

WPLYW DOMIESZEK HYDROFOBIZUJĄCYCH NA WŁAŚCIWOŚCI BETONU CEMENTOWEGO UŻYWANEGO W KONSTRUKCJACH INŻYNIERSKICH¹

Michał BABIAK*, Szymon WĘGLIŃSKI**, Łukasz WIŚNIEWSKI***

*) Politechnika Poznańska

***) LABORTEST s.c. Brzezińscy, Poznań

****) Hydrostop

Beton cementowy obok powszechnego zastosowania w budownictwie kubaturowym jest także podstawowym materiałem stosowanym w konstrukcjach inżynierskich. Płyty mostowe, przyczółki, podpory, estakady narażone są na szkodliwe działanie czynników atmosferycznych, szczególnie korozyjne działanie wody i mrozu. W miejsce sprawdzonych rozwiązań – hydroizolacji – stosuje się mieszanki betonowe o podwyższonej odporności na działanie wody. W zależności od zastosowanej domieszki uzyskuje się betony o obniżonej nasiąkliwość, podwyższonej mrozoodporność czy wytrzymałość na ściskanie. W artykule przedstawiono porównanie dwóch wybranych domieszek do betonu, których działanie hydrofobizujące pozwala na poprawę własności mechanicznych gotowej mieszanki.

Słowa kluczowe: hydrofobizacja betonów, dodatki, domieszki, nasiąkliwość, wodopruszczalność, wytrzymałość na ściskanie.

1. WPROWADZENIE

Beton w postaci okruchów skalnych połączonych spoiwem mineralnym stosowano już w VI w. p.n.e. Pierwotnie jako spoiwa używano wapna hydraulicznego z dodatkiem pucolanów lub sproszkowanej ceramiki. Technologię tą użyto do budowy kopuły Panteonu w Rzymie czy też Wielkiego Muru w Chinach. Dynamiczny rozwój technologii betonu nastąpił dopiero w XIX wieku za sprawą Josepha Aspdina, angielskiego przedsiębiorcy, który opracował sposób wytwarzania sztucznego spoiwa, nazwanego przez siebie cementem portlandzkim. Kolejnym przełomowym momentem było opracowanie w latach sześćdziesiątych XIX wieku koncepcji zbrojenia betonu. Proces doskonalenia produkcji betonu i polepszania jego parametrów trwa do dziś [3, 4].

¹ DOI 10.21008/j.1897-4007.2018.26.02

Oprócz stosowania betonu zbrojonego, w celu poprawy parametrów mieszanki betonowej i właściwości gotowych elementów, stosuje się różne substancje, takie jak domieszki czy dodatki.

Domieszką do betonu nazywamy materiał w postaci płynu, pasty lub proszku, dodawany w ilości nie większej niż 5% masy cementu w betonie, podczas wykonywania mieszanki betonowej, w celu zmodyfikowania właściwości mieszanki betonowej i/lub stwardniałego betonu.

Dodatkiem do betonu nazywamy materiał drobnoziarnisty, dodawany w ilości większej niż 5% masy cementu, mający zmodyfikowany wpływ na cechy betonu [12].

Przykład rynku niemieckiego pozwala zauważyć, że w ciągu ostatnich 20 lat, odnotowano pięciokrotny wzrost zużycia dodatków i domieszek na 1 tonę zużytego cementu. Do domieszek zalicza się m.in. preparaty uplastyczniające i upłynniające (plastyfikatory i superplastyfikatory), opóźniające i przyspieszające wiązanie, napowietrzające i uszczelniające. Dodatki to m. in. pyły krzemionkowe i zbrojenie rozproszone, na przykład włókna stalowe, z tworzyw sztucznych, węglowe oraz pochodzenia organicznego.

2. BETON I JEGO WŁAŚCIWOŚCI

Beton (zwykły) jest to materiał powstały w wyniku zmieszania cementu, kruszywa drobnego i grubego, wody zarobowej i ewentualnych dodatków (do 20% w stosunku do masy spoiwa) i domieszek (do 5% w stosunku do masy spoiwa), który uzyskuje swoje właściwości w wyniku hydratacji cementu.

