

Wpływ kruszyw lekkich – perlitu i granulatu styropianowego na właściwości zapraw budowlanych



mgr inż.
PATRYCJA JAKUBOWSKA

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
ORCID: 0000-0001-6193-6628

W artykule przedstawiono wyniki badań i analiz właściwości cieplnych oraz wytrzymałościowych zapraw z dodatkiem kruszyw lekkich – perlitu i granulatu styropianowego – i porównano je z właściwościami zaprawy normowej.

Fundamentalnym wyzwaniem współczesnego świata jest dążenie do budowania obiektów najwyższej jakości i estetyki oraz ograniczenia zużycia energii, mając na celu względy ekonomiczne oraz ekologiczne, zapewniając przy tym jak najlepsze właściwości użytkowe. W ostatniej dekadzie była propagowana idea dążenia do stosowania w budownictwie wyrobów oraz materiałów budowlanych optymalnej jakości. Zgodnie z Rozporządzeniem CPR, Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 wyroby oraz materiały budowlane poza spełnieniem wymagań odnoszących się do szeroko pojętego bezpieczeństwa – dotyczącego nośności, higieny czy wykorzystania, powinny również spełniać wymagania dotyczące oszczędności energii oraz izolacji cieplnej, uwzględniając miejscowe warunki klimatyczne i potrzeby użytkowników [1].

Podstawowym wyrobem w budownictwie, obok betonów, są zaprawy budowlane wykorzystywane nie tylko do łączenia elementów murowych, ale również do wykańczania powierzchni elementów budowy oraz jako warstwy o podwyższonych walorach termoizolacyjnych [2–3]. Obecnie do produkowanych suchych zapraw zawierających wapno należą: zwykle zaprawy tynkarskie (zewewnętrzne, wewnętrzne) i uniwersalne (mursarskie, tynkarskie), do tynków szlachetnych pocienionych (mineralne oraz mineralno-polymerowe), a także zaprawy specjalne (np. lekkie i ciepłochronne), konserwatorskie [2]. Coraz częściej stosuje się zaprawy ciepłochronne, które mają niski współczynnik przewodności cieplnej [4]. W celu zwiększenia przewodnictwa cieplnego zapraw zmniejsza się ilość cementu, a zwiększa ilość wypełniaczy,

które mają dużo lepsze właściwości termiczne [5–7]. Z opracowania Steiger i Hurda [8] wynika, że wraz ze wzrostem wagi przewodność cieplna wzrasta pięciokrotnie. Przewodność cieplna jest ściśle powiązana z porowatością materiałów lub kompozytów. Jeśli porowatość jest wysoka, przewodność cieplna materiałów będzie niska. Wysoka porowatość materiałów to pożądana cecha niezbędna w celu wytworzenia materiału o niskiej przewodności cieplnej. Dla kompozytów na bazie cementu istnieje kilka sposobów na wytworzenie zaprawy lub betonu o wysokiej porowatości. Można stosować środki powietrzno-środowiskowe i środki pianotwórcze, a także kruszywa lekkie.

Ze względu na rozwój budownictwa energooszczędnego w literaturze zagranicznej wzrosło zainteresowanie badaniami zapraw ciepłochronnych z kruszywami lekkimi, takimi jak perlit, polistyren, granulatu styropianowy czy włókno szklane [9–12]. Pomimo wielu badań zapraw niewiele z nich jest poświęconych przewodności cieplnej. Zaprawy z kruszywami lekkimi badane są głównie pod względem wytrzymałościowym [5], [13–14]. W celu modyfikacji właściwości zapraw cementowych zawartość naturalnego kruszywa drobnoziarnistego w normowej zaprawie cementowej zastępuje się lekkim kruszywem drobnoziarnistym [3–4].

Charakterystyka materiałów i metodyka badań

Do badań zaprojektowano 6 rodzajów zapraw. Punktem wyjścia była zaprawa normowa o współczynniku $w/c=0,5$ i masowym stosunku głównych składników C:P:W równym 1:3:0,5. Zaprawy wykonano przy użyciu cementu CEM I 52,5R oraz trzech rodzajów kru-

szyw drobnoziarnistych, tj.: piasku normowego frakcji 0–2 mm oraz drobnoziarnistych kruszyw lekkich: granulatu styropianowego i perlitu.

Perlit – to lekkie kruszywo otrzymane w wyniku obróbki termicznej krzemionkowych skał wulkanicznych, które pod wpływem ciepła pęcznieją. Jest to kruszywo o niewielkiej przewodności cieplnej ok. $\lambda = 0,04 \div 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ i małej nasiąkliwości 3÷8%, ponadto można je stosować w szerokim zakresie temperatur: od -200°C do $+800^\circ\text{C}$ [15]. Gęstość zastosowanego kruszywa wynosi $0,27 \text{ g/cm}^3$. W badaniach zastosowano perlit frakcji 1,4–2 mm (rys. 1).



