

TRWAŁOŚĆ BETONU Z CEMENTU CEM II/A-LL 42,5 R

Elżbieta JANOWSKA-RENKAS, Tomasz SKRZYPCZYK
Katedra Inżynierii Materiałów Budowlanych, Wydział Budownictwa Politechniki
Opolskiej, Opole

1. Wprowadzenie

Prężny rozwój budownictwa stawia przed branżą budowlaną coraz większe wymagania dotyczące rozwiązań zarówno w dziedzinie samych materiałów budowlanych jak i sposobów ich wytwarzania [4, 5]. Duża różnorodność konstrukcji budowlanych, specyfika ich wykonania, różnica warunków klimatycznych oraz wpływ czynników korozyjnych, spowodowały konieczność wytwarzania kompozytów cementowych o specjalnych właściwościach technicznych. Dlatego technologia produkcji cementu zmierza do coraz częstszego zastosowania dodatków mineralnych, w tym mączki wapiennej [1-3, 6]. Ma to duże znaczenie przy stale wzrastających cenach energii na świecie. Z kolei ekologiczne aspekty produkcji cementów wapiennych przejawiają się w redukcji emisji dwutlenku węgla i tlenków azotu, powstających w procesie produkcji klinkieru portlandzkiego [4, 6-7].

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań wpływu mączki wapiennej na właściwości świeżej mieszanki betonowej i stwardniałego betonu wytworzonego na bazie cementu wapiennego CEM II/A-L 42,5 R w odniesieniu do właściwości betonów z cementu portlandzkiego CEM I 42,5 R.

2. Materiały do badań

Do wykonania mieszanek betonowych zastosowano dwa rodzaje cementów przemysłowych – portlandzki CEM I 42,5R i wapienny CEM II/A-LL 42,5R.

Tabela 1. Skład mieszanek betonowych

Rodzaj mieszanki betonowej	w/c	Cement [kg]	Woda [dm ³]	Kruszywo [kg]								Konsystencja
				0/0,125	0,125/0,25	0,25/0,5	0,5/1	1/2	2/4	4/8	8/16	
CEM I 42,5R	0,45	501,9	214	37	74	168	112	74	374	374	655	K2
CEMII/A-LL 42,5R	0,45	501,9	214	37	74	168	112	74	374	374	655	K2

Powierzchnia właściwa cementów wyznaczona metodą Blain'a wynosiła odpowiednio: dla CEM I - 354,3 m²/kg, natomiast dla CEM II - 375,0 m²/kg.

Do betonów zastosowano kruszywo łamane, bazaltowe frakcjonowane o frakcji ciągłej od 0 do 16 mm z Opolskich Kopalni Surowców Mineralnych Sp. Z.O.O., oraz wodę wodociągową. Skład mieszanek betonowych zaprojektowano, stosując metodę trzech równań (tab. 1).

3. Metody badań

Badania wykonano dla świeżych mieszanek betonowych i stwardniałego betonu. Dla świeżej mieszanki betonowej wykonano badania konsystencji metodą: Ve-Be i stożka opadowego. Zawartość powietrza w mieszankach betonowych określano zgodnie z normą PN-EN 12350-7 „Badania mieszanki betonowej. Część 7: Badanie zawartości powietrza. Metody ciśnieniowe”.

Dla próbek stwardniałego betonu przeprowadzono badania wytrzymałości na ściskanie po 1, 7, 14, 28 i 90 dniach dojrzewania betonu, badania nasiąkliwości i wodoprzepuszczalności zgodnie z obowiązującymi wymaganiami normowymi. Badania mrozoodporności przeprowadzono w środowisku soli odładzającej (NaCl) według Swedish Standard 13 72 44 „Concrete testing – Hardened concrete – Frost resistance.

4. Wyniki i ich omówienie

W tabeli 1 przedstawiono wyniki badań konsystencji świeżych mieszanek betonowych wykonanych na bazie cementów: wapiennego (CEM II) i portlandzkiego (CEM I) metodą: Ve-Be i stożka opadowego, natomiast w tabeli 2 wyniki badań zawartości powietrza wykonane metodą wolometryczną i słupa wody.

Na podstawie uzyskanych wyników badań świeże mieszanki betonowe wykonane na bazie dwóch różnych rodzajów cementów (portlandzkiego i wapiennego) można zakwalifikować do mieszanek o konsystencji gęstoplastycznej K2 (tab. 1). Przy czym uzyskanie jednakowej konsystencji dla obydwu mieszanek wykazało różnice w wysokości opadu stożka, która dla mieszanki betonowej na bazie cementu wapiennego – wyniosła 14 mm, natomiast dla mieszanki wykonanej z cementu portlandzkiego - 11 mm.

