

dr inż. Maria Wesołowska*
dr inż. Anna Kaczmarek*

Wpływ zapraw na jakość ceglanych obiektów mostowych

Impact of some mortars on quality of brick bridges

Streszczenie. W przypadku modernizacji lub remontu ceglanych obiektów mostowych niezwykle istotna jest informacja o właściwościach użytych materiałów i ich wzajemnej interakcji. W większości tego typu obiektów już w początkowym okresie eksploatacji pojawiają się wykwity solne. W dużej mierze za ten stan odpowiedzialna jest jakość połączenia elementu murowy – zaprawa, które decyduje o szczelności na wnikanie wody deszczowej do wnętrza konstrukcji. W artykule przedstawiono wyniki badań dwóch zapraw i elementów ceramicznych w kontekście ich kompatybilności.

Słowa kluczowe: wykwity, mosty ceglane, oddziaływanie środowiska.

Abstract. In case of modernization and renovation of brick bridges the most essential issue is the information about properties of materials and their mutual interaction. On the majority of brick bridges saline efflorescence appear just after the bridge is constructed. In a great degree the connection of brick-mortar is responsible for this phenomena. It decides about the resistance to infiltration of rain inside the construction. The paper presents the results of two exemplary mortars and ceramics, in the context of their compatibility.

Keywords: efflorescence, brick bridges, impact of environment.

Mostowa konstrukcja ceglana powinna zachować właściwy stan techniczny nawet w skrajnych warunkach wilgotnościowo-temperaturowych. Stąd też duże znaczenie ma rodzaj użytej zaprawy. Zalecenia dotyczące jej doboru do murów zostały określone m.in. w Eurokodzie 6 [1]. Natomiast w zbiorze norm EN 771 [2] i EN 998 [3] nie sprecyzowano dokładnie badań zapraw. Wpływ wody deszczowej został zdefiniowany przez nasiąkliwość oraz początkową absorpcję wody poszczególnych elementów konstrukcji murowej. Penetracja wody jest ujęta tylko w wymaganiach wyrobów dodatkowych do murów. Eurokod 6 odwołując się do PN-EN 845-1 [4] określa również zasady doboru wkładek metalowych z uwagi na trwałość muru oraz pod kątem ich ochrony przed korozją. Wprowadza ograniczenia stosowania określonych materiałów w zależności od klasy ekspozycji. Jednocześnie wskazuje, że niewłaściwe zastosowanie wkładek prowadzi do powstania ognisk korozji muru, konsekwencją czego jest miejscowa penetracja wody przez utworzone szczeliny.

Zaprawa murarska powinna stanowić barierę uniemożliwiającą wnikanie wody oraz umożliwiać jej odprowadzenie w przypadku, gdy już się dostanie [5].

* Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

Wykwity

Wykwit definiowany jest jako sól w postaci krystalicznej wydzielająca się z przesyconego roztworu solnego na powierzchni materiału. W kontekście konstrukcji murowych należałoby tę definicję poszerzyć, gdyż w murze występują również związki pochodzące z zapraw (głównie $\text{Ca}(\text{OH})_2$) lub też z niewłaściwie zabezpieczonych wkładek stalowych, które w obecności wody ulegają rozpuszczeniu i przetransportowane na powierzchnię tworzą naloty i nacieki. Warunki niezbędne do powstania wykwitów zdefiniowane przez Frössela [6]:

- obecność źródła soli rozpuszczalnych w wodzie;
- przenikanie do konstrukcji muru wody, w której zostały rozpuszczone sole;
- występowanie czynnika powodującego ruch roztworu soli.

Woda deszczowa dostaje się do muru w wyniku filtracji wody pod wpływem ciśnienia deszczu lub podciągania kapilarnego. Biorąc pod uwagę wymienione czynniki, trwałość muru należa-

łoby rozpatrywać nie tylko w kontekście materiał – środowisko, ale przede wszystkim układ materiałowy – środowisko.

