

ĆWICZENIA PROJEKTOWE
z przedmiotu - Konstrukcje Murowe
część 2

Imię i nazwisko.....grupa.....

Temat projektu: **Sprawdzenie nośności wybranych elementów murowych budynku - część 2**

1. Sprawdzenie filara murowanego zbrojonego:

- Wymiar filara: **48x48 cm.**,
- Materiał.....**cegła pełna**.....,
- Siła ściskająca.....**410 kN**.....,
- Wysokość filara**2,6 m**.....

2. Sprawdzenie ściany piwnicznej niezbrojonej

- Ilość kondygnacji naziemnych.....**1**.....,
- Rozpiętość stropu.....**5,1m**.....,
- Wysokość piwnicy.....**2,1m**.....,
- Wysokość zasypania gruntem.....**1,8m**.....,
- Grunt.....**piasek średni**.....,
- Ściana piwniczna: rodzaj.....**pustaki betonowe**..., grubość.....,

wytrzymałość....., zaprawa cementowa, klasy.....

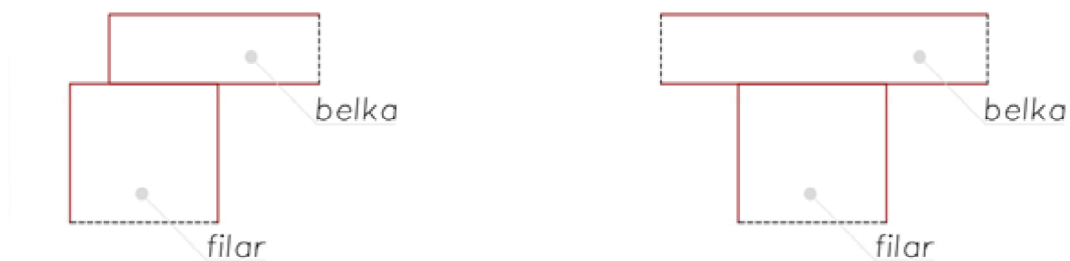
Termin zaliczenia do 24.06. 2020 r.

prowadzący zajęcia: mgr inż. Joanna Zięba

PROJEKT NR 2
I. FILAREK MUROWANY ZBROJONY

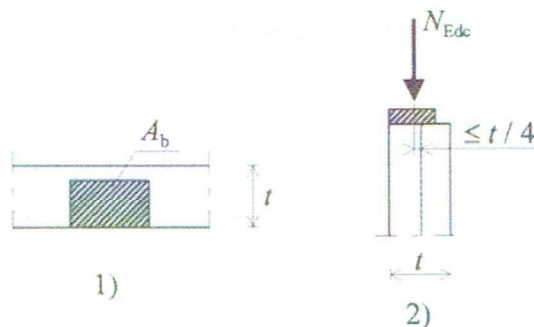
Uwagi:

- zakładamy zaprawę zwykłą, nie ciekłą! Musi to być spoina w którą da się włożyć zbrojenie;
- filar traktujemy jako element podpierający inny element liniowy, np. belkę; możemy przyjąć że nasz filar jest podporą skrajną lub pośrednią - czyli dwie opcje do wyboru jak na rysunku;



W przypadku filara skrajnego istotna jest długość oparcia belki na słupie murowanym. Długość oparcia ustalamy według następujących wytycznych z normy:

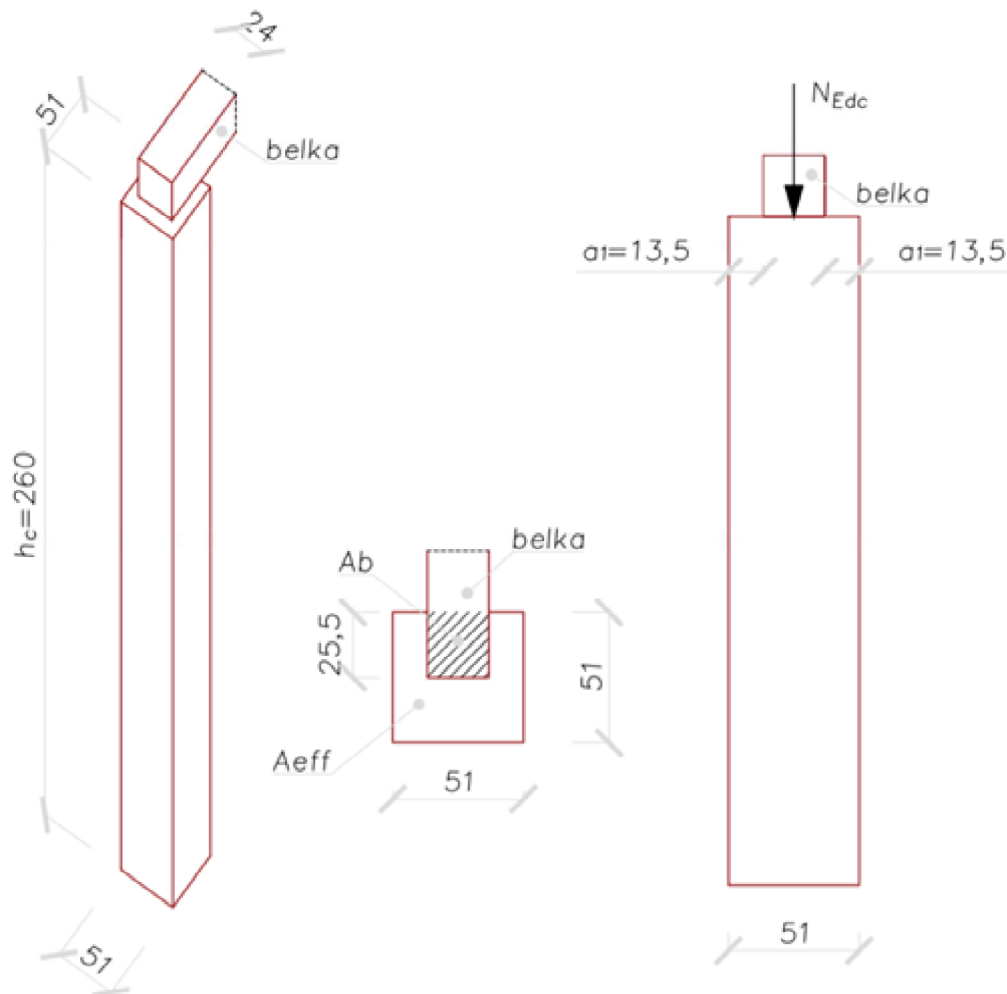
- „siła skupiona powinna być przeniesiona na ścianę na minimalnej długości 90mm lub na takim odcinku jaki jest wymagany z obliczeń, decyduje wartość większa”
(8.1.6 str. 74 PN-EN 1996-1-1)
- mimośród obciążenia względem osi ściany powinien być nie większy niż $t/4$
(str. 56 (4) PN-EN 1996-1-1)



1. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

- wymiar filara: 51x51 cm
- materiał: cegła pełna o $f_b = 25\text{MPa}$, zaprawa c-w M10
- siła ściskająca : $N_{Edc} = 410\text{ kN}$
- wysokość filarka: 2,6 m

W tym przykładzie projektuje się filar jako podporę skrajną belki o szerokości 24cm.



2. SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI FILARA OBCIĄŻONEGO SIŁĄ SKUPIONĄ

Warunek nośności filara:

$$N_{Edc} \leq N_{Rdc}$$

N_{Edc} – obliczeniowe pionowe obciążenie skupione

N_{Rdc} – nośność obliczeniowa filara pod obciążeniem skupionym

Uwaga! Siłę podaną w założeniach traktujemy jako siłę obliczeniową.

