

Właściwości murów z elementów silikatowych produkowanych w Polsce.

Część II – wytrzymałość muru na ścinanie

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

1. Wprowadzenie

Wytrzymałość na ścinanie muru należy do podstawowych cech wytrzymałościowych, których znajomość jest niezbędna przy sprawdzaniu ULS ścian usztywniających, z uwagi na ścinające obciążenia poziome i pionowe, stref przypodporowych murowanych nadproży i belek, ścinanych połączeń ścian itp. Począwszy od roku 1999, kiedy opracowano pierwszą normę pomostową do projektowania konstrukcji murowych (PN-B-03002:1999 [1]) opartą na projekcie Eurokodu 6 (EC6V) [2], aż po normę PN-B-03002:2007 [3] zharmonizowaną z ostateczną wersją normy europejskiej [4] wyróżniano w kraju wytrzymałość na ścinanie poziome (f_c) oraz ścinanie pionowe (f_{v0}). Obowiązująca od marca 2010 r. polska wersja Eurokodu PN-EN 1996-1-1:2010 [5] rozróżnia wyłącznie wytrzymałość na ścinanie w kierunku poziomym, jednak Załącznik krajowy podaje wytrzymałości na ścinanie w kierunku równoległym i prostym do spoin wspornych [6], których wartości zostały przyjęte bezpośrednio z normy [3]. W zakresie ścinania pionowego, wytrzymałości zostały określone na podstawie obszernych krajowych badań ścian, a wytrzymałości na ścinanie poziome wprowadzono za projektem Eurokodu 6 [2] bazującym na badaniach zagranicznych.

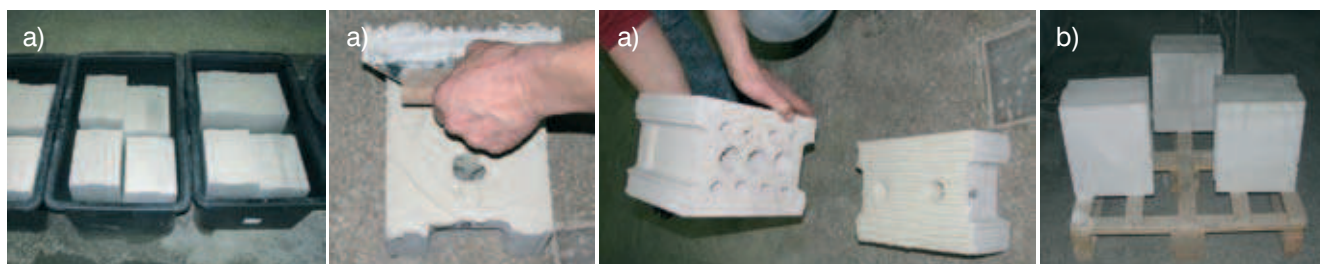
W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań wytrzymałości na ścinanie poziome murów z elementów silikatowych pochodzących od krajowych producentów. Przy braku krajowych badań, zasadniczym celem

podjętych badań była weryfikacja podanej w Załączniku Krajowym EC-6 początkowej wytrzymałości muru na ścinanie f_{vko} murów z elementów wapienno-piaskowych grupy I z cienkimi spoinami. Artykuł stanowi drugą część cyklu publikacji dotyczących podstawowych właściwości murów z krajowych elementów wapienno-piaskowych. W części pierwszej artykułu [7] opisano badania wytrzymałości na ściskanie, natomiast w części trzeciej przedstawione zostaną wyniki testów murów zginanych.

2. Badania elementów próbnych

Do badań wytrzymałości na ścinanie wykorzystano 14 typów elementów murowych jednakowej grubości $t_v=180$ mm dostarczonych przez 12 producentów [7]. Przed scaleniem elementów murowych za pomocą zaprawy wszystkie przygotowane bloczki zanurzone w wodzie na czas około ~60 minut. Następnie na powierzchniach wspornych umieszczano zaprawę klasy M15 [7], którą rozprowadzano „grzebieniem” uzyskując każdorazowo warstwę grubości ~4 mm (rys. 1). Modele po wykonaniu przechowywano w warunkach laboratoryjnych w temperaturze $+20^\circ\text{C}$ i wilgotności względnej powietrza 70–85%.

