

mgr inż. Sławomir Gąsiorowski\*

# Trwałość konstrukcji murowej

**N**awet najlepszy projekt budynku nie zrekompensuje błędów wykonawczych. A dobra praktyka na budwie to m.in. dobór materiałów o jakości odpowiadającej wykonywanemu zadaniu. W przypadku murów, które w czasie eksploatacji podlegają oddziaływaniu różnych zewnętrznych czynników (zmiany temperatury, zmiany wilgotności, drgania, obciążenia, oddziaływanie wody, itp.), dobór rodzaju stosowanej zaprawy może mieć ogromny wpływ na trwałość muru w przyszłości. Przy wyborze zaprawy pod uwagę powinny być brane nie tylko takie aspekty, jak wytrzymałość na ściskanie czy mrozoodporność, ale przede wszystkim **zdolność zaprawy do tworzenia szczelnego połączenia murarskiego z danym elementem murem**.

Podstawą selekcji zapraw powinny być następujące reguły:

- nie ma zaprawy uniwersalnej odpowiedniej do stosowania w każdych warunkach;
- nie należy stosować zapraw o wytrzymałości na ściskanie większej od przewidzianej w projekcie;
- zaprawa powinna tworzyć z materiałem ściennym (błoczkami, kamieniem) maksymalnie szczelne połączenia murarskie.

Oczywiście za tymi regułami musi iść zdrowy rozsądek. Częste zmienianie typu zaprawy, w zależności od charakteru prowadzonych prac (lokalizacja ściany, przenoszone obciążenia), należy uznać za nieekonomiczne i nierozsądne. Dobór zaprawy jest pewnego rodzaju kompromisem pomiędzy wymaganiami technicznymi, ekonomią a oczekiwaną trwałością muru.

## Urabialność zaprawy wpływa w istotny sposób na żywotność muru

Właściwościami zaprawy mającymi największy wpływ na żywotność kon-

strukcji murowej są w kolejności: **przy-  
czepność; elastyczność; wytrzyma-  
łość na ściskanie**. Wynika z tego, że najważniejszą cechą zaprawy w stanie świeżo zarobionym jest jej **urabialność**, z której wynikają zarówno właściwości zaprawy w stanie plastycznym, jak i utwardzonym.

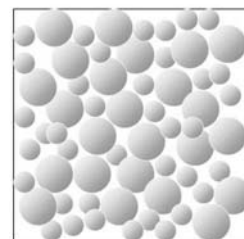
Urabialność jest trudna do zmierzenia, gdyż składa się na nią wiele czynników wzajemnie powiązanych. Największy wpływ mają: konsystencja; więźliwość wody; zawartość powietrza; czas zachowania właściwości roboczych; adhezja; kohezja; skład ziarnowy piasku; rodzaj i proporcja zastosowanych materiałów wiążących. Przyjmuje się, że urabialna zaprawa to taka, która łatwo „schodzi” z kielni i równie łatwo „przykleja się” do ściany, nie spadając z niej. Urabialna zaprawa to również taka, która łatwo wyciska się ze szczelin pionowych i poziomych, jakie tworzą się podczas murowania, nie wykazuje tendencji do rozmazywania się, a część zaprawy wyciśnięta poza obrys muru nie odrywa się i nie spada na podłoże. Zaprawa o dobrej urabialności łatwo utrzymuje ciężar kładzionych na niej cegieł i ułatwia ich pozycjonowanie.

O tym, jak długo zaprawa pozostaje urabialna po rozłożeniu jej na murze decyduje więźliwość wody w zaprawie. Cegły o dużej nasiąkliwości powodują szybką ucieczkę wody z zaprawy. Zaprawa tracąc wodę, traci również urabialność i staje się zbyt sztywna, aby utworzyć dobre, szczelne połączenie z cegłą. W związku z tym, że pomiędzy zaprawą a powierzchnią cegieł występują liczne wolne przestrzenie, mur wykazuje dużą nasiąkliwość, a przez to charakteryzuje się niską trwałością. **Do cegieł o dużej nasiąkliwości należy więc stosować zaprawy o dużej zdolności do utrzymania wody**. Z drugiej jednak strony, jeśli zaprawę o dużej więźliwości wody rozłożymy na podłożu mało nasiąkliwym, to nadmiar wody w zaprawie powoduje, że jest ona zbyt

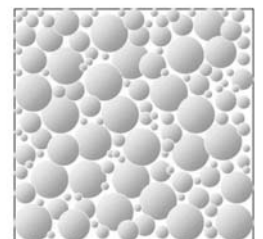
plastyczna. Kolejna warstwa cegieł położona na takiej zaprawie ma skłonność do „płynięcia”. Trudno w takich warunkach utrzymać pion muru, gdyż cegły mają tendencję do samodzielnego przemieszczania się. **Do cegieł o małej nasiąkliwości należy stosować zaprawy o mniejszej więźliwości wody**, np. do murowania cegieł klinierowych o nasiąkliwości poniżej 6% zalecane są zaprawy o konsystencji gęstoplastycznej, a więc takie, które zawierają minimalną ilość wody do uzyskania żądanej urabialności. Dzięki temu uzyskamy nie tylko bardzo dobrą przyczepność zaprawy do cegły, ale również w wielu przypadkach uchronimy mur przed wystąpieniem wykwitów solnych.

