

dr hab. inż. Beata Łażniewska-Piekarczyk*
prof. dr hab. inż. Janusz Szwabowski*

Kompatybilność między domieszką napowietrzającą i upłynniającą uprzednio napowietrzonych mieszanek betonowych

Compatibility between air-entraining admixture and superplasticizer in case of previously air-entrained concrete mixtures

Streszczenie. Przedstawione badania wykazały, że w przypadku konieczności upłynnienia uprzednio napowietrzanej mieszanki betonowej z cementem wieloskładnikowym, występuje problem zachowania jej napowietrzenia w zalecanym zakresie. Większość dostępnych domieszek upłynniających powoduje znaczące zwiększenie napowietrzenia. Uzyskanie kompatybilności takiego układu wymaga przeprowadzenia wielu badań doświadczalnych, które przedstawiono w artykule wraz z wynikającymi z nich wskazaniem.

Słowa kluczowe: cement napowietrzający, domieszka napowietrzająca, domieszka upłynniająca, kompatybilność

Abstract. Presented research authors showed that in the case of the necessity of increasing the degree of fluidity of previously aerated cementitious mixtures, there is a problem of maintaining their correct aeration. Most of the available superplasticizers causes a significant increase of the air content of concrete mixtures. Achieving of compatibility of such a system requires a series of experimental studies that were presented in the paper together with suitable indications.

Keywords: air-entraining cement, air-entraining admixture, superplasticizer, compatibility

Zgodnie z PN-EN 206-1, w celu zapewnienia mrozoodporności w środowisku o klasach agresywności środowiska XF, beton powinien być napowietrzony, a zawartość powietrza wynosić 4 – 7%. Zbyt duża zawartość powietrza prowadzi do znacznego zmniejszenia wytrzymałości. Wyniki prowadzonych przez nas badań wykazały, że upłynnienie uprzednio napowietrzanej mieszanki betonowej domieszkami upłynniającymi nowej generacji stwarza problem zachowania wymaganego napowietrzenia. Dotyczy to szczególnie mieszanek zawierających cement z dodatkami mineralnymi. Zawartość powietrza w takiej mieszance może się zwiększyć z 6,5 do nawet więcej niż 18%. Prawdopodobnie wynika to ze zmniejszenia napięcia powierzchniowego fazy ciekłej zaczynu przez superplastyfikatory (SP) najnowszej generacji [1 – 11]. Rozwiązaniem wymienionego problemu jest spełnienie warunku kompatybilności układu „cement-AEA-SP”, ze względu na zawar-

tość powietrza w mieszance i jej konsystencję. Warunek kompatybilności tego układu należy weryfikować, uwzględniając także wpływ kolejności dozowania na zmiany napowietrzenia i konsystencji zaprawy lub mieszanki betonowej. W tym celu konieczne są badania obejmujące dobór rodzaju i ilości domieszki napowietrzającej (AEA) do mieszanki z określonym cementem ze względu na wymagane napowietrzenie, a następnie dobór superplastyfikatora (SP) do napowietrzanej mieszanki ze względu na utrzymanie napowietrzenia i uzyskanie wymaganego upłynnienia. W artykule przedstawiono wyniki takich badań. Zastosowano dwa rodzaje innowacyjnego cementu napowietrzającego CEM II/B-V zawierającego naturalną i syntetyczną domieszkę napowietrzającą.

