

ZASTOSOWANIE AKTYWOWANEGO POPIOŁU LOTNEGO Z KOTŁÓW O SPALANIU FLUIDALNYM FLUBET® JAKO DODATKU DO BETONÓW

Michał A. Glinicki

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, Warszawa

STRESZCZENIE

W referacie przedstawiono sposób wykorzystania popiołów lotnych ze spalania paliw stałych w kotłach fluidalnych jako wartościowych składników betonów cementowych. Zastosowanie popiołów fluidalnych w betonach umożliwia ich mechaniczną aktywację metodą EMDC, opatentowaną przez firmę Energomar-Nord, oraz opracowana technologia ich użycia. Produkt przetworzenia lotnych popiołów fluidalnych ma nazwę Flubet®.

Przedstawiono wyniki badań właściwości betonów cementowych z dodatkiem Flubet. Aktywowany mechanicznie popiół lotny z kotłów fluidalnych EC „Żerań” w Warszawie, EC II Bielsko-Biała, „Polpharma” w Starogardzie Gdańskim oraz Elektrowni „Turów” stosowano jako dodatek do betonu zastępujący część cementu. Badania właściwości mieszanek betonowych oraz wytrzymałości i trwałości betonów wykazały zasadnicze korzyści techniczne i ekonomiczne wynikające z zastosowania tego dodatku. Omówiono przykłady prototypowych aplikacji betonów z dodatkiem Flubet® w budownictwie, obejmujące nawierzchnie drogi lokalnej, produkcję betonów towarowych na konstrukcje żelbetowe i produkcję prefabrykatów drobnowymiarowych. Stosowanie dodatku Flubet® w betonach odbywa się na podstawie dwóch Aprobatach Technicznych.

SŁOWA KLUCZOWE: popiół lotny, spalanie fluidalne, zagospodarowanie odpadów, beton, trwałość, wytrzymałość

WPROWADZENIE

Popioły lotne powstające przy spalaniu węgla podczas wytwarzania energii elektrycznej są wykorzystywane w przemyśle materiałów budowlanych, m.in. jako dodatek do cementów oraz jako dodatek do betonów cementowych. Profesor Adam Neville, światowy autorytet w dziedzinie technologii betonu, napisał o popiołach lotnych: „...nie jest to tani substytut cementu, ani wypełniacz, ani dodatek do mieszanki. Popioły lotne nadają ważne dodatnie cechy betonom i dlatego istotne jest zrozumienie ich roli i wpływu na kształtowanie się właściwości użytkowych betonu...”. Racjonalne stosowanie popiołów jako składników tzw. cementów popiołowych i pucolanowych wymaga spełnienia wymogów normy PN-B-19701:1998. Norma europejska EN 450:1994, przyjęta w roku 1998 jako norma polska, określa natomiast wymagane właściwości popiołów lotnych stosowanych jako dodatki do betonu.

Powszechne zastosowania popiołów lotnych w cementach i betonach nie dotyczą jak dotąd popiołów z kotłów o spalaniu fluidalnym. Normowe definicje i określenia popiołów do betonu, sformułowane przed laty, nie obejmują popiołów fluidalnych ze względu na niską zawartość reaktywnej krzemionki oraz wysoką zawartość bezwodnika kwasu siarkowego i wolnego tlenu wapnia. Chociaż popioły fluidalne zmieszane tylko z wodą wykazują cechy spoiwa, procesom zestalania mas popiołowo-wodnych towarzyszy powolna ekspansja objętościowa, która może sięgać kilku procent i doprowadzić do pęknięcia masy i wzrostu jej wodoprzepuszczalności. Dlatego stosowanie popiołów fluidalnych w betonach wymagało podjęcia intensywnych prac badawczych, aby udowodnić wytrzymałość i trwałość materiałów przeznaczonych do stosowania w budownictwie.

Celem referatu jest przedstawienie wyników badań właściwości betonów cementowych z dodatkiem aktywowanych mechanicznie popiołów lotnych ze spalania węgla w kotłach fluidalnych. Mechaniczna aktywacja popiołów fluidalnych według opisu patentowego [1] polega na rozbiciu agregatów na pojedyncze cząstki popiołu oraz wywołaniu defektów strukturalnych na powierzchniach cząstek. Dzięki temu uzyskuje się nieznaną dotąd możliwość wykorzystania popiołów z kotłów fluidalnych jako wartościowych surowców do produkcji betonów, zastępujących część masy cementu w masie spoiwa. Właścicielem patentu na sposób i urządzenie do mechanicznej aktywacji popiołów z kotłów energetycznych z paleniskiem fluidalnym jest firma Energomar-Nord, a aktywowany mechanicznie popiół lotny z takich kotłów ma nazwę handlową Flubet®. W referacie omówiono zarówno badania doświadczalne efektów stosowania dodatku Flubet na wytrzymałość i trwałość betonów, jak też przykłady prototypowych zastosowań w nawierzchniach z betonu, w konstrukcyjnych elementach żelbetowych i w prefabrykacjach.

