

# Innowacyjny RheoMATRIX

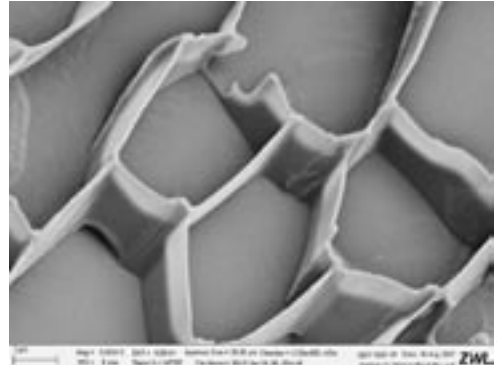
*Innowacyjna technologia SDC (Smart Dynamic Construction) w produkcji prefabrykowanych ścian z lekkich betonów keramzytowych.*

Technologia betonów samozagęszczalnych, oprócz postępu technologicznego i ekonomicznego oraz korzyści dla środowiska, dostarcza unikalnej możliwości wyniesienia przemysłu betonów do zupełnie nowego poziomu wyrafinowania. Dzięki doskonałej płynności i podatności na formowanie betony samozagęszczalne pozwalają na zasadniczą zmianę sposobu, w jaki przeprowadzane jest betonowanie. W Europie beton samozagęszczalny jest dość powszechnie wykorzystywany w przemyśle prefabrykacji, gdzie można łatwo zweryfikować jego zalety i wykorzystać w celu poprawienia estetyki, trwałości, a także ekonomii produkcji prefabrykowanych elementów.

Istnieje jednak kilka wad związanych z tradycyjną koncepcją betonu samozagęszczalnego, takich jak:

- wysoka zawartość składników pylastych <math><0,125\text{ mm}</math>, zwiększająca koszt betonu
- wykorzystanie różnych typów dodatków pyłowych, co wymaga dodatkowych silosów i skomplikowanej logistyki
- trudności z utrzymaniem stałych parametrów, spowodowane głównie zmienną wilgotnością stosowanych kruszyw.

Powyższe punkty miały wpływ nie tylko na aspekty ekonomiczne produkcji betonów samozagęszczalnych, ale gdy dodatkowo chcieliśmy wyprodukować beton lekki, były zapewne powodem demencji praecox wielu technologów zmagających się z utrzymaniem wysokiej jakości mieszanek betonowych.



Fot. 1. Zdjęcie matrycy stworzonej przez Rheomatrix (z mikroskopu skaningowego)

Ostatnio opracowano innowacyjną technologię Smart Dynamic Construction, która tworzy nową generację betonów, łączących w sobie cechy tradycyjnego betonu wibrowanego z zaletami betonów samozagęszczalnych. Kluczowym jej elementem jest nowoczesny, wysoce wydajny regulator lepkości RheoMATRIX, pozwalający zmniejszyć zawartość frakcji pyłowych z  $550\text{ kg/m}^3$  dla tradycyjnego betonu samozagęszczalnego do  $380\text{ kg/m}^3$ .

Jest to innowacyjny polimer jonowy o dużej masie cząsteczkowej, jego łańcuchy tworzą w zaczynie cementowym sieć mostkującą cząsteczki cementu, frakcji pylastych oraz zawartej w nim wody (fot. 1). Pozwala to w znaczący sposób wpłynąć na parametry reologiczne mieszanki, jej jednorodność, jak również zminimalizować objętość zaczynu i tym samym zmniejszyć zawartość frakcji pylastych (cement + dodatki). Odpowiednio dobrany superplastifikator na bazie eterów polikarboksylianowych wpływa na granicę płynięcia, natomiast lepkość plastyczna kontrolowana jest przez zupełnie nową domieszkę, modyfikator lepkości RheoMatrix. Oprócz



Fot. 2. Zdjęcie form produkcyjnych elementów prefabrykowanych

roli podstawowej domieszka modyfikująca lepkość pełni funkcję regulatora zmienności cech SDC, spowodowanej niestabilnością właściwości składników mieszanek, na przykład wahania wilgotności i/lub zmiany w uziarnieniu kruszyw, co dotyczy w szczególności frakcji drobnej. Odchylenia te wymagały sporych zmian w recepturze mieszanki i były jednym z najważniejszych czynników hamujących popularyzację zastosowania betonu samozagęszczalnego w przemyśle prefabrykacji. Doświadczenia praktyczne zebrane w zakładach prefabrykacji w kraju i za granicą w pełni potwierdziły skuteczność nowej technologii. Poniżej omówiono testy przemysłowe przeprowadzone w zakładzie prefabrykacji z nową koncepcją technologiczną SDC.