Reakcja wody z cementem (hydratacja) prowadzi do powstanie uwodnionych faz glinianów i krzemianów wapniowych. Jest to reakcja ślinie egzotermiczna – tzn. przebiega z wydzielaniem ciepła, które podnosi temperaturę betonu. Ilość wydzielanego ciepła w trakcie wiązania i twardnienia cementu przekłada się na przyrost jego wytrzymałości, zwłaszcza w początkowym okresie. Znamość efektów cieplnych związanych z procesem hydratacji cementu jest niezwykle istotna w przypadku wykonywania betonowych elementów masowych, np. budowie elementów mostów, budowli hydrotechnicznych lub fundamentów blokowych.

Głównym parametrem mechanicznym na podstawie którego klasyfikujemy i nazywamy beton jest jego wytrzymałość na ściskanie.

3. WPLYW DOMIESZEK I DODATKÓW NA WŁAŚCIWOŚCI BETONÓW CEMENTOWYCH

Stosowanie domieszek chemicznych w technologii betonu jest rozwiązaniem powszechnie praktykowanym. Nie ma współczesnego betonu bez domieszek chemicznych. Pozwalają one na skuteczne modyfikowanie właściwości mie-

szanki betonowej i stwardniałego betonu. Ogólną przydatność domieszek do betonu ustala się zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 934-2 [12] „Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu”. Powszechnie w technologii betonu stosuje się domieszki:

- uplastyczniające
- upłynniające
- napowietrzające
- przyspieszające wiązanie i twardnienie
- opóźniające wiązanie
- uszczelniające
- barwiące.

Podkreślić należy, że oczekiwane rezultaty stosowania domieszek chemicznych w składzie betonu, możliwe są do uzyskania tylko wtedy, gdy beton zostanie zaprojektowany w prawidłowy sposób pod względem jakościowym i ilościowym (odpowiedni dobór pozostałych składników mieszanki betonowej). Należy również zapewnić odpowiednie warunki produkcji i transportu mieszanki betonowej oraz jej ułożenia, zagęszczenia, a także pielęgnacji betonu.

Powszechnie w technologii betonu stosuje się również dodatki [4, 5, 7]:

- dodatki obojętne
- dodatki o właściwościach pucolanowych
- dodatki o właściwościach hydraulicznych
- dodatki włókniste.

Ze względu na swą ilość dodatek musi być doliczony do masy cementu.

4. BETON WODOSZCZELNY

Beton wodoszczelny powinien uzyskiwać wysoką odporność na przepuszczanie wody. Z tego względu winien on charakteryzować się możliwie małą ilością porów kapilarnych w strukturze. Zgodnie z normą PN-B-06250 [8] wyróżnia się kilka stopni wodoszczelności betonu. Są to: W2, W4, W6, W8, W10 i W12, gdzie liczba po literze „W” oznacza wielkość ciśnienia słupa wody w MPa, oddziałującego na próbkę betonową o wysokości 15 cm. Tak więc betonami wodoszczelnymi możemy nazwać betony o wskaźniku \geq W8. Betony wodoszczelne uzyskuje się dzięki odpowiedniemu, precyzyjnemu doborowi składników mieszanki betonowej oraz zminimalizowaniu porowatości betonu. W przypadku odpowiednio dobranego stosu okruszowego, im niższy wskaźnik wodno-cementowy w/c, tym bardziej wodoszczelny jest beton. Doświadczony i odpowiedzialny producent betonu nie powinien mieć problemu z zaprojektowaniem betonu o odpowiedniej wodoszczelności.

Zmniejszenie zapotrzebowania na wodę przy zachowaniu wymaganej konsystencji świeżej mieszanki jest możliwe dzięki zastosowaniu środków po-

wierzchniowo czynnych, zmniejszających napięcie powierzchniowe cieczy i poprawiających zwilżalność ciała stałego. Na wodożądność zaczynu cementowego i jego właściwości reologiczne duży wpływ wywiera powierzchnia właściwa cementu, zawartość glinianu wapnia C_3A , alkalia, dodatek gipsu jako regulatora czasu wiązania cementu. Korzystne jest więc zastosowanie cementów zawierających podwyższoną zawartość krzemianów kosztem glinianów i fazy ferrytowej.