Obliczeniową nośność ściany wykonanej z elementów murowych grupy 1 na obciążenie skupione N_{Rdc} wyznacza się mnożąc obliczeniową wytrzymałość muru na ściskanie f_d przez pole powierzchni przyłożenia siły A_b i współczynnik β , który jest współczynnikiem zwiększenia obciążenia. Podstawą przyjęcia normowego wzoru na wartość β były obszerne badania, które wykazały, że nośność muru pod obciążeniem skupionym jest zazwyczaj większa niż obliczona z zależności siła przez pole powierzchni przyłożonego obciążenia. Dzieje się tak m.in. z powodu występowania pod obciążeniem trójosiowego ściskania. Największe różnice występują dla murów z elementów murowych grupy 1 - czyli elementów pełnych. W przypadku murów wykonywanych z elementów murowych innych grup $\beta = 1,0$.

$$N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_d$$

β - współczynnik zwiększający nośność na obciążenia skupione

$$\beta = \left(1 + 0,3 \frac{a_1}{h_c}\right) \left(1,5 - 1,1 \frac{A_b}{A_{ef}}\right), \text{ lecz } \beta < 1,25 + \frac{a_1}{2h_c}, \beta < 1,5$$

$$\frac{A_b}{A_{ef}} \leq 0,45$$

A_b - powierzchnia obciążenia

f_d - obliczeniowa wytrzymałość muru na ściskanie

a_1 - odległość końca ściany od krawędzi skrajnego obszaru obciążenia

h_c - wysokość ściany do poziomu obciążenia

A_{ef} - powierzchnia efektywna rozdziału obciążenia

Warunek nośności muru obciążonego głównie pionowo, w przypadku murów obciążonych siłą skupioną powinien być spełniony w połowie wysokości ściany. Przyjmuje się przy tym, że siła skupiona w murach wykonanych z elementów murowych grupy 1 rozkłada się pod kątem 60° licząc od krawędzi obciążenia. Bezpośrednio pod obciążeniem skupionym powinny być stosowane elementy murowe grupy 1 lub inne pełne elementy.

Dane:

$$a_1 = 0,135m$$

$$h_c = 2,6m$$

$$A_b = 0,255m \cdot 0,24m = 0,0612m^2$$

$$A_{eff} = 0,51m \cdot 0,51m = 0,2601m^2$$

Sprawdzam warunek:

$$\frac{A_b}{A_{ef}} \leq 0,45; \frac{0,0612m^2}{0,2601m^2} = 0,23 < 0,45$$

Zatem do wzoru na β mogę podstawić wartość $A_b/A_{ef} = 0,23$

Obliczeniową nośność ściany wykonanej z elementów murowych grupy 1 na obciążenie skupione N_{Rdc} wyznacza się mnożąc obliczeniową wytrzymałość muru na ściskanie f_d przez pole powierzchni przyłożenia siły A_b i współczynnik β , który jest współczynnikiem zwiększenia obciążenia. Podstawą przyjęcia normowego wzoru na wartość β były obszerne badania, które wykazały, że nośność muru pod obciążeniem skupionym jest zazwyczaj większa niż obliczona z zależności siła przez pole powierzchni przyłożonego obciążenia. Dzieje się tak m.in. z powodu występowania pod obciążeniem trójosiowego ściskania. Największe różnice występują dla murów z elementów murowych grupy 1 - czyli elementów pełnych. W przypadku murów wykonywanych z elementów murowych innych grup $\beta = 1,0$.

$$N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_d$$

β - współczynnik zwiększający nośność na obciążenia skupione

$$\beta = \left(1 + 0,3 \frac{a_1}{h_c}\right) \left(1,5 - 1,1 \frac{A_b}{A_{ef}}\right), \text{ lecz } \beta < 1,25 + \frac{a_1}{2h_c}, \beta < 1,5$$

$$\frac{A_b}{A_{ef}} \leq 0,45$$

A_b - powierzchnia obciążenia

f_d - obliczeniowa wytrzymałość muru na ściskanie

a_1 - odległość końca ściany od krawędzi skrajnego obszaru obciążenia

h_c - wysokość ściany do poziomu obciążenia

A_{ef} - powierzchnia efektywna rozdziału obciążenia

Warunek nośności muru obciążonego głównie pionowo, w przypadku murów obciążonych siłą skupioną powinien być spełniony w połowie wysokości ściany. Przyjmuje się przy tym, że siła skupiona w murach wykonanych z elementów murowych grupy 1 rozkłada się pod kątem 60° licząc od krawędzi obciążenia. Bezpośrednio pod obciążeniem skupionym powinny być stosowane elementy murowe grupy 1 lub inne pełne elementy.

