

# Określanie długości ścian z autoklawizowanego betonu komórkowego odpornych na zarysowania skurczowe

DOI: 10.15199/33.2017.07.08

**W** Eurokodzie 6 [9] podano dopuszczalne wartości odkształcenia muru. W przypadku elementów murowych z autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK) wynoszą one od -0,4 mm/m (skurcz) do +0,2 mm/m (rozszerzalność). Te wartości są jedynie wskazówką dla projektanta. Powinien on przeprowadzić analizę, na podstawie której będzie mógł wybrać nie tylko wyroby do wykonania poszczególnych elementów budynku, ale także określić, jakimi właściwościami powinny się charakteryzować. W przypadku elementów murowych jedną z takich właściwości jest **skurcz i rozszerzalność pod wpływem wilgoci**. Na temat skurczu betonu komórkowego wiele informacji zawartych jest w [5].

Przyczyn zarysowania ścian murowanych jest wiele. Najczęściej nakłada się kilka oddziaływań. Najlepszym sposobem uniknięcia lub przynajmniej znacznego ograniczenia niebezpieczeństwa pojawienia się rys jest wykonywanie ścian murowanych oraz mogących na nie oddziaływać innych elementów konstrukcji zgodnie z wymaganiami przepisów i sztuki budowlanej. Do podstawowych zasad prawidłowego wzniesienia muru należy zaliczyć:

- stosowanie elementów murowych o odpowiednich właściwościach użytkowych i dobranej do nich zaprawy murarskiej;
- wykonanie prawidłowych przewiązań elementów murowych – im dłuższe, tym lepiej, najkorzystniej w połowie ich długości;
- prawidłowe wykonanie spoin – grubość zaprawy powinna być odpowiednia do jej rodzaju, zaprawa powinna być równomiernie rozłożona na powierzchniach wspornych i czołowych elementów murowych, powierzchnie elementów murowych muszą być oczyszczone z piasku, pyłu itp. tak,

aby była zapewniona odpowiednia przyczepność zaprawy.

**Stabilność wymiarowa** jest jedną z tych właściwości muru, które mają zasadniczy wpływ na jego rysoodporność. Ma to szczególne znaczenie w przypadku długich ścian. Rozszerzalność i skurcz (głównie pod wpływem wilgoci) oraz odkształcalność termiczna mogą prowadzić do znacznych odkształceń. Teoretycznie najprostszym rozwiązaniem byłoby takie połączenie ściany murowanej z elementami konstrukcji budynku, aby zapewnić możliwość jej swobodnego odkształcania się. Jednak jest to najczęściej niemożliwe do wykonania. Szczególnie w przypadku powierzchni dolnej ściany. Nawet gdy pod powierzchnią dolną ścian wypełniających, ułożona została warstwa poślizgowa, trudno się spodziewać, że będzie zapewniona całkowita swoboda odkształceń.

Przez wiele lat w RWTH Aachen pod kierunkiem **prof. P. Schuberta** prowadzono badania zmierzające do znalezienia praktycznego sposobu określenia długości ścian murowanych odpornych na zarysowania wywołane zmianami objętościowymi, np. [1, 10, 11]. Ustalono, że **podstawowymi czynnikami wpływającymi na odporność muru na zarysowanie są:**

- wytrzymałość muru na rozciąganie (równoległe do spoin wspornych);
- moduł sprężystości muru przy rozciąganiu (równoległe do spoin wspornych);
- wartość całkowita skurczu;
- współczynnik odkształcalności termicznej;
- wymiary ściany;
- sposób połączenia ściany;
- obciążenie pionowe ściany.

**W przypadku wewnętrznej niekonstrukcyjnej przegrody pionowej, długość ściany murowanej, odpornej na zarysowania skurczowe, można oszacować, posługując się wzorem:**

$$L_R \leq - \ln(1 - \beta_{z,p} / (E_{z,p} \cdot \epsilon_{\text{tot}} \cdot R)) \cdot (H/\alpha)$$

gdzie:

$\beta_{z,p}$  – wytrzymałość muru na rozciąganie;  
 $E_{z,p}$  – moduł sprężystości muru przy rozciąganiu, np. w przypadku muru z ABK (klasa wytrzymałości na ściskanie 2,5) na cienkich spoinach z wypełnionymi spoinami czołowymi  $E_{z,p} = 13000 \beta_{z,p}$  [2];  
 $\epsilon_{\text{tot}}$  – całkowita wartość skurczu;  
 $R$  – stopień zamocowania, np. w przypadku oparcia ściany na warstwie poślizgowej (w zależności od sposobu wykonania, np. liczby warstw)  $R$  wynosi 0,4 – 0,8; a połączenia ściany z podłożem (np. zaprawą) 0,9 – 1,0;  
 $H$  – wysokość ściany;  
 $\alpha$  – współczynnik zamocowania powierzchni: tylko dolna powierzchnia  $\alpha = 0,23$ , dolna i górna powierzchnia  $\alpha = 0,51$ .