W wyniku licznych badań i eksperymentów poprawiono wodoszczelność betonu, dobierając, w zależności od warunków jego eksploatacji, odpowiedni rodzaj cementu, a także odpowiednie dodatki mineralne do cementu [3]. Szczególnie korzystne okazało się w wielu wypadkach zastosowanie dodatków o charakterze pucolanowym, w tym popiołów lotnych i pyłów krzemionkowych. Dodatki te w procesie hydratacji reagują z tworzącym się wodorotlenkiem wapniowym, w wyniku czego powstają uwodnione fazy, głównie krzemianów wapniowych. Reakcje te pozwalają w znaczącym stopniu ograniczyć wymywanie $Ca(OH)_2$, a ponadto ograniczyć korozyjne oddziaływanie agresywnych roztworów. Korzystny wpływ na odporność korozyjną cementu wywiera dodatek żużla wielkopieczowego. Ujemną stroną cementów z tymi dodatkami jest obniżona mrozoodporność wyrobów, a także obniżona wytrzymałość, szczególnie w pierwszych tygodniach ich twardnienia. Na uzyskanie betonu, który powinien cechować się zwiększoną wodoszczelnością, pozwalają domieszki chemiczne. Mogą one działać według różnych sposobów, ale ich efekt polega zasadniczo na nadaniu betonom cech hydrofobowych. Przykładem takich domieszek jest kwas stearynowy oraz niektóre tłuszcze roślinne i zwierzęce. Inne domieszki to wosk, stearynian wapnia, żywice i paki. Stosowane są również domieszki bazujące na żywicach silikonowych, które nakładane są na powierzchnie betonu. Na powierzchni betonu nakładane są również emulsje bitumiczne tworzące błony o pewnym stopniu elastyczności [1, 2, 6].

Aby beton w konstrukcji był wodoszczelny nie wystarczy tylko zakupić beton o odpowiednim stopniu wodoszczelności. Beton musi być w prawidłowy sposób wbudowany oraz odpowiednio pielęgnowany. Tylko odpowiednie zagęszczenie betonu dostosowane do jego konsystencji oraz wymiarów elementu i rodzaju jego zbrojenia zapewnić może szczelność betonu [6].

Beton wodoszczelny, w przypadku występowania wysokiego poziomu wód gruntowych stanowi dobrą barierę dla napierającej na ścianę wody i znacznie wydłuża czas jej przesiąknięcia. Pamiętać jednak należy, że żaden beton nie stanowi 100% ochrony przed wilgocią i zawsze należy zabezpieczyć ściany dostępnymi na rynku masami hydroizolacyjnymi. Ponadto, wybierając beton należy wziąć pod uwagę zarówno właściwości mieszanki dostarczanej na budowę jak i późniejsze warunki pracy betonu (tzw. klasy ekspozycji) [6].

5. HYDROFOBIZACJA BETONÓW

W/w proces ma na celu nadanie materiałom hydrofilowym właściwości hydrofobowych, czyli odpychających cząsteczki wody. Dodanie środków hydrofobizujących do betonu wpływa na zmniejszenie przepuszczalności wody pod zwiększonym ciśnieniem, a także na zmniejszenie nasiąkliwości. Przeciwdziałają one podciąganiu kapilarnemu, w wyniku czego utrudniają penetrację i przepływ wody w betonie. Ich działanie w ujęciu fizycznym polega na wypełnianiu pustek i kanałków kapilarnych oraz zmniejszeniu przekroju porów i kapilar. W efekcie te dodatki wpływają na wytwarzanie mikropęcherzyków powietrznych, które przerywają ciągłość kapilar i ograniczają penetrację wgłębną wody. Pod względem chemicznym, wchodzą w reakcję z niektórymi składnikami cementu i tworzą związki nierozpuszczalne, które wypełniają wnętrza porów i kapilar. Mogą też tworzyć drobne cząsteczki o dużej powierzchni właściwej, które w kontakcie z wodą tworzą żełe uszczelniające. Jako dodatki hydrofobizujące stosuje się substancje koloidalne, sole amonowe kwasów tłuszczowych (stearyniany i oleiniany), żywice silikonowe, emulsje bitumiczne, a także ligno-sulfoniany. Ponadto działanie uszczelniające i zmniejszające przepuszczalność wody, wykazują proszki mineralne o dużym rozdrobnieniu, w tym pyły krzemionkowe, mączki kamienne, bentonit, mielone pucolany, a także popiół lotny. Jednakże stosowanie frakcji pylastych zwiększa wodozadržność, co powoduje zwiększenie ilości wody zarobowej w celu uzyskania optymalnej konsystencji mieszanki. Wpływa to niekorzystnie na parametry wytrzymałościowe betonu [14].

