

dr hab. inż. Krzysztof Zieliński, prof. PP^{1*)}

ORCID: 0000-0002-3805-1108

mgr inż. Dariusz Kierzek²⁾

Efekty zastąpienia cementu portlandzkiego cementem glinowo-wapniowym w utworzonych przez nie zaczynach i zaprawach

Effect of replacing Portland cement with alumina-lime cement in the slurries and mortars formed by them

DOI: 10.15199/33.2022.07.09

Streszczenie. Celem badań było określenie wpływu, jaki ma zastosowanie cementu portlandzkiego z dodatkiem różnych odmian cementu glinowo-wapniowego na podstawowe cechy fizykomechaniczne zaczynów i zapraw. Do badań użyto CEM I 42,5R oraz trzech odmian cementu glinowego zawierającego 40, 50 i 70% Al_2O_3 . Wykonano zaczyny z zawartością 4, 6, 8, 10 i 12% różnych odmian cementu glinowego i określono czas początku i końca wiązania. Na podstawie uzyskanych wyników badań ustalono optymalną proporcję cementu portlandzkiego do cementu glinowego i przy tej proporcji wykonano badania wytrzymałości na ściskanie zapraw wykonanych przy ich użyciu po 1, 2, 7 i 28 dniach dojrzewania oraz określono siłę adhezji do podłoża betonowego. Analiza uzyskanych wyników badań wykazała, że stosując dodatek 6% cementu wysokoglinowego, można uzyskać podobny efekt wiązania natychmiastowego i wyraźnie lepszą siłę adhezji jak z zastosowaniem 12% cementu niskoglinowego.

Słowa kluczowe: cement glinowo-wapniowy; wiązanie natychmiastowe; adhezja; wytrzymałość na ściskanie.

Abstract. The aim of the research was to determine the influence of the use of Portland cement with the addition of various types of aluminum cement on the basic physical and mechanical properties of grouts and mortars. CEM I 42.5R and three types of aluminum cement containing 40, 50 and 70% Al_2O_3 were used for the tests. Mixtures were made containing 4, 6, 8, 10 and 12% of different grades of alumina cement. The time of the beginning and the end of the bonding was determined for them. Based on the obtained research results, the optimal proportion of Portland cement to alumina cement was established. For this proportion, the compressive strength tests were carried out after 1, 2, 7 and 28 days of maturation of the mortars made with them, and the strength of their adhesion to the concrete substrate was determined. The analysis of the obtained test results showed that by using the addition of 6% high-alumina cement, a similar immediate setting effect can be obtained and a clearly better adhesive strength as when using 12% low-alumina cement.

Keywords: alumina-lime cement; immediate setting; adhesion; compressive strength.

Produkcja cementu glinowego jest bardzo energochłonna, dlatego też jego cena jest znacznie wyższa od cementu portlandzkiego. Materiały stosowane do produkcji cementu glinowego (głównie wapień i boksyt) ulegają w procesie produkcji całkowitemu stopieniowi, dlatego też często przyjęta (także języku angielskim) francuska nazwa cement topiony (*ciment fondu*). W ostatnich latach coraz częściej używana jest także nazwa **cement glinowo-wapniowy** (zgodna z aktualną normą europejską) [1, 7].

Cementy glinowe produkowane są w odmianach: nisko- i wysokoglinowej. Odmiana niskoglinowa zawiera 40 – 50% Al_2O_3 i przeznaczona jest przede wszystkim do produkcji sypekich produktów tzw. chemii materiałów budowlanych. Odmiana wysokoglinowa zawiera do 70% Al_2O_3 i przeznaczona jest do wykonywania betonów i zapraw odpornych na działanie wysokiej temperatury (nawet do 1700°C).

Dodanie do cementu portlandzkiego pewnej ilości cementu glinowego skutkuje natychmiastowym wiązaniem [2], co jest często wykorzystywane przy produkcji np. posadzkowych mas samopozjomujących (zwiększa ich adhezję do podłoża, wytrzymałość na ściskanie oraz skraca czas prowadzonych robót).

Przy relatywnie niewielkiej ilości cementu glinowego gips zawarty w masie cementu portlandzkiego wchodzi w reakcję ze zhydratyzowanymi glinianami wapniowymi i następuje wiązanie natychmiastowe w pozbawionym opóźnienia cemencie portlandzkim.

