

**OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE KONSTRUKCJI MUROWYCH**

Użytkownik: Biuro Inżynierskie SPECBUD

Autor: mgr inż. Jan Kowalski

Tytuł: **Obliczenia ścian murowanych**

**Poz.2.2. Ściana wewnętrzna**

**DANE:**

Materiał:

Ściana z elementów silikatowych grupy 1

Znormalizowana wytrzymałość elementu na ściskanie  $f_b = 20,0$  MPa

Kategoria wykonania elementu I

Zaprawa murarska: zwykła klasy M5, projektowana  $\rightarrow f_m = 5,0$  MPa

$\rightarrow$  Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie  $f_k = 5,94$  MPa

Doraźny sieczny moduł sprężystości (wg Załącznika krajowego NA.6)  $E = 5,94$  GPa

Końcowy współczynnik pełzania muru  $\phi_\infty = 1,0$

Geometria:

Typ ściany: Ściana jednowarstwowa

Grubość ściany  $t = 25,0$  cm

Długość ściany  $l = 100,0$  cm

Wysokość ściany  $h = 304,0$  cm

Analizowany przypadek stanowi fragment dłuższej ściany  $\rightarrow \gamma_{Rd} = 1,00$

Węzeł górny:

- strop o konstrukcji żelbetowej

- ściana górna:  $h_{2a} = 250,0$  cm,  $J_{2a} = 130000,0$  cm<sup>4</sup>,  $E_{2a} = 5,9$  GPa; utwierdzona

- strop górny lewy:  $l_{3a} = 575,0$  cm,  $J_{3a} = 108000,0$  cm<sup>4</sup>,  $E_{3a} = 30,0$  GPa; utwierdzony

- strop górny prawy:  $l_{4a} = 425,0$  cm,  $J_{4a} = 108000,0$  cm<sup>4</sup>,  $E_{4a} = 30,0$  GPa; utwierdzony

Węzeł dolny:

- strop o konstrukcji żelbetowej

- strop dolny lewy:  $l_{3b} = 575,0$  cm,  $J_{3b} = 108000,0$  cm<sup>4</sup>,  $E_{3b} = 30,0$  GPa; utwierdzony

- strop dolny prawy:  $l_{4b} = 425,0$  cm,  $J_{4b} = 108000,0$  cm<sup>4</sup>,  $E_{4b} = 30,0$  GPa; utwierdzony

- ściana dolna:  $h_{1b} = 255,0$  cm,  $J_{1b} = 130000,0$  cm<sup>4</sup>,  $E_{1b} = 29,0$  GPa; utwierdzona

Podparcie ściany:

- ściana podparta u góry i u dołu i usztywniona wzdłuż obu krawędzi pionowych

- odległość osi ścian usztywniających  $l_u = 575,0$  cm

Obciążenia charakterystyczne:

Obciążenie pionowe stałe z wyższych kondygnacji  $N_{u,Gk} = 49,51$  kN

Obciążenie pionowe zmienne z wyższych kondygnacji  $N_{u,Qk} = 10,00$  kN;  $\Psi_0 = 0,7$

Obciążenie stałe lewego stropu górnego  $g_{3a,k} = 4,17$  kN/m

Obciążenie zmienne lewego stropu górnego  $q_{3a,k} = 2,00$  kN/m;  $\Psi_0 = 0,7$

Obciążenie stałe prawego stropu górnego  $g_{4a,k} = 4,17$  kN/m

Obciążenie zmienne prawego stropu górnego  $q_{4a,k} = 2,00$  kN/m;  $\Psi_0 = 0,7$

Obciążenie stałe lewego stropu dolnego  $g_{3b,k} = 4,17$  kN/m

Obciążenie zmienne lewego stropu dolnego  $q_{3b,k} = 2,00$  kN/m;  $\Psi_0 = 0,7$

Obciążenie stałe prawego stropu dolnego  $g_{4b,k} = 4,17$  kN/m

Obciążenie zmienne prawego stropu dolnego  $q_{4b,k} = 2,00$  kN/m;  $\Psi_0 = 0,7$

