

dr inż. Adam Piekarczyk<sup>1\*)</sup>  
 ORCID: 0000-0002-5790-9560  
 mgr inż. Tomasz Polubiński<sup>2)</sup>

# Wpływ zbrojenia stalowego na pracę ścian murowanych obciążonych pionowo przy jednoczesnym przemieszczeniu konstrukcji podpierającej

## *Influence of steel reinforcement on the behavior of vertically loaded masonry walls with simultaneous displacement of supporting structure*

DOI: 10.15199/33.2024.03.03

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki badań w pełnej skali ścian murowanych z bloczków z ABK i bloczków silikatowych z niewypełnionymi spoinami pionowymi oraz ze spoinami cienkimi. Celem badań było określenie wpływu nowego rodzaju zbrojenia stalowego do spoin wspornych na nośność oraz deformacje poprzeczne ścian poddanych obciążeniu o charakterze grawitacyjnym i jednoczesnemu ugięciu podpory, na której ściany były podparte liniowo. Badania wykazały, że zastosowanie zbrojenia w spoinach wspornych muru wpływa na zwiększenie nośności ścian wykonanych z bloczków z ABK. Stwierdzono znaczne ograniczenie szerokości zarysowania ścian, czego skutkiem było zmniejszenie globalnych kątów deformacji poprzecznej ścian zbrojonych.

**Słowa kluczowe:** ściany z ABK; ściany z bloczków silikatowych; zbrojenie do spoin wspornych; nośność muru; deformacje poprzeczne muru.

**Abstract.** The article presents the results of tests on full-scale masonry walls made of AAC blocks and calcium-silicate blocks with thin bed joints and unfilled vertical joints. The aim of the research was to determine the impact of a new type of steel reinforcement for bed joints on the load-bearing capacity and transverse deformations of walls subjected to gravity loads and simultaneous deflection of the support on which the walls were linearly supported. Research has shown that the use of reinforcement in the bed joints of the wall increases the load-bearing capacity of walls made of AAC blocks. A significant reduction in the width of wall cracks was found, which resulted in a reduction in the global angles of transverse deformation of reinforced walls.

**Keywords:** AAC masonry walls; calcium-silicate masonry walls; reinforcement for masonry bed joints; load-bearing capacity of masonry; transverse deformation of masonry.

Zarysowania ścian murowanych lub ich części mogą być spowodowane m.in. przez odkształcenia konstrukcji do nich przylegającej, w tym elementów podpierających ściany, którymi są zwykle nadproża, fundamenty lub elementy stropów.

Do czynników odpowiadających za przemieszczenia fundamentów można zaliczyć m.in. nieodpowiednie lub nierównomierne przygotowanie podłoża, zmianę stosunków wodnych (drenaż, melioracja, bliskie głębokie wykopy, roślinność), wymywanie gruntu na skutek awarii instalacji, posadowienie sąsiednich budynków, zagęszczenie podłoża i zwiększenie jego obciążenia, ciągle i nieciągłe deformacje wywołane eksploatacją górniczą itp [1, 2].

Trzeba pamiętać, że żelbetowe konstrukcje podpierające te ściany, oprócz odkształceń doraźnych, ulegają odkształceniom opóźnionym i końcowe ugięcie elementu może być kilkakrotnie większe od doraźnego. Zarysowania mogą również wynikać z oddziaływania innych ścian lub ich części, słupów i stropów przylegających do muru, w tym z różnicy przemieszczeń i odkształceń sąsiadujących ze sobą konstrukcji [3], a także oddziaływań o charakterze dynamicznym lub wyjątkowym.

W artykule przedstawiono wpływ zbrojenia stalowego umieszczonego w spoinach wspornych muru na nośność, odkształcalność i zarysowanie ścian poddanych obciążeniu pionowemu i jednoczesnemu ugięciu ich liniowej podpory. Tematyka ta nie była dotychczas prezentowana w literaturze.

### Materiały i elementy próbne

Elementy próbne wykonano z bloczków z autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK) oraz bloczków silikatowych. Zastosowano bloczki z ABK o długości 590 mm, wysokości 240 mm i grubości 180 mm. Deklarowana klasa gęstości bloczków to 600 kg/m<sup>3</sup>. Zgodnie z badaniami [4], średnia znormalizowana wytrzymałość na ściskanie bloczków  $f_b$  wg PN-EN 772-1 [5], była równa 4,04 N/mm<sup>2</sup> przy wytrzymałości średniej  $f_{b,avg} = 5,05$  N/mm<sup>2</sup> i współczynniku zmienności 6,76%.