Rys. 1. Perlit – powiększenie 20x



Rys. 2. Granulat styropianowy – powiększenie 20x

Tabela 1. Oznaczenie badanych zapraw

Zaprawa	Kompozycja kruszywa
Z1	Piasek 100%
Z2	Granulat styropianowy 50% / Piasek 50%
Z3	Granulat styropianowy 80% / Piasek 20%
Z4	Perlit 50% / Piasek 50%
Z5	Perlit 80% / Piasek 20%
Z6	Granulat styropianowy 40% / Perlit 40% / Piasek 20%

Granulat styropianowy – to kruszywo organiczne powstałe z porotwórczego granulatu spienionego podgrzaną parą. Granulki styropianowe charakteryzują się dobrą izolacyjnością cieplną, co pozwala w betonie na większe wykorzystanie ciepła hydratacji cementu, dzięki czemu można szybciej rozformować wyroby [16–17]. W badaniach zastosowano granulaty o wielkości ziaren do 3 mm i gęstości 0,032 g/cm³ (rys. 2).

Składy zapraw ustalono zamieniając objętościowo część piasku normowego kruszywem lekkim. W zaprawach z kruszywem lekkim użyto domieszki RHEOMATRIX 100 firmy BASF w ilości 1% masy cementu w celu zapewnienia lepszej przyczepności kruszywa lekkiego do zaczynu cementowego. Z uwagi na różną wodożądność kruszyw w zaprawach z granulem zmniejszono ilość wody, zaś w zaprawach z perlitem zwiększono, aby utrzymać założoną konsystencję. Oznaczenia i objętościowe proporcje kruszyw w zaprawach przedstawiono w tabeli 1.

Aby określić wpływ drobnoziarnistych kruszyw lekkich na właściwości zapraw przeprowadzono następujące badania laboratoryjne.

Oznaczenie parametrów cieplnych zapraw przeprowadzono metodą niestacjonarną. Badanie wykonano przy użyciu aparatu ISOMET 2104 pozwalającego na niestacjonarne pomiary parametrów cieplnych, tj.: współczyn-

nika przewodzenia ciepła, objętościowej pojemności cieplnej, dyfuzji termicznej i temperatury. Próbkę o wymiarach 100 x 100 x 50 mm rozformowywano po 24 h, a następnie sezonowano nad wodą i w komorze RH 50% i 20°C. Pierwszy pomiar wykonywano po 28 dniach dojrzewania próbek nad wodą, natomiast kolejny po wysuszeniu próbek w suszarce w temperaturze 70°C do stałej masy (rys. 3 i 4).

Badanie gęstości objętościowej zapraw – przeprowadzono w przypadku świeżej zaprawy zgodnie z normą PN-EN 1015-6 [18], a zaprawy stwardniałej wg normy PN-EN 1015 10 [19].

Badanie wytrzymałości na zginanie i ściskanie wykonano wg PN-EN 1015-11 [20]. Do badań użyto po trzy próbki o wymiarach 40 x 40 x 160 mm. Przygotowano po sześć forem do każdego rodzaju zaprawy, które przed wypełnieniem posmarowano cienką warstwą oleju mineralnego w celu późniejszego ułatwienia rozformowania. Rozformowane po 24 h próbki sezonowano pod wodą i w komorze 50% RH i 20°C do czasu badania po 2, 7 i 28 dniach. Badanie wytrzymałości na zginanie i ściskanie wykonano w maszynie wytrzymałościowej zintegrowanej z programem komputerowym Proteus, który steruje procesem badawczym i rejestruje wyniki pomiarów (rys. 5).

Ocenę makroskopową zapraw przeprowadzono przy użyciu dwuokularowego transmisyjnego mikroskopu stereoskopowego pozwalającego na przestrzenne widzenie powiększonego obrazu. Wykonano zdjęcia w powiększeniu 10x oraz 20x na gładkiej powierzchni uzyskanej przez cięcie kostek sześciennych o boku 10 cm. Regulując wysokość obiektywu za pomocą ruchomej głowicy, dostosowano ją do wymiarów próbki (rys. 6).



Rys. 3. Aparat ISOMET 2104



Rys. 4. Dojrzewanie próbek nad i pod wodą

Wyniki badań i ich analiza

Parametry cieplne zapraw

W tabeli nr 2 porównano wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ , objętościowej pojemności cieplnej $c.p$ oraz dyfuzji termicznej a badanych zapraw po wysuszeniu ich do stałej masy. Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m²K)] charakteryzuje zdolność materiału do przewodzenia ciepła i jest definiowany jako gęstość ustalonego strumienia cie-



Rys. 5. Badanie wytrzymałości na ściskanie i zginanie

pla przepływającego przez jednolitą warstwę materiału, gdy spadek temperatury w stosunku do grubości warstwy wynosi 1 K/m. Wartość tego parametru zależy od wielu czynników, tj.: gęstości materiału



Rys. 6. Mikroskop stereoskopowy

(głównie jego struktury), porowatości, temperatury, wilgotności oraz od substancji materiałowej stanowiącej szkielet [21]. Objętościowa pojemność cieplna jest definiowana jako energia potrzebna do podwyższenia temperatury jednostki objętości materiału o 1 stopień Kelvina [21].