Badania

Do przygotowania mieszanek zapraw zastosowano cementy napowietrzające (tabela 1), piasek normowy, wodę destylowaną i domieszki upłynniające (tabela 2). Wykonano normowe zaprawy cementowe o $w/c = 0,50$,

Tabela 1. Cementy napowietrzające CEM II B-V zastosowane w badaniach

Cement	Domieszka napowietrzająca	Udział domieszki [% m.c.]
CEM II/B-V	syntetyczne środki powierzchniowo czynne	1,70
CEM II/B-V	naturalne sole kwasów organicznych	0,12

zgodnie z PN-EN 480-1 oraz zaprawy referencyjne (świadek) bez domieszek upłynniających i napowietrzających. Badania miały na celu dobór rodzaju i ilości domieszki upłynniającej, tak aby zawartość powietrza w zaprawie była podobna jak w zaprawie referencyjnej. Domieszkę upłynniającą, zgodnie z PN-EN 480-1, dodawano z wodą zarobową. W większości przypadków uzyskano największy rozptyw, jaki można osiągnąć w przypadku zastosowanej domieszki przy zachowaniu stabilności mieszanki.

Konsystencję zapraw oznaczano na stoliku rozptywowym zgodnie z normą PN-EN 1015-3, natomiast zawartość powietrza w zaprawie – metodą ciśnienia

* Politechnika Śląska w Gliwicach, Wydział Budownictwa

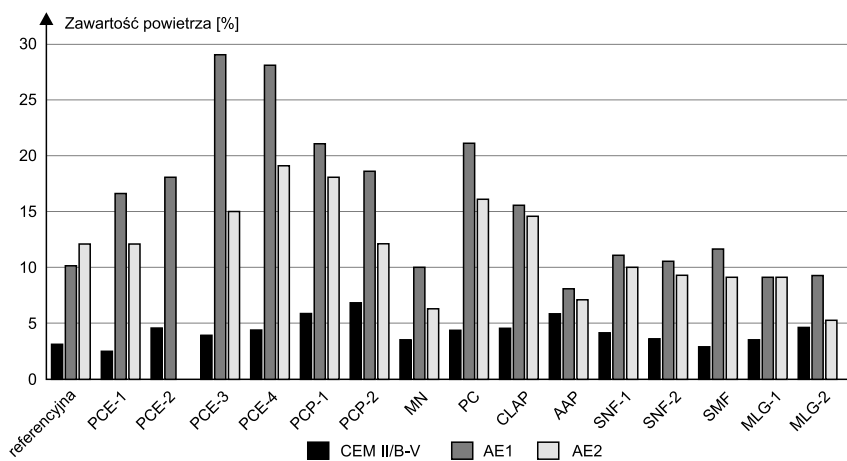
Tabela 2. Charakterystyka domieszek upłynniających

Podstawowy składnik superplastyfikatora (wg producenta)	Symbol
Eter polikarboksyłanowy	PCE-1
Eter polikarboksyłanowy	PCE-2
Eter polikarboksyłanowy	PCE-3
Eter polikarboksyłanowy	PCE-4
Modyfikowane polikarboksyłany	PCP-1
Modyfikowane polikarboksyłany	PCP-2
Modyfikowane naftaleny	MN
Substancje z grupy polikarboksyłanów	PC
Sieciowe polimery akrylowe	CLAP
Modyfikowane aminofosfoniany	AAP
Sulfonowane żywice naftalenowo-formaldehydowe	SNF-1
Sulfonowane żywice naftalenowo-formaldehydowe	SNF-2
Sulfonowane żywice melaminowo-formaldehydowe	SMF
Modyfikowane lignosulfoniany	MLG-1
Modyfikowane lignosulfoniany	MLG-2

niową wg PN-EN 1015-7 aparatem ciśnieniowym o objętości 0,75 l. Temperatura otoczenia podczas badań zaprawy wynosiła 20 °C ± 1 °C, a wilgotność względna powietrza – ok. 50%.

