

Wpływ rodzaju superplastyfikatora i domieszek przeciwpieniących na napowietrzenie i właściwości samozagęszczalnej mieszanki betonowej

The effect of superplasticizers and anti-foaming agents on the air entrainment and properties of the mix of self compacting concrete

1. Wprowadzenie

Ważną właściwością samozagęszczalnej mieszanki betonowej (SCC) jest wydzielanie pęcherzyków powietrza, wprowadzonych podczas procesu mieszania. Na odpowietrzenie mieszanki mają wpływ parametry reologiczne: granica płynięcia i lepkość plastyczna zaczynu (12, 13). Ponieważ bezpośredni pomiar tych wielkości reologicznych wymaga specjalistycznej aparatury, w praktyce budowlanej stosowane są prostsze metody, mające na celu ocenę właściwości samozagęszczalnej mieszanki betonowej, na przykład jej rozplływ (tablice 1 i 2) (12, 16). Średnica rozplwyu SCC zależy od granicy płynięcia mieszanki τ_{on} , natomiast czas rozplwyu od jej lepkości plastycznej η_{pl} . Średnica i czas rozplwyu SCC powinny odpowiadać klasom podanym w tablicach 1 i 2. W Europejskim Przewodniku (16) podane są metody wyznaczania klas SCC oraz badania właściwości samozagęszczalnej mieszanki betonowej, w zależności od jej przeznaczenia.

Tablica 1 / Table 1

Średnica rozplwyu SCC

SCC classes (16)

Klasa / Class	Średnica rozplwyu / Flow diameter, mm
SF1	od/from 550 do/to 650
SF2	od/from 660 do/to 750
SF3	od/from 760 do/to 850

Tablica 2 / Tablica 2

Czas rozplwyu SCC

SCC classes (16)

Klasa / Class	Czas rozplwyu / Time of maximum flow diameter	
	t50, s	V-funnel, s
VS1/VF1	≤ 2	≤ 8
VS2/VF2	>2	9 do 25

1. Introduction

The spontaneous evacuation of air bubbles, introduced earlier during the self compacting concrete (SCC) mixture processing, is an important feature. This de-aeration process is affected by rheological parameters, such as the yield stress and plastic viscosity (12, 13). Because these parameters can be determined directly using the special equipment only, the less sophisticated methods are used in practice; for example the measurements of the flow diameter of concrete mixture (Tables 1 and 2) (12, 16). The diameter of the SCC mixture flow is related to the yield stress τ_{on} , while the time to reach the maximum flow diameter is the function of plastic viscosity η_{pl} . The values of these practical parameters should match with the classes given in tables 1 and 2. In the European Guidelines (16) there are the methods and the procedures recommended for the SCC classes determination, depending upon the SCC further use.

It has been found, basing upon the numerous reports that in many cases an excess air entrainment takes place (7, 15), in spite of the fairly good rheological properties (16). Then the examination of concrete reveals the excess of air pores being the consequence of such an additional air entrainment (6). The data given by Mosquet (8), shown in Table 3, prove the air entraining role of new generations of superplasticizers. It should be underlined that the standard requirements relating to the concrete admixtures limit the air content generated by superplasticizers in the mixture up to 2%.

The air entraining action of the PCP superplasticizer is the consequence of the reduction of surface tension between the liquid and solid component of the paste (15). The air content in the presence of superplasticizer increases with w/s ratio, as it is in the case of air entraining admixtures.

As it has been found by Gorzelańczyk (2), the carboxylate ether can introduce significant amount of air into the SCC, ranging 8,30%

Tablica 3 / Table 3

WPLYW RODZAJU SUPERPLASTYFIKATORA NA NAPIOWIETRZENIE MIESZANKI BETONOWEJ (0)

EFFECT OF SUPERPLASTICIZER ON THE AIR CONTENT IN CONCRETE MIXTURE (0)

SP	Lignino-sulfoniany Lignosul-fonates LS	Sulfonowane żywice naftalenowo-formalde- hydowe Sulfonated naftalene formaldehyde SNF	Sulfonowane żywice melaminowo-formalde- hydowe Sulfonated melamine formaldehyde SMF	Nowe generacje superplastyfikatorów New generations of superplasticizers	
				Politienek Polikarboksy-lanu Polycarboxy-late polyoxide PCP	Aminofosfo-niany Polioksy-etylenowe Polyoxye-thylene amino- phosphonates AAP
Napowietrzenie Air entrainment	++	+	0	++	++

++ wywiera większy wpływ na zawartość powietrza w mieszance, + wywiera mniejszy wpływ na zawartość powietrza w mieszance, 0 nie wywiera wpływu na zawartość powietrza w mieszance

++ significant effect on the air entrainment, + low effect on the air entrainment, 0 no effect on the air entrainment

W oparciu liczne badania stwierdzono, że w szeregu przypadków występuje problem nadmiernego napowietrzenia mieszanki betonowej (7, 15), mimo że mieszanka uzyskała zalecany rozptył w odpowiednim czasie (16). Badania betonu wykazały, że nadmierne napowietrzenie mieszanki powoduje zbyt dużą zawartość porów powietrznych w betonie (0). Wyniki badań Mosqueta (8) podane w tablicy 3 dowodzą, iż nowe generacje superplastyfikatorów (SP) wykazują działanie napowietrzające. Należy podkreślić, że wymagania normowe dotyczące domieszek chemicznych do betonu ograniczają zwiększenie zawartości powietrza w mieszance w wyniku dodatku superplastyfikatora do 2%.

Napowietrzające działanie superplastyfikatora PCP jest między innymi spowodowane zmniejszeniem napięcia powierzchniowego wody w zaczynie przez tę domieszkę (15). Zawartość powietrza wywołana działaniem superplastyfikatora wzrasta wraz ze wzrostem stosunku w/s, podobnie jak ma to miejsce w przypadku domieszki napowietrzającej.

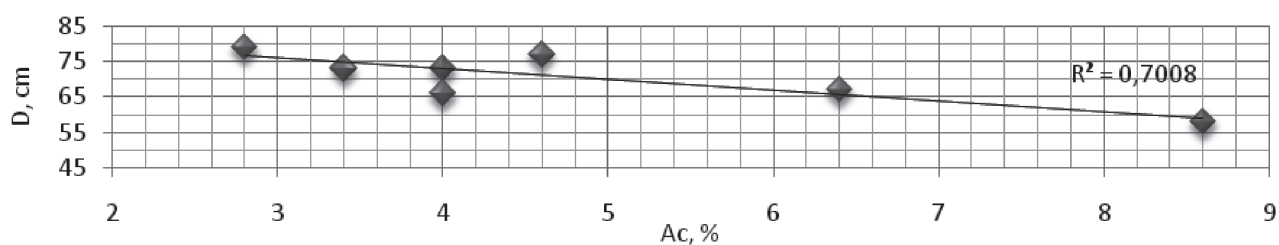
Na podstawie badań Gorzelańczyka (2) można wnioskować, że eter polikarboksyłowy może powodować znaczne napowietrzenie SCC, które jest większe w przypadku większej wartości w/c, i wynosi aż 8,30%. Mieszanka ta wykazała stosunkowo duży rozptył wynoszący 660 mm, co odpowiada klasie SF2 (tablica 1). Pomimo tego nie nastąpiło odpowiednie jej odpowietrzenie. Wyniki doświadczeń Gorzelańczyka (2) są zgodne z wynikami badań Szwabowskiego (15). Wnioski dotyczące napowietrzenia mieszanki w przypadku dodatku eteru poliakarboksyłowego potwierdzają również pomiary za pomocą porozymetrii rtęciowej. Trzeba podkreślić, że zbyt duża zawartość powietrza wystąpiła w mieszance, której rozptył wynosił aż 710 mm. Powstaje zatem uzasadnione pytanie co do przydatności powszechnie stosowanych badań kontrolnych (16), których celem jest ocena właściwości wyróżniających mieszanki samozagęszczalne, w przypadku gdy superplastyfikator wykazuje działanie napowietrzające.

at higher w/c. Such a mixture exhibits relatively high flow diameter, that is 660 mm, corresponding to the class SF2 (Table 1). Despite of this, the mixture is not sufficiently de-aerated. The results of Gorzelańczyk are in good accordance with the results reported in (15). The conclusions relating to the air entrainment in the presence of carboxylate ether are well compatible with the mercury porosity data. One should underline that too high air content was observed in the mixture with flow diameter as high as 710 mm. Therefore, in such a way a question of applicability of the commonly used control tests for classification of SCC mixtures with air entraining superplasticizer appears (16).

2. Detrimental effects of excess air entrainment in SCC

The air entrainment of the mixture can reduce the concrete flow when it is large in the presence of low percentage of superplasticizer (Fig. 1) (6). On the other side the air entrainment can increase the flow in case of the mixture with low fluidity (5). However, with growing dosage of air entraining admixture, the flow diameter of well fluidized mixture is reduced.

Self compacting concrete mixture should exhibit fluidity enabling the spontaneous evacuation of air. The de-aeration is necessary in terms of the concrete strength which is strongly related to the porosity. The pore size is also an important parameter. Large pores, being the consequence of the use of superplasticizer or generated by association of small air bubbles are more dangerous for concrete strength than the small pores introduced with the air entraining admixture (9). The diameters of pores being the consequence of the use of superplasticizer are large (Fig. 2). These pores reduce the strength and the freeze – thaw resistance of concrete as well as they bring about the rise of absorbability (6). Concrete shows fairly good freeze – thaw resistance when the pore diameters are within the range 0,05 to 0,10 mm and the space factor is 0,15 ÷ 0,20 mm respectively. However, the problem of space factor in the frost resistant concrete has been still a subject of discussion (14).



