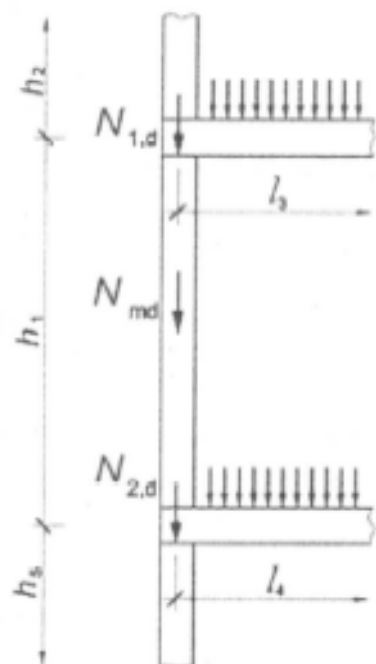
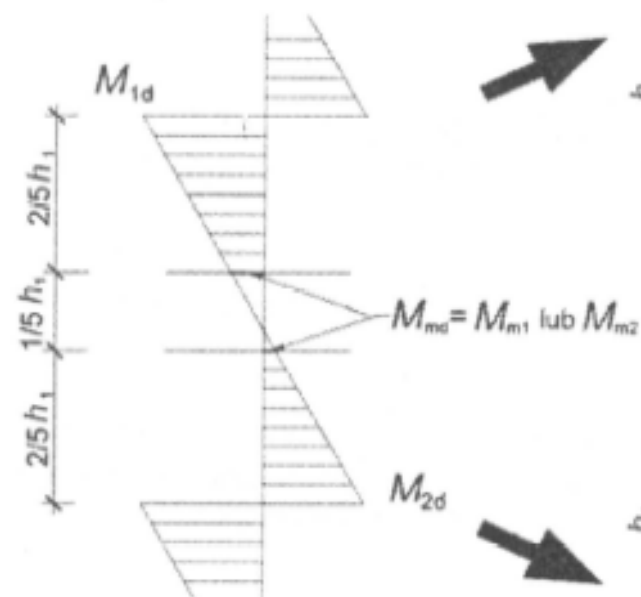
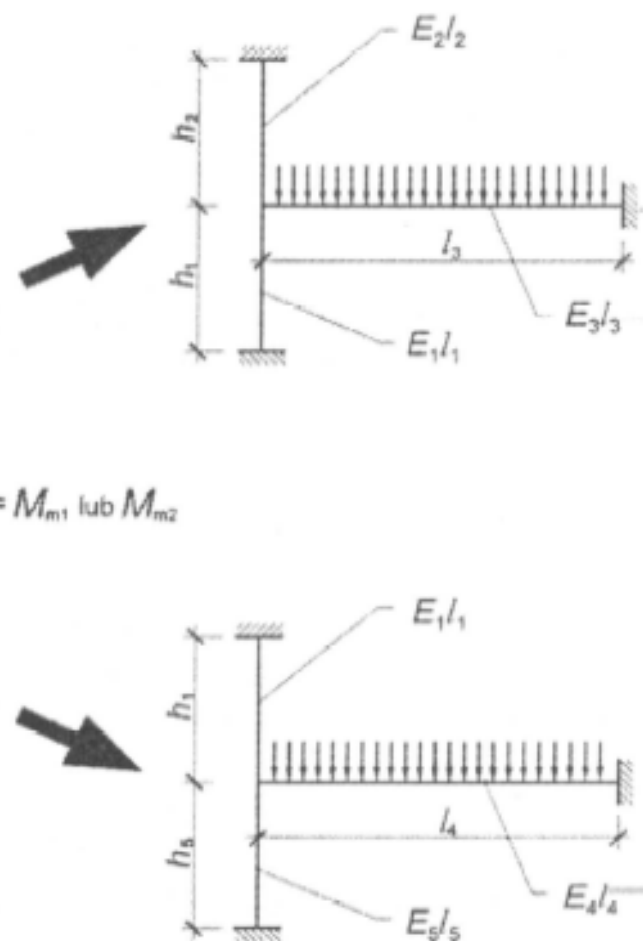