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 1052-3:2004 [8] dla każdego typu elementów murowych starano się wykonać co najmniej 9 elementów. Elementy badawcze, oznaczano wielką literą A oraz liczbą arabską z prze-



Rys. 1. Wykonywanie elementów próbnych: a) nawilżanie elementów w wodzie i nakładanie zaprawy „grzebieniem”, b) gotowe elementy próbne

Tabela 1. Zestawienie elementów próbnych

Seria	Liczba elementów	Nr elementu wg [7]	Kształt elementu próbnego
A 1/1	9	I	<p>N 18 250×180×220 mm</p>
A 1/2	9	II	<p>NP 18 250×180×220 mm</p>
A 2	9	III	<p>A 2 258×180×220 mm</p>
A 3	9	IV	<p>BP 18/24 249×180×240 mm</p>
A 4A	9	--	<p>N18/500 505×180×220 mm</p>
A 4B	9	V	<p>N18/255 255×180×220 mm</p>
A 5	4	VI	<p>U18L 250×200×180 mm</p>

Seria	Liczba elementów	Nr elementu wg [7]	Kształt elementu próbnego
A 6	9	VII	<p>SILKA E18 333×180×199 mm</p>
A 7	9	VIII	<p>6NFD 250×250×220 mm</p>
A 8	5	IX	<p>T18 250×180×220 mm</p>
A 9	9	X	<p>6 NFD w+w 255 × 250 × 220 mm</p>
A 11	9	XI	<p>1/2 BSD 180 (P+W) 250×180×220 mm</p>
A 13	9	XIII	<p>N24 250×240×220 mm</p>
A 13/2	9	XIV	<p>BSD 180 500×180×220 mm</p>

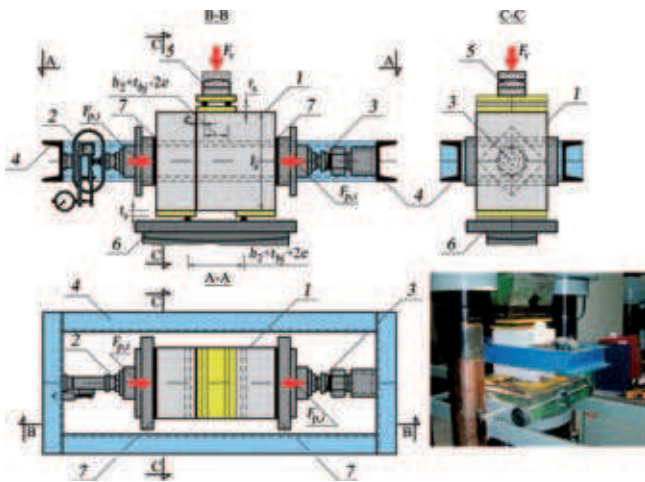
działu 1–13. Ze względu na ograniczoną liczbę elementów dostarczonych przez Zleceniodawców w niektórych seriach wykonano, mniej niż 9 modeli (w ramach serii A 8 i A 5 zbadano odpowiednio 5 i 4 elementy). Ogółem wykonano i zbadano 117 elementów próbnych.

Ze względu na wymiary większości badanych elementów murowych, zgodnie z PN-EN 1052–3:2004 w badaniach ścinania posługiwano się elementami próbnymi typu B. Próbkę tego typu składają się z 2 elementów murowych dociętych do wysokości $h_1 = 200$ mm

$i h_2 = 0,5(h_1 - t_{bj}) = 98,5$ i $88,5$ mm zespolonych zaprawą grubości $t_{bj} = 3$ mm długości $l_s = l_u$ gdy $l_u < 300$ mm lub $l_s = 300$ mm gdy $l_u \geq 300$ mm. Zestawienie kształtów oraz wymiarów elementów próbnych pokazano w tabeli 1, podając również numer elementu zgodnie z nomenklaturą przyjętą w pracy [7].

3. Stanowisko badawcze i przebieg badań

Badania początkowej wytrzymałości muru na ścinanie prowadzono zgodnie z zaleceniami normy [8] w specjalnie do tego celu skonstruowanym stanowisku pozwalającym na realizację obciążenia równoległego do spoin wspornych (ścinającego) oraz towarzyszącego mu prostopadłego do spoin wspornych obciążenia ściskającego (rys. 2).



Rys. 2. Stanowisko badawcze do badań początkowej wytrzymałości muru na ścinanie (opis w tekście)

Stanowisko składało się ze stalowej ramy 4 służącej do wprowadzania wstępnego naprężenia ściskającego prostopadłego do spoin wspornych, w której umieszczano element badawczy 1. Obciążenie ściskające wywoływano za pomocą siłownika śrubowego 3 i przekazywano na model badawczy przez stalowe blachy 7. Pomiar siły ściskającej realizowano przy użyciu siłomierza pałkowego 2.

