

# WYTRZYMAŁOŚĆ MURU NA ŚCISKANIE

Compressive strength of walls ABSTRAKT » S. 38

Wytrzymałość elementów murowych na ściskanie ma wpływ na trwałość i bezpieczeństwo konstrukcji. Na podstawie tego parametru często podejmowana jest decyzja o wyborze materiału, z którego powstaną ściany budynku. Zastosowanie materiału o wysokiej wytrzymałości na ściskanie nie zawsze gwarantuje jednak wysoką wytrzymałość muru.

Wytrzymałość na ściskanie jest miarą obciążenia, które może przenieść element murowy. Podawana jest najczęściej w MPa (N/mm<sup>2</sup>) i określa naprężenia, które może przenieść element murowy:

$$f_b = \frac{F}{A}$$

gdzie:

$f_b$  – znormalizowana wytrzymałość elementu murowanego na ściskanie [MPa],

F – działająca siła ściskająca [N],

A – pole powierzchni [mm<sup>2</sup>].

## WARTOŚCI ŚREDNIE I ZNORMALIZOWANE

W deklaracji właściwości użytkowych elementu można odnaleźć średnią wytrzymałość na ściskanie próbek o wymiarach określonych w zależności od rodzaju elementu murowego oraz znormalizowaną wytrzymałość na ściskanie, określaną po uwzględnieniu warunków pomiaru występujących podczas badania. Średnia wytrzymałość na ściskanie może być niższa lub wyższa niż wytrzymałość znormalizowana przyjmowana do obliczeń.

Znormalizowana wytrzymałość na ściskanie to jednak tylko jeden z czynników wpływających na wytrzymałość muru. Zgodnie z normą PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05 („Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych”) zależy ona od rodzaju elementów murowych (ceramicznych, silikatowych, z autoklawizowanego betonu komórkowego), ich grupy i kategorii, zastosowanej zaprawy oraz klasy wykonanych robót.

## GRUPY ELEMENTÓW MUROWYCH

Grupa elementów murowych określa liczbę drążeń występujących w danym elemencie. Rozróżniamy cztery grupy elementów murowych w pustakach ceramicznych, dwie w blokach silikatowych i tylko jedną w blokach z betonu komórkowego. Elementy produkowane w grupie pierwszej, niezależnie od rodzaju, muszą charakteryzować się łączną powierzchnią drążeń nieprzekraczającą 25% objętości całego elementu oraz objętością pojedynczego drążenia nieprzekraczającego 12,5%. Stosowanie elementów murowych grupy pierwszej jest gwarancją jednorodnego rozkładu naprężeń w murze. Jest to także (zgodnie

z pkt. 6.1.(6) normy PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05) jedyny materiał murowy, który może być wykorzystywany w okolicy występowania naprężeń skupionych (np. w okolicy nadproży). Z powszechnie stosowanych elementów murowych grupy 2 oraz 3 nie można zatem wymurować ścian w całości, w których występują otwory okienne.

## KATEGORIE ELEMENTÓW MUROWYCH

W normach produktowych określone są dwie kategorie elementów murowych. Znakowanie wyrobów kategorią I jest możliwe, jeśli prawdopodobieństwo niespełnienia deklarowanej wytrzymałości na ściskanie nie przekracza 5%. Jeśli prawdopodobieństwo to jest większe, wyrób należy zaliczyć do kategorii II.

Elementy murowe mogą być klasyfikowane do kategorii I, jeżeli są dopuszczone w systemie 2+, tj. dodatkowo produkcja kontrolowana jest przez niezależne jednostki certyfikujące, a w zakładzie produkcyjnym prowadzona jest księga zakładowej kontroli produkcji.

## RODZAJ ZAPRAWY

Kolejnym elementem, od którego zależy wytrzymałość muru na ściskanie, jest zastosowana zaprawa. Norma PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05 przewiduje osobne wzory dla wytrzymałości muru ze względu na rodzaj zastosowanej zaprawy (do cienkich spoin, lekka oraz zwykła) oraz zróżnicowane współczynniki bezpieczeństwa z uwagi na sposób jej przygotowania (projektowana, przepisana, dowolna).

