

TRWAŁOŚĆ SPOIW CEMENTOWYCH MODYFIKOWANYCH UDZIAŁEM MĄCZKI WAPIENNEJ

Elżbieta JANOWSKA-RENKAS, Maciej KLAMKA
Katedra Inżynierii Materiałów Budowlanych, Wydział Budownictwa Politechniki
Opolskiej, Opole

1. Wprowadzenie

Rosnące wymagania rynku budowlanego, postęp technologiczny, rozwój wiedzy w dziedzinie cementu zmuszają naukowców do wzmożenia prac nad cementem, który zaspokoi wciąż rosnące oczekiwania.

Wprowadzenie różnego rodzaju dodatków mineralnych do cementu oprócz korzyści ekonomiczno – ekologicznych wpływa na zmodyfikowanie właściwości cementów, których wykorzystanie cieszy się coraz to większym zainteresowaniem w budownictwie XXI wieku [1-4]. W związku z powyższym produkcja cementów wieloskładnikowych z roku na rok rośnie, zmniejszając jednocześnie zużycie klinkieru portlandzkiego. Szczególnie cementy na bazie mączki wapiennej są wciąż nowością na polskim rynku budowlanym, a ich właściwości i możliwe spektrum zastosowań, również w rewaloryzacji budowli zabytkowych, są ciągle przedmiotem badań [4,5].

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań wpływu mączki wapiennej na właściwości zaczynów i zapraw wytworzonych na bazie cementu wapiennego CEM II / A - L 42,5 R.

2. Materiały do badań

Do badań użyto dwa rodzaje cementów przemysłowych –portlandzki CEM I 42,5R i wapienny CEM II/A-LL 42,5R. Powierzchnia właściwa cementów określona metodą Blain'a wynosiła odpowiednio: dla CEM I - 354,3 m²/kg, natomiast dla CEM II - 375,0 m²/kg.

3. Metody badań

Badania wykonano dla zaczynów i zapraw cementowych. W badaniach zaczynów określono czas wiązania i wodoządnosć badanych cementów zgodnie z wytycznymi normy PN-EN 196-3.

Pomiary reologiczne zaczynów przeprowadzono przy użyciu wiskozymetru rotacyjnego o współosiowych cylindrach typu RV2. Właściwości zaczynów określono na podstawie wyznaczonych krzywych płynięcia dla rosnących i malejących szybkości ścinania w zakresie od 0 do 150 s⁻¹. Granice płynięcia i lepkości plastyczne wyznaczono w oparciu

o model Binghama. Pomiary przeprowadzono na zaczynach cementowych przy w/c wynoszącym 0,39 i 0,40, w stałej temperaturze 21°C.

Trwałość zapraw cementowo-wapiennych określono poprzez badania: wytrzymałości na zginanie i ściskanie (PN-EN 196-1), mrozoodporności metodą Polska –po 25 cyklach zamrażania i odmarzania wg PN-85/B-04500. Ponadto wykonano badania nasiąkliwości i skurczu zapraw zgodnie z wytycznymi ww. normy.

4. Wyniki i ich omówienie

W tabeli 1 przedstawiono wyniki badań wodoządności i czasu wiązania cementu portlandzkiego CEM I 42,5 R i wapiennego CEM II/ A-LL 42,5 R. Z przeprowadzonych badań wodoządności wynika, że cement z dodatkiem wapienia charakteryzuje się nieco mniejszym zapotrzebowaniem na wodę (26,7%) w porównaniu do cementu portlandzkiego (27,0%, tab. 1).

Tabela 1. Wodoządność i czas wiązania badanych cementów

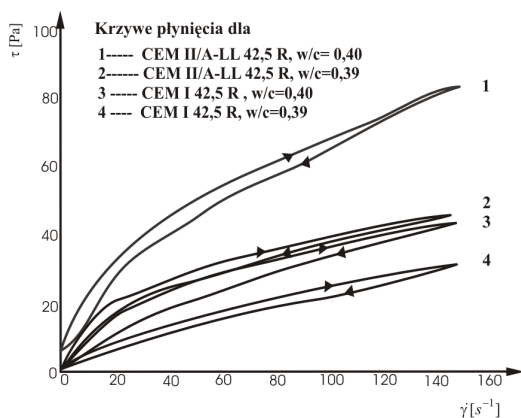
Rodzaj cementu	Ilość wody [ml]	Wodoządność [%]	Początek wiązania [min]	Koniec wiązania [min]	Czas wiązania [min]
CEM I 42,5R	135	27,0	175	240	65
CEM II/A-LL 42,5R	133	26,7	185	245	60

