

## 11.1. Kształtowanie

Jako ściany traktuje się w normie EC2 elementy pionowe, których długość w kierunku poziomym jest co najmniej równa 4-krotnej ich grubości. W dawnej normie polskiej dotyczącej budynków monolitycznych [N11.7] znajdujemy dodatkowe ograniczenie mówiące, że jeżeli długość filarka ściany jest mniejsza niż 500 mm i jednocześnie jego powierzchnia poprzeczna nie jest większa niż 200 mm<sup>2</sup>, to filarek taki należy traktować jako słup żelbetowy. Norma norweska [N11.10] nakazuje traktować jako słupy odcinki ścian o długości mniejszej niż 5 grubości.

Wymaga się [EC2], aby całkowita grubość ściany  $h_w$  wykonywanej *in situ* była nie mniejsza niż 120 mm oraz aby smukłość tych ścian nie przekraczała  $\lambda = 86$ , co odpowiada  $l_0/h_w = 25$ .

W normie [N11.10] jako minimalną grubość ściany o wysokości do 3,0 m określono wartość 100 mm dla ścian niezbrojonych lub zbrojonych jedną warstwą zbrojenia. Mniejsze grubości dopuszczono jedynie przy podjęciu dodatkowych środków zapewniających poprawne betonowanie. W przypadku ścian wyższych niż 3,0 m wymagano w [N11.10] grubości co najmniej 130 mm, a gdy stosowane jest zbrojenie podwójne – co najmniej 180 mm.

Ściany poddane głównie zginaniu w płaszczyźnie prostopadłej do swojej długości powinny być obliczane i konstruowane jako płyty.

Istotne jest stwierdzenie zawarte w normie EC2, że „w przypadku ścian, odpowiednio konstruowanych i pielęgnowanych, odkształcenia wymuszone od temperatury lub skurczu można pominąć”. Niestety nie powiedziano jednocześnie, co norma EC2 rozumie pod sformułowaniem „odpowiednio konstruowane”.

## 11.2. Zasady pracy

W celu zwymiarowania ściany, w tym ściany betonowej, konieczne jest podanie jej smukłości, którą określa się klasyczną zależnością

$$\lambda = l_0/i, \quad (11.1)$$

gdzie:  $i$  – minimalny promień bezwładności ściany,  
 $l_0$  – efektywna długość (rozumiana jako wysokość) ściany.

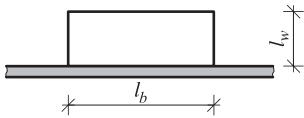
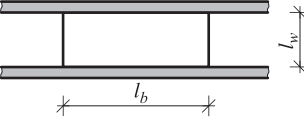
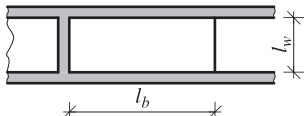

Na efektywną wysokość ściany ma wpływ nie tylko jej wysokość i warunki podparcia na krawędziach poziomych, ale w istotny sposób jej usztywnienie przez ściany do niej prostopadłe.

Efektywną wysokość ściany określa się wyrażeniem

$$l_0 = \beta l_w, \quad (11.2)$$

w którym:  $l_w$  – wysokość ściany w świetle,  
 $\beta$  – współczynnik zależny od warunków podparcia analizowanej ściany na ścianach bocznych (tabl. 11.1).

**Tablica 11.1.** Wartości  $\beta$  w zależności od warunków krawędziowych

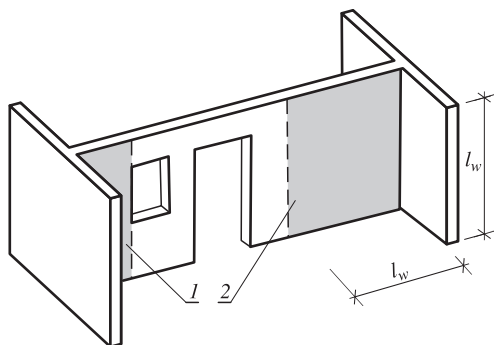
Rodzaj podparcia	Schemat (widok ściany)	Współczynnik $\beta$
Zamocowanie wzdłuż jednej krawędzi	a) 	$\beta = 2,0$ dla dowolnego stosunku $l_w/l_b$
Podparcie wzdłuż dwóch krawędzi	b) 	$\beta = 1,0$ dla dowolnego stosunku $l_w/l_b$
Podparcie wzdłuż trzech krawędzi	c) 	$\beta = \frac{1}{1 + \left(\frac{l_w}{3l_b}\right)^2}$
Podparcie wzdłuż czterech krawędzi	d) 	dla $l_b \geq l_w$ $\beta = \frac{1}{1 + \left(\frac{l_w}{l_b}\right)^2}$ dla $l_b < l_w$ $\beta = \frac{l_b}{2l_w}$

Wartości  $\beta$  podane w tablicy 11.1 ustalono przy założeniu, że:

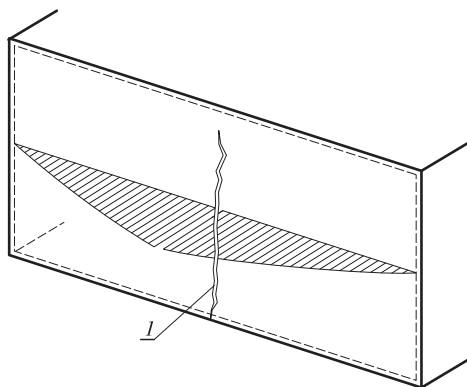
- ściana nie ma otworów o wysokości przekraczającej 1/3 wysokości ściany  $l_w$  albo o powierzchni przekraczającej 1/10 powierzchni ściany,
- w przypadku otworów przekraczających podane wyżej granice krawędzie otworów rozcinają obliczeniowo ścianę na niezależne części (rys. 11.1).

