

SYLWIA WADOWIK
Kielce University of Technology
e-mail: swdowik@tu.kielce.pl

THE USE OF THE FOAM INDEX METHOD IN CEMENT GROUTS FOR TESTING THE COMPATIBILITY OF CEMENT – SUPERPLASTICIZER – AERATING ADMIXTURE SYSTEM

Abstract

The elaboration presents a method of testing the foam index and the associated research problems. Current issues concerning the impact selection of materials on the obtained results were broached. Tests of the foam index conducted in-house were described and results were analyzed. An assessment was made on the basis of the results and the usefulness of the method in terms of testing the compatibility of cement – superplasticizer – aerating admixture system was determined.

Keywords: foam index, admixtures for concrete, aeration, batched water

1. Introduction

A commonly used method of protection of concrete against frost is its proper aeration. Still, it is a problematic issue due to the fact that it is a complicated process, influenced by many factors. Moreover, intensive development of construction chemistry can be observed. It is a strongly positive phenomenon but another problem results from it: compatibility of the cement – superplasticizer – aeration admixture system. To check the correlation between these materials, it is best to use a quick, simple testing method requiring minimum financing. Testing of the foam index is undoubtedly such a method.

2. Testing of foam index – course of the test

This test is not normalized. Therefore, various testing procedures are presented in literature [1-3].

In accordance with the description contained in [1], the test should be performed on a small sample of grout; one should use 10 g of cement and 25 ml of distilled water. These two ingredients should be mixed – by shaking the buret for 60 s. The next step is adding 2 drops of 10% aerating admixture water solution. While dosing the admixture, one should shake the container for 15 s each time. Observation of the obtained foam is conducted. The test ends when the obtained foam is stable and it floats on the surface

of the sample for a min. of 45 s. A summary volume of the 10% aerating admixture water solution added during the test should be assumed as the result.

3. Description of the in-house tests

For the in-house tests, three types of cements meeting the requirements according to the standard [4] were applied: CEM I 42.5 R cement from two different cement factories: (A and B mark) and CEM III/A 42.5 (sample mark C). Water meeting the requirements contained in the standard [5] but with various hardness presented in French degrees [°fH] was used; soft - 6°fH, medium-hard – 17°fH, hard 29°fH. The samples were marked with water hardness symbol in French degrees, respectively - 6, 17 and 29. The admixtures with various chemical bases, meeting the requirements contained in the standard [6] were used: two superplasticizers (with a various level of dosing presented in table 1) – lignosulfonate base – L mark and acrylate base – label A. An aerating admixture with a natural base was used as an aerating agent.

The combinations and samples markings created in this way are presented in Table 1. The tests were conducted in stable temperature conditions, maintaining the same procedures during the dosing of ingredients and mixing.

Table 1. Material combinations and sample markings

Water (hardness in French degrees [°fH])		6	17	29		
Superplasticizer	None	A-6-B	A-17-B	A-29-B	A	
		B-6-B	B-17-B	B-29-B	B	
		C-6-B	C-17-B	C-29-B	C	
	lignosulfonate base L	1 drop	A-6-L1	A-17-L1	A-29-L1	A
			B-6-L1	B-17-L1	B-29-L1	B
			C-6-L1	C-17-L1	C-29-L1	C
		2 drops	A-6-L2	A-17-L2	A-29-L2	A
			B-6-L2	B-17-L2	B-29-L2	B
			C-6-L2	C-17-L2	C-29-L2	C
	acrylate base A	1 drop	A-6-A1	A-17-A1	A-29-A1	A
			B-6-A1	B-17-A1	B-29-A1	B
			C-6-A1	C-17-A1	C-29-A1	C
		2 drops	A-6-A2	A-17-A2	A-29-A2	A
			B-6-A2	B-17-A2	B-29-A2	B
			C-6-A2	C-17-A2	C-29-A2	C

Cement



Fig. 2. Device for mechanical mixing of samples during testing of grouts using the foam index method

The test method presented in [1] was adopted for the tests. After mixing the cement in the amount of 10 g with water in the amount of 25 g, the sample was shaken for 60 s. To some samples, a plasticizer in the amount of 1 or 2 drops was added, and then it was shaken for 30 s. As the last ingredient, to each sample, the 10% aerating admixture solution was dosed. After each 2 drops of the aerating admixture, the container with the sample was closed and it was shaken for 15 s. This step had been repeated until the stable foam was produced. According to the literature, a stable foam is a foam which maintains for 45 s [1-3]. Due to the fact that the “stable foam” significantly varied from each other in macroscopic assessment in individual samples (Fig. 1), in addition, as a final result it was assumed that the produced foam should cover the entire surface of the container.