Bloczki silikatowe miały długość 250 mm, wysokość 220 mm i grubość 180 mm. Zadeklarowano klasę gęstości bloczków 1,6. Zgodnie z badaniami normowymi [5], wytrzymałość znormalizowana  $f_b$  wynosi 24,0 N/mm<sup>2</sup>, przy średniej  $f_{b,avg} = 19,2$  N/mm<sup>2</sup> i współczynniku zmienności 3,10%.

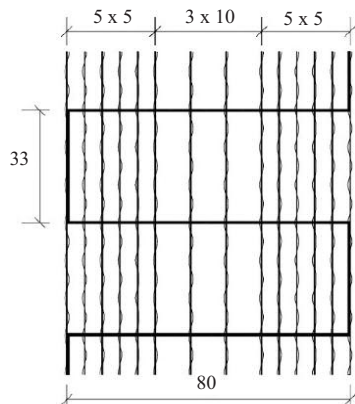
<sup>1)</sup> Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa

<sup>2)</sup> NOVA Sp. z o.o.

<sup>\*)</sup> Adres do korespondencji: adam.piekarczyk@polsl.pl

Ściany z bloczków z ABK wykonano na zaprawie o średniej wytrzymałości na zginanie  $2,22 \text{ N/mm}^2$ , wg normy PN-EN 998-2 [6], przy współczynniku zmienności 5,0% oraz średniej wytrzymałości na ściskanie  $f_m = 6,50 \text{ N/mm}^2$ , przy  $v_{fm} = 9,2\%$ . Ściany z bloczków silikatowych wykonano na zaprawie o średniej wytrzymałości na zginanie równej  $2,37 \text{ N/mm}^2$ , przy  $v_{fx} = 5,4\%$ ,  $f_m = 6,50 \text{ N/mm}^2$  oraz  $v_{fm} = 8,7\%$ .

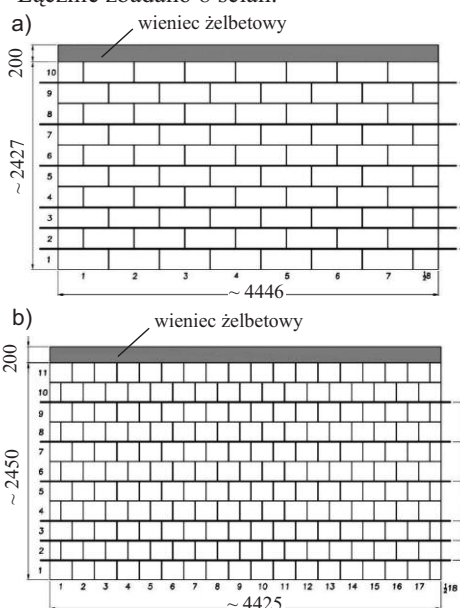
W spoinach wspornych układano stalowe siatki plecione do stosowania w murach eksploatowanych w środowisku MX1 wg PN-EN 1996-2 [7]. Zbrojenie ma Europejską Ocena Techniczną (ETA) [8] przyznaną przez organizację EOTA. Szerokość siatki wynosi 80 mm, przy odchyłce  $\pm 5 \text{ mm}$  [9]. W kierunku podłużnym siatka składa się z czternastu wiązek drutów ze stali wysokowęglowej. Wewnętrzne wiązki mają rozstaw 10 mm, a pozostałe 5 mm (rysunek 1). Wiązka składa się z trzech drutów o średnicy  $0,54 \pm 0,02 \text{ mm}$ . Pole przekroju pojedynczej wiązki wynosi  $0,69 \pm 0,05 \text{ mm}^2$ . Całkowity przekrój zbrojenia to  $9,66 \text{ mm}^2$ , a grubość siatki  $1,7 (-0,2/+0,4) \text{ mm}$  [8]. Stal zabezpieczono powłoką cynkową R20 wg normy PN-EN 845-3 [10]. Charakterystyczna granica plastyczności wynosi  $1770 \text{ N/mm}^2$ , a stosunek wytrzymałości na rozciąganie do granicy plastyczności  $1,08$  [8, 9]. Całkowite wydłużenie przy maksymalnej sile to 2,2%, czyli zbrojenie charakteryzuje się małą ciągliwością. Wiązki podłużne mają oplot z włókien polipropylenowych, co pozwala na ich połączenie ze splotami poprzecznymi z włókien szklanych, które ustalają geometrię siatki. Sploty poprzeczne mają roz-



Rys. 1. Zastosowane zbrojenie  
Fig. 1. Reinforcement used

staw 33 mm (rysunek 1). Zbrojenie może być stosowane w cienkich spoinach wspornych oraz normalnej grubości [9].

