

Wytrzymałość betonów drobnokruszywowych z domieszkami polikarboksylianowymi

1. Wprowadzenie

Betony drobnokruszywowe, którymi zajmuje się od kilku lat autor, to kompozyty średniej wytrzymałości (BDSW) jednak z wyraźną tendencją jej wzrostu. Podkreślić należy, że dzięki wprowadzaniu nowych generacji domieszek, w tym upłynniaczy, niekorzystne różnice pomiędzy niektórymi właściwościami żwirowych betonów cementowych i BDSW zostały wyrównane (1). Należy mieć nadzieję, że dalsze udoskonalanie i poprawa efektywności wpływu na beton domieszek pozwoli w niedługim czasie usunąć wszystkie niekorzystne różnice.

Najogólniej rzecz ujmując domieszki uplastyczniające i upłynniające ułatwiają zwilżanie ziaren cementu przez wodę i wywierają działanie dyspergujące (2). Wpływowi wybranych plastyfikatorów i superplastyfikatorów autor poświęcił kilka publikacji, między innymi (3). W pracy tej stwierdzono znaczący i tym samym godny uwzględnienia przy projektowaniu składu wpływ plastyfikatorów na wytrzymałość BDSW. Wykazano, że domieszka może powodować dochodzący do około 30% wzrost wytrzymałości betonu, przy niezmienionej ilości i wytrzymałości cementu.

Jedną z grup upłynniaczy zaliczanych do ich nowej generacji są domieszki polikarboksylianowe. Można je stosować w małych ilościach (nawet 0,3 do 0,8%) uzyskując zmniejszenie udziału wody zarobowej w mieszankach nawet o 40%. Przy odpowiednio dobranym składzie podstawowym masy betonowej można uzyskać tak zwane betony samozagęszczalne (SCC). Niezbędne jest jednak zachowanie pewnych reguł dotyczących zarówno rodzaju jak i uziarnienia kruszywa oraz minimalnych ilości cementu (4).

Badania przeprowadzone przez autora, a dotyczące stosowania w betonach z drobnym kruszywem upłynniaczy polikarboksylianowych, miały na celu pokazanie możliwości wpływu na wytrzymałość na ściskanie wspomnianych domieszek przy równoczesnych zmianach udziału i wytrzymałości cementu. Zamierzano również podkreślić zróżnicowanie wpływu, związane z rodzajem domieszki polikarboksylianowej.

2. Metody badań

Prace badawcze skoncentrowano na wpływie upłynniających domieszek polikarboksylianowych na „kostkową” wytrzymałość na ściskanie betonów drobnokruszywowych przy zmiennym udziale i wytrzymałości cementów portlandzkich CEM I (według PN-EN 197). Wykorzystano cementy klas od 32,5 do 52,5 pochodzące z kilku dostaw, co pozwoliło na znaczne zróżnicowanie wytrzymałości spoiw i tym samym umożliwiło zbadanie kilku wybranych zależności i ich graficzne opracowanie.

Oznaczanie wytrzymałości betonu na ściskanie przeprowadzano zgodnie z wytycznymi Instrukcji ITB nr 194. Wyniki badań podano w tablicach i przedstawiono w postaci wykresów oraz ujęto w formie modeli matematycznych. Wielkości, które posłużyły do opracowania, stanowiły 5% kwantyle rozkładów statystycznych poszczególnych populacji wyników uzyskiwanych dla próbek przygotowanych według poszczególnych receptur. Wyniki badań nad doborem składu betonu podane zostały przez autora w kilku poprzednich publikacjach a zatem problem ten nie będzie w tej pracy szczegółowo omawiany. Udział cementu w badanych betonach zmieniał się od około 250 do około 450 kg/m³. Przy wykonywaniu niektórych wykresów wybrano trzy najbardziej, zdaniem autora, reprezentatywne udziały, to jest: C1 = 250, C2 = 350 i C3 = 450 kg/m³. Utrzymywano konsystencję w przedziale 3 do 5 s, czyli klasy V4 według PN-EN 206-1.