ZAKRES BADAŃ DOŚWIADCZALNYCH

Szczegółowy zakres badań doświadczalnych podano w publikacjach [2]-[4]. Stosowano następujące materiały:

- cementy CEM I 32,5 z cementowni Strzelce Opolskie, Rudniki i Chełm,
- kruszywa w postaci lokalnie dostępnego piasku kopalnego 0-2mm oraz żwiru frakcji 2-8mm i frakcji 8-16mm,
- domieszki chemiczne: „Betostat” – o działaniu uplastyczniająco-napowietrzającym, w niektórych przypadkach „Lubet”, „Skorbet” i „Zimobet 334” (wszystkie domieszki stosowane na rynku budowlanym na podstawie odpowiednich aprobat technicznych ITB),
- Flubet : aktywowany mechanicznie popiół lotny z kotłów fluidalnych w EC „Żerań” w Warszawie, EC II Bielsko-Biała – Czechowice Dziedzice, „Polpharma” w Starogardzie Gdańskim i w Elektrowni Turów w Bogatyni.

Mechaniczna aktywacja popiołów fluidalnych przeprowadzona została w skali przemysłowej w urządzeniu o wydajności 12 tys. ton rocznie, zainstalowanym przy wytwórni betonu towarowego. Skład chemiczny i właściwości fizyczne Flubetu podane zostały w publikacjach [2] i [3].

Zaprojektowano składy rozmaitych mieszanek betonowych z wybranych materiałów i wykonano zaroby laboratoryjne, określając konsystencję mieszanki betonowej metodą stożka opadowego, jej gęstość objętościową i temperaturę, a także wykonując próbki sześcienne do badań wytrzymałości i trwałości betonów. Badania wytrzymałości na ściskanie przeprowadzono w różnym czasie od wykonania betonu, w okresie od 7 do 90 dni, a w niektórych seriach próbki poddano też badaniom po upływie 1 roku i 2 lat. Badania mrozoodporności betonu metodą zwykłą według normy PN-88/B-06250 przeprowadzono w automatycznej komorze chłodniczej. Określenie wodoszczelności betonów przeprowadzono zgodnie z tą normą przy założonym ciśnieniu wody do 0,8 MPa. Większość badań wykonano w laboratorium Hydrobudowa-1 Betoniarnia-Laboratorium w Warszawie. Dodatkowo wykonane zostały badania wpływu Flubetu na stopień ochrony zbrojenia stalowego w betonie w ramach zleconych badań do celów aprobat technicznych.

WYNIKI BADAŃ WŁAŚCIWOŚCI BETONU Z DODATKIEM FLUBET

Wpływ dodatku Flubet na właściwości betonu oceniano wykonując mieszanki betonowe, w których konsekwentnie zastępowano część masy cementu portlandzkiego równoważną masą Flubetu. Mieszanki betonowe z dodatkiem Flubet i mieszanki betonowe wzorcowe wykonano przy jednakowej konsystencji mieszanki betonowej, określonej metodą stożka opadowego. W większości badań dodatkiem Flubet zastępowano do 20% masy cementu.