Liczne opracowania potwierdzają skuteczność i zasadność hydrofobizacji materiałów porowatych takich jak: cegła ceramiczna, zaprawa tynkarska, itp. W przypadku betonów, w tym betonów zwykłych, konstrukcyjnych czy konstrukcyjno-izolacyjnych brak jest jednoznacznych zaleceń i badań. Obecnie na rynku budowlanym oferowane są środki do hydrofobizacji betonu. Są to preparaty, które nanosi się na powierzchnie już istniejącego elementu [3]. Do najbardziej efektywnych i bezpiecznych środków tej grupy należą silikony (alkilo-krzemian potasu, alkoksylan, uwodniony siloksan i siloksan w formie wodorotlenkowej). Alkilokrzemiany potasu jako jedyne są dostępne na rynku w formie mocno alkalicznego ($\text{pH} = 14$) roztworu wodnego.

Główną wadą powierzchniowych środków hydrofobizacji są ściśle określone warunki w jakich można je stosować. Producenci preparatów zalecają, żeby unikać elementów: znajdujących się poniżej poziomu wód (gruntowych i powierzchniowych), narażonych na kontaktu z wodą pod ciśnieniem, z widocznymi pęknięciami i rysami, wymagających sklejenia lub scalenia pęknięć, elementów zasolonych.

Obecnie stosowane środki hydrofobizacji, ze względu na swój skład, mogą wchodzić w reakcję chemiczną ze związkami zawartymi w impregnowanym materiale. Właściwości powstałej powłoki ochronnej (żelu polisiloksanowego)

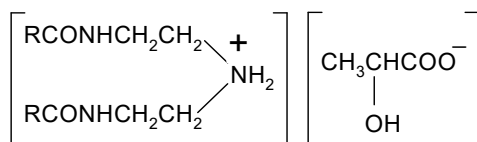
zależą od składu mineralnego materiału z jakiego wykonano element. Ponadto aby zapobiec przyspieszonej destrukcji elementów konstrukcyjnych pokrywanych powłoką hydrofobizacyjną, należy unikać wysokiego stopnia zasolenia impregnowanego elementu.

6. MATERIAŁ I METODY

6.1. Materiał

Do badań użyto cement CEM I 42,5 R zgodny z normą [10]; kruszywo naturalne zawierającą głównie frakcję 4-16 mm; wodę destylowaną oraz dwie domieszki hydrofobizujące. Mieszanka betonowa zawierała 320 kg w/w cementu, 160 kg wody destylowanej oraz 2050 kg mieszanki kruszyw (składniki podano w odniesieniu do 1 m³ mieszanki).

Pierwsza zastosowana domieszka (zwaną poniżej D1) to przetworzona pochodna diamidoamin. Jest to substancja chemiczna powstała w wyniku aminolizacji tłuszczu. Amidoaminy tłuszczowe (alkilamidoaminy) są obok amin tłuszczowych syntezowanych z nityli lub z alkoholi tłuszczowych, podstawową grupą wytwarzanych w świetle związków służących do otrzymywania kationowych i amfoterycznych związków powierzchniowo-czynnych. D1 stanowi mleczan amidoaminy o wzorze: [(RCONHCH₂CH₂)₂NH₂]⁺ [CH₃CH(OH)COO]⁻, gdzie R=(CH₂)_nCH₃ n=18 i/lub 16 i/lub 14 i/lub 12 i/lub 18 z jednym wiązaniem podwójnym wyprodukowany przez Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej Błachownia z Kędzierzyna Koźła. Opis domieszki oraz wyniki pozytywnego wpływu na mieszanki cementowo-gruntowe przedstawiono w [1].



Rys. 1. Mleczan diamidoaminy [1]

Drugą z zastosowanych substancji (zwaną poniżej D2) jest dostępna na rynku domieszka do betonu zwiększająca jego szczelność (produkowana przez firmę HYDROSTOP). Zgodnie z deklaracją producenta, redukuje ona przenikanie wody przez beton, chroniąc go przez warunkami środowiska naturalnego. Domieszkę dozuje się w trakcie wytwarzania mieszanki betonowej. Ma ona postać brunatnego pyłu. Działa upłynniająco i uszczelniająco – osadza się w porach betonu i w wyniku późniejszej krystalizacji wypełnia puste przestrzenie, chroniąc element konstrukcyjny przed wnikaniem wody.