Dane:

$$a_1 = 0,135m$$

$$h_c = 2,6m$$

$$A_b = 0,255m \cdot 0,24m = 0,0612m^2$$

$$A_{eff} = 0,51m \cdot 0,51m = 0,2601m^2$$

Sprawdzam warunek:

$$\frac{A_b}{A_{ef}} \leq 0,45; \frac{0,0612m^2}{0,2601m^2} = 0,23 < 0,45$$

Zatem do wzoru na β mogę podstawić wartość $A_b/A_{ef} = 0,23$

$$\beta = \left(1 + 0,3 \frac{a_1}{h_c}\right) \left(1,5 - 1,1 \frac{A_b}{A_{ef}}\right) = \left(1 + 0,3 \frac{0,135m}{2,6m}\right) (1,5 - 1,1 \cdot 0,23) = 1,27$$

Sprawdzam warunki:

$$\beta = 1,27 < 1,25 + \frac{0,135}{2 \cdot 2,6} = 1,28$$

$$\beta = 1,27 < 1,5 - \text{warunki zostały spełnione}$$

$$f_k = K f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}$$

$$f_b = 25 \text{ MPa}$$

$$f_m = 10 \text{ MPa}$$

$$K = 0,45 - \text{element murowy grupy 1 - Tab. NA.5}$$

$$f_k = 0,45 \cdot 25^{0,7} \cdot 10^{0,3} = 8,55 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M = 1,7 - \text{element murowy kategorii I, zaprawa projektowana, klasa robót A}$$

$$A_{eff} = 0,51m \cdot 0,51m = 0,2601m^2 \rightarrow \eta_A = 1,10 - \text{Tab. NA.2}$$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M \eta_A} = \frac{8,55 \text{ MPa}}{1,7 \cdot 1,10} = 4,57 \text{ MPa}$$

$$N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_d = 1,27 \cdot 0,0612 \cdot 4,57 \cdot 10^3 = 355,4 \text{ kN}$$

$$N_{Rdc} = 355,4 \text{ kN} < N_{Edc} = 410 \text{ kN}$$

Warunek niespełniony- należy zastosować zbrojenie.

Uwaga! Jeżeli powyższy warunek zostanie spełniony, należy zwiększyć siłę zadaną w założeniach tak aby warunek nie był spełniony i konieczne było liczenie zbrojenia!

3. OBLICZENIA ZBROJENIA FILARA

Ściany i słupy murowane ściskane ze zbrojeniem w spoinach wspornych:

- poziome zbrojenie w spoinach wspornych można umieszczać jedynie w przypadku murów wykonywanych z elementów murowych grupy 1, bez drażeń pionowych
- w murach na spoiny cienkie nie zaleca się stosowania zbrojenia - brak warunków otulenia
- minimalne wartości stopnia zbrojenia wg EC6:
 $\rho_{min} = 0,0005$ pola przekroju efektywnego muru - gdy zbrojenie ma na celu zwiększenie nośności
- grubość spoiny powinna być co najmniej 5mm większa niż średnica zbrojenia

Zbrojenie do konstrukcji murowych:

- druty stalowe o średnicach od $\phi = 3\text{mm}$ do $\phi = 6\text{mm}$;
- stalowe pręty zbrojeniowe o średnicach od $\phi = 4,5\text{mm}$ do $\phi = 8\text{mm}$;
- pręty proste lub tzw. bednarki - używane w murowych konstrukcjach poddanych zginaniu w swej płaszczyźnie (nadproża, belki);