Tab. 1. Wyniki badań konsystencji mieszanek betonowych

Rodzaj mieszanki betonowej	Metoda badań		Rodzaj konsystencji
	Stożka opadowego	Ve-Be	
	opad stożka [cm]	czas [s]	
CEM I 42,5R	1,1	17	K2
CEM II A-LL 42,5R	1,4	15	K2

Tab. 2. Wyniki badań zawartości powietrza uzyskane dla badanych mieszanek betonowych

Metoda badań						Zawartość powietrza [%]	
MET. OBJ - A [dm ³]			MET. SŁUPA - B WODY [cm]			A	B
V _p	V _w	V _k	h ₁	h ₂	h ₁ - h ₂		
5,49	1,0	6,19	15,3	1,3	14,0	5,46	5,6
5,45	1,0	6,17	14,9	1,7	13,2	5,14	5,28

Podobnie czas wibracji metodą Ve-Be różnił się o 2 min i był krótszy dla mieszanki z CEM II. Wskazuje to na lepszą urabialność mieszanek betonowych wykonanych na bazie

cementu z dodatkiem mączki wapiennej, w porównaniu do mieszanek na bazie czystego cementu portlandzkiego.

Ponadto badanie zawartości powietrza wykazało, że mieszanka betonowa na bazie cementu CEM II, charakteryzuje się mniejszą zawartością powietrza o około 0,3% w porównaniu do mieszanki betonowej z cementu portlandzkiego CEM I. Zgodnie z Kurdowskim [1] obecność w cemencie wapienia wpływa na utworzenie dodatkowego produktu procesu hydratacji (karboglinianu wapnia) a także opierając się na wykonanych przez autora pracy badaniach reologicznych [2] i ciepła hydratacji cementu z dodatkiem mączki wapiennej [3] można stwierdzić, że w badanych mieszankach następuje utrata płynności i zagęszczenie wewnętrznej struktury twardniejącego betonu na skutek przyspieszonego procesu hydratacji cementu wapiennego w porównaniu z cementem portlandzkim, co potwierdzają wykonane w pracy badania.

I tak stwardniałe betony charakteryzują się wysokimi wytrzymałościami na ściskanie. Po 1 dniu osiągają wytrzymałość powyżej 30 MPa, a po 28 dniach ponad 90 MPa (tab. 3).

Tab. 3. Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie betonów na bazie CEM I i CEM II/A-LL)

Rodzaj betonu	Wytrzymałość betonu [MPa]				
	1	7	14	28	90
CEM I 42,5R	31,6	69,5	72,7	78,7	90,3
CEM II/A-LL 42,5R	34,2	71,5	77,0	83,1	94,8

Uzyskane wytrzymałości na ściskanie (zarówno w początkowym jak i dłuższym okresie wiązania – do 90 dni) dla betonów z cementu wapiennego CEM II/A-LL 42,5R charakteryzują się nieco wyższymi wartościami w porównaniu do wyników uzyskanych dla betonu z cementu portlandzkiego CEM I. Na powyższe parametry wytrzymałościowe duży wpływ ma struktura wewnętrzna badanych betonów. Dodatek mączki wapiennej do cementu uszczelnia strukturę wewnętrzną dojrzewającego betonu poprzez wytworzenie karboglinianu wapniowego ($\text{CaO}\cdot\text{CaCO}_3\cdot 11\text{H}_2\text{O}$) [1], co w konsekwencji powoduje wzrost wytrzymałości i poprawę trwałości betonów z cementu wapiennego.

Przejawia się to w wysokiej wodoszczelności (tab. 4) i niskiej nasiąkliwości (tab. 5) betonów na bazie cementu z dodatkiem mączki wapiennej CEM II.

Głębokość penetracji wody pod ciśnieniem 0,5 atm. w głąb betonu na bazie cementu portlandzkiego wyniosła 3,5 cm i jest prawie dwukrotnie wyższa niż w przypadku betonu na bazie cementu wapiennego CEM II/A-LL, dla którego głębokość wnikięcia wody wyniosła 1,8 cm (tab. 4).

Tab. 4. Głębokości penetracji wody pod ciśnieniem dla betonów na bazie CEM I i CEM II/A-LL

Rodzaj betonu	Nr próbki	Głębokość penetracji wody pod ciśnieniem [cm]	Średnia głębokość penetracji wody pod ciśnieniem [cm]
CEM I 42,5R	1	3,5	3,5
	2	2,8	
	3	4,2	
CEM II/A-LL 42,5R	1	1,8	1,8
	2	1,7	
	3	2,0	

Uzyskane wartości są niższe od normowych 5 cm co pozwoliło zakwalifikować otrzymane betony do grupy wodoszczelnych. Ponadto wykonane badania wykazały, że beton z dodatkiem mączki wapiennej ma znacznie mniejszą nasiąkliwość wynoszącą 3,1% w porównaniu do nasiąkliwości betonu z cementu CEM I, która wyniosła 4,9% (tab. 5). Wartości nasiąkliwości betonów wykonanych zarówno z cementu CEM I jak i CEM II/A-LL nie przekroczyły progu 5%, dzięki czemu betony te można zastosować w budowlach narażonych na bezpośrednie działanie czynników atmosferycznych.