Wyniki badań

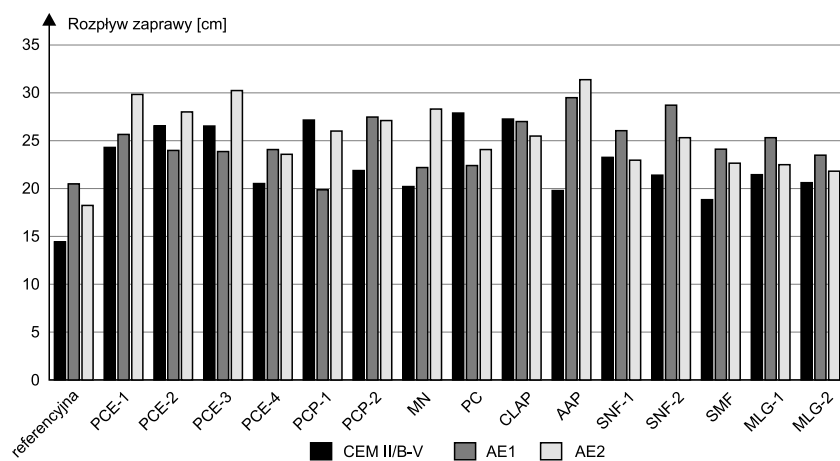
Na rysunku 1 przedstawiono wyniki pomiarów zawartości powietrza w zaprawach. Wskazują one, że zastosowane domieszki z wyjątkiem MN i PCE-1 powodują zwiększenie zawartości powietrza w zaprawie. W przypad-



Rys. 1. Porównanie zawartości powietrza w uplastycznionych i upłynnionych zaprawach z CEM II B-V

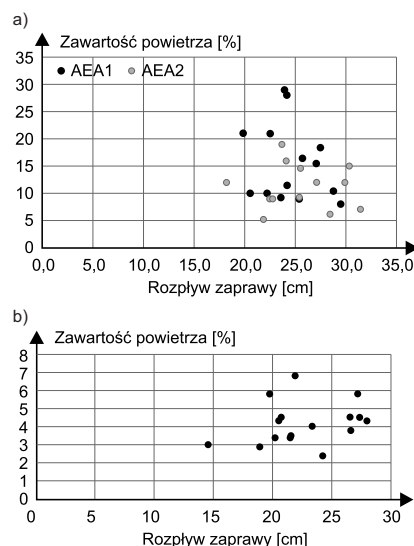
ku konieczności upłynnienia uprzednio napowietrzanej mieszanki zawierającej innowacyjny, wieloskładnikowy, napowietrzający cement, w pierwszej kolejności powinno się zastosować domieszki upłynniające nowej generacji zawierające modyfikowany naftalen, a następnie aminofosfonian. Wśród domieszek tradycyjnych (pierwszej generacji) szczególnie zalecane są superplastyfikatory zawierające naftalen i melaminę. Nie należy jednak łączyć lignosulfonianów z niektórymi domieszkami napowietrzającymi [7]. Kompatybilność domieszek upłynniających i napowietrzających oraz cementu można sprawdzić tylko, gdy wy-

Porównanie wyników przedstawionych na rysunku 2 wskazuje, że domieszki upłynniające zawierające modyfikowane naftaleny (MN) zapewniają bardzo dobrą urabialność zaprawy, nie odbiegając w tym zakresie od domieszek nowej generacji. Badania wskazały brak wyraźnej zależności pomiędzy konsystencją i zawartością powietrza w przypadku nienapowietrzonych i napowietrzonych zapraw (rysunek 3). Uważamy, że, wobec tak dużego zróżnicowania domieszek upłynniających dostępnych na krajowym rynku, bezzasadne jest budowanie modelu w celu przewidywania zawartości powietrza w zaprawie na podstawie jej



Rys. 2. Porównanie rozplwy uplastycznionych i upłynnionych zapraw z CEM II B-V

stępują one łącznie. Upłynniacze polikarboksyłanowe i akrylanowe powodują znaczne zwiększenie (w niektórych przypadkach nawet trzykrotne) zawartości powietrza uprzednio napowietrzonych mieszanek na spoiwach cementowych.