Fig. 1. Stable foam on the surface of cement grout samples, with various superplasticizers

To eliminate the impact of human factor on the structure of the obtained foam, for the purpose of tests using the foam index method, a special device for mechanical shaking of the samples was prepared (Fig. 2).

4. Study result

According to the literature [1-3], the test of foam index is used for determination of the effectiveness of aerating admixtures with various material systems. The test result is the summary volume of the 10% aerating admixture water solution added during the test. The amounts of aerating admixture in [%] in relation to the cement weight necessary for producing a stable foam are presented in Figure 3. The smallest demand for aerating admixture was shown by samples without the addition of superplasticizer.

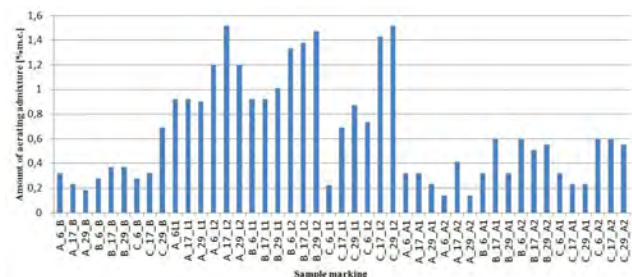


Fig. 3. The amount of aerating admixture, necessary for producing a stable foam

The impact of the presence of superplasticizers on the amount of aerating admixture that has to be added to produce a stable foam on the surface of the container with the sample is presented in Figures 4 and 5. Samples with addition of superplasticizer where lignosulfonate forms the base clearly demonstrate that with the increase of the amount of superplasticizer the difficulties with obtaining the aeration arise [7, 8] (Fig. 4). Samples with addition of superplasticizer, in which acrylates are a base, showed significantly smaller demand for the amount of the aerating admixture (Fig. 5).

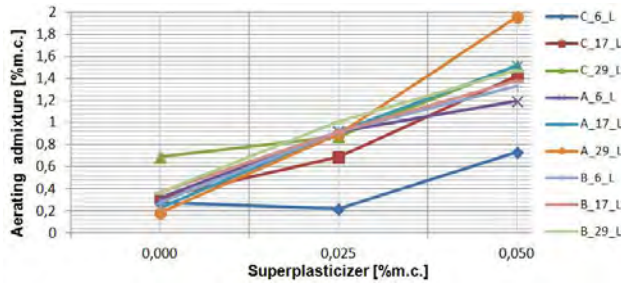


Fig. 4. The impact of the superplasticizer (lignosulfonate base) on the amount of aerating admixture necessary for producing a stable foam

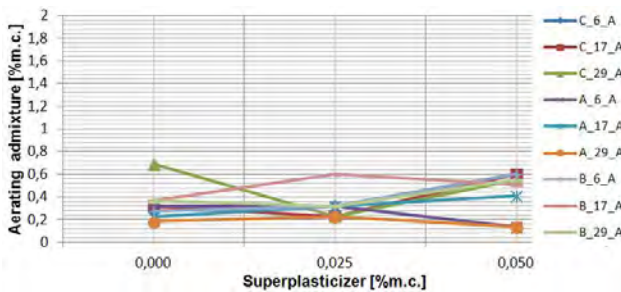


Fig. 5. The impact of the superplasticizer (acrylate base) on the amount of aerating admixture necessary for producing a stable foam

Due to the clear differences in macroscopic assessment of the obtained samples, apart from the presented test result, additional, more accurate analyses were conducted. A clear diversity of the height of the obtained foam is worth noting, as well as the occurring sedimentation of ingredients. When this process was ceasing (after 30 minutes from mixing of the sample), a reading of the grout – water – foam height was made with a specially prepared scale (Fig. 6 and 8).

