

dr inż. Katarzyna Łaskawiec<sup>1)</sup>  
mgr inż. Lech Misiewicz<sup>2)\*</sup>  
mgr inż. arch. Tomasz Rybarczyk<sup>2)</sup>

## Wytrzymałość na ścinanie spoiny w murze z ABK

Artykuł jest kolejnym z cyklu, w którym omawiane są zasadnicze charakterystyki i właściwości użytkowe elementów murowych z autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK). **Wytrzymałość na ścinanie spoiny w murze** jest właściwością objętą zasadniczą charakterystyką **wytrzymałość spoiny**, która została omówiona w lipcowym numerze „Materiałów Budowlanych” [1]. Jest to jedna z właściwości, jakie powinny być podane w deklaracji właściwości użytkowych (DoP) w przypadku elementów murowych z ABK, przeznaczonych do stosowania w elementach budynku podlegających wymaganiom konstrukcyjnym [3]. **Początkowa wytrzymałość spoiny na ścinanie powinna być podawana jako wartość ustalona lub na podstawie badań jako wartość deklarowana.** W przepisach budowlanych nie zostały określone wymagane wartości wytrzymałości na ścinanie spoiny w murze. Wartości podane w PN-EN 998-2 [5] są wskazówką (podpowiedzią) dla producenta, a te z PN-EN 1996-1-1 [4], to informacje dla projektantów.

Zgodnie z obowiązującymi uregulowaniami prawnymi, podstawą oceny przydatności do zastosowania wyrobu budowlanego powinny być jego właściwości użytkowe deklarowane przez producenta w DoP. Przez porównanie odpowiednich właściwości w poszczególnych DoP projektant czy wykonawca powinni dokonywać wyboru wyrobu. W przypadku **wytrzymałości na ścinanie spoiny w murze** jest jednak problem, ponieważ praktycznie wszyscy producenci wszystkich rodzajów elementów murowych i zapraw mają w DoP wpisana tę samą wartość. W przypadku murów na cienkich spoinach jest to 0,30 N/mm<sup>2</sup>, a na zaprawie zwykłej 0,15 N/mm<sup>2</sup>! Są to wartości ustalone,

czyli przepisane, a nie zbadane i nieuwzględniające, z jakich materiałów wykonano elementy murowe i zaprawę, nie wspominając o innych ważnych czynnikach.

Producent powinien podawać w DoP prawdziwe wartości właściwości użytkowych, ale jednocześnie takie, które są nie tylko „bezpieczne” dla niego, ale również przydatne dla projektanta do przyjęcia właściwych założeń projektowych i tym samym dla końcowego użytkownika wyrobu. Dzisiaj, w przypadku wytrzymałości spoiny w murze na ścinanie, oba z tych warunków nie są spełnione. Producenci, deklarując właściwości użytkowe, powinni mieć świadomość i uwzględnić to, jak mogą się zmieniać deklarowane wartości wytrzymałości muru na ścinanie w przypadku zmiany np. zaprawy. Powinni też pamiętać o tym, że nadzór budowlany ma prawo zlecić badania kontrolne, dlatego dobrym rozwiązaniem jest deklarowanie wytrzymałości połączenia jednoznacznie zdefiniowanych wyrobów, ale to wymaga przeprowadzenia badań.

Projektant wyznacza wytrzymałość charakterystyczną muru na ścinanie w kierunku równoległym do spoin wspornych ( $f_{vk}$ ) wg PN-EN 1996-1-1 [4]. W przypadku muru niezbrojonego ze spoinami wypełnionymi przyjmuje się najmniejszą z wartości:

$f_{vk} = f_{vko} + 0,4 \sigma_d$  lub  $f_{vk} = 0,065 f_b$   
lub  $f_{vko} = 0,25 \text{ N/mm}^2$  dla ABK i zaprawy do cienkich spoin (0,15 N/mm<sup>2</sup> w przypadku zaprawy zwykłej oraz 0,10 N/mm<sup>2</sup> lekkiej)

gdzie:

$f_{vko}$  – wytrzymałość charakterystyczna muru na ścinanie w kierunku równoległym do spoin wspornych przy zerowym naprężeniu ściskającym ( $\sigma_d = 0$ );

$\sigma_d$  – wartość średnia obliczeniowych naprężeń ściskających w przekroju w kierunku prostopadłym do płaszczyzny ścinania, wyznaczona dla odpowiedniej kombinacji oddziaływań;

$f_b$  – znormalizowana wytrzymałość elementów murowych na ściskanie w kierunku prostopadłym do spoin wspornych.