Zakres badań

Badaniom poddano cegłę klinkierową pełną oraz dwie różne zaprawy (tabela) o konsystencji 6 – 8 wg stożka Abramsa [7]. W przypadku każdego rodzaju zaprawy wykonano po 6 próbek odwzorowujących fragment muru. Zabezpieczono je przed nadmiernym wysychaniem przez 48 h, a następnie sezonowano w warunkach laboratoryjnych przez rok. W celu określenia podatności próbki (układu materiałowego) na wykwit przeprowadzono badania laboratoryjne odwzorowujące naturalne warunki pracy muru:

- migracja wody na powierzchni zespolenia cegła – zaprawa; wskazano złącza podatne na wnikanie wody do wnętrza muru;
- cykliczne zamrażanie i rozmrażanie próbek; wskazano układy odporne na całkowite zniszczenie spoiny lub odspojenie zaprawy od ceramiki;

Skład zapraw przyjętych do badań

Zaprawa	Proporcje komponentów	Skład zaprawy na 10 dm ³				
		cement CEM I 42,5N [kg]	wapno [kg]	domieszka [g]	piasek [dm ³]	woda [dm ³]
Cementowa I z plastyfikatorem	(c:p) = 1:3,5	3,78	–	4,0	10,5	2,53
Cementowo-wapienna	(c:w:p) = 1:1,25:6,75	1,65	0,97	–	9,5	3,04

- filtracja i spływ powierzchniowy wody po licu próbek; wskazano układy wolne od wykwitów.

W celu oceny migracji wody w spoinie wyróżniono dwie powierzchnie: połączenie klinkier – zaprawa, tzw. dolna powierzchnia spoiny (A) i połączenie zaprawa – klinkier, tzw. górna powierzchnia spoiny (B). Oceniano jakość połączenia definiowaną przez:

- liczbę próbek wykazujących całkowitą przepuszczalność spoiny podczas badania;

- zakres penetracji wody pod ciśnieniem w próbach.

Po okresie sezonowania próbek na ich powierzchni licowej zamocowano ramki PVC wysokości 20 cm i uszczelniono styk. Próbkę poddano działaniu ciśnienia hydrostatycznego słupa wody, wysokości 150 mm skierowanego prostopadle do powierzchni licowej, by obejmował zaprawę, cegłę i powierzchnię zespolenia. Po 24 h przeprowadzono pomiar wilgotności na sześciu poziomach podstaw cegieł (oznaczonych jako powierzchnia A i B), odpowiednio 2, 4, 6, 8, 10 i 12 cm. Do oceny wilgotności wykorzystano metodę dielektryczną z głębokością pomiaru do 3 cm.

W badaniu mrozoodporności wykorzystano po trzy próbki z każdego rodzaju zaprawy niewykazujące defektów spoiny w poprzednim badaniu. Proces zamrażania – rozmrażania (20 cykli) przebiegał w następujących sekwencjach: 4 h w temperaturze $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ i wilgotności 55%, przejście do temperatury $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i wilgotności 90%, 4 h w temperaturze $+20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ i wilgotności 90%. Próbkę suszono przez 14 dni w temperaturze $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ i przy wilgotności powietrza 50%. Badania wykazały, że za wynik pozytywny można przyjmować przypadek, gdzie co najmniej w 2 z 3 próbek nie nastąpiło uszkodzenie spoiny.

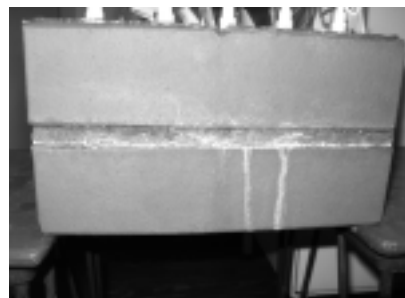
Próbki, które przeszły pozytywnie badanie mrozoodporności, wykorzystano w badaniu filtracji i spływu powierzchniowego wody. Wykonano otwory $\varnothing 6\text{ mm}$ w odległości 15 mm od lica cegły oraz wyżłobienia na powierzchni górnej cegły, celem skierowania strumienia wody z urządzenia dozującego bezpośrednio na lico (spływ powierzchniowy). Każdy otwór wypełniono wodą destylowaną, a następnie podłączono przewody utrzymujące stały jej poziom.

Próbki badano przez 48 h. Po odcięciu dopływu wody suszono je przez miesiąc w warunkach laboratoryjnych, tj. w temperaturze $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ i przy wilgotności powietrza 50%.