Ponadto trzeba mieć świadomość, że wpływ usztywnienia krawędzi działa jedynie do najbliższej rysy wskrośnej. Wystąpienie w ścianie rysy wskrośnej należy uznać za podzielenie ściany na niezależne części, z których każdą rozpatruje się oddzielnie (rys. 11.2). Zwykle jednak poziome zbrojenie przeciwskurczowe zapobiega takiej rysie.

W normie EC2 mówi się, że: „jeśli na nośność ściany mają wpływ bruzdy i wnęki, wartości  $\beta$  powinny być odpowiednio zwiększone” – nie podając jednak reguł tego zwiększenia.



**Rys. 11.1.** Granice oddziaływania ścian usztywniających na ścianę nośną; 1 – ograniczenie przez otwór w ścianie, 2 – ograniczony zasięg wpływu usztywnienia

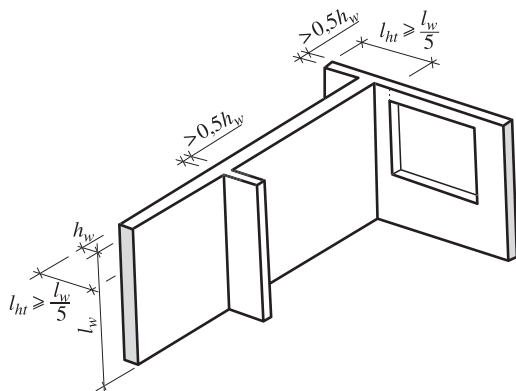


**Rys. 11.2.** Zarysowanie pionowe ściany podpartej na dwóch krawędziach pionowych dzielące ją na dwie ściany niezależne, każda o jednej krawędzi usztywnianej; l – rysa wskrośna

Wskazemy, że w dawnej normie polskiej [N11.13] wymagano, aby jeżeli położenie bruzd nie jest w projekcie zaznaczone, grubość ściany powiększyć o 30 mm. Zakazywano wykonywania bruzd w ścianach i filarkach o grubości  $h_w \leq 140$  mm, a w przypadku ścian z betonów lekkich – o grubości  $h_w \leq 200$  mm.

Za ścianę usztywniającą poprzeczną można uznać [EC2] ścianę spełniającą następujące warunki (rys. 11.3):

- całkowita grubość ściany jest nie mniejsza niż  $0,5h_w$  ( $h_w$  – grubość ściany usztywnianej),
- ściana ma tę samą wysokość  $l_w$  co rozważana ściana usztywniana,
- długość ściany usztywniającej  $l_{ht}$  jest co najmniej równa  $l_w/5$  ( $l_w$  – wysokość ściany usztywnianej w świetle),
- w ścianie poprzecznej na długości  $l_w/5$  nie ma otworów.



**Rys. 11.3.** Warunki, które musi spełniać ściana poprzeczna, aby mogła być traktowana jako ściana usztywniająca

Warto zwrócić uwagę na wskazówkę zawartą w normie EC2, mówiącą, że jeżeli analizowana ściana połączona jest wzdłuż górnej i dolnej krawędzi w sposób sztywny przez beton wykonany na miejscu (*in situ*) i przez zbrojenie zdolne do przeniesienia wszystkich momentów krawędziowych, to wartości  $\beta$  podane w tabelicy 11.1 można pomnożyć przez 0,85. Nie dotyczy to, ze względów oczywistych, wspornikowego zamocowania płyty.

## 11.3. Wymiarowanie

### 11.3.1. Stan graniczny nośności

#### 11.3.1.1. Obciążenie siłą osiową ściskającą i momentem zginającym

W przypadku ścian o małej smukłości, praktycznie gdy  $l_0/h_w \leq 7$ , zgodnie z normą EC2 nośność  $N_{Rd}$  przekroju prostokątnego obciążonego siłą na mimosrodku  $e$  w kierunku  $h_w$  (rys. 11.4) można obliczać z wyrażenia

$$N_{Rd} = \eta f_{cd,pl} l_b h_w (1 - 2e/h_w), \quad (11.3)$$

w którym:  $\eta = 1$  dla  $f_{ck} \leq 50$  MPa,

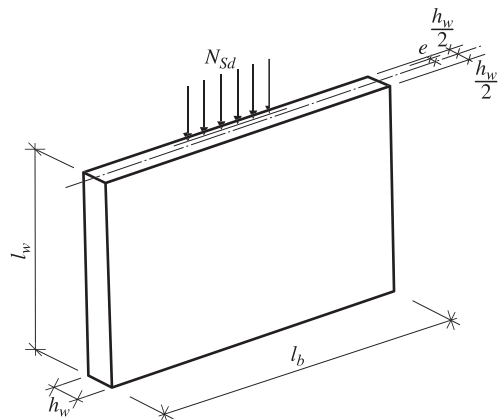
$$\eta = (250 - f_{ck})/200 \text{ dla } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa,}$$

$\eta f_{cd,pl}$  – obliczeniowa efektywna wytrzymałość betonu na ściskanie,

$f_{cd,pl}$  – obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie

$$f_{cd,pl} = \alpha_{cc,pl} \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 0,8 \frac{f_{ck}}{1,4} = 0,57 f_{ck}. \quad (11.4)$$

$e$  – mimosród przyłożenia siły  $N_{Ed}$  w kierunku  $h_w$ .



Rys. 11.4. Oznaczenia do obliczania betonowych ścianach niezbrojonych