

mgr inż. Piotr Tkacz*

prof. dr hab. inż. Romuald Orłowicz*

Niekonwencjonalne sposoby określania wytrzymałości cegły i zaprawy w istniejących murach

Unconventional methods of defining durability of brick and masonry mortar in the existing walls

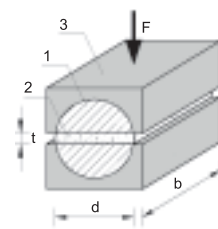
Poznanie cech mechanicznych muru jako materiału dwuskładnikowego (elementu murowego i zaprawy) jest zagadnieniem najważniejszym i najtrudniejszym przy określeniu jego rzeczywistej wytrzymałości. Wytrzymałość muru można określić w sposób pośredni na podstawie badań poszczególnych jego składników. Potrzebne jest wówczas przeprowadzenie odpowiedniej liczby testów do określenia współczynników korelacji między wytrzymałością zaprawy i cegły zbadaną różnymi metodami a badaniami normowymi. Poza tym należy brać pod uwagę inne czynniki wpływające na wytrzymałość zaprawy, np. jej zwietrzenie, degradację, czyli właściwości „nabyte” w okresie wieloletniej eksploatacji. Problem polega na zróżnicowaniu wytrzymałości i odkształcalności zapraw oraz różnorodności elementów murowych stosowanych w różnych okresach wznoszenia budynków. Stare budynki wykonywano głównie z cegły ceramicznej na zaprawach wapiennych, a nawet glinianych. Dotychczas nie ma uniwersalnych i precyzyjnych metod, dotyczących określenia ich cech fizycznych i mechanicznych. Zastosowanie metod normowych nie zawsze jest możliwe ze względu na uciążliwość wyizolowania cegły i zaprawy z istniejącego muru. W związku z tym mogą być stosowane inne metody szczególnie omówione w pracach [1, 2, 3, 4]. Kluczową sprawą jest reprezentatywność uzyskanych wyników.

Metody określania wytrzymałości zaprawy

Mankamentem istniejących sposobów określania wytrzymałości zaprawy jest uciążliwość pobrania próbek

* Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

z muru oraz ich przygotowanie do badań niszczących. Dotyczy to zwłaszcza słabych wapiennych zapraw o wytrzymałości poniżej 1,0 MPa lub zapraw o dużej przyczepności do elementów murowych. W przypadkach tych może być przydatna stosowana przez nas **metoda badań na próbkach walcowych**. Próbkę wycina się prostopadłe do lica muru tak, aby jej przekrój zawierał dwa segmenty cegły ze spoiną wsporną między nimi. Badanie wykonuje się w sztywnych obejmach stalowych o wewnętrznej średnicy d równej średnicy próbki walcowej i odległości między nimi równej grubości t spoiny (rysunek 1, fotografia 1). Podczas obciążania zachowanie się zaprawy zbliżone jest do jej pracy w spoinach poziomych, gdyż w zaprawie występuje trójosiowy stan ściskania. Na rysunku 2 pokazano wy-

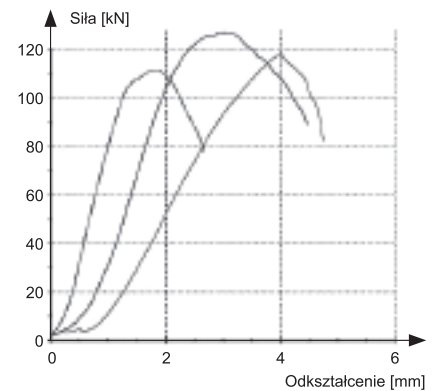


Rys. 1. Schemat badania na ściskanie zaprawy w odwiercie walcowym: 1 – cegła; 2 – zaprawa; 3 – obejma stalowa



Fot. 1. Badania na ściskanie zaprawy w odwiercie walcowym

brane wykresy pionowych odkształceń zaprawy w próbkach badanych wg schematu jak na rysunku 1 i fotografii 1. Próbki pobrano za pomocą wiertła koronkowego o średnicy wewnętrznej 50 mm ze specjalnie przygotowanych murków na zaprawach wapienno-cementowych dwóch partii A i B, które różniły się deklarowaną przez producenta wytrzymałością. Wyniki badań standardowych zaprawy