Ciążar własny charakterystyczny ściany  $G_k = 15,50$  kN

### ZAŁOŻENIA:

Sytuacja obliczeniowa: trwała

Kategoria wykonania robót: B

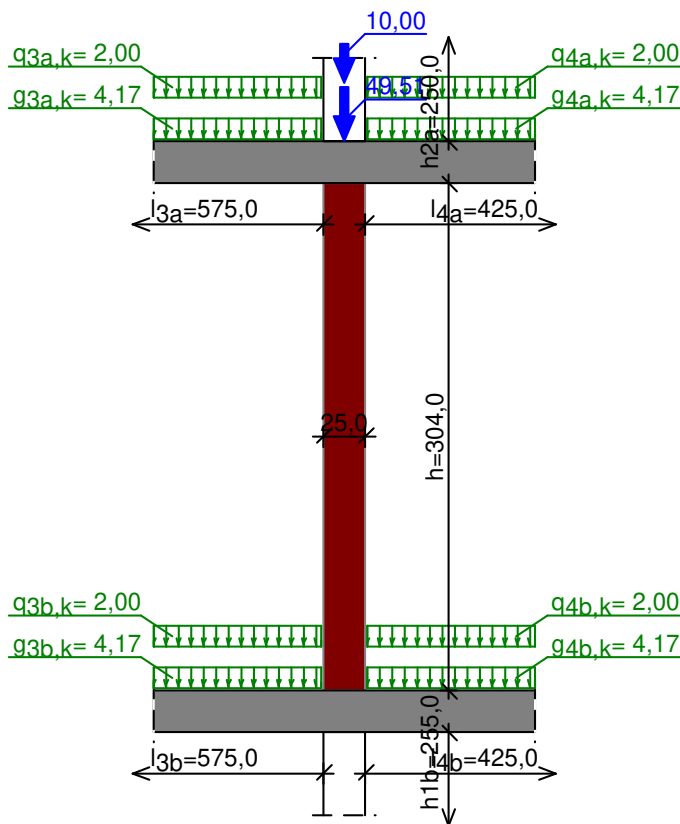
→ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla muru  $\gamma_M = 2,0$

Dla ścian podpierających strop o konstrukcji żelbetowej, obliczanych wg (1) i (2) Zał.C normy PN-EN 1996-1-1 (tzw. model ramowy):

Uwzględniono współczynnik redukcyjny  $\eta$  (redukcję mimośrodków) wyznaczany zgodnie z (3) Zał.C

Kombinacje SGN STR utworzono wg tablica A.1.2(B), wzór 6.10a i 6.10b normy PN-EN 1990

### WYNIKI - Ściana obciążona głównie pionowo - metoda podstawowa uproszczona wg PN-EN 1996-1-1, Zał.C:



#### Warunek nośności u góry ściany:

decyduje kombinacja: **K5**:  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot 0,70 \cdot Qu + (1,5 \cdot 0,70 \cdot Q3a + 1,5 \cdot 0,70 \cdot Q4a)$

$\Phi_1 = 0,900$ ,  $A = 0,250 \text{ m}^2$ ,  $f_d = f_k / \gamma_M = 2,97 \text{ MPa}$

$N_{1,Ed} = 115,99 \text{ kN} < N_{1,Rd} = \Phi_1 \cdot A \cdot f_d = 668,00 \text{ kN}$  (17,4%)

#### Warunek nośności w połowie wysokości ściany:

decyduje kombinacja: **K5**:  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot 0,70 \cdot Qu + (1,5 \cdot 0,70 \cdot Q3a + 1,5 \cdot 0,70 \cdot Q4a)$

$\Phi_m = 0,866$ ,  $A = 0,250 \text{ m}^2$ ,  $f_d = f_k / \gamma_M = 2,97 \text{ MPa}$

$N_{m,Ed} = 126,45 \text{ kN} < N_{m,Rd} = \Phi_m \cdot A \cdot f_d = 642,80 \text{ kN}$  (19,7%)

#### Warunek nośności u dołu ściany:

decyduje kombinacja: **K5**:  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot 0,70 \cdot Qu + (1,5 \cdot 0,70 \cdot Q3a + 1,5 \cdot 0,70 \cdot Q4a)$