Rys. 1. Wpływ zawartości powietrza na rozpliw samozagęszczalnych mieszanek (6)

Fig. 1. Effect of air content on the flow diameter of SCC mixtures (6)

2. Niekorzystny wpływ dużego napowietrzenia samozagęszczalnej mieszanki i betonu

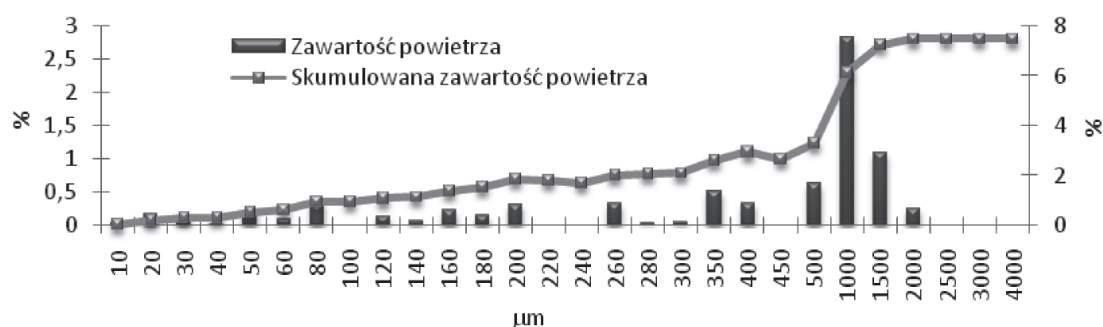
Napowietrzenie mieszanki może powodować zmniejszenie jej rozpliwu, gdy był on duży przy małym dodatku superplastyfikatora (rysunek 1) (6). Napowietrzenie może także początkowo zwiększać rozpliw, gdy mieszanka miała pierwotnie małą płynność (0). Zwiększenie dodatku domieszki napowietrzającej powoduje jednak zmniejszenie średnicy rozpliwu upłynnionej już dostatecznie mieszanki.

Samozagęszczalna mieszanka betonowa powinna mieć taką płynność, by wydzielanie powietrza następowało samorzutnie. Celowość odpowietrzenia jest oczywista, jeżeli uwzględni się wytrzymałość betonu, na który największy wpływ ma porowatość. Duże znaczenie ma także wielkość porów. Większe pory, na przykład wywołane wpływem superplastyfikatora lub spowodowane łączeniem się mniejszych pęcherzyków powietrza, prowadzą do większego spadku wytrzymałości betonu niż mniejsze pory, wywołane działaniem domieszki napowietrzającej (0). Natomiast wymiary porów powstających w wyniku działania superplastyfikatora są zwykle duże (rysunek 2). Powoduje to zmniejszenie wytrzymałości i odporności na mróz betonu i zwiększa jego nasiąkliwość (0). Beton ma dobrą odporność na cykliczne zamrażanie i rozmrażanie, gdy średnice porów powietrznych wynoszą od 0,05 do 0,10 mm a ich rozstaw mieści się w zakresie 0,15 ÷ 0,20 mm. Jednak zagadnienie krytycznej wartości rozstawu porów w betonie odpornym na mróz jest nadal przedmiotem dyskusji (0).

Nadmierna zawartość powietrza w betonie powoduje znaczne obniżenie wytrzymałości, gdyż wytrzymałość betonu jest przede wszystkim funkcją objętości zawartych w nim pustek. Objętość porów w betonie zmniejsza wyraźnie jego wytrzymałość; 5%

The strength of concrete is reduced significantly in the presence of excess air, because this parameter is strongly related to the volume of voids in concrete. At 5% porosity the strength can be reduced of about 30% of reference value; even at 2% the strength decrease can be higher than 10% (9). This is in good agreement with the Feret's rule in which the strength of concrete is the function of water and air volumes in hardened material. There are the data of Fagerlund reported in the work (3) and showing the 20% strength decrease, as well as the 5% reduction of the elasticity modulus and 20% lowering of abrasion resistance (3) observed with the increasing air content in HPC from 2% to 5%. The other studies of this author (3) reveal that the 4% air entrainment by superplasticizer results in the 24% strength reduction in case of SCC produced at $w/c=0,4$, in comparison with the reference sample with no air.

As it has been found in many experiments some new generation of superplasticizers give significant air entraining effect and the lowering of some parameters while the mixture itself shows good other practical properties. However, it is not possible to deduce, from the data produced as a result of commonly known testing procedures, the fluidity needed for the spontaneous de-aeration. The criteria given in Tables 1 and 2 are not sufficient and do not guarantee the efficient de-aeration of the mixture. The higher dosage of superplasticizer is required to attain the de-aeration, however this can result in the segregation. In order to prevent the excess air entrainment it is necessary to apply the superplasticizers well compatible with cement and, last but not least, giving no additional air entrainment. It is also useful to take into account some anti - foaming agents. The latter ones are not commonly used in practice and their effect on the properties of the mixture and hardened concrete have not been well recognized. Therefore in this paper the role of these anti - foaming admixtures is exami-



Rys. 2. Charakterystyka porowatości SCC (6)

Fig. 2. Porosity characteristics of SCC (6)

zawartości porów może zmniejszyć wytrzymałość: aż o 30%, a nawet 2% porów może spowodować spadek wytrzymałości większy niż 10% (0). Jest to oczywiście zgodne ze wzorem Féreta, uzależniającym wytrzymałość od sumy objętości wody i powietrza w stwardniałym zaczynie. Autorka publikacji (0) przytacza wyniki badań Fagerlunda, który wykazał, że zwiększenie napowietrzenia HPC z 2% do 5% powoduje obniżenie wytrzymałości na ściskanie o 20%, zmniejszenie modułu sprężystości o 5%, a ścieralności o około 20%. Z badań autorki wynika, że czteroprocentowe napowietrzenie spowodowane przez superplastyfikator powoduje zmniejszenie wytrzymałości betonu aż o 24%, w przypadku SCC o $w/c=0,4$, w stosunku do betonu nie zawierającego powietrza.

Jak wynika z wielu doświadczeń niektóre superplastyfikatory nowej generacji wywołują duże napowietrzenie mieszanki: pozostaje ono w betonie powodując pogorszenie jego właściwości, przy czym sama mieszanka wykazuje dobre właściwości technologiczne. Natomiast potrzebna do jej samorzutnego odpowietrzenia odpowiednia płynność nie znajduje odzwierciedlenia w żadnej z powszechnie stosowanych metod oceny właściwości mieszanki samozagęszczalnej. Ustalone kryteria oceny (tablice 1 i 2) są w tym zakresie niewystarczające i dobry wynik nie zapewniają skutecznego odpowietrzenia mieszanki. Zapewnienie odpowietrzenia wymaga zwiększenia dodatku superplastyfikatora, co może jednak powodować segregację mieszanki. W celu zapobieżenia zbyt dużemu napowietrzeniu należy w pierwszej kolejności stosować superplastyfikatory nie tylko kompatybilne z cementem, ale także nie wywołujące napowietrzenia mieszanki. Można również stosować domieszki zapobiegające powstawaniu „piany”, czyli pęcherzyków powietrza. Domieszki te nie są jednak powszechnie stosowane w praktyce budowlanej i nie jest dobrze poznany ich wpływ na właściwości mieszanki ani stwardniałego betonu. W związku z tym autorka podjęła badania mające na celu wyjaśnienie wpływu domieszek przeciwdziałających powstawaniu piany - zwane popularnie przeciwpieniącymi - na napowietrzenie, właściwości reologiczne i stabilność samozagęszczalnej mieszanki betonowej, także w zależności od czasu ich wprowadzania.

3. Domieszki przeciwdziałające powstawaniu piany

Szczegółowy skład domieszek przeciwdziałających powstawaniu piany (AFA), podobnie jak w przypadku superplastyfikatorów, jest znany jedynie ich wytwórcy. W skład tych domieszek mogą wchodzić oleje mineralne, oleje silikonowe, silikony modyfikowane organicznie, hydrofobowe cząsteczki stałe (krzemionka, woski, mydła wyższych kwasów tłuszczowych), emulgatory, polialkohole i alkoksylowane pochodne związków organicznych (0). Niestety, szerszemu zastosowaniu domieszek przeciwpieniących nie sprzyja ich wysoka cena oraz mało poznany wpływ na właściwości mieszanki betonowej i betonu.

Badania prowadzone przez autorkę wykazały, że domieszka przeciwpieniąca zmniejsza napięcie powierzchniowe wody, przy czym jest ono znacznie mniejsze niż w przypadku roztworu wodnego

ned. The following topics are included: air entrainment, rheological properties, stability of the self compacting concrete mixture. The time of dosage is also considered.

3. Anti - foaming admixtures

As it is in the case of the other superplasticizers, the details of the chemical composition of anti-foaming admixtures [AFA] are reserved by the producer. The following groups of chemical compounds: mineral oils, silicone oils, modified silicones, hydrophobic species with solid particles (silica, waxes, soaps of fatty acids), emulsifiers, polyalcohols, alcoxylated derivatives of organic species are the components potentially occurring in these admixtures (16). Unfortunately, their use is rather limited because of the high costs and the poorly known effect on the properties of the mixture and hardened concrete.

It has been found that the anti - foaming admixture reduces the surface tension of water; this is substantially lower than in the case of the water solution of superplasticizer and only a little lower than in the presence of both anti-foaming admixture and superplasticizer [Fig. 3].

The following mechanism is observed when the anti-foaming admixtures are used: the active components of the admixture surround the bubble and counteract the effect of surfactant. The thickness of the surfactant layer around the air bubble is thus reduced and, as a consequence, the small bubbles are destabilized; they crack or join together with the formation of the bigger ones (Figs 4 and 5).

In this research project the studies were carried out with aim to elucidate the effect of anti - foaming admixtures on the air entrainment and the properties of the self compacting mixture and hardened concrete.

4. Methods

The composition of the self compacting concrete mixtures is given in Tables 4 and 5. The production of the mixtures was commenced by mixing of dry components (about 0,5 min.), then the water was added; the superplasticizer was dissolved in this process water. In the case of the mixtures A2, B2, B3, and C2, the anti - foaming admixture on the basis of polyalcohols was introduced at the end of mixing (the AFA admixture was added to the B3 sample after 20 min.; see Table 4) and all the components were mixed together for 6 min. (ordinary concrete) or for 12 min. (self compacting concrete). The ready mixture was conditioned in the mixer for further 15 min. After this it was shortly mixed again and subjected to the rheological measurements and the determination of entrained air [before the measurements of air content, the mixture was conditioned 10 min. in the container].

