mgr inż. arch. Tomasz Rybarczyk[1)*)]
dr hab. inż. Łukasz Drobiec, prof. PŚl[2)]

Wpływ wypełnienia spoin na wytrzymałość ścian obciążonych pionowo

Effect of filling joints on resistance of walls under vertical loading

DOI: 10.15199/33.2018.08.14

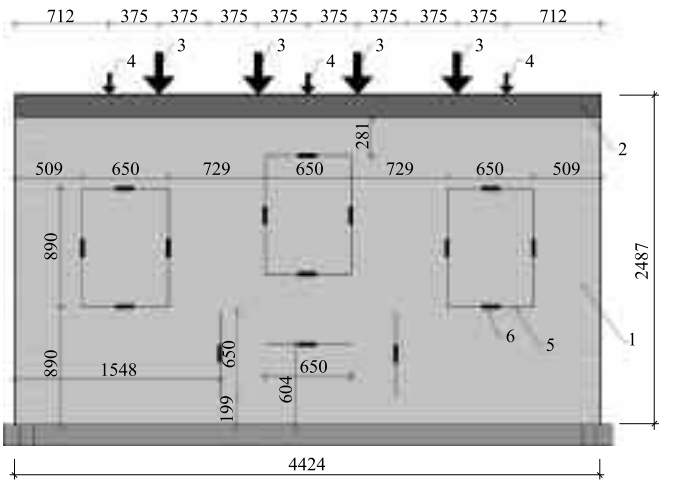
Streszczenie. Artykuł opisuje badania modeli murów z autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK) w skali naturalnej. Ściany zostały wykonane z bloczków z ABK o grubości 18 cm na zaprawie do cienkich spoin. Badano ściany z wypełnionymi spoinami pionowymi i bez wypełnienia. Siły były przekazywane przez żelbetowy wieniec. Przeanalizowano nośność i odkształcenia ścian.
Słowa kluczowe: mury z ABK; badania murów na ściskanie; efekt wypełnienia spoin pionowych; badania murów w skali naturalnej.

Abstract. The paper describes the results of testing Autoclaved Aerated Concrete (AAC) walls on a natural scale. The walls were made of 18 cm wide blocks and thin layer joints. Walls were tested with filled and non-filled perpend (vertical) joints. The vertical load was applied by a reinforced concrete rim beam. The load-bearing capacity and deformability of walls was analysed.
Keywords: AAC masonry; compression tests; the effect of joint filling; tests on a natural scale.

Pomimo że technologia murowania na pióra i wpusty nie jest nowa, to w literaturze można znaleźć niewiele badań dotyczących wpływu wypełnienia zaprawą spoin pionowych na wytrzymałość muru na ściskanie. W pracach [1, 6] wykazano, że mury z niewypełnionymi spoinami pionowymi mają wytrzymałość na ściskanie mniejszą od podobnych murów, lecz ze spoinami pionowymi wypełnionymi. Z kolei w badaniach murów z betonu komórkowego [2, 3] większy o 20% moduł sprężystości wykazały bloczki z wypełnionymi spoinami czołowymi, a współczynnik Poissona był podobny. Znacznie większy wpływ wypełnienia spoin pionowych obserwuje się w przypadku badań murów podanych ścinaniu [5, 7, 8]. Wymienione badania prowadzono na modelach małych, często minimalnych do określania wytrzymałości muru na ściskanie zgodnie z normą EN 1052-1 [4]. W artykule podjęto próbę określenia wpływu wypełnienia spoin w modelach ścian badanych w skali naturalnej.

Modele badawcze

Modele badawcze wykonano z bloczków z autoklawizowanego betonu komórkowego o szerokości 180 mm, na systemowej murarskiej zaprawie cienkowarstwowej. Znormalizowana wytrzymałość bloczków wynosiła $f_b = 4{,}0$ N/mm^2, a wytrzymałość zaprawy na ściskanie $f_m = 6{,}1$ N/mm^2. Wytrzymałość na ściskanie, badana zgodnie z EN 1052-1 [4], murów bez wypełnionych spoin pionowych osiągnęła wartość $f_{test} = 2{,}97$ N/mm^2, a murów z wypełnionymi spoinami pionowymi $f_{test} = 2{,}61$ N/mm^2. Moduł sprężystości wyniósł odpowiednio E = 2040 N/mm^2 i E = 2447 N/mm^2, a współczynnik Poissona $\gamma = 0{,}18$. Sposób prowadzenia podstawowych badań materiałowych oraz szczegółowe ich wyniki opisano w [2, 5]. Ponadto zaplanowano i wykonano badania czterech ścian pełnych, bez otworów, zwieńczonych żelbetowym wieńcem (rysunek 1). Ściany z niewypełnionymi spoinami pionowymi oznaczono symbolem MNS-Z1, a ściany z wypełnionymi spoinami jako MNS-Z2. Badane modele obciążano za pomocą siłowników, które przekazywały obciążenie na model za pomocą trawersów oraz siłowników tłokowych przekazujących obciążenie na stalowe cięgna. Rejestrowano przemieszczenia na bazach pomiarowych pokazanych na rysunku 1 oraz siły w siłomierzach zabudowanych pod ramami i na cięgnach. Ponadto wykonano w dwóch modelach bezdotykowy pomiar optyczny wybranych przemieszczeń.



