

# Właściwości murów z elementów silikatowych produkowanych w Polsce.

## Część III. Wytrzymałość muru na zginanie

Dr inż. Łukasz Drobiec, dr inż. Radosław Jasiński, dr inż. Adam Piekarczyk,  
Katedra Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Śląska, Gliwice

### 1. Wprowadzenie

Zginane elementy konstrukcji murowych, z uwagi na sposób ich obciążenia, można podzielić na zginane w swojej płaszczyźnie oraz zginane w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny elementu. Do pierwszej grupy elementów zaliczyć należy przede wszystkim belki, belki wysokie oraz murowane tarcze ściennie. W tego rodzaju konstrukcjach momenty zginające wywołane są najczęściej przez obciążenia o charakterze grawitacyjnym. Elementy murowane zginane w płaszczyźnie są zwykle konstrukcjami zbrojonymi, ponieważ aktualna norma projektowania konstrukcji murowych PN-EN 1996-1-1:2010 [1] nie pozwala na uwzględnienie wytrzymałości muru na rozciąganie w kierunku równoległym do spoin wspornych, kiedy naprężenie rozciągające obejmuje całą szerokość przekroju elementu. Z tego powodu wymieniona norma nie podaje również wytrzymałości muru przy osiowym rozciąganiu. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że wartości tego rodzaju wytrzymałości muru można znaleźć w nieaktualnych już normach PN-B-03002 z lat 1987 i 1999 [2], [3], choć w wypadku murów wykonanych przy użyciu słabych zapraw wytrzymałość tę przyjmowano zwykle równą zero.

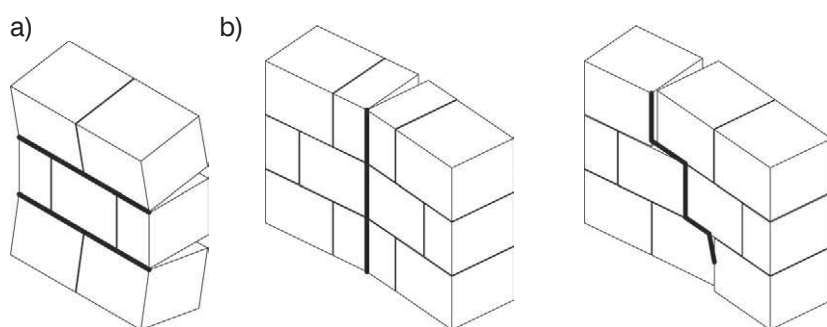
W wypadku obliczania murowych konstrukcji nośnych i nienośnych należy brać pod uwagę także obciążenia skierowane prostopadle do ich płaszczyzny, które wywołują zginanie. Obciążenia tego rodzaju wynikają z od-

działywania wiatru, parcia gruntu lub/i wody, poziomego obciążenia użytkowego oraz w sytuacjach wyjątkowych na przykład od uderzenia ciężkim meblem. Takie konstrukcje murowe nazywa się zginanymi w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny muru, i mogą to być konstrukcje zbrojone oraz bez zbrojenia. Nośność niezbrojonych konstrukcji murowych zginanych w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny muru zależy od wytrzymałości muru na zginanie.

### 2. Materiały i elementy próbne

Badania wytrzymałości muru na zginanie prowadzono zgodnie z normą PN-EN 1052-2:2001 [6]. Według normy [1] wyróżnia się wytrzymałość charakterystyczną na zginanie  $f_{xk1}$ , kiedy do zniszczenia dochodzi w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych (rys. 1a) oraz wytrzymałość charakterystyczną na zginanie  $f_{xk2}$ , gdy płaszczyzna zniszczenia muru jest prostopadła do płaszczyzny spoin wspornych (rys. 1b).

Wytrzymałość na zginanie określa się na podstawie badań niszczących elementów próbnych podpartych wzdłuż dwóch podpór liniowych oraz obciążonych także wzdłuż dwóch linii; taki sposób badania zwyczajowo określa się mianem metody czterech punktów obciążenia. W badaniu określa się sumaryczną siłę powodującą zniszczenie elementu próbnego i na tej podstawie wyznacza się wytrzymałość na zginanie  $f_{xi}$  jako wartość największego naprężenia rozciągającego występujące-