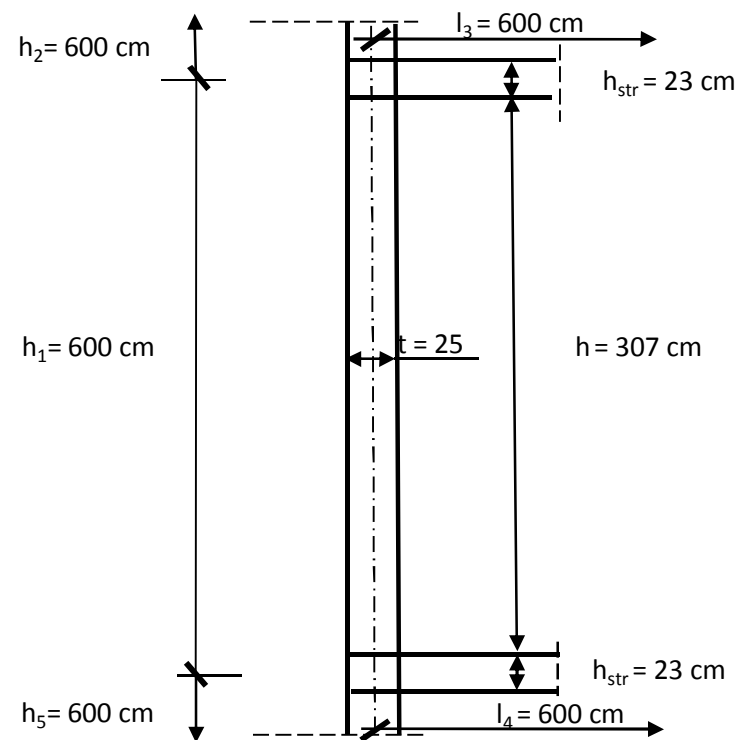
a) zewnętrzna ściana nośna



b) momenty wywołane  
mimośrodowym obciążeniem  
ściany stropami



c) uproszczone modele obliczeniowe  
do wyznaczania wartości  $M_{ld}$



$H = (\text{wysokość kondygnacji}) = h_1 = 3,3 \text{ m}$

$h_{str} = (\text{wysokość konstrukcyjna stropu}) = 23 \text{ cm}$

$h = H - h_{str} = 330 - 23 = 307 \text{ cm}$

$t = (\text{grubość ściany}) = 25 \text{ cm}$

$e_a = \max(1 \text{ cm}; h/300) = \max(1 \text{ cm}; 307/300 = 1,02 \text{ cm}) \approx 0,01 \text{ m} \quad (\text{mimośród przypadkowy})$

cegła pełna - grupa 1

M5 (marka zaprawy)

5 MPa

$f_k =$  (tab. C.1)

6,9 MPa

$f_b =$  (znormalizowana wytrzymałość materiału murowego na ściskanie)

25 MPa

$f_k$  - wytrzymałość charakterystyczna muru może być odczytana z tab.C.1

lub obliczona ze wzoru

$K =$ (tab. 2)

0,45

$$f_k = K f_b^{0,7} f_m^{0,3} = 0,45 \cdot 25^{0,7} \cdot 5^{0,3} = 6,941 \text{ MPa}$$

$q_c =$  (ciężar całkowity 1 m<sup>2</sup> stropu)

10 kN/m<sup>2</sup>

$l =$  (odległość między osiami ścian nośnych)

6 m

$N_{0,d} =$  (siła z wyższych kondygnacji)

100 kN

$N_{sld} = 0,5 \cdot 6 \cdot 10 =$  (siła od stropu)

30 kN

$G = 0,25 \cdot 3,07 \cdot 18 \cdot 1,1 + 0,03 \cdot 3,07 \cdot 19 \cdot 1,3 =$  (ciężar ściany)

17,47 kN

$W = 0,25 \cdot 0,23 \cdot 25 \cdot 1,1 =$  (ciężar wieńca)