Na wykresie (rys. 7.) porównano procentowe zmniejszenie wartości współczynnika przewodzenia ciepła zapraw z kruszywem lekkim w porównaniu do zaprawy normowej Z1. Najniższą wartością współczynnika przewodzenia ciepła charakteryzuje się zaprawa Z3 zawierająca w składzie kruszywa 80% objętościowo granulatu styropianowego. Wartość ta jest aż o ponad 76% niższa niż w przypadku zaprawy normowej Z1. Zaprawa ta ma więc najlepsze właściwości izolacyjne.

Na rys. 8. przedstawiono zależność między współczynnikiem przewodzenia ciepła a objętościową pojemnością cieplną badanych zapraw. Można stwierdzić, że zaprawa Z3 charakteryzująca się najniższym współczynnikiem λ ma też najniższą objętościową pojemność cieplną. Wraz ze wzrostem wartości współczynnika λ wzrasta również objętościowa pojemność cieplna zapraw, a najwyższą wartość pojemności cieplnej ma zaprawa normowa bez kruszywa lekkiego.

Gęstość objętościowa zapraw

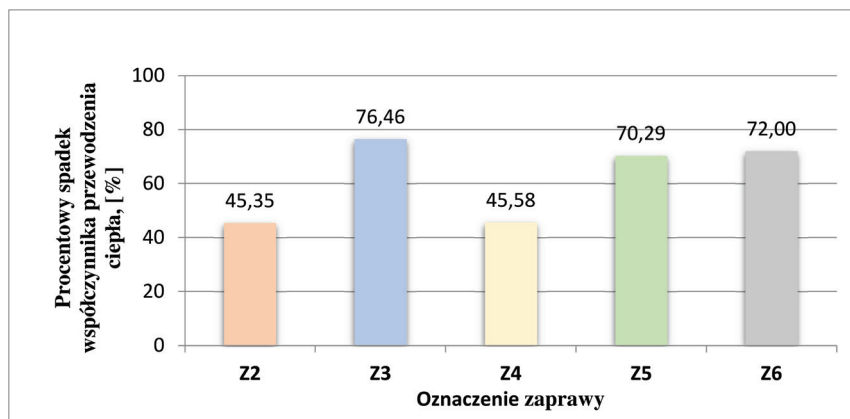
Na wykresach (rys. 9.) porównano gęstość objętościową świeżych i stwardniałych zapraw. Najniższą gęstością charakteryzuje się zaprawa Z3 z 80% zamianą piasku na granulatu styropianowy i zaprawa Z6, w której znajduje się 40% granulatu styropianowego i 40% perlitu.

Na rys. 10. porównano wyniki badań współczynnika przewodzenia ciepła w zależności od gęstości objętościowej zapraw.

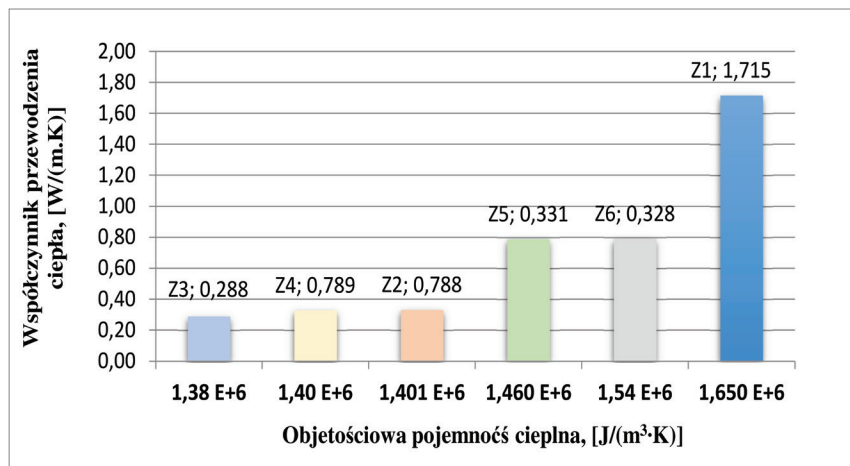
Analizując parametry cieplne badanych zapraw i ich gęstość, można stwierdzić, że w miarę obniżania się gęstości w wyniku zamiany piasku na lekkie kruszywa maleje wartość współczynnika przewodzenia ciepła. Zaprawa Z3 z granulatem styropianowym o najniższej gęstości ma również najniższy współczynnik przewodzenia ciepła.