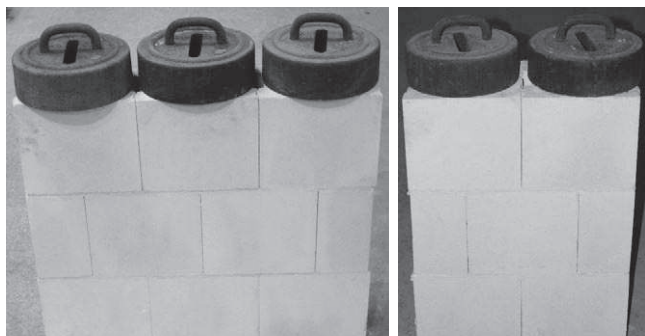
**Rys. 1.** Zniszczenie muru zginanego w płaszczyźnie: a) równoległej, b) prostopadłej do płaszczyzny spoin wspornych

**Tabela 1.** Silikatowe elementy murowe użyte do wykonania elementów próbnych do badania wytrzymałości na zginanie

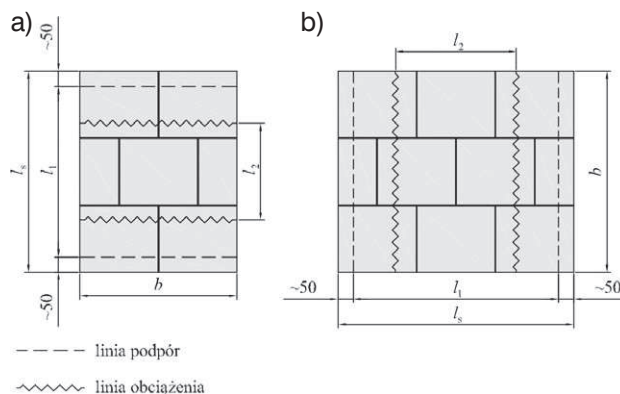
Nr	Geometria elementu murowego	Nr	Geometria elementu murowego
Ia		VIII	
	N 18 250×180×220		T18 250×180×220
II		IX	
	5 NFD P+W 258×180×220		6 NFD w+w 255×250×220
III		XI	
	BP 18/24 249×180×240		½ BSD 180 (P+W) 250×180×220
V		XII	
	U18L 250×220×180		MT 18 300×180×185
VI		XIIIa	
	E18 333×180×199		N24 250×240×220
VII		XIIIb	
	6 NFD 250×250×220		BSD 180 500×180×220

go przy założeniu liniowego rozkładu naprężenia w przekroju muru podlegającego czystemu zginaniu. Elementy próbne wykonano z 12 typów bloczków silikatowych wyprodukowanych przez 11 krajowych producentów. Elementy murowe miały długość od 250 do 500 mm, wysokość od 185 do 240 mm oraz szerokość równą 180, 240 lub 250 mm. Znormalizowana wytrzymałość na ściskanie bloczków silikatowych zawierała się w przedziale od 15,2 do 28,2 N/mm<sup>2</sup>, co pozwoli-

ło na zakwalifikowanie ich do klasy wytrzymałościowej od 15 do 25. Zestawienie użytych elementów murowych przedstawiono w tabeli 1. Elementy próbne do badania wytrzymałości na zginanie muru miały niewypełnione spoiny czołowe oraz cienkie spoiny wsporne o grubości do 3 mm. Do wykonania elementów próbnych użyto zaprawy o deklarowanej wytrzymałości na ściskanie równej 12,5 N/mm<sup>2</sup> i deklarowanej przyczepności do elementów murowych wynoszącej 0,2 N/mm<sup>2</sup>



Rys. 2. Wybrane elementy próbne po ich wykonaniu



Rys. 3. Schemat elementów próbnych do badania wytrzymałości na zginanie przy zniszczeniu w płaszczyźnie: a) równoległej, b) prostopadłej do płaszczyzny spoin wspornych

po jednym dniu oraz 0,4 N/mm<sup>2</sup> po 28 dniach. Wytrzymałość na ściskanie zaprawy uzyskana na podstawie badań była równa 18,24 N/mm<sup>2</sup>, co pozwoliło na zakwalifikowanie jej do klasy M15. Bloczki silikatowe tuż przed wykonaniem z nich elementów próbnych zanurzano na kilkadziesiąt minut w wodzie.