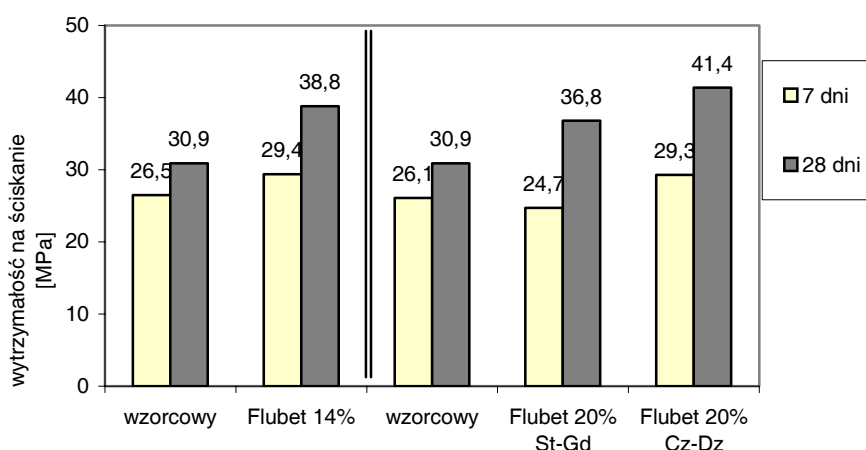
W Tabelicy 1 zestawiono najważniejsze składniki i właściwości badanych mieszanek betonowych: mieszanek wzorcowych i mieszanek z dodatkiem Flubet, zastępującym część masy cementu portlandzkiego (szczegóły podano w pracach [2] i [3]). Stwierdzony wzrost wytrzymałości betonu z 14%-ową zawartością Flubetu w porównaniu do betonu wzorcowego wynosił ok. 11% po 7 dniach i ok. 26% po 28 dniach (Rys.1). Oba porównywane betony osiągnęły wysoki stopień wodoszczelności W8. Ponadto próbki betonu z 14%-ową zawartością dodatku Flubet wykazywały mniejszą o 18% głębokość wsiąkania wody w próbie wodoszczelności oraz 24%-owy wzrost wytrzymałości na rozłupywanie betonu w porównaniu do betonu wzorcowego.

Rys.1 ilustruje również wpływ pochodzenia popiołu fluidalnego poddanego mechanicznej aktywacji na wytrzymałość betonu po upływie 7 dni i 28 dni od wykonania betonu. Flubet z kotłów fluidalnych w Starogardzie Gdańskim i Czechowicach-Dziedzicach zastosowano w mieszankach betonowych oznaczonych R-164/2000 i R-165/2000 w Tabelicy 1. Stwierdzono znaczny przyrost wytrzymałości na ściskanie betonu

wskutek zastosowania Flubetu, wynoszący po 28 dniach od 19 % do 34%, przy prawie jednakowej wytrzymałości po 7 dniach.

Tablica 1 Zestawienie badanych mieszanek betonowych (szczegóły podano w [2] i [3])

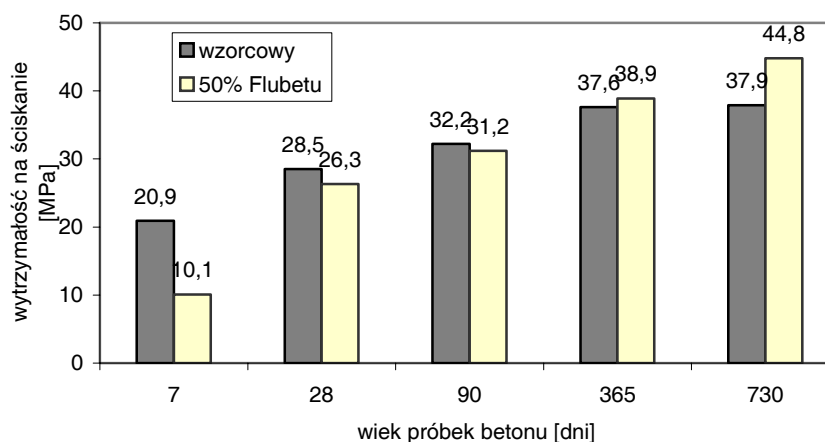
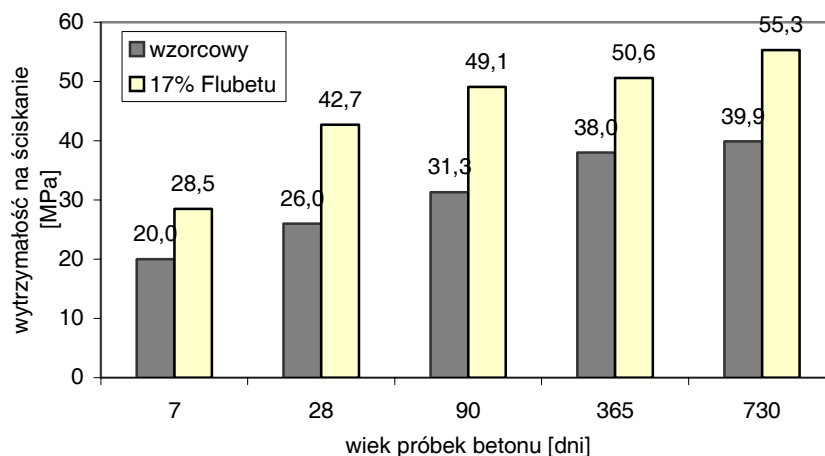
Ozn. Recepty	Określenie mieszanki	Rodzaj domieszki	Zawartość cementu [kg/m ³]	Zawartość dodatku Flubet [kg/m ³]	Wskaźnik w/(c+p)	Konsystencja – opad stożka [mm]
R-60/98	wzorcowa	Betostat	339	-	0,497	190
R-59/98	Flubet 14%	Betostat	304	50	0,513	190
R-106/98	wzorcowa	-	357	-	0,524	130
R-107/98	Flubet 20%	Betostat	293	48	0,478	160
R-163/2000	wzorcowa	Betostat	325	-	0,538	180
R-164/2000	Flubet 20% -St.Gdański	Betostat	272	68	0,620	180
R-165/2000	Flubet 20% -Cz.Dz.	Betostat	274	69	0,586	180
R-193/98	wzorcowa	-	356	-	0,610	160
R-194/98	Flubet 17%	Betostat	298	60	0,532	160
R-1/99	wzorcowa	-	346	-	0,645	130
R-2/99	Flubet 50%	Betostat	173	173	0,647	140