#### Test praktyczny w zakładzie prefabrykacji betonowej

Test przemysłowy z nową technologią SDC przeprowadzono w zakładzie prefabrykacji Praefa z Międzyrzecza bazującym na technologii lekkich betonów keramzytowych. Firma jest liderem w Polsce w produkcji prefabrykowanych wielkowymiarowych elementów ściennych. Działając od roku 1994 na rynku polskim zyskała duże doświadczenie w produkcji prefabrykatów z lekkich betonów keramzytowych. Formowanie elementów ściennych odbywa się na poziomych stołach produkcyjnych (fot. nr 2). Elementy ścienne, mające wysokość piętra, nadają się do wznoszenia zarówno budynków jednorodzinnych jak i większych obiektów.

Należy podkreślić, iż betony lekkie z kruszyw keramzytowych różnią się znacznie swymi właściwościami od betonów zwykłych z kruszyw naturalnych. Najważniejsze różnice dotyczą gęstości objętościowej, wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie, współczynnika sprężystości, skurczu i charakterystycznego dla tych betonów współczynnika przewodności cieplnej. Należy podkreślić, iż wcześniejsze próby wykorzystania betonów samozagęszczalnych w produkcji keramzytobetonów kończyły się niepowodzeniami związanymi najczęs-

ciej z nadmierną segregacją, wyptywaniem kruszywa lekkiego na powierzchnię, lub też odwrotnie, z trudnościami w uzyskaniu właściwej konsystencji. Koszty surowcowe przekraczały też znacznie zyski oferowane przez tę technologię. Przedstawiona po badaniach laboratoryjnych receptura mieszanki betonowej z wykorzystaniem nowej technologii skłoniła kierownictwo do prób w zakładzie produkcyjnym, a ich wyniki do wdrożenia w codziennej produkcji. Korzyści płynące ze stosowania betonów samozagęszczalnych to nie tylko wyeliminowanie szkodliwych dla pracowników i otoczenia wibracji, ale przede wszystkim jakość gotowych elementów, zużycie form i maszyn wykorzystywanych do wbudowywania betonu oraz szybkość całego procesu.

#### Proces produkcyjny

Kruszywo keramzytowe posiada wiele ważnych właściwości, które nie występują w kruszywach zwykłych, a są ważne ze względu na wybór proporcji mieszanki i związanych z tym właściwości otrzymanego betonu. Tą właściwością keramzytu jest jego zdolność do pochłaniania dużych ilości wody. Woda zawarta w porach keramzytu nie ma wpływu na tworzenie się porów kapilarnych, które wpływają na wytrzymałość. Zawilgocenie dozowanego keramzytu ma natomiast istotne znaczenie w przebiegu absorpcji wody w świeżej mieszance, co powoduje niepożądaną zmianę konsystencji mieszanki betonowej jeszcze przed jej zagęszczeniem. Woda wchłonięta przez keramzyt wpływa także na proporcje zarobu przy dozowaniu masowym. Dodatkowo duża zmienność gęstości nasypowej keramzytu wymaga bieżącej kontroli laboratoryjnej w celu zachowania proporcji składników mieszanek. Te specyficzne uwarunkowania zwią-