W tabelach 1 i 2 podano długość ścian murowanych odpornych na zarysowanie skurczowe w zależności od różnych wartości skurczu (tabela 1) oraz sposobu zamocowania ich powierzchni dolnej (tabela 2).

**Tabela 1. Wpływ skurczu całkowitego na maksymalną długość ścian murowanych z ABK (klasa wytrzymałości na ściskanie 2,5) na cienkich spoinach z wypełnionymi spoinami czołowymi, odpornych na zarysowanie skurczowe; wysokość ściany 2,8 m, powierzchnia górna niepodparta, dolna na warstwie poślizgowej z jednej warstwy papy**

Skurcz całkowity [mm/m]	Długość ściany odpornej na zarysowanie skurczowe [m]
0,2	9,7
0,25	7,0
0,3	5,5
0,4	3,9

**Tabela 2. Wpływ sposobu podparcia powierzchni dolnej na maksymalną długość ścian murowanych z ABK (klasa wytrzymałości na ściskanie 2,5) na cienkich spoinach z wypełnionymi spoinami czołowymi, odpornych na zarysowanie skurczowe; wysokość ściany 2,8 m, powierzchnia górna niepodparta, skurcz 0,25 mm/m**

R – stopień zamocowania powierzchni dolnej	Długość ściany odpornej na zarysowanie skurczowe [m]
0,5	11,6
0,7	7,0
1,0	4,5

<sup>1)</sup> Grupa Solbet; lech.misiewicz@solbet.pl

Analiza podanych wartości pokazuje, że aby zapewnić maksymalną rysoodporność ścian murowanych, konieczne jest nie tylko zastosowanie odpowiednich wyrobów, prawidłowe wykonanie muru, ale również prawidłowe zaprojektowanie i wykonanie połączeń ściany z innymi elementami konstrukcji budynku.

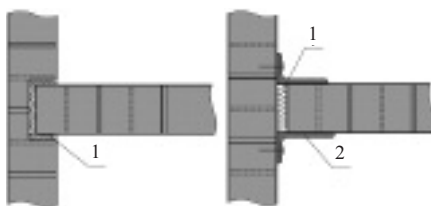
W Eurokodzie 6 [8] określono, że w celu ograniczenia zarysowania, wygięcia lub odkształcenia konstrukcji murowej, wywołanego odkształceniem termicznym, skurczem, pęczaniem lub różnicą odkształceń, należy stosować dylatacje lub mur zbrojony i podano maksymalną odległość pomiędzy dylatacjami pionowymi niezbrojonych ścian nienośnych. W przypadku murów z elementów z autoklawizowanego betonu komórkowego ta odległość wynosi 6 m. Rozstaw dylatacji może być zwiększony w ścianach ze zbrojeniem w spoinach wspornych zgodnie z PN-EN 845-3 [7].

Wartości rozstawu dylatacji podane w Eurokodzie 6 [8] dotyczą muru niezbrojonego wykonanego zgodnie z zaleceniami tam zawartymi [8, 9]. Należy jednak pamiętać, że rysy w murze mogą powstać w wyniku różnych oddziaływań, takich jak np. ugięcie stropów, które w oczywistych przypadkach nie mogą być uwzględnione w tabelach. Jak wynika z wielu badań przeprowadzonych m.in. w RWTH Aachen oraz z praktyki, na odporność muru na zarysowanie w wyniku odkształceń wywołanych zmianami temperatury, skurczem, pęczaniem itp. mają wpływ nie tylko jego właściwości, ale również:

- rodzaj zastosowanej zaprawy;
  - wymiary muru;
  - sposób wykonania spoin czołowych – czy są wypełnione zaprawą;
  - sposób zamocowania poszczególnych powierzchni ściany lub fragmentu muru w ścianie, np. pomiędzy pionowymi żelbetowymi wzmocnieniami.
- Z tego powodu wartości podane w [8] należy traktować jako wskazówkę, a nie ściśle określoną granicę.

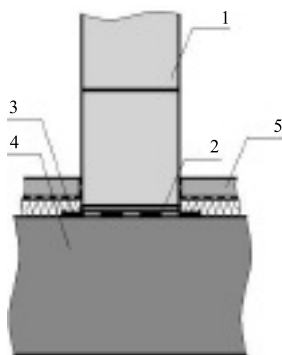
W przypadku niekonstrukcyjnych ścian wewnętrznych najkorzystniejsze jest takie ich zamocowanie, aby w maksymalnie dużym stopniu umożliwić swobodne odkształcanie, zapewniając oczywiście ich stateczność. Można to osiągnąć przez takie zamocowanie ich powierzchni pionowych, które nie będzie ograniczało przesuwu w kierunku równoległym do osi ściany. Przykłady takich połączeń pokazane są na rysunku 1 [4].

