



Właściwości betonu z cementem wapniowo-siarczanoglinianowym (CSA)

1. Wprowadzenie

Cement wapniowo-siarczanoglinianowy (CSA) charakteryzuje się odmiennym składem chemicznym i mineralogicznym w porównaniu do cementów powszechnego użytku [1 ÷ 4]. Cement CSA produkowany jest z klinkieru wapniowo-siarczanoglinianowego, którego głównym składnikiem fazowym jest ye'elimate (C_2A_3S) [1 ÷ 4]. Różnice w składzie fazowym klinkierów CSA i portlandzkiego skutkują odmiennym przebiegiem hydratacji cementów z ich udziałem. Cementy CSA, w odróżnieniu od cementów powszechnego użytku, charakteryzują się:

- bardzo krótkim czasem wiązania (koniec wiązania po kilkunastu minutach)
- bardzo dynamicznym przyrostem wytrzymałości we wczesnym okresie dojrzewania
- mniejszym skurczem (przy odpowiednim doborze składników możliwe jest uzyskanie cementu

bezscurczowego, a nawet wykazującego niewielką ekspansję).

Właściwości cementu CSA zostały szerzej omówione w artykule opublikowanym w nr 2/2017 kwartalnika „Budownictwo, Technologie, Architektura” [5]. W niniejszym artykule omówiono właściwości oraz możliwe kierunki zastosowań kompozytów cementowych z klinkierem wapniowo-siarczanoglinianowym (CSA).

2. Właściwości betonu z cementem CSA

Wpływ cementu CSA na właściwości mieszanki betonowej i betonu stwardniałego oceniono na podstawie przeprowadzonych badań, przy następujących założeniach:

- wytrzymałość na ściskanie > 20 MPa po 3 godz., licząc od momentu utraty urabialności
- klasa wytrzymałości betonu $\geq C35/45$ wg PN-EN 206 [6]
- klasa konsystencji mierzona metodą opadu stożka $\geq S3$ wg PN-EN 206 [6]
- utrzymanie konsystencji w czasie ≥ 90 minut
- zawartość powietrza $4 \div 6\%$ (zalecenie PN-EN 206 [6] dla klasy ekspozycji XF4)
- kategoria mrozoodporności FT2 wg PN-EN 13877-2 [7].

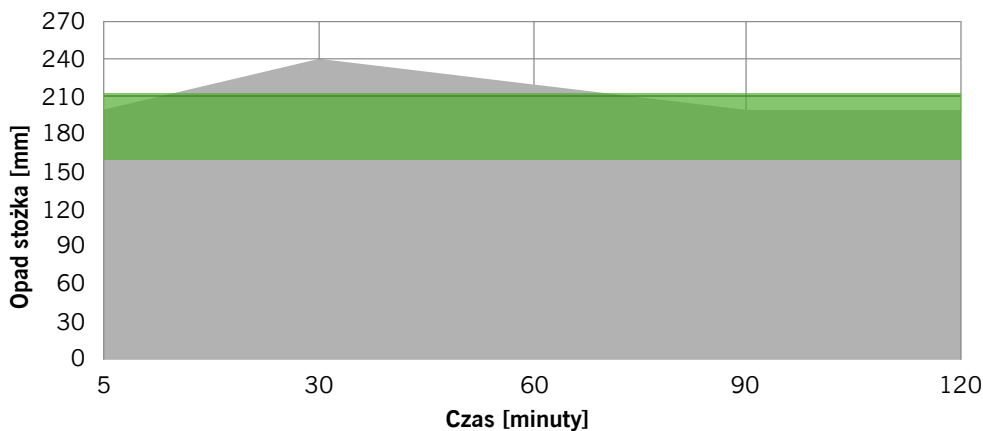
Beton przygotowano w oparciu o recepturę podaną w tabeli 1. Zastosowane spoiwo stanowiło mieszaninę cementu portlandzkiego niskoalkalicznego CEM I 42,5R-NA i cementu CSA (tabela 2) wraz z domieszką regulującą czas wiązania i aktywatorem. Wprowadzenie do składu spoiwa domieszki regulującej czas wiązania było konieczne ze względu na bardzo krótki czas wiązania cementu CSA, nawet w układzie z cementem portlandzkim CEM I. Zastosowanie zaprojektowanego układu spoiwowego miało na celu uzyskanie wymaganego czasu zachowania urabialności mieszanki betonowej, tj. klasy konsystencji S4 po 120 minutach (rys. 1). Utratę urabialności mieszanki betonowej stwierdzono po upływie 210 minut, licząc od połączenia spoiwa z wodą. Badane po 60 minutach napowietrzenie mieszanki betonowej wynosiło 4,5%.

Tabela 1. Receptura betonu z cementem CSA

Składnik	Zawartość składnika [kg/m ³]
Spoiwo: • cement portlandzki CEM I 42,5R-NA • cement CSA (i.tech ALICEM GREEN®) • domieszka regulująca wiązanie • aktywator	400
Woda	160
Zawartość kruszywa	1735
Domieszki chemiczne	4,4 % m.c.