Rys.1 Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie próbek betonów nr R-60/98 i R-59/98 oraz nr R-163/2000, R-164/2000 i R-165/2000 według opisu w Tabl.1 [3]

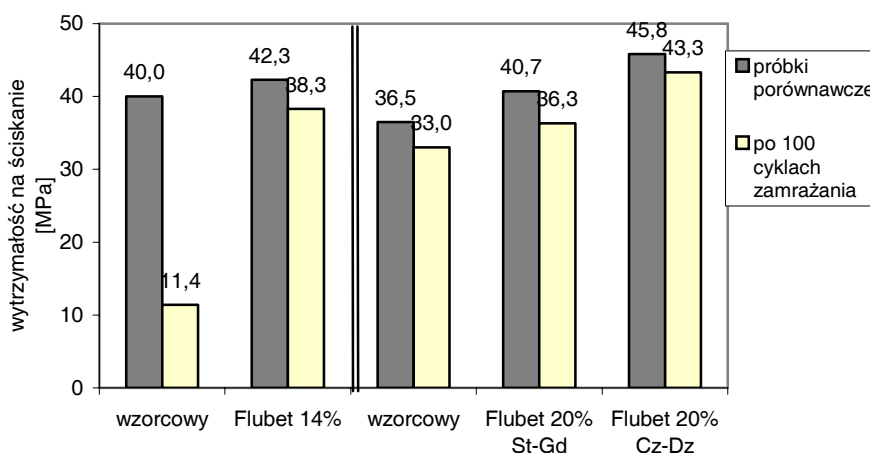
Analizując stabilność wytrzymałości betonów zawierających dodatek Flubet z upływem czasu przeprowadzono badania wytrzymałości na ściskanie w okresie do dwóch lat od wykonania betonów. Wyniki badania serii oznaczonych R-193/98, R-194/98, R-1/99 i R-2/99 w Tablicy 1 przedstawiono na Rys.2. Uzyskane średnie wyniki badania wytrzymałości tych betonów w okresie do 2 lat od wykonania wskazują znaczny przyrost wytrzymałości na ściskanie w każdym terminie badania przy 17%-owej zawartości Flubetu w masie spoiwa. Po upływie dwóch lat wzrost wytrzymałości osiągnął 15 MPa tj. ok. 39% powyżej wytrzymałości betonu wzorcowego. Narastanie wytrzymałości betonu w pierwszych tygodniach było znacznie opóźnione przy wysokiej, 50%-owej zawartości Flubetu, ale wytrzymałości betonu z Flubetem i betonu wzorcowego wyrównały się po upływie 90 dni. Dalszy przyrost wytrzymałości był szybszy w przypadku betonu z Flubetem - po 2 latach wytrzymałość przekroczyła o 18% wytrzymałość betonu wzorcowego.

Trwałość betonów w surowych warunkach oddziaływań klimatycznych Polski jest zasadniczym warunkiem stosowania betonów w zewnętrznych elementach budynków i konstrukcji. Przeprowadzone badania odporności betonu na oddziaływanie mrozu dotyczyły mieszanek R-106/98 i R-107/98, a także nr R-163/2000, R-164/2000 i R-165/2000 według opisu w Tabl.1. Rys.3 przedstawia wyniki normowego badania odporności betonu na działanie mrozu polegającego na cyklicznym zamrażaniu i rozmrażaniu próbek. Jak stwierdzono, beton z 14%



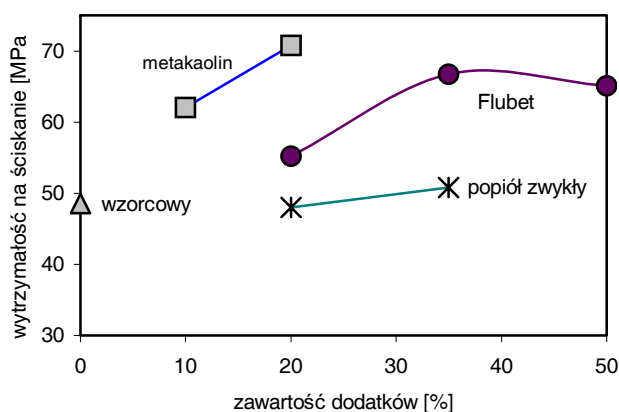
Rys.2 Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie betonów nr R-193/98, R-194/98 oraz R-1/99 i R-2/99 według opisu w Tabl.1 w okresie do 2 lat od wykonania betonów [3]

zawartością Flubetu wykazywał bardzo dobrą mrozoodporność – spadek wytrzymałości na ściskanie nie przekraczał średnio 10%. Podobnie dobrą mrozoodporność wykazywał beton z dodatkiem 20% aktywowanego mechanicznie popiołu lotnego z kotłów fluidalnych w Starogardzie Gdańskim i Czechowicach-Dziedzicach (R-164/2000 i R-165/2000). Po 100 cyklach normowego zamrażania i rozmrażania stwierdzono niewielki spadek wytrzymałości tych betonów, poniżej 11% (Rys.3). Najlepszą mrozoodporność wykazał beton z Flubetem z EC Czechowice-Dziedzice, zachowując po cyklicznym zamrażaniu i rozmrażaniu ponad 94% wyjściowej wytrzymałości na ściskanie.



Rys.3 Wyniki badania mrozoodporności próbek betonów nr R-106/98 i R-107/98 oraz nr R-163/2000, R-164/2000 i R-165/2000 według opisu w Tabl.1 [3]

Dalsze badania betonów z dodatkiem aktywowanego mechanicznie popiołu lotnego z kotłów fluidalnych obejmują wyższe zawartości dodatku, tj. powyżej 20%, a także obejmują stosowanie dodatku Flubet z innymi domieszkami chemicznymi. Badania prowadzone w IPPT PAN [4] obejmowały porównanie efektywności różnych dodatków do betonu, w tym Flubetu, popiołu z kotła pyłowego oraz metakaolinu (wysokoreaktywnego dodatku mineralnego z surowca kaolinowego). Dodatki do betonu drobnoziarnistego stosowano w formie zastąpienia części cementu portlandzkiego CEM I 32.5 w masie spoiwa, aż do 50%, zachowując stały wskaźnik wodno-cementowy. Otrzymane wyniki, zilustrowane na Rys.4, pozwalają zauważyć, że maksimum wpływu dodatku Flubet na podwyższenie wytrzymałości na ściskanie obserwuje się przy zawartości dodatku około 35%. Widać ponadto znacznie wyższą efektywność dodatku Flubetu w porównaniu z dodatkiem popiołu lotnego pochodzącego z kotła pyłowego Elektrowni „Kozienice”.



Rys. 4 Wpływ dodatku metakaolinu, Flubetu i popiołu lotnego z kotła pyłowego na wytrzymałość betonu na ściskanie po upływie 90 dni od wykonania [4]

Uzyskane wyniki zostały uzupełnione wykonanymi w Instytucie Techniki Budowlanej badaniami elektrochemicznymi i badaniami odporności na zubożenie zapraw modyfikowanych dodatkiem Flubetu, z jednoczesnym zastosowaniem domieszki Betostat. Jak stwierdzono, zastąpienie Flubetem 20% masy cementu nie wpłynęło na obniżenie właściwości ochronnych zapraw cementowych w stosunku do zbrojenia stalowego. Zaprawy modyfikowane Flubetem i Betostatem spełniały kryteria pełnej ochrony zbrojenia stalowego według PN-86/B-01810, a wyniki badań w komorze CO₂ wykazały, że nie wystąpiło pogorszenie odporności na zubożenie zapraw w stosunku do zaprawy wzorcowej (bez domieszki i bez dodatku). Pozytywne wyniki badań ochrony zbrojenia stalowego uzyskano również w przypadku stosowania Flubetu z innymi domieszkami chemicznymi: z domieszką uplastyczniającą Lubet, domieszką przeciwmrozową Zimobet 334 oraz domieszką upłynniającą Skorbet.

Doświadczenia laboratoryjne w zakresie zawartości dodatku Flubet zastępującego do 20% masy cementu zostały szeroko udokumentowane i stanowiły podstawę wystąpienia o aprobaty techniczne, niezbędne do wprowadzenia tego dodatku na rynek budowlany. Aprobata Techniczna ITB [5] została wydana w grudniu 2001, natomiast Aprobata Techniczną IBDiM [6] wydano w marcu 2002.

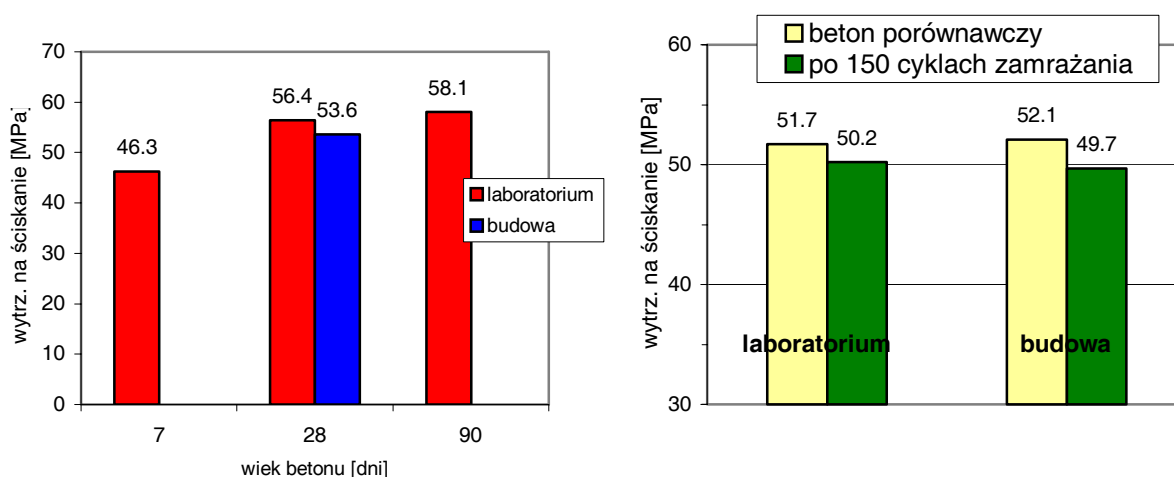
PRZYKŁADY PROTOTYPOWYCH ZASTOSOWAŃ BETONU Z FLUBETEM

Na terenie Elektrowni Turów w Bogatyni wykonany został prototypowy, 400m odcinek drogi kategorii ruchu KR 3 przy wykorzystaniu znacznych ilości popiołów z kotłów fluidalnych tej elektrowni. Stosowano popiół fluidalny aktywowany mechanicznie metodą według wynalazku [1] – Flubet był stosowany jako dodatek do betonu nawierzchniowego klasy B 35 oraz do betonu B 7,5 na podbudowę (Rys.5).

Do wykonania mieszanki betonowej na nawierzchnię użyto m.in. cement CEM I 320 kg/m³, aktywowany popiół fluidalny Flubet-B w ilości 80 kg/m³, a także domieszkę uplastyczniająco-napowietrzającą Betostat 1,8 kg/m³. Badania wytrzymałości na ściskanie betonu nawierzchniowego zostały przeprowadzone w IBDiM w Warszawie – wyniki przedstawione na Rys.6 potwierdzają właściwą klasę betonu. W badaniach mrozoodporności metodą zwykłą wg normy PN-88/B-06250, obejmującą cykliczne zamrażanie i odmrażanie w zakresie temperatur od – 20 °C do +20 °C, stwierdzono mrozoodporność wymaganą dla betonu nawierzchniowego.