Badania objęły dwa rodzaje upłynniających domieszek polikarboksylianowych wyprodukowanych przez jedną ze znaczących na polskim rynku firm. Jedna z domieszek (oznaczona jako D1) nadała się do betonów zagęszczanych mechanicznie i samozagęszczających się, druga natomiast przeznaczona była tylko do mieszanek o konsystencjach wymagających mechanicznego zagęszczenia (oznaczono ją jako D2).

3. Wyniki badań

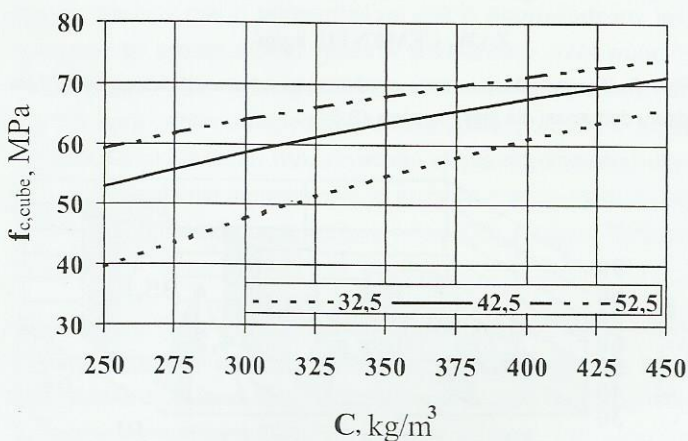
3.1. Wpływ zawartości cementu na wytrzymałość betonu

Wyniki przeprowadzonych badań wpływu zawartości cementów różnych klas na wytrzymałość betonu na ściskanie przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Rodzaj domieszki nie zmienia charakteru zależności, jednak zauważa się, w miarę wzrostu zawartości cementu, znaczne różnicowanie osiąganych wytrzymałości. Przy maksymalnym udziale spoiwa różnica, na korzyść domieszki D2, dochodzi do około 15%.

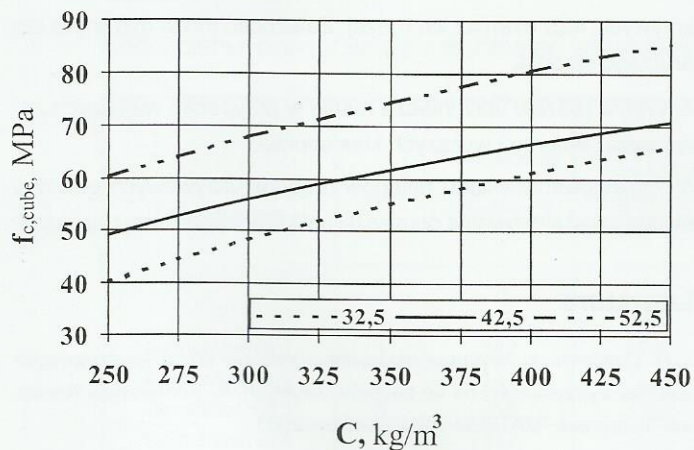
Zależność wytrzymałości betonu od zawartości cementu można przedstawić w postaci wzoru:

$$f_{c,cube} = \alpha \ln C - \beta, \quad [1]$$

gdzie: $f_{c,cube}$ – wytrzymałość „kostkowa” betonu na ściskanie, MPa,
 C – zawartość cementu w mieszance, kg/m^3 ,
 α i β – współczynniki według tablicy 1.



Rys. 1. Zależność wytrzymałości betonu od zawartości cementu w mieszance przy zastosowaniu domieszki D1



Rys. 2. Zależność wytrzymałości betonu od zawartości cementu w mieszance przy zastosowaniu domieszki D2

Tablica 1

WIELKOŚCI WSPÓŁCZYNNIKÓW WYSTĘPUJĄCYCH WE WZORZE [1]

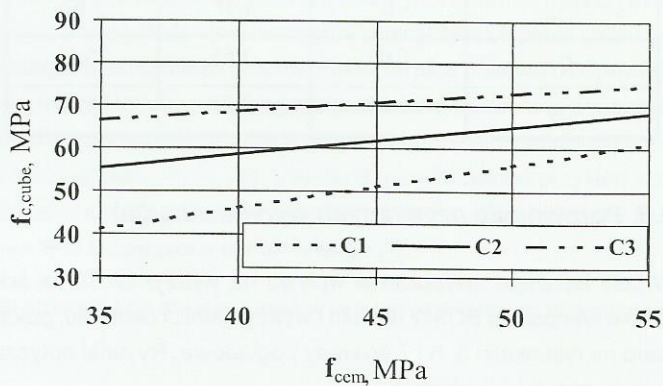
Klasa cementu	Domieszka	Współczynniki	
		α	β
32,5	D1	45,10	209,37
	D2	44,16	203,69
42,5	D1	31,39	120,42
	D2	37,26	156,64
52,5	D1	25,62	82,28
	D2	42,95	177,04