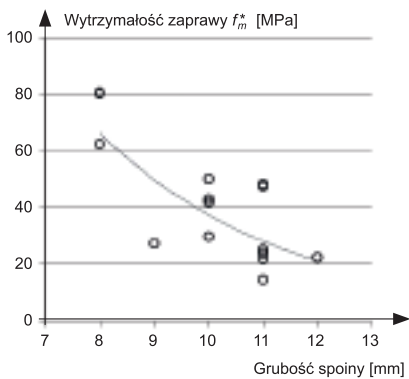


Rys. 2. Przykładowe wybrane zapisy badań wytrzymałości zaprawy

wg PN-EN 1015-11 na połówkach beleczek o wymiarach 80 x 40 x 40 mm przytoczono w tabeli 1. Wytrzymałość zaprawy w próbkach walcowych określono jako $f_m^* = F_n/db$, gdzie siłą niszczącą F_n określono jako maksymalną wartość wyznaczoną z wykresów jak na rysunku 2. Porównanie wyników badań w postaci zależności $k_m = f_m^*/f_m$ podano w tabeli 1, z której wynika, iż uzyskana na próbkach walcowych wytrzymałość zaprawy jest średnio o 4,65 razy większa niż wytrzymałość próbek standardowych. Warto nadmienić, że uzyskane wyniki badań zaprawy na próbkach walcowych zależne były od jej grubości. Widać to ze statystycznej linii regresji otrzymanej dla zaprawy partii B (rysunek 3).

Tabela 1. Wyniki badań wytrzymałości zaprawy

Rodzaj cegieł	Schemat badań				$k_m = f_m^*/f_m$
	na próbkach standardowych		wg rysunku 1		
	liczba próbek	f_m [MPa]	liczba próbek	f_m^* [MPa]	
Partia A	25	17,6	10	71,9	4,1
Partia B	30	8,0	15	41,4	5,2



Rys. 3. Wyniki badania wpływu grubości spoiny na wytrzymałość zaprawy

Badania wytrzymałości cegły

Wytrzymałość cegły na ściskanie może być oszacowana w sposób pośredni, na podstawie wytrzymałości na rozciąganie, np. przez badanie cegły na zginanie (wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu $f_{b,l}$) lub wyciętych próbek walcowych na rozłupywanie [2]. Warto nadmienić, że w tym przypadku dotychczas nie określono wartości współczynnika kształtu próbki walcowej, która przy rozłupywaniu pracuje w złożonym stanie naprężeń. Na uwagę zasługują badania wytrzymałości cegły na rozciąganie *in situ* metodą *pull-off* (fotografia). Podobna metoda (*pull-out* z wykorzystaniem urządzenia CAPO-TEST) od dawna stosowana jest do badania betonu w konstrukcjach żelbetowych [5].

Przeprowadzone badania wytrzymałości cegły na ściskanie wg normy PN-EN 771-1 oraz metodą *pull-off* obejmowały trzy partie cegieł (A, B i C). Cegły ceramiczne pełne partii A o wymiarach 25 × 12 × 6,5 cm pobrano z wewnętrznych ścian budynków mieszkalnych w Szczecinie, które po ok. stuletniej eksploatacji poddane zostały wyburzeniu. Cegły ceramiczne pełne partii B o wymiarach 25 × 12 × 6,5 cm pobrano z nieotynkowanych ścian zewnętrznych hali produkcyjnej zakładu papierniczego w Szczecinie, która po ok. stu latach eksploatacji również została wyburzona. Natomiast cegły partii C o wymiarach 24 × 12 × 7 cm stanowiły nowe klinkierowe wyroby murowe pozyskane od producenta.

Wysepkę o średnicy 50 mm do odrywania metodą *pull-off* nacięto za pomocą wiertła koronkowego na głębokość 15 – 30 mm od lica cegły. Bada-

nie na odrywanie wykonano za pomocą urządzenia typu DYNA-TEST, które umożliwiła bezpośrednie uzyskanie wytrzymałości f_b^* w MPa (fotografia 2). Wyniki badań przedstawione w tabeli 2 poddano analizie statystycznej, która wskazuje na to, że zarówno wynikom badań na ściskanie, jak i na odrywanie metodą *pull-off* (fotografia 2) najbardziej odpowiada rozkład logarytmiczno-normalny (rysunek 4).