Tabela 2. Parametry cieplne zapraw

Rodzaj zaprawy	Współczynnik λ [W/(m·K)]	Objętościowa pojemność cieplna c_p [J/(m ³ ·K)]	Dyfuzja termiczna a [m ² /s]
Z1	1,715	1,65 E+6	0,17 E-6
Z2	0,788	1,401 E+6	0,23 E-6
Z3	0,288	1,38 E+6	1,25 E-6
Z4	0,789	1,40 E+06	0,21 E-6
Z5	0,331	1,46 E+6	0,56 E-6
Z6	0,328	1,54 E+6	0,56 E-6



Rys. 7. Procentowe zmniejszenie wartości współczynnika przewodzenia ciepła zapraw z kruszywem lekkim względem zaprawy wzorcowej



Rys. 8. Zależność między objętościową pojemnością cieplną a współczynnikiem przewodzenia ciepła

Wytrzymałość na zginanie i ściskanie

W tabeli nr 3. zestawiono średnie wartości wytrzymałości na zginanie i ściskanie badanych zapraw po 28 dniach dojrzewania oraz dodatkowo wartość gęstości objętościowej zapraw.

Na rys. 11. porównano wyniki badań wytrzymałościowych z wartościami współczynnika przewodzenia ciepła dla poszczególnych zapraw.

Wszystkie zaprawy, w których zastosowano kruszywo lekkie, uzyskały spadek wytrzymałości zarówno na zginanie, jak i ściskanie w stosunku do zaprawy wzorcowej Z1 wykonanej z piaskiem drobnoziarnistym, który wnosi w przypadku wytrzymałości na zginanie

od 42% do 87%, a w przypadku wytrzymałości na ściskanie od 45% do 76%, w zależności od zaprawy. Najmniejsze wytrzymałości uzyskały zaprawy z granulatem styropianowym o najniższej gęstości objętościowej. Dodatkowo istotny wpływ na tak znaczne obniżenie wytrzymałości ma jakość kruszywa. Kulki styropianowe mają niewielką wytrzymałość mechaniczną, gładką powierzchnię oraz zamknięte pory, stąd przyczepność mechaniczna zaczynu cementowego do kruszywa jest znikoma, ponieważ jest ona zależna też od jego chropowatości – im większe nierówności na powierzchni kruszywa, tym większa przyczepność [22]. W przypadku kruszywa perlitowego o chropowatej powierzchni uważano lepszą przyczepność zaczynu ce-

mentowego do kruszywa, lecz jego porowata struktura spowodowała, że podczas wykonywania zarobu należało dodać więcej wody, co wpłynęło na wzrost współczynnika wodno-cementowego. Mimo wyższej wytrzymałości perlitu od granulatu styropianowego wytrzymałość zapraw z użyciem tego kruszywa osiągnęła wartości tylko nieznacznie wyższe od wytrzymałości zapraw z granulatem styropianowym.

Badane kruszywa lekkie stosowane jako zamienniki piasku naturalnego wpłynęły na obniżenie wytrzymałości zapraw. Im większy jest udział procentowy lekkiego kruszywa w mieszance, tym niższa wytrzymałość zapraw. Zastosowane lekkie kruszywo charakteryzuje się niską wytrzymałością i gładką powierzchnią, a przez to jego przyczepność do matrycy cementowej jest słaba.

Analizując zależność współczynnika przewodzenia ciepła od wytrzymałości zapraw badania wykazały, że wraz ze wzrostem wytrzymałości rośnie współczynnik przewodzenia ciepła, czyli właściwości termoizolacyjne zapraw są słabsze.

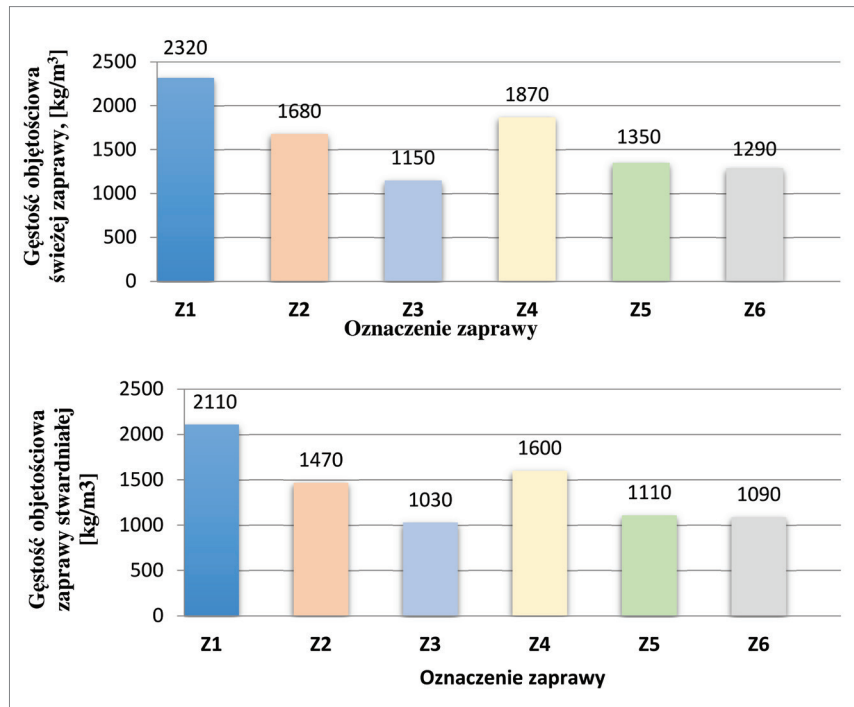
Ocena makroskopowa

Na rys. 12. porównano zdjęcia badanych zapraw wykonane mikroskopem stereoskopowym w płaszczyźnie cięcia kostek 10x. Wykonane zdjęcia umożliwiły obserwację struktury wewnętrznej badanych zapraw oraz współpracy kruszywa z matrycą.