Badane elementy próbne miały postać ścian w pełnej skali z cienkimi spoinami wspornymi i niewypełnionymi spoinami pionowymi. Długość ścian z bloczków z ABK wynosiła ok. 4446 mm, a wysokość 2427 mm (rysunek 2a), natomiast długość ścian z bloczków silikatowych, to ok. 4425 mm, a wysokość 2450 mm (rysunek 2b). Ściany miały grubość 180 mm. Murowano je na warstwie zaprawy na stalowej belce stanowiącej część stanowiska do badań. Na górze ścian układano wieniec żelbetowy o przekroju  $200 \times 200 \text{ mm}$  z betonu C16/20 i zbrojono go podłużnie w narożach prętami średnicy 12 mm. Strzemiona średnicy 6 mm rozmieszczono co 300 mm. Siatki umieszczano w ścianach zbrojonych w trzech najniższych spoinach wspornych, a następnie co dwie spoiny – rysunek 2; łącznie w sześciu spoinach. Zbrojenie było ciągłe na całej długości. Badano po dwie ściany niezbrojone z bloczków silikatowych i z ABK oraz po dwie ściany zbrojone. Łącznie zbadano 8 ścian.



Rys. 2. Ściany zbrojone z bloczków: a) z ABK; b) silikatowych

Fig. 2. Reinforced walls made of: a) AAC blocks; b) calcium-silicate blocks

### Stanowisko badawcze i technika badań

Ściany poddano jednoczesnemu obciążeniu pionowemu  $F$  górnej powierzchni (poz. 1, 2, 3, 4 na rysunku 3) i ugięciu ich

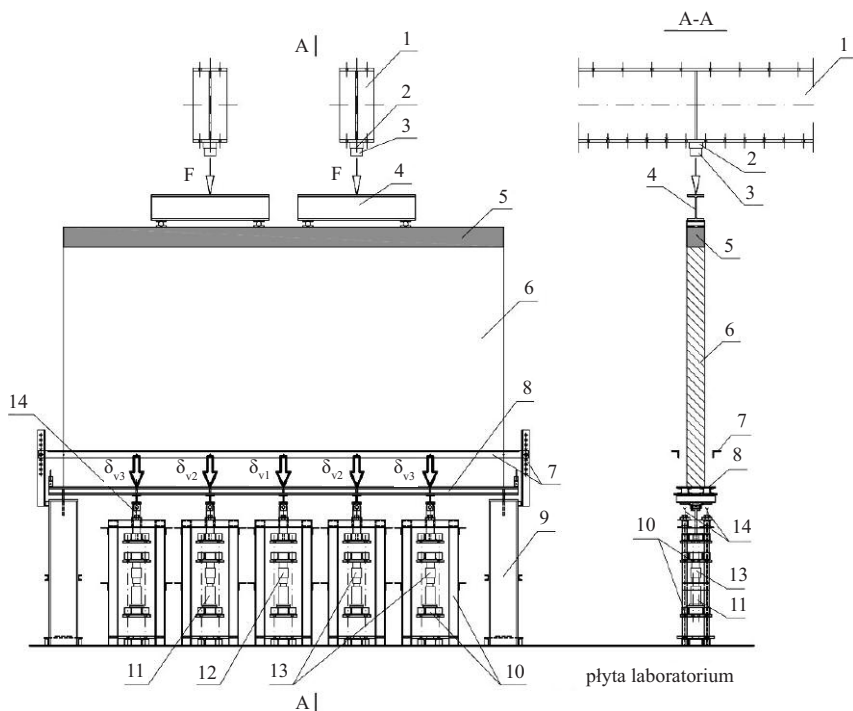
liniowej podpory  $\delta_{vi}$  (poz. 8 na rysunku 3). Po wymurowaniu ścian na belce podpierającej na górnej ich powierzchni umieszczano wieniec (poz. 5 na rysunku 3). Ugięcia elementu podpierającego ścianę  $\delta_{vi}$  odzwierciedlały rzeczywiste pionowe przemieszczenia konstrukcji, takich jak elementy stropu, nadproża, fundamenty. Stalowa belka została zaprojektowana tak, aby jej sztywność była niewielka, co pozwala na wymuszanie dodatkowego ugięcia za pomocą siłowników (poz. 10, 11 na rysunku 3), wynikającego z bezpośredniego obciążenia konstrukcji podpierającej, poza obciążeniem przekazywanym ze ściany, np. ciężarem własnym i obciążenia eksploatacyjnego elementu stropu. Dodatkowe ugięcie odzwierciedla również opóźnione odkształcenia betonu, które mogą być ponadtrzykrotnie większe od odkształceń doraźnych.