Rys. 1. Model badawczy zastosowany w pierwszym etapie badań: 1 – model badawczy; 2 – wieniec; 3 – obciążenie z ramy stalowej; 4 – obciążenie z siłowników tłokowych; 5 – ramka do pomiaru przemieszczeń; 6 – czujnik indukcyjny

Analiza wyników

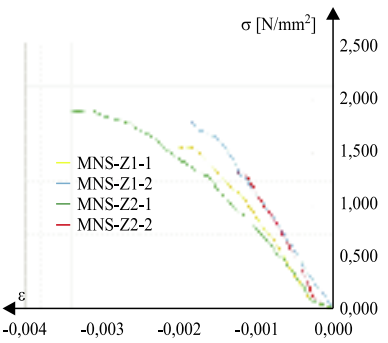
W tabeli 1 podano całkowite siły niszczące i rysujące modele. Za siły całkowite uznano sumę obciążenia ze stalowych ram i układów cięgnowych, powiększoną o ciężar stalowych trawersów. Na rysunku 2 zamieszczono zależność naprężenie – odkształcenie, mierzone na ramkach pomiarowych usytuowanych w skrajnych częściach modeli (4 ramki w każdym modelu). W badaniach modeli z wypełnionymi i niewypełnionymi spoinami pionowymi widać podobny przebieg zależności $\sigma - \varepsilon$.

[1)] Solbet Sp. z o.o.
[2)] Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa
[*)] Adres do korespondencji: tomasz.rybarczyk@solbet.pl

Tabela 1. Siły rysujące i niszczące

Nazwa serii		Siła rysująca [kN]	Siła niszcząca [kN]
MNS-Z1 ściany z niewypełnionymi spoinami pionowymi	MNS-Z1-1	475,6	1223,3
	MNS-Z1-2	473,8	1255,2
MNS-Z2 ściany z wypełnionymi spoinami pionowymi	MNS-Z2-1	377,1	1334,7
	MNS-Z2-2	332,0	929,2

Wykresy naprężenie – odkształcenie pionowe mają najpierw mniejsze nachylenie, a później większe nachylenie względem osi poziomej. Związane jest to ze sposobem obciążenia modelu (najpierw obciążano cięgnami, a później przykładano obciążenie z ram), a w efekcie z rozkładem naprężeń w ścianach.



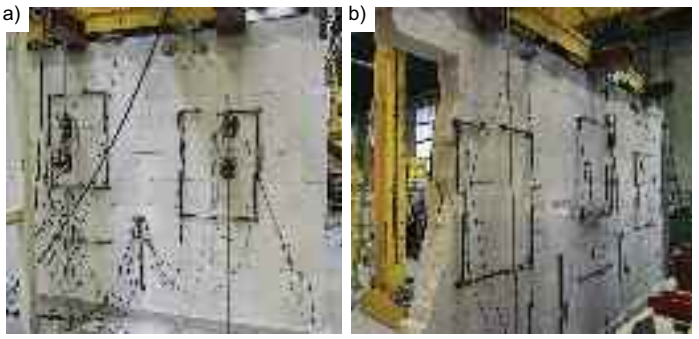
Rys. 2. Zależność σ-ε modeli ścian serii MNS-Z1 i MNS-Z2 (w rozpatrywanych częściach przekroju ściany na wysokości 1335 mm)

We wszystkich modelach zniszczenie było podobne i nastąpiło przez miażdżenie oraz odspojenie bocznych powierzchni elementów murowych, najczęściej zabudowanych bezpośrednio pod żelbetowym wieńcem. W modelach MNS-Z1-2 i MNS-Z2-1 powstały dodatkowo rysy ukośne biegnące od miejsca przyłożenia siły z trawersu ramy do spodu modelu. Na fotografii a) pokazano zniszczenie modeli bez wypełnionych spoin czołowych, natomiast na fotografii b) z wypełnionymi spoinami czołowymi. W tabeli 2 podano naprężenia niszczące poszczególne modele oraz średnie wartości.

