

inż. Konrad Grzesiak¹⁾

Reologia kluczem do obróbki mieszanki betonowej w zakładach prefabrykacji

Reologia zajmuje się badaniem i opisem zachowania się materiałów pod działaniem obciążeń, z uwzględnieniem wpływu czasu. Oznacza to, że zachowanie się materiału zależy nie tylko od wielkości obciążeń, ale także czasu trwania i ich historii [4]. W produkcji i przetwarzaniu betonu jego właściwości reologiczne odgrywają kluczową rolę.

Zaprawa cementowa lub mieszanka betonowa poddana obciążeniu ograniczonemu co do wielkości będzie odkształcać się do momentu ustalenia stanu równowagi pomiędzy obciążeniem a odkształceniem, z prędkością pozwalającą na wzrokową obserwację rozwoju odkształcenia. Jeśli jednak obciążenie przekroczy graniczną wielkość, to przybierze charakter płynięcia i zacznie się zwiększać ze wzrostem czasu trwania obciążenia, z prędkością tym większą, im większe jest obciążenie [4].

Zachowanie się mieszanek w procesach technologicznych najlepiej opisywać za pomocą prostego i sprawdzonego w praktyce modelu ciała Bingham'a:

$$\tau = \tau_0 + \eta_{pl} \cdot \dot{\gamma}$$

gdzie:

τ_0 – granica płynięcia;
 η_{pl} – lepkość plastyczna;
 $\dot{\gamma}$ – prędkość ścinania.

Granica płynięcia i lepkość plastyczna, zwane parametrami reologicznymi, są stałymi materiałowymi, charakteryzującymi właściwości reologiczne mieszanki. Z chwilą, gdy naprężenia przekroczą granicę płynięcia, nastąpi płynięcie mieszanki z prędkością proporcjonalną do lepkości plastycznej. Im mniejsza będzie lepkość plastyczna mieszanki, tym większa prędkość jej płynięcia przy danym obciążeniu [1].

Wprowadzone w latach 80. XX wieku domieszki PCE (eter polikarboksylowy) są bardzo dobrej jakości (efektywność, reologia, uniwersalność) – rysunek 1. Dalsza poprawa reologii betonu jest jednak ograniczona chemią polimeru i jego oddziaływaniem na cement. Jak zatem zachować wszystkie zalety PCE, pokonując ograniczenia dotyczące lepkości mieszanki betonowej. Rozwiązaniem są nowe domieszki MasterEase (PAE), które w największym „przybliżeniu” można opisać jako połączenie działania SNF (sulfonowane żywice naftalenowo-formaldehadowe) i PCE [2] – rysunek 2.

W przypadku betonu samozagęszczalnego (SCC) reologia jest kluczem do łatwej obróbki mieszanki betonowej w zakładach prefabrykacji. Mieszanki

o małym współczynniku w/c charakteryzują się dużą lepkością, a zatem są trudne do wbudowania (ze względu na dużą „kleistość”). W takiej sytuacji warto zastosować domieszki MasterEase, które zapewniają:

- dużą redukcję wody;
- długi czas utrzymania odpowiedniej konsystencji;
- zachowanie właściwości reologicznych podczas całego okresu w budowania mieszanki betonowej;
- dużą wytrzymałość wczesną;
- małą lepkość mieszanki betonowej.

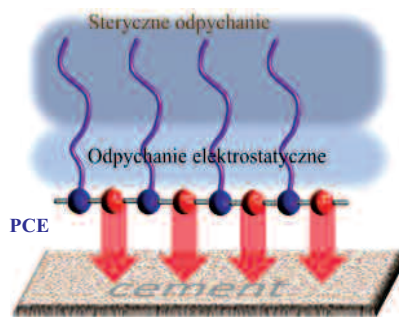
Dzięki tym właściwościom możemy: łatwo i szybko przygotować mieszankę betonową o małym współczynniku w/c oraz ją wbudować, a także szybko i łatwo wykończyć powierzchnie.

Przeprowadzone zostały badania laboratoryjne i przemysłowe, podczas których wykorzystano recepturę betonu samozagęszczalnego C35/45 i zastosowano różne domieszki: superplastyfikator na bazie PCE oraz MasterEase (PAE) – tabela 1.

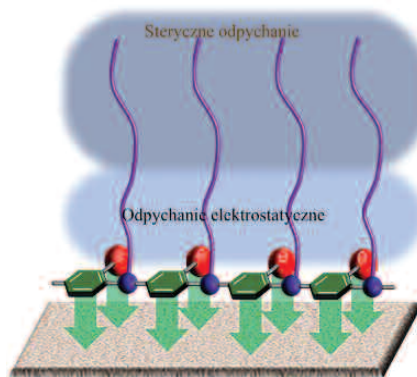
Tabela 1. Receptura badanej mieszanki betonowej [2]

Składnik	Domieszka	
	PCE 1,4%	MasterEase 1,5%
CEM I 52,5 N [kg/m ³]	350	350
Popiół lotny [kg/m ³]	150	150
Kruszywo [kg/m ³]	1685	1685
Woda [kg/m ³]	195	195
w/c	0,55	0,55