Po wprowadzeniu wstępnego naprężenia ściskającego, ramę z elementem badawczym umieszczano w maszynie wytrzymałościowej o zakresie 3000 kN, która służyła do wywołania obciążenia ścinającego 5 przykładanego z prędkością $0,3$ N/mm²/s. Elementy ustawiano na dolnej płycie maszyny wytrzymałościowej 6 każdorazowo na wałkach stalowych średnicy 12 mm w osiowym rozstawie równym $h_2 + t_{bj} + 2e$ i blachach stalowych grubości $t_s = 15$ mm. Obciążenie ścinające przykładane było na element mурowy z głowicy prasy przez dwie blachy grubości $t_s = 15$ mm rozdzielone wałkami stalowymi średnicy 12 mm. Odległość skrajnego wałka względem osi spoiny wspornej wynosiła $e = l_u/15$, a osiowy rozstaw wałków wynosił $h_2 + t_{bj} - 2e$.

Ponieważ wytrzymałość na ściskanie elementów mурowych $f_b > 10$ N/mm² [7], dlatego zgodnie z [8] badania początkowej wytrzymałości muru na ścinanie przeprowadzono przy trzech różnych wartościach naprężenia normalnego prostopadłego do płaszczyzny spoin wspornych wynoszących: $f_{p,i} = 0,2; 0,6; 1,0$ N/mm², obliczonych z zależności:

$$f_{p,i} = \frac{F_{p,i}}{A_h} \quad (1)$$

w której:

$F_{p,i}$ – wartość wstępnego obciążenia ściskającego, $A_{h,i}$ – pole przekroju poprzecznego i -tego elementu próbnego (powierzchni wspornej elementu).

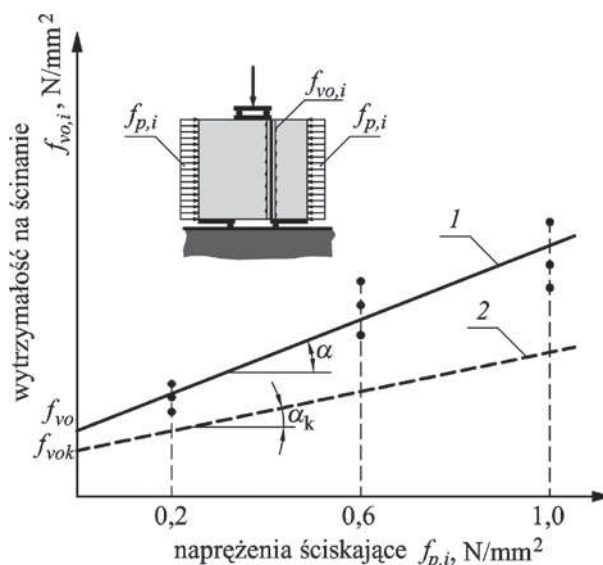
W trakcie badań dokonywano automatycznego pomiaru siły obciążającej za pomocą osprzętu maszyny wytrzymałościowej oraz pomiaru poziomej siły ściskającej. Największe zarejestrowane przez maszynę wytrzymałościową obciążenie przy którym gwałtownie narastały przemieszczenia tłoka maszyny traktowano jako siłę niszczącą $F_{i,max}$ dla której obliczano wytrzymałość na ścinanie $f_{vo,i}$ jako iloraz obciążenia $F_{i,max}$ i pola powierzchni wspornej $A_{i,h}$ z zależności:

$$f_{vo,i} = \frac{F_{i,max}}{2A_{i,h}} \quad (2)$$

w której:

$F_{i,max}$ – wartość maksymalnej siły ścinającej uzyskana dla i -tego elementu próbnego.

Wytrzymałości na ścinanie $f_{vo,i}$ naniesiono na wykresie w funkcji wstępnego naprężenia ściskającego $f_{p,i}$ (rys. 3). Zależność $f_{vo,i} - f_{p,i}$ aproksymowano prostą regresji. Wartości początkowej wytrzymałości na ścinanie f_{vo} odczytano z dokładnością do $0,01$ N/mm² w miejscu



Rys. 3. Zasada określania podstawowych parametrów ścinania wg PN-EN 1052-3:2004 [8]: 1 – prosta regresji, 2 – skorygowana, charakterystyczna prosta regresji

przecięcia prostej regresji z pionową osią układu, natomiast kąt tarcia wewnętrznego α określono z dokładnością do jednego stopnia.