$\Phi_2 = 0,900$ ,  $A = 0,250 \text{ m}^2$ ,  $f_d = f_k / \gamma_M = 2,97 \text{ MPa}$

$N_{2,Ed} = 136,91 \text{ kN} < N_{2,Rd} = \Phi_2 \cdot A \cdot f_d = 668,00 \text{ kN}$  (20,5%)

### Poz.2.3. Ściana między oknami

#### DANE:

##### Materiał:

Ściana z elementów ceramicznych grupy 2

Znormalizowana wytrzymałość elementu na ściskanie  $f_b = 15,0$  MPa

Kategoria wykonania elementu I

Zaprawa murarska: do cienkich spoin o  $f_m \geq 5$  MPa, projektowana

→ Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie  $f_k = 3,33$  MPa

Doraźny sieczny moduł sprężystości (wg Załącznika krajowego NA.6)  $E = 3,33$  GPa

Końcowy współczynnik pełzania muru  $\phi_\infty = 1,0$

##### Geometria:

Typ ściany: Ściana jednowarstwowa usztywniona pilastrami

Grubość ściany  $t = 25,0$  cm

Długość ściany  $l = 200,0$  cm

Wysokość ściany  $h = 310,0$  cm

Rozstaw pilastrów  $l_p = 200,0$  cm

Wysokość pilastra  $t_p = 38,0$  cm

Szerokość pilastra  $b_p = 25,0$  cm

Węzeł górny:

- strop o konstrukcji żelbetowej

- ściana górna:  $h_{2a} = 250,0$  cm,  $J_{2a} = 260416,7$  cm<sup>4</sup>,  $E_{2a} = 3,3$  GPa; utwierdzona

- strop górny prawy:  $l_{4a} = 575,0$  cm,  $J_{4a} = 189000,0$  cm<sup>4</sup>,  $E_{4a} = 30,0$  GPa; utwierdzony

Węzeł dolny:

- strop o konstrukcji żelbetowej

- strop dolny prawy:  $l_{4b} = 575,0$  cm,  $J_{4b} = 370000,0$  cm<sup>4</sup>,  $E_{4b} = 30,0$  GPa; utwierdzony

- ściana dolna:  $h_{1b} = 255,0$  cm,  $J_{1b} = 723000,0$  cm<sup>4</sup>,  $E_{1b} = 29,0$  GPa; utwierdzona

Podparcie ściany:

- ściana podparta u góry i u dołu

##### Obciążenia charakterystyczne:

Obciążenie pionowe stałe z wyższych kondygnacji  $N_{u,Gk} = 208,00$  kN

Obciążenie pionowe zmienne z wyższych kondygnacji  $N_{u,Qk} = 45,35$  kN;  $\Psi_0 = 0,7$

Obciążenie stałe prawego stropu górnego  $g_{4a,k} = 30,47$  kN/m

Obciążenie zmienne prawego stropu górnego  $q_{4a,k} = 11,10$  kN/m;  $\Psi_0 = 0,7$

Obciążenie stałe prawego stropu dolnego  $g_{4b,k} = 39,24$  kN/m

Obciążenie zmienne prawego stropu dolnego  $q_{4b,k} = 22,20$  kN/m;  $\Psi_0 = 0,7$