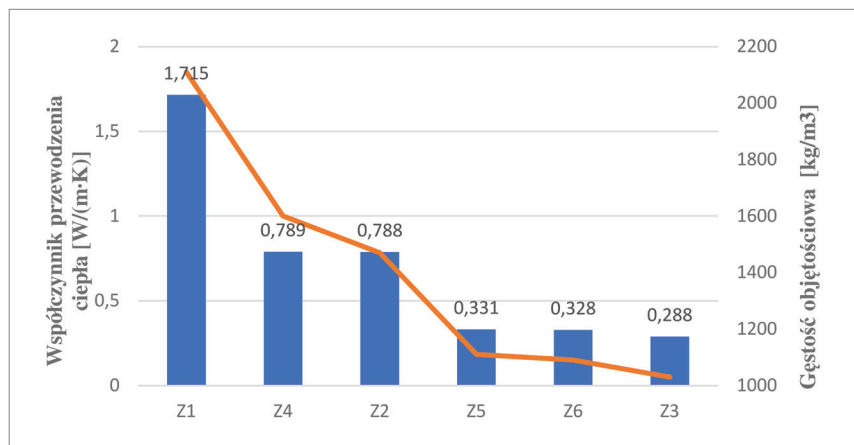
Na rysunku 12-Z1. widać dobre rozmieszczenie składników zaprawy, brak segregacji oraz prawidłową przyczepność matrycy cementowej do kruszywa, co uzasadnia dobrą wytrzymałość mechaniczną zaprawy Z1. Ponadto można zaobserwować jednorodną strukturę, jedynie z miejscowymi wtrąceniami nadziarna oraz brakiem widocznych porów, co miało wpływ na wysoką przewodność cieplną tej zaprawy. Na rys. 12-Z2. i 12-Z3. są przedstawione przekroje zapraw z granulatem styropianowym. Granulat styropianowy jest kruszywem o właściwościach specyficznych na tle innych kruszyw lekkich. Charakteryzują go dobre parametry cieplne, jest nienasiąkliwy i ma niską gęstość objętościową, lecz kompozyty z jego użyciem wykazują niewielką wytrzymałość. Łatwo zaobserwować niewielką przyczepność zaczynu cementowego do gładkiej powierzchni ziarenek styropianowych, które odpajają się od matrycy i przez to powstają przestrzenie między nimi a resztą struktury. Przy dużej ilości granulatu styropianowego w mieszance widać jego nierównomierne rozmieszczenie, szczególnie widoczne na rysunku 12-Z3., gdzie 80% objętości kruszywa w zaprawie stanowił granulat styropianowy. Przyczyną tego mogła być słaba zwilżalność kuleczek styropianu, co w trakcie mieszania doprowadziło do ich segregacji mimo dozowania domieszki RHEOMATRIX firmy BASF, która miała popra-

Tabela 3. Wytrzymałość i gęstość objętościowa zapraw

Zaprawa	Wytrzymałość na zginanie [MPa]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Gęstość objętościowa [kg/m ³]
Z1	5,30	52,20	2110
Z2	2,70	22,22	1470
Z3	0,70	12,30	1030
Z4	3,10	28,60	1600
Z5	1,25	13,70	1110
Z6	1,30	13,90	1090



Rys. 9. Porównanie gęstości objętościowych świeżej i stwardniałej zaprawy



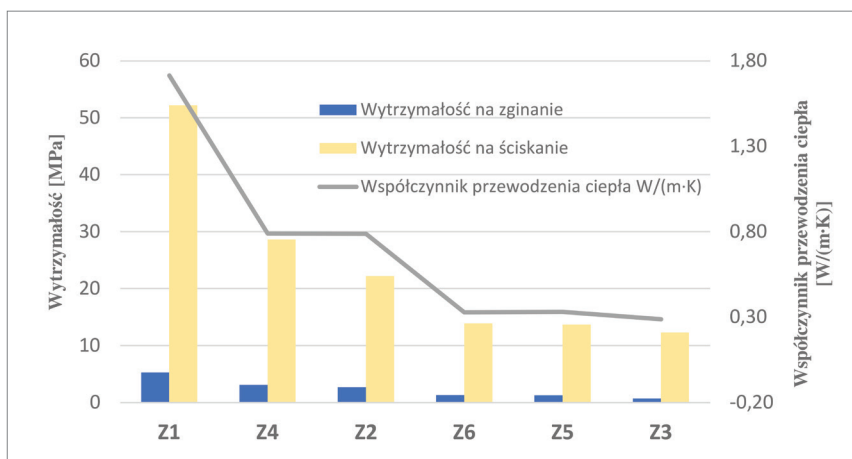
Rys. 10. Współczynnik przewodzenia ciepła w zależności od gęstości zapraw budowlanych

wić przyczepność ziaren granulatu do zaczynu cementowego.