Następnie obliczono wartość charakterystyczną początkowej wytrzymałości na ścinanie f_{vok} oraz charakterystyczną wartość tangensa kąta tarcia wewnętrznego według poniższych zależności [8]

$$f_{vko} = 0,8f_{vo} \quad (3)$$

$$tg\alpha_k = 0,8tg\alpha \quad (4)$$

$$\alpha_k = \arctan(0,8tg\alpha) \quad (5)$$

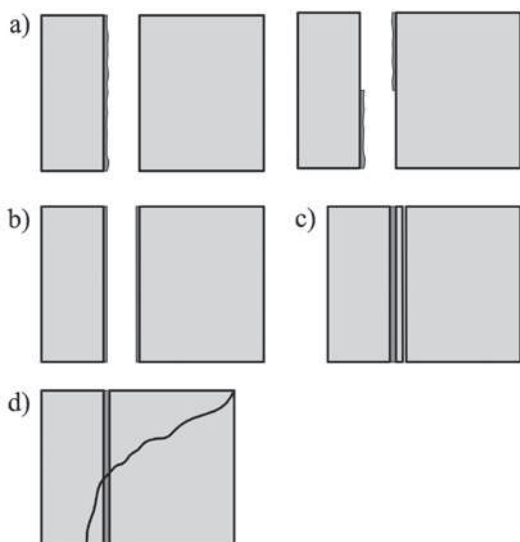
gdzie:

f_{vo} – początkowa wytrzymałość muru na ścinanie muru,

f_{vko} – charakterystyczna wartość początkowej wytrzymałości na ścinanie muru,

α – kąt tarcia wewnętrznego,

α_k – charakterystyczna wartość kąta tarcia wewnętrznego.



Rys. 4. Sposoby zniszczenia elementów wg PN-EN 1052-3:2004 [8]: a) zniszczenie na skutek ścinania na styku elementu murowy/zaprawa na jednej powierzchni lub z rozdzieleniem na dwie powierzchnie elementów murowych – typ A, b) zniszczenie na skutek ścinania wyłącznie wewnątrz zaprawy spoiny – typ B, c) zniszczenie na skutek ścinania wewnątrz elementu murowego – typ C, d) zniszczenie na skutek rozkruszenia i/lub ścięcia elementu murowego – typ D

Przy maksymalnej zarejestrowanej sile wszystkie elementy zostały poddane oględzinom w celu określania i zakwalifikowania sposobu zniszczenia do odpowiedniego typu wyróżnionego przez normę PN-EN 1052-3:2004 [8] (rys. 4). Do określania parametrów ścinania brano pod uwagę wyłącznie te elementy których zniszczenie zakwalifikowano do typu A, B (rys. 4a, b).

Sposób zniszczenia elementów był istotnie związany z wartościami wstępnego naprężenia ściskającego. W zasa-

dzie w wypadku każdej serii elementów ścinanych przy najniższej wartości naprężenia ścinającego równej 0,2 N/mm² uzyskano zniszczenie na skutek ścinania wyłącznie wewnątrz zaprawy spoiny typu B. Wówczas następowało odspojenie zaprawy od powierzchni wspornej jednego z elementów murowych. Występowało także zniszczenie, typu A polegające na ścięciu zaprawy na styku element murowy/zaprawa na jednej powierzchni lub z rozdzieleniem na dwie powierzchnie elementów murowych. W miejscach, w których zaprawa spoiny wspornej z otworem elementu murowego tworzyła „dybel” stwierdzono nawet wykuszanie się elementu murowego i ścięcie zaprawy. Najczęściej jednak zjawisko to wystąpiło gdy średnica otworu nie przekraczała 50 mm. Przy większych średnicach drążen (110 mm i 80 mm) obserwowano lokalne krawędziowe uszkodzenia zaprawy wewnątrz otworów, a także uszkodzenia ścianek elementu murowego.

Gdy obciążeniom ścinającym towarzyszyło naprężenie ściskające wynoszące 0,6 N/mm² występowało zniszczenie typu B, a po uzyskaniu największego obciążenia, zniszczenie typu D spowodowane rozkruszeniem elementu murowego. Podobną sytuację zaobserwowano przy największym, towarzyszącym ścinaniu, wstępnym naprężeniu ściskającym o wartości 1,0 N/mm². Najpierw następowało ścięcie zaprawy na styku elementów murowych, a później kruszenie się elementów. Sporadycznie wystąpiły skruszenia elementów murowych bez ścięcia zaprawy w spoinie. Wtedy wyniki badań poszczególnych modeli nie były brane pod uwagę. Zestawienie zbiorcze zniszczonych elementów próbnych różnych typów pokazano w tabeli 2.