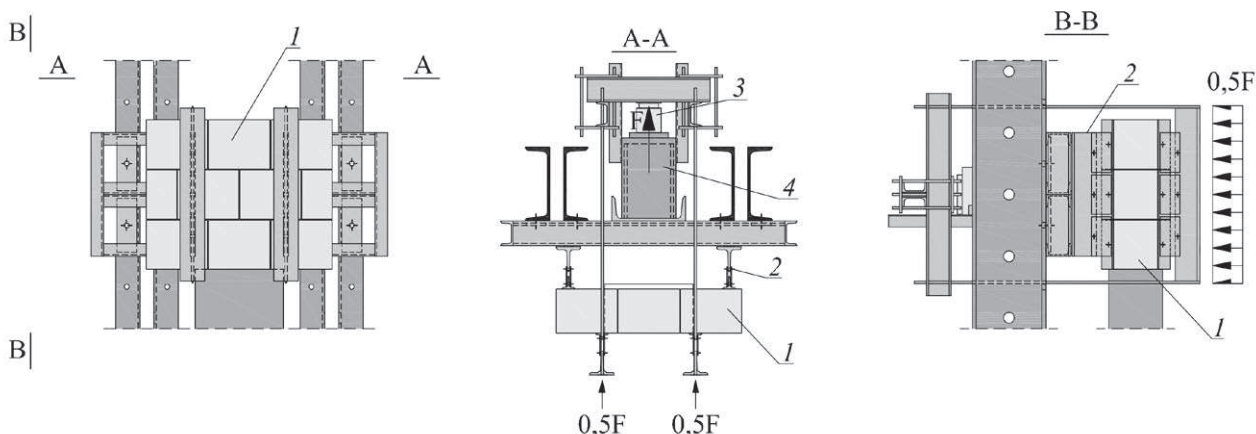
Kształt i wielkość elementów próbnych przyjęto zgodnie z wymaganiami normy [6]. Zaraz po wykonaniu elementów ich górne płaszczyzny zostały obciążone równomiernie tak, aby uzyskać średnie ściskające naprężenie

normalne do spoin wspornych o wartości od  $2,5 \times 10^{-3}$  do  $5,0 \times 10^{-3}$  N/mm<sup>2</sup>. Elementy próbne zostały okryte folią i pozostawione tak do chwili badania. Na rysunku 2 przedstawiono fotografie wstępnie obciążonych dwóch różnych elementów próbnych. Ogólne oznaczenia geometrii elementów próbnych oraz ich obciążenia

Tabela 2. Zestawienie elementów próbnych

Nr	Elementy próbne do badania wytrzymałości muru na zginanie przy zniszczeniu w płaszczyźnie		Nr	Elementy próbne do badania wytrzymałości muru na zginanie przy zniszczeniu w płaszczyźnie	
	równoległej do spoin wspornych $f_{x1}$	prostopadłej do spoin wspornych $f_{x2}$		równoległej do spoin wspornych $f_{x1}$	prostopadłej do spoin wspornych $f_{x2}$
Ia V VIII XI			VII XIIIa		
II			IX		
III			XII		
VI			XIIIb		





**Rys. 4.** Schemat stanowiska do badania wytrzymałości na zginanie muru: 1 – element próbny, 2 – podpora liniowa, 3 – siłomierz elektrooporowy, 4 – siłownik hydrauliczny

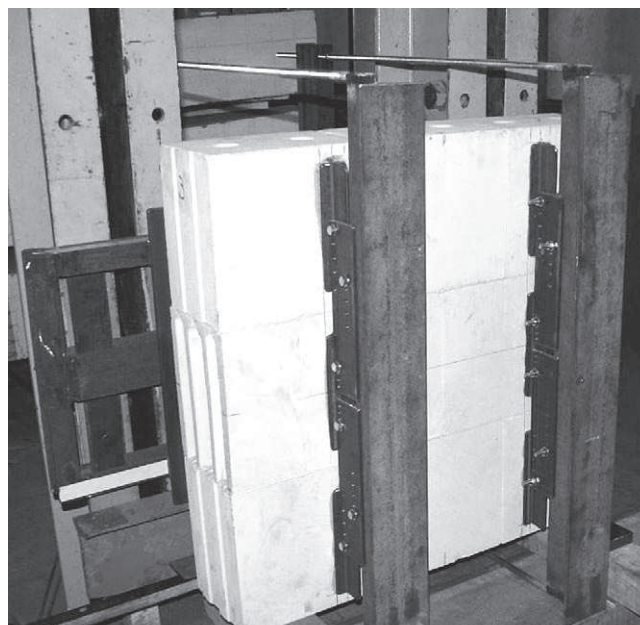
żenia i podparcia pokazano na rysunku 3, gdzie  $b$  i  $l_s$  to odpowiednio szerokość i długość elementu próbnego,  $l_1$  to odległość między liniami podpór, natomiast  $l_2$  jest odległością między liniami obciążenia.

Elementy próbne badano w pozycji pionowej. Odległość linii podpór od krawędzi elementów próbnych wynosiła około 50 mm, natomiast odległość linii podparcia od linii obciążenia, zgodnie z wymaganiami normy [6], była równa od 0,4 do 0,6 rozstawu podpór. Elementy próbne obciążano w taki sposób, aby przyrost maksymalnego naprężenia w przekroju muru zawierał się w zakresie od 0,03 do 0,30 N/mm<sup>2</sup>/min.