Na rysunku 4 przedstawiono realizowaną w trakcie badań zależność obciążenia i przemieszczenia belki podpierającej w środku rozpiętości przęsła  $\delta_{v1}$ . Ugięcia belki podpierającej mierzono czujnikami o zakresie  $\pm 50 \text{ mm}$  przymocowanymi do kątowników (poz. 7 na rysunku 3), połączonych z podporami stanowiska niezależnie od odkształcającej się belki. Ugięcia  $\delta_{vi}$  mierzono po obu stronach ściany w  $1/5$ ,  $5/6$ ,  $1/3$ ,  $2/3$  i  $1/2$  rozpiętości belki. Po ustaleniu zaplanowanego ugięcia (rysunek 4) było ono blokowane za pomocą śrub (poz. 14 na rysunku 3).

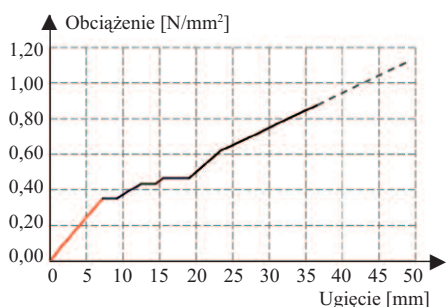
Przemieszczenia węzłów pomiarowych mierzono wzdłuż jedenastu odcinków w dwóch obszarach, które nazwano polem „L” i „P” (rysunek 5). Długość odcinków między węzłami mierzono czujnikami o zakresie  $\pm 5 \text{ mm}$  i  $\pm 10 \text{ mm}$ , a następnie wyznaczano kąty deformacji poprzecznej  $\theta_i$  w polach „L” i „P” (rysunek 6). Przemieszczenia oraz kąty  $\theta_i$  uśredniano z obu powierzchni ścian.

### Wyniki badań

W tabeli 1 zestawiono podstawowe wyniki badań. Podano wartości obciążenia ścian  $F$  [kN], wyrażonego jako równomierne obciążenie przypadające na powierzchnię przekroju poziomego ściany  $p$  [ $\text{N/mm}^2$ ] i odpowiadające uśrednionemu naprężeniu. Określono średnie obciążenie



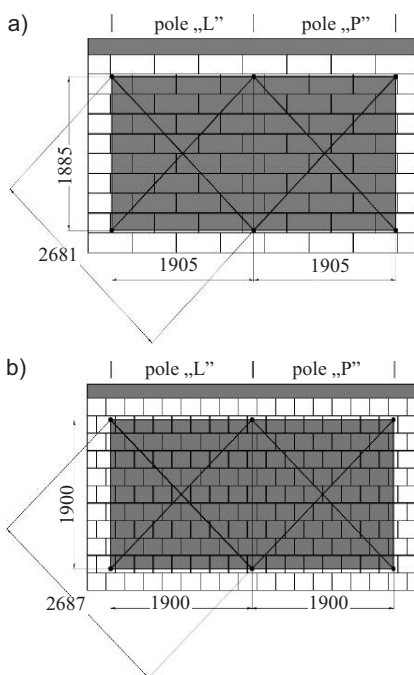
**Rys. 3. Schemat stanowiska do badań:** 1 – stalowa rama; 2 – siłomierz (500 kN); 3 – siłownik (500 kN); 4 – trawers, 5 – wieniec, 6 – ściana; 7 – układ pomiaru ugięcia; 8 – stalowa belka; 9 – podpory belki; 10 – układ wymuszania ugięcia; 11 – siłownik (150 kN); 12 – siłomierz (100 kN); 13 – siłomierz (50 kN); 14 – śruby ustalające ugięcie  
 Fig. 3. Test stand: 1 – steel frame; 2 – force gauge (500 kN); 3 – jack (500 kN); 4 – cross beam; 5 – R.C. rim; 6 – wall; 7 – deflection measuring system; 8 – steel beam; 9 – beam support; 10 – deflection forcing system; 11 – jack (150 kN); 12 – force gauge (100 kN); 13 – force gauge (50 kN), 14 – deflection setting screws