Tabela 2. Obrazy zarysowania elementów w chwili zniszczenia






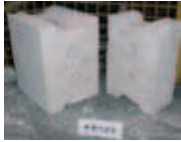



Wartość wstępnych naprężeń ściskających $f_{p,i}$, N/mm ²		
0,2	0,6	1,0
 typ A	 typ B	 typ D
 typ B	 typ B	 typ B
 typ B	 typ B/D	 typ B/D

Tabela 3. Zbiorcze zestawienie wyników badań

Lp.	Seria	A_0/A_{brutto} 100%	f_{vo} [N/mm ²]	f_{vok} [N/mm ²]	α [°]	$0,8tg\alpha$	α_k [°]
1	A 13	20%	0,63	0,50	52	1,03	46
2	A 1/2	10%	0,37	0,29	43	0,75	37
3	A 9	26%	0,70	0,56	34	0,53	28
4	A 7	27%	0,61	0,49	35	0,57	30
5	A 3	24%	0,65	0,52	40	0,68	34
6	A 11	26%	0,70	0,56	35	0,56	29
7	A 8	16%	0,76	0,61	51	0,99	45
8	A4B	21%	0,38	0,31	39	0,64	32
9	A 1/1	21%	0,74	0,59	26	0,39	21
10	A 6	21%	0,56	0,45	45	0,81	39
11	A 5	21%	0,51	0,41	50	0,95	44
12	A 2	15%	0,59	0,47	40	0,68	34
13	A 4A	37%	0,49	0,39	28	0,43	23
14	A 13/2	23%	1,04	0,83	26	0,40	22
Wartość średnia m_x N/mm ² :			0,62				
Odchylenie standardowe σ N/mm ² :			0,171				
Współczynnik zmienności V_x			0,27				

4. Wyniki i analiza badań

W ramach każdej serii określono początkową oraz charakterystyczną wytrzymałość muru na ścinanie zgodnie z normą PN-EN 1052-3:2004 [8]. W tabeli 3 zestawiono uzyskane w badaniach parametry wytrzymałościowe wszystkich zbadanych serii elementów. Podano także procent pola powierzchni otworów jako iloraz pola powierzchni otworów A_0 i pola powierzchni elementu murowego brutto A_{brutto} .

Uzyskano wartość początkowej wytrzymałości muru na ścinanie w przedziale $f_{vo} = 0,37 \div 1,04$ N/mm², a wyznaczona na tej podstawie wytrzymałość charakterystyczna wynosiła $f_{vok} = 0,29 \div 0,83$ N/mm². Wartości maksymalne pochodziły z serii A 13/2 w wypadku której, ze względu na niewłaściwy sposób zniszczenia odrzucono część wyników badań. Wartości kąta tarcia wewnętrznego mieściły się w przedziale $\alpha = 26^\circ \div 52^\circ$, a określone wartości charakterystyczne wynosiły $\alpha_k = 21^\circ \div 46^\circ$. Charakterystyczny tangens kąta tarcia wewnętrznego (współczynnik tarcia wewnętrznego) wynosił $0,8tg\alpha = 0,39 \div 1,03$.

Zgodnie z tablicą 3.4 EC 6 [4] charakterystyczna wytrzymałość na ścinanie $f_{vk,EC6}$ muru wykonanego na zaprawie do cienkich spoin przyjmuje się równą $f_{vk,EC6} = 0,4$ N/mm², bez względu na klasę wytrzymałości zaprawy. Natomiast w Załączniku Krajowym w tablicy NA.6 [5] przyjęto wartość identyczną jak w normie PN-B-03002:2007, czyli o ~30% mniejszą od zalecanej w EC 6 równą $f_{vk,PN-EN} = 0,3$ N/mm². We wszystkich wersjach normy EC 6 wartość współczynnika tarcia zostały ustalone arbitralnie na poziomie $tg\alpha_k = 0,4$ [6]. Porównanie uzyskanych wyników badań oraz wyznaczonych wartości charakterystycznych z parametrami zawartymi w Załączniku Krajowym zestawiono w tabeli 4.