The air content was determined according to the PN-EN 12350-7 standard, the density was measured according to the PN-EN 12350-6, the flow and flow time – following the ASTM C 143. All

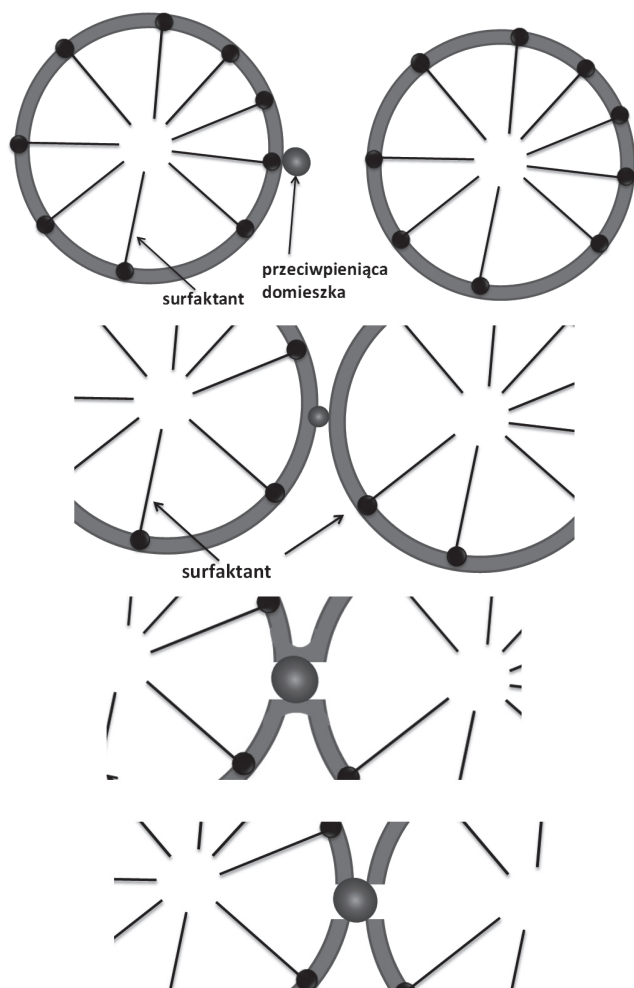


Rys. 3. Wpływ rodzaju domieszki na napięcie powierzchniowe wody

Fig. 3. Effect of the type of admixture on the surface tension of water

superplastyfikatora i nieznacznie mniejsze niż domieszki przeciwpieniącej i superplastyfikatora (rysunek 3).

Mechanizm działania domieszek przeciwpieniących wyjaśnia się następująco: składniki aktywne domieszki gromadzą się wokół pęcherzyka gazu, wypierając cząsteczki środka powierzchniowo czynnego. W efekcie maleje grubość warstwy środka powierzchniowo czynnego wokół bąbelków powietrza, powodując ich destabilizację, pękanie lub łączenie z innymi, z utworzeniem większych bąbelków (rysunki 4 i 5).



Rys. 4. Mechanizm działania domieszek przeciwpieniących (10)

Fig. 4. Mechanism of the action of anti - foaming admixtures (10)

W celu wyjaśnienia nieznanego szerzej wpływu domieszek przeciwpieniących na napowietzenie i właściwości samozagęszczalnej mieszanki oraz betonu podjęto badania, które są treścią niniejszego artykułu.

the experiments were carried out in the temperature 20°C; this is important because of the effect of temperature on both the rheological properties and air content.

The effectiveness of any anti - foaming admixture, considered as a function of its nature (see Table 6) and the presence of strongly air entraining superplasticizer, was evaluated basing upon the standards PN-EN 1015-3:2000/A2:2007 and PN-EN 1015-7:2000 respectively. The composition of mortars (Table 6) corresponds to the composition of the mortars used in the production of concrete mixture A1 (Table 4). The number accompanying the Z symbol (first column, Table 6) means the type of superplasticizer (taken from Table 5). The letter corresponds to the type of anti-foaming admixture (the right column in Table 6).

The production of mortar samples started from the mixing of dry components; the superplasticizer and anti - foaming admixture were added as a second step (Table 6). The following commercial admixtures, listed according to the basic component, were taken into account:

- silicone oil + hydrofobized silica
- mineral oil and amide wax,
- alcoxylate derivative of saturated fatty oil, mineral oil and wax,
- oxyalkylene derivative of saturated fatty alcohol + mineral oil + amide wax,
- alcoxylene derivative of saturated fatty alcohol, 100%,
- polyalcohols.

The mixing procedure was carried out according to the standard PN-EN 197-1/2002. The air content and flow diameter was determined after 20 min., assuming that at this time the effect of superplasticizer was visible. The other procedure was applied in case of the mortar Z without SP (Table 6). This mortar was placed as the three layers in the container of the air content testing device; every layer was consolidated on the jolting table during the 60 joltings. In order to assess the effect of AFA on the loss of workability, the spread of all the mortars vs. time was measured, after 20 min. and 50 min. from the mixing with water respectively.

5. Results and discussion

The results of the investigations are given in table 7. The number accompanying the letter M is attributed to the type of SP, according to the table 5.

4. Metody badań

Skład próbek samozagęszczalnych betonów podano w tablicach 4 i 5. Proces przygotowania mieszanki rozpoczynano od mieszania suchych składników (około 0,5 min), a następnie dodawano wodę, w której rozpuszczono uprzednio superplastyfikator. Przy końcu procesu mieszania w przypadku mieszanki A2, B2, B3, i C2, dodawano jednego rodzaju domieszki przeciwpieniącej na bazie polialkoholi (do mieszanki B3 domieszki wprowadzono po 20 min, tablica 4) i wszystkie składniki mieszano jeszcze przez 6 min, w przypadku betonu zwykłego, lub 12 min, w przypadku betonu wysokowartościowego. Następnie mieszankę pozostawiano w mieszarce w spoczynku przez 15 min. Po upływie tego czasu mieszankę poddawano powtórnemu, krótkiemu wymieszaniu, po czym przeprowadzono pomiary reologiczne i sprawdzano zawartość powietrza w mieszance (przed pomiarem pozostawała ona przez 10 min w spoczynku w pojemniku do pomiaru zawartości powietrza)

Zawartość powietrza określano zgodnie z normą PN-EN 12350-7, gęstość mieszanki oznaczano według PN-EN 12350-6, natomiast rozplływ i czas rozplwy według ASTM C 143. Wszystkie badania samozagęszczalnych mieszanek betonowych wykonywano w temperaturze 20°C, co ma duże znaczenie, gdyż temperatura - jak wiadomo - wpływa zarówno na właściwości reologiczne mieszanki, jak i na zawartość w niej powietrza.

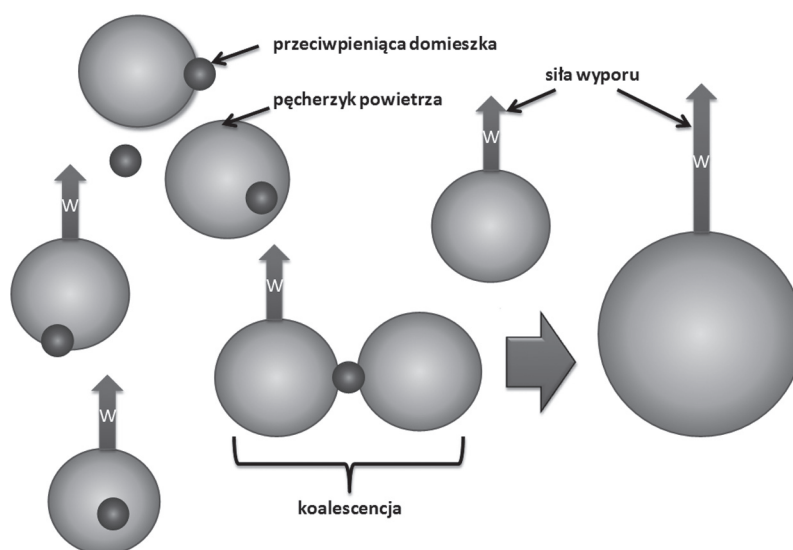
Tablica 4 / Table 4

SKŁAD SAMOZAGĘSZCZALNYCH BETONÓW
COMPOSITION OF SELF COMPACTING CONCRETES

Beton Sample notation	Rodzaj cementu Type of cement	Ilość cementu Mass of cement	Pył krzemionkowy Silica fume	w/s	W/s W = woda dodana + wprowadzona z domieszką water with admixture	Piasek Sand	Kruszywo żwirowe, otoczkowe Gravel aggregate				SP*	AFA**
							kg/m ³					
							0-2	2-4	2-8	8-16		
A1	CEM III/A 32,5N - LH/HSR/ NA	541	0	0,40	0,41	890	200	228	256	0,76	0,00	
A2												0,42
B1				0,31	900			221		1,00	1,00****	
B2				0,32								
B3	0,32											
C1	CEM I 42,5R	487	54	0,23	0,41	680***	0	0	5,50	0,00		
C2											0,45	6,18
M1 do/to M 15	CEM II B-S 32,5 R	541	0	0,40	0,41	890	200	228	256	0,76	0,00	

* superplastyfikator polikarboksylowy, ** domieszka przeciwpieniąca złożona z modyfikowanych polialkoholi, *** kruszywo łamane, sjenit, **** AFA dodano 20 min po SP

* polycarboxylate superplasticizer, ** anti-foaming admixture composed of modified polyalcohols, *** crushed aggregate, syenite, **** AFA added after 20 min. after SP



Rys. 5. Mechanizm działania domieszek przeciwpieniących (10)

Fig. 5. Mechanism of the action of anti - foaming admixtures (10)

The effect of the percentage and type of SP on the flow parameters is given in Fig. 6; in Fig. 7 there is a relationship between the flow diameter, type of SP and air content illustrated. One should remember that the admixtures are composed, beside of the main, base components, of many other substances affecting both the air entrainment and flow parameters. Nevertheless, these data are useful because they can be related to the commercially available concrete admixtures.