1,58 kN

$I_m = 1 \text{ m} \cdot t^3 / 12 = 1 \cdot 0,25^3 / 12 =$  (moment bezwładności ściany)

0,00130 m<sup>4</sup>

$I_s = 1 \text{ m} \cdot h_{str}^3 / 12 = 1 \cdot 0,23^3 / 12 =$  (moment bezwładności stropu)

0,00101 m<sup>4</sup>

$\alpha_c =$  (cecha sprężystości muru)

1000

$$E_m = \alpha_c f_k = 1000 \cdot 6,9 = (\text{moduł sprężystości muru}) = 6900 \text{ MPa}$$

$$E_b = (\text{moduł sprężystości betonu B20}) 30000 \text{ MPa}$$

$$M_{03} = 10 \cdot 6^2 / 12 = (\text{moment podporowy dla stropu}) 30 \text{ kNm}$$

$$M_{1d} = \frac{\frac{E_m \cdot J_m}{h_1}}{\frac{E_m \cdot J_m}{h_1} \cdot 2 + \frac{E_b \cdot J_s}{I} \cdot 0,33} \cdot 0,85 \cdot M_{03} = \frac{\frac{6900 \cdot 0,0013}{3,3}}{\frac{6900 \cdot 0,0013}{3,3} \cdot 2 + \frac{300000 \cdot 0,00101}{6} \cdot 0,33} \cdot 0,85 \cdot 30$$

$$M_{1d} = (\text{rozciąga włókna po zewnętrznej stronie ściany}) 9,75 \text{ kNm}$$

$$M_{2d} = (\text{rozciąga włókna po wewnętrznej stronie ściany}) 9,75 \text{ kNm}$$