W tabeli 2 zestawiono elementy próbne użyte w badaniach. Wymiary elementów podane na rysunkach są wymiarami nominalnymi przy założeniu nominalnych wymiarów elementów murowych oraz spoin wspornych i niewypełnionych spoin czołowych o grubości 3 mm. W ramach niniejszych badań zbadano po dwa elementy próbne dla każdej z zakładanych płaszczyzn zniszczenia oraz dla każdego rodzaju silikatowych elementów murowych. Łącznie zbadano po 24 elementy próbne przy płaszczyźnie zniszczenia równoległej do spoin wspornych muru i tyle samo, kiedy do zniszczenia dochodziło w płaszczyźnie prostopadłej do spoin wspornych; razem wykonano badania 48 elementów próbnych.

### 3. Stanowisko badawcze

Elementy próbne badano w specjalnie w tym celu zaprojektowanym i wykonanym stalowym stanowisku badawczym. Szkic stanowiska pokazano na rysunku 4. Podpory liniowe oraz elementy służące do bezpośredniego liniowego obciążenia elementów próbnych skonstruowano z kilku części tak, aby zapewnione zostało równomierne obciążenie, dzięki przegubowemu ich połączeniu z elementami przekazującymi siłę na badany mur. Podpory oraz elementy, przez które przenoszono obciążenie zaprojektowano w taki sposób, aby zapewniony był ich stały kontakt z badanym elementem próbnym na całej długości.



**Rys. 5.** Fotografia stanowiska badawczego

Obciążenie realizowano za pomocą siłownika hydraulicznego, natomiast wartość wymuszanej siły mierzono siłomierzem elektrooporowym. Zakres pracy siłownika oraz zakres pomiarowy siłomierza dobrano tak, aby spodziewana wartość obciążenia wywołującego zniszczenie elementów próbnych przekroczyła 1/5 tych zakresów. Spodziewaną minimalną wartość siły niszczącej oszacowano na 8 kN na podstawie wytrzymałości na zginanie muru przyjętej w Załączniku Krajowym do normy [1], szerokości elementów próbnych, rozstawu podpór oraz odległości między liniami obciążenia dla elementów próbnych, dla których hipotetyczne obciążenie niszczące było najmniejsze. Elementy próbne badano w pozycji pionowej, aby ich ciężar własny nie wpływał na wartość momentu zginającego. Na rysunku 5 pokazano fotografię stanowiska badawczego wraz z umieszczonym w nim elementem próbnym.

#### 4. Wyniki badań i ich analiza

Zgodnie z ustaleniami normy [6], wytrzymałość na zginanie w wypadku każdego elementu próbnego należy wyznaczyć z dokładnością do 0,01 N/mm<sup>2</sup> ze wzoru

$$f_{xi} = \frac{3F_{i,max}(l_1 - l_2)}{2bt_u^2} \quad (1)$$

w którym  $F_{i,max}$  maksymalną uzyskaną siłą (siłą niszczącą),  $l_1$  jest rozstawem podpór,  $l_2$  to rozstaw linii, wzdłuż których przykładano obciążenie,  $b$  jest szerokością elementu próbnego, natomiast  $t_u$  to grubość elementu próbnego w niniejszych badaniach zawsze równa szerokości silikatowego elementu murowego.

Wartość średnią  $f_{x,mv}$  i charakterystyczną  $f_{xk}$  wytrzymałości na zginanie oblicza się z dokładnością do 0,01 N/mm<sup>2</sup>. Wytrzymałość charakterystyczną  $f_{xk}$ , kiedy zbadano 5 elementów próbnych można wyznaczyć ze wzoru

$$f_{xk} = \frac{f_{x,mv}}{1,5} \quad (2)$$




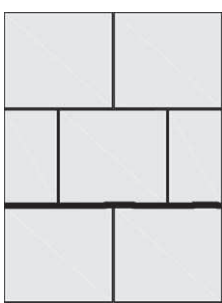
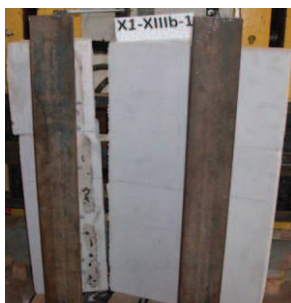
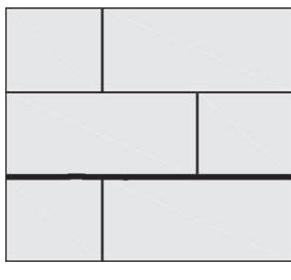