Ciężar własny charakterystyczny ściany  $G_k = 30,32$  kN

Wiatr z lewej strony

Obciążenie poziome od ssania wiatru  $w_{1k} = -0,704$  kN/m;  $\Psi_0 = 0,6$

Obciążenie poziome od parcia wiatru  $w_{2k} = 0,691$  kN/m;  $\Psi_0 = 0,6$

#### **ZAŁOŻENIA:**

Sytuacja obliczeniowa: trwała

Kategoria wykonania robót: A

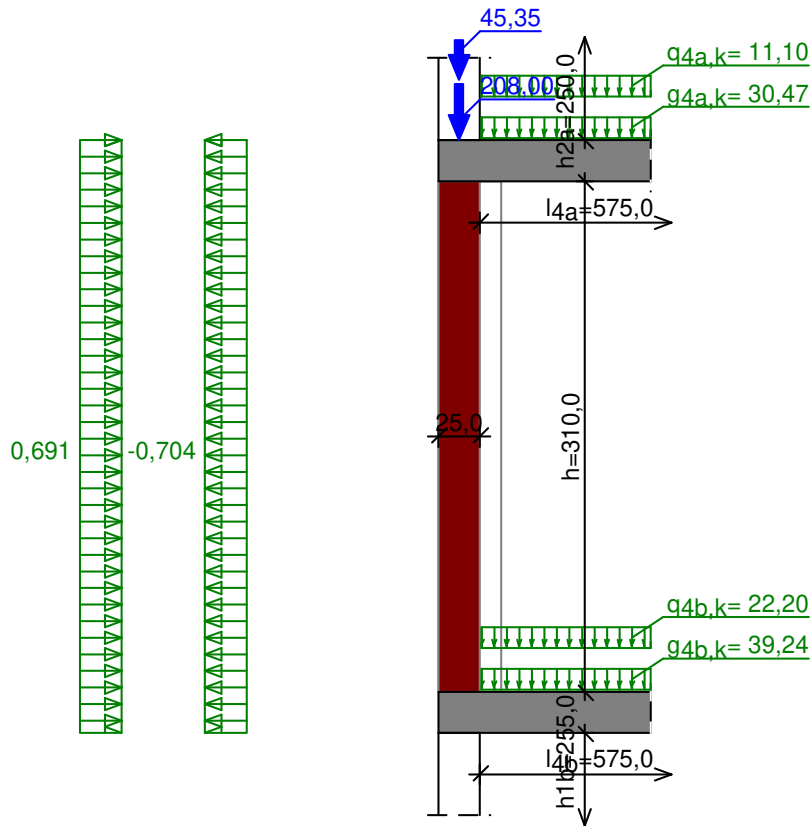
→ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla muru  $\gamma_M = 1,7$

Dla ścian podpierających strop o konstrukcji żelbetowej, obliczanych wg (1) i (2) Zał.C normy PN-EN 1996-1-1 (tzw. model ramowy):

Uwzględniono współczynnik redukcyjny  $\eta$  (redukcję mimośrodków) wyznaczany zgodnie z (3) Zał.C

Kombinacje SGN STR utworzono wg tablica A.1.2(B), wzór 6.10a i 6.10b normy PN-EN 1990

**WYNIKI - Ściana obciążona głównie pionowo - metoda podstawowa uproszczona wg PN-EN 1996-1-1, Zał.C:**



**Warunek nośności u góry ściany:**

decyduje kombinacja: **K11**:  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot 0,70 \cdot Q_u + 1,5 \cdot 0,70 \cdot Q_{4a} + 1,5 \cdot 0,60 \cdot W_2$

$\Phi_1 = 0,698$ ,  $A = 0,500 \text{ m}^2$ ,  $f_d = f_k / \gamma_M = 1,96 \text{ MPa}$

$N_{1,Ed} = 480,19 \text{ kN} < N_{1,Rd} = \Phi_1 \cdot A \cdot f_d = 682,93 \text{ kN} \quad (70,3\%)$

**Warunek nośności w połowie wysokości ściany:**

decyduje kombinacja: **K7**:  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot 0,70 \cdot Q_u + 1,5 \cdot 0,70 \cdot Q_{4a} + 1,5 \cdot 0,60 \cdot W_1$

$\Phi_m = 0,814$ ,  $A = 0,500 \text{ m}^2$ ,  $f_d = f_k / \gamma_M = 1,96 \text{ MPa}$

$N_{m,Ed} = 500,65 \text{ kN} < N_{m,Rd} = \Phi_m \cdot A \cdot f_d = 797,30 \text{ kN} \quad (62,8\%)$

**Warunek nośności u dołu ściany:**

decyduje kombinacja: **K9**:  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot 0,70 \cdot Q_u + (1,5 \cdot 0,70 \cdot Q_{4a} + 1,5 \cdot 0,70 \cdot Q_{4b}) + 1,5 \cdot 0,60 \cdot W_1$

$\Phi_2 = 0,871$ ,  $A = 0,500 \text{ m}^2$ ,  $f_d = f_k / \gamma_M = 1,96 \text{ MPa}$