Rys.5 Widok fragmentu lokalnej drogi o nawierzchni betonowej wykonanej z dodatkiem Flubet-B na terenie Elektrowni Turów

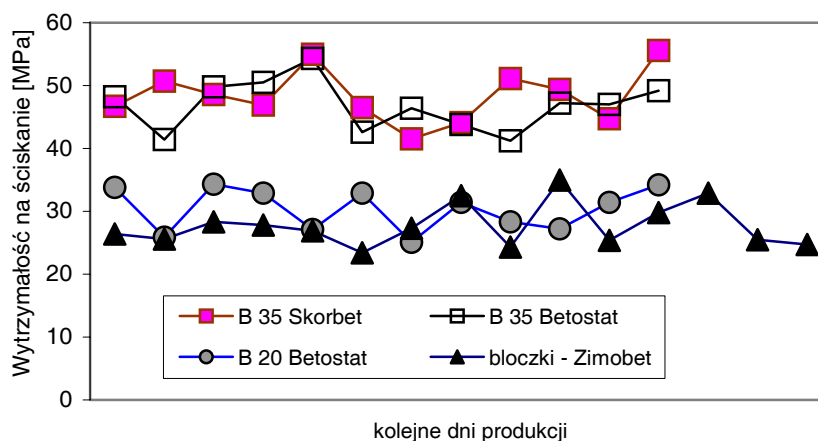


Rys.6 Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie oraz badania mrozoodporności betonu B 35 przeznaczonego na nawierzchnię drogi (próbki wykonane w laboratorium oraz przy budowie drogi)

W wytwórni betonu towarowego Hydrobudowa-1 Betoniarnia-Laboratorium w Warszawie podjęto prototypową produkcję betonu towarowego z dodatkiem Flubet oraz produkcję drobnowymiarowych prefabrykatów. Skład betonów klasy B 35 i B 20 konsystencji ciekłej oraz skład betonu na prefabrykaty B 15 podano w Tablicy 2. Wyniki bieżącej kontroli produkcji betonów przedstawiono na Rys.6, na którym każdy punkt reprezentuje średnią wartość wytrzymałości z trzech pobranych próbek. Regularnie prowadzone są obserwacje elementów prototypowych obiektów wykonanych z betonu z dodatkiem Flubet, aby zgromadzić dane o ich rzeczywistym zachowaniu się z upływem czasu.

Tablica 2 Receptury mieszanek betonowych z dodatkiem Flubet stosowane w prototypowej produkcji betonu towarowego klasy B 35 i B 20 oraz prefabrykatów drobnowymiarowych klasy B 15 [3]

Składniki	Zawartość w mieszance [kg/m ³]			
	Beton B 35 Rec.-A	Beton B 35 Rec.-B	Beton B 20 Rec.-C	Bloczki klasy B 15
CEM I 32,5 R St. Opolskie	310	310	208	160
Kruszywo naturalne	1790	1790	1890	1620
Woda	191	192	170	200
Flubet	100	100	70	240
Domieszka Betostat	-	1,7	1,1	-
Domieszka Skorbet	8,0	-	-	-
Domieszka Zimobet 334	-	-	-	4,0
Gęstość objętościowa [kg/m ³]	2399	2394	2339	2224
Wskaźnik w/c+p	0,480	0,471	0,613	0,50



Rys. 7 Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie betonów z Flubetem w kolejnych dniach produkcji przeznaczonej na prototypowe elementy budowlane (opis według Tabl.2) [3]

W laboratorium Hydrobudowy-1 opracowano recepty mieszanki betonowej przeznaczonej do wykonania betonów klasy B 45. W budownictwie ogólnym i przemysłowym coraz częściej projektuje się konstrukcje żelbetowe z betonów klasy wyższej niż B 30. Opracowaną receptę na beton klasy B 45 z zawartością dodatku Flubet 100 kg/m^3 , tj. w ilości 24% masy spoiwa, przedstawiono w Tablicy 3. Na wykonanych próbkach sześciennych uzyskano następujące średnie wytrzymałości betonu na ściskanie: 23,0 MPa po 7 dniach, 55,4 MPa po 28 dniach i 61,2 MPa po 90 dniach. Zatem badania kontrolne dały bardzo dobre rezultaty, potwierdzające projektowane właściwości betonu.