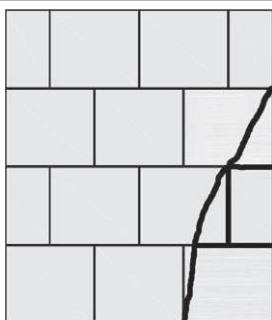

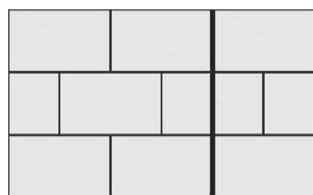
W tabeli 3 zestawiono uzyskane wyniki badań. Oznaczenie elementów próbnych skonstruowano w ten sposób, że symbol X1 i X2 oznacza badanie na zginanie, gdy płaszczyzna zniszczenia jest odpowiednio równoległa lub prostopadła do płaszczyzny spoin wspornych, kolejny symbol identyfikuje numer silikatowego elementu murowego według tabeli 1, natomiast ostatnia cyfra oznacza kolejny element próbny w poszczególnych seriach badawczych. Tabela zawiera wytrzymałości na zginanie poszczególnych elementów próbnych  $f_{x,i}$  oraz odpowiednie wartości średnie  $f_{x,mv}$ .

W tabeli 4 zestawiono przykładowe obrazy zniszczenia badanych elementów. W wypadku elementów próbnych, których płaszczyzna zniszczenia była równoległa do spoin wspornych, sposób zniszczenia polegający na przetłamaniu elementu próbnego wzdłuż płaszczyzny spoin wspornych, był zawsze identyczny. Oznacza to, że o wytrzymałości na zginanie w tej sytuacji zawsze decydowała przyczepność zaprawy do elementów murowych rozumiana jako maksymalne normalne naprężenie rozciągające. W badaniach wytrzymałości na zginanie przy płaszczyźnie zniszczenia prostopadłej do spoin wspor-

**Tabela 3.** Wyniki badań wytrzymałości na zginanie

Płaszczyzna zniszczenia równoległa do płaszczyzny spoin wspornych			Płaszczyzna zniszczenia prostopadła do płaszczyzny spoin wspornych		
oznaczenie elementu próbnego	wytrzymałość na zginanie $f_{x1,i}$ , N/mm <sup>2</sup>	wytrzymałość średnia $f_{x1,mv}$ , N/mm <sup>2</sup>	oznaczenie elementu próbnego	wytrzymałość na zginanie $f_{x2,i}$ , N/mm <sup>2</sup>	wytrzymałość średnia $f_{x2,mv}$ , N/mm <sup>2</sup>
X1-Ia-1	0,55	0,55	X2-Ia-1	0,47	0,44
X1-Ia-2	0,55		X2-Ia-2	0,41	
X1-II-1	0,45	0,36	X2-II-1	0,45	0,44
X1-II-2	0,28		X2-II-2	0,43	
X1-III-1	0,20	0,19	X2-III-1	0,28	0,27
X1-III-2	0,19		X2-III-2	0,27	
X1-V-1	0,44	0,39	X2-V-1	0,42	0,42
X1-V-2	0,34		X2-V-2	0,42	
X1-VI-1	0,74	0,70	X2-VI-1	0,38	0,38
X1-VI-2	0,65		X2-VI-2	0,37	
X1-VII-1	0,17	0,17	X2-VII-1	0,41	0,42
X1-VII-2	0,17		X2-VII-2	0,43	
X1-VIII-1	0,20	0,18	X2-VIII-1	0,37	0,40
X1-VIII-2	0,17		X2-VIII-2	0,42	
X1-IX-1	0,24	0,23	X2-IX-1	0,35	0,36
X1-IX-2	0,23		X2-IX-2	0,37	
X1-XI-1	0,63	0,70	X2-XI-1	0,45	0,44
X1-XI-2	0,77		X2-XI-2	0,44	
X1-XII-1	0,17	0,22	X2-XII-1	0,22	0,23
X1-XII-2	0,26		X2-XII-2	0,24	
X1-XIIIa-1	0,42	0,42	X2-XIIIa-1	0,43	0,43
X1-XIIIa-2	0,43		X2-XIIIa-2	0,42	
X1-XIIIb-1	0,73	0,54	X2-XIIIb-1	0,37	0,39
X1-XIIIb-2	0,36		X2-XIIIb-2	0,41	

**Tabela 4.** Przykłady zniszczenia elementów próbnych

Zniszczenie w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych			
X1-Ia-2		X1-VI-2	
			