$N_{2,Ed} = 521,11 \text{ kN} < N_{2,Rd} = \Phi_2 \cdot A \cdot f_d = 852,91 \text{ kN} \quad (61,1\%)$

### Poz.2.4. Obciążenie skupione - belka stropowa 1

#### DANE:

##### Materiał:

Ściana z elementów ceramicznych grupy 1

Znormalizowana wytrzymałość elementu na ściskanie  $f_b = 20,0$  MPa

Kategoria wykonania elementu I

Zaprawa murarska: zwykła klasy M5, przepisana  $\rightarrow f_m = 5,0$  MPa

$\rightarrow$  Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie  $f_k = 5,94$  MPa

##### Geometria:

Grubość ściany	$t = 25,0$ cm
Długość ściany	$l = 300,0$ cm
Wysokość ściany	$h = 257,0$ cm

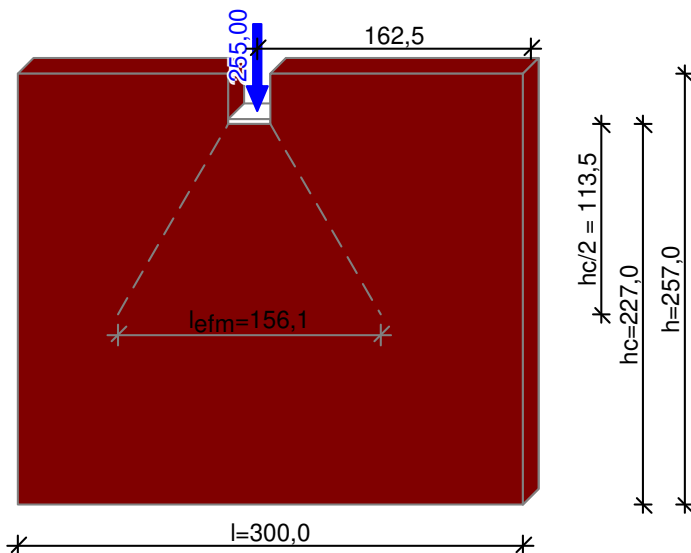
##### Obciążenia:

Obciążenie obliczeniowe pionowe skupione	$N_{Edc} = 255,00$ kN
Pole oddziaływania obciążenia skupionego	$a_l \times a_t = 25,0$ cm x 25,0 cm
Odległość obciążenia od prawej krawędzi ściany	162,5 cm
Wysokość ściany do poziomu obciążenia	$h_c = 227,0$ cm

#### ZAŁOŻENIA:

Sytuacja obliczeniowa:	trwała
Kategoria wykonania robót:	A
$\rightarrow$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla muru $\gamma_M = 2,0$	

#### WYNIKI - Ściana obciążona siłą skupioną - metoda podstawowa wg PN-EN 1996-1-1, p.6.1.3:



#### Warunek nośności:

$$\beta = 1,500, A_b = 0,063 \text{ m}^2, f_d = f_k / \gamma_M = 2,97 \text{ MPa}$$

$$N_{Edc} = 255,00 \text{ kN} < N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_d = 278,33 \text{ kN} \quad (91,6\%)$$

Uwaga: Ścianę należy dodatkowo sprawdzić jako ścianę obciążoną głównie pionowo.

### Poz.2.5. Ściana piwnic - pom.3

#### DANE:

##### Materiał:

Ściana z elementów ceramicznych grupy 1

Znormalizowana wytrzymałość elementu na ściskanie  $f_b = 15,0$  MPa

Kategoria wykonania elementu II

Zaprawa murarska: zwykła klasy M5, przepisana  $\rightarrow f_m = 5,0$  MPa

Mur ze spoiną podłużną  $\rightarrow \eta = 0,8$

$\rightarrow$  Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie  $f_k = 3,88$  MPa

##### Geometria:

Grubość ściany  $t = 38,0$  cm

Długość ściany  $l = 300,0$  cm

Wysokość ściany  $h = 252,0$  cm

Odległość między ścianami poprzecznymi lub innymi elementami podpierającymi  $b_c = 400,0$  cm