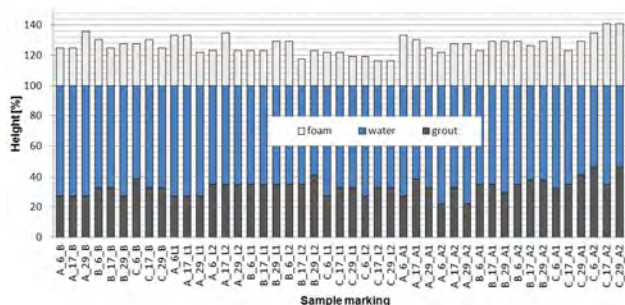


Fig. 6. The height of the grout – water – foam, after 30 minutes from the last mixing of the sample

It is worth noting that the water used had an impact on test results, in varying degrees, depending on the type of cement, addition of superplasticizer, type of superplasticizer. A dependence between the amount of aerating admixture, which had to be added to the

sample to obtain a stable foam, and water hardness for all three cements is presented in Figure 7.

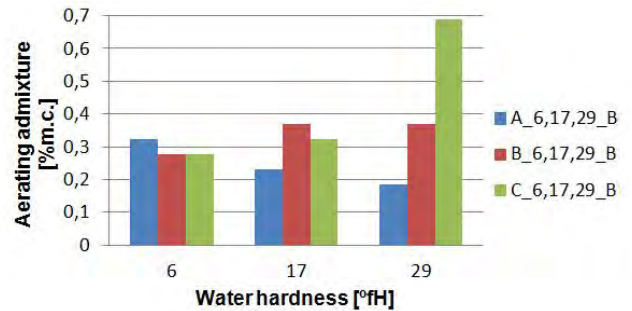


Fig. 7. Impact of water hardness on the amount of aerating admixture

Apart from the impact of water on the amount of aerating admixture, another important aspect is causing a differentiation in the structure of the produced foam (Fig. 8). Clear differences in the size and structure of bubbles can be seen. In some samples the bubbles were fine with a similar size, in others, bubbles from very fine to very large can be found.

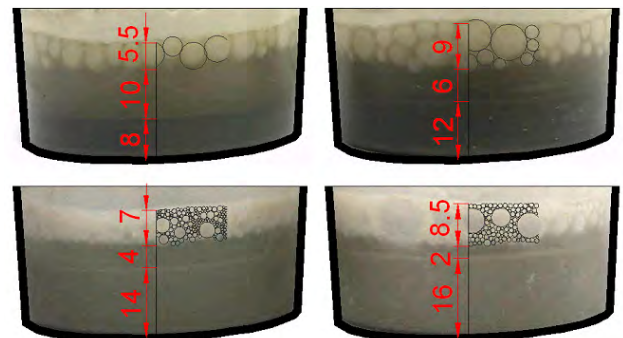


Fig. 8. Examples of samples varied in terms of water source: containers on the left side – sample with water with a hardness of 6°fH, on the right – sample with the same combination of type of cement, superplasticizer and aerating admixture but with water with a hardness of 29°fH

5. Conclusions

The conducted tests have shown that each admixture added even in the small amount may have a significant impact on the results.

To check the compatibility of the cement – aerating admixture, or cement – aerating admixture – superplasticizer system, it is worth to use the foam index method at the initial stage. The conducted tests confirmed the usefulness of this method, they allowed to obtain a knowledge on which materials should be mixed together and which combinations are not recommended. The test of foam index takes a very short time and samples are small, therefore one can

quickly conduct the repetitions of a given ingredients combination.

A beneficial solution is to mechanize mixing samples so as to reduce the number of mistakes and increase the repeatability of test results.

It should not be forgotten that this is a qualitative test [1] therefore, in the end it should be supplemented by more accurate methods. Testing concrete mixtures with an Air Cavity Analyser (AVA) is the recommended method here.

References

- [1] Glinicki M.A.: *Trwałość betonu w nawierzchniach drogowych*. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 2011.
- [2] Stencel J.M., Song H., Cangialosi F.: *Automated foam index test: Quantifying air entraining agent addition and interactions with fly ash-cement admixtures*. Cement and Concrete Research, 39, 2009.
- [3] Gołaszewski J., Drewniak M.: *Wpływ popiołu lotnego wapiennego na efekty działania domieszek napowietrzających*, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, 2, 2011.
- [4] PN-EN 197-1:2011 Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczących cementów powszechnego użytku.
- [5] PN-EN 1008:2004 Woda zarobowa do betonu – Specyfikacja pobierania próbek, badanie i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu.
- [6] PN-EN 934-2:2002 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu. Część 2: Domieszki do betonu. Definicje, wymagania, zgodność, znakowanie, etykietowanie.
- [7] Nowak-Michta A.: *Influence of superplasticizer on porosity structures in hardened concretes*. Procedia Engineering, 108, 2015.
- [8] Łaźniewska-Piekarczyk B.: *Wpływ samozagęszczalności mieszanki betonowej na efekty jej napowietrzenia*. Sympozjum Naukowo-Techniczne Reologia w Technologii Betonu, Gliwice 2006.