Wypełnienie spoin pionowych spowodowało zmniejszenie nośności ścian oraz ich odporności na zarysowanie. Całkowita siła niszcząca (tabela 1) w modelach z niewypełnionymi spoinami była ok. 9% większa od średniej siły niszczącej modeli ze spoinami wypełnionymi. Różnica naprężeń niszczących (tabela 2) wykazała jednak większe lokalne różnice – na poziomie 19%. Całkowita siła rysująca (tabela 1) modeli z niewypełnionymi spoinami była o przeszło 34% większa od siły rysującej w modelach ze spoinami wypełnionymi.

Podsumowanie

Wykazano, że mury z wypełnionymi spoinami pionowymi osiągają o 34% szybciej stan zarysowania niż mury bez wypełnienia spoin pionowych. Nie stwierdzono istotnego wpływu wypełnienia spoin na średnie całkowite siły niszczące modele. W modelach z niewypełnionymi spoinami pionowymi siły rysujące i niszczące były zbliżone, a w przypadku murów ze spoinami pionowymi wypełnionymi można natomiast zaobserwować duży rozrzut wyników. W modelu MNS-Z2-1 zniszczenie wystąpiło przez ukośne zarysowanie ściany, natomiast w modelu MNS-Z2-2 przez odłupanie warstw licowych elementów murowych i nagły wzrost smukłości fragmentu mocno obciążonej ściany. Model MNS-Z2-1 niszczył się później niż modele z niewypełnionymi spoinami, zaś model MNS-Z2-2 szybciej.



Zarysowanie modeli: a) MNS-Z1-1 z niewypełnionymi spoinami pionowymi; b)MNS-Z2-1 z wypełnionymi spoinami pionowymi

Tabela 2. Naprężenie niszczące na analizowanym poziomie

Nazwa serii		Naprężenie niszczące [N/mm²]	Średnie naprężenie niszczące [N/mm²]
MNS-Z1 ściany z niewypełnionymi spoinami pionowymi	MNS-Z1-1	1,53	1,88
	MNS-Z1-2	2,23	
MNS-Z2 ściany z wypełnionymi spoinami pionowymi	MNS-Z2-1	1,87	1,58
	MNS-Z2-2	1,30	

Literatura:

[1] Capozzuca Roberto. 2004. Masonry panels with different mortar joints under compression, *Proceedings of the 13th International Brick and Block Masonry Conference*. Amsterdam.

[2] Drobiec Łukasz, Radosław Jasiński, Tomasz Rybarczyk. 2016. The influence of the type of mortar on the compressive behaviour of walls made of Autoclaved Aerated Concrete (AAC). *Brick and Block Masonry – Trends, Innovations and Challenges.* Taylor & Francis Group, London pp. 1531-1538.

[3] Drobiec Łukasz. 2017. Limitation of cracking in AAC masonry under the window zone / Begrenzung von Rissbildung in Porenbetonmauerwerk im Brüstungsbereich. *Mauerwerk* 21 (5): 332-342.

[4] EN 1052-1:1998. Methods of test for masonry. Determination Of Compression Strength.

[5] Jasiński Radosław, Łukasz Drobiec. 2016. Study of Autoclaved Aerated Concrete Masonry Walls with Horizontal Reinforcement under Compression and Shear. *Procedia Engineering* 161: 918-924.

[6] Rolando Ramirez Vilató, Luiz Sergio Franco. 2007. Strength of structural masonry with filled and unfilled vertical mortar joints. Proceedings of the 10th North American Masonry Conference. St. Louis pp. 813-824.

[7] Sousa Hipólito, Rui Miguel de Sousa. 2011. Influence of head joints and unreinforced rendering on shear behaviour of lightweight concrete masonry. 9th Australasian Masonry Conference. Queenstown.

[8] Sousa Rui Miguel, João Miranda Guedes, Hipólito Sousa. 2015. Characterization of the uniaxial compression behaviour of unreinforced masonry – Sensitivity analysis based on a numerical and experimental approach. *Archives of Civil and Mechanical Engineering* 15: 532-547.

Przyjęto do druku: 28.06.2018 r.

Partner działu: Stowarzyszenie Producentów Betonów