##### Obciążenia:

Obciążenie obliczeniowe z wyższych kondygnacji u góry ściany:

- wywołujące najbardziej niekorzystny wpływ  $N_{1d,max} = 256,00$  kN

- wywołujące najmniej niekorzystny wpływ  $N_{1d,min} = 213,00$  kN

Ciężar objętościowy muru  $\rho = 18,0$  kN/m<sup>3</sup>

$\rightarrow$  Ciężar własny charakterystyczny ściany  $G_k = 51,71$  kN

Wysokość zasypania ściany gruntem  $h_e = 200,0$  cm

Ciężar objętościowy gruntu  $\rho_e = 18,5$  kN/m<sup>3</sup>

#### ZAŁOŻENIA:

Warunki stosowania metody uproszczonej, wymienione w p.4.5.(1) normy PN-EN 1996-3 są spełnione

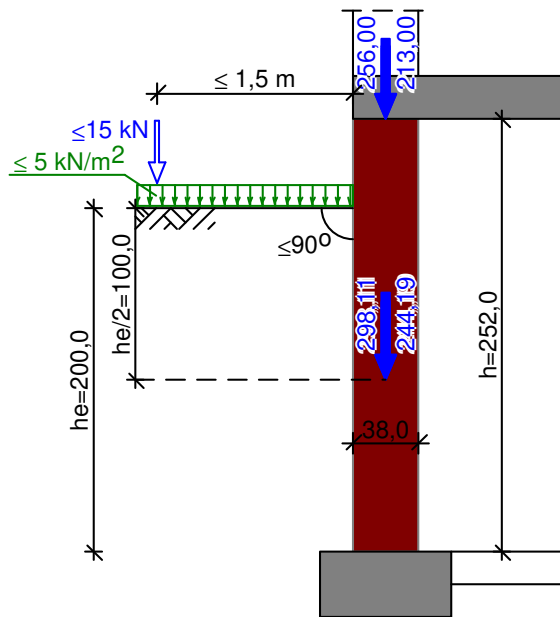
Sytuacja obliczeniowa: trwała

Kategoria wykonania robót: B

$\rightarrow$  Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla muru  $\gamma_M = 2,5$

Współczynniki częściowe dla ciężaru własnego ściany:  $\gamma_{G,sup} = 1,35$ ,  $\gamma_{G,inf} = 1,00$

#### WYNIKI - Ściana piwnic poddana poziomemu parciu gruntu - metoda uproszczona wg PN-EN 1996-3, p.4.5:



Obciążenie obliczeniowe pionowe w połowie wysokości zasypania ściany:

- wywołujące najbardziej niekorzystny wpływ  $N_{Ed,max} = 298,11 \text{ kN}$
- wywołujące najmniej niekorzystny wpływ  $N_{Ed,min} = 244,19 \text{ kN}$

Sprawdzenie warunków wg p.4.5 normy:

$$\beta = 28,3, \quad f_d = f_k / \gamma_M = 1,55 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max} = 298,11 \text{ kN} < t \cdot l \cdot f_d / 3 = 590,34 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,min} = 244,19 \text{ kN} > \rho_e \cdot l \cdot h \cdot h_e^2 / (\beta \cdot t) = 52,11 \text{ kN}$$

Wniosek: Nie jest wymagane dodatkowe sprawdzenie ściany jako ściany obciążonej głównie pionowo.

### Poz.2.6. Obciążenie poziome - ściana w osiach 1-2A

#### DANE:

##### Materiał:

Elementy murowe: Bloczki betonowe kl.15

- element z betonu kruszywowego grupy 1

- znormalizowana wytrzymałość elementu na ściskanie  $f_b = 15,0$  MPa

- kategoria elementu I

Zaprawa murarska: zwykła klasy M5, przepisana  $\rightarrow f_m = 5,0$  MPa

$\rightarrow$  Wytrzymałość charakterystyczna muru na rozciąganie przy zginaniu w płaszczyźnie zniszczenia równoległej do spoin wspornych  $f_{xk1} = 0,10$  MPa