## Zły piasek pogarsza urabialność zaprawy

Do zapraw murarskich należy stosować piaski o składzie ziarnowym jak najbardziej zbliżonym do wymagań normowych. Dzięki temu zaprawa charakteryzuje się dużą więźliwością wody oraz minimalnym skurczem powstającym podczas procesu wiązania. W Polsce, podobnie jak w innych krajach europejskich czy Stanach Zjednoczonych, wykonawca nie zawsze ma możliwość zakupu piasku do zapraw, którego rozkład ziarnowy zbliżony jest do normowego. W wielu przypadkach, pomimo wykonania zaprawy wg ogólnej przyjętej receptury zapraw cemen-



Piaski słabo uziarnione charakteryzują się małą więźliwością wody oraz powodują duże skurcze zapraw



Piaski dobrze uziarnione charakteryzują się dużą więźliwością wody oraz powodują małe skurcze zapraw

\* Stowarzyszenie Przemysłu Wapienniczego

towo-wapiennych, murarze mają wrażenie, że jest ona szorstka i mało urabialna. Przyczyną tego jest zwykle szybka utrata wody, która powoduje również spadek urabialności zaprawy. Może to być wynikiem zastosowania piasku, który w procesie płukania został pozbawiony drobnej frakcji. Rozwiązaniem problemu jest poprawienie wiązliwości wody w zaprawie. Można to osiągnąć przez dodanie wapna, środków napowietrzających lub piasku składającego się z bardzo drobnych ziaren. Skuteczność ich działania nie jest jednak taka sama. Jak wynika z opracowania Margaret Thompson oraz Richarda Godbey'a (*Ustalenie proporcji składników zaprawy cementowo-wapiennej z wykorzystaniem testowania wiązliwości wody w celu poprawienia urabialności zaprawy*, materiały konferencyjne North American Conference 1 – 4 czerwca 2003 r., Clemson, South Carolina, USA), najbardziej ekonomicznym i naturalnym retentorem wody w zaprawie jest wapno hydratyzowane. W trakcie prowadzonych przez nich badań wykonano wiele zapraw cementowo-wapiennych modyfikowanych przez zwiększenie zawartości wapna, dodatek środka napowietrzającego lub zwiększenie ilości drobnej frakcji piasku w zaprawie. Za wzorzec przyjęto zaprawę cementowo-wapienną składającą się z 2 części objętościowych cementu portlandzkiego (C), 1 części wapna gaszonego typu S (W) i 9 części piasku (S). Skład zapraw podano w tabeli 1, natomiast w tabeli 2 – charakterystykę właściwości fizycznych siedmiu testowanych zapraw. Pomiary wytrzymałości na ściskanie nie są przedstawione, jednakże wszystkie powyższe zaprawy miały wytrzymałości, które przekraczały wymagane przez normę ASTM C270, >1800 psi (12,4 MPa).

Zaprawy cementowo-wapienne typu S sporządzone w laboratorium w proporcji 2:1:9 na bazie piasku zgodnego z normą C144 wykazują wiązliwość wody na poziomie 85% lub większym. W przypadku gdy te same materiały wiążące były łączone w proporcji 2:1:9 z piaskiem pozanormowym, który był ubogi w frakcję ziaren poniżej 100 µm, mierzona wartość wiązliwości wody spadła do 79,1%.

Zwiększenie zawartości wapna w zaprawie o 2%, liczone w stosunku

**Tabela 1. Skład zapraw i masa składników**

Modyfikacje wzorcowej zaprawy cementowo-wapiennej C:W:S = 2:1:9 części obj.	Masa cementu [g]	Masa wapna [g]	Masa suchego piasku [g]	Masa kruszywa drobnego [g]	Masa suchej zaprawy [g]
Wapno typu S	376,0	80,0	1440,0	0,0	1896,0
Wapno typu S + 2% wapna	376,0	117,7	1440,0	0,0	1933,7
Wapno typu SA*	376,0	80,0	1440,0	0,0	1896,0
Wapno typu S + AEA**	376,0	80,0	1440,0	0,0	1896,0
Wapno typu S + 10% drobnej frakcji	376,0	80,0	1440,0	37,6	1933,6
Wapno typu SA + 10% drobnej frakcji	376,0	80,0	1440,0	37,6	1933,6
Wapno typu S + 10% drobnej frakcji + AEA	376,0	80,0	1440,0	37,6	1933,6

\* wapno typu S ze środkiem napowietrzającym wprowadzonym podczas produkcji w zakładzie wapienniczym