Zaprawa projektowana jest przygotowana fabrycznie, a zaprawa przepisana – przygotowana na budowie po określeniu jej cech (np. M5). Z tego względu wszystkie zaprawy do cienkich spoin należy zaliczyć do zapraw projektowanych. Podczas projektowania konstrukcji murowej na zaprawie zwykłej zdaniem autora powinno się uwzględnić współczynniki określone dla zaprawy projektowanej, ponieważ nie można wykluczyć, że zaprawa zwykła nie zostanie przygotowana na budowie.

## KLASA WYKONANIA ROBÓT

Ostatnim elementem, od którego zależy wytrzymałość muru na ściskanie, jest klasa wykonania robót. Klasę A można przyjąć, jeżeli konstrukcja wykonywana jest przez wykwalifikowany zespół pod nadzorem mistrza murarskiego oraz inspektora. W przeciwnym razie należy przyjąć klasę B wykonania robót. W praktyce najczęściej przyjmowana jest klasa A.

## OKREŚLANIE CHARAKTERYSTYCZNEJ WYTRZYMAŁOŚCI MURU NA ŚCISKANIE

W zależności od powyższych cech muru w załączniku do norm PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05 określone są cztery wzory do wyznaczania charakterystycznej wytrzymałości muru na ściskanie:

- » dla murów na zaprawie zwykłej lub lekkiej:

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

- » dla murów ze spoinami ciekimi z elementów murowych ceramicznych grupy 1 i 4, elementów silikatowych, elementów z betonu kruszywowego oraz elementów z autoklawizowanego betonu komórkowego o  $f_b \geq 2,4$  MPa:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,85}$$

- » dla murów ze spoinami ciekimi z autoklawizowanego betonu komórkowego o  $f_b < 2,4$  MPa:

$$f_k = 0,8 \cdot K \cdot f_b^{0,85}$$

- » dla murów ze spoinami ciekimi z elementów murowych ceramicznych grupy 2 i 3:

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

gdzie:

$f_b$  – wytrzymałość znormalizowana elementu murowanego na ściskanie,

$f_m$  – wytrzymałość zaprawy na ściskanie,

$K$  – współczynnik zależy od rodzaju, grupy elementów murowych i zastosowanej zaprawy.

W **TABELI 1** podano wartości współczynnika  $K$  na podstawie tabeli N.A.5 normy PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05.

Wytrzymałość braną pod uwagę do obliczeń (obliczeniową wytrzymałość muru na ściskanie  $f_d$ ) uzyskuje się przez

podzielenie wartości charakterystycznej przez współczynnik bezpieczeństwa  $\gamma_M$ .

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

W **TABELI 2** przedstawiono wartości współczynnika bezpieczeństwa  $\gamma_M$  ścian o grubości  $> 15$  cm na podstawie tablicy NA.1 normy PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05.

W polskiej praktyce budowlanej elementy murowe często ulegają zamianie pomimo określenia ich w projekcie. Jeśli porówna się dwa najbardziej popularne elementy murowe o tej samej klasie wytrzymałości, uzyska się całkowicie inne wytrzymałości obliczeniowe muru:

- » pustak ceramiczny kl. 15, kat. I, grupa 2, zaprawa zwykła M5 (przepisana), klasa wykonania robót A:

$$f_d = \frac{K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}}{\gamma_M} = \frac{0,4 \cdot 15^{0,7} \cdot 5^{0,3}}{2,0} = 2,16 \text{ MPa}$$

- » blok silikatowy kl. 15, kat. I, grupa 1, zaprawa do cienkich spoin, klasa wykonania robót A:

$$f_d = \frac{K \cdot f_b^{0,85}}{\gamma_M} = \frac{0,60 \cdot 15^{0,85}}{1,7} = 3,53 \text{ MPa}$$

Zamiana materiału skutkuje zmniejszeniem obliczeniowej wytrzymałości muru o 39%. Dodatkowo istnieje powszechne przekonanie, że beton komórkowy to materiał o niskiej wytrzymałości. Jeśli porównamy dwa najbardziej popularne materiały do budowy ścian domów jednorodzinnych:



Element murowy		Rodzaj zaprawy murarskiej		
Material	Grupa	Zaprawa zwykła	Zaprawa do cienkich spoin	Zaprawa lekka
Ceramika	1	0,45	0,60	0,30
	2	0,40	0,50	0,25
	3	0,30	0,45	0,20
	4	0,30	0,35	0,20
Silikaty (bloki wapienno-piaskowe)	1	0,45	0,60	*)
	2	0,40	0,45	*)
Beton kruszywowy	1	0,40	*)	*)
	2	0,35	*)	*)
	3	0,30	*)	*)
	4	0,25	*)	*)
Autoklawizowany beton komórkowy	1	0,45	0,75	0,40
Kamień sztuczny	1	0,45	*)	*)
Kamień naturalny	1	0,45	*)	*)

TABELA 1. Wartości współczynnika K na podstawie tabeli N.A.5 normy PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05

\*) W praktyce zwykle nie stosuje się takiego połączenia elementu murowego i zaprawy.

- » » pustak ceramiczny kl. 7,5, kat. I, grupa 2, zaprawa zwykła M5 (przepisana), klasa wykonania robót A:

$$f_d = \frac{K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}}{\gamma_M} = \frac{0,4 \cdot 7,5^{0,7} \cdot 5^{0,3}}{2,0} = 1,33 \text{ MPa}$$

- » » beton komórkowy kl. 4,0, kat. I, grupa 1, zaprawa do cienkich spoin, klasa wykonania robót A:

$$f_d = \frac{K \cdot f_b^{0,85}}{\gamma_M} = \frac{0,75 \cdot 4^{0,85}}{1,7} = 1,43 \text{ MPa}$$

można stwierdzić, że pomimo prawie dwukrotnie mniejszej wytrzymałości elementu murowego, mur charakteryzuje się większą wytrzymałością na ściskanie. Dodatkowo beton komórkowy może być stosowany pod obciążeniem skupionym, czyli m.in. w okolicy nadproży.

## WNIOSKI

Z analizy schematu wyznaczania obliczeniowej wytrzymałości muru na ściskanie warto wyciągnąć dwa wnioski. Podczas opisywania materiału zastosowanego w projekcie niezbędne jest wskazanie nie tylko jego klasy wytrzymałości, lecz także grupy, kategorii, klasy wykonania robót oraz rodzaju zastosowanej zaprawy. Ewentualna zamiana materiału powinna być poprzedzona przynajmniej obliczeniami jego wytrzymałości, a porównanie jedynie klasy elementów murowych może skutkować nawet dwukrotnym zmniejszeniem wytrzymałości muru. Podczas wyboru materiału do budowy ścian warto porównać wytrzymałość obliczeniową muru, która ma bezpośrednie przełożenie na jego trwałość. Sugerowanie się jedynie deklarowaną wytrzymałością elementu murowego może skutkować

Material	Klasa wykonania robót	
	A	B
Mury wykonane z elementów murowych kategorii I, zaprawa projektowana	1,7	2,0
Mury wykonane z elementów murowych kategorii I, zaprawa przepisana	2,0	2,2
Mury wykonane z elementów murowych kategorii II, dowolna zaprawa	2,2	2,5

TABELA 2. Wartości współczynnika bezpieczeństwa  $\gamma_M$  ścian o gr. > 15 cm na podstawie tablicy NA.1 normy PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05

nieświadomym wyborem materiału, który zapewni mniejszą trwałość konstrukcji.

## ABSTRAKT

W artykule omówiono czynniki decydujące o znormalizowanej wytrzymałości muru na ściskanie. Przedstawiono schemat wyznaczania wytrzymałości różnego rodzaju murów na podstawie normy PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05. Porównano dwa najbardziej popularne elementy murowe o tej samej klasie wytrzymałości i przedstawiono uzyskane wartości wytrzymałości obliczeniowych muru.

The article discusses the factors determining standard compressive strength of walls. A system is presented for determining the strength of various types of walls on the basis of PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05. Two most popular masonry pieces were compared, with the same strength grade, together with presentation of calculated rated strength values for the wall.