Obecność kamienia wapiennego w cemencie wpływa na nieznaczne wydłużenie początku wiązania, co potwierdzają badania innych autorów [4]. Przy czym całkowity czas wiązania cementu wapiennego jest krótszy o ok. 5 min w porównaniu do cementu portlandzkiego (tab. 1). Obecność mączki wapiennej w cemencie wpływa na skrócenie jego czasu wiązania i zgodnie z Kurdowskim [1] wiąże się z wytworzeniem karboglinianu wapnia w wyniku reakcji z fazami glinianowymi oraz stanowi zarodek krystalizacji, a tym samym wpływa na przyspieszenie hydratacji krzemianów wapniowych [3].

Prezentowane powyżej wyniki badań mają odzwierciedlenie w wynikach badań reologicznych zaczynów cementowych z cementów CEM I 42,5 R i CEM II/A-LL (rys. 1, tab. 2).

Niezależnie od tego czy badania wykonywano przy większej czy mniejszej ilości wody (w/c=0,4 i 0,39) zaobserwowano, że zaczyny cementowe z cementu portlandzkiego CEM I charakteryzowały się większym stopniem upłynnienia, a tym samym mniejszymi wartościami parametrów reologicznych w stosunku do zaczynów na bazie cementu wapiennego (tab. 2).

Większe wartości granic płynięcia i lepkości plastycznych stwierdzone dla zaczynów z cementu CEM II/A-LL 42,5 R, w porównaniu do zaczynów z cementu CEM I 42,5 R, związane są z przyśpieszonym procesem hydratacji i mają podłoże w składzie cementu a konkretnie w obecności wapienia - który wpływa na wcześniejsze powstawanie produktów hydratacji cementu wapiennego [3]. W związku z powyższym ilość wytworzonych produktów oraz obecność karboglinianu wapnia dodatkowo wpływa na zagęszczenie i utratę płynności zawiesin cementowo-wapiennych (rys.1).



Rys. 1. Krzywe płynięcia zaczynów na bazie cementu wapiennego i portlandzkiego dla $w/c=0,39$ i $w/c=0,40$

w/c	τ_0 [Pa]	η_p [Pa·s]	τ_p [Pa]	η_p [Pa·s]
	CEM I 42,5 R		CEM II/A-LL 42,5 R	
0,39	4,7	0,25	26,9	0,40
0,40	3,5	0,17	17,3	0,22

Tabela 2. Wartości granicy płynięcia i lepkości plastycznej badanych zaczynów

W celu określenia trwałości produktów uzyskanych na bazie cementu portlandzkiego i wapiennego wykonano badania wytrzymałości, mrozoodporności, nasiąkliwości i skurczu zapraw wytworzonych na bazie omawianych cementów. Skład zapraw przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Skład zapraw

Rodzaj cementu	Skład			Opad stożka [cm]
	Cement [g]	Piasek [g]	Woda [g]	
CEM I 42,5R	450	1350	130	6
CEM II/A-LL 42,5R	450	1350	128	6

Tak jak potwierdziły badania wodożądności (tab. 1) w celu uzyskania jednakowej konsystencji zapraw (opad stożka 6 cm) należało zwiększyć ilość wody w zaprawie na bazie cementu portlandzkiego (tab.3).

Tabela 4. Wyniki badania wytrzymałości zapraw na zginanie i ściskanie

Czas [dni]	CEM I 42,5R		CEM II/A-LL 42,5R	
	Wytrzymałość na zginanie [MPa]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Wytrzymałość na zginanie [MPa]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]
1	3,57	13,25	1,33	4,37
7	6,42	43,39	5,38	33,62
14	7,60	49,85	5,90	43,02
28	7,80	57,12	7,30	47,05
90	8,30	61,50	7,42	50,98

Badania wytrzymałości zapraw na zginanie i ściskanie wykonano po czasie 1, 7, 28 i 90 dni. Na podstawie uzyskanych wyników badań (tab. 4) można stwierdzić, że wprowadzenie 35 % kamienia wapiennego do cementu nieco obniża wytrzymałość na zginanie i ściskanie

zapraw cementowo-wapiennych, zarówno w początkowym jak i końcowym okresie wiązania. Przy czym różnica tych wartości jest rzędu 6,5% po 28 dniach i ok. 10 % po 90 dniach dojrzewania w porównaniu do zapraw na bazie cementu portlandzkiego (tab. 4).