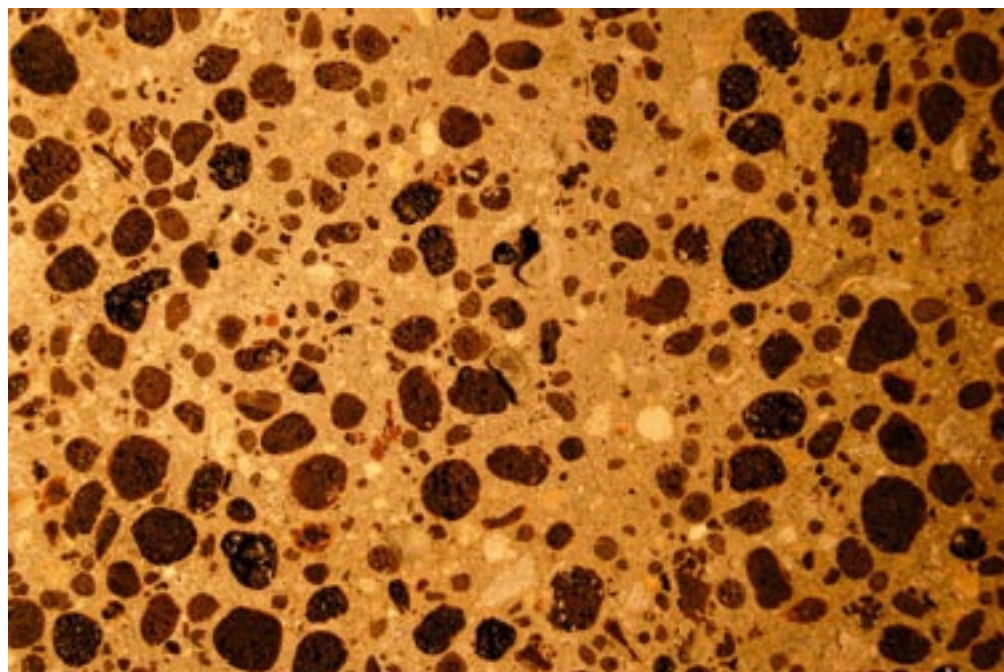


Fot. 3. Wygląd mieszanki SDC wyprodukowanej w zakładzie

fot. Archiwum

fot. Archiwum

Fot. 4. Przekrój próbki betonu SDC



zane z produkcją lekkich betonów keramzytowych wymagały wprowadzenia do produkcji mieszanek odpowiednich środków zaradczych. Cały proces produkcji mieszanek betonowych jest w pełni zautomatyzowany i skomputeryzowany – dozowanie kruszywa keramzytowego odbywa się metodą objętościową, pomiar wilgotności kruszyw naturalnych wykonywany jest na bieżąco z wykorzystaniem sond wilgotnościowych, pomiar konsystencji mieszanek odbywa się w mieszalniku przy wykorzystaniu odpowiedniego oprogramowania bazującego na obciążeniu silnika mieszalnika. W realizowanej produkcji stosuje się kruszywo keramzytowe w stanie powietrzno-suchym. Ilość dozowanej wody w mieszankach ostatecznie jest zawsze ograniczona uzyskaniem założonej konsystencji betonu. Produkcja elementów prefabrykowanych odbywa się z wykorzystaniem pięciu rodzajów betonów

lekkich klasyfikowanych wg PN-EN 206-1:2003, z podziałem na klasy wytrzymałości i gęstości: LC12/13/D1,4; LC16/18/D1,6; LC16/18/D1,8; LC20/22/D1,8; LC20/22/D2,0, wykorzystywane są również betony zwykłe, do klasy wytrzymałości C50/60. Produkcja odbywa się z mieszanek w klasach konsystencji S4 i S5.

#### Materiały i wyniki badań

Z uwagi na wymóg szybkiego rozformowywania elementów (po ok. 18 h) i możliwości wykorzystania innego rodzaju cementu zastosowano superplastyfikator najnowszej generacji, bazujący na eterach polikarboksylianowych Glenium ACE 430. Domieszka ta nie tylko umożliwiła znaczną redukcję wody przy zachowaniu wysokiej wymaganej dla betonów samozagęszczalnych płynności, ale dodatkowo idealnie sprawdza się w sytuacjach, w których bardzo wczesna wytrzymałość na ściskanie jest kluczowa dla zachowania ciągłości procesu produkcyjnego. Domieszka, która miała spełniać kluczową rolę, był innowacyjny modyfikator lepkości Rheomatrix.

Aby wypuklić możliwości zastosowanej chemii budowlanej, dodatkowo standardowo wykorzystywany cement CEM I 52,5 zastąpiono cementem CEM II 42,5 R A-LL oraz użyto popiołów lotnych. W tabeli nr 1 zestawiono skład w  $\text{kg/m}^3$  i właściwości porównawczego betonu SDC i recepty produkcyjne dla wybranej najczęściej stosowanej klasy keramzytobetonu.

Problemem bardzo istotnym w kształtowaniu urabialności lekkich mieszanek keramzytowych jest segregacja składników. Stabilność mieszanek oceniano wizualnie na podstawie rozplywu mieszanki wyptywającej ze stożka Abramsa. Na zdjęciu 3 widać, że nie zaobserwowano ani wytrącania się wody zarobowej z mieszanki, ani segregacji, co potwierdza odporność mieszanki uzyskaną dzięki domieszce RheoMATRIX. Dodatkowo w ramach prowadzonej kontroli produkcji ocenę segregacji mieszanek przeprowadzano na podstawie przekrojów próbek. Na fotografii 4 przedstawiono przekrój