Metoda badań

Celem badań była analiza wpływu, jaki ma zastąpienie cementu portlandzkiego cementem glinowo-wapniowym w zaczynach i zaprawach na ich wybrane cechy fizykomechaniczne. Do badań użyto CEM I 42,5R [6] oraz trzech odmian cementu glinowego zawierającego 40, 50 i 70% Al_2O_3 , nazywanych w dalszej części artykułu "40", "50" i "70" [7]. W ramach badań wstępnych wykonano

¹⁾ Politechnika Poznańska; Instytut Budownictwa

²⁾ Absolwent Politechniki Poznańskiej; Instytut Budownictwa

^{*}) Adres do korespondencji:

krzysztof.zielinski@put.poznan.pl

mieszanki cementu portlandzkiego z cementem glinowym zawierające 4, 6, 8, 10 i 12% (wagowo) w przypadku odmiany "40" oraz 4, 6 i 8% przy odmianie "50" i "70" cementu glinowego. Określono czas początku i końca ich wiązania za pomocą aparatu Vicata [5]. Na podstawie uzyskanych wyników badań wstępnych ustalono proporcję cementu portlandzkiego do każdej z odmian cementu glinowego, skutkującą możliwie dużym skróceniem czasu zarówno początku, jak i końca wiązania. Wykonano badania wytrzymałości na ściskanie zapraw z ich użyciem po 1, 2, 7 i 28 dniach dojrzewania [4] oraz określono adhezję do podłoża betonowego.

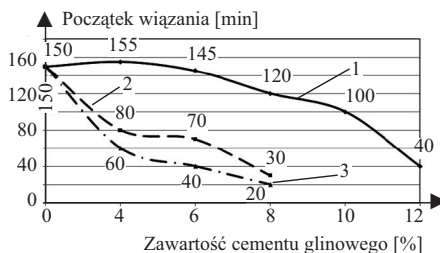
Wyniki badań oraz ich analiza

Czas wiązania. W ramach badań wstępnych przeprowadzono pomiary czasu początku i końca wiązania dla przygotowanych zaczynów cementu portlandzkiego (CEM I 42,5R) i glinowego. Wykonano po trzy oznaczenia w przypadku każdej mieszanki. W tabeli zaprezentowano średnią arytmetyczną z uzyskanych wyników. Celem badań było określenie skrócenia czasu wiązania w wyniku dodania cementu glinowego. Przygotowano zaczyny zawierające 4, 6 i 8% cementów glinowych "50" i "70" oraz 10 i 12% cementu glinowego "40". Uzyskane wyniki badania czasu początku wiązania przedstawiono na rysunku 1, a końca wiązania na rysunku 2. **Czas początku wiązania** „czystego” CEM I 42,5R wynosi 150 min. Dodatek do 6% cementu glinowego "40" praktycznie nie ma wpływu na przyspieszenie czasu wiązania. Dopiero dodatek 12% cementu "40" skutkuje znacznym przyspieszeniem czasu wiązania (40 min).

Uzyskane wartości wytrzymałości na ściskanie zapraw o różnej zawartości cementu glinowego w mieszance z CEM I 42,5R

The obtained values of compressive strength for mortars with different content of aluminum cement in a mixture with CEM I 42.5R

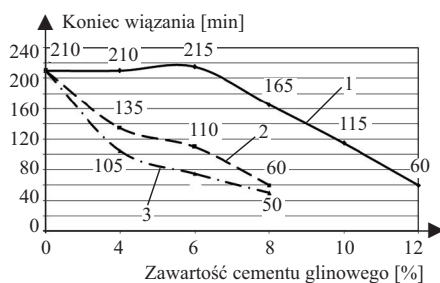
| Badane mieszanki cementu portlandzkiego z glinowym | Wytrzymałość na ściskanie (MPa) | | | |
|--|---------------------------------|------------|------------|------------|
| | 1 dzień | 2 dni | 7 dni | 28 dni |
| CEM I | 2,5 ± 0,2 | 14,5 ± 0,7 | 34,6 ± 1,4 | 43,1 ± 1,8 |
| CEM I + cement glinowy "40" (12%) | 2,9 ± 0,1 | 17,1 ± 0,6 | 33,2 ± 1,5 | 42,6 ± 1,5 |
| CEM I + cement glinowy "50" (8%) | 2,9 ± 0,2 | 20,3 ± 0,7 | 40,6 ± 1,4 | 47,5 ± 1,2 |
| CEM I + cement glinowy "70" (6%) | 3,1 ± 0,3 | 21,2 ± 0,9 | 38,0 ± 1,1 | 45,4 ± 1,9 |