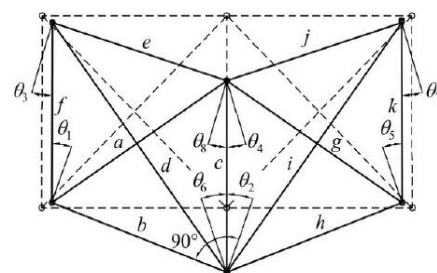
**Rys. 4. Realizowane w badaniach obciążenie stowarzyszone z ugięciem środka przęsła belki podpierającej**  
 Fig. 4. The load associated with the deflection of the supporting beam mid-span carried out in the tests

nie ścian  $F_{mean}$  i  $p_{mean}$ . Zestawiono ugięcie w środku belki podpierającej  $\delta_{v1}$  oraz stosunek ugięcia do długości przęsła (w nawiasach). Podano wartości kątów deformacji poprzecznej w polu „L” i „P”  $\theta_L$  i  $\theta_P$  (rysunek 5) oraz globalny kąt  $\theta_{mean}$ , jako średnią wyznaczoną w polach „L” i „P”.

W przypadku ścian niezbrojonych z bloczków z ABK uzyskano mniejsze graniczne obciążenia i ugięcia niż w przypadku ścian zbrojonych. Z tego powodu w pozycjach NV.1 → AN.1 i NV.2 → AN.2



**Rys. 5. Układ węzłów i odcinków pomiarowych przemieszczeń w przypadku ścian z bloczków:** a) z ABK; b) silikatowych  
 Fig. 5. Nodes and sections for measuring displacements for walls made of: a) AAC blocks; b) calcium-silicate blocks



**Rys. 6. Schemat do wyznaczania kątów  $\theta_i$**   
 Fig. 6. Scheme for determining the  $\theta_i$  angles  
 w tabeli 1 podano wartości kątów  $\theta$  ścian zbrojonych NV.1 i NV.2 przy obciążeniu i ugięciu odpowiadającym wartościom maksymalnym w przypadku ścian niezbrojonych AN.1 i AN.2.

Badania wszystkich ścian z bloczków silikatowych przerywano przy obciążeniu ok. 900 kN (1,13 N/mm<sup>2</sup>) i ugięciu ponad 37 mm. Było to podyktowane tym, że przy silnym obciążeniu i deformacji ścian zachodziły obawy o bezpieczeństwo osób prowadzących badania oraz urządzeń i aparatury badawczej. W przypadku ścian z bloczków silikatowych (NNS i NS) wartości w tabeli 1 można zatem czytać jako „nie mniejsze niż”.

Zgodnie z PN-EN 1992-1-1 [11], ugięcie konstrukcji żelbetowej równe 1/500 rozpiętości jest graniczne, tzn. większe może powodować uszkodzenie przylegających konstrukcji. Przy ugięciu 1/250 rozpiętości wygląd i przydatność konstrukcji mogą być niezadowalające. W tabeli 2 pokazano przykłady zarysowania ścian przy ugięciach belki podpierającej 1/500 i 1/250 rozpiętości i odpowiadających obciążeniach oraz przy maksymalnym obciążeniu i ugięciu.

### Analiza wpływu zbrojenia

**Obciążenia.** W przypadku ścian z bloczków z ABK zbrojenie spoin wspólnych spowodowało zwiększenie nośności (kol. 2 i 3 w tabeli 1). Na rysunku 7 pokazano stosunek maksymalnego obciążenia ścian zbrojonych do nośności ścian niezbrojonych (NV/AN). Nośność ścian zbrojonych była większa o 12 ÷ 43%.

**Bloczki silikatowe** miały pięciokrotnie większą wytrzymałość niż bloczki z ABK, co przekłada się na większą wytrzymałość muru. Ze względów bezpieczeństwa badania ścian z bloczków silikatowych przerywano przy dużym obciążeniu, deformacji oraz uszkodzeniach zagrażających stateczności. Nie

Tabela 1. Maksymalne obciążenie, towarzyszące ugięcie belki podpierającej i kąty deformacji poprzecznej

Table 1. Maximum load, associated deflection of the supporting beam and transverse deformation angle