6.2. Metody badań

Badania skuteczności domieszki prowadzono na kostkach betonowych o wymiarach $15 \times 15 \times 15$ cm oraz beleczkach o wymiarach $4 \times 4 \times 16$ cm dla dwóch domieszek:

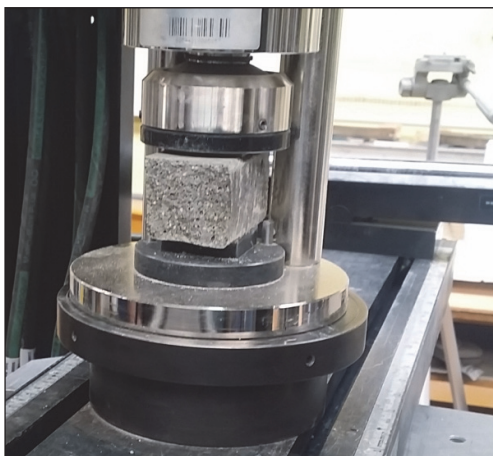
- kationowego środka do hydrofobizacji (D1), dozowanego w ilości 0,5% w stosunku do masy cementu,
- preparatu handlowego (D2), dozowanego w ilości 2% w stosunku do masy cementu.



Rys. 2. Formowanie beleczek cementowych

Dla przygotowanych próbek wykonano następujące testy:

- oznaczenie wytrzymałości na ściskanie po 7 i 28 dniach dojrzewania wg [8, 9, 11],
- badanie wodoszczelności.



Rys. 3. Oznaczenie wytrzymałości na ściskanie dla beleczek



Rys. 4. Oznaczenie wytrzymałości na zginanie przy rozłupywaniu dla beleczek

Badania wytrzymałości na ściskanie

Zasady przeprowadzania badania zostały opisane w normie PN-EN 206-1 [12]. Mogą one być przeprowadzone na próbkach sześciennych lub cylindrycznych, o różnych wymiarach, precyzowanych przez wspomnianą normę. W tym opracowaniu zdecydowano się na zastosowanie próbek sześciennych typu B o wymiarach boku 15 cm. Wymiar boku próbki uzależniony jest od średnicy kruszyw zastosowanych przy produkcji mieszanki. Próbkę wykonuje się w normowych formach. Mieszankę podaje się do formy dwuwarstwowo, gdzie po wprowadzeniu każdej warstwy należy ją zagęścić na stole wibracyjnym. Po zagęszczeniu próbek, usuwa się nadmiar mieszanki i wygładza powierzchnię próbek poprzez jej zatarcie pacą stalową. Tak przygotowane próbki zabezpiecza się przed utratą wody i utrzymuje w formie przez minimum 16 godzin w temperaturze $20\pm 5^{\circ}\text{C}$. Po rozformowaniu, próbki przechowuje się zanurzone w wodzie o temperaturze $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ do czasu wykonania badań wytrzymałości.

Oznaczenie wytrzymałości na ściskanie przeprowadza się po 7 i 28 dniach od momentu wykonania próbek. Badane próbki należy przed badaniem wyciągnąć z wody i wytrzeć z ich powierzchni nadmiar wody. Ściskanie przeprowadza się na pomocą normowej maszyny wytrzymałościowej, przykładając obciążenie w taki sposób, aby wzrost siły obciążającej próbkę odpowiadał prędkości przyrostu naprężenia równej $0,6\text{ MPa/s}$. Największe obciążenie przeniesione przez próbkę jest jednocześnie wynikiem badania. Należy pamiętać, aby badane próbki umieszczać w prasie w taki sposób, by wygładzona powierzchnia znalazła się z boku. Wytrzymałość próbki na ściskanie oblicza się z dokładnością do $0,5\text{ MPa}$.

Badania wodoszczelności

Badanie polega na poddawaniu próbek betonu określonego normowo, zmiennemu ciśnieniu wody. Miara badania jest wartość ciśnienia, dla którego próbka nie wykazuje oznak przesiąkania. Wykonuje się je na próbkach walcowych o średnicy 15 cm, lub sześciennych o długości boku 15 cm, po 28 dniach od początku wiązania. Próbki suszy się do stałej masy, a następnie umieszcza w urządzeniu do badania przepuszczalności i poddaje punktowemu działaniu wody o temperaturze $18 \pm 2^\circ\text{C}$ i stałym ciśnieniu $0,5 \pm 0,05\text{MPa}$. Ciśnienie należy utrzymać przez 72 ± 2 godziny. Po skończonym badaniu próbkę należy rozłupać i zmierzyć głębokość penetracji wody. Podana metoda badania wodoszczelności wynika z normy PN-EN 12390-8:2011 [13]. Stara polska norma [8] zakładała poddawanie próbek zmiennemu ciśnieniu o skokowym przyroście o $0,2\text{MPa}$ co 24 godziny. Badanie należy przerwać, gdy na swobodnej powierzchni próbki ukażą się oznaki przeciekania. Określony tak stopień wodoszczelności ma wartość od W2 do W12, gdzie liczba oznacza dziesięciokrotność wielkości ciśnienia wody w MPa, przy którym woda przenika w ilości dopuszczalnej przez normę.