Początkowa charakterystyczna wytrzymałość na ścinanie muru była we wszystkich seriach elementów próbnych większa od wartości normowej wynoszącej 0,3 N/mm². Największą, bo ponad dwukrotnie większą początkową wytrzymałością na ścinanie charakteryzowały się elementy serii A8 i A 13/2. Natomiast najmniejszą wytrzymałość uzyskano w modelach serii A 4B, która była niemal równa wartości normowej. Średnia wytrzymałość na ścinanie wszystkich serii zbadanych elementów wynosiła 0,62 N/mm², a współczynnik zmienności był równy 27%. Dysponując wynikami badań 14 serii różnych elementów murowych (rys. 5) obliczono charakterystyczną wytrzymałość muru na ścinanie według procedury podanej w Załączniku D Eurokodu PN-EN 1990:2004 [9] z zależności

$$X_k = f_{vko} = m_x(1 - k_n V_x) = 0,62(1 - 1,70 \cdot 0,27) = 0,33 \text{ N/mm}^2$$

w której:

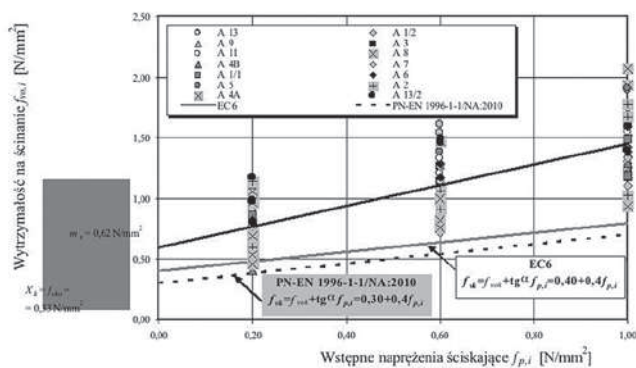
m_x – średnia, początkowa wytrzymałość na ścinanie (tab. 3).

Tabela 4. Zbiorcze zestawienie wyników badań

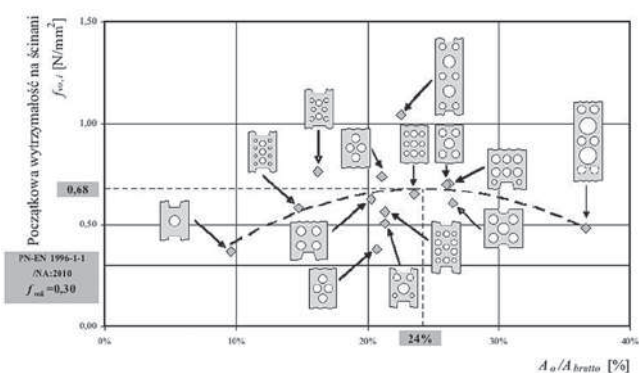
Lp.	Seria	f_{vok} [N/mm ²]	$f_{vok,PN-EN}$ [N/mm ²]	$f_{vok} / f_{vok,PN-EN}$
1	A 13	0,50	0,3	1,68
2	A 1/2	0,29		0,98
3	A 9	0,56		1,88
4	A 7	0,49		1,63
5	A 3	0,52		1,74
6	A 11	0,56		1,87
7	A 8	0,61		2,03
8	A4B	0,31		1,02
9	A 1/1	0,59		1,97
10	A 6	0,45		1,50
11	A 5	0,41		1,36
12	A 2	0,47		1,56
13	A 4A	0,39		1,29
14	A 13/2	0,83		2,78

k_n – współczynnik dla 5% wartości charakterystycznej i rozkładu normalnego wg tablicy D1 PN-EN 1990 [9], V_x – współczynnik zmienności początkowej wytrzymałości na ścinanie (tab. 3).

Charakterystyczna wytrzymałość na ścinanie wyznaczona w całej populacji zbadanych elementów próbnych, mimo dużej zmienności wyników badań ($V_x=27\%$), była o 10% większa od zalecanej w Załączniku Krajowym [5].



Rys. 5. Porównanie uzyskanych wyników badań z wartościami zalecanymi przez EC 6 i PN-EN 1996-1-1 [5]



Rys. 6. Zależność wytrzymałość na ścinanie w funkcji procentu pola powierzchni otworów

Przy takiej samej grubości ($t_u=180$ mm) i długości elementów murowych ($l_u \leq 300$ mm), najistotniejszym czynnikiem wpływającym na duże zróżnicowanie wytrzymałości na ścinanie był stopień perforacji powierzchni wspornej elementów murowych przez pionowe drążenia. Na rysunku 6 pokazano porównanie uzyskanych wytrzymałości na ścinanie w funkcji ilorazu pola powierzchni otworów i pola powierzchni brutto elementu murowego A_o/A_{brutto} . W celu lepszego zobrazowania występujących tendencji zmian, na wykresie wprowadzono także najlepiej dopasowaną krzywą regresji.