- siatki zgrzewane lub pętle zbrojeniowe - do zbrojenia w pionach wspornych słupów lub filarków międzyokiennych

Obliczeniowa wytrzymałość muru zbrojonego na ściskanie:

$$f_{dr} = f_d + 2\rho_m f_{yd} \left(1 - 2\frac{e}{y}\right) \leq 2f_d$$

$$\rho_m = \frac{A_{sa}(a_1 + a_2)}{a_1 \cdot a_2 \cdot s}$$

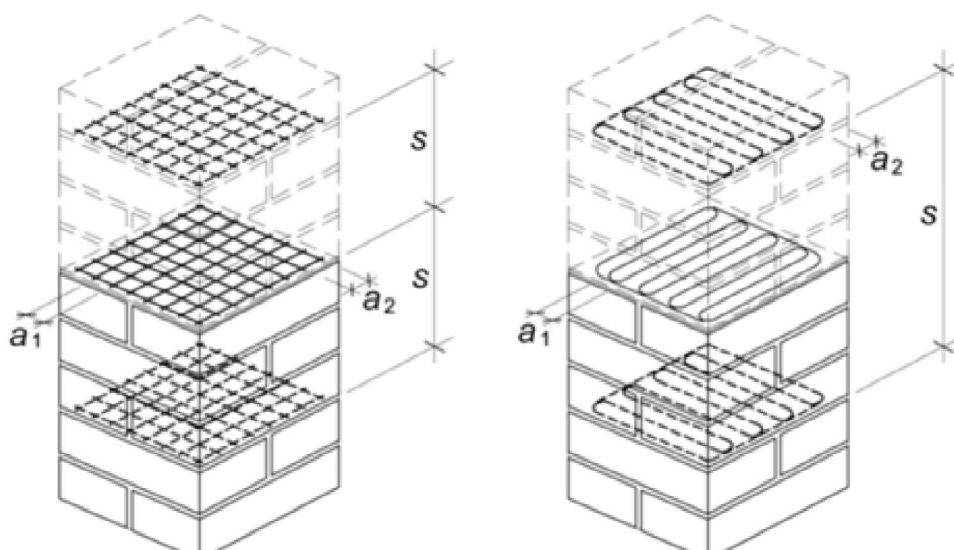
ρ_m - stopień zbrojenia muru

f_{yd} - obliczeniowa wartość granicy plastyczności stali, z której wykonane jest zbrojenie

A_{sa} - powierzchnia przekroju jednego pręta siatki

a_1, a_2 - wymiary oczek siatki lub rozstaw prętów

s - odstęp pionowy między spoinami zawierającymi zbrojenie przy zbrojeniu siatką; odstęp między spoinami zawierającymi ten sam kierunek zbrojenia przy zbrojeniu pętlami



e - mimośród obliczeniowy

y - odległość środka ciężkości przekroju muru od krawędzi bardziej ściskanej

W pierwszej kolejności należy sprawdzić czy „jest sens” zbroić filarek, gdyż wytrzymałość na ściskanie filarka ze zbrojeniem nie może przekraczać dwukrotnej wytrzymałości bez zbrojenia:

$$f_{dr} \leq 2f_d$$

$$N_{Rd,max} = \beta \cdot A_b \cdot 2f_d = 1,27 \cdot 0,0612 \cdot 2 \cdot 4,57 \cdot 10^3 = 710,4 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,max} = 710,4 \text{ kN} > N_{Edc} = 410 \text{ kN}$$

Warunek został spełniony, zatem filar ze zbrojeniem będzie w stanie przenieść wskazaną siłę.

Uwaga! Jeżeli powyższy warunek nie zostanie spełniony, należy przeprojektować filar, zwiększyć wytrzymałość elementów składowych muru, zmienić warunki podparcia belki, ostatecznie zmienić wymiary filara zadane w założeniach!