Rys. 3. Brak zależności między wynikami badania konsystencji i zawartości powietrza w: a) napowietrzonej, a następnie upłynnionej lub uplastycznionej zaprawie z cementem CEM II B-V 32,5; b) nienapowietrzonej, upłynnionej lub uplastycznionej zaprawie z CEM II B-V 32,5

rozplywu. Ze wzgledu na mozliwosc uzyskania odpowiedniego napowietrzenia i konsystencji mieszankei, wazna jest kolejnosc dozowania domieszki uplynniajacej i napowietrzajacej. W przypadku, gdy celem jest uzyskanie jak najwiekszego uplynnienia napowietrzonej mieszankei cementowej przy mozliwiej najmniejszej ilosci domieszki uplynniajacej, zaleca sie najpierw jej napowietrzenie, a dopiero pozniej uplynnienie. Jednak w przypadku nadmiernego wzrostu zawartosci powietrza nalezy zmniejszyc ilosc domieszki napowietrzajacej.

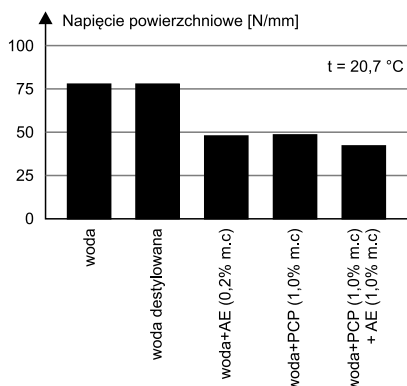
Przyczyny zwiększania zawartosci powietrza w mieszanke przez domieszki

Superplastyfikatory nowej generacji roznia sie od tradycyjnych domieszek mechanizmem uplynnienia mieszankei betonowej. W przypadku tradycyjnych domieszek, uplynnienie nastepuje na skutek tzw. efektu elektrostatycznego, polegajacego na elektrostatycznym odpychaniu jednoimiennych ladunkow elektrycznych. Superplastyfikatory nowej generacji wykorzystuja efekt sferyczny. Zasadnicza role odgrywa w tym przypadku ich przestrzenna struktura [2 – 7]. Wyniki badan [8 – 10] dowodza, iz superplastyfikatory nowej generacji wykazuja istotne dzialanie napowietrzajace (tabela 3). Zawartosc powietrza w stwardnialym betonie, będnaca ubocznym efektem dzialania domieszki uplynniajacej, moze wyniesc ponad 8%.

Niektore superplastyfikatory moga zmniejszacz napiecie powierzchniowe wody (efekt hydrofilowy) na skutek obecności w czasteczkach grup funkcyjnych, takich jak eterowe, hydroksylowe lub karboksylowe (rysunek 4). Spadek napiecia powierzchniowego sprzyja powstawaniu piany, co prowadzi do wzrostu napowietrzenia mieszankei betonowej. Domieszkami, ktore nie wplywaja na napiecie powierzchniowe wody, sa m.in. sole kwasow hydrokarboksylowych, sulfonowane zywice melaminowo-formaldehadowe lub sole pikondensatow formaldehydo-

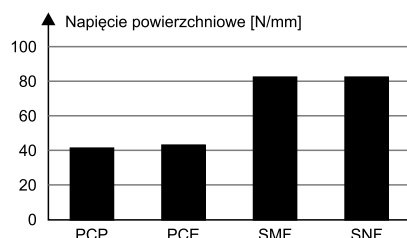
Tabela 3. Wplyw domieszki uplynniajacej na napowietrzenie mieszankei betonowej

Dzialanie	Rodzaj superplastyfikatora			Nowe generacje superplastyfikatorow	
	lignosulfonian	naftalen	melamina	polikarboksylan	aminofosfonianowy polioksyetylen
Napowietrzenie	++	+	0	++	++



Rys. 4. Wplyw superplastyfikatora polikarboksylanowego (PCP) i domieszki napowietrzajacej (AE) na napiecie powierzchniowe wody [badania wlasne]

wych kwasu beta-naftalensulfonowego. Wplyw rodzaju superplastyfikatora na napiecie powierzchniowe wody pokazano na rysunku 5.



