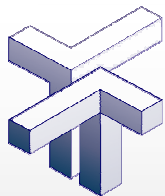


KATEDRA KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH
WYDZIAŁ BUDOWNICTWA • POLITECHNIKA ŚLĄSKA

**NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH
WEDŁUG EUROKODU 6
(PN-EN 1996-1-1:2010 i PN-EN 1996-3:2010)**

Dr inż. Radosław Jasiński

Opole, 19.03.2016r.



Informacje ogólne

Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010

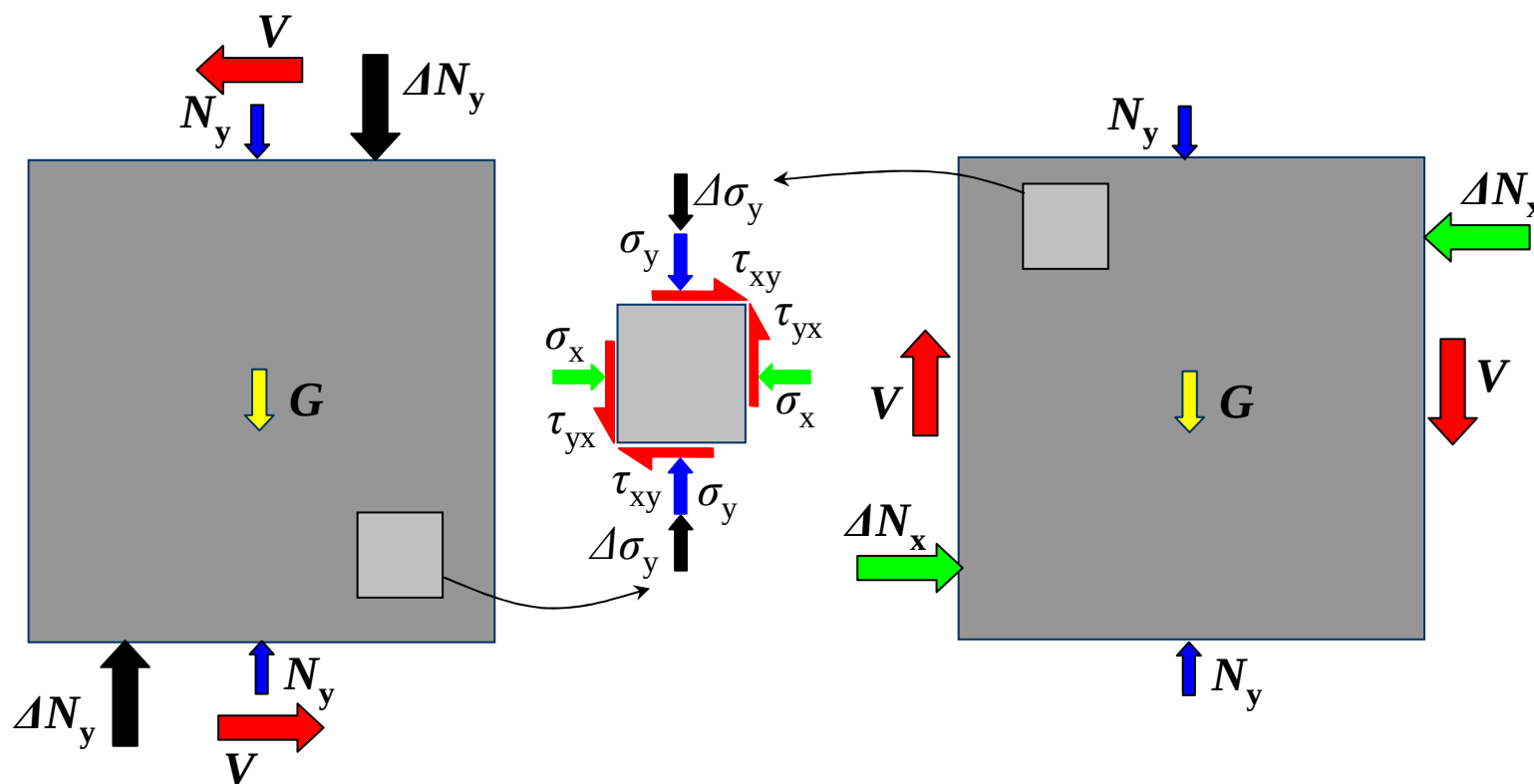
Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010

Ogólny
algorytm
postępowania

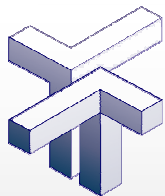
Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

Według definicji podanej w pkt. 1.5.10.9 Eurokodu 6 (PN-EN 1996-1-1:2010) *ścianą ścinaną jest każda ściana przeznaczona do **przejęcia sił poziomych działających w płaszczyźnie**.*



Kierunek obciążenia ścinającego nie ma wpływu na wartość naprężeń stycznych, ale ma wpływ na wartości naprężeń normalnych. Podział na ścinanie poziome i ścinanie jest czysto umowny (wprowadzony w Polsce).



Informacje ogólne

Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010

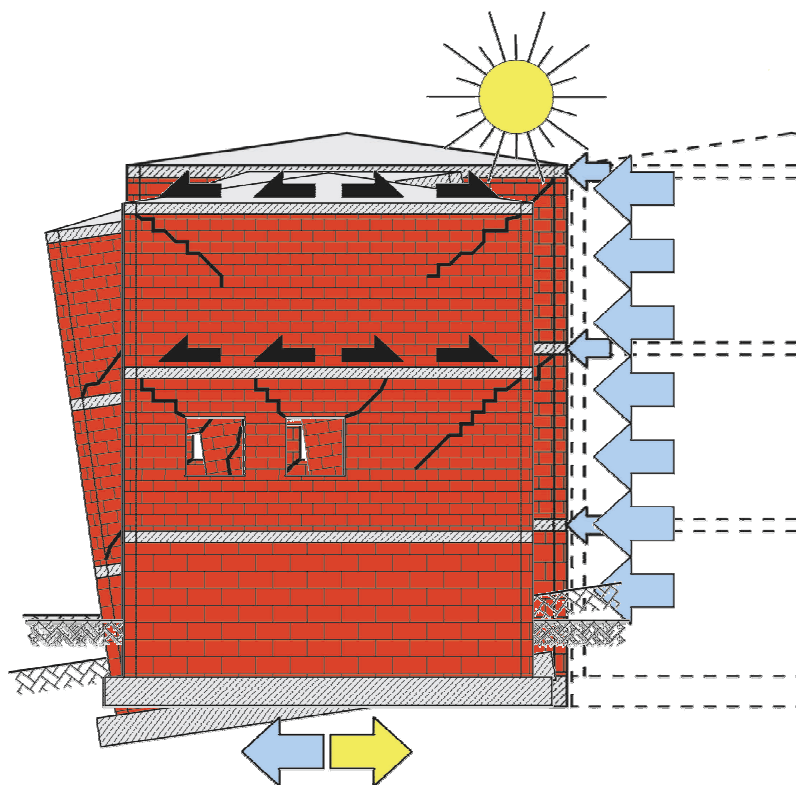
Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010

Ogólny
algorytm
postępowania

Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE ŚCINANIE



✦ *wiatr*

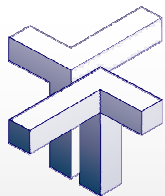
✦ *wpływy termiczne*

✦ *wpływy geotechniczne*

✦ *wpływy sejsmiczne*

✦ *wpływy reologiczne*

✦ *oddziaływania budowli*



Informacje ogólne

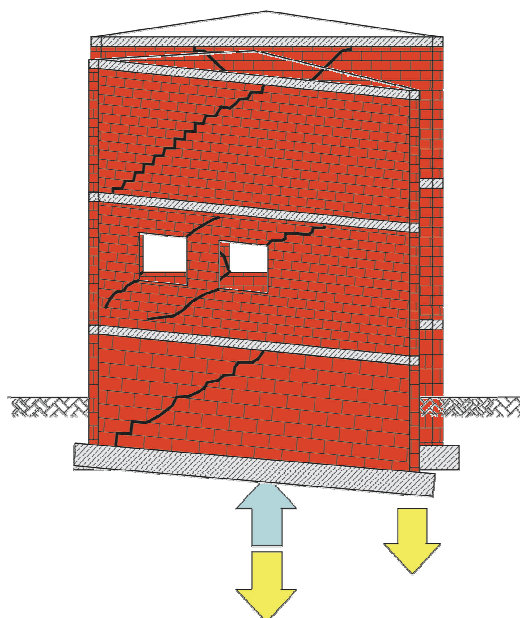
Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010

Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010

Ogólny
algorytm
postępowania

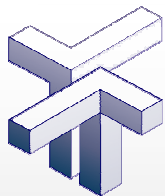
Podsumowanie

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE ŚCINANIE



✦ *nierównomierne
przemieszczenia fundamentów*

✦ *wstrząsy parasejsmiczne*



CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE ŚCINANIE

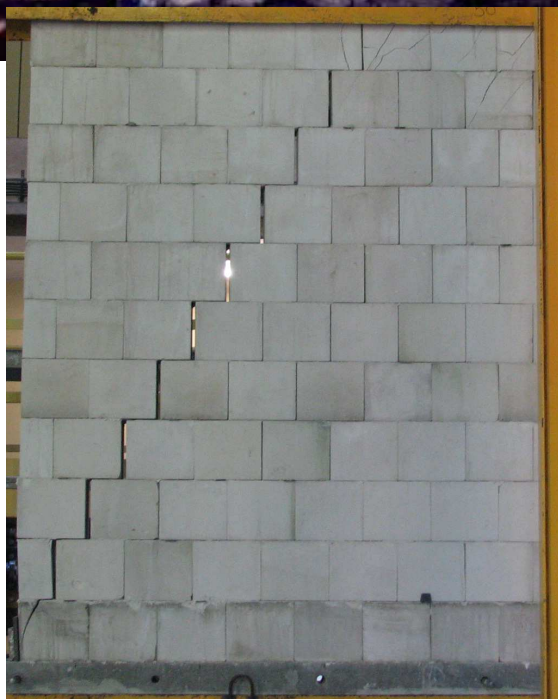
Informacje ogólne

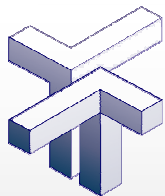
**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie





Informacje ogólne

Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010

Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010

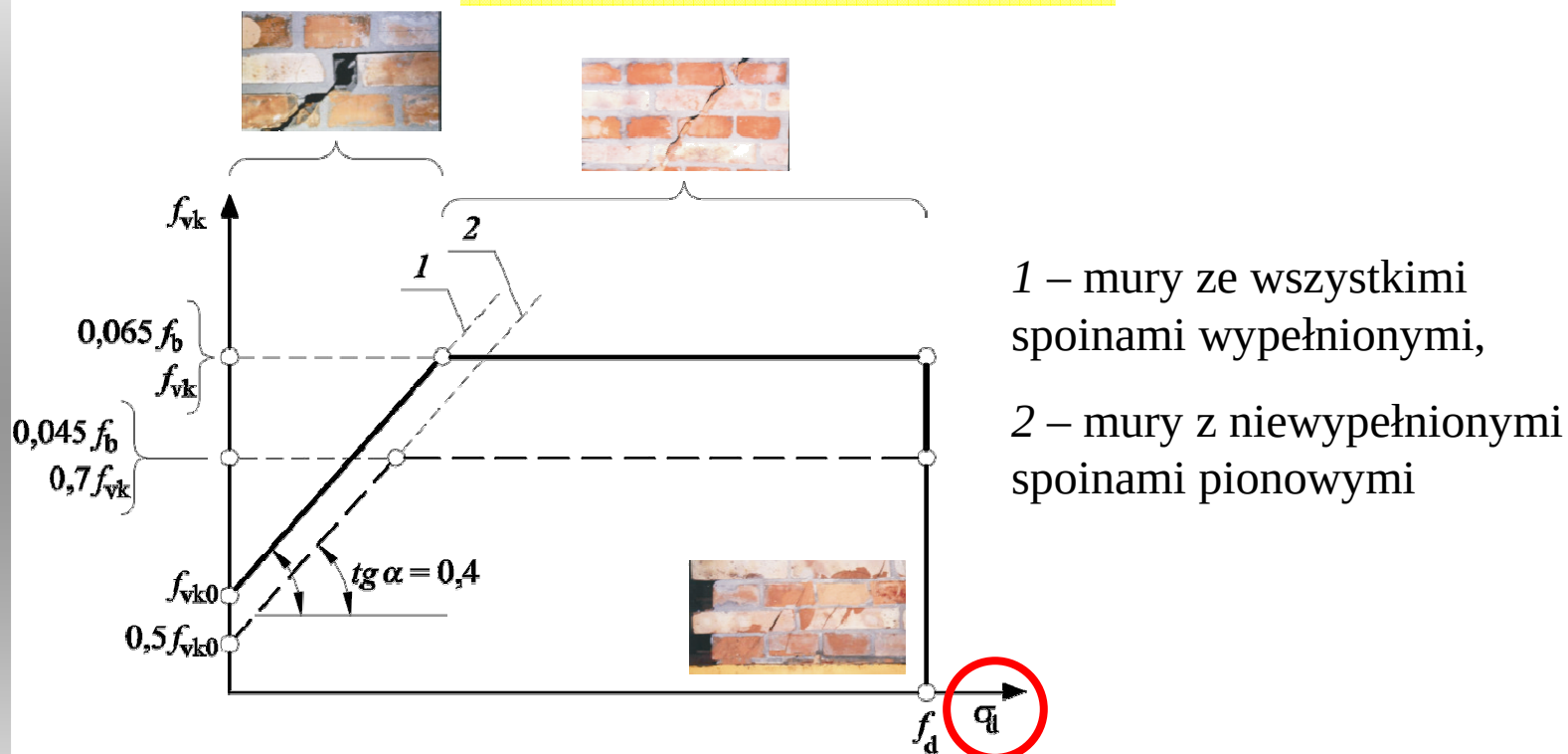
Ogólny
algorytm
postępowania

Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

NORMOWE KRYTERIUM WYTRZYMAŁOŚCIOWE

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4\sigma_d \leq \begin{cases} 0,065 f_b \text{ lub } 0,045 f_b \\ f_{vk} \end{cases}$$

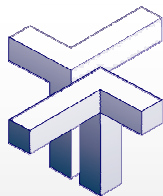


f_{vk0} - charakterystyczna wytrzymałość na ścinanie przy zerowych naprężeniach ściskających,

f_{vk} - ograniczenie wytrzymałości muru na ścinanie,

σ_d - obliczeniowa wartość naprężeń ściskających (prostopadłych do spoin wspornych),

f_b - znormalizowana wytrzymałość na ściskanie elementów murowych.



Informacje ogólne

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

PN-EN 1996-1-1:2010

6.2 Niezbrojone ściany murowe poddane obciążeniom ścinającym

(1) P W stanie granicznym nośności, obciążenie obliczeniowe ścinające działające na ścianę murową, V_{Ed} , nie powinno być większe od nośności obliczeniowej na ścinanie ściany, V_{Rd}

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} \quad (6.12)$$

(2) Nośność obliczeniowa na ścinanie określona jest wzorem

$$V_{Rd} = f_{vd} t l_c \quad (6.13)$$

gdzie:

f_{vd} wytrzymałość obliczeniowa muru na ścinanie, otrzymana z 2.4.1 i 3.6.2, dla średnich naprężeń pionowych nad ściskaną częścią ściany, dla której ustalana jest nośność na ścinanie;

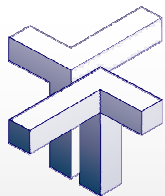
t grubość ściany przenoszącej ścinanie;

l_c długość ściskanej części ściany, z pominięciem rozciąganej części ściany.

(3) Długość ściskanej części ściany, l_c , należy obliczać przyjmując liniowy rozkład naprężeń ściskających oraz uwzględniając wszystkie otwory, bruzdy i wnęki. Przy ustalaniu przekroju ściany, dla którego obliczana jest nośność na ścinanie, nie należy brać pod uwagę części ściany poddanej rozciąganiu.

(4) P Połączenia pomiędzy ścianami usztywniającymi i półkami ścian poprzecznych należy sprawdzać na ścinanie.

(5) Długość ściskanej części ściany należy sprawdzać na działające na nią obciążenia pionowe i pionową składową obciążenia ścinającego.



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

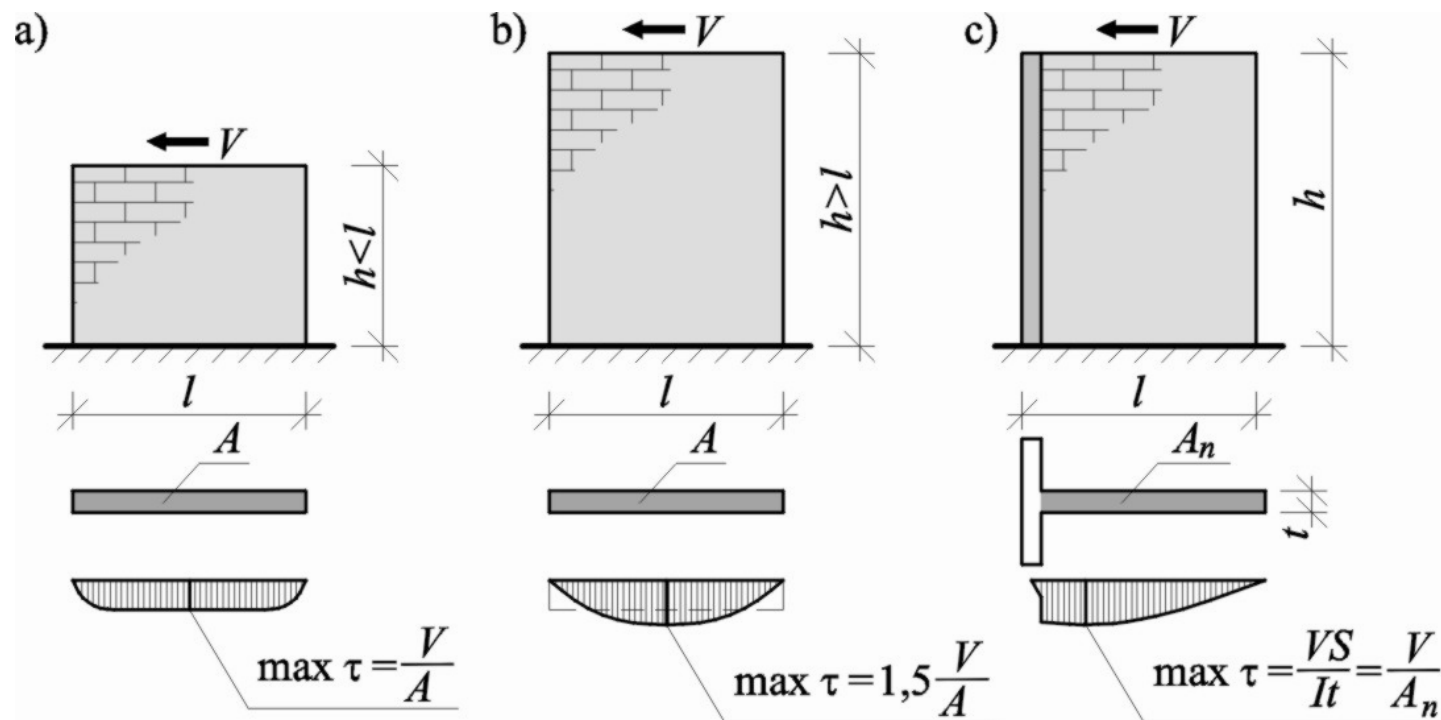
**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

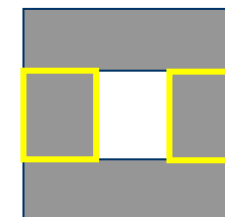
- wpływ wymiarów ściany (h / l) na rozkład naprężeń stycznych,

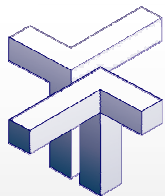
W stanie granicznym uplastycznieniu ulega cały przekrój ściany dlatego rozkład naprężeń stycznych nie ma znaczenia. Kształt bryły naprężeń stycznych ma znaczenie przy określaniu SLS.



- obecność otworów,

rozpatruje się każdy fragment ściany oddzielnie





**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

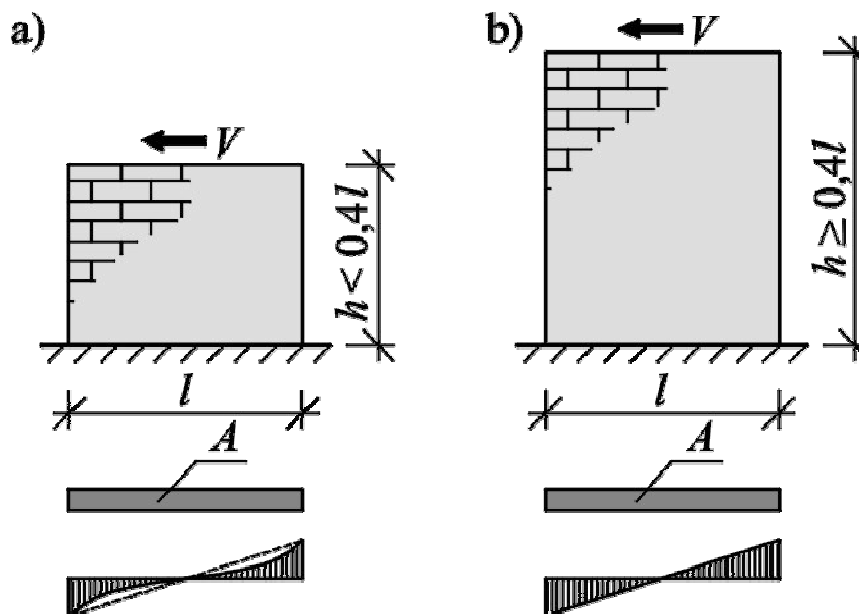
**Ogólny
algorytm
postępowania**

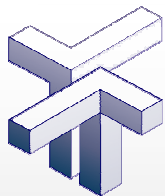
Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

- wpływ wymiarów ściany (h / l) na rozkład naprężeń normalnych

W ścianach smukłych o proporcjach wymiarów $h/l \geq 0,4$ występuje liniowy rozkład naprężeń.





**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

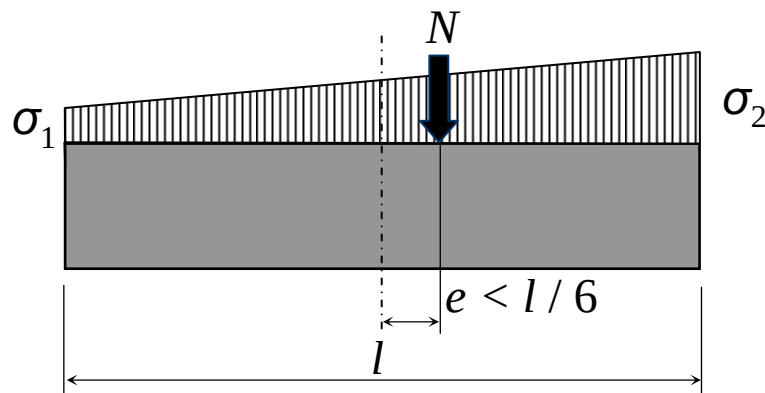
**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

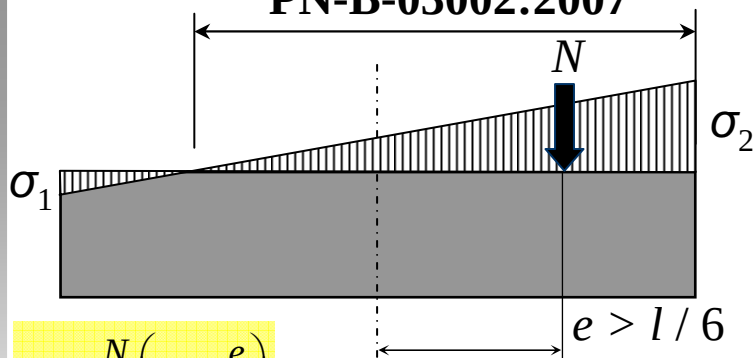
Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

- rozkład naprężeń normalnych w poprzecznym przekroju ściany ($h/l \geq 0,4$)

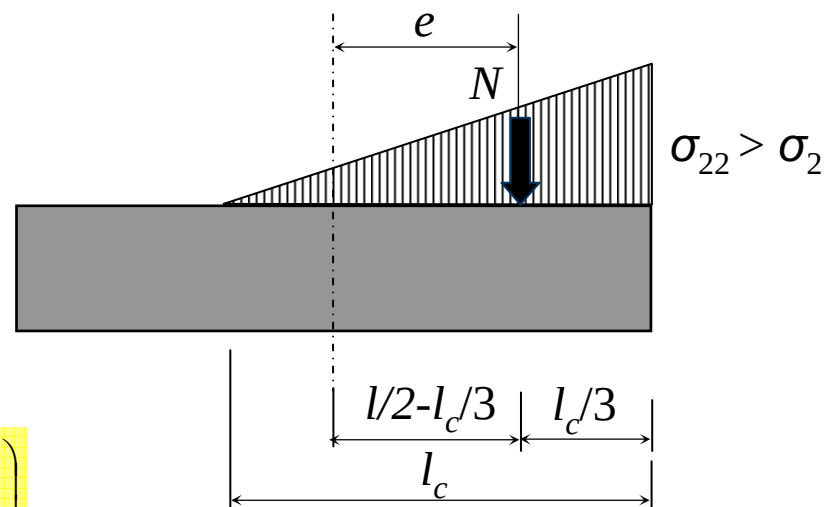


**PN-B-03002:1999,
PN-B-03002:2007**



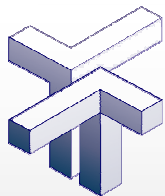
$$\sigma_1 = \frac{N}{A} \left(1 - 6 \frac{e}{l} \right)$$

$$\sigma_2 = \frac{N}{A} \left(1 + 6 \frac{e}{l} \right)$$



$$e = \left(\frac{1}{2} - \frac{l_c}{3} \right) \Rightarrow l_c = \frac{3}{2} (l - 2e)$$

$$\sigma_{22} = \frac{1}{3} \frac{N}{A} \left(1 - 2 \frac{e}{l} \right)$$



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

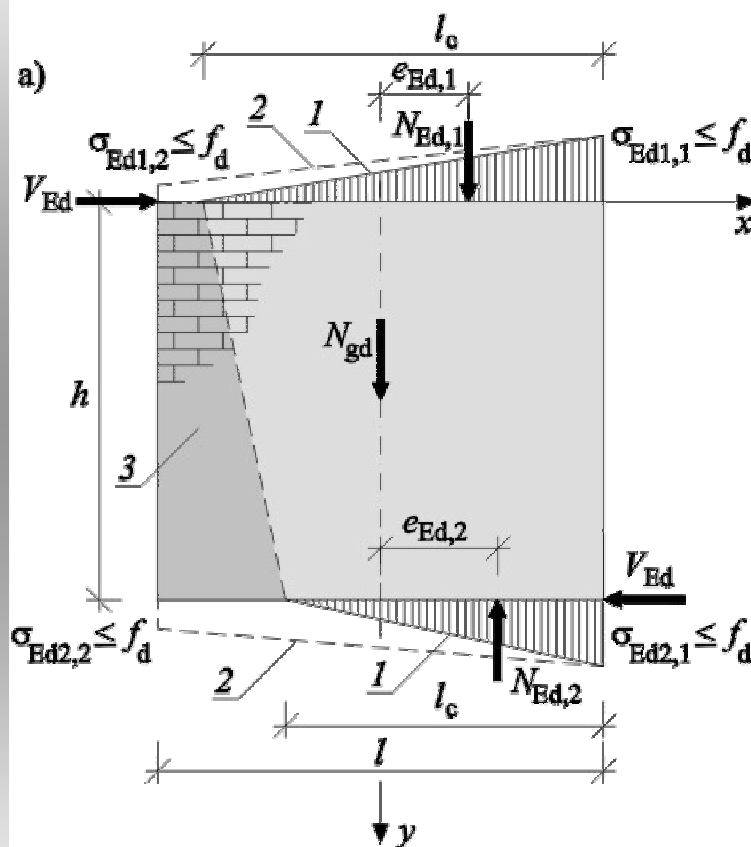
**Podsumowanie
ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

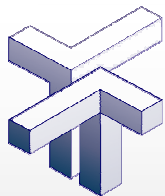
- model ściany

a) model wspornikowy



$$|M_{Ed,2}| > |M_{Ed,1}|$$

1 – trójkątny wykres naprężeń ściskających, 2 – trapezowy wykres naprężeń ściskających, 3 – strefa rozciągana pomijana w obliczeniach



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

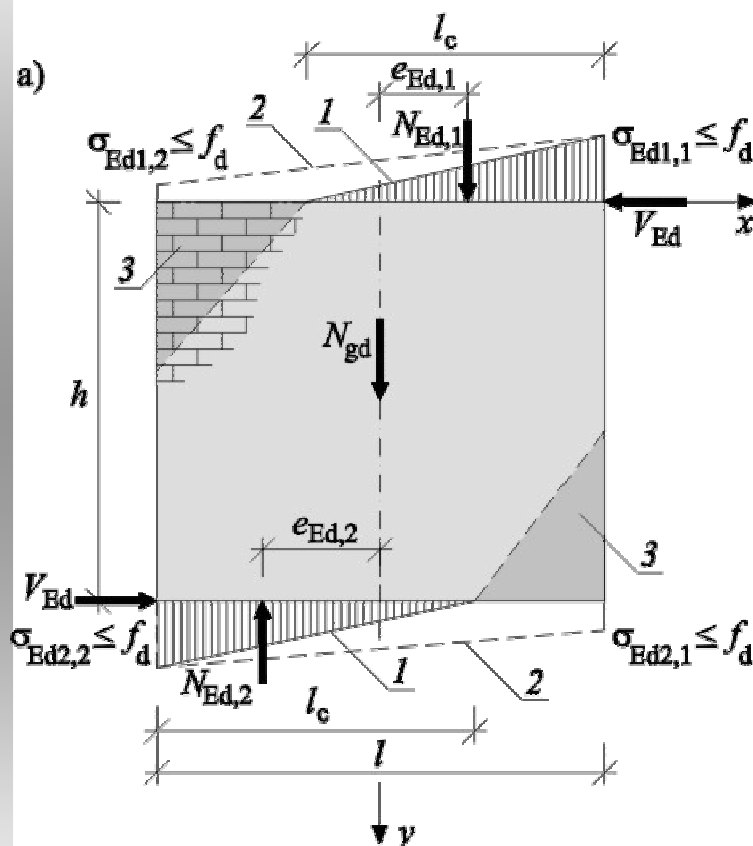
**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

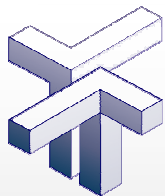
- model ściany

a) model częściowo-utwierdzony



$$|M_{Ed,2}| \geq |M_{Ed,1}|$$

$$|M_{Ed,2}| < |M_{Ed,1}|$$



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

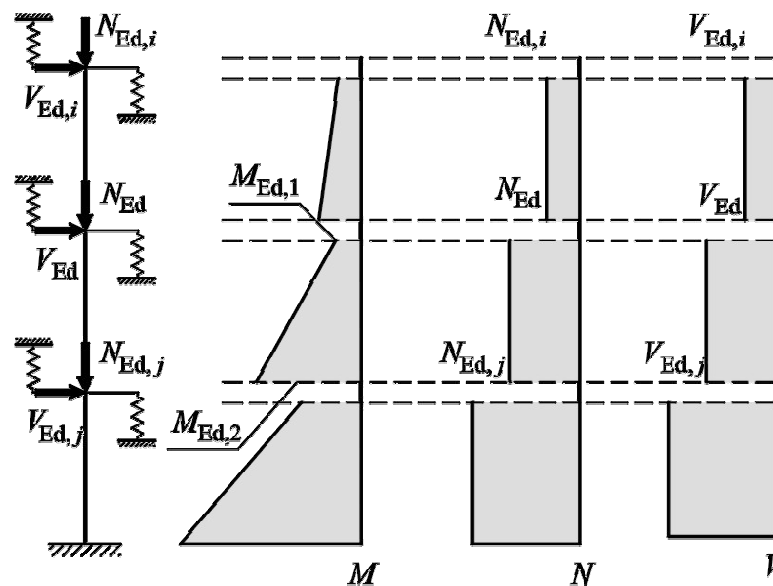
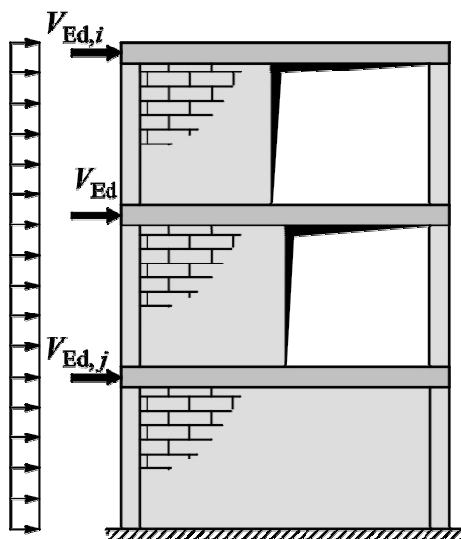
**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

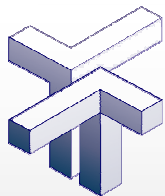
**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

• model ściany





Informacje
ogólne

Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010

Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010

Ogólny
algorytm
postępowania

Podsumowanie

WARUNKI ULS ŚCIANY NA ŚCINANIE

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = \min \left\{ \frac{(kf_{vk0} + 0,4\sigma_d) t l_c}{\gamma_M \gamma_{Rd}}, \frac{f_{vk} t l_c}{\gamma_M \gamma_{Rd}} \right\}$$

k – współczynnik uwzględniający wpływ wypełnienia zaprawą spoin pionowych i obecności spoin pasmowych równy

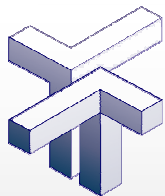
$k = 1,0$ w przypadku spoin czołowych wypełnionych zaprawą,

$k = 0,5$ w przypadku spoin czołowych bez wypełniania,

$k = g/t$ przy stosowaniu spoin pasmowych i spoin czołowych wypełnionych zaprawą,

$k = 0,5g/t$ przy stosowaniu spoin pasmowych i spoin czołowych bez wypełnienia zaprawą.

nieznana długość strefy ściskanej l_c wymaga oddzielnego analizowania przekroju niezarysowanego (z trapezowym wykresem naprężeń normalnych) i zarysowanego (z trójkątnym wykresem naprężeń normalnych)



**Informacje
ogólne**

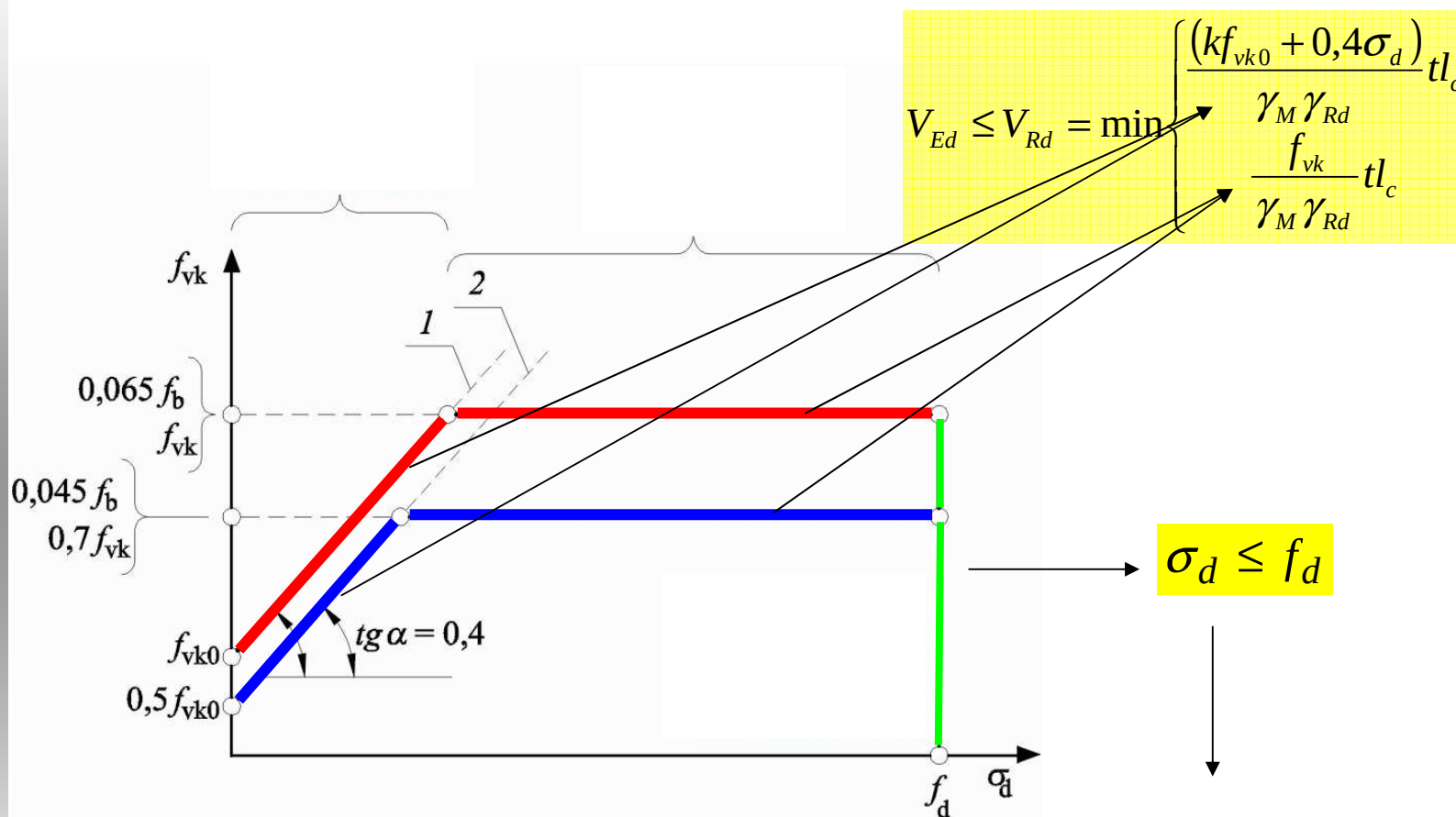
**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

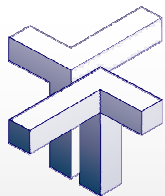
**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6



Ograniczenie naprężeń normalnych
przy krawędzi ściany
zginanie ściany w płaszczyźnie



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

POZIOMA SIŁA POWODUJĄCA ZARYSOWANIE PRZEKROJU

W dowolnym przekroju ściany np. przekroju dolnym odległym o $y = h$ od górnej krawędzi oblicza się wartość siły powodującej zarysowanie.

Należy uwzględnić kierunek działania poziomej siły V_{Ed} oraz mimośród e_{Ed1} pionowej siły $N_{Ed,1}$ na górnej krawędzi ściany.

$$V_{Ed,cr} = \pm \frac{l}{6h} \left[N_{Ed,1} \pm \frac{6N_{Ed,1}e_{Ed,1}}{l} \right]$$

''+''' gdy $V_{Ed} > 0$,

''-'' gdy $V_{Ed} < 0$,

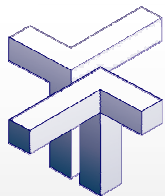
''-'' gdy $e_{Ed,1} < 0$,

''+''' gdy $e_{Ed} > 0$,

Jeżeli $V_{Ed} \leq V_{Ed,cr}$ w całym przekroju ściany wystąpią naprężenia ściskające (trapezowy wykres naprężeń normalnych).

Jeżeli $V_{Ed} \geq V_{Ed,cr}$ wtedy występuje zarysowanie (trójkątny wykres naprężeń na długości l_c).

Na górnej krawędzi ściany wystarczy sprawdzić wielkości mimośrodu. Zarysowanie przekroju wystąpi jeżeli $|e_{Ed,1}| > l/6$.



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

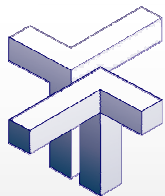
ŚCINANIE W PRZEKROJU NIEZARYSOWANYM

Przyjmując, że długość strefy ściskanej przekroju wynosi $l_c = l$ i rozwijając warunki ULS uzyskuje się

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{(kf_{vk0} + 0,4\sigma_d)}{\gamma_M \gamma_{Rd}} tl_c \\ \frac{f_{vk}}{\gamma_M \gamma_{Rd}} tl_c \end{array} \right. \Rightarrow V_{Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} V_{Rd1} = \frac{kf_{vk0}tl + 0,4N_{Ed,2}}{\gamma_M \gamma_{Rd}} \\ V_{Rd1,max} = \frac{f_{vk}tl}{\gamma_M \gamma_{Rd}} \end{array} \right.$$

siła pionowa w dowolnym przekroju ściany,
np. na dolnej krawędzi

$V_{Rd1,max}$ jest niezależna od obciążeń.



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

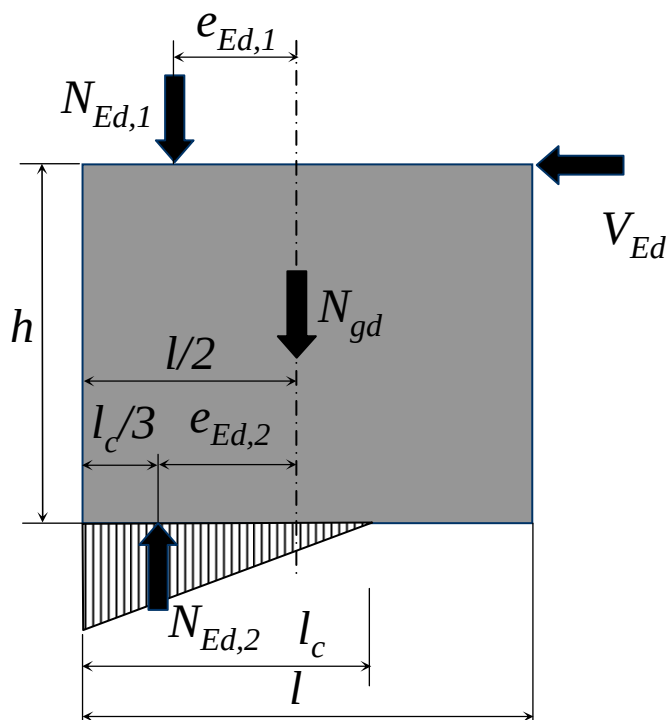
**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

ŚCINANIE W PRZĘKROJU ZARYSOWANYM

Po zarysowaniu, przy założeniu, że w przekroju występuje liniowy rozkład naprężeń ściskających w równaniach ULS oprócz poszukiwanej nośności na ścinanie V_{Rd} niewiadomą jest jeszcze długość strefy ściskanej przekroju l_c .

Rozpatruje się warunki równowagi sił i momentów względem połowy długości krawędzi ściany odległej o h od górnej krawędzi.

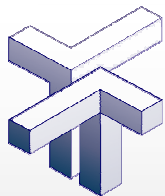


$$N_{Ed,1} + N_{gd} - N_{Ed,2} = 0$$

$$N_{Ed,2} \left(\frac{l}{2} - \frac{l_c}{3} \right) + N_{Ed,1} e_{Ed,1} - V_{Rd} h = 0$$

$$l_c = 3 \left(\frac{l}{2} - \frac{\pm V_{Ed} h \pm N_{Ed,1} e_{Ed,1}}{N_{Ed,2}} \right)$$

„znaki” ustala się w zależności od kierunku działania siły V_{Ed} lub mimośrod $e_{Ed,1}$



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

ŚCINANIE W PRZEKROJU ZARYSOWANYM

Uwzględniając w równaniach ULS długość strefy ściskanej l_c otrzymuje się

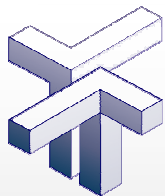
$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = \min \left\{ \frac{(kf_{vk0} + 0,4\sigma_d) t l_c}{\gamma_M \gamma_{Rd}}, \frac{f_{vk}}{\gamma_M \gamma_{Rd}} t l_c \right\} \rightarrow l_c = 3 \left(\frac{l}{2} - \frac{\pm V_{Ed} h \pm N_{Ed,1} e_{Ed,1}}{N_{Ed,2}} \right)$$

$$V_{Ed} = V_{Rd2}$$

$$V_{Ed} = V_{Rd2,max}$$

$$V_{Rd} = \min \left\{ \begin{aligned} V_{Rd2} &= \pm \frac{1}{\gamma_M \gamma_{Rd}} \left(kf_{vk0} t 3 \left(\frac{l}{2} - \frac{\pm V_{Ed} h \pm N_{Ed,1} e_{Ed,1}}{N_{Ed,2}} \right) + 0,4 N_{Ed,2} \right) \\ V_{Rd2,max} &= \pm \frac{3 f_{vk} t}{\gamma_M \gamma_{Rd}} \left(\frac{l}{2} - \frac{\pm V_{Ed} h \pm N_{Ed,1} e_{Ed,1}}{N_{Ed,2}} \right) \end{aligned} \right.$$

$$V_{Rd} = \min \left\{ \begin{aligned} V_{Rd2} &= \pm \frac{0,5 \pm \frac{N_{Ed,1} e_{Ed,1}}{N_{Ed,2} l} + \frac{0,4 N_{Ed,2}}{3 k f_{vk0} t l}}{\left(\frac{\gamma_M \gamma_{Rd}}{3 k f_{vk0} t l} + \frac{h}{N_{Ed,2} l} \right)} \\ V_{Rd2,max} &= \pm \frac{0,5 \pm \frac{N_{Ed,1} e_{Ed,1}}{N_{Ed,2} l}}{\left(\frac{\gamma_M \gamma_{Rd}}{3 f_{vk} t l} + \frac{h}{N_{Ed,2} l} \right)} \end{aligned} \right.$$



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

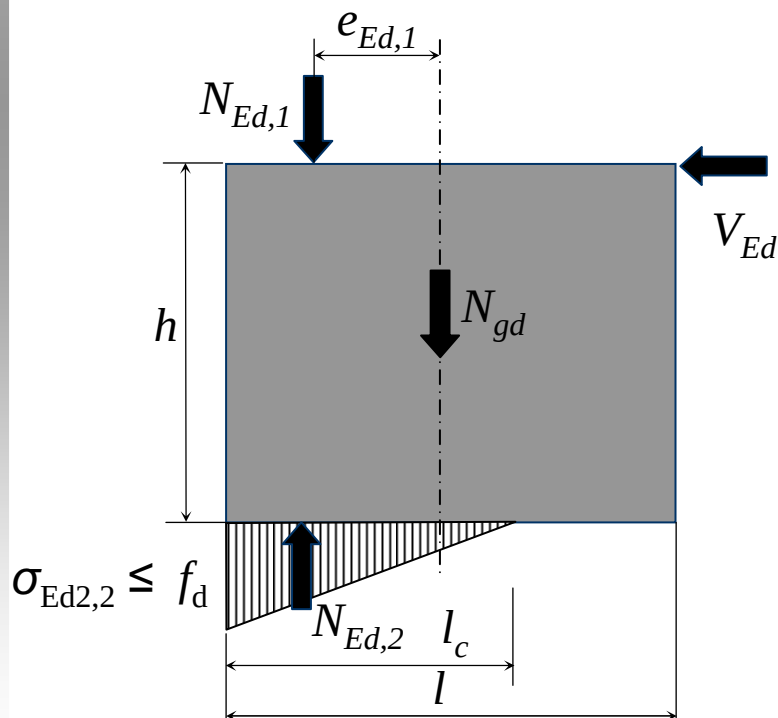
Podsumowanie

ZGINANIE W ŚCIANY W PŁASZCZYŹNIE

W rozpatrywanym przekroju ściany każdorazowo spełnić należy warunek nieprzekroczenia maksymalnych naprężeń ściskających.

• PRZEKRÓJ ZARYSOWANY

Z trójkątnym wykresem naprężeń ściskających

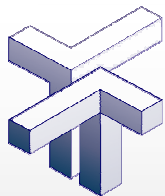


$$\sigma_{Ed2,2} = \frac{2N_{Ed,2}}{3 \left(\frac{l}{2} - \frac{\pm V_{Ed} l}{N_{Ed,2}} \pm \frac{N_{Ed,1} e_{Ed,1}}{N_{Ed,2}} \right) t} \leq f_d$$

$$V_{Ed} = V_{Rd,m,1}$$



$$V_{Rd,m,1} = \pm \frac{1}{h} \left[N_{Ed,2} \left(\frac{l}{2} - \frac{2N_{Ed,2}}{3f_d t} \right) \mp N_{Ed,1} e_{Ed,1} \right]$$



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

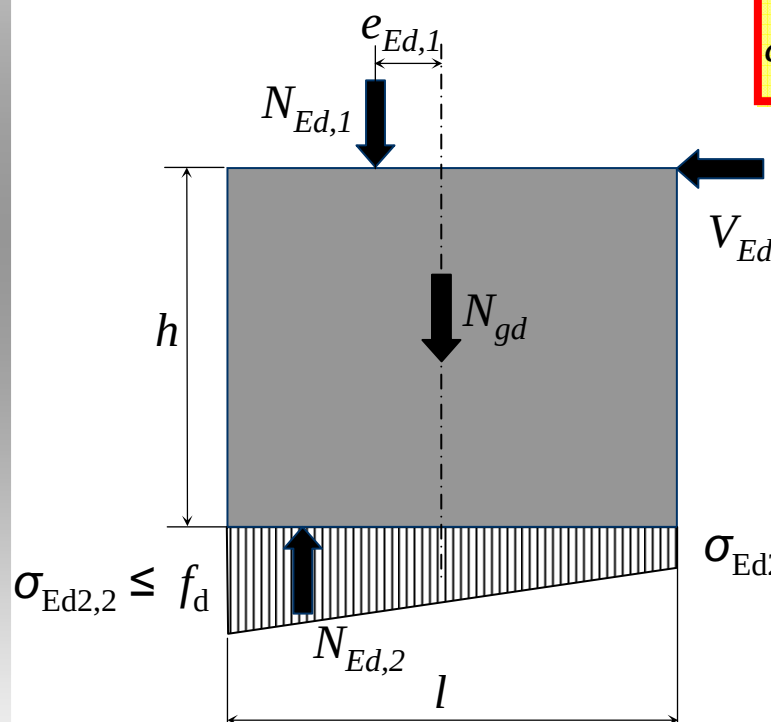
**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

ZGINANIE W ŚCIANY W PŁASZCZYŹNIE

PRZEKRÓJ NIEZARYSOWANY

Z trapezowym wykresem naprężeń ściskających



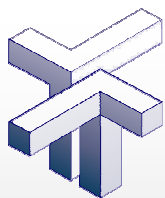
$$\sigma_{Ed2,1} = \frac{N_{Ed,1} + N_{gd}}{tl} - \frac{6(V_{Ed}h \pm N_{Ed,1}e_{Ed,1})}{tl^2} \leq f_d$$

$$\sigma_{Ed2,2} = \frac{N_{Ed,1} + N_{gd}}{tl} + \frac{6(V_{Ed}h \pm N_{Ed,1}e_{Ed,1})}{tl^2} \leq f_d$$

Wystarczy ograniczyć naprężania przy krawędzi bardziej ściskanej do wartości f_d

$$V_{Ed} = V_{Rd,m,2}$$

$$V_{Rd,m,2} = \pm \frac{1}{h} \left[\frac{1}{6} (f_d t l^2 - N_{Ed,2} l) \mp N_{Ed,1} e_{Ed,1} \right]$$



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

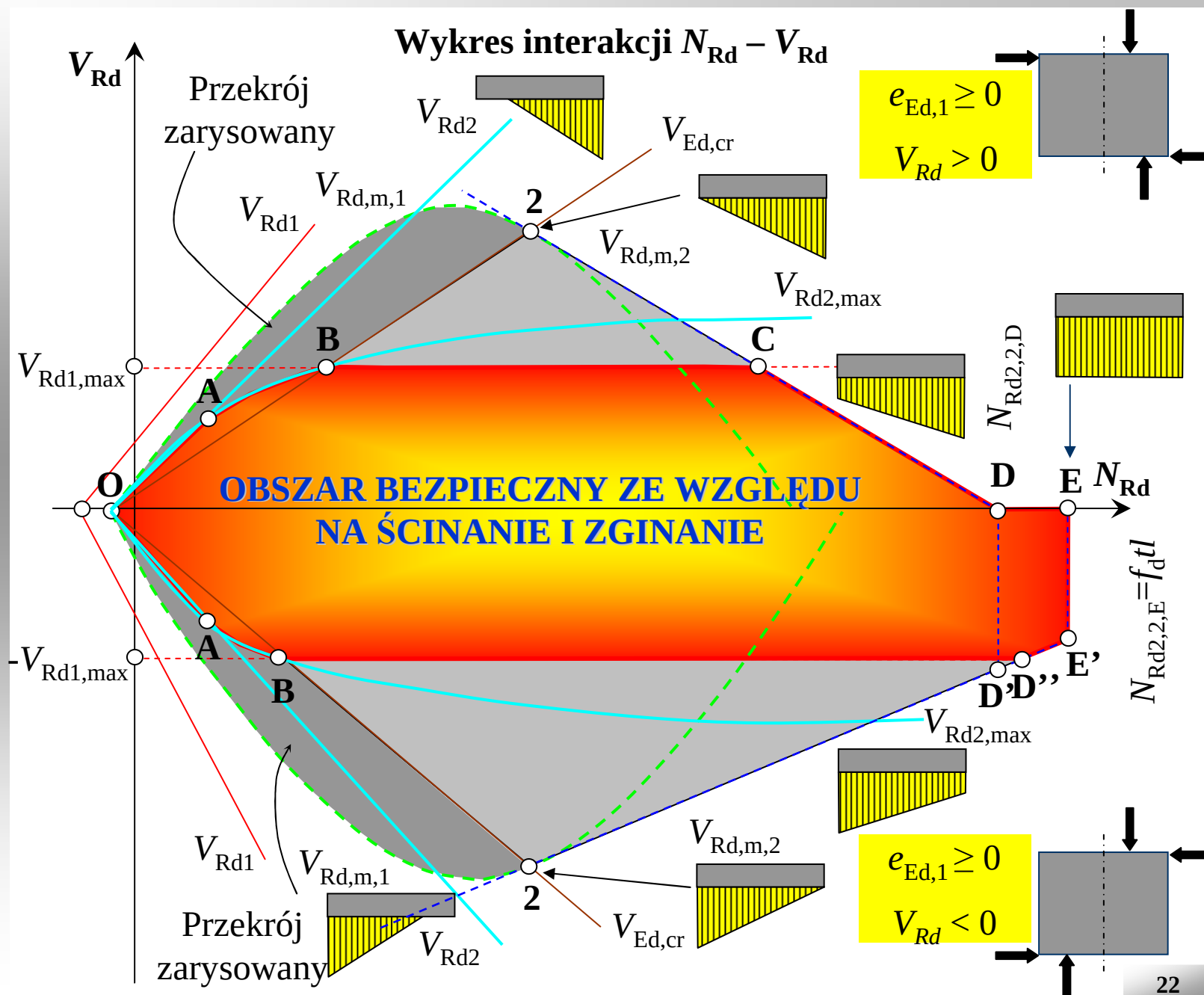
**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

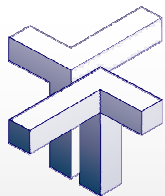
**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

2016-03-20

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6





$e_{Ed,1} = \text{const}$

$h / l = \text{const}$

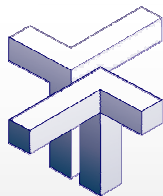
**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

PN-EN 1996-3:2010

4.4 Uproszczona metoda obliczania ścian poddanych ścinaniu

4.4.1 Sprawdzenie nośności ścian poddanych ścinaniu

(1) P W stanie granicznym nośności sprawdzić należy warunek

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} \quad (4.9)$$

gdzie:

V_{Ed} siła ścinająca w ścianie, wywołana obciążeniem obliczeniowym,

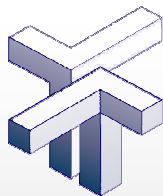
V_{Rd} nośność obliczeniowa ściany na ścinanie.

UWAGA: Uproszczoną metodę obliczania ścian poddanych ścinaniu w budynkach o wysokości nie większej niż 3 kondygnacje podano w Załączniku A punkt A3.

4.4.2 Nośność obliczeniowa ścian na ścinanie

(1) Nośność obliczeniową na ścinanie, V_{Rd} , dla ścian o przekroju prostokątnym można wyznaczyć ze wzoru

$$V_{Rd} = c_v \left[\frac{l}{2} - e_{Ed} \right] t f_{vdo} + 0,4 \frac{N_{Ed}}{\gamma_M} \leq 3 \left[\frac{l}{2} - e_{Ed} \right] t f_{vdu} \quad (4.10a)$$



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

Załącznik A (informacyjny)

Uproszczona metoda obliczania niezbrojonych ścian murowych budynków o wysokości nie większej niż 3 kondygnacje

A.1 Ogólne warunki stosowania

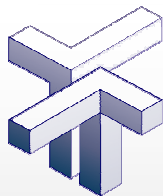
(1) Uproszczoną metodę obliczania podaną w niniejszym załączniku można stosować przy projektowaniu budynków, jeżeli spełnione są następujące warunki:

- wysokość budynku nie przekracza 3 kondygnacji nadziemnych;
- ściany są usztywnione w kierunku poziomym na działanie obciążeń prostopadłych do swojej płaszczyzny za pomocą stropów i dachu, albo samych stropów i dachu lub w inny odpowiedni sposób, na przykład wieńców o odpowiedniej sztywności;
- stropy i dach opierają się na ścianie na co najmniej $2/3$ grubości ściany i nie mniej niż 85 mm;
- wysokość kondygnacji w świetle nie przekracza 3,0 m;
- minimalny wymiar ściany w rzucie wynosi co najmniej $1/3$ wysokości ściany;
- obciążenie charakterystyczne zmienne na stropie i dachu nie przekracza $5,0 \text{ kN/m}^2$;
- maksymalna rozpiętość stropu w świetle wynosi 6,0 m;
- maksymalna rozpiętość dachu w świetle wynosi 6,0 m, z wyjątkiem lekkich konstrukcji dachowych o rozpiętości nie przekraczającej 12,0 m;
- współczynnik smukłości, $h_{\text{ef}}/t_{\text{ef}}$, dla ścian wewnętrznych i zewnętrznych nie przekracza 21,

gdzie:

h_{ef} wysokość efektywna ściany zgodnie z 4.2.2.4;

t_{ef} grubość efektywna ściany zgodnie z 4.2.2.3.



Informacje ogólne

Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010

Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010

Ogólny
algorytm
postępowania

Podsumowanie

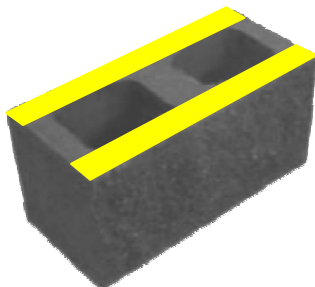
PN-EN 1996-3:2010

gdzie:

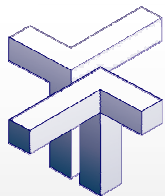
- c_v współczynnik równy 3 dla muru z wypełnionymi spoinami pionowymi lub 1,5 dla muru z niewypełnionymi spoinami pionowymi;
- l długość ściany w kierunku jej zginania;
- e_{Ed} mimośród ściskającego obciążenia w rozpatrywanym przekroju poprzecznym,
 $e_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$ nie mniej niż $l/6$ → **przekrój zarysowany** (4.10b)
- M_{Ed} moment obliczeniowy w rozpatrywanym przekroju poprzecznym;
- N_{Ed} obciążenie obliczeniowe ściskające w rozpatrywanym przekroju poprzecznym;
- t grubość ściany;
- f_{vdo} początkowa wytrzymałość obliczeniowa muru na ścinanie równa, zgodnie z 3.4, wartości f_{vko} , podzielonej przez γ_M ;
- f_{vdu} wytrzymałość obliczeniowa muru na ścinanie zgodnie z EN 1996-1-1:2005/ 3.6.2(3) i 3.6.2(4).

UWAGA: Ograniczenia wytrzymałości muru na ścinanie podano w EN 1996-1-1:2005.

(2) Równanie (4.10a) stosuje się, gdy:

- mur nie jest wykonywany ze spoinami pasmowymi → 
- zaprawa jest:
 - zaprawą zwykłą zgodnie z EN 1996-1-1:2005, 3.2;
 - zaprawą do cienkich spoin o grubości 0,5 mm do 3,0 mm zgodnie z EN 998-2, lub;
 - zaprawą lekką zgodnie z EN 998-2;
- zaprawa spoin spełnia wymagania EN 1996-1-1:2005, 8.1.5;

- $N_{Ed} \leq 0,5 l t f_d$ → **ograniczenie siły pionowej**



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

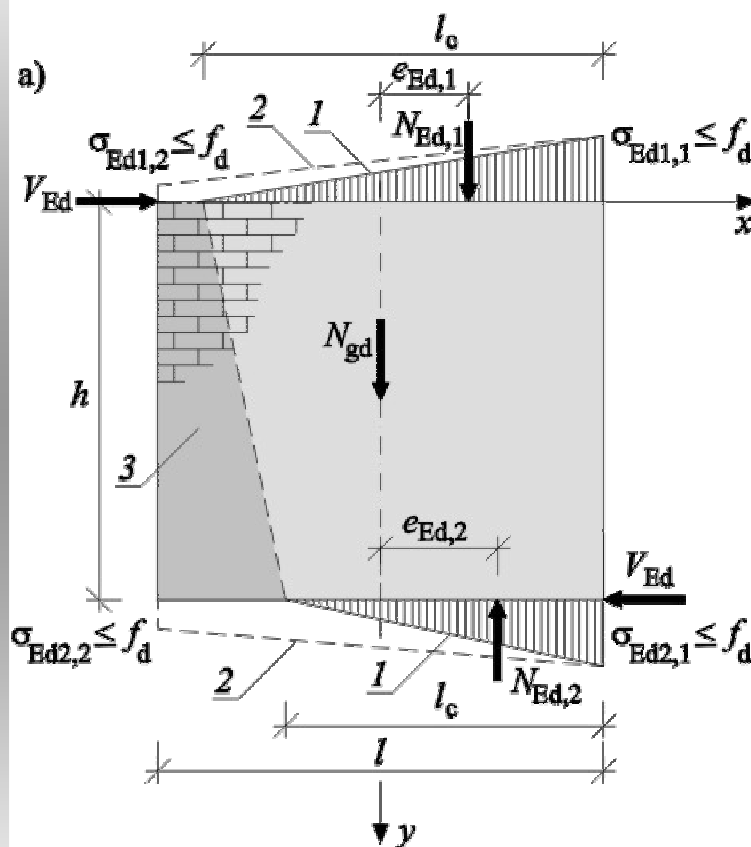
**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

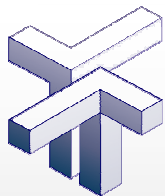
- model ściany

a) model wspornikowy



$$|M_{Ed,2}| > |M_{Ed,1}|$$

1 – trójkątny wykres naprężeń ściskających, 2 – trapezowy wykres naprężeń ściskających, 3 – strefa rozciągana pomijana w obliczeniach



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

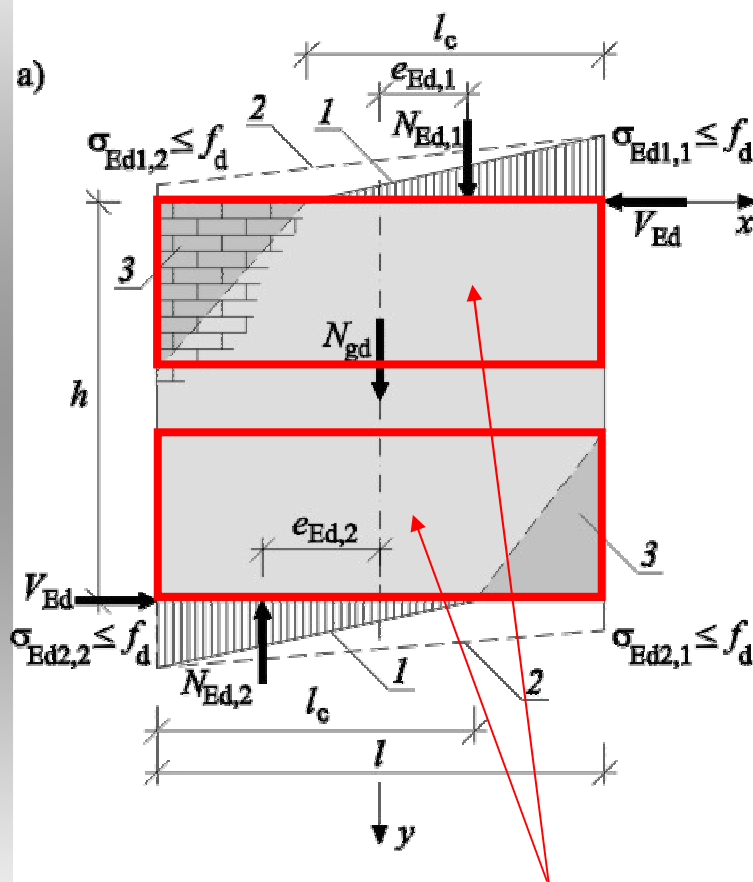
**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

- model ściany

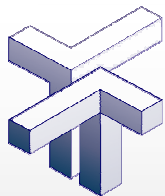
a) model częściowo-utwierdzony



przekrój zarysowany, trójkątny wykres
naprężeń normalnych

$$|M_{Ed,2}| \geq |M_{Ed,1}|$$

$$|M_{Ed,2}| < |M_{Ed,1}|$$



Informacje ogólne

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

WARUNKI ULS ŚCIANY NA ŚCINANIE

$$V_{Rd} = c_v \cdot \left[\frac{l}{2} - e_{Ed,i} \right] \cdot t \cdot f_{vd0} + 0,4 \cdot \frac{N_{Ed,i}}{\gamma_M \gamma_{Rd}} \leq 3 \cdot \left[\frac{l}{2} - e_{Ed,i} \right] \cdot t \cdot f_{vdu}$$

c_v – współczynnik zależny od konstrukcji muru:
 $c_v = 3$ mur z wypełnionymi spoinami czołowymi,
 $c_v = 1,5$ muru z niewypełnionymi spoinami pionowymi,
 $e_{Ed,i}$ – mimośród obciążenia ściskającego w rozpatrywanym przekroju poprzecznym.

Uwzględniając zależność

$$l_c = 3 \left(\frac{l}{2} - \frac{\pm V_{Ed} h \pm N_{Ed,1} e_{Ed,1}}{N_{Ed,2}} \right)$$

Warunki ULS na ścinanie mają postać

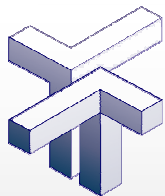
$$V_{Rd} = \min \left\{ \begin{aligned} V_{Rd2} &= \pm \frac{0,5 \pm \frac{N_{Ed,1} e_{Ed,1}}{N_{Ed,2} l} + \frac{0,4 N_{Ed,2}}{c_v f_{vk0} t l}}{\left(\frac{1}{c_v f_{vd0} t l} + \frac{h}{N_{Ed,2} l} \right)} \\ V_{Rd2,max} &= \pm \frac{0,5 \pm \frac{N_{Ed,1} e_{Ed,1}}{N_{Ed,2} l}}{\left(\frac{1}{3 f_{vdu} t l} + \frac{h}{N_{Ed,2} l} \right)} \end{aligned} \right.$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = \min \left\{ \left(k f_{vd0} + 0,4 \frac{\sigma_d}{\gamma_M \gamma_{Rd}} \right) t l_c, f_{vdu} t l_c \right.$$

$$V_{Ed} = V_{Rd2}$$

$$V_{Ed} = V_{Rd2,max}$$

„znaki” ustala się w zależności od kierunku działania siły V_{Ed} lub mimośrodu $e_{Ed,1}$



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

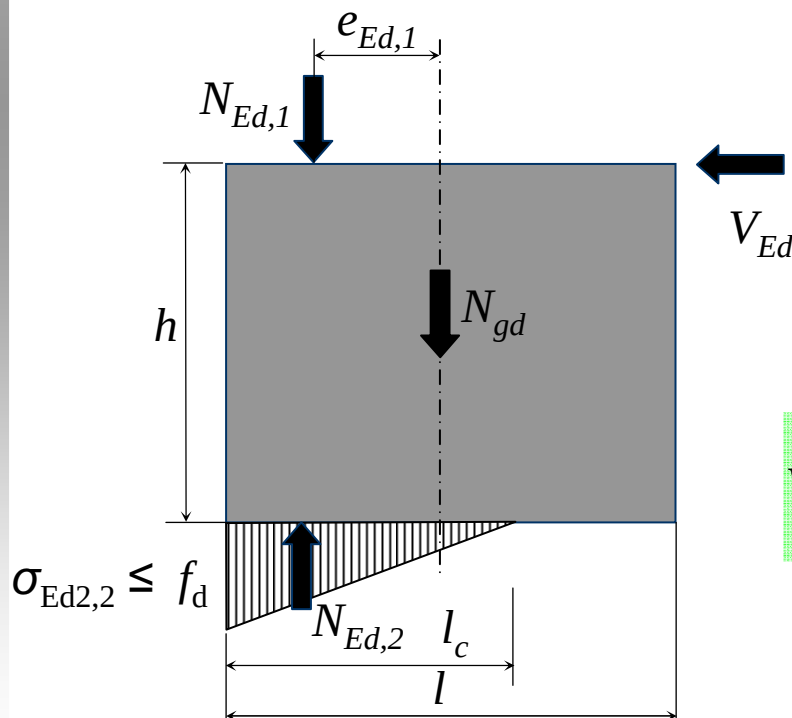
Podsumowanie

ZGINANIE W ŚCIANY W PŁASZCZYŹNIE

Także w PN-EN 1996-3:2010 w sposób jawny nie wspomniano o konieczności sprawdzenia warunków ULS na zginanie muru w płaszczyźnie. Jednak wynika to z przyjęcia identycznego jak PN-EN 1996-1-1:2010 kryterium wytrzymałościowego.

• PRZEKRÓJ ZARYSOWANY

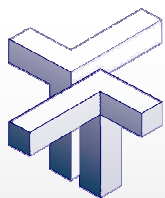
Z trójkątnym wykresem naprężeń ściskających



$$\sigma_{Ed2,2} = \frac{2N_{Ed,2}}{3 \left(\frac{l}{2} - \frac{\pm V_{Ed} t \pm N_{Ed,1} e_{Ed,1}}{N_{Ed,2}} \right) t} \leq f_d$$

$$V_{Ed} = V_{Rd,m,1}$$

$$V_{Rd,m,1} = \pm \frac{1}{h} \left[N_{Ed,2} \left(\frac{l}{2} - \frac{2N_{Ed,2}}{3f_d t} \right) \mp N_{Ed,1} e_{Ed,1} \right]$$



NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

Informacje
ogólne

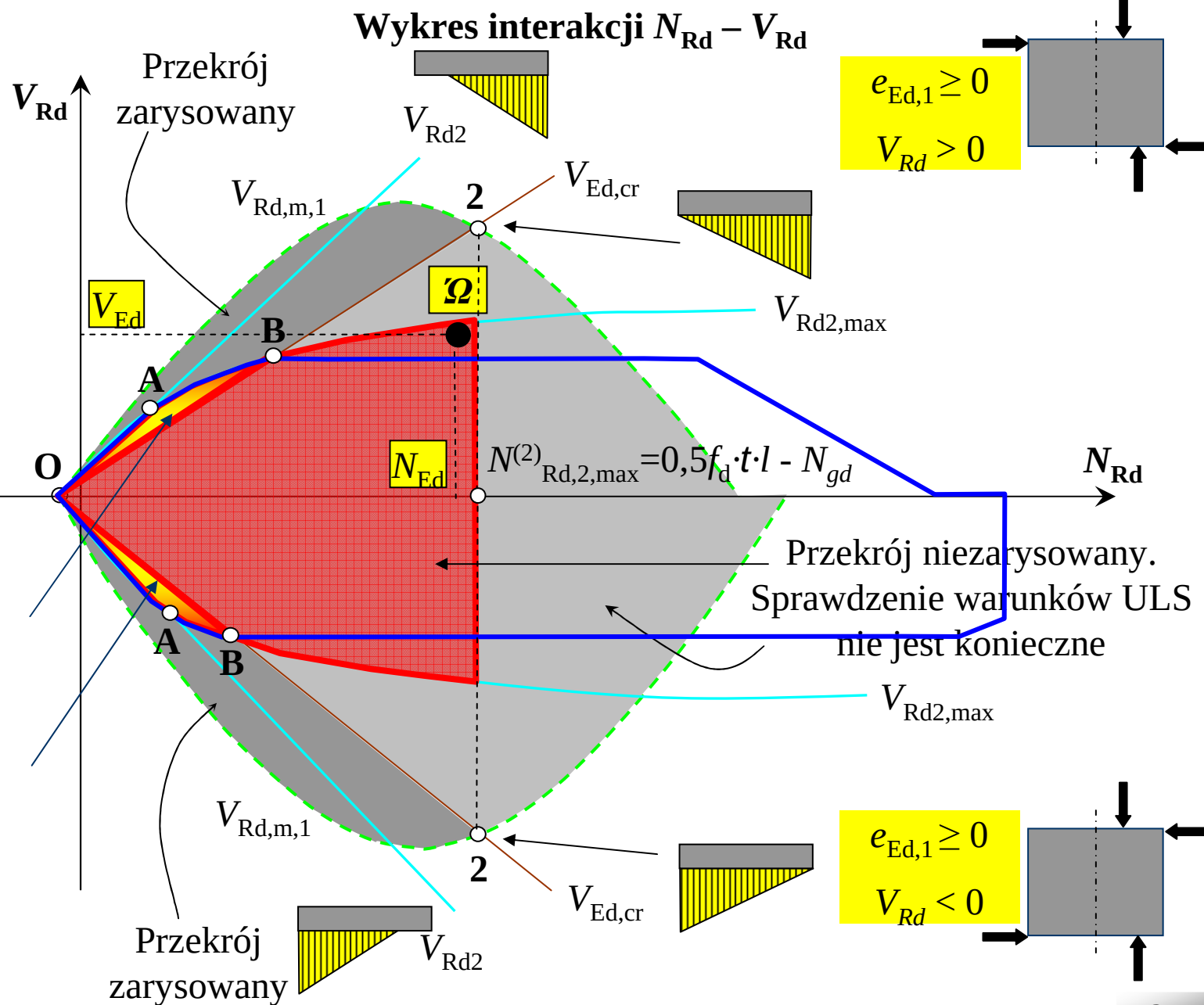
Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010

Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010

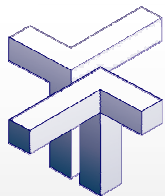
Ogólny
algorytm
postępowania

Podsumowanie

**OBSZAR BEZPIECZNY
ZE WZGLĘDU
NA ŚCINANIE I ZGINANIE**



2016-03-20



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

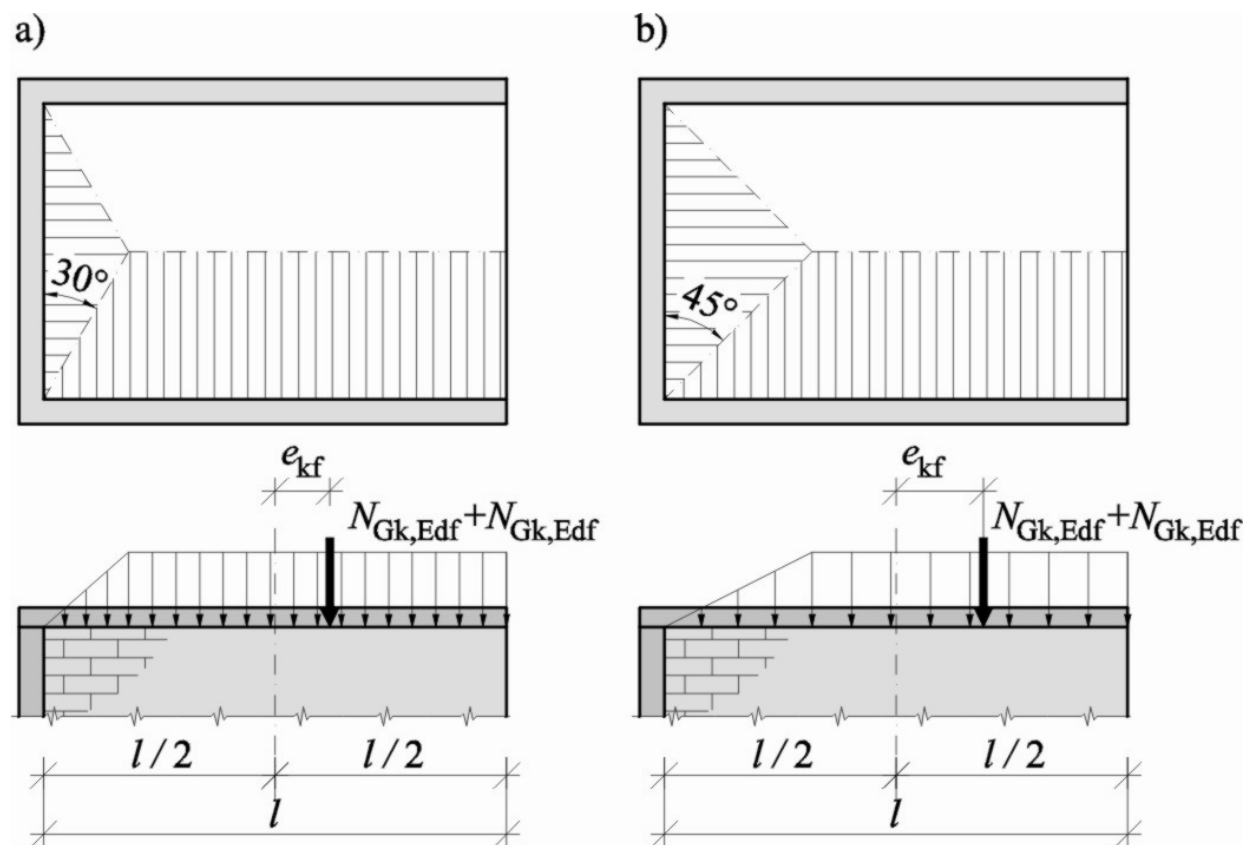
**Ogólny
algorytm
postępowania**

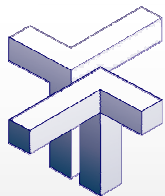
Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

Zewnętrzne oddziaływania i mimośrodry

Obciążenia zestawia się na górną krawędź ściany. Siły osiowe z wyższych kondygnacji przyłożone są w osi ściany, natomiast obciążenia stałe $N_{Gk,Edf}$ i zmienne $N_{Qk,Edf}$ ze stropu przekazywane są na pewnym mimośrodku.





**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

Określenie ekstremalnych wartości sił pionowych działających na ścianę w górnym przekroju

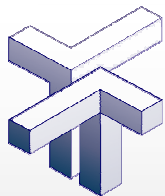
$$N_{Ed,1} = \min, \max \left\{ \begin{array}{l} (6.10a) \Rightarrow \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} (N_{Gk,Edu} + N_{Gk,Edf}) + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} N_{Qk,Edu,1} + \\ + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} (N_{Qk,Edu} + N_{Qk,Edf} \pm N_{Vk,Edu,1}), \\ (6.10b) \Rightarrow \sum_{j \geq 1} \xi \gamma_{G,j} (N_{Gk,Edu} + N_{Gk,Edf}) + \gamma_{Q,1} N_{Qk,Edu,1} + \\ + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} (N_{Qk,Edu} + N_{Qk,Edf} \pm N_{Vk,Edu,1}), \end{array} \right.$$

Ekstremalnym pionowym siłom towarzyszą momenty odpowiadające.

Wartości mimośrodków na górnej krawędzi ściany

$$e_{Ed,1,max} = \frac{M_{Ed,1,od,max}}{N_{Ed,1,max}}$$

$$e_{Ed,1,min} = \frac{M_{Ed,1,od,min}}{N_{Ed,1,min}}$$



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

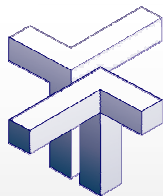
**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

Kombinacje obciążeń i mimośrod

- kombinacja I: $V_{Ed} > 0, (N_{Ed,1,max}, M_{Ed,1,od,max}) \rightarrow e_{Ed,1,max}$,
- kombinacja II: $V_{Ed} > 0, (N_{Ed,1,min}, M_{Ed,1,od,min}) \rightarrow e_{Ed,1,min}$,
- kombinacja III: $V_{Ed} < 0, (N_{Ed,1,max}, M_{Ed,1,od,max}) \rightarrow e_{Ed,1,max}$,
- kombinacja IV: $V_{Ed} < 0, (N_{Ed,1,min}, M_{Ed,1,od,min}) \rightarrow e_{Ed,1,min}$.

**Wartości sił i momentów w dowolnym przekroju ściany
oblicza się na podstawie obciążeń występujących na górnej
krawędzi ściany**



**Informacje
ogólne**

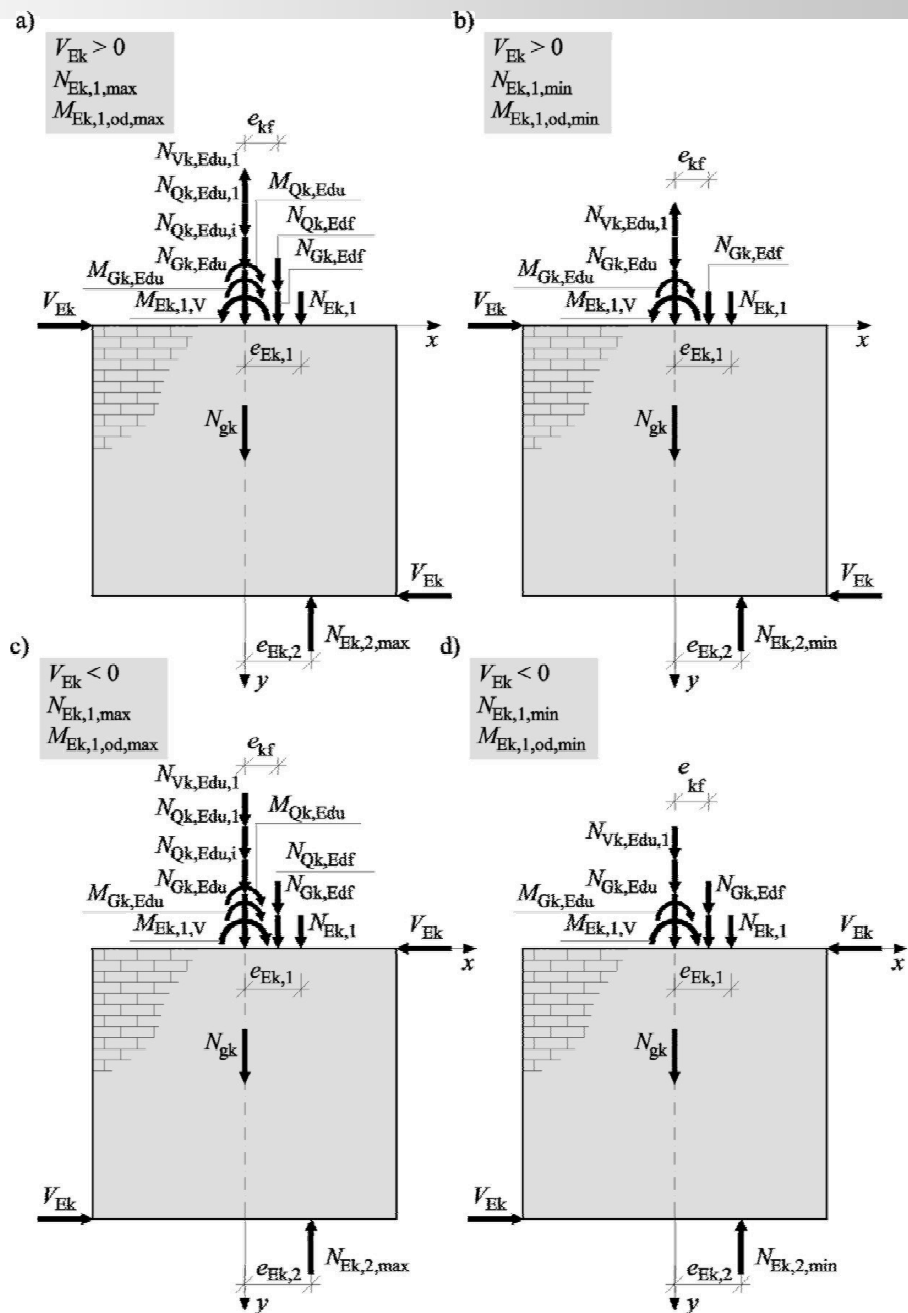
**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

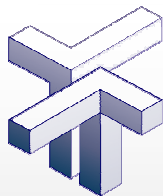
**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6





**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

Określenie siły powodującej zarysowanie w górnym przekroju ściany

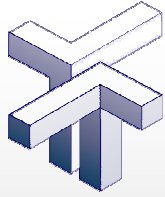
Sprawdza się wielkość mimośrod. Jeżeli mimośród pionowego obciążania znajduje się poza rdzeniem przekroju, czyli spełniony jest warunek $|e_{Ed,1}| > l/6$, wtedy wystąpią zarysowania przekroju. Wypadkowa pionowego obciążania nie może znajdować się poza przekrojem ściany, spełniony powinien być więc dodatkowy warunek $|e_{Ed,1}| < l/2$ oraz $|e_{Ed,2}| < l/2$.

Określenie siły powodującej zarysowanie w przekroju odległym o $y = h$ od górnej krawędzi ściany

$$V_{Ed,cr} = \pm \frac{l}{6h} \left[N_{Ed,2} \mp \frac{6N_{Ed,1}e_{Ed,1}}{l} \right]$$

$V_{Ed} \leq V_{Ed,cr}$ – **przekrój niezarysowany** nośność można sprawdzać wg PN-EN 1996-1-1:2010, według PN-EN 1996-3:2010 nośność spełniona automatycznie,

$V_{Ed} > V_{Ed,cr}$ – **przekrój zarysowany** nośność można sprawdzać wg PN-EN 1996-1-1:2010 lub według PN-EN 1996-3:2010



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

Sprawdzenie warunków ULS metodą ogólną PN-EN 1996-1-1:2010

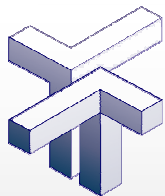
- maksymalna pionowa siła na górnej krawędzi ściany,

$$N_{Rd,2,D} = \frac{f_d t l}{1 + \frac{6e_{Ed,1}}{l}} \leq N_{Ed,1}$$

- maksymalna pionowa siła na górnej krawędzi ściany przy $V_{Ed} < 0$, $e_{Ed,1} > 0$,

$$N_{Rd2,2,E} = f_d t l - N_{gd} \leq N_{Ed,1}$$

Jeżeli warunki są spełnione nie ma potrzeby zmiany przekroju ściany



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

Przekrój niezarysowany

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = \min \begin{cases} V_{Rd1} = \frac{kf_{vk0}tl + 0,4N_{Ed,2}}{\gamma_M \gamma_{Rd}} \\ V_{Rd1,max} = \frac{f_{vk}tl}{\gamma_M \gamma_{Rd}} \end{cases}$$

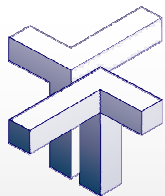
Przekrój zarysowany

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = \min \begin{cases} V_{Rd2} = \pm \frac{0,5 \pm \frac{N_{Ed,1}e_{Ed,1}}{N_{Ed,2}l} + \frac{0,4N_{Ed,2}}{3kf_{vk0}tl}}{\left(\frac{\gamma_M \gamma_{Rd}}{3kf_{vk0}tl} + \frac{h}{N_{Ed,2}l} \right)} \\ V_{Rd2,max} = \pm \frac{0,5 \pm \frac{N_{Ed,1}e_{Ed,1}}{N_{Ed,2}l}}{\left(\frac{\gamma_M \gamma_{Rd}}{3f_{vk}tl} + \frac{h}{N_{Ed,2}l} \right)} \end{cases}$$

Zginanie w płaszczyźnie

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,m,2} = \pm \frac{1}{h} \left[\frac{1}{6} (f_d t l^2 - N_{Ed,2} l) \mp N_{Ed,1} e_{Ed,1} \right]$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,m,1} = \pm \frac{1}{h} \left[N_{Ed,2} \left(\frac{l}{2} - \frac{2N_{Ed,2}}{3f_d t} \right) \mp N_{Ed,1} e_{Ed,1} \right]$$



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

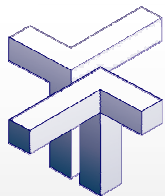
Podsumowanie

Sprawdzenie warunków ULS metodą uproszczoną PN-EN 1996-3:2010

- maksymalna pionowa siła na górnej krawędzi ściany,

$$N_{Rd,2,max}^{(2)} = \frac{1}{2} f_d t l - N_{gd} \leq N_{Ed,1}$$

**Jeżeli warunek jest spełniony nie ma potrzeby zmiany przekroju ściany.
Można stosować metodę uproszczoną.**



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

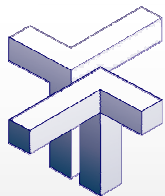
NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

Przekrój zarysowany

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} V_{Rd2} = \pm \frac{0,5 \pm \frac{N_{Ed,1} e_{Ed,1}}{N_{Ed,2} l} + \frac{0,4 N_{Ed,2}}{c_v f_{vk0} t l}}{\left(\frac{1}{c_v f_{vd0} t l} + \frac{h}{N_{Ed,2} l} \right)} \\ V_{Rd2,max} = \pm \frac{0,5 \pm \frac{N_{Ed,1} e_{Ed,1}}{N_{Ed,2} l}}{\left(\frac{1}{3 f_{vdu} t l} + \frac{h}{N_{Ed,2} l} \right)} \end{array} \right.$$

Zginanie w płaszczyźnie

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,m,1} = \pm \frac{1}{h} \left[N_{Ed,2} \left(\frac{l}{2} - \frac{2 N_{Ed,2}}{3 f_d t} \right) \mp N_{Ed,1} e_{Ed,1} \right]$$



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

PODSUMOWANIE

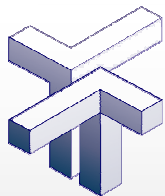
Sprawdzenia nośności według EC-6 można przeprowadzić dwoma metodami:

- metodą ogólną PN-EN 1996-1-1:2010,
- metodą uproszczoną PN-EN 1996-3:2010.

Cecha	Metoda ogólna PN-EN 1996-1-1:2010	Metoda uproszczona PN-EN 1996-3:2010
Konstrukcja muru	dowolna	za wyjątkiem spoin pasmowych
Poprzeczny przekrój ściany	prostokątny	prostokątny
Wielkość mimośrod e_{Ed} obciążania N_{Ed}	Dowolny	$e_{Ed} \geq \frac{l}{6}$
Rozkład naprężeń	liniowy: trapezowy, trójkątny	liniowy: trójkątny

Różnice dotyczą:

- wielkości mimośrodu sił podłużnych,
- rozkładu naprężeń normalnych.



**Informacje
ogólne**

**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6

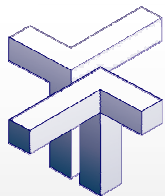
- warunki ULS obydwu norm są identyczne tylko gdy rozpatrywany przekrój ściany jest zarysowany,
- arbitralne przyjęcie w PN-EN 1996-3:2010, że w przekroju niezarysowanym zawsze spełnione są warunki ULS może prowadzić do niebezpiecznego przeszacowania nośności,
- gdy przekrój jest niezarysowany najbezpieczniej jest korzystać z warunków ULS podanej w metodzie ogólnej.

Czynnikami wpływającym na nośność na ścinanie ścian są:

- właściwości muru f_{vk0} , f_d ,
- wartość zewnętrznych obciążeń V_{Ed} , $N_{Ed,1}$,
- geometria ściany h / l ,
- podstawowe znacznie ma wielkość mimośrod $e_{Ed,1}$, który może powodować zarysowanie przekroju i zmniejszenie długości strefy ściskanej przekroju.

Przedstawioną metodę można rozszerzyć na przypadek ścinania pionowego pod warunkiem:

- rozbudowania kryterium wytrzymałościowego (uwzględnienia wpływu normalnych naprężeń poziomych σ_x),
- uwzględnienia poziomych sił działających równoległe do spoin wspornych.



**Informacje
ogólne**

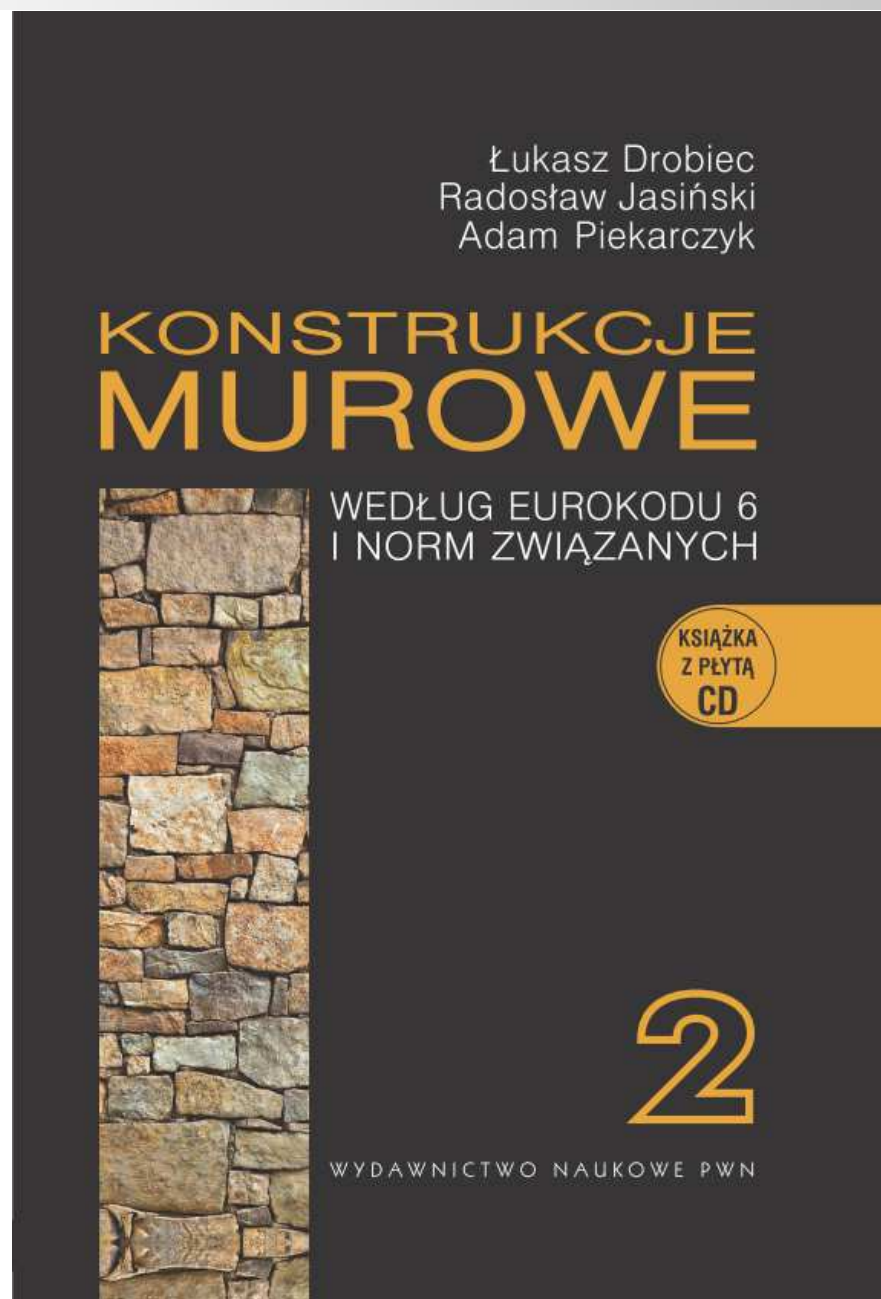
**Ustalenia
PN-EN
1996-1-1:2010**

**Ustalenia
PN-EN
1996-3:2010**

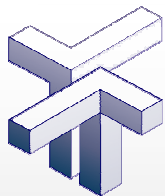
**Ogólny
algorytm
postępowania**

Podsumowanie

NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE ŚCIAN MUROWYCH WEDŁUG EUROKODU 6



2016-03-20



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