Wstępny dobór zbrojenia:

Siatka zgrzewana $\phi = 4,5\text{mm}$; $A_{sa} = 15,90\text{mm}^2$

Stal B500SP; $f_{yd} = 435 \text{ MPa}$

bok siatki $a_1 = a_2 = 100\text{mm}$

Zakładam, że filar ze zbrojeniem ma osiągnąć nośność równą zadanej sile ściskającej:

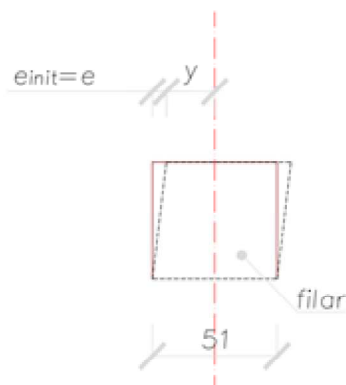
$$N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_{dr} = N_{Edc}$$

$$f_{dr} = \frac{N_{Edc}}{\beta \cdot A_b} = \frac{410\,000 \text{ N}}{1,27 \cdot 612 \cdot 10^2} = 5,28 \text{ MPa}$$

Z wzoru poniżej wyliczam ρ_m , czyli wymagany stopień zbrojenia:

$$f_{dr} = f_d + 2\rho_m f_{yd} \left(1 - 2\frac{e}{y}\right) \leq 2f_d$$

$$\rho_m = \frac{f_{dr} - f_d}{2f_{yd} \left(1 - 2\frac{e}{y}\right)}$$



$$e = \frac{h_{eff}}{450} = \frac{2600}{450} = 5,78 \text{ mm}$$

$$y = \frac{510}{2} - 5,78\text{mm} = 249,22 \text{ mm}$$

$$\rho_m = \frac{5,28\text{MPa} - 4,57\text{MPa}}{2 \cdot 435 \left(1 - 2\frac{5,78}{249,22}\right)} = 0,000856$$

Sprawdzam czy obliczony stopień zbrojenia spełnia warunek minimalnego:

$$\rho_m = 0,000856 > \rho_{min} = 0,0005$$

Znając wymiar zbrojenia siatki oraz jej bok pozostaje do wyliczenia rozstaw spoin, które powinny zawierać zbrojenie. Zadanie można wykonać również w inny sposób, przyjmując np., że zbrojenie będzie w każdej spoinie i wyliczając potrzebny bok siatki lub średnicę zbrojenia. Do zbrojenia spoin wykorzystuje się jednak gotowe siatki producentów, zatem chyba najłatwiej jest przyjąć gotową siatkę i wyliczyć w które spoiny należy je umieścić.

Ze wzoru na ρ_m wyliczam zatem „s”:

$$\rho_m = \frac{A_{sa}(a_1 + a_2)}{a_1 \cdot a_2 \cdot s} \rightarrow s = \frac{A_{sa}(a_1 + a_2)}{a_1 \cdot a_2 \cdot \rho_m}$$

$$s = \frac{A_{sa}(a_1 + a_2)}{a_1 \cdot a_2 \cdot \rho_m} = \frac{15,90(100 + 100)}{100 \cdot 100 \cdot 0,000856} = 371 \text{ mm}$$

Wyliczona wartość „s” jest maksymalną odległością pomiędzy spoinami zawierającymi zbrojenia!

Zatem należy obliczyć w co którą spoinę musimy wprowadzić zbrojenie.

Przyjmuję grubość spoiny 10mm. Sprawdzam warunek:

Grubość spoiny $\geq \phi + 5\text{mm}$

$$10\text{mm} > 4,5\text{mm} + 5\text{mm} = 9,5\text{mm}$$

Przyjęto zbrojenie w co czwartej spoinie wspornej czyli rzeczywista wartość „s”:

$$s = 6,5\text{cm}(\text{cegła}) + 1\text{cm}(\text{spoina}) + 6,5\text{cm}(\text{cegła}) + 1\text{cm}(\text{spoina}) + 6,5\text{cm}(\text{cegła}) + 1\text{cm}(\text{spoina}) + 6,5\text{cm}(\text{cegła}) + 1\text{cm}(\text{spoina}) = 30\text{cm} < 37,1\text{cm}$$