

Kruszywa węglanowe a wymagające konstrukcje betonowe, cz. 2

tekst: STOWARZYSZENIE PRZEMYSŁU WAPIENNICZEGO

Zapraszamy Państwa do zapoznania się z drugim z serii trzech artykułów poświęconych tematyce zastosowania kruszyw wapiennych w betonie konstrukcyjnym. W tej części zostaną przedstawione wyniki badań betonu wykonanego na bazie kruszyw wapiennych pochodzenia prekambryjskiego oraz dewońskiego ze złóż Miedzianka, Truskawica i Wojcieszów.

W pierwszej części przedstawiono właściwości wymienionych kruszyw, które spełniają kryteria GDDKiA dla kruszyw do betonu zgodnie z WWiORB M-13.02.00 v2 *Beton konstrukcyjny w drogowych obiektach inżynierskich* (2019). Wyniki badań, a także liczne obiekty referencyjne wskazują na zasadność zastosowania kruszyw wapiennych do wykonywania odpowiedzialnych konstrukcji betonowych, w tym konstrukcji mostów i wiaduktów.

W ramach projektu badawczego prowadzonego przez SPW we współpracy z Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie poza wspomnianymi badaniami wykonano również betony z udziałem badanych kruszyw, spełniające kryteria klasy wytrzymałości co najmniej C30/37 oraz klasy ekspozycji XF3 i XF4 według EN 206, co jest charakterystyczne dla konstrukcji pracujących w warunkach typowych dla obiektów mostowych.



Założenia projektowe dla mieszanki betonowej i stwardniałego betonu

Mając na uwadze również możliwy wpływ innych czynników niż właściwości kruszyw na cechy użytkowe betonów, z każdym z kruszyw wykonano po dwie serie betonów z użyciem cementu CEM I 42,5R oraz CEM III/A 42,5N-LH/HSR/NA. Wielkość efektywnego współczynnika w/c wszystkich betonów była stała i wynosiła 0,43 przy ilości cementu 400 kg/m³ i zawartości powietrza w zakresie 5,5–7,0% obj. Mieszanki kruszywowe komponowano z obu frakcji kruszyw wapiennych z danego źródła oraz piasku kwarcowego, uzyskując stały punkt piaskowy 37%. Oczekowaną konsystencję mieszanek betonowych, na granicy klas konsystencji S3 i S4, regulowano poziomem dozowania

Tab. 1. Właściwości betonów wykonanych z udziałem kruszyw wapiennych

Badana cecha		Wyniki badań betonów z uwzględnieniem rodzaju cementu					
		Kruszywo Miedzianka		Kruszywo Truskawica		Kruszywo Wojcieszów	
		CEM I	CEM III	CEM III	CEM III	CEM I	CEM III
Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach, MPa		49,9 ± 3,9	53,4 ± 3,1	46,9 ± 2,6	55,4 ± 1,1	50,3 ± 4,3	55,4 ± 0,6
Mrozoodporność	Nasiąkliwość po 28 dniach, %	6,0 ± 0,16	5,8 ± 0,4	5,9 ± 0,10	6,4 ± 0,11	6,0 ± 0,03	6,3 ± 0,11
	Wytrzymałość na ściskanie próbek świadków, MPa	60,2 ± 2,8	67,1 ± 2,3	58,4 ± 2,5	66,4 ± 5,0	58,6 ± 0,5	67,0 ± 1,8
	Spadek wytrzymałości na ściskanie, %	2,9	3,8	4,0	-0,6	6,0	5,4
	Ubytek masy próbek poddanych zamrażaniu, %	-0,12	0,01	0,14	0,07	-0,13	0,03
	Obecność pęknięć po 150 cyklach	brak	brak	brak	brak	brak	brak
Potwierdzony stopień mrozoodporności		F150	F150	F200	F150	F150	F150
Odporność na zamrażanie i rozmrażanie w obecności 3% NaCl	Masa złączanego materiału po 56 cyklach, %	0,14±0,05	0,65±0,48	0,14±0,04	0,25±0,20	0,07±0,03	0,20±0,17
	Stopień ubytku, m ₅₆ /m ₂₈	1,3 → £ 2	2,7 → £ 2	1,6 → £ 2	1,8 → £ 2	1,2 → £ 2	2,0 → £ 2
	Kategoria według EN 13877-2	FT2	FT1	FT2	FT2	FT2	FT2