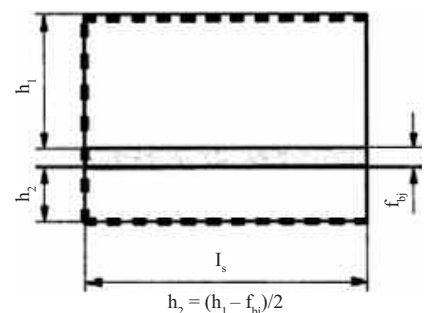
Jak widać, przy wyznaczaniu wytrzymałości charakterystycznej muru na ści-

nianie zgodnie z [4] bierze się pod uwagę, obok wytrzymałości na ściskanie elementów murowych oraz naprężenia ściskającego w kierunku prostopadłym do ścinania, również początkową wytrzymałość muru na ścinanie przy zerowych naprężeniach ściskających. Z tego powodu możliwość uzyskania wiarygodnych informacji o właściwościach użytkowych, m.in. wytrzymałości na ścinanie, jest dla projektanta bardzo ważna.

### Określenie początkowej wytrzymałości muru na ścinanie na podstawie badań

Zgodnie z PN-EN 771-4 [3], początkową charakterystyczną wytrzymałość połączenia elementu murowego na ścinanie, z jedną lub większą liczbą zapraw zgodnych z PN-EN 998-2 [5], można deklarować na podstawie badań elementów murowych. Badanie początkowej wytrzymałości muru na ścinanie w płaszczyźnie poziomych spoin wspornych przeprowadza się zgodnie z normą PN-EN 1052-3 [6]. W zależności od wymiarów elementów murowych wykonuje się je na elementach próbnych typu I lub II. Do badania typowych elementów murowych z ABK (element murowy o wysokości > 200 mm i długości > 300 mm) stosowane są elementy próbne typu II (rysunek 1). Norma [6] dopuszcza dwie procedury badawcze – A i B (rysunek 2):

■ **procedura A** polega na badaniu próbek (co najmniej 9 szt.) przy róż-

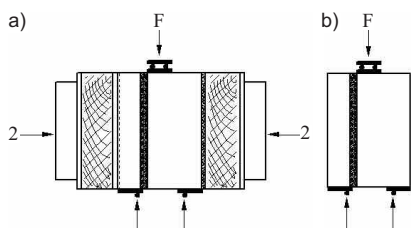


Rys. 1. Element próbny typu II (wysokość elementu murowego > 200 mm i długość > 300 mm) do badania wytrzymałości na ścinanie [6]

<sup>1)</sup> Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych

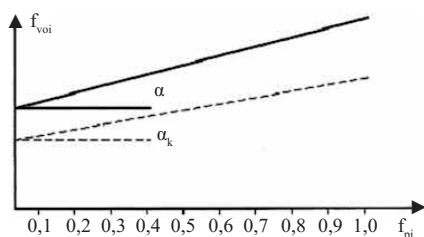
<sup>2)</sup> Solbet Sp. z o.o.

<sup>\*)</sup> Adres do korespondencji: lech.misiewicz@solbet.pl



Rys. 2. Kierunki działania sił na badane elementy: a) procedura A; b) procedura B; F – siła ścinająca; 2 – siła ściskająca prostopadła do spoin wspornych o wielkości odpowiedniej do uzyskania naprężeń wstępnych ( $f_{pi}$ )

nych wstępnych naprężeniach ściskających ( $f_{pi} = 0,1, 0,3$  oraz  $0,5 \text{ N/mm}^2$ ) w kierunku prostopadłym do spoin wspornych i wyznaczaniu początkowej wytrzymałości na ścinanie za pomocą liniowej funkcji regresji w przypadku zerowej wartości naprężeń wstępnych (rysunek 3);



Rys. 3. Wytrzymałość na ścinanie i kąt tarcia wewnętrzznego [6]:  $f_{voi}$  – wytrzymałość na ścinanie pojedynczego elementu próbnego;  $f_{pi}$  – wstępne naprężenia ściskające;  $\alpha$  – kąt tarcia wewnętrznego oraz charakterystyczna wartość kąta tarcia wewnętrznego  $\tan \alpha_k = 0,8 \tan \alpha$

■ **procedura B** polega na bezpośrednim badaniu próbek (co najmniej 6 szt.) przy zerowym naprężeniu wstępnym i wyznaczaniu początkowej wytrzymałości na ścinanie przez proste lub statystyczne obliczenia na podstawie otrzymanych wyników.

Należy podkreślić, że w przypadku procedury B, przy obliczaniu charakterystycznej początkowej wytrzymałości na ścinanie  $f_{vok}$ , norma PN-EN 1052-3 dopuszcza metody prostą i statystyczną jako równorzędne. W obu metodach oblicza się średnią początkową wytrzymałość na ścinanie ( $f_{vo}$ ) z dokładnością do  $0,01 \text{ N/mm}^2$ .