As one can conclude from the results (Fig. 6), the melamine, sulfonated naftalene and sulfonated melamine superplasticizers has the poor impact and this is not surprising. Higher effectiveness can be

Tablica 5 / Table 5

RODZAJ I ILOŚĆ SUPERPLASTYFIKATORA W ZAPRAWACH (TABLICA 6) I MIESZANKACH (TABLICA 7)

TYPE AND PERCENTAGE OF SUPERPLASTICIZER IN THE MORTARS (TABLE 6) AND CONCRETE MIXTURES (TABLE 7)

Symbol Sample notation	Baza chemiczna podana przez producenta Chemical base as given by the producer	SP*, % masy cementu by mass of cement
1	Sulfonowany polikondensat naftalenowy/lignosulfonian sodu/hydrolizat skrobiowy Sulfonated naftalene polycondensate/sodium lignosulfonate /hydrolized starch	1,48
2	Sulfoniany naftalenowe i melaminowe Naftalene and melamine sulfonates	1,72
3	Akrylany/ Acrylates	0,77
4	Modyfikowane fosforany/Modified phosphates	0,77
5	Polikarboksylany i modyfikowane fosforany Polycarboxylates and modified phosphates	0,77
6	Melaminy/ Melamines	1,85
7	Zmodyfikowane polinaftaleny/ Modified polynaftalenes	1,09
9	Żywica naftalenoformaldehydowa/ Naftalene formaldehyde resin	1,25
12	Politlenek polikarboksylanu/ Polycarboxylate polyoxide	0,77
13	Etery polikarboksylowe/ Polycarboxylate ethers	0,77
14	Etery polikarboksylowe (inny rodzaj niż 13) Other polycarboxylate ethers	0,56
15	Polikarboksylaty eterowe**/ Polycarboxylate ethers **	0,16

* jest to skład przybliżony ograniczony do głównych składników, gdyż dokładny skład jest zastrzeżony przez producenta, **postać stała, proszkowa

* this is the approximated composition, including main components; details are reserved for producer, **in solid, powder form

Skuteczność działania domieszki przeciwpieniącej, w zależności od jej rodzaju (tablica 6) i silnie napowietrzającego superplastyfikatora oceniano na podstawie rozplywu i napowietrzenia zaprawy odpowiednio według PN-EN 1015-3:2000/A2:2007 i PN-EN 1015-7:2000. Skład zapraw (tablica 6) odpowiadał składowi zaprawy użytej w mieszance betonowej A1 (tablica 4). Liczba przy symbolu Z (kolumna pierwsza, tablica 6) odpowiada symbolowi zastosowanego superplastyfikatora (tablica 5). Natomiast litera oznacza rodzaj domieszki przeciwpieniącej (odpowiedni symbol w ostatniej kolumnie tablicy 6).

Proces mieszania składników zaprawy rozpoczynano od wymieszania suchych składników, po czym dodawano superplastyfikator a następnie domieszkę przeciwpieniącą (tablica 6). Do badań wybrano domieszki dostępne w ofercie handlowej, to jest domieszki których bazę stanowią:

- olej silikonowy + krzemionka hydrofobizowana,
- olej mineralny i wosk amidowy,
- alkoksyłowa pochodna nasyconego alkoholu tłuszczowego, olej mineralny i wosk,
- oksyalkilenowa pochodna nasyconego alkoholu tłuszczowego, olej mineralny i wosk amidowy,
- alkoksyłowa pochodna alkoholu tłuszczowego, 100%,
- polialkohole.

observed in case of modified phosphates, sulfonated naftalene polycondensates with sodium lignosulfonates and hydrolyzed starch. The addition of 1.25% formaldehyde resin superplasticizer or 1.1% polynaftalene based one reduces the flow diameter. The acrylate based and phosphate modified superplasticizer affect the flow of mixture more effectively. The polycarboxylate and polycarboxylates with modified phosphates superplasticizers give best effects.

As one can see in Fig. 6, the melamine and naftalene superplasticizers have, as one could expect, a poor influence on the fluidization of the self compacting mixture. There is also no excess air entrainment, in spite of the relatively low spread. On the other side, in the presence of the polynaftalene based superplasticizer the air content is 4% at low spread of the mixture. For the naftalene – formaldehyde based admixture the air content was as high as 7%.

The acrylate superplasticizer reveals the strongest action as an excess air entraining agent among the superplasticizers giving the flow diameter over 60 cm. In the presence of the complex admixtures based on the modified phosphates, sulfonated naftalene polycondensates, sodium lignosulfonate, as well as the hydrolyzed starch, the excess air entraining is not observed, though the flow diameter of the mixture is also larger than 60 cm. The poor undesired effect of excess air entrainment (Fig. 7), together with the best fluidification of the mixture, should be attributed to the polycarboxylate and modified phosphate based admixture (Fig.

Tablica 6 / Table 6

SKŁAD ZAPRAW

COMPOSITION OF MORTARS

Zaprawa Mortar no	Rodzaj cementu Type of cement	Ilość cementu, Cement content kg/m ³	w/s	W/s W = woda dodana + wprowadzona z domieszką water with admixture	Piasek Sand	SP, % masy cementu by mass of cement	AFA, % masy cementu by mass of cement	Symbol i odpowiadający mu rodzaj AFA* Symbol and type of AFA*	
					kg/m ³				
Z13	CEM II B-S	541	0,40	0,40	890	0,77	0,00	-	
Z13-a				0,40		0,00	0,00	-	
Z13-a1				0,42		0,77	2,21	2,21	a – olej silikonowy + krzemionka hydrofobizowana
Z13-b							4,42		
Z13-c							2,21	2,21	c – alkoksylowa pochodna nasyconego alkoholu tłuszczowego, olej mineralny i wosk
Z13-d							2,21		
Z13-d1							4,42	2,21	d – oksyalkilenowa pochodna nasyconego alkoholu tłuszczowego, olej mineralny i wosk amidowy
Z13-d2							1,11		
Z13-e							2,21	2,21	e – alkoksylowa pochodna alkoholu tłuszczowego, 100%
Z13-f							2,21		
Z12-a							0,77	2,21	a – oksyalkilenowa pochodna nasyconego alkoholu tłuszczowe- go, olej mineralny, wosk PE i wosk amidowy
Z14							0,41	0,56	0,0
Z14-a				0,41		0,56	2,21	a – oksyalkilenowa pochodna nasy- conego alkoholu tłuszczowego, olej mineralny, wosk PE i wosk amidowy	

* jest to skład przybliżony ograniczony do głównych składników, gdyż dokładny skład jest zastrzeżony przez producenta

* this is the approximated composition, including main components; details are reserved

Mieszanie składników zapraw przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 197-1/2002. Po upływie 20 min oznaczano napowietrzenie i rozplływ zaprawy, wychodząc z założenia, że po tym czasie zaznaczy się już wyraźnie wpływ superplastyfikatora. Inną metodę badań zastosowano w przypadku zaprawy Z nie zawierającej SP (tablica 6). Zaprawę tę układano w trzech warstwach w pojemniku stanowiącym część aparatu do pomiaru zawartości powietrza i zagęszczano każdą z nich stosując 60 wstrząsów na stoliku wstrząsowym. W celu oceny wpływu AFA na utratę urabialności zmierzono rozplływ wszystkich badanych zapraw w zależności od czasu po 20 min i 60 min, licząc od czasu wymieszania składników.

5. Wyniki badań i ich dyskusja

Wyniki badań samozagęszczalnych mieszanek podano w tablicy 7. Numer przy symbolu M oznacza rodzaj zastosowanego SP (tablica 5).

Na rysunku 6 pokazano wpływ ilości i odzaju SP na rozplływ mieszanek, a na rysunku 7 przedstawiono zależność rozplwyu mie-

6). This superplasticizer is undoubtedly the most advantageous in application. On the other side, when the polycarboxylate based admixture is applied without the phosphates, the excess air entrainment takes place.

The results shown in Fig. 7 and 8 ÷ 10 prove the accessory effect dealing with some superplasticizers. The A1, B1 and C1 mixtures (with no anti-foaming agent) show too high air entrainment, though they meet the flow requirements (Tables 1 and 2). The anti-foaming admixtures are effective in reducing the air entrainment, as it can be seen in case of the A2, B2, B3 and C2 mixtures; the results are shown in Fig. 8. As it has been proved in the other our experiments, in case of the intensively air entraining superplasticizers it is possible to reduce even stronger the air entrainment, than it is shown in Fig. 8.

The use of anti-foaming admixtures is bound to the other substantial advantage; that is the increase of flow diameter (Fig. 12), as well as the reduction of the flow time are found (Fig. 8). Moreover, the initial consistency changes slowly, as it should be derived

szanki od rodzaju superplastyfikatora i jej napowietrzenia. Należy zaznaczyć, że superplastyfikatory oprócz podanej bazy zawierają różne domieszki, które mają duży wpływ zarówno na napowietrzenie jak i rozptył mieszanki betonowej. Niemniej jednak przedstawione wyniki podano w celu poznania wpływu rodzaju dostępnego w ofercie handlowej superplastyfikatora na rozptył i napowietrzenie samozagęszczalnej mieszanki betonowej.