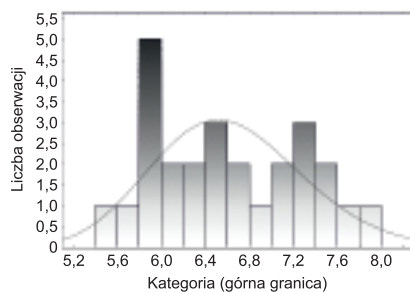


Fot. 2. Badania cegły in situ metodą *pull-off*
Fot. Autor

Tabela 2. Wyniki badań wytrzymałości cegły

Rodzaj cegieł	Schemat badań				$k_b = f_b^*/f_b$
	na ściskanie wg ustaleń normowych		na odrywanie metodą <i>pull-off</i>		
	liczba próbek	f_b [MPa]	liczba próbek	f_b^* [MPa]	
Partia A	30	26,9	9	2,27	0,08
Partia B	10	37,8	11	0,8	0,02
Partia C	14	107,1	26	6,6	0,06

Wyniki badań wskazują, że stosunek wytrzymałości cegły na odrywanie metodą *pull-off* do wytrzymałości na ściskanie wynosi 0,02 – 0,08. Najmniejszą wartość współczynnika k_b uzyskano w przypadku cegieł partii B. Prawdopodobnie wynika to stąd, że po wieletniej eksploatacji w warunkach agresywnych środowiska zakładów papierniczych warstwy licowe cegły zostały mocno zdegradowane. W celu



Rys. 4. Rozkład statystyczny wytrzymałości cegły na odrywanie

uściślenia tych badań należałoby dokonać wierceń wysepek etapami na większą głębokość: na początku na głębokość 15 – 30 mm wraz z odrywaniem, następnie wyrównanie pozostałości wyseпки za pomocą frezu czołowego oraz ponowne nawiercenie wyseпки na większą głębokość i wykonanie badania na odrywanie.

Podsumowanie

Uzyskane dane należy traktować jako informacyjne. W celu ustalenia miarodajnych współczynników korelacji zamierzamy przeprowadzić wiele bardziej obszernych badań wytrzymałości cegły i zaprawy wg opisanych metod. Badaniom będą poddane cegły ceramiczne pełne i zaprawy o zróżnicowanej wytrzymałości, które były podstawowymi składnikami murów wybudowanych w przeszłości.

Abstract

Analyzed the known methods for defining the compressive strength of the brick and mortar of the existing walls. Suggested ways that have been experimentally verified. Brick strength tests performed in situ *pull-off* method. Based on statistical correlation was found between the tensile strength of brick and brick compressive strength. The compressive strength of the masonry mortar was tested on cylindrical samples cutted from the wall containing two fragments of brick and situated between the mortar joint. Based on statistical analysis obtained correlation coefficient between the set mortar compressive strength and compressive strength of the mortar gotten on the standardized samples.

Literatura

[1] Orłowicz R., Tkacz P., Bilko P.: Metody badań wytrzymałości muru w budynkach istniejących. XXVI Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji. Nowoczesne rozwiązania konstrukcyjno-materiałowo-technologiczne, Szczyrk 2011.
 [2] Orłowicz R., Tkacz P., Nowak R., Wybrane zagadnienia określenia wytrzymałości cegły w istniejących budynkach murowych. Przegląd Budowlany nr 4/2011.
 [3] Tkacz P.: Analiza metod określania wytrzymałości zaprawy w istniejących murach. XII Konferencja Naukowa Doktorantów Wydziałów Budownictwa, Szczyrk 2012.
 [4] Orłowicz R., Tkacz P.: Określenie wytrzymałości zaprawy w istniejących budynkach murowych. Przegląd Budowlany nr 1/2012.
 [5] Drobiec Ł., Jasiński K., Piekarczyk K.: Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. T 1. Wydawnictwo PWN. Warszawa 2010.