$$M_{md} = 0,6M_{1d} - 0,4M_{2d} = 1,95 \text{ kNm}$$

$$N_{1d} = N_{od} + W + N_{sld} = 100 + 1,58 + 30 = 131,58 \text{ kNm}$$

$$N_{2d} = N_{1d} + G = 131,58 + 17,41 = 149,05 \text{ kNm}$$

$$N_{md} = N_{1d} + 0,5G = 140,32 \text{ kNm}$$

$$e_1 = M_{1d} / N_{1d} + e_a = 0,084 \text{ m} > 0,05t = 0,0125 \text{ m}$$

$$e_2 = M_{2d} / N_{2d} + e_a = 0,075 \text{ m} > 0,05t = 0,0125 \text{ m}$$

$$e_m = M_{md} / N_{md} + e_a = 0,024 \text{ m} > 0,05t = 0,0125 \text{ m}$$

$$\varphi_1 = 1 - 2e_1 / t = 1 - 2 \cdot 8,4 / 25 = 0,33$$

$$\varphi_2 = 1 - 2e_2 / t = 1 - 2 \cdot 7,5 / 25 = 0,40$$

$$e_m/t = 0,024/0,25 =$$

0,096

$$h_{eff}/t = h/t = 3,07/0,25 = (\text{z kolumny dla } \alpha_{c,\infty})$$

12,280

Tablica 12 – Współczynnik redukcyjny nośności  $\Phi_m$

| Współczynnik smukłości $h_{eff}/t$<br>dla $\alpha_{c,\infty}$ |      |      | Mimośród $e_m/t$ |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------|------|------|------------------|------|------|------|------|------|------|
| 1000                                                          | 700  | 400  | 0,05             | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,33 |
| 0                                                             | 0    | 0    | 0,90             | 0,80 | 0,70 | 0,60 | 0,50 | 0,40 | 0,34 |
| 1                                                             | 0,8  | 0,6  | 0,90             | 0,80 | 0,70 | 0,60 | 0,50 | 0,40 | 0,34 |
| 2                                                             | 1,6  | 1,3  | 0,90             | 0,80 | 0,70 | 0,60 | 0,50 | 0,40 | 0,34 |
| 3                                                             | 2,4  | 1,9  | 0,90             | 0,80 | 0,70 | 0,60 | 0,50 | 0,40 | 0,34 |
| 4                                                             | 3,3  | 2,6  | 0,90             | 0,80 | 0,70 | 0,60 | 0,49 | 0,39 | 0,33 |
| 5                                                             | 4,2  | 3,2  | 0,89             | 0,79 | 0,69 | 0,59 | 0,49 | 0,39 | 0,33 |
| 6                                                             | 5,0  | 3,8  | 0,88             | 0,78 | 0,68 | 0,58 | 0,48 | 0,38 | 0,32 |
| 7                                                             | 5,9  | 4,4  | 0,88             | 0,77 | 0,67 | 0,57 | 0,47 | 0,37 | 0,31 |
| 8                                                             | 6,7  | 5,1  | 0,86             | 0,76 | 0,66 | 0,56 | 0,45 | 0,35 | 0,29 |
| 9                                                             | 7,5  | 5,7  | 0,85             | 0,75 | 0,65 | 0,54 | 0,44 | 0,34 | 0,28 |
| 10                                                            | 8,4  | 6,3  | 0,84             | 0,73 | 0,63 | 0,53 | 0,42 | 0,32 | 0,26 |
| 11                                                            | 9,2  | 7,0  | 0,82             | 0,72 | 0,61 | 0,51 | 0,40 | 0,30 | 0,24 |
| 12                                                            | 10,0 | 7,6  | 0,80             | 0,70 | 0,59 | 0,49 | 0,38 | 0,28 | 0,22 |
| 13                                                            | 10,9 | 8,2  | 0,79             | 0,68 | 0,57 | 0,47 | 0,36 | 0,26 | 0,20 |
| 14                                                            | 11,7 | 8,8  | 0,77             | 0,66 | 0,55 | 0,45 | 0,34 | 0,24 | 0,18 |
| 15                                                            | 12,5 | 9,5  | 0,75             | 0,64 | 0,53 | 0,42 | 0,32 | 0,22 | 0,16 |
| 16                                                            | 13,4 | 10,1 | 0,72             | 0,61 | 0,51 | 0,40 | 0,30 | 0,20 | 0,15 |
| 17                                                            | 14,2 | 10,7 | 0,70             | 0,59 | 0,48 | 0,38 | 0,28 | 0,18 | 0,13 |
| 18                                                            | 15,0 | 11,3 | 0,68             | 0,57 | 0,46 | 0,35 | 0,25 | 0,16 | 0,11 |
| 19                                                            | 15,9 | 12,0 | 0,65             | 0,54 | 0,44 | 0,33 | 0,23 | 0,14 | 0,10 |
| 20                                                            | 16,7 | 12,6 | 0,63             | 0,52 | 0,41 | 0,31 | 0,21 | 0,13 | 0,08 |
| 21                                                            | 17,6 | 13,3 | 0,60             | 0,49 | 0,39 | 0,29 | 0,19 | 0,11 | 0,07 |
| 22                                                            | 18,4 | 13,9 | 0,58             | 0,47 | 0,36 | 0,26 | 0,17 | 0,10 | 0,06 |
| 23                                                            | 19,2 | 14,6 | 0,55             | 0,44 | 0,34 | 0,24 | 0,16 | 0,08 | 0,05 |
| 24                                                            | 20,0 | 15,2 | 0,52             | 0,42 | 0,32 | 0,22 | 0,14 | 0,07 | 0,04 |
| 25                                                            | 20,9 | 15,8 | 0,50             | 0,39 | 0,29 | 0,20 | 0,12 | 0,06 | 0,04 |
| 26                                                            | 21,7 | 16,4 | 0,47             | 0,37 | 0,27 | 0,18 | 0,11 | 0,05 | 0,03 |
| 27                                                            | 22,6 | 17,1 | 0,45             | 0,35 | 0,25 | 0,17 | 0,10 | 0,04 | 0,02 |
| 28                                                            | 23,4 | 17,7 | 0,42             | 0,32 | 0,23 | 0,15 | 0,08 | 0,04 | 0,02 |
| 29                                                            | 24,3 | 18,3 | 0,40             | 0,30 | 0,21 | 0,13 | 0,07 | 0,03 | 0,01 |
| 30                                                            | 25,0 | 19,0 | 0,37             | 0,28 | 0,19 | 0,12 | 0,06 | 0,03 | 0,01 |