Analiza wyników badań zamieszczonych na rysunku 6 prowadzi do następujących wniosków. Najmniejszy wpływ wykazują superplastyfikatory na bazie melaminy oraz sulfonionów naftalenowych i melaminowych, co nie jest zaskakujące. Stosunkowo większą efektywność wykazują superplastyfikatory na bazie modyfikowanych fosforanów i sulfonowanych polikondensatów naftalenowych z dodatkiem lignosulfonionów sodu i hydrolizatów skrobiowych. Dodanie 1,25% superplastyfikatorów na bazie żywicy formaldehydowej lub 1,1% na bazie polinaftalenów powoduje mniejszy rozptył mieszanki. Większy wpływ na rozptył mieszanki, przy zastosowanej małej ilości domieszki, wykazują superplastyfikatory na bazie akrylanów i modyfikowanych fosforanów. Największą

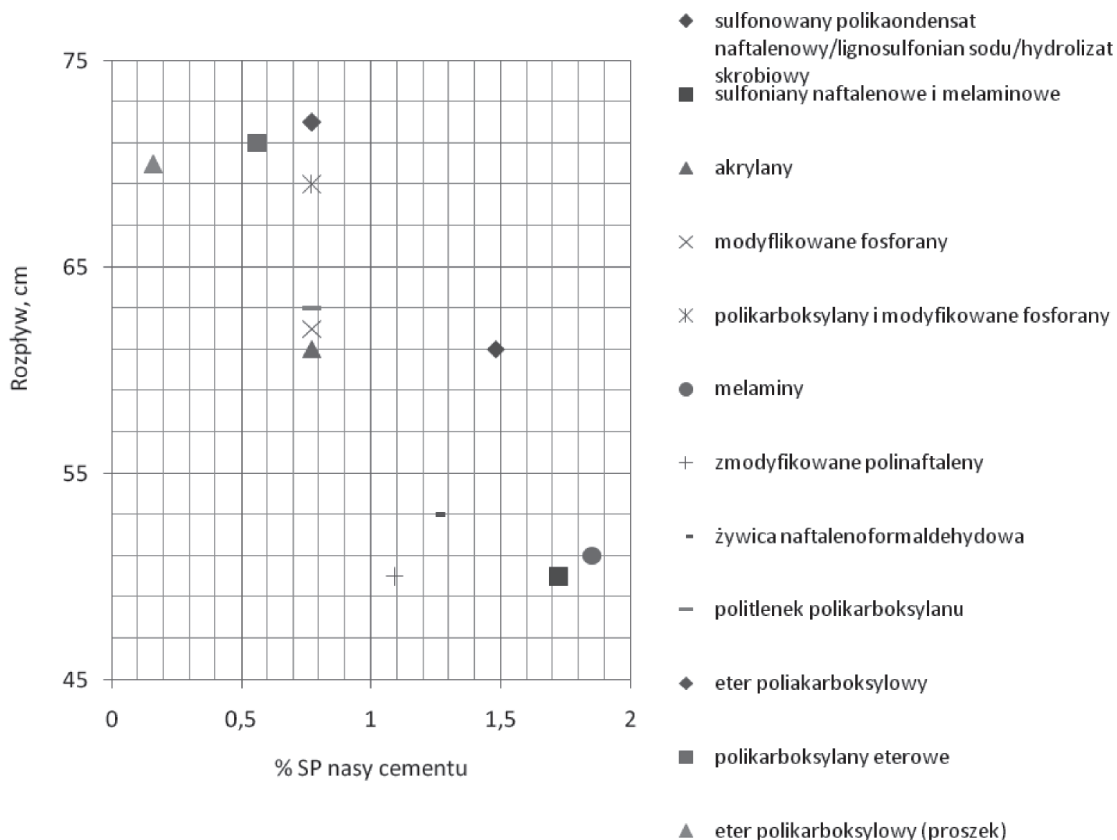
Tablica 7 / Table 7

WYNIKI BADAŃ WŁAŚCIWOŚCI MIESZANEK
THE PROPERTIES OF MIXTURES

Mieszanka Mixture	SP	Zawartość powietrza Air content Ac	Średnia D Diameter D	Średni czas Mean flow t50	Gęstość mieszanki Density of mixture
	%m.C.	%	mm	sek.	kg/m ³
M1	1,48	2,6	61	3	2,318
M2	1,72	3,0	50	3	2,328
M3	0,95	5,6	61	3	2,257
M4	0,95	2,9	62	3	2,288
M5	0,95	2,5	69	2	2,283
M6	1,85	2	51	4	2,295
M7	1,09	4,2	50	5	2,263
M9	1,25	7,0	53	3	2,188
M12	0,95	4,0	63	3	2,270
M13	0,95	9,0	72	6	2,121
M14	0,69	1,5	71	5	2,309
M15	0,20	0,9	70	4	2,319

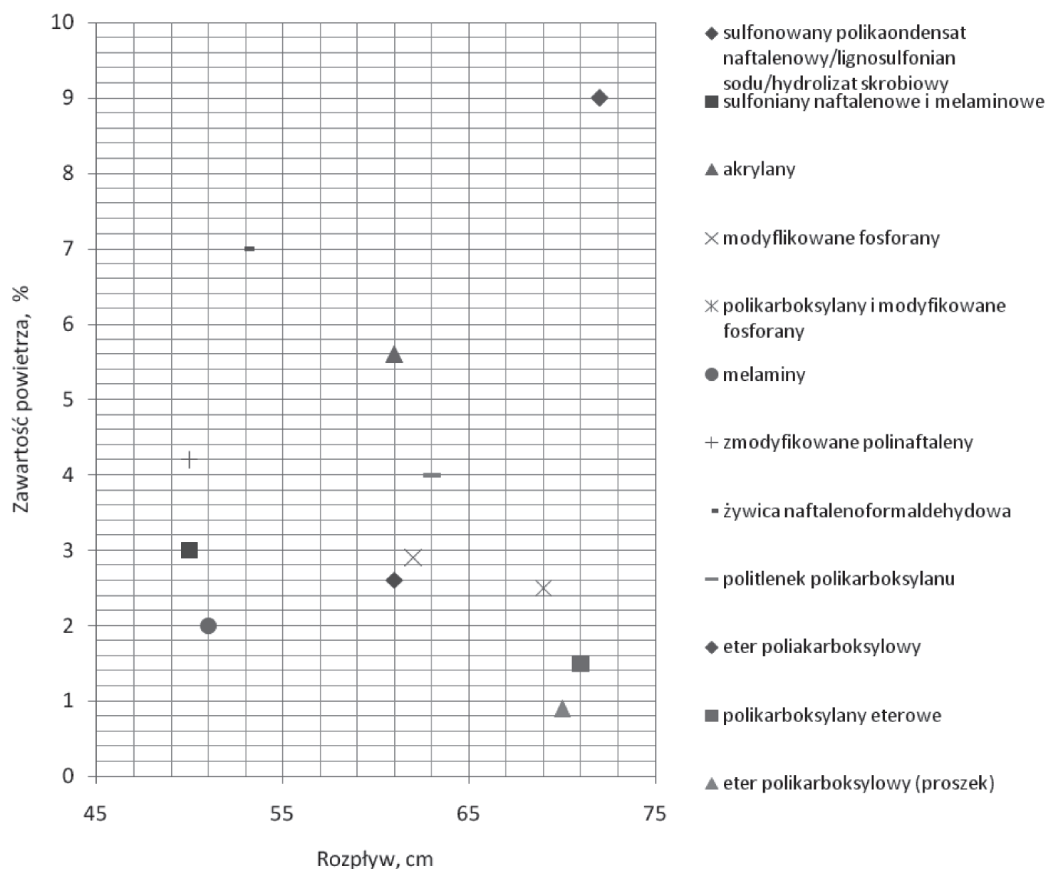
from the recent experiments. One should express that there is no segregation, in spite the short flow time and lower viscosity. On the contrary, the mixtures with the anti-foaming admixtures exhibit stable properties.

As one could conclude from the data illustrated in Fig. 11 the air content is reduced with increasing w/c and in the presence of



Rys. 6. Wpływ ilości i rodzaju superplastyfikatora na rozptył mieszanki

Fig. 6. The effect of the dosage and type of SP on the flow diameter of concrete mixtures



Rys. 7. Wpływ wielkości rozptywu mieszanki na zawartość powietrza w zależności od rodzaju i ilości zastosowanego superplastyfikatora

Fig. 7. The air content as a function of flow diameter at different type and dosage of superplasticizer

skutecznością wyróżniają się superplastyfikatory na bazie polikarboksylanów oraz tych ostatnich z dodatkiem modyfikowanych fosforanów.

Wyniki zamieszczone na rysunku 6 pokazują, że superplastyfikatory melaminowe i naftalenowe, tak jak się tego można było spodziewać, mają mały wpływ na upłynnienie samozagęszczalnej mieszanki. Nie powodują także nadmiernego napowietrzenia mieszanki betonowej, mimo że rozptyw mieszanki z ich dodatkiem jest stosunkowo mały. Natomiast w przypadku superplastyfikatora na bazie polinaftalenów zawartość powietrza wyniosła aż 4%, przy małym rozptywie mieszanki. W przypadku superplastyfikatora na bazie żywicy naftalenoformaldehydowej napowietrzenie wyniosło aż 7%.

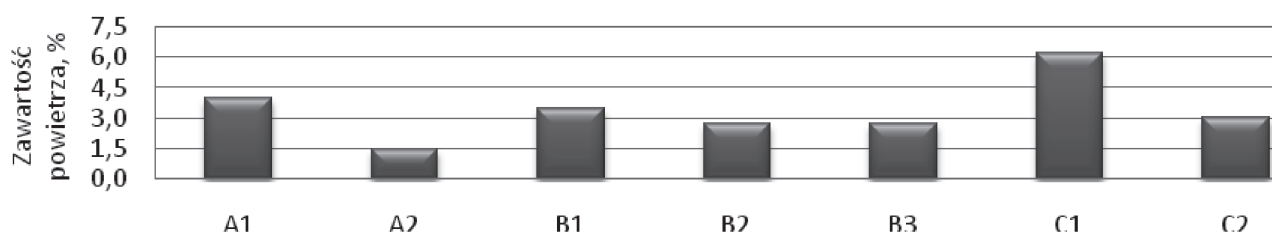
W przypadku superplastyfikatorów, które zapewniały rozptyw mieszanki przekraczający 60 cm, superplastyfikator akrylanowy wyróżnia się największym ubocznym działaniem w postaci nadmiernego napowietrzenia mieszanki. Superplastyfikatory złożone; na bazie modyfikowanych fosforanów i sulfonowanych polikondensatów naftalenowych i lignosulfonianowych sodu, a także hydrolizatów skrobiowych nie spowodowały nadmiernego napowietrzenia, pomimo że rozptyw mieszanki był także większy od 60 cm. Najmniejszym działaniem ubocznym w postaci nadmiernego napowietrzenia mieszanki (rysunek 7) oraz największym stopniem upłynnienia tej mieszanki (rysunek 6) wyróżnia się superplastyfikator na bazie polikarboksylanów i modyfikowanych fosforanów. Niewątpliwie jest to najkorzystniejszy superplastyfikator spośród

anti-foaming admixture. It has been mentioned earlier that the superplasticizer reveals the air entraining effect as the w/c becomes higher; it means that the higher effectiveness of the anti-foaming admixture with w/c is really advantageous.

