

Nowy produkt poprawia stabilność i jednorodność betonu ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej lub spoiwa cementowego

■ Nicoletta Zeminian i Sandro Moro, Master Builders Solutions, Włochy

Wyczerpywanie się zasobów naturalnych jest obecnie niepokojącym globalnym problemem. Ponieważ na świecie produkuje się coraz więcej betonu, aby sprostać wzrostowi liczby ludności i rosnącej urbanizacji, branża budowlana stoi przed wyzwaniem odpowiedzialnego wykorzystania zasobów naturalnych. Unikanie odpadów i wykorzystywanie lokalnie dostępnych materiałów w celu maksymalnego skrócenia dróg transportowych pomoże sprostać globalnym wyzwaniom w zakresie ochrony środowiska i zrównoważonego rozwoju. MasterMatrix LF to nowa domieszka stabilizująca opracowana przez Master Builders Solutions w celu poprawy stabilności i jednorodności betonu. MasterMatrix LF może skompensować niedobór od 50 do 70 kg frakcji drobnej (cząstki o średnicy < 250 µm) albo od 30 do 40 litrów spoiwa cementowego na metr sześcienny betonu. „LF” w nazwie oznacza „niską zawartość frakcji drobnej (low fines)”.

Powszechnie przyjmuje się, że „dobry” beton wymaga pewnej ilości frakcji drobnej, która pozwala osiągnąć pożądaną jakość, tj. jednorodną konsystencję, dzięki której możliwe jest łatwe układanie, pompowanie i wygładzanie mieszanki betonowej. Mieszanka betonowa zawierająca zbyt mało frakcji drobnej ma tendencję do segregacji i słabej pompowności. W takim przypadku układanie betonu w szalunku i wygładzanie powierzchni jest bardziej złożone i zajmuje więcej czasu. Tradycyjnie, idealną zawartość frakcji drobnej w betonie uzyskiwano poprzez odpowiednią kombinację poszczególnych składników, w tym cementu, piasku, wypełniacza wapiennego i dodatków mineralnych do betonu, takich jak popiół lotny i granulowany żużel wielkopiecowy. Obecnie beton często ma niewystarczającą zawartość frakcji drobnej z kilku powodów:

- Dostępność popiołu lotnego i granulowanego żużla wielkopiecowego stale maleje.
- Zawartość cementu jest zredukowana do minimum w celu zmniejszenia emisji CO₂ związanej z produkcją betonu.
- Dostępność wysokiej jakości piasku jest coraz mniejsza, co zmusza producentów betonu do szukania sposobów na wykorzystanie piasku gorszej jakości, ale łatwo dostępnego.

MasterMatrix LF zapewnia stabilność i jednorodność betonu oraz pomaga przeciwdziałać następującym nieoptymalnym sytuacjom:

- Niedobór popiołu lotnego zmusza producentów betonu do zwiększania zawartości cementu w mieszankach betonowych, co prowadzi do wzrostu związanych z tym kosztów i emisji CO₂.
- Jeśli piasek jest ubogi we frakcję drobną dlatego, że lokalnie dostępny piasek jest naturalnie ubogi we frakcję drobną, bądź dlatego, że był nadmiernie płukany, producenci betonu mają do wyboru albo dodanie droższego piasku, który zwykle musi być transportowany z większej odległości, albo alternatywnie zwiększenie zawartości cementu. Oba rozwiązania mają negatywny wpływ na cele zrównoważonego rozwoju i zwiększają koszty.
- Niedobór frakcji drobnej (popiołu lotnego lub mączki wapiennej) w betonie samozagęszczalnym (SCC) jest korygowany poprzez przedozowanie cementu lub użycie dodatkowego rodzaju wypełniacza, co zmusza producenta do zainwestowania w dodatkowy silos. MasterMatrix LF pozwala uniknąć wyższej zawartości cementu lub wypełniacza w betonie, co daje wyraźną przewagę pod względem kosztów.
- Wykorzystanie cementów o niskiej zawartości klinkieru rośnie, napędzane celami zrównoważonego rozwoju. Aby uzyskać określoną wytrzymałość na ściskanie, zawartość wody jest zmniejszana w coraz większym stopniu – trend ten jest coraz częściej obserwowany. W takich okolicznościach objętość spoiwa cementowego, która jest wyrażona całkowitą ilością wody i materiału drobnego, zmniejsza się, co ma negatywny wpływ na urabialność mieszanki betonowej. Domieszka MasterMatrix LF została opracowana w celu zapewnienia stabilności betonu o niskiej zawartości klinkieru i obniżonej zawartości wody.

Tabela 1: Skład betonu i wyniki badań.

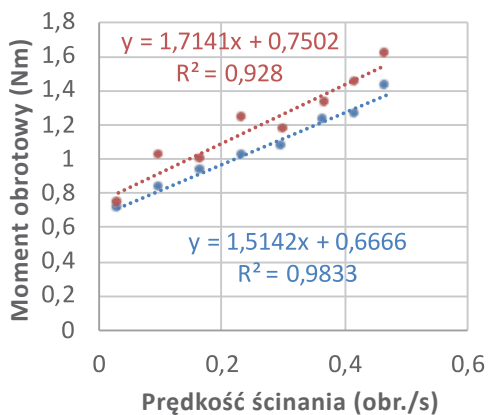
	Beton referencyjny (kg/m ³)	Beton ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej (kg/m ³)
CEM II/B-M 42,5 R	270	270
Piasek	925	955
Kruszywo (łamane) D _{max} 20 mm	1 045	1 045
Mączka wapienna	30	-
Woda	155	155
Domieszka upłynniająca	1,7	1,5
MasterMatrix LF	-	1,0
Gęstość (kg/m ³)	2 457	2 447
Początkowy opad stożka (mm)	200	200
Początkowa zawartość powietrza (%)	2,3	3,3
Opad stożka po 30 min (mm)	120	130
Zawartość powietrza po 30 min (%)	2,7	3,8

MasterMatrix LF: przykłady zastosowania

MasterMatrix LF umożliwia ustawienie pożądanej lepkości, aby zapobiec niestabilności mieszanki betonowej o ograniczonej zawartości frakcji drobnej. Skuteczność domieszki została sprawdzona na dwóch przykładach, w których MasterMatrix LF wykorzystano do skompensowania zmniejszonej zawartości frakcji drobnej.

Przykład 1

W tym przykładzie mączkę wapienną w ilości 30 kg/m³ zastąpiono odpowiednią ilością kruszywa drobnego. Beton referencyjny o zawartości cementu 270 kg/m³ i mączki wapiennej 30 kg/m³ został wyprodukowany z piaskiem, w którym 16% stanowiła frakcja o wielkości ziaren poniżej 250 µm, co dało całkowitą zawartość frakcji drobnej wynoszącą 448 kg/m³. W porównaniu z nim beton ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej, w którym mączkę wapienną zastąpiono równoważną ilością piasku, miał dzięki zastosowaniu MasterMatrix LF całkowitą zawartość frakcji drobnej 423 kg/m³, co oznacza redukcję frakcji drobnej o 25 kg/m³. W tabeli 1 przedstawiono skład betonu i wyniki badań właściwości mieszanki betonowej. ▶



- Beton referencyjny
- Beton ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej

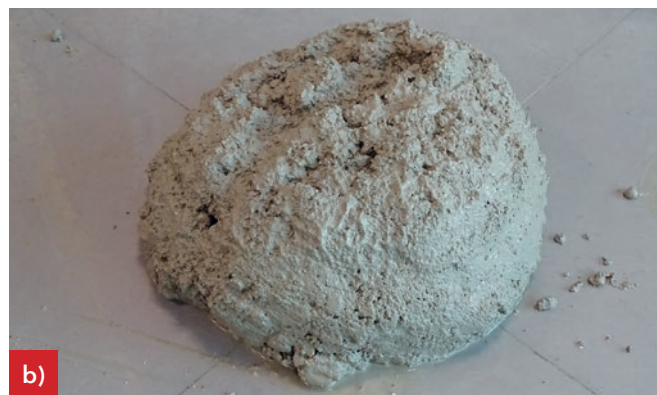
1. Parametry reologiczne.



- Półautomatyczne i automatyczne systemy do wytwarzania produktów betonowych zarówno w technologii dry-cast, jak i wet-cast
- Formy do produktów betonowych w technologii dry-cast i wet-cast dla firm produkujących prefabrykaty

Tabela 2: Uzupełniające wyniki badań do rysunku 1.

	Beton referencyjny	Beton ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej
Granica plastyczności (Pa)	157	204
Lepkość plastyczna (Pa*s)	55	64



2. a) Beton referencyjny b) Beton ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej.

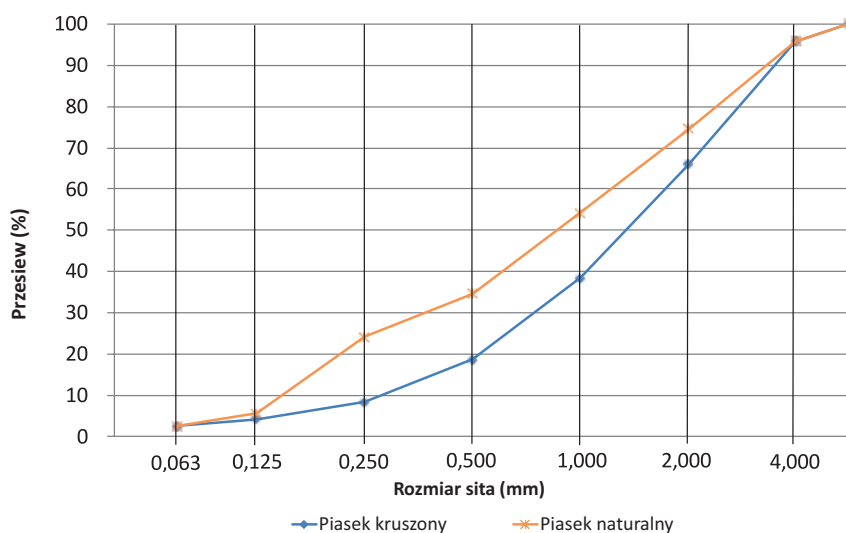
W mieszance o niskiej zawartości frakcji drobnej dodanie MasterMatrix LF zapewniło pożądaną stabilność przy niewielkim wzroście lepkości plastycznej. Ten parametr reologiczny został określony przy użyciu reometru EBTv firmy Schleibinger Geräte AG, który służy do odczytu momentów obrotowych przy różnych prędkościach ścinania. Dane zostały interpolowane i przeanalizowane przy użyciu modelu Binghama zmodyfikowanego równaniami Reintera-Riwlina. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 1 i w tabeli 2.

Obie mieszanki betonowe nie wykazują istotnych różnic i mają stosunkowo podobną konsystencję, co widać na rysunku 2.

Badania porównawcze zakończono pomiarem wytrzymałości na ściskanie. Po zbadaniu urabialności, dla każdej mieszanki betonowej wyprodukowano sześć kostek o wymiarach 150 x 150 x 150 mm³ i rozformowano je po 24 godzinach. Dwie kostki zostały zbadane natychmiast po rozformowaniu, podczas gdy pozostałe cztery były przechowywane w temperaturze 20°C i przy wilgotności względnej >95%. Po 7 i 28 dniach określano wytrzymałość kolejnych dwóch kostek. Tabela 3 pokazuje, że wytrzymałość na ściskanie dla obu mieszanek betonowych jest bardzo podobna, zgodnie z oczekiwaniami, ponieważ obie mieszanki zawierały takie same ilości cementu i wody. Wyniki pokazują, że MasterMatrix LF nie wpływa na właściwości mechaniczne stwardniałego betonu. ▶

Tabela 3: Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie.

	Wytrzymałość na ściskanie, 24h (MPa)	Wytrzymałość na ściskanie, 7d (MPa)	Wytrzymałość na ściskanie, 28d (MPa)
Beton referencyjny	16,6	31,9	37,3
Beton ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej	15,2	28,7	37,5



3. Rozkład wielkości ziaren dwóch różnych piasków.



Sterowanie **OMNIVIB**

Beton najwyższej jakości

Inteligentny system zagęszczania betonu, którego nowy osprzęt można łatwo podłączyć do istniejących instalacji

Łatwa adaptacja

Siła wibrująca i częstotliwość wibracji dają się zaadaptować do wstrząsarek bez konieczności dokonywania ustawień

Łatwa obsługa

Różne rodzaje i wersje wstrząsarek sterowanych unikalnymi sterownikami

BRECON GmbH · Telefon +49 221 9544270 · Fax +49 221 9544277 · info@brecon.de · www.brecon.de



BRECON
smart vibration technology

Tabela 4: Skład betonu referencyjnego, betonu ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej bez MasterMatrix LF i betonu ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej z MasterMatrix LF.