7. WYNIKI BADAŃ

W tabeli 1 przedstawiono wpływ zastosowanych domieszek na zmianę właściwości fizycznych zapraw cementowych (wytrzymałości na ściskanie po 7 i 28 dniach dojrzewania) oznaczonych na beleczkach o wymiarach $4 \times 4 \times 16\text{ cm}$. Zestawiono wyniki dla próbek referencyjnych (bez domieszki) oraz zawierających badane domieszki.

Tabela 1. Wytrzymałości na ściskanie zapraw cementowych po 7 i 28 dniach dojrzewania

Lp.	Rodzaj domieszki	Po 7 dniach dojrzewania		Po 28 dniach dojrzewania	
		Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Zmiana wytrzymałości w stosunku do betonu referencyjnego [%]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Zmiana wytrzymałości w stosunku do betonu referencyjnego [%]
1	R	45,2	–	49,7	–
2	D1	24,9	–44,8%	38,0	+23,6%
3	D2	25,2	–44,3%	39,2	+21,2%

R – próbki referencyjne, D1 – próbki zawierające kationowy środek do hydrofobizacji, D2 – preparat handlowy

W tabeli 2 przedstawiono wpływ zastosowanych domieszek na zmianę właściwości fizycznych zapraw cementowych (wytrzymałości na zginanie przy

rozłupywaniu po 7 i 28 dniach dojrzewania) oznaczonych na beleczkach o wymiarach $4 \times 4 \times 16$ cm. Zestawiono wyniki dla próbek referencyjnych (bez domieszki) oraz zawierających badane domieszki.

W tabeli 3 przedstawiono wpływ zastosowanych domieszek na zmianę właściwości fizycznych betonu (wytrzymałości na ściskanie po 7 i 28 dniach dojrzewania) oznaczonych na kostkach $15 \times 15 \times 15$ cm. Zestawiono wyniki dla próbek betonów referencyjnych (bez domieszki) oraz zawierających badane domieszki.

Tabela 2. Wytrzymałości na zginanie przy rozłupywaniu zapraw cementowych po 7 i 28 dniach dojrzewania

Lp	Rodzaj domieszki	Po 7 dniach dojrzewania		Po 28 dniach dojrzewania	
		Wytrzymałość na zginanie [MPa]	Zmiana wytrzymałości w stosunku do betonu referencyjnego [%]	Wytrzymałość na zginanie [MPa]	Zmiana wytrzymałości w stosunku do betonu referencyjnego [%]
1	R	7,5	–	8,6	–
2	D1	5,7	–24,1%	5,9	–31,0%
3	D2	6,2	–17,9%	7,0	–18,9%

R – próbki referencyjne, D1 – próbki zawierające kationowy środek do hydrofobizacji, D2 – preparat handlowy

Tabela 3. Wytrzymałości na ściskanie betonów cementowych po 7 i 28 dniach dojrzewania

Lp	Rodzaj domieszki	Po 7 dniach dojrzewania		Po 28 dniach dojrzewania	
		Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Zmiana wytrzymałości w stosunku do betonu referencyjnego [%]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Zmiana wytrzymałości w stosunku do betonu referencyjnego [%]
1	R	46,1	-	50,7	-
2	D1	42,9	-6,9%	48,7	-3,9%
3	D2	43,3	-6,1%	53,5	+5,5%

R – próbki referencyjne, D1 – próbki zawierające kationowy środek do hydrofobizacji, D2 – preparat handlowy

Na Rysunku 5 przedstawiono przełom próbek betonów referencyjnych podanych badaniu wodoprzepuszczalności według PN-EN 12390-8:2011.