3.2. Wpływ wytrzymałości cementu na wytrzymałość betonu

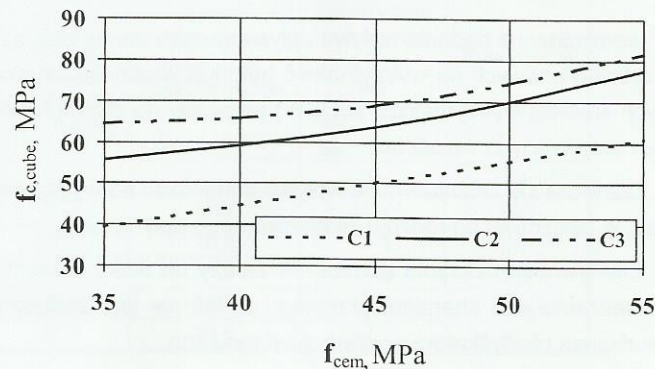
Wyniki badań wpływu wytrzymałości cementu przy wybranej stałej jego zawartości w mieszance na wytrzymałość betonu pokazano na rysunkach 3 i 4. Rodzaj domieszki wpływa w tym przypadku nie tylko na nachylenie krzywych, ale także na ich rodzaj. W przypadku domieszki D1 zależność jest liniowa, natomiast w przypadku D2 jest krzywą drugiego stopnia.

Zależność wytrzymałości betonu od wytrzymałości cementu przy zastosowaniu domieszki D1 przedstawiono w postaci wzoru:

$$f_{c,cube} = \alpha \cdot f_{cem} + \beta, \quad [2]$$



Rys. 3. Zależność wytrzymałości betonu od wytrzymałości cementu przy zastosowaniu domieszki D1



Rys. 4. Zależność wytrzymałości betonu od wytrzymałości cementu przy zastosowaniu domieszki D2

gdzie: $f_{c,cube}$ – jak we wzorze [1],

f_{cem} – wytrzymałość cementu, MPa,

α i β – współczynniki według tablicy 2.

Postać wzoru w przypadku zastosowania domieszki D2 jest następująca:

$$f_{c,cube} = (\alpha \cdot f_{cem} + \beta) \cdot f_{cem} + \gamma, \quad [3]$$

gdzie: $f_{c,cube}$, f_{cem} – jak we wzorze [2]

α , β , γ – współczynniki według tablicy 3.

Tablica 2

WIELKOŚCI WSPÓŁCZYNNIKÓW WYSTĘPUJĄCYCH WE WZORZE [2]

Zawartość cementu	Współczynniki	
	α	β
C ₁	1,0	6,02
C ₂	0,65	32,51
C ₃	0,41	52,21

Tablica 3

WIELKOŚCI WSPÓŁCZYNNIKÓW WYSTĘPUJĄCYCH WE WZORZE [3]

Zawartość cementu	Współczynniki		
	α	β	γ
C ₁	0	1,07	1,92
C ₂	0,03	-1,61	75,41
C ₃	0,04	-2,74	111,3

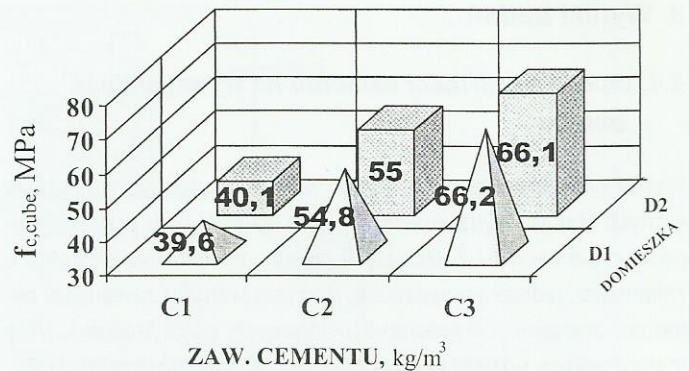
3.3. Porównanie uzyskanych wyników badań

W celu lepszego uwypuklenia wpływu na wytrzymałość na ściskanie kompozytu BDSW udziału i wytrzymałości cementu, pokazano na rysunkach 5, 6 i 7 wykresy poglądowe. Rysunki dotyczą kolejno trzech klas cementu.