The effect of the anti-foaming admixture on the time of flow does not depend upon the w/s as one can see in fig. 12; however, the w/c ratio has a great impact on the flow diameter of the mixture with AFA (see Fig. 13). At lower w/s the effect of admixture on the flow diameter is more evident, as it has been found in the case of superplasticizer which give the best fluidization at low w/c.

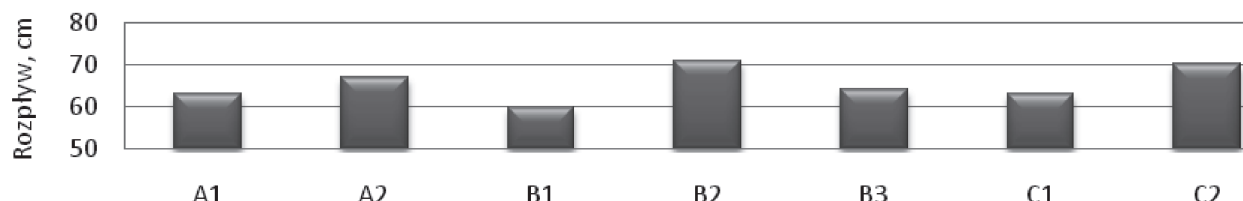
At the simultaneous application of anti-foaming admixture, the dosage of superplasticizer can be reduced, because of the fluidification effect. Finally, one can produce the self compacting concrete mixture of similar consistency and with good air entrainment.

The results shown in Figs 14÷16 are related to the effect of time in which the anti-foaming admixture is introduced to the concrete mixture. In one case AFA was added immediately after the application of superplasticizer, in the other one – 20 min. after the mixing process with superplasticizer has started. As one can see in Fig. 14, this different procedures, as the dosage of SP and AFA is concerned, have no effect on the reduction of air entrainment - it is therefore possible to introduce AFA with or without superplasticizer. The first variant - when we suspect "a priori" that the superplasticizer gives a significant air entrainment, the second one - when the air content in the mixture is found too high in the presence of superplasticizer.



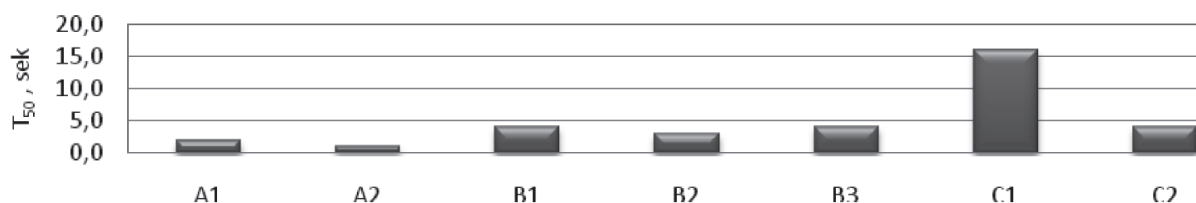
Rys. 8. Zawartość powietrza w mieszankach samozagęszczalnych

Fig. 8. Air content in the self compacting concrete mixtures



Rys. 9. Średnica rozplywu mieszanek samozagęszczalnych

Fig. 9. Flow diameter in the self compacting concrete mixtures



Rys. 10. Czas rozplywu t_{50} mieszanek samozagęszczalnych

Fig. 10. Flow time t_{50} in the self compacting concrete mixtures

badanych. Natomiast w przypadku superplastyfikatora na bazie polikarboksylanów, bez dodatku fosforanów, występuje efekt nadmiernego napowietrzenia mieszanki.

Wyniki badań przedstawione na rysunku 7, a także na rysunkach 8 ÷ 10, świadczą o ubocznym efekcie działania niektórych rodzajów superplastyfikatorów. Mieszanki A1, B1 i C1 (nie zawierające domieszki przeciwpieniącej) wykazywały zbyt duże napowietrzenie, pomimo że spełniały kryteria rozplywu (tablice 1 i 2). Skutecznym sposobem obniżenia zawartości powietrza jest stosowanie domieszek przeciwpieniących, o czym świadczą wyniki badań mieszanek A2, B2, B3 i C2 pokazane na rysunku 8. Inne badania autorki dowiodły, że w przypadku intensywnie napowietrzających superplastyfikatorów możliwe jest jeszcze większe zmniejszenie napowietrzenia mieszanek, niż przedstawione na rysunku 8.

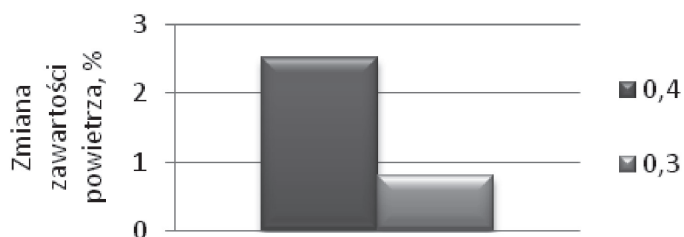
Korzyścią, jaką uzyskujemy dzięki stosowaniu domieszek przeciwpieniących jest duże zwiększenie rozplywu mieszanki (rysunek 12) i - co ma duże znaczenie - w krótszym czasie (rysunek 8). Ponadto w przypadku mieszanek z tą domieszką znacznie wolniej następuje pogorszenie jej początkowej konsystencji, jak tego dowiodły ostatnie badania autorki. Należy zaznaczyć, że pomimo krótszego czasu rozplywu, a więc mniejszej lepkości mieszanki, nie stwierdzono objawów segregacji. Przeciwnie, mieszanki zawierające domieszkę przeciwpieniącą wykazywały stabilne właściwości.

In the other series of experiments it appeared that it was not possible to carry out the air entrainment in the mixture with the anti-foaming admixture. Therefore the anti-foaming admixtures should not be used in the concrete mixtures which must be air entrained.

On the other side these experiments reveal that the time of anti-foaming admixture addition has a significant influence on the flow diameter (Fig. 15) and time of flow (Fig. 16). The anti-foaming admixture should be introduced as soon as possible to maintain the fluidity of the mixture.

In Tables 8 and 9 the properties of mortars are presented. The air content in the mortar Z without SP, compacted on jolting table, is 4%. The air content rise to the 12% is found after the dosage of superplasticizer giving an air entraining effect. These both mortars were taken as reference materials in the assessment of AFA effect. The data for the samples Z13a – Z13f show that the AFA with the polyalcohols, as the base components, are the best modifiers, as the air entrainment and the rheological properties of the self compacting concrete mixtures are concerned. The comparison between the properties of mortars Z13-d and Z12 leads to the conclusion that the type of superplasticizer is also of great importance.

The effect of the anti-foaming admixture depends on the percentage in the mixture; after some threshold value there is no further



Rys. 11. Wpływ w/s na zmniejszenie napowietżenia samozagęszczalnej mieszanki betonowej pod wpływem dodatku AFA

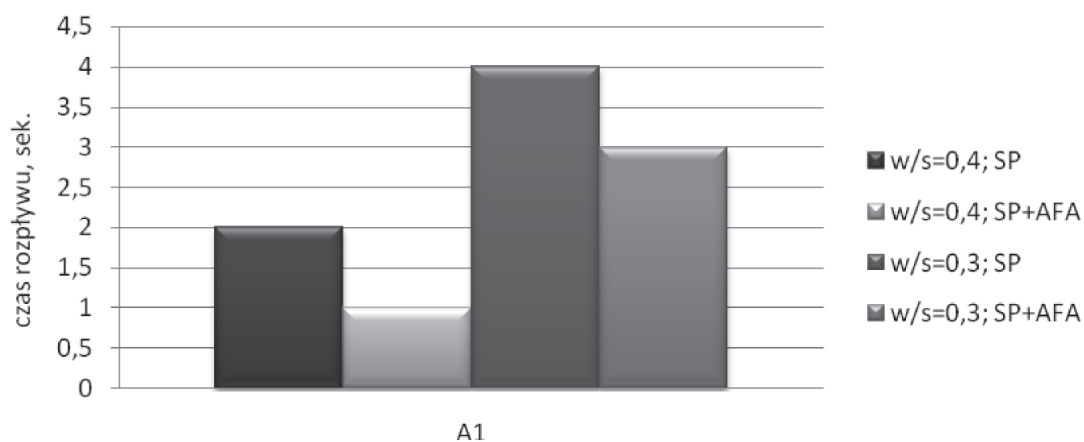
Fig. 11. Effect of w/s on the reduction of air entrainment in SCC mixture with AFA

Jak wykazują wyniki badań przedstawione na rysunku 11, wraz ze wzrostem w/c wzrasta spadek zawartości powietrza pod wpływem domieszki przeciwpieniącej. Wspomniano wcześniej, że superplastyfikator tym lepiej napowietrza mieszankę, im większy jest stosunek w/c, tak więc wzrost skuteczności domieszki przeciwpieniącej także ze wzrostem w/s jest bardzo korzystny.

Wyniki badań pokazane na rysunku 12 świadczą o tym, że wpływ domieszki przeciwpieniącej na zmniejszenie czasu rozplywu nie zależy od w/c mieszanki, ale wartość w/c ma duży wpływ na rozplyw mieszanki wywołanej tą domieszką (rysunek 13). W przypadku mniejszego w/s wpływ tej domieszki na zmianę rozplywu jest większy, podobnie jak to ma miejsce w przypadku superplastyfikatorów, których wpływ na upłynnienie mieszanki jest największy przy małych wartościach w/c.

Stosowanie domieszki przeciwpieniącej, ze względu na jej upłynniający efekt, stwarza równocześnie możliwość zmniejszenia dodatku superplastyfikatora. W efekcie uzyskujemy podobną konsystencję mieszanki samozagęszczalnej, lecz - co należy podkreślić - dobrze napowietrzonej.