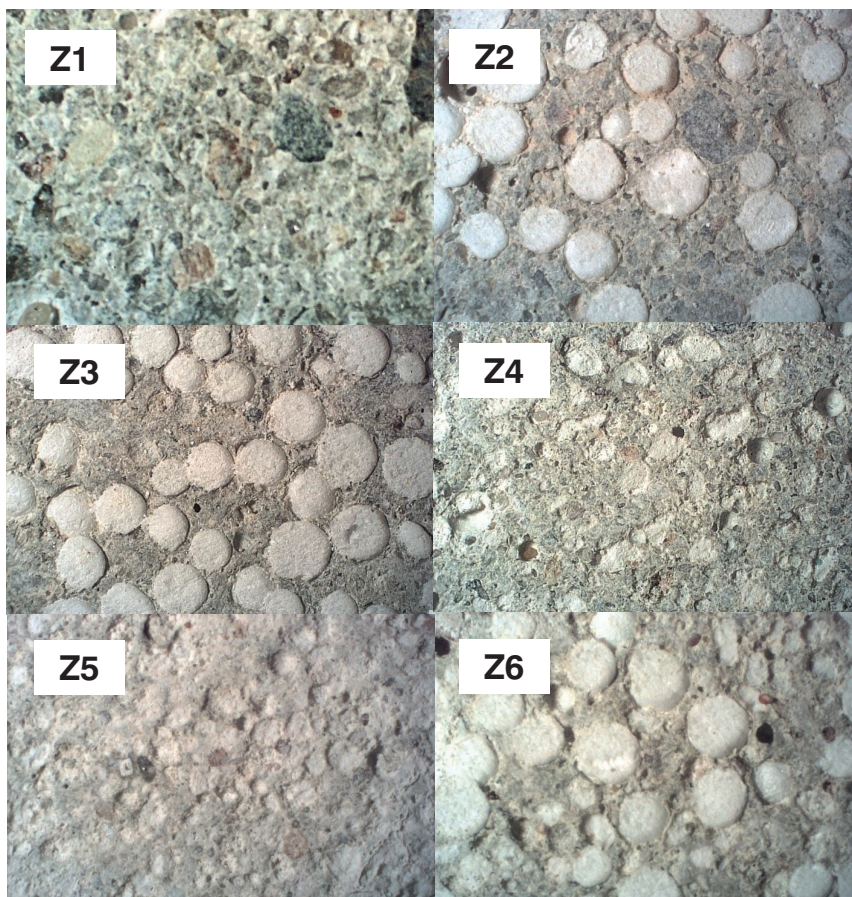
Na rysunku 12-Z4. i 12-Z5. są przedstawione przekroje zapraw wykonanych na bazie perlitu. Można zauważyć dobrą przyczepność ziaren perlitu do matrycy cementowej. Zastosowany materiał jest pochodzenia wulkanicznego i ma dość regularny kształt ziaren. Na fotografiach widać otwarte pory, które umożliwiały dobrą penetrację mleczka ce-

mentowego w głąb ziarna, co wpłynęło na dobrą przyczepność tych ośrodków. Powstałe kompozyty charakteryzuje dobre upakowanie składników – brak widocznej segregacji poszczególnych ziaren. Zastąpienie piasku dużą ilością perlitu wpłynęło jednak na zmniejszenie wytrzymałości zaprawy, którą kształtuje zarówno matryca cementowa, jak i porowata struktura ziaren perlitu, aczkolwiek miało to pozytywny wpływ na termoizo-





Rys. 11. Wytrzymałość na zginanie i ściskanie zapraw oraz współczynnik przewodzenia ciepła



Rys. 12. Powierzchnie cięte zapraw w powiększeniu 10x

lacyjność zapraw. W zaprawie z perlitem oraz granulatem styropianowym (rys. 12-Z6.) można zauważyć wyraźne różnice przy współpracy tych kruszyw z matrycą oraz w rozmieszczeniu ziaren. Granulat nie przylega dobrze do matrycy cementowej, natomiast perlit dobrze z nią współpracuje. Właściwości tej zaprawy były pośrednie między właściwościami zapraw z dodatkiem tylko granulatu styropianowego oraz tylko perlitu.

Podsumowanie

Na podstawie studium literatury i badań własnych można stwierdzić, że im większy jest udział kruszywa lekkiego w ogólnej ob-

jętości kruszywa w zaprawie, tym korzystniejszy współczynnik przewodzenia ciepła. Zastosowanie kruszyw drobnziarnistych – granulatu styropianowego i perlitu – wpłynęło na poprawę parametrów izolacyjności cieplnej, co jest skutkiem dużej porowatości kruszywa. Masa szkieletu spada wraz ze wzrostem ilości porów, co utrudnia ucieczkę strumienia ciepła przechodzącego przez dany materiał. Ponadto przewodność cieplna maleje wraz z obniżeniem gęstości objętościowej. Powyższe wnioski wyjaśniają uzyskanie najniższej wartości współczynnika przewodzenia ciepła przez zaprawę Z3 z granulatem styropianowym o strukturze

porów zamkniętych i niewielkiej gęstości, natomiast najwyższej wartości przez zaprawę Z1 o braku porów wewnętrznych oraz znacznie wyższej gęstości.

Ponadto badania wykazały, iż wilgotność materiału ma znaczący wpływ na przewodność cieplną, współczynnik przewodzenia ciepła jest wyższy w wilgotnych zaprawach. Odnosząc się do pozostałych parametrów cieplnych, zauważono, że najwyższa objętościowa pojemność cieplna charakteryzuje zaprawę Z1, a najniższa zaprawę Z3. Dzieje się tak, gdyż objętościowa pojemność cieplna jest wprost proporcjonalna do współczynnika przewodzenia ciepła. Wynika z tego, że zaprawa Z3 posiadała dużą izolacyjność cieplną, natomiast zaprawa Z1 ma najmniej ciepłochronne właściwości.

Wprowadzenie do zapraw lekkiego kruszywa drobnziarnistego – perlitu oraz granulatu styropianowego – skutkuje spadkiem wytrzymałości na zginanie oraz wytrzymałości na ściskanie. Najwyższą wytrzymałość na zginanie i ściskanie wykazała zaprawa na bazie piasku Z1, w dalszej kolejności zaprawy Z2 i Z4 z 50% zawartością kruszywa lekkiego, natomiast najmniej obniżyły swoją wytrzymałość, w stosunku do zaprawy wzorcowej, zaprawy Z3, Z5 i Z6, w których spadek wytrzymałości był prawie proporcjonalny do objętościowej ilości użytego kruszywa lekkiego i wyniósł aż ok. 80%.

Podsumowując: zaprawy z udziałem badanych kruszyw lekkich uzyskały dużo niższe wartości wytrzymałości na zginanie i ściskanie w porównaniu do zaprawy normowej, ale jednocześnie dużo korzystniejszy współczynnik przewodzenia ciepła. Zaprawy takie można wykorzystać jako materiały ciepłochronne stosowane w celu zwiększenia energooszczędności przegród budowlanych oraz ograniczenia mostków termicznych. Mogą być one wykorzystane głównie jako ciepłochronne zaprawy murarskie, tynkarskie oraz podkłady pod posadzki, ponieważ kompozyty na kruszywie lekkim drobnziarnistym mają niewielki ciężar oraz charakteryzują się korzystniejszymi właściwościami termoizolacyjnymi w porównaniu z zaprawami na kruszywie naturalnym.

Literatura:

- [1] Rozporządzenie CPR, Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych.
- [2] S. Fiszler, M. Gaczek, Elewacyjne wyprawy tynkarskie, „Materiały budowlane” 1/2003.
- [3] A. Radek, T. Kwiecień, T. Rucińska, Wpływ kompozycji kruszyw drobnziarnistych na właściwości zapraw cementowych, „Materiały budowlane” 11/2012.
- [4] D. Chung, Y. Xu, Improving silica fume by using silane, „Cement & Concrete Research” 30 (2000), p. 1305.
- [5] H. Uysal, R. Demirboğa, R. Gül, Investigation of the thermal conductivity of lightweight concrete made with Kocapnar’s pumice aggregate, Ankara, Turkey: Advances in Civil Engineering: III. Technical Congress, Vol. 2, METU, 1997, pp. 553–562.
- [6] E. Ashworth, T. Ashworth, Insulation Materials: Testing and Applications, in: R.S. Graves, D.C. Wysocki (Eds.), Philadelphia, PA: ASTM Special Technical Publication, vol. 1116, ASTM, 1991, pp. 415–429.

[7] FIP State of Art Report, Principles of Thermal Insulation with Respect to Lightweight Concrete, Slought, England: FIP/8/1, C and CA, 1978.

[8] M. Hurd, R. Steiger, Lightweight insulating concrete for floors and roof decks, "Concrete Constructions" 23 (7), 1978, p. 411-422.

[9] M. Torres, P. García-Ruiz, Cement and Concrete Composites Lightweight pozzolanic materials used in mortars: Evaluation of their influence on density, mechanical strength and water absorption, Vol. 31, Issue 2, February 2009, pp. 114-119.

[10] C. Junco, J. Gadea, A. Rodríguez, S. Gutiérrez-González, V. Calderón, Durability of lightweight masonry mortars made with white recycled polyurethane foam, "Cement & Concrete Composites" 34, 2012, p. 1174-1179.

[11] R. Demirboğa, R. Güllü, The effects of expanded perlite aggregate, silica fume and fly ash on the thermal conductivity of lightweight concrete, "Cement and Concrete Research". Volume 33, Issue 5, May 2003, pp. 723-727.

[12] F. Teixeira-Dias, H. Varum, R. Carvalho, Cyclic behaviour of a lightweight mortar with cork granulate composite, "Composite Structures", Volume 95, January 2013, p. 748-755.