|   | LC16/18/ D1,6 PRAEFA Referencyjna | LC16/18/D1,6-SDC      |
|---|-----------------------------------|-----------------------|
|   | Ilość $\text{kg/m}^3$             | Ilość $\text{kg/m}^3$ |
| CEM I 52,5 R  | 300                               | -----                 |
| CEM II/A-LL 42,5R   | -----                             | 300                   |
| Popiół lotny  | -----                             | 150                   |
| Piasek 0-2  | 605                               | 560                   |
| żwir 2-8  | 345                               | 200                   |
| keramzyt- liapor 1-4  | 80                                | 80                    |
| keramzyt -liapor 4-8  | 98                                | 115                   |
| Superplastyfikator (typ Glenium ACE)  | 1,2                               | 2,4                   |
| Domieszka napowietrzająca   | 0,3                               | -----                 |
| RheoMATRIX  | -----                             | 0,6                   |
| <b>Właściwości świeżej mieszanki</b>  |                                   |                       |
| Rozplyw stożka  | -----                             | 68-73 cm              |
| Opad stożka   | 20 -24 cm                         | -----                 |
| <b>Wytrzymałość na ściskanie (próbka cylindryczna o wymiarach 15x30 cm)</b> |                                   |                       |
| po 1 dniu – średnia z trzech  | 9,8                               | 12,4                  |
| po 7 dniach – średnia z trzech  | 20,4                              | 24,2                  |
| po 28 dniach – średnia z trzech   | 21,3                              | 29,9                  |



Fot. 5. Realizacja hotelu w Toruniu z elementów prefabrykowanych wykonanych w technologii SDC

próbki betonu SDC z kruszywem keramzytowym. Uzyskane wyniki badań prowadzonych w trakcie testów póltechnicznych okazały się na tyle zadowalające, że producent zdecydował o wprowadzeniu nowych mieszanek do produkcji przemysłowej. Nowe mieszanki SDC zostały zastosowane między innymi w dużej realizacji hotelu w Toruniu. Elementy wyróżniały się jakościowo dobrą powierzchnią, która nie wymagała dodatkowego szpachlowania (fot. 5). Zaobserwowano również znaczącą poprawę jakości powierzchni zacieranej elementów ściennych.

#### Podsumowanie

Pomyślne wdrożenie nowej technologii związane jest z dużym zainteresowaniem i poparciem kierownictwa zakładu do ciągłego doskonalenia procesów produkcyjnych i szukania nowych rozwiązań technologicznych. Krótkie szkolenie personelu pozwoliło na bezproblemowe wdrożenie nowej technologii do produkcji, a dokładność, z jaką prowadzone jest przygotowanie form i proces wbudowywania mieszanki, zwraca się wielokrotnie poprzez brak konieczności szpachlowania i naprawiania gotowych elementów. Trzeba w tym miejscu podkreślić również znaczącą rolę kierownictwa zakładu prefabrykacji, które poprzez swą otwartość na innowacyjne procesy zapewnia nie tylko większą zyskowność zakładu, ale również przyjazne środowisko pracy. Warty podkreślenia jest fakt, iż na podstawie wielomiesięcznej produkcji nie zaobserwowano ujemnego wpływu zmian temperatury i składu kruszywa na jakość elementów.

Wyniki badań świeżej mieszanki betonowej i betonu stwardniałego w pełni potwierdziły przydatność nowych mieszanek SDC w produkcji elementów prefabrykowanych w Praefa Sp. z o.o. Przy zastosowaniu cementu CEM II/A-LL 42,5 R w produkcji elementów koszt surowcowy mieszanki pozostał na niezmiennym poziomie, natomiast znacznej redukcji uległy koszty mające nie mniejszy wpływ na cenę końcowego wyrobu, takie jak:

- zwiększenie wydajności

- optymalizacja kosztów ogrzewania
- podniesienie estetyki i trwałości wyrobów
- eliminacja wibrowania (czynnika szkodliwego dla pracowników).

Specjalnie modyfikowane superplastyfikatory, mające na celu poprawę parametrów wytrzymałościowych betonu, oraz innowacyjne domieszki modyfikujące lepkość mogą odegrać fundamentalną rolę w kształtowaniu odporności mieszanki betonowej na zmiany w składzie wywołane zróżnicowanymi właściwościami materiałów. Poza tym mogą być kluczowym składnikiem umożliwiającym zminimalizowanie zużycia materiałów, szczególnie drobnociarnistych, co zaspokaja zarówno aktualne potrzeby producenta jak i przyszłych pokoleń, dzięki inteligentnemu, zrównoważonemu podejściu.

**mgr inż. Waldemar Maciejewicz**  
**mgr inż. Przemysław Gemel**  
**BASF Polska Sp. z o.o.**

Fot. 6. Zdjęcie gotowych elementów ściennych