\*\* domieszka napowietrzająca

**Tabela 2. Wyniki testów właściwości fizycznych**

Skład próbki	Ilość dodanej wody [ml]	Rozpływ po mieszaniu [%]	Rozpływ po odsączeniu [%]	Wiązliwość wody [%]	Zawartość powietrza (metoda ciśnieniowa) [%]
Wapno S	300,0	110,0	87,0	79,1	5,5
Wapno S i wapno	355,0	109,0	94,0	86,2	5,5
Wapno SA	290,0	105,0	78,0	74,3	7,0
Wapno S + AEA	300,0	110,0	77,0	70,0	8,0
Wapno S + drobna frakcja	300,0	112,0	82,0	73,2	5,0
Wapno SA + drobna frakcja	300,0	105,0	80,0	76,2	6,6
Wapno S + drobna frakcja + AEA	325,0	114,0	97,0	85,1	7,0

do całkowitej masy składników, poprawiło wartość wiązliwości wody w zaprawie do 86,2%, czyli o 7,2%. Dodatek samej domieszki napowietrzającej nie poprawił właściwości mieszanki 2:1:9, a wręcz przeciwnie. Zaprawa cementowo-wapienna o początkowej wiązliwości wody na poziomie 79,1% po dodaniu domieszki napowietrzającej wykazała spadek wiązliwości wody do 70,0%. Zaprawa sporządzona z wapna gaszonego typu SA wykazywała natomiast wiązliwość wody 74,3%.

Zaprawy cementowo-wapienne zawierające wapno typu S i SA wykazywały, po dodaniu drobnej frakcji, odpowiednią wiązliwość wody 73,2% i 76,2%. Spadek wiązliwości wody poniżej minimalnej wymaganej wartości 75% w przypadku zaprawy z wapnem gaszonym typu S, po dodaniu do niej kruszywa o drobnych ziarnach, był pewnym zaskoczeniem. Często dodatek drobnej frakcji, z powodu wzrostu powierzchni właściwej, może poprawić parametry piasków, ale w tym przypadku tak nie było. Niewielki (2,6%) wzrost wiązliwości wody przy dodaniu kruszywa o drobnej frakcji do zaprawy cementowo-wapiennej sporządzonej

z wapna typu SA sugerował, że 10% dodatek drobnej frakcji, liczony w stosunku do masy cementu, był niewystarczający, aby zrekompensować spadek wiązliwości wody związany z obecnością domieszki napowietrzającej w wapnie typu SA. Jednoczesne dodanie drobnej frakcji i domieszki napowietrzającej spowodowało zwiększenie wiązliwości wody zaprawy cementowo-wapiennej typu S z 79,1% do 85,1%. Jest to wzrost o 6,0%, a prawie taki sam, jak w przypadku zwiększenia ilości wapna w zaprawie o 2%, z tym że stosowanie wapna jest dużo łatwiejsze niż domieszki napowietrzającej. Ponadto należy mieć na uwadze, że nadmiar domieszki napowietrzającej poprawia urabialność zaprawy, ale jednocześnie powoduje osłabienie przyczepności zaprawy do podłoża.

Wiązliwość wody jest tylko jednym z elementów mających wpływ na urabialność zaprawy, ale laboratoryjne testowanie tego parametru daje projektantowi zapraw narzędzie do szybkiej oceny poprawności składu zaprawy pod kątem uzyskania optymalnej urabialności, a przez to zdol-

Tabela 3. Proporcje objętościowe zapraw murarskich wykonywanych w miejscu budowy (ASTM C270), potwierdzone badaniami Akademii Górniczo-Hutniczej

Cement	Wapno	Piasek	Orientacyjna średnia minimalna wytrzymałość na ściskanie zaprawy [MPa]
1	1/4	nie mniej niż 2 1/4 i nie więcej niż 3 sumy objętości cementu i wapna	17,2
1	1/4 – 1/2		12,4
1	1/4 – 1 1/4		5,2
1	1 1/4 – 2 1/2		2,4

ności do tworzenia szczelnego połączenia z cegłą. W końcowym etapie projektowania zmiany w składzie zaprawy zawierającej piasek pozanormalowy muszą być oceniane także pod kątem innych wymagań (np. wytrzy-

Tabela 4. Wybór zaprawy w zależności od lokalizacji konstrukcji murowej (ASTM C270)

Lokalizacja	Element konstrukcji murowej	Klasa zaprawy	
		zalecana	alternatywna
Zewnątrz, ponad poziomem gruntu	ściana nośna ściana nieprzejmująca obciążeń	M5 M2	M 10 lub M 20 M5 lub M10
	murek ogniowy (attyka)	M5	M10
Zewnętrzna na poziomie lub poniżej gruntu	ściany fundamentowe, ściany oporowe, otwory włazowe, kanały ściekowe, nawierzchnia brukowa, chodniki i dziedzińce	M10	M20 lub M5
Wnętrza	ściana nośna nienośne ścianki działowe	M5 M2	M10 lub M20 M5

małości na ściskanie, zawartości powietrza i proporcji kruszywa do materiałów wiążących). Dodatkowo, i może jest to najważniejsze, **zaprawa o odpowiednich parametrach powinna być testowana na budowie, przez liczne grono murarzy, w celu oceny najkorzystniejszej**

**urabialności.** W tabeli 3 podano proporcje składników zapraw murarskich wg normy ASTM C270, poprzedzone badaniami AGH, a w tabeli 4 zasady doboru zaprawy w zależności od lokalizacji konstrukcji murowej, podane w normie amerykańskiej ASTM C270.