Tablica 3 Skład i właściwości mieszanki betonowej B 45 stosowanej na konstrukcje żelbetowe [2]

S k ł a d n i k i	Zawartość [kg/m^3]	Właściwości mieszanki	
CEM I 32,5 Strzelce Opolskie	320	Opad stożka (cm)	18,0
Piasek kopalny 0-2mm	564	Gęstość objętościowa (kg/m^3)	2372
Żwir 2-8mm (Kronowo)	395	Wskaźnik $w/(c+p)$	0,476
Żwir 8-16mm (Kronowo)	792	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	9,0
Flubet EC Żerań	100		
Woda	199		
Betostat	1,7		
Razem [kg/m^3]	2372		

WNIOSKI

Prowadzona w skali przemysłowej mechaniczna aktywacja popiołów fluidalnych metodą EMDC pozwala uzyskać wartościowy dodatek do betonów przeznaczonych dla budownictwa ogólnego i drogowego. Stosowanie dodatku Flubet w składzie betonów wymaga użycia właściwej domieszki i przestrzegania określonych wymogów technologicznych. Jak stwierdzono, przy stosowaniu dodatku Flubet wraz z domieszką Betostat uzyskuje się stabilne właściwości wytrzymałościowe betonów, wysoką szczelność betonów i wysoką trwałość.

Wytrzymałość na ściskanie betonów z Flubetem w ilości od 14 do 20% masy spoiwa była po 28 dniach o 19-34% wyższa niż wytrzymałość betonów wzorcowych. Wzrost ten zwiększał się z upływem czasu po dwóch latach sięgając 39%. Betony z Flubetem w ilości od 14 do 20% wykazały dobrą mrozoodporność: po 100 cyklach zamrażania i odmrażania spadek wytrzymałości na ściskanie wynosił tylko 5-11%. Głębokość wsiąkania wody w beton z Flubetem przy badaniu wodoszczelności stopnia W 8 wynosiła o 18% mniej niż w przypadku betonu wzorcowego. Zastąpienie Flubetem 20% masy cementu nie wpłynęło na obniżenie właściwości ochronnych zapraw cementowych w stosunku do zbrojenia stalowego – nie stwierdzono przeciwwskazań do stosowania podanej ilości dodatku do betonów zbrojonych. Przy wyższych zawartościach Flubetu, sięgających 50%, stwierdzono zwolnione narastanie wytrzymałości betonu w ciągu pierwszych 28 dni, z tym że po 1 roku i po 2 latach wytrzymałość przewyższała wytrzymałość betonu bez tego dodatku.

Uzyskano konkretne recepty technologiczne na betony klasy B 7.5 - B 45 o gwarantowanej wytrzymałości, wodoszczelności i mrozoodporności, zawierające dodatki mechanicznie aktywowanych popiołów fluidalnych z różnych kotłów energetycznych. Obserwacje prototypowych aplikacji betonów z dodatkiem Flubet w nawierzchni drogi lokalnej, w elementach żelbetowych konstrukcji budynków oraz w prefabrykacjach drobnowymiarowych są pozytywne. Ponadto w każdym przypadku stosowanie betonów z dodatkiem Flubet przynosi znaczne efekty ekonomiczne. Dzięki potwierdzonej trwałości betonów z Flubetem otwierają się nowe możliwości wykorzystania popiołów ze spalania fluidalnego w sposób nie tylko przyjazny dla środowiska, ale też korzystny z uwagi na jakość budynków i konstrukcji budowlanych.

BIBLIOGRAFIA

1. Patent 180380: Sposób i urządzenie do otrzymywania materiałów wiążących z popiołów kotłów energetycznych zwłaszcza z paleniskiem fluidalnym, Urząd Patentowy RP, 2001
2. M. A. Glinicki , K. Ładyżyński, Wpływ dodatku aktywowanych popiołów lotnych ze spalania fluidalnego na właściwości betonów konstrukcyjnych, VIII Międzynarodowa Konferencja „Popioły z energetyki”, UPS, Międzyzdroje 2001, 119-133
3. M. A. Glinicki , K. Ładyżyński, Aktywowany popiół lotny z kotłów o spalaniu fluidalnym – nowy dodatek do betonów, XVIII Konferencja „Beton i prefabrykacja”, Popowo 2002, Tom 1, 120-127
4. M.A.Glinicki, M.Zieliński, Influence of fly ash type on modulus of elasticity and strength of concrete, International Conference “Concrete and Concrete Structures”, Zilina, April 2002
5. Aprobata Techniczna ITB: AT-15-5257/2001, Warszawa, 2001
6. Aprobata Techniczna IBDiM :AT 2002-04-1249, Warszawa, 2002