Z przedstawionej zależności wynika, że najmniejszą początkową wytrzymałość na ścinanie uzyskano przy nasyceniu otworami rzędu 10% i 37%. Przy wartościach pośrednich A_o/A_{brutto} wyniki badań sugerują obecność ekstremum funkcji wytrzymałości na ścinanie w przedziale 20% – 25% pola powierzchni otworów. Jakościowe oszacowanie wskazuje, że przy nasyceniu otworami

powierzchni wspornej rzędu 24% początkowa wytrzymałość na ścinanie f_{vo} wynosi około 0,70 N/mm², a więc jest większa od uzyskanej w badaniach oraz ponad dwukrotnie większa od wartości zalecanej w Załączniku Krajowym normy [5]. Wytrzymałości na ścinanie elementów z przedziału w którym występuje ekstremum stwierdzono w elementach murowych z otworami o średnicy nie większej niż 50 mm umieszczonych w co najmniej trzech rzędach. Obserwacje zniszczonych elementów próbnych wykazują, że w elementach murowych z otworami o średnicy nie większej niż 50 mm wytworzone z zaprawy „dyble” ulegają ścięciu w płaszczyźnie powierzchni wspornej. Przy większej średnicy otworów zaobserwowano wykruszenia zaprawy na krawędzi otworów spowodowanych lokalnymi naprężeniami docisku bez zjawiska ścięcia zaprawy w płaszczyźnie wspornej.

5. Podsumowanie

Głównym celem pracy była weryfikacja przyjętej w Załączniku Krajowym do normy PN-EN 1996-1-1 [5] charakterystycznej wytrzymałości muru na ścinanie f_{vko} oraz obserwacja sposobu zarysowania i zniszczenia elementów. Wykazano, że wytrzymałość muru na ścinanie uzyskana w badaniach mieściła się w zakresie $f_{vo}=0,37 \div 1,04$ N/mm², a określona na tej podstawie wytrzymałość charakterystyczna zawierała się w przedziale $f_{vok}=0,29 \div 0,83$ N/mm². Natomiast charakterystyczna wartość tangensa kąta tarcia wewnętrznego $0,8tg\alpha$ wynosiła $0,39 \div 1,03$.

Sposób zniszczenia elementów próbnych zależał od wartości wstępnego naprężenia ściskającego. W każdej serii elementów ścinanych przy najmniejszej wartości naprężenia ściskającego równej 0,2 N/mm² uzyskano zniszczenie typu B na skutek ścinania wyłącznie wewnątrz zaprawy spoiny. Gdy obciążeniom ścinającym towarzyszyło naprężenie ściskające wynoszące 0,6 N/mm² i 1,0 N/mm² występowało zniszczenie typu B. Wyjątkowo obserwowano zniszczenie typu D spowodowane rozkruszeniem lub ukośnym zarysowaniem elementów murowych. Początkowa wytrzymałość na ścinanie była niemal we wszystkich seriach elementów większa od wartości normowej wynoszącej 0,3 N/mm². Wytrzymałość charakterystyczną ponad dwukrotnie większą od wartości normowej stwierdzono w seriach elementów A 8 i A 13/2, a najmniejszą odpowiadającą wartości normowej uzyskano w wypadku serii A 4B i A 1/2. Z globalnej analizy wyników wynika, że początkowa wytrzymałość na ścinanie wynosi $f_{vok}=0,33$ N/mm² i przekracza wartość przyjętą w Załączniku Krajowym normy PN-EN 1996-1-1:2010 [5] tylko o 10%. Wartości f_{vko} przyjęte przez poszczególne kraje UE (Austria, Czechy, Estonia, Francja, Słowacja, UK) [10] w większości przypadków mają te same wartości, co zalecane w EC 6. Tylko w polskim Załączniku Krajowym dla zaprawy do cienkich spoin przyjęto wartość o 0,1 N/mm², mniejszą od proponowanej w EC 6.