Sylwia Wdowik

Wykorzystanie metody wskaźnika piany w zaczynach cementowych do badania kompatybilności układu cement – superplastyfikator – domieszka napowietrzająca

1. Wprowadzenie

Powszechnie stosowaną ochroną betonu przed działaniem mrozu jest jego odpowiednie napowietrzenie. Ponieważ jest to skomplikowany proces, na który wpływa wiele czynników, wciąż jest to zagadnienie problematyczne. Dodatkowo zaobserwować można intensywny rozwój chemii budowlanej. Jest to zjawisko zdecydowanie pozytywne, lecz wynika z niego kolejny problem: kompatybilność układu cement – superplastyfikator – domieszka napowietrzająca. Aby sprawdzić korelacje między tymi materiałami najlepiej jest zastosować metodę badań szybką, prostą, wymagającą minimalnych nakładów finansowych. Niewątpliwie jest nią badanie wskaźnika piany.

2. Badanie wskaźnika piany – przebieg badania

Badanie to nie jest znormalizowane. Dlatego w literaturze przedstawione są różne procedury badawcze [1-3].

Zgodnie z opisem zawartym w [1] badanie przeprowadza się na małej próbce zaczynu: 10 g cementu i 25 ml wody destylowanej. Te dwa składniki łączy się, wstrząsając menzurkę przez 60 s. Kolejną czynnością jest dodawanie po 2 krople 10% wodnego roztworu domieszki napowietrzającej. Podczas dozowania domieszki, pojemnik należy za każdym razem wstrząsać przez 15 s. Prowadzi się obserwację uzyskanej piany. Badanie kończy się, gdy uzyskana piana jest stabilna i utrzymuje się na powierzchni próbki przez minimum 45 s. Za wynik przyjmuje się sumaryczną objętość 10% roztworu domieszki napowietrzającej dodanej podczas próby.

3. Opis badań własnych

W badaniach własnych zastosowano trzy rodzaje cementów spełniających wymagania zgodne z normą [4]: cement CEM I 42,5 R z dwóch różnych cementowni (oznaczenie A i B) oraz CEM III/A 42,5 (oznaczenie próbki C). Zastosowano wodę spełniającą wymogi zawarte w normie [5], ale o zróżnicowanej twardości przedstawionej w stopniach francuskich [°fH]: miękka – 6°fH, średniotwarda – 17°fH, twarda 29°fH. Próbkę oznaczono symbolem twardości wody w stopniach francuskich odpowiednio – 6, 17 oraz 29. Zastosowano domieszki o różnych bazach chemicznych, spełniające wymogi zawarte w normie [6]; dwa superplastyfikatory (o różnym poziomie dozowania przedstawionym w tabeli 1) – baza lignosulfonian – oznaczenie L oraz baza akrylan – oznaczenie A. Jako środek napowietrzający zastosowano domieszkę napowietrzającą o bazie naturalnej.

Powstałe w ten sposób kombinacje oraz oznaczenia próbek przedstawiono w tabeli 1. Badania przeprowadzono w stałych warunkach temperaturowych, z zachowaniem tych samych procedur podczas dozowania składników oraz mieszania.

Do badań zaadaptowano metodę badawczą przedstawioną w [1]. Po zmieszaniu cementu w ilości 10 g oraz wody w ilości 25 g próbkę wstrząsano przez 60 s. Do części próbek dodano plastyfikator w ilości 1 lub 2 kropli, po czym wstrząsano przez 30 s. Jako ostatni składnik do wszystkich próbek dozowano dziesięcioprocentowy roztwór domieszki napowietrzającej. Po każdym 2 kroplach domieszki napowietrzającej pojemnik z próbką zamykano i wstrząsano nim przez 15 s. Czynność tę powtarzano do momentu wytworzenia stabilnej piany. Według literatury stabilna piana to taka, która utrzymuje się przez 45 s [1-3]. W związku z tym, że „stabilna piana” bardzo wyraźnie różniła się między sobą w ocenie makroskopowej w poszczególnych próbkach (rys. 1), dodatkowo za wynik końcowy przyjęto, że powstała piana ma zajmować całą powierzchnię pojemnika.