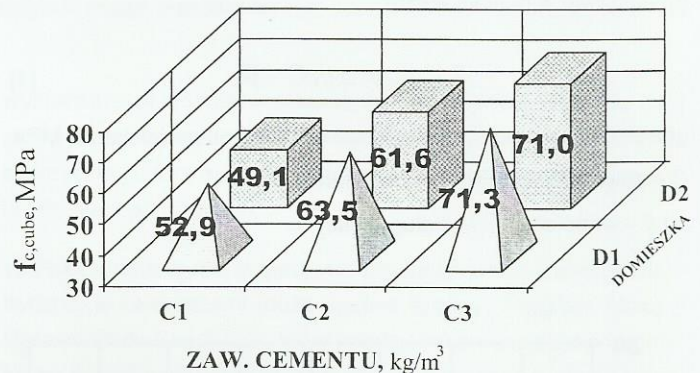
4. Podsumowanie i wnioski końcowe

Przeprowadzone badania wpływu upłynniających domieszek polikarboksylianowych na wytrzymałość betonów drobnokruszywowych średniej wytrzymałości (BDSW) pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

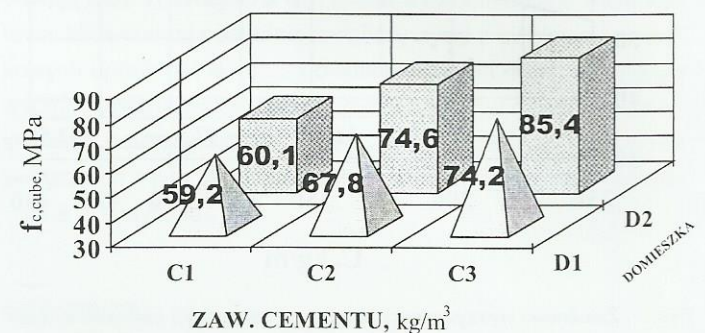
1. Zaznacza się zróżnicowanie wpływu domieszek na wytrzymałość, w zależności od rodzaju zastosowanego upłynniacza.
2. Efektywność działania domieszek zależy od ilości cementu w mieszance, ale charakter przebiegu zmian nie jest związany z rodzajem plastyfikatora polikarboksylianowego.
3. Duże znaczenie ma wytrzymałość cementu. Wyraźny staje się tu wpływ rodzaju upłynniacza, który zmienia nie tylko nachylenie



Rys. 5. Wytrzymałości betonu w zależności od zawartości cementu i rodzaju domieszki dla klasy spoiwa 32,5



Rys. 6. Wytrzymałość betonu w zależności od zawartości cementu i rodzaju domieszki dla klasy spoiwa 42,5



Rys. 7. Wytrzymałość betonu w zależności od zawartości cementu i rodzaju domieszki dla klasy spoiwa 52,5

krzywych, lecz również ich rodzaj. Zależność może być liniowa lub drugiego stopnia.

4. Wpływ rodzaju upłynniacza rośnie w przypadku większych zawartości cementu i wyższych klas spoiwa.

5. Projektowanie składu betonów drobnokruszywowych powinno uwzględniać stosowanie domieszki polikarboksylianowej i jej rodzaj.

Literatura

1. H. Dondelewski, Wybrane właściwości betonów drobnokruszywowych średniej wytrzymałości na tle betonów zwykłych. IV Konferencja Naukowo-Techniczna "MATBUD 2003", Kraków 2003.
2. L. Czarnecki i inni, Chemia w budownictwie. Arkady, Warszawa 1995.
3. H. Dondelewski, Cement-Wapno-Beton 3, 96 (1997).
4. Z. Jamróży, Beton i jego technologie. PWN, Warszawa-Kraków 2003.