Na podstawie przeprowadzonych badań można uznać, że przyjęta wartość normowa w pełni koresponduje z rzeczywistymi parametrami murów produkowanych przez Polskich producentów grubości $t_u = 180$ mm. Dlatego nie ma podstaw, aby postulować zwiększenie wartości f_{vko} , której oszacowanie można uznać za w pełni zasadne i bezpieczne. W żadnym przypadku nie uzyskano wytrzymałości znacznie odbiegającej od przyjętej w krajowych przepisach, nawet najmniejsza wytrzymałość była niewiele mniejsza od $0,3$ N/mm². Z analizy wyników badań wynika, że początkowa wytrzymałości na ścinanie zależy od kształtu układu i rodzajów pionowych dźwigni. W elementach murowych o grubości $t_u = 180$ mm najbardziej korzystny jest układ otworów o średnicy mniejszej od 50 mm usytuowanych w co najmniej trzech rzędach, przy czym pole powierzchni otworów odniesione do pola powierzchni elementu murowego powinno zawierać się w przedziale 20%–25%. Optymalizacja układu otworów wymaga dalszych prac badawczych (elementy murowe innej grubości) poprzedzonych analizami teoretycznymi.

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-B-03002:1999. Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczanie
- [2] ENV 1996-1-1:1994 Eurocode 6. Design of masonry structures. Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures
- [3] PN-B-03002:2007. Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczanie
- [4] EN 1996-1-1:2005 Eurocode 6. Design of masonry structures. Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures
- [5] PN-EN 1996-1-1:2010/Ap1:2010/NA:2010 Eurokod 6 Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych
- [6] Jasiński R., Niezbrojone i zbrojone konstrukcje murowe poddane ścinaniu. Seminarium Naukowe – Rozszerzenie naukowych ustaleń Eurokod 6 „Projektowanie konstrukcji murowych. Komentarz naukowo-badawczy do PN-EN 1996:2008”. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 17 stycznia 2008, s. 57–78
- [7] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A., Właściwości murów z elementów silikatowych produkowanych w Polsce. Część I. Wytrzymałość muru na ścinanie. „Przegląd Budowlany” 2/2013, str. 26–33
- [8] PN-EN 1052-3:2004/A1:2009 Metody badań murów. Część 3: określanie początkowej wytrzymałości muru na ścinanie
- [9] PN-EN 1990:2004/Ap1:2004/A1:2008/Ap2:2010/AC:2010/NA:2010 Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji
- [10] Gajownik R., Sieczkowski J., Wytrzymałości muru według EC-6. Porównanie zaleceń krajowych wybranych państw członkowskich UE. XXVI Ogólnopolskie Warsztaty Pracy projektanta Konstrukcji, Szczyrk 9–12 marca 2011 r., tom I, s. 359–378

Współczesne powłoki tynkarskie

Dr inż. Wojciech Drozd, Politechnika Krakowska

1. Wprowadzenie

Tynki, nazywane także wyprawami, są to powłoki z zaprawy lub gipsu pokrywające powierzchnie ścian, sufitów, filarów, kolumn itp., zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz budynku. Można powiedzieć, że zaprawy tynkarskie nie są niczym innym jak charakterystycznym rodzajem zapraw murarskich. Wykorzystywane są w budownictwie od wieków. Niektóre rodzaje stosowane są niemal w niezmienionej postaci po dzień dzisiejszy, lecz okres kilkudziesięciu ostatnich lat był to czas, w którym powstało wiele nowych typów wypraw tynkarskich. Kiedyś przygotowywane prawie wyłącznie w całości na budowie, dzisiaj wytwarzane w fabrykach jako suche mieszanki do zrobienia wodą lub gotowe masy tynkarskie. Wymagania stawiane tynkom ciągle ulegają zmianom. Zmiany te wiążą się przede wszystkim z rozwojem technologii, ale także wdrażaniem na rynek nowych materiałów i systemów budowlanych. Przyczyną tych modyfikacji jest również tendencja do skracania czasu budowy i minimalizowa-

nia przerw technologicznych. Powłoki tynkarskie wykonuje się zarówno ze względów estetycznych jak i użytkowych. Roboty związane z ich wykonaniem stanowią w budownictwie duży procent ogółu robót. Pochłaniają one od 15 do 30% całej robocizny potrzebnej do wzniesienia budynku. Około 7% kosztów całego budynku stanowią koszty poniesione przy robotach tynkarskich.

2. Rodzaje powłok tynkarskich

Istnieje wiele kryteriów klasyfikacji tynków. Typ nakładanych powłok tynkarskich zależy przede wszystkim od: przeznaczenia, rodzaju zaprawy oraz liczby warstw i sposobu wykonania. Poniżej przedstawiono podział w zależności od stosowanej zaprawy.

2.1. Rodzaje tynków w zależności od stosowanej zaprawy

W zależności od użytego rodzaju zaprawy tynkarskiej wyróżnia się następujące rodzaje tynków: