

Gliwice, 10.11.2020 r.

Arkadiusz Janic
Katedra Procesów Budowlanych i Fizyki Budowli
Wydział Budownictwa
Politechnika Śląska

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt.:

„UWARUNKOWANIA MATERIAŁOWO – TECHNOLOGICZNE STOSOWANIA
MIELONEGO GRANULOWANEGO ŻUŻLA WIELKOPIECOWEGO JAKO DODATKU
TYPU II W SKŁADZIE BETONU”

Promotor:

prof. dr hab. inż. Zbigniew Giergiczny

Promotor pomocniczy:

dr inż. Damian Dziuk

Beton, obok stali i drewna, jest najczęściej stosowanym materiałem inżynierskim współczesnych czasów. Polityka zrównoważonego rozwoju, opierająca się na ograniczeniu śladu węglowego, ochronie złóż nieodnawialnych surowców naturalnych oraz wykorzystaniu przemysłowych produktów ubocznych, wymusza poszukiwania nowych rozwiązań mających na celu optymalizację zawartości klinkieru portlandzkiego w składzie cementu i betonu. Podczas produkcji 1 tony klinkieru portlandzkiego, stanowiącego ok. 95% składu cementu portlandzkiego CEM I, wykorzystuje się około 1,7 tony surowców naturalnych i emituje się do atmosfery około 780÷820 kg CO₂ (ilość uzależniona od poziomu technicznego linii technologicznej).

Obecnie, z ekonomicznego i ekologicznego punktu widzenia, coraz częściej stosuje się składniki inne niż klinkier portlandzki, zwane w zapisach normy PN-EN 197-1:2012 składnikami głównymi, a w normie betonowej PN-EN 206+A1:2016-12 dodatkami typu I lub II, do których należy zaliczyć: popiół lotny krzemionkowy i wapienny, granulowany żużel wielkopiecowy oraz wapień. Najszerszym przemysłowym zastosowaniem cieszą się popiół lotny krzemionkowy i granulowany żużel wielkopiecowy. Granulowany żużel wielkopiecowy jest produktem ubocznym, powstającym podczas produkcji surówki żelaza w wielkim piecu. W Polsce granulowany żużel wielkopiecowy powszechnie stosowany jest jako składnik główny w produkcji cementu: portlandzkiego żużlowego CEM II/A,B-S, portlandzkiego wieloskładnikowego w kompozycji z pozostałymi składnikami głównymi CEM II/A,B-M, cementu hutniczego CEM III/A,B,C i cementu wieloskładnikowego CEM V/A,B. Mielony granulowany żużel wielkopiecowy nie jest natomiast szeroko stosowany jako dodatek typu II w składzie betonu.

Zdaniem autora sytuacja ta jest spowodowana brakiem dostatecznej ilości badań określających wpływ żużla wielkopieczowego na właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu, zwłaszcza na trwałość kompozytu betonowego.

Celem realizowanej rozprawy było określenie uwarunkowań materiałowo-technologicznych stosowania zmielonego granulowanego żużla wielkopieczowego jako dodatku typu II w składzie betonu. Mając na uwadze szersze możliwości aplikacji proponowanych rozwiązań pokazano także możliwości równoczesnego zastosowania w składzie betonu zmielonego granulowanego żużla wielkopieczowego (ggbfs) i popiołu lotnego (FA) jako dodatków typu II.

Rozprawa doktorska zawiera:

1. Studium literaturowe opisujące:

- rodzaje dodatków stosowanych w składzie betonu;
- wymagania normowe i zasady stosowania dodatków w składzie betonu;
- właściwości mieszanki betonowej i betonu zawierającego ggbfs.

2. Badania własne obejmujące:

- określenie właściwości ggbfs i FA pod kątem zastosowania jako dodatków typu II w składzie betonu;
- wpływ właściwości ggbfs i cementu portlandzkiego CEM I na kształtowanie się wskaźnika aktywności;
- ocenę wpływu stosunku w/s ($s = \text{cement} + \text{ggbfs}$) na kształtowanie się wskaźnika aktywności;
- określenie wpływu zmiennej zawartości żużla wielkopieczowego i cementu portlandzkiego CEM I na poziom wskaźnika aktywności;
- wpływ współczynnika k , przy stosowaniu ggbfs jako dodatku typu II w składzie betonu, na właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu;
- ocenę równoczesnego zastosowania ggbfs i FA w charakterze dodatków typu II w składzie betonu;
- określenie wpływu wielkości stosunku wodno-cementowego na właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu;
- analizę aspektów środowiskowych przy stosowaniu ggbfs w składzie betonu;
- podanie uwarunkowań materiałowo-technologicznych stosowania zmielonego granulowanego żużla wielkopieczowego jako aktywnego dodatku typu II w składzie betonu.

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literaturowego można stwierdzić, że określenie uwarunkowań materiałowo-technologicznych stosowania ggbfs jako dodatku typu II w składzie betonu nie jest w pełni znane. Badań w tym zakresie, zwłaszcza w kraju, jest niewielkie. Ukazujące się do tej pory publikacje nie obrazowały w pełni wpływu ggbfs na kształtowanie się właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu. Impulsem do podjęcia badań stały się zapisy

w nowych wydaniach normy EN 206 oraz aspekty ekologiczne i ekonomiczne związane z zastosowaniem ggbfs jako dodatku typu II w składzie betonu.

W celu określenia uwarunkowań materiałowo-technologicznych stosowania ggbfs jako dodatku typu II w składzie betonu oceniono wpływ czynników kształtujących aktywność hydrauliczną ggbfs oraz wpływ właściwości i ilości ggbfs na właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu. Dokonano również oceny możliwości równoczesnego zastosowania ggbfs i FA w składzie betonu, która służyła sprawdzeniu jak ewentualny efekt synergii zastosowanych składników kształtuje trwałość kompozytów cementowych. Przedstawiono również aspekty środowiskowe stosowania ggbfs w stwardniałych betonach.

Wyniki badań własnych potwierdziły, że ggbfs spełniając wymagania normy PN-EN 15167-1:2007 oraz charakteryzując się dużą stabilnością właściwości fizycznych, składu chemicznego i fazowego, jest pełnowartościowym dodatkiem typu II mogącym być zastosowanym w składzie betonu. Aktywność ggbfs jest uzależniona od stopnia przemiana (aktywacja mechaniczna), składu chemicznego oraz zawartości fazy szklistej.

Analiza uzyskanych wyników badań dla krajowego ggbfs pokazała, że zalecana normą PN-EN 206+A1:2016-12 „Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność” wielkość współczynnika k 0,6 jest zbyt niska. Przy powierzchni właściwej żużla ok. 4000 cm²/g zalecana wielkość współczynnika k wynosi 0,8. Ponadto stwierdzono, że ggbfs może być stosowany wraz z FA jako dodatek typu II. W takim przypadku zaleca się przyjmowanie wielkości współczynnika k na poziomie 0,6.

Ggbfs może być składnikiem betonu szeroko stosowanego w budownictwie. Właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu można kształtować poprzez zmianę ilości ggbfs w składzie betonu, dobór odpowiedniego stosunku w/s oraz właściwe napowietrzenie (działanie niezbędne w przypadku produkcji betonów mrozoodpornych). Obniżenie stosunku w/s pozwala na wykorzystywanie betonów zawierających ggbfs we wszystkich obszarach budownictwa, począwszy od prefabrykacji poprzez produkcję betonów wysokowytrzymałościowych, mostowych, nawierzchniowych, a skończywszy na konstrukcjach masywnych (szczególnie zalecane jest stosowanie z popiołem lotnym) i tradycyjnym betonie zwykłym.

Stosowanie ggbfs i FA jako dodatków typu II w składzie betonu, wpisuje się strategię zrównoważonego rozwoju, pozwala bowiem na produkcję użytecznych i trwałych betonów o niskiej emisyjności CO₂ (betony o niskiej zawartości klinkieru portlandzkiego) i ograniczenie wydobycia nieodnawialnych naturalnych surowców mineralnych.