Jednocześnie ściana powinna być ustawiona na warstwie poślizgowej, tak wyko-



**Rys. 1.** Przykłady połączeń ścian niekonstrukcyjnych z inną ścianą w płaszczyźnie pionowej: 1 – warstwa izolacyjna z wełny mineralnej; 2 – kątownik stalowy

nanej, aby ten przesuw był możliwy na całej jej długości. Oczywiście im cięższa ściana, tym tarcie w warstwie poślizgowej jest większe, dlatego lekkie ściany z betonu komórkowego są korzystnym rozwiązaniem. Sposób wykonania warstwy poślizgowej wpływa na możliwość jej przesuwu. Ważny jest dobór rodzaju warstw papy lub folii oraz ich liczba. Na rysunku 2 [3] pokazano przykład wykonania takiego oparcia murywanej ściany niekonstrukcyjnej. Warstwy podłogowe uniemożliwiają przesuw ściany w kierunku prostopadłym do jej osi.



**Rys. 2.** Połączenie ściany wypełniającej wzdłuż powierzchni dolnej z konstrukcją, podparcie na warstwie poślizgowej z zablokowaniem obrotu i przesuwu poprzecznego przez ułożenie sztywnej posadzki (zamocowanie): 1 – murowana ściana wypełniająca; 2 – zaprawa cementowa 1 : 3 o grubości 10 mm; 3 – warstwa poślizgowa z dwóch warstw papy lub folii; 4 – strop żelbetowy; 5 – jastrych cementowy

Niezależnie od tego, jakie rozwiązania konstrukcyjne zostaną zastosowane, a także jak starannie i zgodnie z wymaganiami wykonany zostanie mur, **najważniejszym czynnikiem wpływającym na jego rysoodporność będzie wielkość skurczu elementów murowych.** W przypadku elementów murowych z autoklawizowanego betonu komórkowego określa się go na podstawie normy [6], w której podano sposób oznaczania względnej zmiany długości podczas wysychania ABK. Umowna wartość skurczu ( $\epsilon_{rep}$ ) jest względną zmianą długości pomiędzy dwiema określony-

mi zawartościami wilgoci (od 30% do 6%), natomiast całkowita wartość skurczu ( $\epsilon_{tot}$ ) względną zmianą długości podczas wysychania od stanu zawilgocenia do osiągnięcia stałej długości w określonych warunkach klimatycznych. Z doświadczenia wynika, że tylko całkowita wartość skurczu ( $\epsilon_{tot}$ ) jest miarodajna przy określaniu rysoodporności muru w wyniku jego odkształceń wywołanych np. zmianami wilgotności. W przypadku wewnętrznych ścian niekonstrukcyjnych przy ocenie ich rysoodporności można pominąć wpływ zmian temperatury. W praktyce można przyjąć, że zastosowanie elementów murowych z ABK charakteryzujących się skurczem całkowitym  $\epsilon_{tot} \leq 0,25$  mm/m pozwala na wybudowanie wewnętrznych ścian niekonstrukcyjnych (np. działowych) odpornych na zarysowania powstające w wyniku odkształceń objętościowych.

## Literatura

- [1] Brameshuber Wolfgang, Peter Schubert, Ulf Schmidt, Joachim Hannawald. 2006. „Rissfreie Wandlunge von Porenbeton-Mauerwerk”. *Mauerwerk* 10 Heft 4: 132 – 139.
- [2] Brameshuber Wolfgang. 2016. „Eigenschaften von Mauersteinen, Mauermörtel, Mauerwerk und Putzen”. *Mauerwerk-Kalender* 2016, Ernst & Sohn GmbH & Co. KG.: 3 – 29.
- [3] Drobiec Łukasz. 2012. „Problemy projektowania ścian wypełniających i ostonowych wg EC-6”. *Materiały Budowlane* 473 (1): 92 – 96.
- [4] Drobiec Łukasz, Radosław Jasiński, Adam Piekarczyk. 2014. *Konstrukcje murowe według Eurokodu 6 i norm związanych*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [5] Łaskawiec Katarzyna, Tomasz Rybarczyk. 2016. „Skurcz betonu komórkowego – w teorii i praktyce inżynierskiej”. *Materiały Budowlane* 526 (6): 222 – 223. DOI: 10.15199/33.2016.06.92.
- [6] PN-EN 680:2008 Oznaczanie skurczu przy wysychaniu autoklawizowanego betonu komórkowego.
- [7] PN-EN 845-3+A1:2016 Specyfikacja wyrobów dodatkowych do murów Część 3: Stalowe zbrojenie do spoin wspornych.
- [8] PN-EN 1996-2:2010/NA:2010 Eurokod 6 – Projektowanie konstrukcji murowych – Część 2: Wymagania projektowe, dobór materiałów i wykonanie murów.
- [9] PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05/NA:2014-10 Eurokod 6 – Projektowanie konstrukcji murowych – Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.
- [10] Schubert Peter. 1988. „Zur rissfreien Lange von nichttragenden Mauerwerkswänden”. *Mauerwerk-Kalender*, Ernst & Sohn: 473 – 488.
- [11] Schubert Peter. 2007. „Vermeiden von schadhlichen Rissen”. *Mauerwerksbau-Praxis*, Bauwerk Verlag GmbH: 213 – 237.

Przyjęto do druku: 26.05.2017 r.