$\varphi_m = (\text{tab.12}) =$  0,64

$\varphi_m = (\text{wartość dokładna, obliczona na końcu przykładu}) =$  0,655

$$f_d = \frac{f_k \cdot \eta_1}{\gamma_m \eta_a}$$

$f_k = (\text{wytrzymałość charakterystyczna muru naściskanie})$  6,9 MPa

$\eta_1 = (\text{wsp. Korekcyjny dla murów ze spoiną podłużną})$  0,8

$\eta_a = (\text{wsp. dla murów o małym przekroju poprzeczny-tab.10, nie dotyczy fragmentów nuru wydzielonych "myślowo"})$  1

$\gamma_m = (\text{częściowy wsp. bezpieczeństwa dla muru-tab.9})$  2,2

$f_d = 6,9 \cdot 0,8 / (2,2 \cdot 1) =$  2,51 MPa

$N_{R1d} = \varphi_1 A_{1-1} f_{d1-1} = 0,33 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 1000 =$  205,12 kN Nośność w przekroju 1 - 1

$N_{R2d} = \varphi_2 A_{2-2} f_{d2-2} = 0,40 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 1000 =$  248,72 kN Nośność w przekroju 2 - 2

$N_{Rmd} = \varphi_m A_{m-m} f_{dm-m} = 0,655 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 1000 =$  411,00 kN Nośność w przekroju m - m

$N_{1d} = (\text{przekrój pod stropem})$  131,58 kN < 205,12 kN

$N_{2d} = (\text{przekrój nad stropem})$  149,05 kN < 248,72 kN

$N_{nd} = (\text{przekrój w środku ściany})$  140,32 kN < 411,00 kN

## Uwzględnienie parcia wiatru

Gdańsk; II strefa;  $q_z =$

350 Pa

teren B

budynek  $h < 20$ ;  $c_e =$

0,8

$c =$

0,8

$\beta =$

1,8

$\gamma_f =$

1,3

$p = w_d = q_z \cdot c_e \cdot c \cdot \beta \cdot \gamma_f = 0,35 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,8 \cdot 1,3 =$

0,52 kPa

$M_{wd} = w_d \cdot h_1^2 / 16 = 0,52 \cdot 3,3^2 / 16 =$

0,36 kNm

$$e_1 = \frac{M_{1d} + M_{wd}}{N_{1d}} + e_a = \frac{9,75 - 0,36}{13158} + 0,01 =$$

0,0814 m

> 0,05t=

0,0125 m

$\phi_1 = 1 - 2e_1/t = 1 - 2 \cdot 8,14/25 =$

0,35

$$e_2 = \frac{M_{2d} + M_{wd}}{N_{2d}} + e_a = \frac{9,75 + 0,36}{14905} + 0,01 =$$

0,0778

> 0,05t=

0,0125 m

$\phi_2 = 1 - 2e_2/t = 1 - 2 \cdot 7,78/25 =$

0,38

$$e_m = \frac{M_{md} + M_{wd}}{N_{md}} + e_a = \frac{1,95 + 0,36}{14036} + 0,01 =$$

0,0264 m

> 0,05t=

0,0125 m

$e_m/t = 0,0264/0,25 =$

0,106

$h_{eff}/t = h/t = 3,07/0,25 =$

12,280

$\varphi_m = (\text{tab.12}) =$  0,64

$\varphi_m = (\text{wartość dokładna, obliczona na końcu przykładu}) =$  0,650

$N_{R1d} = \varphi_1 A_{1-1} f_{d1-1} = 0,35 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 1000 =$  218,73 kN

Nośność w przekroju 1 - 1

$N_{R2d} = \varphi_2 A_{2-2} f_{d2-2} = 0,38 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 1000 =$  236,71 kN

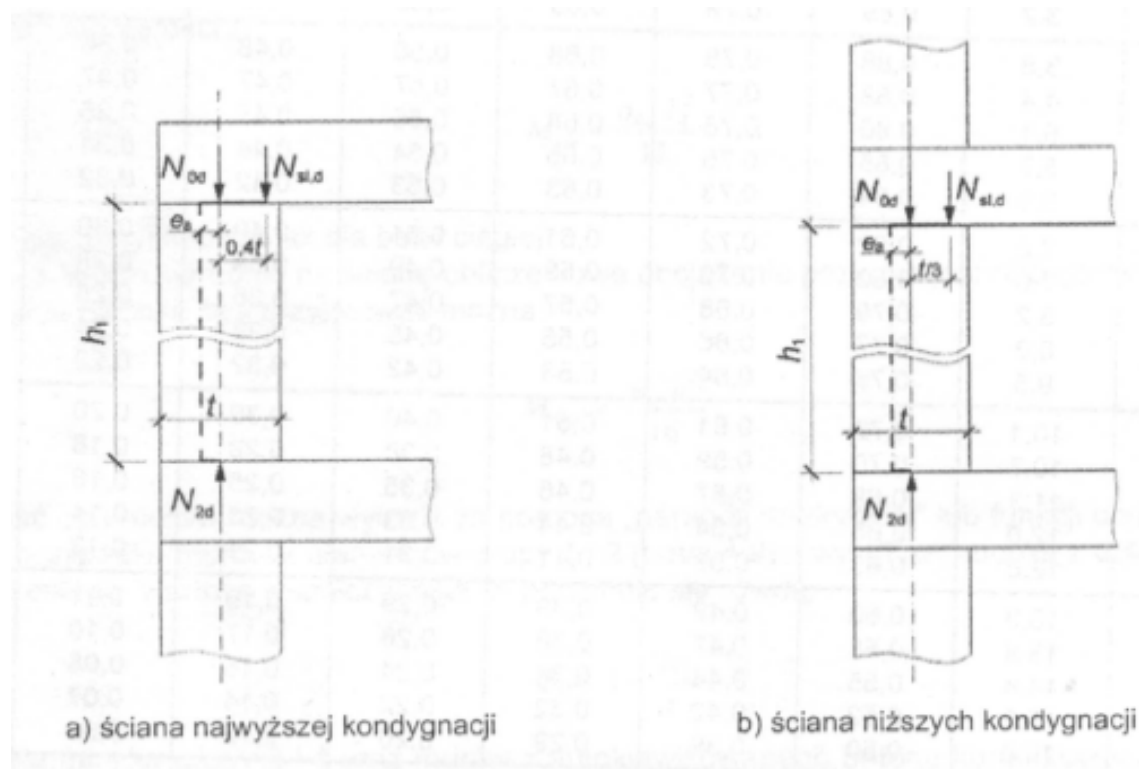
Nośność w przekroju 2 - 2

$N_{Rmd} = \varphi_m A_{m-m} f_{dm-m} = 0,65 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 1000 =$  407,58 kN

Nośność w przekroju m - m

## MODEL PRZEGUBOWY

wg PN-B-03002:2007



|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| $N_{0,d} =$                                                                     | 100,00 kN |
| $N_{sld} = 0,5 \cdot 6 \cdot 10 =$                                              | 30,00 kN  |
| $G = 0,25 \cdot 3,07 \cdot 18 \cdot 1,1 + 0,03 \cdot 3,07 \cdot 19 \cdot 1,9 =$ | 17,47 kN  |
| $W = 0,25 \cdot 0,23 \cdot 25 \cdot 1,1 =$                                      | 1,58 kN   |

|                                                                                           |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| $e_a = \max(1 \text{ cm}; h/300) = \max(1 \text{ cm}; 307/300 = 1,02 \text{ cm}) \approx$ | 0,01 m |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------|

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| $N_{1d} = N_{0d} + W + N_{sld} = 100 + 1,58 + 30 =$ | 131,58 kN |
| $N_{2d} = N_{1d} + G = 131,58 + 17,41$              | 149,05 kN |
| $N_{md} = N_{1d} + 0,5G =$                          | 140,32 kN |

|                                                                                                                                                  |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| $M_{1d} = N_{0d} \cdot e_a + W \cdot e_a + N_{sld} \cdot (0,33t + e_a) = 100 \cdot 0,01 + 1,58 \cdot 0,01 + 30 \cdot (0,33 \cdot 0,28 + 0,01) =$ | 3,79 kNm |
| $M_{2d} = N_{2d} \cdot e_a = 149,05 \cdot 0,01 =$                                                                                                | 1,49 kNm |
| $M_{md} = 0,6M_{1d} + 0,4M_{2d} = 0,6 \cdot 3,79 + 0,4 \cdot 1,49 =$                                                                             | 2,87 kNm |

|                                           |          |             |          |
|-------------------------------------------|----------|-------------|----------|
| $e_1 = M_{1d} / N_{1d} = 3,79 / 131,58 =$ | 0,0288 m | $> 0,05t =$ | 0,0125 m |
| $e_2 = M_{2d} / N_{2d} = 1,49 / 149,05 =$ | 0,0101 m | $< 0,05t =$ | 0,0125 m |
| $e_m = M_{md} / N_{md} = 2,87 / 140,32 =$ | 0,0205 m | $> 0,05t =$ | 0,0125 m |

|                                                  |        |
|--------------------------------------------------|--------|
| $\varphi_1 = 1 - 2e_1/t = 1 - 2 \cdot 2,9/25 =$  | 0,7695 |
| $\varphi_2 = 1 - 2e_2/t = 1 - 2 \cdot 1,25/25 =$ | 0,9000 |

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| $e_m/t = 0,0205/0,25 =$         | 0,082  |
| $h_{eff}/t = h/t = 3,07/0,25 =$ | 12,280 |

$\varphi_m = (\text{tab.12}) =$  0,64

$\varphi_m = (\text{wartość dokładna, obliczona na końcu przykładu}) =$  0,662

$N_{R1d} = \varphi_1 A_{1-1} f_{d1-1} = 0,769 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 1000 =$  482,70 kN      Nośność w przekroju 1 - 1

$N_{R2d} = \varphi_2 A_{2-2} f_{d2-2} = 0,9 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 1000 =$  564,55 kN      Nośność w przekroju 2 - 2

$N_{Rmd} = \varphi_m A_{m-m} f_{dm-m} = 0,66 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 1000 =$  415,36 kN      Nośność w przekroju m - m

| Zestawienie nosności                                      | Nośność muru [kN] |                      |                  | Nośność w przekroju |
|-----------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|------------------|---------------------|
|                                                           | Model ciągły      | Model ciągły + wiatr | Model przegubowy |                     |
| $N_{R1d} = \varphi_1 A_{1-1} f_{d1-1}$ pod stropem        | 205,12            | 218,73               | 482,70           | 131,58              |
| $N_{R2d} = \varphi_2 A_{2-2} f_{d2-2}$ nad stropem        | 248,72            | 236,71               | 564,55           | 149,05              |
| $N_{Rmd} = \varphi_m A_{m-m} f_{dm-m}$ w środku wysokości | 411,00            | 407,58               | 415,36           | 140,32              |

#### Dokładna metoda obliczania współczynnika $\varphi_m$

|                                                                      |              |        |        |
|----------------------------------------------------------------------|--------------|--------|--------|
| $e_m/t$                                                              | 0,096        | 0,106  | 0,082  |
| $\lambda = \frac{h_{eff}}{t} \sqrt{\frac{1}{\alpha_{c,\infty}}} =$   | 0,464140373  | 0,464  | 0,464  |
| $u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 \cdot \frac{e_m}{t}} =$      | 0,648948308  | 0,662  | 0,632  |
| $-u^2/2 =$                                                           | -0,210566953 | -0,219 | -0,200 |
| $\Phi_m = \left(1 - 2 \cdot \frac{e_m}{t}\right) e^{-\frac{u^2}{2}}$ | 0,655216823  | 0,650  | 0,662  |