Analiza wyników badań

Na podstawie badania migracji wody stwierdzono, że część próbek wykazała całkowitą przepuszczalność spoiny, wynikającą z niedostatecznej przyczepności zaprawy do cegły. Filtracja następowała przez defekty połączenia w górnej powierzchni międzyfazowej. W próbkach na zaprawie cementowej z plastyfikatorem taki defekt stwierdzono w dwóch, a na zaprawie cementowo-wapiennej (rysunek) tylko w jednym przypadku. Może to wynikać z podatności zaprawy na delaminację w trakcie korekty ułożenia elementu murego. Zaprawa cementowo-wapienna, z uwagi na skład ziarnowy jest mniej

mentowo-wapiennej. Na powierzchni licowej próbek z zaprawą cementową z plastyfikatorem pojawiły się wykwit na zaprawie i nacieki na ceramice (fotografia).

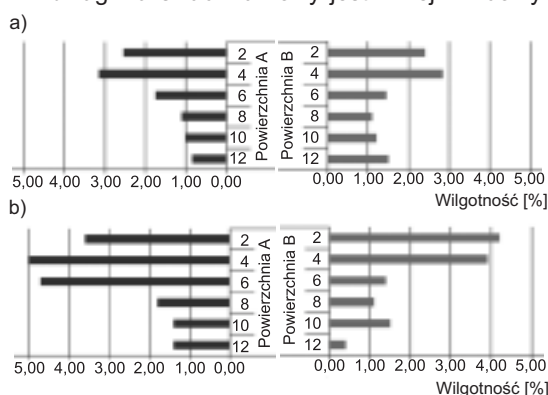


Próbka po badaniu filtracji i spływu powierzchniowego wody Fot. A. Kaczmarek

Podsumowanie

Klinkier jest materiałem, przez który nie przenika woda co najmniej do czasu wystąpienia w nim rys. Nie jest on zdolny do magazynowania jej i późniejszego odparowania. Mała nasiakliwość zmniejsza przyczepność do niego zaprawy i utrudnia wykonanie właściwych spoin muru (szczególnie pionowych).

Badania nie wykazały, że próbki na zaprawie cementowej z plastyfikatorem są stosunkowo mało szczelne. W przypadku naprężeń rozciągających i deformacji, rysy powstają w nich łatwiej niż w zaprawie cementowo-wapiennej zawierającej odpowiednią ilość drobnych frakcji.



Rozkład wilgotności elementów ceramicznych przy całkowitej przepuszczalności przyjętych zapraw, wynikającej z defektów spoiny: a) zaprawa cementowa z plastyfikatorem; b) zaprawa cementowo-wapienna

podatna na zerwanie przyczepności podczas korekty ułożenia.

Powierzchnie międzyfazowe A i B charakteryzowały się różnym stopniem filtracji wody pod wpływem ciśnienia hydrostatycznego. Powierzchnia górna styku (B) okazała się bardziej podatna na penetrację wody. Obydwie zaprawy osiągnęły wyznaczoną, minimalną liczbę prób pozytywnych wymaganych do dalszej oceny.

Badanie mrozoodporności wykazało, że zaprawa cementowa z plastyfikatorem odspoiła się od klinkieru w 1 z 3 próbek, natomiast zaprawa cementowo-wapienna uzyskała wynik pozytywny (0/3 próbki).

W badaniu filtracji wody i spływu powierzchniowego ustalono, że wolne od wykwitów są próbki na zaprawie ce-

Literatura

- [1] EN-1996-2 Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 2. Uwarunkowania projektowe, dobór materiałów i wykonawstwo konstrukcji murowych.
- [2] PN-EN 771-1 Wymagania dotyczące elementów murowych. Część. Elementy murowe ceramiczne.
- [3] PN-EN 998-2. Wymagania dotyczące zapraw do murów. Część 2. Zaprawa murarska.
- [4] PN-EN 845-1 Specyfikacja wyrobów dodatkowych do murów. Część 1. Kotwy, listwy kotwiące, wieszaki i wsporniki.
- [5] Technical Notes 7 on Brick Construction BIA – Water Resistance of Brick. Masonry, Disagn and Detailing Materials Part 2 of 3 August 2001.
- [6] Frössel F., Osuszanie murów i renowacja piwnic, Polcen, Warszawa 2007.
- [7] Osiecka E., Wapno w budownictwie – tradycja i nowoczesność, Copyright by Stowarzyszenie Przemysłu Wapienniczego, Kraków 2006.