X1-XI-1		X1-XIIb-1	
			
Zniszczenie w płaszczyźnie prostopadłej do spoin wspornych			
X2-V-1		X2-VII-1	
			
X2-XI-2		X2-XII-2	
			

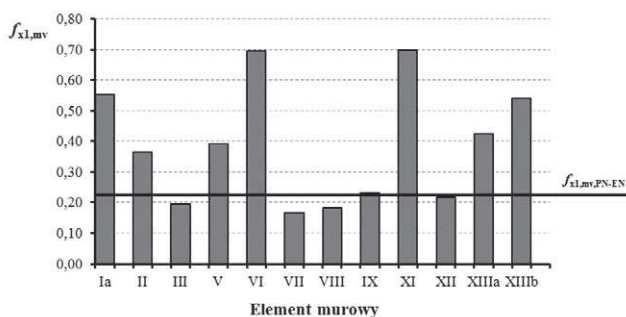
nych muru zniszczenie przebiegało wzdłuż niewypełnionych spoin czołowych oraz przez elementy murowe. W tym wypadku o wytrzymałości na zginanie decydowała zatem wytrzymałość na zginanie bloczków silikatowych. Wyjątek stanowiły elementy próbne X2-VII-1 i X2-VII-2, gdzie uzyskano mieszany sposób zniszczenia polegający na jednoczesnym przełamaniu elementów murowych (biegnącym ukośnie w wypadku elementu X2-VII-1) oraz zerwaniu przyczepności między zaprawą

i elementami murowymi z uwagi na dopuszczalne naprężenie styczne wynikające z działania momentu skręcającego w płaszczyźnie spoin wspornych. Na rysunku 6 pokazano uzyskaną w badaniach średnią wytrzymałość na zginanie, kiedy do zniszczenia dochodzi w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych  $f_{x1,mv}$ , natomiast na rysunku 7 średnią wytrzymałość na zginanie przy zniszczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do spoin wspornych  $f_{x2,mv}$ .

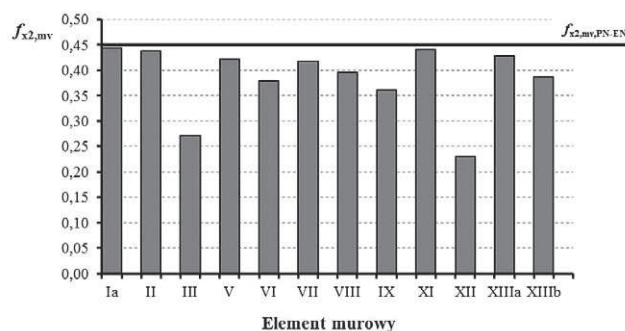


Wytrzymałość na zginanie przy zniszczeniu w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny spoin wspornych charakteryzowała się znaczną zmiennością (rys. 6). Minimalna wytrzymałość średnia wyniosła 0,17 N/mm<sup>2</sup>, natomiast największa była równa 0,70 N/mm<sup>2</sup>, czyli była ponad czterokrotnie wyższa od najniższej uzyskanej w badaniach. Najmniejszą wytrzymałość uzyskano z badań elementów próbných wykonanych z elementów murowych o numerze III, VII i VIII (tab. 1 i 2). Jak już wcześniej wspomniano, wytrzymałość na zginanie, kiedy zniszczenie występuje w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych, ze względu na zaobserwowany w niniejszych badaniach sposób zniszczenia elementów próbných, zależy od przyczepności zaprawy w spoinach wspornych do elementów murowych, ze względu na maksymalne naprężenie rozciągające występujące w płaszczyźnie ich styku. Jak wykazują badania, ten pa-

o numerach III i XII (tab. 1 i 2), w wypadku których uzyskano najniższą średnią wytrzymałość na zginanie, odpowiednio 0,27 i 0,23 N/mm<sup>2</sup>. Najwyższa uzyskana w badaniach średnia wytrzymałość na zginanie wyniosła 0,44 N/mm<sup>2</sup>. W opisywanych badaniach wytrzymałość na zginanie przy zniszczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do spoin wspornych zależała w zasadzie od wytrzymałości na zginanie bloczków silikatowych, która z kolei jest funkcją wytrzymałości na rozciąganie materiału, z którego wykonano bloczki oraz ilości i geometrii drążeń. W normie [1] zapisano, że wytrzymałość na zginanie muru nie powinna być większa niż wytrzymałość na zginanie elementów murowych, co nie do końca jest słuszne w sytuacji, kiedy zginany mur ma niewypełnione spoiny czołowe. W tym wypadku moment zginający jest przenoszony przez co drugi element murowy, zgodnie ze schematem pokazanym



**Rys. 6.** Wartości średnie wytrzymałości na zginanie przy zniszczeniu w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny spoin wspornych