Tabela 2. Właściwości cementu wapniowo-siarczanoglinianowego i tech ALICEM GREEN® i cementu portlandzkiego CEM I 42,5R-NA

Właściwość	Jednostka	Cement i.tech ALICEM GREEN®	CEM I 42,5R-NA
Stalość objętości, Le Chatelier	[mm]	1	0,4
Początek czasu wiązania	[min]	13	201
Koniec czasu wiązania		21	n.b.
Wytrzymałość na ściskanie: – po 1 dniu – po 2 dniach – po 28 dniach	[MPa]	37,2 48,4 76,0	13,5 26,8 57,9
Wodoządnosc	[%]	31,0	27,9
Powierzchnia właściwa wg Blaine'a	[cm ² /g]	5600	3644



Rys. 1. Konsystencja mieszanki betonowej (zielone pole odpowiada granicom klasy S4 wg metody opadu stożka)

Badany beton z cementem CSA charakteryzował się bardzo wysoką wytrzymałością wczesną, tj. > 25,0MPa po 6,5 godzinach (3 godz. licząc od momentu utraty urabialności) oraz wysoką wytrzymałością po 28 dniach – klasa wytrzymałości C55/67 (rys. 2). Na podstawie uzyskanych wyników badań mrozoodporności stwierdzono, że beton z cementem CSA wykazuje bardzo dobrą odporność na cykliczne zamrażanie/rozmarzanie w obecności soli odładzających. Badanie przeprowadzono po 28 dniach dojrzewania betonu w wodzie w temp. $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, kryterium oceny stanowiła masa złuszczonego materiału po 28 i 56 cyklach zamrażania/rozmarzania, wyniki zestawiono w tabeli 3. Badany beton spełnił kryterium maksymalnego dopuszczalnego złuszczenia dla założonej klasy odporności na działanie mrozu FT2 wg PN-EN 13877-2 [11] (tabela 3).

3. Podsumowanie

Stosowanie cementu wapniowo-siarczanoglinianowego (CSA) w składzie betonu, przy odpowiednim doborze pozostałych składników, pozwala na uzyskanie:

- założonej konsystencji mieszanki betonowej
- zachowanie urabialności mieszanki betonowej w czasie, nawet do 120 minut
- betonu o wysokiej wytrzymałości wczesnej i normowej (po 28 dniach)
- betonu mrozoodpornego, w warunkach cyklicznego zamrażania/rozmarzania w obecności soli odładzających.

Praktyczne stosowanie cementu CSA w technologii betonu uwarunkowane jest dalszym prowadzeniem

badan właściwości betonu, szczególnie pod kątem zapewniania trwałości kompozytów cementowych.

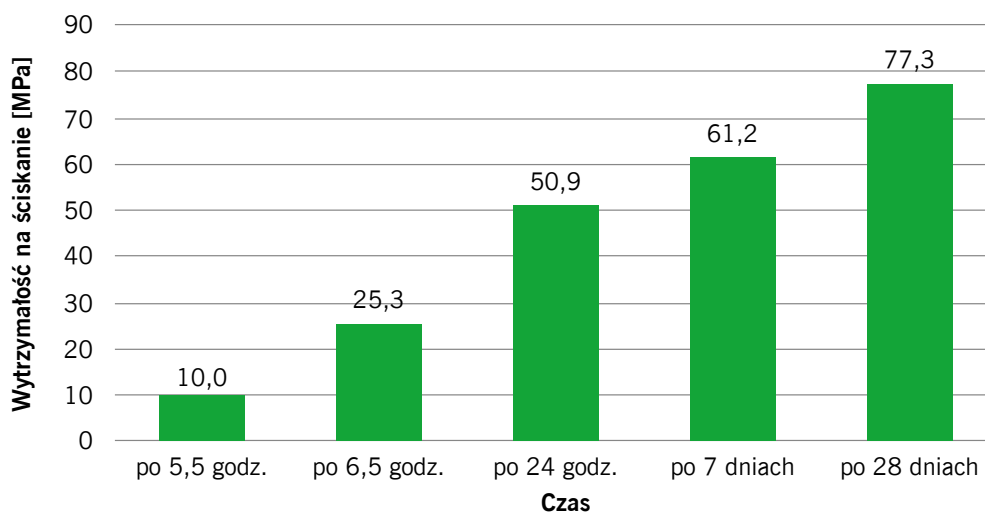
dr inż. Maciej Batog, dr inż. Katarzyna Synowiec
Górażdże Cement SA
dr inż. Damian Dziuk
Centrum Technologiczne Betotech Sp. z o.o.

Literatura

- 1 M.C.G. Juenger, F. Winnefeld, J.L. Provis, J.H. Ideker; *Advances in alternative cementitious binders*, *Cem. Concr. Res.* 41 (2011) str. 1232–1243. doi:10.1016/j.cemconres.2010.11.012.
- 2 G.C. Bye, *Portland Cement: Composition, Production and Properties*, 2nd edition, Thomas Telford Ltd, 1999.
- 3 I. Odler, *Special Inorganic Cements*, (2014). <https://www.taylorfrancis.com/books/9781482271942>.
- 4 Costa U. Marchi M., *Influence of the calcium sulphate and w/c-ratio on the hydration of calciumsulfoaluminate cement*, in: *Proceedings from XIII ICCB Int. Congr. Chem. Cem.*, 2011.
- 5 M. Batog, K. Synowiec, D. Dziuk; *Cement i spoiwa specjalne zawierające klinkier siarczanoglinianowy*, *Budownictwo, Technologie, Architektura* nr 2/2017, str. 59÷64
- 6 PN-EN 206+A1:2016-12 Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność,
- 7 PN-EN 13877-2:2013-08 Nawierzchnie betonowe – Część 2: Wymagania funkcjonalne dla nawierzchni betonowych

Mrozoodporność w obecności soli odładzających	Wynik oznaczenia [kg/m ²]
Masa złuszczonego materiału:	
– po 28 cyklach	0,01
– po 56 cyklach	0,02

Tabela 3. Mrozoodporność betonu oznaczona po 28 dniach dojrzewania



Rys. 2. Wytrzymałość na ściskanie betonu