Pokazane na rysunkach 14÷16 wyniki doświadczeń dotyczą wpływu czasu dodawania do mieszanki domieszki przeciwpieniącej. W jednym przypadku domieszkę wprowadzono niezwłocznie po dodaniu superplastyfikatora, w drugim po 20 minutach od rozpoczęcia procesu mieszania z superplastyfikatorem. Otrzymane wyniki (rysunek 14) dowodzą, że czas wprowadzenia domieszki przeciwpieniącej nie ma dużego wpływu na obniżenie stopnia napowietrzenia mieszanki. Jest to ważne, ponieważ pozwala na wykorzystanie dwóch wariantów dodawania tych domieszek, a mianowicie razem z superplastyfikatorem, jeżeli przewidujemy „a priori”, że spowoduje on



Rys. 12. Wpływ w/s na zmianę czasu rozplywu samozagęszczalnej mieszanki betonowej wyniku dodania AFA

Fig. 12. Effect of w/s on the time of flow for SCC mixture with AFA

reduction of air entrainment but only the increase of fluidity. The reduction of air entrainment with AFA dosage can be higher than at the mechanical consolidation (for example Z). One should underline that the mortar with AFA does not exhibit segregation, in spite of the significant fluidity; as it could be found for the mortar without AFA, of similar fluidity.

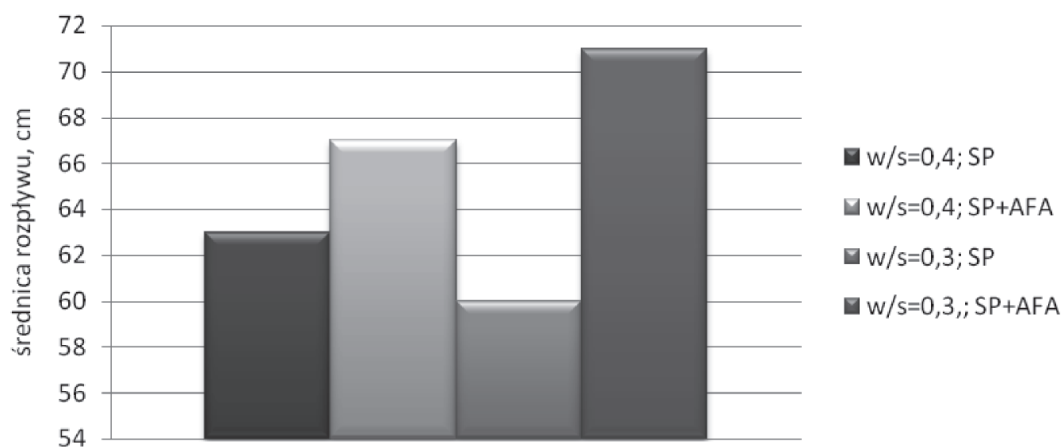
Moreover, the data for the mortars Z14 and Z14a point out the stabilizing effect of AFA on the initial consistency, as compared to the mortar with superplasticizer only. The author of this work has the unpublished results relating to the concrete mixtures; the same conclusions can be drawn, as the role of AFA is concerned.

As it has been mentioned earlier, the higher content of superplasticizer can be an alternative way of the reduction of air entrainment. Unfortunately, this could bring about the fluidity increase and, as a consequence, the sedimentation and bleeding. The strength and durability would be therefore lowered (8). For this reason it is worthwhile to apply the anti-foaming admixtures (AFA).

5. Conclusions

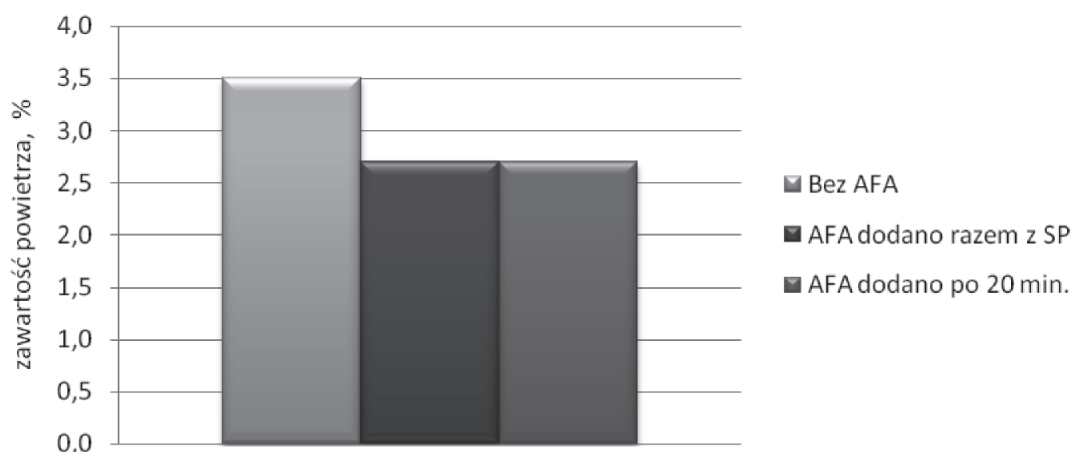
The following conclusions can be drawn from the experiments presented above:

- 1) Some types of superplasticizers exhibit the properties of air entraining agents, the other SP do not. The polycarboxylate and modified phosphates based admixtures, as well as some types of polycarboxylate ethers show no air entraining effect when introduced to the concrete mixture.
- 2) There are two ways of the anti-foaming admixtures application. They can be introduced together with the superplasticizers to prevent the excess air entrainment or the dosage of the anti-foaming admixture can be delayed to reduce the air content.
- 3) The anti-foaming admixtures bring about the increase of flow diameter without the segregation of the mixture. Simultaneously, the loss of the initial consistency is much slower.



Rys. 13. Wpływ AFA na średnicę rozplwywu samozagęszczalnej mieszanki betonowej w stosunku do nie zawierającej AFA dla dwóch wartości w/s

Fig. 13. Effect of AFA on the flow diameter – the difference between the mixtures with and without AFA, for two w/s ratios



Rys. 14. Wpływ czasu dodania AFA (liczonego od rozpoczęcia mieszania) do samozagęszczalnej mieszanki betonowej na zawartość powietrza

Fig. 14. Effect of time of AEA dosage to the self compacting concrete mixture on the air content

duże napowietrzenie mieszanki, lub do świeżej mieszanki, jeżeli wykazuje ona zbyt duże napowietrzenie pod wpływem superplastyfikatora.

Inne badania przeprowadzone przez autorkę wykazują, że nie można napowietrzyć powtórnie mieszanki do której dodano wcześniej domieszkę przeciwpianą. Wobec tego nie należy stosować domieszek przeciwpianych w przypadku celowo napowietrzanych mieszanek.

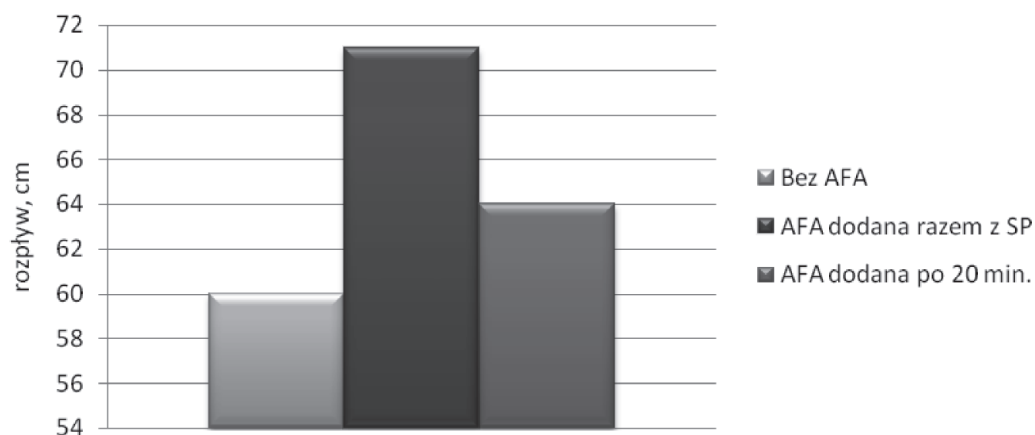
Natomiast przeprowadzone doświadczenia wykazały, że czas wprowadzenia domieszki przeciwpianącej ma duży wpływ na średnicę (rysunek 15) i czas rozplwywu (rysunek 16) mieszanki. W celu uzyskania największej płynności mieszanki domieszkę przeciwpianą należy wprowadzać jak najszybciej.

W tablicach 8 i 9 przedstawiono właściwości zapraw. Zaprawa Z poddana zagęszczaniu na stoliku wstrząsowym, bez dodatku SP, zawiera 4% powietrza. Zaprawa, do której dodano superplastyfikator powodujący napowietrzenie, wykazała zawartość powietrza aż 12%. Obydwie zaprawy stanowiły punkt odniesienia w ocenie skuteczności działania AFA. Wyniki badań zapraw Z13a–Z13-f dowodzą, że ze względu na zmniejszenie stopnia napowietrzenia i właściwości reologicznych zapraw najkorzystniejsze są AFA na bazie polialkoholi.

- 4) The effect of the anti-foaming agent on the flow diameter is more significant for the mixtures with low w/s ratio.
- 5) The rheological properties of the mixture are affected by the time of the anti-foaming admixture dosage – the most advantageous results are observed when the anti-foaming admixture is added soon after the superplasticizer. However, the sequence of admixtures dosage is out of importance, as the air content in the mixture is concerned.
- 6) The polyalcohol based anti-foaming agents are the most effective air content reducing and rheology controlling agents among the admixtures tested in the presented work.