W metodzie prostej charakterystyczna początkowa wytrzymałość na ścinanie  $f_{vok}$  powinna być obliczona jako  $f_{vok} = 0,8 f_{vo}$  lub należy przyjąć najniższy wynik uzyskany w badaniu (!) i podać z dokładnością do  $0,01 \text{ N/mm}^2$ .

W metodzie statystycznej uwzględnia się odchylenie standardowe oraz współczynnik zależny od liczby badanych próbek i wyraża początkową charakterystyczną wytrzymałość na ścinanie  $f_{vok}$  zgodnie z następującym tokiem postępowania opisanym w normie [6]:

- obliczenie dla każdej pojedynczej wartości wytrzymałości na ścinanie  $f_{voi1}, f_{voi2} \dots f_{voin}$ ; wartość  $Y_1, Y_2, \dots Y_n$ , gdzie  $Y_i = \log_{10} f_{voi}$ ;
- obliczenie  $Y_{mean} = \sum Y_i / n$ , gdzie  $i = 1 \dots n$ ;
- obliczenie  $Y_c = Y_{mean} - (k \times s)$ ;

gdzie:  $s$  – odchylenie standardowe wartości  $Y_i$ ;  $k$  – współczynnik z Tablicy 3 ze zmiany A1 do normy PN-EN 1052-3 [6];  $n$  – liczba pojedynczych wartości (zwykle 6);  $Y$  –  $\log_{10}$  początkowej wytrzymałości na ścinanie,  $f_{vo}$ .

- podanie charakterystycznej początkowej siły ścinającej jako  $f_{vko} = \text{anti log}_{10}(Y_c)$  z dokładnością do  $0,01 \text{ N/mm}^2$ .

Wartość charakterystyczna w metodzie statystycznej jest podawana z 95% poziomem ufności.

Najczęściej stosowana procedura A wymaga większego zaangażowania pracy personelu laboratorium badawczego oraz odpowiednich urządzeń, a także czasu, dlatego też jest droższa niż procedura B. Przed kilku laty w COBRPB CEBET (obecnie Sieć Badawcza Łukasiewicz – ICiMB ZTB CEBET) porównywano i analizowano wyniki uzyskiwane w badaniach przeprowadzanych wg obu procedur. Stwierdzono, że występują nie tylko duże rozbieżności pomiędzy wynikami badań, ale również w przypadku procedury B odnotowano rozbieżności przy obliczaniu charakterystycznej początkowej wytrzymałości na ścinanie metodą prostą i statystyczną. Analiza wyników zostanie przedstawiona w kolejnym artykule.

## Deklarowanie początkowej wytrzymałości muru na ścinanie na podstawie wartości ustalonych

W przypadku, gdy nie wykonano badań, to początkową wytrzymałość charakterystyczną na ścinanie zapraw murarskich można deklarować na podstawie wartości ustalonych, powołując się na załącznik C do PN-EN 998-2 [5], co zostało omówione w [1]. Należy jeszcze raz przypomnieć, że nieuzasadnione jest przekonanie, że taka deklaracja zapewni osiągnięcie deklarowanej wartości w rzeczywistym murze, a do tego przy połączeniu z każdą zaprawą oraz że zwalnia producenta z odpowiedzialności za podanie jej w DoP [1, 5].

Potwierdzają to dobitnie wyniki badań sprawdzających publikowane na stronie GUNB [2], w niektórych przypadkach przeszło dwa razy mniejsze od deklarowanych w DoP na podstawie [5]. Jedną z przyczyn tak dużych rozbieżności może być to, że producent elementu murowego deklaruje wytrzymałość połączenia z „anonimową” zaprawą. W Polsce jest oferowanych kilkadziesiąt rodzajów zapraw murarskich, które różnią się właściwościami oraz wytrzymałością połączenia z elementem murowym. Z tego powodu wybór zaprawy do badań ma duże znaczenie, ale z całą pewnością nie jest to jeden powód tak dużych rozbieżności.

## Literatura

- [1] Drobiec Łukasz, Lech Misiewicz. 2020. „Wytrzymałość spoiny w murach z ABK”. *Materiały Budowlane* 575 (4): 44 – 45.
- [2] <https://www.gunb.gov.pl/probki>.
- [3] PN-EN 771-4+A1:2015-10 Wymagania dotyczące elementów murowych – Część 4: Elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego.
- [4] PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05/NA:2014-03. Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych – Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.
- [5] PN-EN 998-2:2016-12E. Wymagania dotyczące zapraw do murów – Część 2: Zaprawa murarska.
- [6] PN-EN 1052-3:2004+PN-EN 10523:2004/A1:2009 Metody badań murów – Część 3: Określenie początkowej wytrzymałości muru na ścinanie.

Partner działu:

Stowarzyszenie Producentów Betonów

[www.s-p-b.pl](http://www.s-p-b.pl)



ROK ZAŁOŻENIA 1994