Element próbny	$p_u$ [N/mm <sup>2</sup> ] (F <sub>u</sub> [kN])	$p_{u,mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ] (F <sub>u,mean</sub> [kN])	Ugięcie $\delta_{v1,u}$ [mm] (L/δ <sub>v1,u</sub> )	Ugięcie $\delta_{v1,u,mean}$ [mm] (L/δ <sub>v1,u,mean</sub> )	Kąt deformacji $\theta_{Lu}; \theta_{Pu}$ [mm/m]	Globalny kąt deformacji $\theta_{u,mean}$ [mm/m]
1	2	3	4	5	6	7
<b>Ściany z bloczków z ABK</b>						
<b>niezbrojone</b>						
AN.1	0,790 (632)		32,0 (1/141)		7,36; 11,0	9,17
AN.2	0,784 (627)	0,787 (630)	33,0 (1/136)	32,5 (1/138)	13,1; 4,44	8,76
<b>zbrojone</b>						
NV.1	1,12 (898)	1,00 (802)	49,4 (1/91)	43,1 (1/104)	8,98; 7,20	8,09
NV.2	0,881 (705)		36,8 (1/122)		3,30; 10,3	6,80
NV.1→AN.1	0,787 (630)		32,2 (1/140)		5,80; 4,52	5,16
NV.2→AN.2	0,787 (630)	0,787 (630)	31,8 (1/141)	32,0 (1/141)	3,28; 9,58	6,48
<b>Ściany z bloczków silikatowych</b>						
<b>niezbrojone</b>						
NNS.1	1,13 (898)		38,0 (1/119)		8,60; 14,6	11,6
NNS.2	1,14 (904)	1,13 (901)	38,3 (1/118)	38,2 (1/118)	12,2; 14,9	13,5
<b>zbrojone</b>						
NS.1	1,13 (901)		37,0 (1/121)		14,4; 7,88	11,2
NS.2	1,14 (905)	1,13 (903)	37,3 (1/121)	37,2 (1/121)	11,0; 12,2	11,6

Tabela 2. Przykładowe zarysowania elementów próbnych

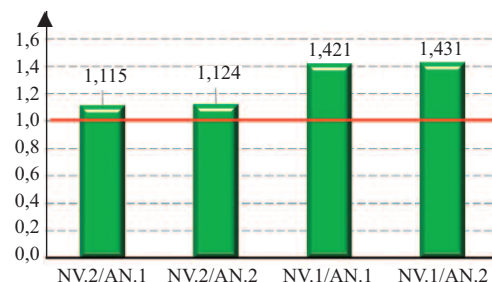
Table 2. Examples of specimen's cracking

Element próbny	Ugięcie L/500 ≈ 9 mm i odpowiadające obciążenie $p_{500} \approx 0,350$ N/mm <sup>2</sup> (280 kN)	Ugięcie L/250 ≈ 18 mm i odpowiadające obciążenie $p_{250} \approx 0,465$ N/mm <sup>2</sup> (370 kN)	Maksymalne obciążenie $p_u$ i odpowiadające mu ugięcie
<b>Ściany z bloczków z ABK</b>			
<b>niezbrojone</b>			
AN.2			
<b>zbrojone</b>			
NV.2			
<b>Ściany z bloczków silikatowych</b>			
<b>niezbrojone</b>			
NNS.1			
<b>zbrojone</b>			
NS.1			

jest zatem możliwe określenie wpływu zbrojenia na nośność tych ścian.

**Odkształcalność.** Miarą odkształcalności ścian były kąty deformacji poprzecznej  $\theta$ . Określano je w lewym

i prawym polu ściany (rysunek 5). Mimo symetrii geometrycznej, symetrii obciążenia oraz podparcia, uszkodzenia ścian nie postępują symetrycznie. Ze względu na zmianę sztywności i redy-



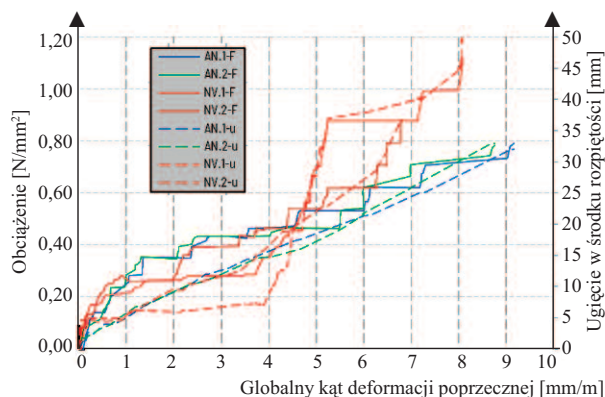
Rys. 7. Stosunek maksymalnego obciążenia ścian zbrojonych do maksymalnego obciążenia muru bez zbrojenia