Wykonano wiele badań, w tym: **Slump flow** – dotyczące rozplywu swobodnego mieszanki betonowej (mierzy się czas osiągnięcia przez płynącą mieszankę promienia 500 mm): V – funnel – test oceny lepkości; L – Box – do określenia chwilowej zdolności płynięcia. Lepkość plastyczną mieszanki betonowej oceniono,



Rys. 1. Budowa i mechanizm działania domieszki PCE [2]



Rys. 2. Budowa i mechanizm działania nowej domieszki PAE [2]

¹⁾ Master Builders Solutions sp. z o.o.;

wykorzystując Rheometr ICAR [3] – fotografia 1. Uzyskane wyniki badań (tabela 2) jednoznacznie wskazują, że mieszanka betonowa z domieszką MasterEase ma mniejszą lepkość niż zawierająca PCE. Potwierdziły to także pomiary Rheometrem ICAR (na rysunku 3 wyraźnie widać różnicę w lepkości plastycznej mieszanki betonowej).

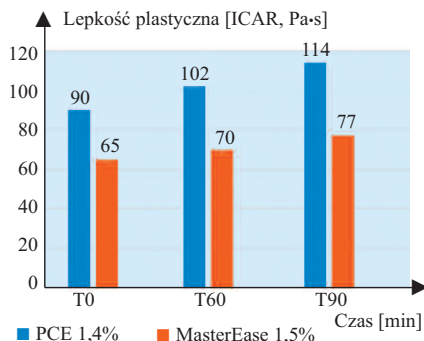


Fot. 1. Określenie lepkości plastycznej za pomocą aparatu Rheometr ICAR

Tabela 2. Wyniki badania mieszanki betonowej [2]

Właściwość	Domieszka	
	PCE 1,4%	MasterEase 1,5%
Konsystencja mieszanki betonowej [cm]	67	70
Zawartość powietrza [%]	2,2	2,0
Szybkość rozplywu swobodnego mieszanki betonowej T500 [s]	5	1,9
Segregacja składników	brak	brak
Odpowietrzenie mieszanki betonowej	prawidłowe	
Zjawisko „wyrzucania wody”	brak	
Lepkość – test V – funnel [s]	29	9
Zdolność płynięcia – test L-Box	PL2/22 s	PL2/6 s

Korzyści i zalety z zastosowania nowych domieszek PAE. Mała lepkość mieszanki betonowej ułatwia wygładzanie powierzchni. Jest to szczególnie ważne w przypadku dużych elementów prefabrykowanych (fotografia 2). Warto podkreślić, że mieszanka betonowa z domieszką MasterEase perfekcyjnie wypełnia deskowanie, co



Rys. 3. Wynik badania lepkości plastycznej Rheometrem ICAR



Fot. 2. Łatwa i szybka obróbka powierzchni mieszanki betonowej zawierającej domieszkę MasterEase [2]

pozwala uzyskać atrakcyjną powierzchnię prefabrykatu, niewymagającą jakiegokolwiek wykończenia (fotografia 3).

Przed współczesnymi betonami, zwłaszcza wysokowartościowymi, w tym BWW i SCC, stosowanymi w prefabrykacji stawiane są coraz większe wymagania. Zaprojektowana i przebadana mieszanka betonowa z domieszką na bazie polimerów PAE charakteryzowała się znacznie mniejszą lepkością niż w przypadku zastosowania PCE. Na podstawie przeprowadzonych badań w skali laboratoryjnej, a następnie ich przemysłowej weryfikacji, można stwierdzić, że uzasadnione jest stosowanie nowych domieszek w prefabrykacji, gdzie w przy-



Fot. 3. Atrakcyjne wykończenie powierzchni betonowej uzyskano dzięki zastosowaniu mieszanki betonowej z domieszką MasterEase, która ma małą lepkość [2] i perfekcyjnie wypełnia deskowanie

padku wysokiej klasy betonu (BWW; SCC) i małego współczynnika w/c lepkość mieszanki jest decydującym czynnikiem wpływającym na jakość betonu, tempo wbudowania, czas obróbki mieszanki betonowej oraz dużą wytrzymałość wczesną. Zastosowanie domieszki MaterEase w produkcji mieszanek betonowych stanowi ważną alternatywę dla producentów prefabrykatów. Domieszki na bazie polimerów PAE zostały tak zaprojektowane, aby zapewnić małą lepkość przy zachowaniu bardzo dużej stabilności mieszanek betonowych oraz umożliwić łatwe jej wbudowywanie i wykończenie betonu,

Fotografie: archiwum Masters Builders Solutions

Literatura

- [1] Gołaszewski J. 2010. „Temperatura a urabialność betonów nowej generacji”. XII Sympozjum naukowo-techniczne Reologia w Technologii Betonu, Gliwice.
- [2] Materiały promocyjne Firmy BASF.
- [3] Materiały Germann Instruments; www.germann.org.
- [4] Szwabowski J., J. Gołaszewski. 2010. *Technologia betonu samozagęszczalnego*. Kraków. SPC Kraków.

Partner działu:

Stowarzyszenie Producentów Betonów

www.s-p-b.pl