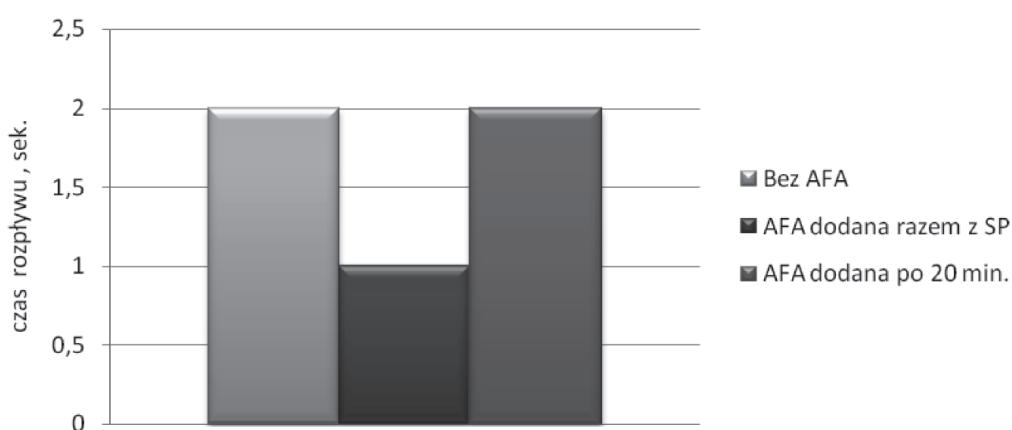
Literatura / References

1. G. Fagerlund, Trwałość konstrukcji betonowych, Arkady, Warszawa 1997.
2. T. Gorzelańczyk, Ocena metodami akustycznymi procesu niszczenia betonów samozagęszczonych, Rozprawa doktorska, Politechnika Wrocławska 2007.
3. A. Grodzicka, Odporność betonu wysokowartościowego na działanie mrozu. Wydawnictwa Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa 2005.
4. B. Łażniewska-Piekarczyk, The surface tension of cement paste and its affects on formation air bubbles, 6th Intern. Conf. AMCM'2008, Analytical Models and Concepts in Concrete and Masonry Structures, Łódź, 9-11.06. 2008.



Rys. 15. Wpływ czasu dodania AFA (liczonego od rozpoczęcia mieszania) do samozagęszczalnej mieszanki betonowej na średnicę rozptywu

Fig. 15. Effect of the time of AEA dosage to the self compacting concrete mixture on the flow diameter values increase



Rys. 16. Wpływ czasu dodania AFA (liczonego od rozpoczęcia mieszania) do samozagęszczalnej mieszanki betonowej na zmianę czasu rozptywu do średnicy 50 cm

Fig. 16. Effect of the time of AEA dosage to the self compacting concrete mixture on the time of flow to the diameter 50 cm increase

Z porównania właściwości zapraw Z13-d i Z12 wynika, że rodzaj superplastyfikatora ma także duży wpływ na działanie AFA.

Wyniki dla zapraw Z13d, Z13d1, Z13d2 wykazują, że efekt działania domieszki przeciwpieniącej zależy od jej dodatku, przy czym po przekroczeniu pewnej wartości „nasylenia” nie następuje dalsze zmniejszenie napowietrzenia, lecz jedynie poprawa płynności zaprawy. Zmniejszenie napowietrzenia przy stosowaniu AFA może być większe niż w przypadku mechanicznego zagęszczenia zaprawy (na przykład Z). Należy zaznaczyć, że zaprawa z dodatkiem AFA pomimo znacznej płynności nie ulega segregacji, jak to ma miejsce w przypadku zaprawy nie zawierającej AFA, o podobnym stopniu płynności.

Ponadto wyniki badań zapraw Z14 i Z14-a dowodzą, że zaprawy zawierające AFA dłużej utrzymują początkową konsystencję od zapraw z dodatkiem samego superplastyfikatora. Inne nie opublikowane doświadczenia autorki wykazują, że wnioski dotyczące AFA, oparte na badaniach zapraw, można z powodzeniem odnieść do mieszanek betonowych.

Jak wspomniano wcześniej, alternatywną metodą zmniejszania zbyt dużej zawartości powietrza w mieszance w stosunku do

5. B. Łażniewska-Piekarczyk, Wpływ napowietrzenia na właściwości reologiczne samozagęszczalnych mieszanek betonowych, X Symposium Naukowo-techniczne, Reologia w Technologii Betonu, Górażdże Heidelberg Cement Group, str. 113-124, Gliwice 2008.
6. B. Łażniewska-Piekarczyk, Wpływ superplastyfikatora na charakterystykę struktury porowatości i trwałość SCC, Dni Betonu, Tradycja i Nowoczesność, 13-15 października, Wisła, 2008, Polski Cement, str. 567-576, Kraków 2008.
7. B. Łażniewska-Piekarczyk, Wpływ superplastyfikatorów nowej generacji na zawartość powietrza w samozagęszczalnej mieszance betonowej, 54 Konferencja Naukowa KILIW PAN i KN PZITB, Krynica 2008.
8. M. Mosquet, Domieszki nowej generacji, Budownictwo Technologie Architektura, numer specjalny str. 21-23, 2003.
9. A. M. Neville, Właściwości betonu, Polski Cement, Kraków 2000.
10. V. S. Ramachandran, Concrete Admixtures Handbook. Properties, Science and Technology, Ed. V.S. Ramachandran, Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey, USA 1995.
11. E. Sakai, T. Kasuga, T. Sugiyama, K. Asaga, M. Daimon, Influence of superplasticizers on the hydration of cement and the pore structure of hardened cement, Cem. Concr. Res. 36, p. 2049–2053, (2006).
12. J. Szwabowski, Reologia a urabialność betonu samozagęszczalnego, Cement Wapno Beton 70, s. 14, (2004).
13. J. Szwabowski, B. Łażniewska, Influence of the properties of self-compacting concrete on the effect of air entrainment, The 9th International

stosowania domieszki przeciwpieniącej może być zwiększanie ilości dodatku superplastyfikatora (SP) powyżej tego, który powoduje nadmierne napowietrzenie. Niestety, wzrost płynności SCC w wyniku zwiększenia ilości SP może prowadzić do wydzielania mleczka z zaprawy i sedymentacji składników mieszanki, co nie sprzyja trwałości i wytrzymałości betonu (8). Z tego, względu lepiej jest stosować domieszki przeciwpieniące (AFA).

6. Wnioski

Przeprowadzone doświadczenia pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

- 1) Nie każdy rodzaj superplastyfikatora wykazuje uboczne działanie napowietrzające mieszankę. Z tego punktu widzenia bardzo dobrymi superplastyfikatorami są domieszki na bazie polikarboksylianów i modyfikowanych fosforanów oraz niektórych rodzajów eterów polikarboksylowych.
- 2) Można wyróżnić dwa warianty stosowania domieszek przeciwpieniących: dodawanie razem z superplastyfikatorem w celu zapobiegania nadmiernemu napowietrzeniu mieszanki, lub po pewnym czasie w celu zmniejszenia stopnia napowietrzenia.
- 3) Dodatek domieszki przeciwpieniącej powoduje zwiększenie rozplywu mieszanki, przy czym nie obserwuje się jej segregacji. Równocześnie w przypadku dodatku AFA znacznie wolniej następuje pogorszenie początkowej konsystencji mieszanki.
- 4) W przypadku mniejszego stosunku w/s wpływ domieszki przeciwpieniącej na zwiększenie rozplywu jest większy.
- 5) Zmiana właściwości reologicznych mieszanki zależy od czasu dodania domieszki przeciwpieniącej. Najlepszy wynik uzyskuje się dodając tę domieszkę zaraz po wprowadzeniu superplastyfikatora. Jednak ze względu na zmniejszenie zawartości powietrza w mieszance, czas dodania tej domieszki nie ma znaczenia.
- 6) Właściwości uzyskanych zapraw świadczą o tym, że pod względem zmniejszenia napowietrzenia i właściwości reologicznych mieszanek najskuteczniejsze działanie wykazują AFA na bazie polialkoholi.

Tablica 8 / Table 8
Właściwości zapraw
Properties of mortars

Zaprawa* Mortar*	Zawartość powietrza Air content Ac %	Średnica rozplywu po 20 min Flow diameter after 20 min, mm	Czas rozplywu po 20 min Flow time after 20 min sek.
Z13	12	26,0	2
Z	4	11,0	4
Z13-a	3,0	29,9	6
Z13-a1	3,0	27,0	6
Z13-b	5,2	36,3	5
Z13-c	3,8	39,1	4
Z13-d	3,4	37,0	6
Z13-d1	3,4	34,0	6
Z13-d2	4,0	32,0	6
Z13-e	5,4	30,6	6
Z13-f	2,8	36,0	5
Z12	3,0	31,0	6

*rodzaj AFA i metodę jej wprowadzenia podano w tablicy 6; numerem oznaczono rodzaj SP (tablica 5)
*type of AFA and dosage is given in Table 6; numbers correspond to the type of SP (Table 5)

Tablica 9 / Table 9
Właściwości zapraw
Properties of mortars

Zaprawa* Mortar*	Zawartość powietrza Air content Ac	Średnica rozplywu po 20 min Flow diameter after 20 min	Czas rozplywu po 20 min Flow time after 20 min	Średnica rozplywu po 60 min Flow diameter after 60 min	Czas rozplywu po 60 min Flow time after 60 min
	%	mm	sek	mm	sek
Z14	3,0	29,5	5	24,5	6
Z14-a	2,2	31	4	27	7

*rodzaj AFA i sposób jej wprowadzenia podano w tablicy 6; numerem oznaczono rodzaj SP (tablica 5)
*type of AFA and dosage is given in Table 6; numbers correspond to the type of SP (Table 5)

Conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques", May 16-18, Vilnius, *selected papers*, str.182-189, Lithuania 2007.

14. J. Szwabowski, B. Łażniewska-Piekarczyk, Wymogi względem parametrów struktury porowatości mrozoodpornego samozagęszczalnego betonu (SCC), *Cement Wapno Beton*, 74, s. 155, (2008).

15. J. Szwabowski, B. Łażniewska-Piekarczyk, Zwiększenie napowietrzenia mieszanki pod wpływem działania superplastyfikatorów karboksylowych, *Cement Wapno Beton*, 74, s. 205, (2008).

16. The European Guidelines for Self-Compacting Concrete, Specification, Production and Use, May 2005, European Project Group. 2005. Available from Internet: <http://www.efnarc.org/pdf/SCCGuidelinesMay2005.pdf>

17. B. Żydek, informacja ustna.