[13] D. Chung, X. Fu, Effects of silica fume, latex, methylcellulose, and carbon fibers on the thermal conductivity and specific heat of cement paste, "Cement & Concrete Research" 27, 1997, p. 1799-1804.

[14] D. Chung, P. Chen, Effect of polymer addition on thermal stability and thermal expansion of cement, "Cement & Concrete Research" 25, 1995, p. 465.

[15] E. Osiecka, Materiały budowlane, spoiwa mineralne, kruszywa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.

[16] T. Rucińska, W. Kiernożycki, Właściwości mechaniczne betonu z kruszywem styropianowym i ich wzajemne zależności, "Cement, Wapno, Beton" 5/2010.

[17] T. Rucińska, Właściwości kompozytu cementowo-styropianowego, "Materiały kompozytowe. Kwartalnik Techniczno-Informacyjny" 2/2014.

[18] PN-EN 1015-6:2000 Metody badań zapraw do murów. Część 6: Określenie gęstości objętościowej świeżej zaprawy.

[19] PN-EN 1015-10:2001 Metody badań zapraw do murów. Część 10: Określenie gęstości wysuszonej stwardniałej zaprawy.

[20] PN-EN 1015-11:2001 Metody badań zapraw do murów. Część 11: Określenie wytrzymałości na zginanie i ściskanie stwardniałej zaprawy.

[21] H. Garbalińska, M. Bochenek, Izolacyjność termiczna a akumulacyjność ciepła wybranych materiałów ściennych, "Czasopismo Techniczne, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej" 11/2011.

[22] Z. Jamroz, Beton i jego technologie, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.

DOI: 10.5604/01.3001.0014.5276

PRAWDŁOWY SPOŚÓB CYTOWANIA

Jakubowska Patrycja, 2020, Wpływ kruszyw lekkich – perlitu i granulatu styropianowego na właściwości zapraw budowlanych, „Builder” 12 (281). DOI: 10.5604/01.3001.0014.5276

Streszczenie: Wzrost świadomości społeczeństwa skłonił przedsiębiorców do poszukiwania materiałów zmniejszających zapotrzebowanie budynków na ciepło. Jednym z przykładów takich materiałów są zaprawy ciepłochronne, w których stosowane są składniki polepszające termiczną izolacyjność zapraw. Materiały termoizolacyjne mają coraz większe znaczenie w zakresie oszczędzania energii w budynkach. Ze względu na rozwój budownictwa energooszczędnego wzrasta zainteresowanie badaniami zapraw ciepłochronnych z kruszywami lekkimi, takimi jak perlit czy granulatu styropianowy. W artykule przedstawiono wyniki badań i analiz dotyczących oceny wpływu zastosowania drobnoziarnistych kruszyw lekkich – perlitu oraz granulatu styropianowego – na właściwości zapraw budowlanych. Zbadano wpływ zastosowania kruszyw lekkich na wytrzymałość, a także przewodność cieplną zapraw. Wykorzystane w badaniach kruszywa cieszą się coraz większą popularnością w przemyśle budowlanym ze względu na swoje specyficzne właściwości. W Polsce dopiero od niedawna została zapoczątkowana „era” wyrobów na bazie tych wypełniaczy, w przeciwieństwie do rynku zagranicznego.

Słowa kluczowe: zaprawa ciepłochronna, perlit, granulatu styropianowy, współczynnik przewodzenia ciepła

Abstract: INFLUENCE OF LIGHT AGGREGATES – PERLITE AND POLYSTYRENE GRANULATE ON THE PROPERTIES OF BUILDING MORTARS. The increase in public awareness prompted entrepreneurs to look for materials to reduce the heat demand of buildings. One example of such materials are heat-protective mortars, in which components improving the thermal insulation of mortars are used. Thermal insulation materials are increasingly important in terms of energy saving in buildings. Due to the development of energy-efficient construction, there is a growing interest in research on heat-protective mortars with lightweight aggregates such as perlite or polystyrene granulate. This article presents the results of research and analysis concerning the assessment of the influence of the application of fine lightweight aggregates of perlite and polystyrene granulate on the properties of building mortars. The influence of the application of lightweight aggregates on the strength and thermal conductivity of mortars was examined. Aggregates used in the research are more and more popular in the construction industry due to their specific properties. In Poland, only recently, an era of products based on these fillers has begun, as opposed to the foreign market.

Keywords: heat-protective mortar, perlite, polystyrene granulate, thermal conductivity

REKLAMA



**CZYTAJ
BUILDER
NA TABLECIE,
SMARTFONIE
i KOMPUSERZE
ZA DARMO!**

1 NA TABLETACH i SMARTFONACH
Pobierz bezpłatną aplikację Builder Polska z App Store lub Google Play

2 NA KOMPUSERZACH
Wejdź przez przeglądarkę na stronę e.buildercorp.pl i zarejestruj się

PEŁEN DOSTĘP BEZ OGRANICZEŃ
Czytaj magazyn Builder i inne publikacje z Biblioteki Buildera

**BUILDER CYFROWY
FOR FREE!**