Tab 2. Moduł sprężystości betonów wykonanych z udziałem kruszyw wapiennych

Badana cecha	Wyniki badań betonów z uwzględnieniem rodzaju cementu					
	Kruszywo Miedzianka		Kruszywo Truskawica		Kruszywo Wojcieszów	
	CEM I	CEM III	CEM I	CEM III	CEM I	CEM III
Statyczny moduł sprężystości przy ściskaniu (po sześciu miesiącach), GPa	35,2 ± 0,7	35,7 ± 0,6	38,7 ± 0,6 (*)	39,8 ± 1,0 (*)	33,8 ± 0,8	35,0 ± 1,0
Wytrzymałość na ściskanie próbek walcowych po 6 miesiącach twardnienia – z serii poddanej wyznaczeniu modułu sprężystości, MPa	57,5 ± 3,1	59,6 ± 2,1	64,5 ± 1,7 (*)	74,4 ± 1,9 (*)	59,2 ± 3,0	61,1 ± 2,2

* statyczny moduł sprężystości i wytrzymałość na ściskanie na próbkach walcowych $\varnothing = 150$ mm i $h = 300$ mm

domieszki superplastyfikatora, a wielkość napowietrzenia – ilością domieszki napowietrzającej.

Mieszanki betonowe poddano sprawdzającej ocenie konsystencji według EN 12350-2, gęstości i zawartości powietrza według EN 12350-7 po 10 minutach od chwili zakończenia mieszania składników. Z mieszanek betonowych formowano próbki do badań wytrzymałości na ściskanie oznaczonej według EN 12390-3 po 28 dniach dojrzewania, odporności na zamrażanie i rozmrażanie w obecności środków odładzających według PKN-CEN/TS 12390-9 (obecnie w PN-B-06265:2022) i mrozoodporności zwykłej w zakresie stopnia F 150 lub F 200 (dla betonów wykonanych na bazie cementu CEM I) i F 150 (dla betonów wykonanych na bazie cementu CEM III/A), korzystając z procedury zaprezentowanej w PN-B/88-06250 (obecnie w PN-B-06265:2022). Badania mrozoodporności metodą zwykłą zrealizowano z wykorzystaniem kostek sześciennych o wielkości 100 mm. Stwardniałe betony po 28 dniach dojrzewania poddano również ocenie nasiąkliwości zgodnie z procedurą PN-B/88-06250. Próbki do badań właściwości stwardniałych betonów przygotowywano i przechowywano w wodzie zgodnie z normą EN 12390-1. Ze względów praktycznych badania trwałościowe rozpoczęto po dłuższym czasie twardnienia niż przewidują procedury normowe, tj. badania mrozoodporności betonów metodą zwykłą wykonanych z użyciem cementu CEM I rozpoczęto po 56 dniach pielęgnacji w wodzie, podczas gdy betony wykonane z zastosowaniem cementu CEM III/A poddano ocenie mrozoodporności po 90 dniach dojrzewania. Badania odporności na zamrażanie i rozmrażanie w obecności trzyprocentowego roztworu NaCl rozpoczęto po 28 dniach dojrzewania w wodzie dla betonów wykonanych z zastosowaniem cementu CEM I oraz po 56 dniach dojrzewania w przypadku użycia cementu CEM III/A. Badaniem dodatkowym betonów wykonanych na bazie kruszyw wapiennych było oznaczenie modułu sprężystości, które wykonano dla próbek dojrzewających sześć miesięcy.