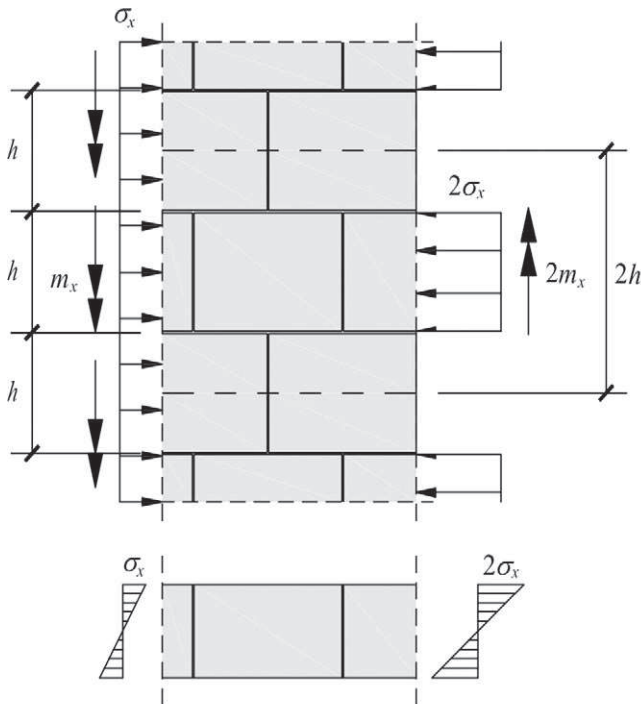
**Rys. 7.** Wartości średnie wytrzymałości na zginanie, kiedy do zniszczenia dochodzi w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny spoin wspornych

rametr charakteryzuje się zwykle dużą zmiennością [7], [8], [9], [10]. Zależy on od wielu czynników, które mają wpływ na kształtowanie się sił adhezji mechanicznej, takich jak: gładkość powierzchni wspornych elementów murowych oraz ilość i geometria ich drążeń. Poza tym przyczepność uzależniona jest od rodzaju i składu zaprawy, od tego, czy jest to zaprawa projektowana lub przepisana, czy zawiera dodatki opóźniające wiązanie bądź dodatek wapna [7], [8], [11] lub popiołu lotnego [12]. Ponadto na przyczepność zaprawy do elementów murowych wpływ ma stopień absorpcji wody przez elementy murowe oraz to czy elementy murowe zwilżano przed ułożeniem ich w murze [9], a także sposobu pielęgnacji muru zaraz po jego wykonaniu [7], [8]. Co ważne, jak wykazały badania [9], w wypadku silikatowych elementów murowych przyczepność zaprawy może zmniejszać się w czasie, prawdopodobnie w wyniku skurczu spowodowanego karbonatyzacją elementów silikatowych.

Wytrzymałość muru na zginanie, gdy do zniszczenia dochodzi w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny spoin wspornych była bardziej wyrównana, za wyjątkiem elementów próbných wykonanych z bloczków

na rysunku 8, zatem wytrzymałość na zginanie nie powinna być większa od połowy wytrzymałości na zginanie elementów murowych.

W celu określenia wytrzymałości charakterystycznej na zginanie, zgodnie z wymaganiami normy [6], niezbędne jest wykonanie badań co najmniej pięciu elementów próbných. W opisywanych badaniach zbadano jedynie po dwa elementy próbne dla każdego z zakładanych płaszczyzn zniszczenia i każdego rodzaju bloczków silikatowych. Z tego względu miarodajna weryfikacja wytrzymałości charakterystycznej badanych murów w odniesieniu do wartości proponowanych w Załączniku Krajowym do normy [1] nie była możliwa. Jednakże w celu orientacji co do potrzeby i kierunku dalszych ewentualnych badań, na wykresy na rysunkach 6 i 7 naniesiono poziome linie, które odpowiadają średniej wytrzymałości muru na zginanie  $f_{x1,mv,PN-EN}$  i  $f_{x2,mv,PN-EN}$  wyznaczonej ze wzoru (2) przy założeniu, że zbadano minimalną liczbę elementów próbných. Przyjmując, że zgodnie z normą [1] wytrzymałość charakterystyczna na zginanie muru z cienkimi spoinami wykonanego z bloczków silikatowych  $f_{xk1}$  wynosi 0,15 N/mm<sup>2</sup> oraz  $f_{xk2}$  jest równa 0,30 N/mm<sup>2</sup>, obliczono



**Rys. 7.** Wartości średnie wytrzymałości na zginanie, kiedy do zniszczenia dochodzi w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny spoin wspornych

minimalną wartość średniej wytrzymałości na zginanie jaką powinien charakteryzować się tego rodzaju mur  $f_{x1,mv,PN-EN} = 0,225 \text{ N/mm}^2$  i  $f_{x2,mv,PN-EN} = 0,45 \text{ N/mm}^2$ .