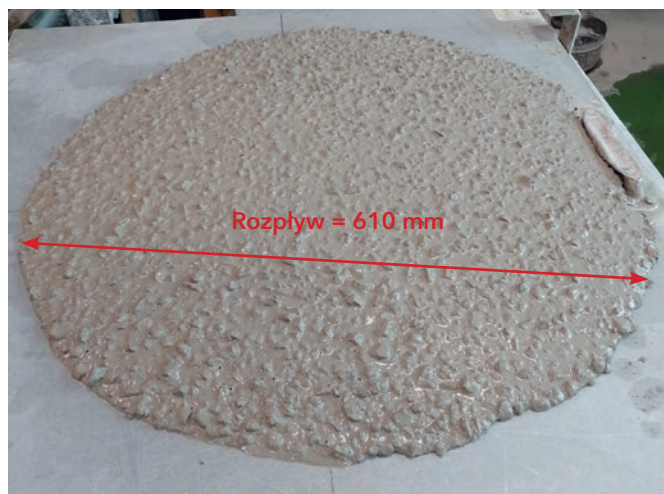
kg/m ³	Beton referencyjny	Beton ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej	Beton ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej + MasterMatrix LF
CEM II/A-M (V-LL) 42.5 R	320	320	320
Piasek naturalny	384	-	-
Piasek kruszony	384	757	757
Kruszywo łamane 10	374	376	376
Kruszywo łamane 20	749	751	751
Woda	186	186	186
Domieszka upłynniająca	4,0	6,0	6,0
MasterMatrix LF	-	-	1,0
Zawartość materiału drobnego < 0,125mm	444	382	382
Zawartość powietrza (%)	3,6	3,2	4,2



4. Beton referencyjny.



5. Beton ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej bez MasterMatrix LF.



6. Beton ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej z MasterMatrix LF.

Przykład 2

Drugi przykład to sytuacja, w której producenci betonu z powodu niedoboru piasku naturalnego zwiększyli zawartość kruszonego kruszywa drobnego (piasku kruszonego), co doprowadziło do zmniejszenia stabilności betonu. Różnica w rozkładzie wielkości ziaren tych dwóch rodzajów piasku została przedstawiona na rysunku 3, przy czym w przypadku piasku kruszonego większa część ziaren pozostała na sicie 250 µm. Moduł miąłkości piasku naturalnego wynosił 3,11, a piasku kruszonego 3,69.

Aby podkreślić działanie MasterMatrix LF jako domieszki poprawiającej właściwości reologiczne, piasek naturalny w recepturze mieszanki betonowej został całkowicie zastąpiony piaskiem kruszonym. Skład 1) betonu referencyjnego, 2) betonu ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej bez MasterMatrix LF

PERFECT 

FORMING TECHNOLOGY

W pełni zautomatyzowana **PRODUKCJA STUDNI I RUR** od światowego lidera technologii

To automatyczne procesy napędzają Twój sukces. Jako globalny lider technologii **odlewnia z betonu samozagęszczalnego oraz wibroprasowania chcemy zostać Twoim partnerem w rozwoju i automatyzacji.**

Od ponad 40 lat dostarczamy rewolucyjne innowacje dla wydajnej produkcji.

W przyszłości będziesz potrzebować najlepszych specjalistów do uzyskania maksymalnej efektywności.



Porozmawiajmy o Twoim sukcesie.



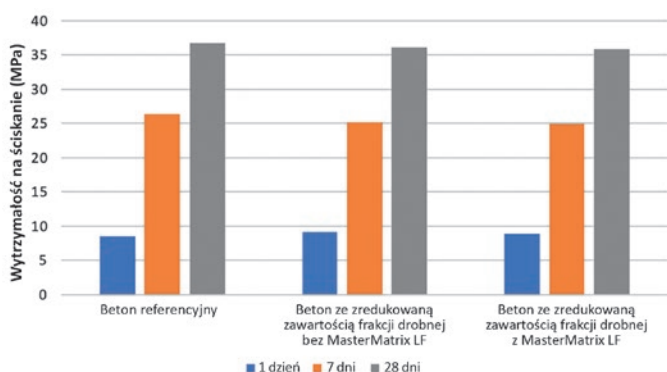
+43 7735 7144-0



sbm@sbm.at



sbm.at



7. Przyrost wytrzymałości na ściskanie betonów.

i 3) betonu ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej z MasterMatrix LF podsumowano w tabeli 4.

Mieszanki betonowe analizowano poprzez pomiar konsystencji początkowej zgodnie z normą EN 12350-5 (rozptyw) oraz zawartości powietrza. Ponadto wykonano zdjęcia w celu udokumentowania ewentualnej segregacji lub niestabilności. Na koniec wyprodukowano 6 kostek o wymiarach 150 x 150 x 150 mm³ w celu określenia wytrzymałości na ściskanie po 1, 7 i 28 dniach.

Mieszanki betonowe miały prawie taką samą konsystencję (rozptyw ≈ 600 mm), ale beton ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej bez MasterMatrix LF charakteryzował się wyciekaniem zaczynu na krawędziach, co jest objawem niestabilności. Po zastosowaniu MasterMatrix LF nie zaobserwowano już segregacji spoiwa cementowego, a ogólny wygląd betonu był porównywalny z betonem referencyjnym.

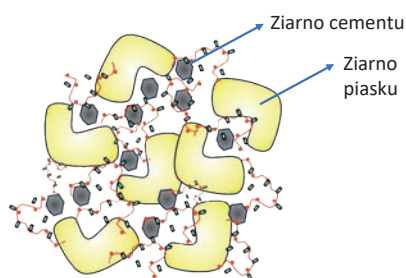
Zmierzona zawartość powietrza w betonie ze zredukowaną zawartością frakcji drobnej z MasterMatrix LF była nieco wyższa niż w betonie referencyjnym. Niemniej jednak nadmiar powietrza jest skutecznie usuwany z mieszanki betonowej podczas procesu zagęszczania, o czym świadczą zmierzone wartości wytrzymałości na ściskanie (rys. 7).

Mechanizm działania MasterMatrix LF

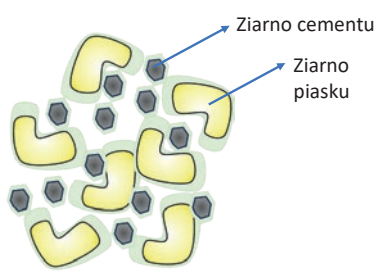
Skuteczność MasterMatrix LF jest zapewniona przez synergiczne połączenie dwóch trybów działania, wyjaśnionych w dalszej części artykułu.

Optymalizacja reologiczna

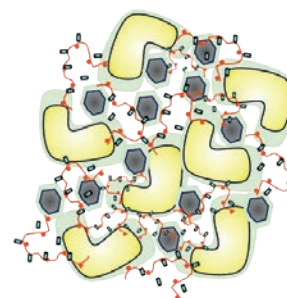
Optymalizację reologiczną zapewniają specjalnie dostosowane polimery, które gwarantują stabilność i jednorodność



8. Mechanizm, część 1 - sieć.



9. Mechanizm, część 2 - efekt trybologiczny.



10. Kombinacja obu mechanizmów.

mieszanki betonowej przy niewielkim wzroście lepkości plastycznej. Wiele konwencjonalnych środków modyfikujących lepkość, takich jak etery celulozy, zapewnia lepszą jednorodność, ale ma tę wadę, że znacznie zwiększa lepkość betonu. MasterMatrix LF powoduje rozrzedzenie mieszanki pod wpływem ścinania, dzięki czemu może ona łatwo płynąć, gdy tylko ruch zostanie zainicjowany. W porównaniu z konwencjonalnymi środkami modyfikującymi lepkość, nowa cząsteczka polimeru tworzy sieć, która łączy wszystkie cząsteczki (rys. 8). Ta siła mostkująca zależy od intensywności ścinania wywieranego na mieszankę betonową. Jeśli intensywność ścinania jest niska, segregacji cięższych cząstek zapobiega wzrost lepkości plastycznej. Gdy intensywność ścinania wzrasta, sieć częściowo się rozluźnia, co prowadzi do zmniejszenia lepkości mieszanki betonowej. W praktyce efekt ten nadaje mieszance betonowej pożądane właściwości reologiczne w trakcie całego procesu produkcyjnego, od betonowania aż do ukończenia produkcji.

Efekt trybologiczny z tarcieniem/rozproszeniem energii

Efekt smarowania działa podobnie jak w mechanicznych łożyskach kulkowych. MasterMatrix LF pokrywa cząstki stałe w mieszance betonowej, aby zmniejszyć tarcie między cząstkami i rozproszyć energię tarcia (rys. 9).

Podsumowanie

MasterMatrix LF to innowacyjne rozwiązanie firmy Master Builders Solutions poprawiające jednorodność i stabilność mieszanki betonowej oraz zapewniające jej doskonałą pompowalność i „układalność”, gdy krzywa przesiewu materiałów jest uboga we frakcję drobną. Korzyści ze stosowania MasterMatrix LF są wielorakie i obejmują redukcję emisji CO₂, lepsze wykorzystanie zasobów naturalnych, zmniejszenie złożoności produkcji betonu oraz, co nie jest bez znaczenia, redukcję kosztów. ■

WIĘCEJ INFORMACJI



Master Builders Solutions Deutschland GmbH
 Glücksteinallee 43-45
 68163 Mannheim, Niemcy
www.master-builders-solutions.com