W tabeli 5 i 6 zamieszczono wyniki badań odporności zapraw (na bazie cementu portlandzkiego CEM I 42,5R i wapiennego CEM II/A-LL 42,5R) na działanie mrozu.

Tabela 5. Wyniki badania zmian masy próbek poddanych badaniu mrozoodporności

Nr próbki	CEM I 42,5R			CEM II/A-LL		
	Masa próbki przed zamrażaniem [g]	Masa próbki po zamrażaniu [g]	Różnica mas [%]	Masa próbki przed zamrażaniem [g]	Masa próbki po zamrażaniu [g]	Różnica mas [%]
1.	554,6	554,2	0,07	537,3	537,2	0,02
2.	544,3	544,2	0,02	532,7	532,7	0,00
3.	567,5	567,5	0,00	536,5	536,5	0,00
4.	533,8	533,8	0,00	531,4	531,4	0,00
5.	535,7	535,7	0,00	532,8	532,7	0,02
6.	534,2	534,1	0,02	533,2	533,2	0,00
ŚREDNIA [%]			0,02	ŚREDNIA [%]		0,01

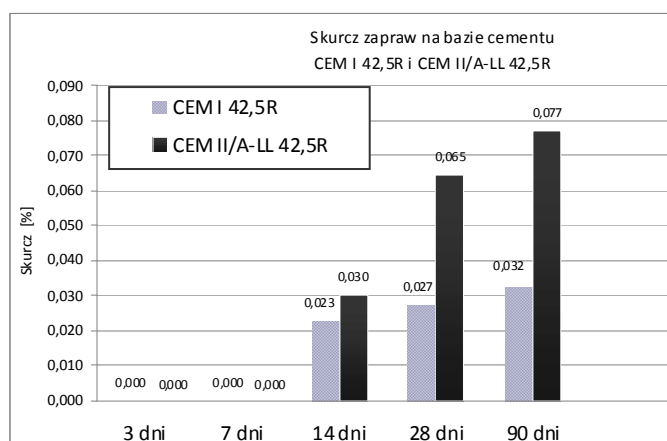
Po 25 cyklach zamrażania i rozmrażania nie zanotowano spadku masy badanych próbek (tab.5). Różnice wytrzymałości pomiędzy próbkami kontrolnymi i poddanymi cyklicznemu zamrażaniu i odmrażaniu (25 cykli wg normy) nie przekraczały normowych 2%, dlatego badane próbki można zakwalifikować jako odporne na działanie mrozu.

Tabela 6. Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie i zginanie próbek poddanych badaniu mrozoodporności

Rodzaj zaprawy	Wytrzymałość na zginanie [MPa]		Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	
	Próbki kontrolne	Próbki zamrażane	Próbki kontrolne	Próbki zamrażane
CEM I 42,5R	7,1	7,3	59,3	58,4
CEM II/A-LL	6,7	6,9	48,4	47,8

Na rysunku 2 przedstawiono wartości skurczu uzyskane dla zapraw na bazie cementu portlandzkiego i wapiennego.

Z badania skurczu wynika, że we wczesnym okresie dojrzewania (do 14 dni) nie obserwuje się zmian liniowych badanych zapraw, pojawiają się one między 7 a 14 dniem dojrzewania. Przy czym od pierwszych chwil dojrzewania zaprawy z cementu wapiennego wykazują nieco większy skurcz niż z cementu portlandzkiego. W późniejszym etapie dojrzewania obserwujemy stały, niewielki przyrost skurczu dla zapraw z cementu portlandzkiego i bardzo wyraźny dla cementu wapiennego (po 14 dniach), który ostatecznie (po 90 dniach) wykazuje niemal dwukrotnie większą wartość niż w przypadku cementu portlandzkiego (rys.2).