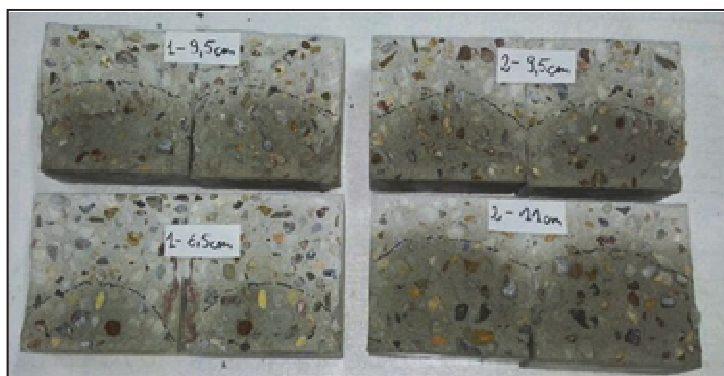
Rys. 5. Wynik badania wodoprzepuszczalności – próbki referencyjne

Na Rysunku 6 przedstawiono rezultat badania wodoprzepuszczalności kostek betonowych po 28 dniach twardnienia z zawierających 0,5% domieszki kationowego środka do hydrofobizacji wg PN-EN 12390-8:2011.



Rys. 6. Wynik badania wodoprzepuszczalności – próbki z domieszką kationowego środka do hydrofobizacji

Na Rysunku 7 przedstawiono rezultat badania wodoprzepuszczalności kostek betonowych po 28 dniach twardnienia z zawierających 2% domieszki preparatu handlowego wg PN-EN 12390-8:2011.



Rys. 7. Wynik badania wodoprzepuszczalności – próbki z domieszką preparatu handlowego

8. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Na podstawie uzyskanych wyników dla zapraw cementowych można stwierdzić, iż badane domieszki powodują spadek wytrzymałości beleczek na zginanie przy rozłupywaniu (dla próbek po 7 jak i po 28 dniach twardnienia). Największą wartość wytrzymałości uzyskano dla próbek betonów referencyjnych (7,5 MPa dla próbek po 7 dniach sezonowania; 8,6 MPa po 28 dniach); najniższe wartości odczytano dla próbek zawierających 0,5% kationowego środka do hydrofobizacji (spadek w stosunku do próbek referencyjnych o ok 30% dla próbek 7 i 28 dniach sezonowania). Dla próbek zawierających preparat handlowy uzyskano wartości pośrednie.

Analogiczną zależność zaobserwowano w przypadku badania wytrzymałości na ściskanie zapraw cementowych dla próbek po 7 jak i po 28 dniach twardnienia. Największą wartość wytrzymałości uzyskano dla próbek zapraw referencyjnych (45,2 MPa dla próbek po 7 dniach sezonowania; 49,7 MPa po 28 dniach); niskie, porównywalne wartości odczytano dla próbek zawierających obie domieszki (spadek w stosunku do próbek referencyjnych o ok 44% dla próbek po 7 i ok 23% dla próbek po 28 dniach sezonowania). Według autorów pracy zastosowane dodatki opóźniają tempo przyrostu wytrzymałości zapraw cementowych.

Badanie wytrzymałości betonów cementowych na ściskanie wykazało wpływ użytych domieszek na zmianę oznaczanego parametru. W przypadku wczesnych wytrzymałości (po 7 dniach twardnienia) największą wartość uzyskano dla próbek betonów referencyjnych (46,1 MPa); dodatek domieszek spowodował nieznaczny spadek parametru (o 6,1% dla preparatu handlowego i 6,9% dla środka kationowego). W przypadku gwarantowanych wytrzymałości po 28 dniach twardnienia największą wartość parametru uzyskano dla betonów zawierających 2% domieszki handlowej (53,5 MPa), wartość średnią uzyskano dla betonów referencyjnych. Kationowy środek do hydrofobizacji spowodował spadek gwarantowanej wytrzymałości betonu na ściskanie o 4%.

Pozytywne rezultaty otrzymano przy badaniu wpływu zastosowanych domieszek na wodoprzepuszczalność betonów. Zgodnie z normą PN-EN 12390-8 dla wszystkich badanych próbek uzyskano wynik pozytywny – w trakcie badania nie zaobserwowano przecieków wody lub pęknięcia betonów. Różnice w działaniach domieszek były widoczne po przełamaniu próbek. Dla betonów referencyjnych penetracja wody wyniosła 11,5 cm, dla próbek z środkiem handlowym ok 10,0 cm. Najkorzystniejszą, najniższą wartość penetracji wody uzyskano dla próbek zawierających kationowy środek do hydrofobizacji – 6,5 cm.