Fig. 7. The ratio of the maximum load on reinforced walls to the maximum load on unreinforced masonry

strybucję sił wewnętrznych kąty  $\theta$  w polach „L” i „P” różniły się. Rozpatrywanie ich osobno nie jest więc dobrym wskaźnikiem wpływu zbrojenia na odkształcalność ścian. Określono globalny kąt  $\theta$  jako średnią wszystkich kątów. Na rysunkach 8 i 9 pokazano zależność globalnego kąta  $\theta$  od obciążenia (linie ciągłe) i ugięcia (linie przerywane). Globalne kąty były mniejsze w przypadku ścian zbrojonych, szczególnie przy obciążeniu i ugięciu większym od połowy wartości maksymalnych. Zbrojenie ograniczało przede wszystkim szerokość zarysowań, co zmniejszało deformacje poprzeczne.

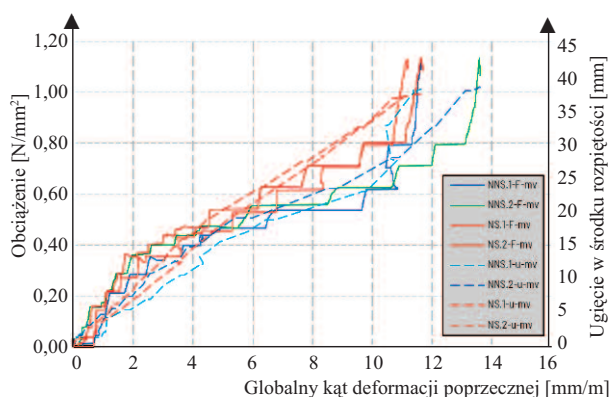
W celu potwierdzenia pozytywnego wpływu zbrojenia na odkształcalność określono globalne kąty  $\theta$  przy obciążeniu stanowiącym 60 – 100% obciążenia maksymalnego ścian niezbrojonych (obciążenie maksymalne wszystkich ścian z bloczków silikatowych było podobne). Na rysunkach 10 i 11 pokazano stosunek deformacji ścian zbrojonych do deformacji ścian bez zbrojenia. Widoczne jest zmniejszenie deformacji zarysowanych ścian zbrojonych.

**Zarysowania.** W przypadku ścian z bloczków z ABK liczba rys jest mniejsza niż w ścianach z bloczków silikatowych (tabela 2). Charakterystyczny w przypadku ścian z bloczków silikatowych jest „schodkowy” przebieg rys. Ze względu na geometrię bloczków (proporcję długości do wysokości), w przypadku ścian z bloczków z ABK rysowały się przede wszystkim bloczki. W przypadku ścian o mniejszej wytrzymałości widoczne jest miażdżenie bloczków z ABK w rejonie koncentracji naprężeń w dolnych narożach (tabela 2).



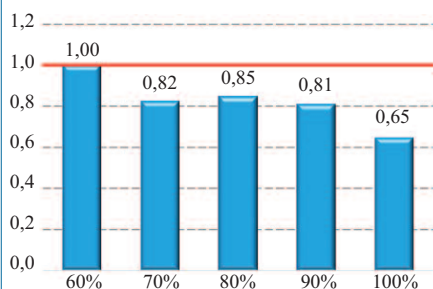
**Rys. 8. Globalny kąt deformacji poprzecznej ścian z bloczków z ABK w funkcji obciążenia i ugięcia**

*Fig. 8. Global angle of transverse deformations of walls made of AAC blocks*



**Rys. 9. Globalny kąt deformacji poprzecznej ścian z bloczków silikatowych w funkcji obciążenia i ugięcia**

*Fig. 9. Global angle of transverse deformations of walls made of calcium-silicate blocks*

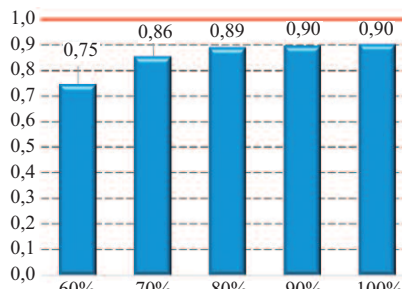


**Rys. 10. Stosunek deformacji poprzecznej zbrojonych ścian z bloczków z ABK do ścian niezbrojonych**

*Fig. 10. Ratio of transverse deformation of reinforced walls to unreinforced walls made of AAC blocks*

W ścianach z bloczków silikatowych dochodziło do odpajania się zewnętrznej powierzchni bloczków. Uszkodzenia te widać powyżej obszarów największego wyężenia muru (fotografia i tabela 2).

Zbrojenie spoin wspornych wpłynęło istotnie na zmniejszenie szerokości zarysowań i ograniczenie globalnej defor-

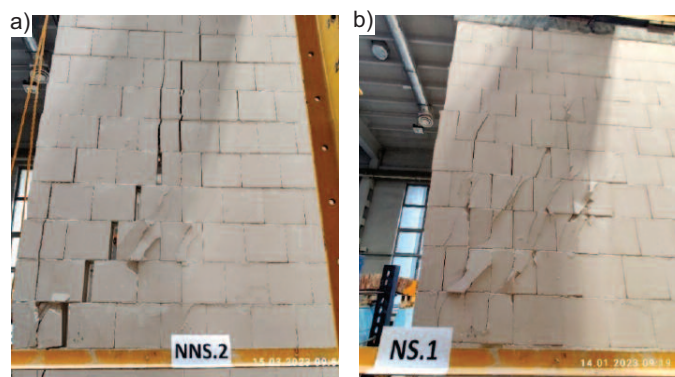


**Rys. 11. Stosunek deformacji poprzecznej zbrojonych ścian z bloczków silikatowych do ścian bez zbrojenia**

*Fig. 11. Ratio of transverse deformation of reinforced walls to unreinforced walls made of calcium-silicate blocks*

i jednoczesnemu ugięciu ich liniowej podpory stwierdzono, że zbrojenie w spoinach wspornych:

- wpłynęło na zwiększenie nośności ścian z bloczków z ABK o 12 – 43%;
- spowodowało zmniejszenie globalnych kątów deformacji poprzecznej – w przypadku ścian z bloczków z ABK o 15 – 35%; w przypadku ścian z blocz-



**Zniszczenie ścian z bloczków silikatowych: a) niezbrojonych; b) zbrojonych**

*Failure of walls made of calcium-silicate blocks: a) unreinforced; b) reinforced*

Fot. A. Piekarczyk

Photo: A. Piekarczyk

macji poprzecznej. Potwierdzeniem tego są uszkodzenia widoczne po zakończeniu badań (fotografia). W ścianach bez zbrojenia rysy mają szerokość kilku centymetrów, co mocno kontrastuje z rysami o względnie małej szerokości w ścianach zbrojonych.

### Wnioski

Na podstawie badań ścian poddanych obciążeniu pionowemu

ków silikatowych o 10 – 25%, przy czym dotyczy to obciążeń i ugięć większych od połowy wartości maksymalnych uzyskanych w badaniach;

- ograniczyło znacznie szerokość zarysowań ścian, czego skutkiem jest zmniejszenie deformacji poprzecznych.

### Literatura

[1] Drobiec Ł. Przyczyny uszkodzeń murów; w XXII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, tom 1, Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa, Oddział w Bielsku-Białej, 2007, s. 105 – 148.

[2] Małyszko L, Orłowicz R. Konstrukcje mурowe. Zarysowania i naprawy. Olsztyn: Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińskiego-Mazurskiego, 2000.

[3] Drobiec Ł. Limitation of cracking in AAC masonry under the window zone/Begrenzung von Rissbildung in Porenbetonmauerwerk im Brüstungsbereich. Mauerwerk. 2017; 21, H. 5: 332 – 342.

[4] Drobiec Ł, Jasiński R. Wpływ rodzaju zaprawy na parametry mechaniczne murów z ABK poddanych ścisnaniu. Materiały Budowlane. 2015; 512 (4): 3 – 7.

[5] PN-EN 772-1+A1:2015-10 Metody badań elementów mурowych. Część 1: Określenie wytrzymałości na ścisnaniu.

[6] PN-EN 998-2:2016-12 Wymagania dotyczące zapraw do murów. Część 2: Zaprawa murarska.

[7] PN-EN 1996-2:2010 Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji mурowych. Część 2: Wymagania projektowe, dobór materiałów i wykonanie murów.

[8] European Technical Assessment ETA 18/0316, Murfor Compact, Ancillary components for masonry: bed joint reinforcement for structural use. Brussels 2019.

[9] Deklaracja właściwości użytkowych Murfor® Compact A-80. Bekaert 2020.

[10] PN-EN 845-3+A1:2016-10 Specyfikacja wyrobów dodatkowych do wznoszenia mурowych. Część 3: Stalowe zbrojenie do spoin wspornych

[11] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.

Przyjęto do druku: 21.02.2024 r.