Rys. 5. Wplyw rodzaju superplastyfikatora na napiecie powierzchniowe wody [badania wlasne]

Wnioski

W przypadku kazdego cementu dobór kompatybilnych z nim domieszek (napowietrzajacej i uplynniajacej) oraz ich ilosci w mieszanke, ze wzgledu na wymagane napowietrzenie i konsystencje, moze byc poprawnie dokonany tylko na podstawie porownawczych badan doswiadczalnych efektow ich dzialania.

Warunek kompatybilnosci domieszki napowietrzajacej i uplynniajacej z cementem nalezy weryfikowacz, bioracz pod uwage ich wzajemny wplyw na konsystencje i zawartosc powietrza w mieszanke cementowej. Istotne jest, aby zweryfikowacz ich wzajemne interakcje i mozliwe następstwa dla napowietrzenia i konsystencji zaprawy, a takze betonu. Jak wykazaly

badania, wazna jest takze kolejnosc ich dozowania.

W przypadku koniecznosci uplynnienia uprzednio napowietrzonej mieszankei zawierajacej cement napowietrzajacz (np. CEM II/B-V) w pierwszej kolejnosci powinno sie zastosowacz domieszki uplynniajace nowej generacji zawierajace modyfikowany naftalen lub aminofosfonian, lub pierwszej generacji zawierajace naftalen i melamine. Uplynniacze polikarboksylanowe i akrylanowe powoduja znaczne zwiększenie napowietrzenia mieszanek wykonanych na wieloskladnikowych napowietrzajacych spoiwach cementowych. Ponadto domieszki uplynniajace zawierajace modyfikowany naftalen charakteryzuje duza efektywnosc w uplynnieniu zaprawy, nieodbiegajaca od domieszek nowej generacji.

Literatura

- [1] Szwabowski J., Łazniewska-Piekarczyk B.: Kompatybilnosc domieszki napowietrzajacej i uplynniajacej w przypadku mieszanek cementowych. Przegląd Budowlany, 5, 2014, 69.
- [2] Nocuń-Wczelik W., Maziarz A.: Wplyw wybranych domieszek na wlasnosci cementu portlandzkiego i portlandzkiego wieloskladnikowego. Cement Wapno Beton, 4, 2012, 225.
- [3] Kurdowski W.: Inne spojrzenie na problem zgodnosci cementu z superplastyfikatorem. Cement Wapno Beton, 5, 2010, 296.
- [4] Garbacik A., Grzeszczyk S., Kurdowski W.: Reologia modelowych zaczynow cementowych z dodatkiem melaminy. Cement Wapno Beton, 6, 2007, 303.
- [5] Golaszewski J.: Reologia zapraw a reologia mieszanek betonowych. Cement Wapno Beton, 1, 2006, 17.
- [6] Jasiczak J., Mikołajczyk P.: Technologia betonu modyfikowanego domieszkami i dodatkami. Wydawnictwo Politechniki Poznanskiej, Poznan, 1997.
- [7] Łukowski P.: Domieszki do zapraw i betonow. Polski Cement, Krakow, 2003.
- [8] Szwabowski J., Łazniewska-Piekarczyk B.: Zwiększenie napowietrzenia mieszankei pod wplywem dzialania superplastyfikatorow karboksylowych. Cement Wapno Beton, 4, 2008, 205.
- [9] Kucharska L.: Tradycyjne i wspolczesne domieszki do betonu zmniejszajace ilosc wody zarobowej. Cement Wapno Beton, 2, 2000, 46.
- [10] Mosquet M.: Domieszki nowej generacji. Budownictwo Technologie Architektura, numer specjalny, 2003.
- [11] Rudnicki T.: Naturalne i syntetyczne domieszki uplastyczniajace oraz mechanizmy ich oddziaływania w mieszanke betonowej. Magazyn Autostrady, 4, 2004, 22.