Rys. 2. Skurcz zaprawy na bazie cementu portlandzkiego i wapiennego

Na tej podstawie można stwierdzić, że dodanie do cementu kamienia wapiennego wpływa na wzrost skurczu zapraw, co może być spowodowane stwierdzonym w badaniach [3] wzrostem intensywności wydzielania ciepła w procesie hydratacji cementów z udziałem mączki wapiennej, wywołanym przyspieszonym procesem hydratacji krzemianów wapniowych. Przyczynia się to tym samym do krótszego czasu wiązania cementu wapiennego oraz wzrostu parametrów reologicznych w porównaniu z CEM I.

Zastąpienie 35-u % klinkieru portlandzkiego wapieniem, wpływa na zmniejszenie ilości produktów hydratacji pochodzących od klinkieru, co może wpływać na niewielką różnicę nasiąkliwości zapraw wapiennych (8,5 %) w porównaniu do zapraw na bazie cementu portlandzkiego (8,1 %). Jednak obecność wapienia w cemencie CEM II/ A-LL wpływa na wytworzenie dodatkowego produktu hydratacji - karboglinianu wapnia. Produkt ten przyczynia się do uszczelnienia wewnętrznej struktury zapraw stwardzonej w wysokiej wytrzymałości i niskiej ich nasiąkliwości i czyni cement wapienny odpowiednikiem, czy wręcz zamiennikiem cementu portlandzkiego – co obecnie jest tendencją technologiczną coraz to większej ilości Cementowni.

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski:

- wprowadzenie kamienia wapiennego do cementu wpływa na właściwości zaczynów i zapraw zarówno w początkowym jak i końcowym okresie wiązania. Objawia się to wzrostem parametrów reologicznych oraz przyspieszonym czasem wiązania w porównaniu do zaczynów na bazie cementu portlandzkiego.
- wysoka wytrzymałość i niska nasiąkliwość zapraw z cementu wapiennego porównywalna do zapraw z cementu portlandzkiego, może być związana z obecnością wapienia, który w początkowym okresie dojrzewania odgrywa rolę prekursora produktów hydratacji cementu, przyczyniając się do jeszcze większego uszczelnienia wewnętrznej struktury zapraw.
- po 25 cyklach zamrażania i odmrażania próbki na bazie cementu wapiennego nie wykazywały zasadniczych różnic w masie i spadku wytrzymałości, a odporność zapraw z cementu wapiennego na działanie mrozu jest porównywalna do odporności zapraw z cementu portlandzkiego,

- cement wapienny wykazuje niemal dwukrotnie większy skurcz niż cement portlandzki. Udział domieszek chemicznych, opóźniających czas wiązania stanowiłby rozwiązanie problemów zmian liniowych w badanych zaprawach.
- ze względu na korzystne właściwości badanych zaczynów i zapraw cement wapienny stanowi cenne spoiwo, które oprócz zastosowania w technologii betonu może również być stosowany do napraw budowli istniejących.

Literatura

- [1] KURDOWSKI W.: Chemia cementu. PWN, Warszawa 1991.
- [2] GRZESZCZYK S., JANOWSKA-RENKAS E.: Rola wypełniaczy wapiennych w cemencie w kształtowaniu właściwości reologicznych zaczynów. Materiały Pięćdziesiątej drugiej konferencji naukowej Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, Gdańsk – Krynica, 2006, 173 – 179.
- [3] JANOWSKA-RENKAS E.: Wpływ wypełniaczy wapiennych na ciepło twardnienia. Roczniki Inżynierii budowlanej – Zeszyt 7, 2007, 26-30.
- [4] CHŁADZYŃSKI S., GARBACIK A.: Cementy wieloskładnikowe w budownictwie. Stowarzyszenie Producentów Cementu. Kraków, 2008.
- [5] M. BÉDÉRINA, M.M. KHENFER, R.M. DHEILLY, M.: Quéneudec Reuse of local sand: effect of limestone filler proportion on the rheological and mechanical properties of different sand concretes, Cement and Concrete Research, vol. 35, no. 6, 2005, 1172-1179.

DURABILITY OF CEMENT BINDERS MODIFIED BY LIMESTONE FILLER

Summary

The paper presents results of the limestone filler influence research on cement pastes and mortars produced on the base of CEM II/A-LL 42,5 R cement properties. It was noticed that limestone cement characterized shorter time of setting in initial and greater fluidity loss in comparison with Portland cement. However, mortars produced on the base of limestone cement indicate high compressive strength, low moisture absorption and high frost resistant.