1 – CEM I + cement glinowy "40";
2 – CEM I + cement glinowy "50";
3 – CEM I + cement glinowy "70"

Rys. 1. Zależność pomiędzy czasem początku wiązania cementu CEM I 42,5R a wagową zawartością cementu glinowego w zaczynie

Fig. 1. The relationship between the setting time of CEM I 42.5R cement and the weight content of aluminum cement in the slurry



1 – CEM I + cement glinowy "40";
2 – CEM I + cement glinowy "50";
3 – CEM I + cement glinowy "70"

Rys. 2. Zależność pomiędzy czasem końca wiązania cementu CEM I 42,5R a wagową zawartością cementu glinowego w zaczynie

Fig. 2. The relationship between the setting time of CEM I 42.5R cement and the weight content of aluminum cement in the slurry

W przypadku cementów "50" i "70" dodanie już 4% do cementu portlandzkiego wpływa na znaczne przyspieszenie wiązania. Przy dalszym zwiększeniu ilości cementu glinowego (zarówno "50", jak i "70") następuje dalsze istotne przyspieszenie początku wiązania. Przy 8% cementu glinowego "50" jest to zaledwie 30 min, a cementu "70" – 20 min.

Czas końca wiązania CEM I 42,5R wynosi 210 min. Podobnie jak w przypadku początku wiązania dodatek niewielkiej ilości (do 6%) cementu "40" nie ma praktycznie wpływu na przyspieszenie końca wiązania. Natomiast przy większej ilości przyspieszenie końca wiązania następuje dosyć intensywnie, proporcjonalnie do ilości dodanego cementu "40". Przy 12% cementu "40" wynosi 60 min, a w przypadku cementów "50" i "70" przyspieszenie czasu końca wiązania następuje w całym badanym przedziale zawartości (0 – 8%), proporcjonalnie do ich ilości. Przy zawartości 8% cementu "50" czas końca wiązania wynosi 60 min, a cementu "70" 50 min.

Wytrzymałość na ściskanie. Analizując uzyskane wyniki badań, stwierdzono, że wpływ dodatku 12% cementu glinowego „40” zarówno na początek (40 min), jak i koniec wiązania (60 min) zaczynu utworzonego z CEM I 42,5R jest zbliżony zarówno do początku (30 min), jak i końca (60 min) czasu wiązania zaczynu wykonanego z dodatkiem 8% cementu „50”. Podobnie jest w przypadku dodatku 6% cementu glinowego „70” do CEM I 42,5R (początek wiązania 40 min i koniec wiązania 75 min wobec 40 i 60 min dla CEM I 42,5R). Z tego powodu do dalszych badań (wytrzymałość na ściskanie oraz adhezja do podłoża betonowego) wybrano następujące proporcje zaczynów CEM I 42,5R z cementami glinowymi:

- CEM I 42,5R + 12% cementu glinowego "40";
- CEM I 42,5R + 8% cementu glinowego "50";
- CEM I 42,5R + 6% cementu glinowego "70".

Otrzymane wartości wytrzymałości na ściskanie zapraw o różnej zawartości cementu glinowego w mieszance z cementem portlandzkim przedstawiono w tabeli. Zaprawy wykonano wg receptury normowej [4]. Prezentowane w tabeli wartości wytrzymałości na ściskanie są średnią arytmetyczną z sześciu wyników. Dodatkowo obliczono odchylenie standardowe. Badanie wykonano po 28 dniach dojrzewania beleczek 4 x 4 x 16 cm w warunkach normowych. ▶



ARBOCEL – The Power of Progress

– włókna na bazie celulozy o charakterze mikrobrojającym, zagęszczającym oraz strukturotwórczym w produktach chemii budowlanej



Rettenmaier Polska

Sp. z o.o.

Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7B

02-366 Warszawa

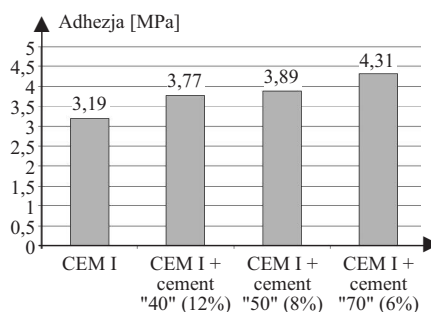
mobile +48 600 423 423

Tel + 48 22 608 51 00

e-mail: arbocel@jrs.pl

Z badań wynika, że dodatek cementu glinowego ma największy wpływ na wytrzymałość w początkowym okresie dojrzewania zapraw (po 1 i 2 dniach dojrzewania). Próbkę wykonaną przy użyciu cementu o dużej zawartości Al_2O_3 ("70") uzyskały wyraźnie większą wytrzymałość od próbek zawierających cement "40". Zależność ta utrzymuje się przez cały okres dojrzewania (28 dni), ale z intensywnością wyraźnie malejącą w czasie. Po 28 dniach dojrzewania wytrzymałość próbek wykonanych przy użyciu cementu "70" jest nadal wyraźnie większa (45,4 MPa przy 6% "70" wobec 42,6 MPa przy 12% "40"). Otrzymane wartości wytrzymałości różnią się o ok. 7%.

Adhezja do podłoża betonowego. Wykonano pomiary adhezji do podłoża betonowego wszystkich zapraw zawierających cementy glinowe "40", "50" i "70". Zaprawy miały skład zgodny z normą [4]. Badanie wykonano aparatem typu Pull off. Podłoże betonowe było w stanie powietrznosuchym i pod względem wytrzymałości odpowiadało klasie C20/25. Odspojenia miały charakter kohezyjny. Wykonano po trzy oznaczenia. Średnią arytmetyczną z uzyskanych wyników przedstawiono na rysunku 3. Przyczep-



Rys. 3. Zależność pomiędzy adhezją do podłoża betonowego zapraw o różnej zawartości cementu glinowego w mieszance z cementem portlandzkim

Fig. 3. Relationship between the adhesion to the concrete base of mortars with different content of aluminum cement in the mixture with Portland cement

ność zaprawy wykonanej przy użyciu CEM I 42,5R wynosi 3,19 MPa. Dodatek 12% cementu "40" zwiększa adhezję o ok. 18% do wartości 3,77 MPa, natomiast dodatek 6% cementu "70" skutkuje zwiększeniem adhezji aż o ok. 35% (do 4,31MPa). Jak widać,

dodatek 6% cementu "70" ma o ok. 15% większą skuteczność niż dodatek 12% cementu "40".

Podsumowanie

Analiza uzyskanych wyników badań wykazała, że wpływ dodatku do cementu portlandzkiego różnych odmian cementu glinowego skutkuje istotną zmianą wielu cech fizykomechanicznych zaczynów i zapraw wykonanych z ich zastosowaniem. Proporcjonalnie do zwiększającej się ilości Al_2O_3 w mieszaninie z CEM I 42,5R:

- ulega przyspieszeniu proces początku i końca wiązania zaczynu (inicjowane jest wiązanie natychmiasowe);
- zwiększa się adhezja tworzonych przez nie zapraw do podłoża betonowego;
- zwiększa się wytrzymałość na ściskanie zaprawy zarówno wczesna, jak i po 28 dniach.

Analiza uzyskanych wyników badań pozwoliła także na ustalenie, że wpływ dodatku 12% cementu "40" na początek i koniec wiązania CEM I 42,5R jest podobny jak dodatku 8% cementu "50" lub 6% cementu "70". Użycie 6% cementu "70" w mieszance z cementem portlandzkim zwiększa adhezję do podłoża betonowego w znacznie większym stopniu niż mieszanina z dodatkiem 12% cementu "40".

Literatura

- [1] Neville AM. Właściwości betonu. V edycja, Wydawnictwo Polski Cement, Kraków 2012.
- [2] Robson TD. The characteristics and applications of mixtures of Portland and highalumina cements. Chemistry and Industry, London 1952.
- [3] Zieliński K. Optimization of alumina cement addition in self-levelling floor masses" – Foundations of Civil and Environmental Engineering 2011/14 Publishing House of Poznan University of Technology.
- [4] PN-EN 196-1:2016-07 – Metody badania cementu. Część 1: Oznaczanie wytrzymałości.
- [5] PN-EN 196-3:2016-12 – Metody badania cementu. Część 3: Oznaczanie czasów wiązania i stałości objętości.
- [6] PN-EN 197-1:2012 – Cement – Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku.
- [7] PN-EN 14647:2007 – Cement glinowo-wapniowy. Skład, wymagania i kryteria zgodności.

Przyjęto do druku: 15.06.2022 r.