Tab. 5. Wyniki badań nasiąkliwości betonów na bazie CEM I i CEM II/A-LL

Rodzaj betonu	Nr próbki	Masa kostki [kg]		Średnia masa kostki [kg]		Nasiąkliwość [%]
		Suchej	Nasączonej wodą	Suchej	Nas. Wodą	
CEM I 42,5R	1	7,788	8,233	7,946	8,352	4,9
	2	7,925	8,370			
	3	8,125	8,453			
CEM II/A-LL 42,5R	1	7,322	7,544	7,557	7,798	3,1
	2	7,445	7,716			
	3	7,905	8,133			

Zgodnie z przyjętą klasyfikacją mrozoodporności betonu według szwedzkiej normy SS 13 72 44 próbki betonów wykazały dopuszczalną mrozoodporność. Strata masy po 56 cyklach nie przekroczyła 1 kg/m². Ilość złuszczonego materiału dla betonu wykonanego z cementu portlandzkiego wyniosła 0,86 kg/m² natomiast dla betonu z cementu z dodatkiem mączki wapiennej była równa 0,90 kg/m² (tab. 6).

Tab. 6. Wyniki badań mrozoodporności betonów na bazie CEM I i CEM II/A-LL

Rodzaj betonu	Nr próbki	Masa złuszczonego materiału po 56 cyklach [g]	Ilość złuszczonego betonu po 56 cyklach [kg/m ²]	Mrozoodporność Wg kryterium normy SS 137244
CEM I 42,5R	1	25	0,86	Dopuszczalna
	2	17		
	3	22		
CEM II/A-LL 42,5R	1	12	0,90	Dopuszczalna
	2	21		
	3	19		

Przedstawione w pracy wyniki badań właściwości świeżej mieszanki betonowej i stwardniałego betonu, dowodzą iż rodzaj stosowanego cementu jest jednym z głównych czynników decydujących o efektywnym wykonaniu betonu o pożądanych właściwościach i długoletniej trwałości. Dodatek mączki wapiennej nie tylko wpływa na obniżenie kosztów produkcji samego cementu a tym samym betonów wykonanych na jego bazie ale przyczynia się do znacznej poprawy właściwości użytkowych a tym samym trwałości betonów wykonanych z jego udziałem.

5. Wnioski

Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że mączka wapienna ma istotny wpływ zarówno na właściwości świeżej mieszanki betonowej jak i stwardniałego betonu. Objawia się to:

- korzystniejszymi parametrami uzyskanymi zarówno dla świeżych mieszanek betonowych jak i stwardniałych betonów na bazie cementu wapiennego CEM II/A-LL 42,5 w porównaniu do właściwości mieszanek i betonów wykonanych z cementu portlandzkiego CEM I 42,5 R,
- polepszeniem urabialności przy jednoczesnym zagęszczeniu wewnętrznej struktury świeżej mieszanki betonowej w porównaniu do mieszanek na bazie czystego cementu portlandzkiego.
- w przypadku stwardniałych betonów uzyskaniem wysokiej wytrzymałości wczesnej i końcowej, niską wodoprzepuszczalnością i nasiąkliwością oraz dopuszczalną odpornością na działanie mrozu w środowisku soli odladzającej.

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] Aïtcin P.-C.: Cements of yesterday and today: Concrete of tomorrow. Cem. Concr. Res., vol. 30, no. 9, 2000, pp. 1349-1359.
- [5] Chładzyński S., Garbacik A.: Cementy wieloskładnikowe w budownictwie, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków, 2008.
- [6] 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.
- [7] Peukert S., Garbacik A.: Cementy krajowe na progu XXI wieku-stan aktualny, perspektywy. Milenium 2000, Kraków, 2000, s.125-146.

DURABILITY OF CONCRETE FROM CEMENT 42,5 CEM II/A-LL

Summary

This paper presents the results of investigations of influence the limestone filler on proprieties of fresh concrete mixture and hardened concrete.

It was showed that the limestone filler in concrete mixtures has impact on better workability and the smaller air content in comparison to analogous mixtures without limestone filler.

Also, the influence of limestone filler on the durability was showed. The properties of hardened concretes samples reveal smaller absorbability, higher durability, larger tightness or frost and de-icers resistance.