$\rightarrow$  Wytrzymałość charakterystyczna muru na rozciąganie przy zginaniu w płaszczyźnie zniszczenia prostopadłej do spoin wspornych  $f_{xk2} = 0,40$  MPa

##### Geometria:

Grubość ściany  $t = 25,0$  cm

Długość ściany  $l = 450,0$  cm

Wysokość ściany  $h = 252,0$  cm

Model obliczeniowy ściany: płyta

Warunki podparcia ściany:

- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| - krawędź górna         | swobodna            |
| - krawędź górna         | podparta przegubowo |
| - krawędź pionowa lewa  | podparta przegubowo |
| - krawędź pionowa prawa | utwierdzona         |

##### Obciążenia:

Obciążenie charakterystyczne poziome od parcia wiatru  $w_k = 0,861$  kN/m<sup>2</sup>

#### ZAŁOŻENIA:

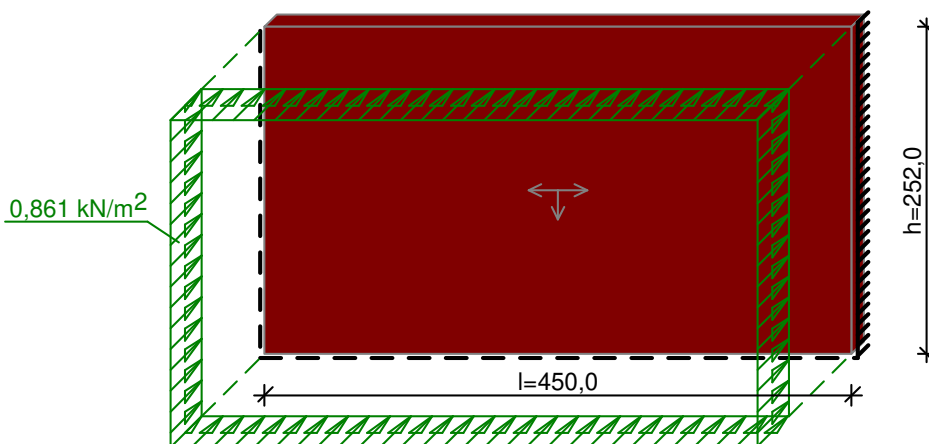
Sytuacja obliczeniowa: trwała

Kategoria wykonania robót: A

$\rightarrow$  Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla muru  $\gamma_M = 2,0$

Współczynnik częściowy dla obciążenia prostopadłego do powierzchni ściany  $\gamma_Q = 1,50$

#### WYNIKI - Ściana obciążona prostopadłe do swojej powierzchni - wg PN-EN 1996-1-1, p.6.3:



##### Warunek nośności w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych:

$$M_{Ed1} = \mu \cdot \alpha_2 \cdot W_{Ed} \cdot (1,05 \cdot l)^2 = 0,250 \cdot 0,055 \cdot 1,292 \text{ kN/m}^2 \cdot (1,05 \cdot 4,50 \text{ m})^2 = 0,40 \text{ kNm/mb}$$

$$M_{Rd1} = f_{xd1} \cdot Z = 0,050 \text{ MPa} \cdot 10416,67 \text{ cm}^2/\text{mb} = 0,52 \text{ kNm/mb}$$

$$M_{Ed1} = 0,40 \text{ kNm/mb} < M_{Rd1} = 0,52 \text{ kNm/mb} \quad (76,3\%)$$



Warunek nośności w płaszczyźnie prostopadłej do spoin wspornych:

$$M_{Ed2} = \alpha_2 \cdot W_{Ed} \cdot (1,05 \cdot l)^2 = 0,055 \cdot 1,292 \text{ kN/m}^2 \cdot (1,05 \cdot 4,50 \text{ m})^2 = 1,59 \text{ kNm/mb}$$

$$M_{Rd2} = f_{xd2} \cdot Z = 0,200 \text{ MPa} \cdot 10416,67 \text{ cm}^2/\text{mb} = 2,08 \text{ kNm/mb}$$

$$M_{Ed2} = 1,59 \text{ kNm/mb} < M_{Rd2} = 2,08 \text{ kNm/mb} \quad (76,3\%)$$

----- koniec wydruku -----