & i_C = i_D = i_B &= 1 \\ \bar{L} &= L = 1,000 \text{ m} \\ Q_{fNB} &= \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_c c_u^{(r)} i_C + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_D + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_B \right] = 474,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_r = N \times L = 345,7 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 384,3 \text{ kN}$$

#### Sprawdzenie naprężeń

$$\begin{aligned} q_{r0,min} &= \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_B}{B} \right) = 246,9 \text{ kPa} & q_{r0,max} &= \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_B}{B} \right) = 246,9 \text{ kPa} \\ q_{r0,sr} &= (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 246,9 \text{ kPa} & & < m Q_{fNB} / BL = 274,5 \text{ kPa} \\ q_{r0,max} &= 246,9 \text{ kPa} & & < 1,2 (m Q_{fNB} / BL) = 329,4 \text{ kPa} \end{aligned}$$

warunki normowe spełnione

$$a = 0,5(B - 0,25) = 0,58 \text{ m} \quad q_{r0,kr} = \frac{(B - a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{B} + q_{r0,min} = 246,92 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 41,53 \text{ kNm}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| Beton B-25 f <sub>cd</sub> = 13,3 MPa     | wysokość przekroju h = 0,40 m  |
| f <sub>ctk</sub> = 1,5 MPa                | szerokość przekroju b = 1,00 m |
| Stal A-III 34GS f <sub>yd</sub> = 350 MPa | średnica zbrojenia φ = 12 mm   |

Klasa ekspozycji

$$\begin{aligned} c_{min} &= 50 \text{ mm} \\ \Delta c &= 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{otulenie zbrojenia } c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$$

$$a_1 \text{ i } a_2 = 66 \text{ mm}$$

$$\text{użyteczna wysokość przekroju } d = 0,334 \text{ m}$$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,028$$

$$\Rightarrow \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,028$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5 \xi_{eff} = 0,986$$

$$\Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 3,604 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm}$$

$$\text{co } 30 \text{ cm o } A_{s1,prov} = 3,770 \text{ cm}^2$$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne ławy przyjęto pręty  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS w rozstawie co 30cm.

**Poz. 21.12 Pozostałe ławy**

Konstrukcyjnie przyjęto ławy o przekroju 40x100cm.

Opracował:

mgr inż. Jacek Kędzierski  
upr. bud. WAM/0003/POOK/05

Sprawdził:

mgr inż. Andrzej Kozłowski  
upr. bud. WAM/0005/POOK/03