9. WNIOSKI

Hydrofobizacja jest procesem mającym na celu nadanie materiałom hydrofiliwym właściwości hydrofobowych. Obserwuje się wówczas korzystne zjawie-

sko odpychania cząsteczek wody od zabezpieczanego materiału, a w efekcie zmniejszenie głębokości penetracji wody pod ciśnieniem.

Głównym kryterium oceny betonów z domieszką hydrofobizującą winno być obniżenie penetracji wody, a w konsekwencji zwiększenie odporności na cykliczne zmiany temperatury.

Zgodnie z praktyką inżynierską oraz stosowanymi przez projektantów współczynnikami bezpieczeństwa, spadek wytrzymałości na ściskanie poniżej 10% jest, zdaniem autorów, akceptowalny. Bardzo często obserwuje się, że rzeczywista wytrzymałość betonu cementowego na ściskanie badana po miarodajnym okresie twardnienia wyższa od projektowanej i deklarowanej przez producenta (uwzględnia się niejednorodności mieszanki i błędy przy układaniu i pielęgnacji betonu).

Często stosując różne dodatki i domieszki do betonów dąży się do poprawy określonych parametrów – głównie wytrzymałości betonów na ściskanie i mrozoodporności. Niestety, praktyka inżynierska pokazuje, nie da się poprawić jednocześnie wielu parametrów betonu cementowego. Tak jak w niniejszych badaniach, uzyskując korzystne rezultaty mrozoodporności stwierdzono spadek wytrzymałości na ściskanie.

Autorzy artykułu zwracają uwagę, że żaden beton nie stanowi 100% ochrony przed wilgocią i zawsze należy zabezpieczyć elementy konstrukcyjne dostępnymi na rynku masami hydroizolacyjnymi. Ponadto, wybierając klasę betonu, należy wziąć pod uwagę zarówno właściwości mieszanki dostarczanej na budowę jak i późniejsze warunki pracy betonu.

LITERATURA

1. Błaszczczyński T., Babiak M., Kosno J., Węgliński S., *Freeze-thaw Resistance and Increased Strength of Cohesive Soils Modified with a Cationic Surfactant*, *Procedia Engineering* Volume **172** (2017), s. 111–118.
2. Corinaldesi V., *Combined effect of expansive, shrinkage reducing and hydrophobic admixtures for durable selfcompacting concrete*, *Construction and Building Materials* **36** (2012), s. 758–764.
3. Jamróży Z., *Beton i jego technologie*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, 2009.
4. Kurdowski W., *Chemia cementu i betonu*, Kraków, Stowarzyszenie Producentów Cementu, 2010.
5. Łukowski P., *Domieszki do zapraw i betonów*, Kraków, Stowarzyszenie Producentów Cementu, 2008.
6. Najduchowska M., *Wodoszczelność i odporność korozyjna betonu*, *Izolacje* 13, 1 (2008), s. 30–34.
7. Neville A.M.: *Właściwości Betonu*, Kraków, Stowarzyszenie Producentów Cementu, 2000
8. PN-B-06250:1998: *Beton zwykły*.
9. PN-EN 196-1:2006: *Metody badania cementu – Część 1: Oznaczanie wytrzymałości*.

10. PN-EN 197-1:2007; *Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku.*
11. PN-EN 206:2014-04: *Beton – część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.*
12. PN-EN 934-2:2012: *Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu.*
13. PN-EN 12390-8:2011: *Badania betonu – Część 8: Głębokość penetracji wody pod ciśnieniem.*
14. Tittarelli F., Carsana M., Rusello M. L., *Effect of hydrophobic admixture and recycled aggregate on physical – mechanical properties and durability aspects of no-fines concrete*, Construction and Building Materials 66 (2014), s. 30–37.

EFFECT OF HYDROPHOBIC ADMIXTURES ON THE PROPERTIES OF CEMENT CONCRETE USED IN ENGINEERING CONSTRUCTIONS

Summary

Cement concrete in addition to the widespread use in building construction is also the basic material used in engineering constructions. Bridge slabs, bridgeheads, supports and flyovers are exposed to adverse weather conditions, especially corrosive effects of water and frost. Instead of proven solutions – waterproofing concrete mixtures with increased resistance to water are used. Depending on the admixture used, concretes with reduced absorbability, increased frost resistance and compressive strength are obtained. The article presents a comparison of two selected concrete admixtures, whose hydrophobic effect allows the mechanical properties of the finished mixture to be improved.