W wypadku wytrzymałości na zginanie przy zniszczeniu w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych dla elementów próbnymi wykonanych z trzech rodzajów bloczków silikatowych, uzyskano wytrzymałość zdecydowanie niższą niż wymagane  $0,225 \text{ N/mm}^2$  (rys. 6). Uzyskana z badań średnia wytrzymałość na zginanie muru, kiedy płaszczyzna zniszczenia jest prostopadła do spoin wspornych, była w wypadku wszystkich elementów próbnymi niższa od minimalnej równej  $0,45 \text{ N/mm}^2$ , co więcej, tylko wytrzymałość jednego elementu próbnego X2-la-1 przekroczyła tę wartość.

## 5. Podsumowanie

Podsumowując przeprowadzone wyniki badania wytrzymałości na zginanie muru z cienkimi spoinami wykonanego z bloczków silikatowych polskich producentów można stwierdzić, że zniszczenie muru zginanego przy zakładanej płaszczyźnie zniszczenia równoległej do spoin wspornych przebiegała zawsze w płaszczyźnie tych spoin, co oznacza, że o wytrzymałości muru decydowały siły adhezji pomiędzy zaprawą i elementami murowymi. Wytrzymałość średnia charakteryzowała się dużą zmiennością o zakresie sięgającym 400% i w przypadku elementów próbnymi wykonanych z czterech rodzajów bloczków silikatowych nie osiągnięto wytrzymałości na zginanie ob-

liczonej na podstawie wartości przewidzianej w normie [1] dla tego rodzaju muru.

Zniszczenie muru zginanego, kiedy płaszczyzna zniszczenia jest prostopadła do spoin wspornych przebiegała, z wyjątkiem jednego elementu próbnego, przez niewypełnione spoiny czołowe oraz bloczki silikatowe. O tego rodzaju wytrzymałości muru decydowała zatem wytrzymałość na zginanie elementów murowych. W tym wypadku uzyskano mniejszą zmienność wytrzymałości średniej, lecz była ona w wypadku elementów próbnymi wykonanych ze wszystkich rodzajów bloczków silikatowych niższa od wytrzymałości wyznaczonej na podstawie zakładanej w normie [1] dla murów z cienkimi spoinami wykonanych z bloczków silikatowych. Jest to sytuacja dosyć niepokojąca i wymagająca dalszych, dużo obszerniejszych badań eksperymentalnych.

Badania zostały przeprowadzone w ramach pracy NB-243/RB-2/2009 Kompleksowe badania murów z elementów silikatowych realizowanych w Katedrze Konstrukcji Budowlanych Politechniki Śląskiej w Gliwicach w latach 2009–2013.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 1996-1-1:2010 Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych
- [2] PN-87/B-03002 Konstrukcje murowe. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [3] PN-B-03002:1999 Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczanie
- [4] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A., Właściwości murów z elementów silikatowych produkowanych w Polsce. Część I. Wytrzymałość muru na ściskanie. Przegląd Budowlany 2/2013, s. 26–33
- [5] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A., Właściwości murów z elementów silikatowych produkowanych w Polsce. Część II. Wytrzymałość muru na ścinanie. Przegląd Budowlany 5/2013, s. 19–25
- [6] PN-EN 1052-2:2001 Metody badań murów. Określenie wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu
- [7] Fried A. N., Law D. W., Factors Influencing Masonry Flexural Strength, Proceedings of 4th International Masonry Conference, British Masonry Conference, Proceedings No. 7, London 1995, vol. 1, s. 85–89
- [8] Fried A. N., The Influence of Limed and Retarded Mortars on Bond Strength, 7th North American Masonry Conference, University of Notre Dame – South Bend, Indiana, USA, 2–5 June 1996, vol. 1, s. 217–229
- [9] Wijffels T. J., Adan O. C. G., Bond Strength in Calcium Silicate Facing Brick Masonry, 13th International Brick and Block Masonry Conference, Amsterdam, July 4–7 2004
- [10] Khalaf F. M., Simple Test for the Determination of Masonry Flexural Bond Strength, Proceedings of 5th International Masonry Conference, British Masonry Society Proceedings No. 8, London, 1998, s. 23–27
- [11] Canziani A., Fantucci A., Galimberti V., Montrucchi M., Experimental Data on Masonry Specimens Made with Cement:Lime Mortars, Proceedings of 5th International Masonry Conference, British Masonry Society Proceedings No. 8, London, 1998, s. 85–91
- [12] Shrive N. G., Reda Taha M. M., Bond Strength of Clay Masonry Prisms Constructed with Normal and Fly Ashes Substituted Mortars, 13th International Brick and Block Masonry Conference, Amsterdam, July 4–7 2004