Aby wyeliminować wpływ czynnika ludzkiego na strukturę uzyskanej piany, na potrzeby badań metodą wskaźnika piany, zostało przygotowane specjalne urządzenie do mechanicznego wstrząsania próbek (rys. 2).

4. Wyniki badań

Zgodnie z literaturą [1-3], badanie wskaźnika piany wykorzystuje się do określania efektywności działania domieszki napowietrzających, przy zróżnicowanych układach materiałowych. Wynik badania stano-

wi sumaryczną objętość 10% roztworu domieszki napowietrzającej dodanej podczas próby. Na rysunku 3 przedstawiono ilość domieszki napowietrzającej w procentach w stosunku do masy cementu, niezbędnej do wytworzenia stabilnej piany. Najmniejsze zapotrzebowanie na domieszkę napowietrzającą wykazały próbki bez dodatku superplastyfikatora.

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono wpływ obecności superplastyfikatorów na ilość domieszki napowietrzającej, jaką trzeba dodać, aby na powierzchni pojemnika z próbką wytworzyć stabilną pianę. Dla próbek z dodatkiem superplastyfikatora, gdzie bazą jest lignosulfonian, wyraźnie widać, że wraz ze wzrostem ilości superplastyfikatora pojawiają się trudności z uzyskaniem napowietrzenia [7, 8] (rys. 4). Znacznie mniejsze zapotrzebowanie na ilość domieszki napowietrzającej wykazały próbki z dodatkiem superplastyfikatora, którego bazą są akrylany (rys. 5).

W związku z wyraźnymi różnicami w ocenie makroskopowej uzyskanych próbek, oprócz przedstawionego wyniku badania, przeprowadzono dodatkowe, dokładniejsze analizy. Na uwagę zasługuje wyraźne zróżnicowanie wysokości uzyskanej piany, a także występująca sedymentacja składników. Gdy proces ten ustawał (po 30 minutach od wymieszania próbki), specjalnie przygotowaną podziałką dokonywano odczytu wysokości zaczynu – wody – piany (rys. 6 i 8).

Na uwagę zasługuje fakt, że również użyta woda miała wpływ na wyniki badań, w różnym stopniu, w zależności od rodzaju cementu, dodatku superplastyfikatora, rodzaju superplastyfikatora. Na rysunku 7 przedstawiono zależność ilości domieszki napowietrzającej, jaką należało dodać do próbki, aby uzyskać stabilną pianę, od twardości wody, dla wszystkich trzech cementów.

Oprócz wpływu wody na ilość domieszki napowietrzającej innym istotnym aspektem jest spowodowanie zróżnicowania w strukturze wytworzonej piany (rys. 8). Widać wyraźne różnice w wielkości i budowie pęcherzyków. Dla części próbek pęcherzyki były drobne i o zbliżonej wielkości, w innych można spotkać od bardzo drobnych po bardzo duże pęcherzyki.

5. Wnioski

Przeprowadzone badania wykazały, że każda domieszka, dodana nawet w niewielkiej ilości, może istotnie wpływać na wyniki.

Aby sprawdzić kompatybilność układu cement – domieszka napowietrzająca lub cement – domieszka napowietrzająca – superplastyfikator warto we wstęp-

nym etapie wykorzystać metodę wskaźnika piany. Przeprowadzone badania potwierdziły przydatność tej metody, pozwoliły na uzyskanie wiedzy, które materiały należy ze sobą łączyć, a które kombinacje są niezalecane. Samo badanie wskaźnika piany trwa bardzo krótko, a próbki są niewielkie, w związku z tym można szybko przeprowadzić powtórzenia danej kombinacji składników.

Korzystnym rozwiązaniem jest zmechanizowanie mieszania próbek, tak aby zmniejszyć ilość błędów i zwiększyć powtarzalność wyników badań.

Nie należy zapominać, że jest to badanie jakościowe [1], w związku z tym ostatecznie powinno być uzupełnione o metody dokładniejsze. Tu zalecaną metodą jest badanie mieszanek betonowych analizatorem pustek powietrznych AVA.