W celu weryfikacji uzyskanych wyników badań, podobnie jak w przypadku kruszyw wapiennych, cykl badań przeprowadzono dla betonów wykonanych na bazie kruszywa bazaltowego lub granitowego przy użyciu tej samej partii piasku w zakresie porównania wytrzymałości na ściskanie oraz modułu sprężystości (dla uzyskania jednostkowej objętości wykonywanych mieszanek betonowych i objętości kruszyw w ich składzie uwzględniono różnice w ich gęstościach).

Właściwości betonów konstrukcyjnych

Betony konstrukcyjne napowietrzone wykonane na bazie kruszyw wapiennych (jako kruszywa grube) pozwalają na uzyskiwanie stosunkowo wysokich cech wytrzymałościowych jak na betony o zawartości powietrza w mieszance betonowej na poziomie

ok. 6% (tab. 1). Uzyskane betony charakteryzują się mrozoodpornością w zakresie przynajmniej stopnia F 150 (na podstawie PN-B-06265) oraz wysoką odpornością na zamrażanie i rozmrażanie w obecności soli. Betony wykonane z użyciem cementu CEM I 42,5R spełniają kryteria najwyższej kategorii według EN 13877-2 dla nawierzchni betonowych – FT2, choć z uwagi na właściwości kruszyw wapiennych nie przewiduje się takiego obszaru zastosowania. Jak można zakładać, mniej korzystna struktura napowietrzenia w przypadku użycia cementu hutniczego (CEM III/A 42,5N-LH/HSR/NA) dla betonu z kruszywem Miedzianka, niebędąca w sposób oczywisty efektem właściwości tego kruszywa, skutkuje uzyskaniem niższej kategorii odporności na środki odładzające – FT1.

Prezentowane w tabeli 2 wyniki badań statycznego modułu sprężystości uzyskane dla betonów po sześciu miesiącach twardnienia przyjmują wielkości zbliżone do 35 GPa, co w przypadku betonów mrozoodpornych, które trwałość tę zawdzięczają efektowi napowietrzenia, jest wielkością stosunkowo wysoką. Wyższa wielkość modułu sprężystości betonów w prezentowanym zestawieniu na kruszywie Truskawica nie powinna być łączona bezpośrednio z właściwościami tego kruszywa, lecz innym wykonaniem oznaczenia modułu – na walcach o większych wymiarach – $\varnothing 150/h 300$ ($\varnothing 100/h 200$ w pozostałych przypadkach). Należy podkreślić, że uzyskane wielkości statycznych modułów sprężystości betonów na kruszywach wapiennych są wyższe o ok. 20% od betonów na kruszywie granitowym, wykonanych z zastosowaniem tego samego piasku, tych samych cementów, w tym ich ilości i wielkości w/c. Równocześnie moduły sprężystości betonów wykonanych z użyciem kruszyw wapiennych są niższe o mniej niż 10% od betonów o porównywalnym składzie wykonanych na bazie kruszywa bazaltowego. Wielkości statycznych modułów sprężystości betonów powstałych z wykorzystaniem kruszyw wapiennych kształtują się również korzystnie, jak dla elementów w obiektach inżynierskich.

Podsumowując, wyniki badań betonów wykonanych z **zastosowaniem grubych kruszyw wapiennych pozwalają stwierdzić, że możliwa jest ich eksploatacja w warunkach klas ekspozycji zarówno XF3, jak i XF4**. Trwałość w warunkach oddziaływania środowisk charakteryzowanych przez wymienione klasy ekspozycji została potwierdzona i, co należy podkreślić, nie obserwowano uszkodzeń ziaren kruszyw, **a zaprojektowany beton spełnia wymagania wspomnianych wyżej WWiORB M-13.02.00 v.2 (2019). Potwierdza to możliwość stosowania wapieni prekambryjskich i dewońskich w odpowiedzialnych konstrukcjach betonowych, w tym w konstrukcjach mostów i wiaduktów.**

www.wapno-info.pl



Czytaj więcej