



foto: ChaoticDesignStudio, Adobe Stock

Kruszywa wapienne dewońskie – solidny fundament produkcji betonów w środowisku potencjalnej reaktywności alkalicznej



tekst: STOWARZYSZENIE PRZEMYSŁU WAPIENNICZEGO

Beton postrzegany jest jako materiał budowlany o wysokiej wytrzymałości i odporności na zniszczenie w całym cyklu jego użytkowania. Z tego też powodu już na etapie projektowania uwzględnia się wszystkie czynniki, które mogą mieć wpływ na trwałość elementów betonowych.

Największe znaczenie w tym kontekście ma reakcja betonu na czynniki atmosferyczne, a więc jego odporność na działanie wody i mrozu, występowanie czynników korozyjnych oraz oddziaływania mechaniczne. W ostatnich latach coraz częściej rozważa się również potencjalne reakcje zachodzące pomiędzy matrycą cementową a zastosowanym kruszywem. Wynika to z faktu, że w ostatniej dekadzie przemysł cementowy, a w konsekwencji również betoniarski, wprowadził szereg modyfikacji mających na celu obniżenie emisji CO₂ oraz kosztów produkcji swoich produktów, co z kolei wymusza dokładniejsze zrozumienie reakcji występujących pomiędzy składnikami betonu. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących reaktywności alkalicznej kruszyw węglanowych w celu określenia możliwych kierunków stosowania tego materiału w betonach.

Wapień są skałami osadowymi i występują powszechnie w południowej Polsce. Najbardziej rozpoznawalne są wapień z rejonów Jury Krakowsko-Częstochowskiej, Gór Świętokrzyskich, Lubelszczyzny oraz Kujaw. Dotychczas walory skał wapiennych doceniali liczni wykonawcy robót budowlanych. Jednakże w ostatnim czasie pojawiły się wątpliwości dotyczące możliwości wykorzystywania ich w budownictwie infrastrukturalnym – do budowy dróg, mostów czy wiaduktów. Wynika to z faktu, że wszystkie skały, a zatem również skały węglanowe, cechują się zmiennością składu i parametrów fizykochemicznych. Jednym z podnoszonych zarzutów jest obawa, że kruszywa wapienne mogą być potencjalnie zanieczyszczone minerałami ilastymi, krzemionką oraz w pewnym stopniu mogą podlegać dolomityzacji. Mogłoby to narażać wyroby betonowe powstałe na

bazie wapienia na reakcje typu alkalia – krzemionka (ASR) oraz alkalia – węglany (ACR). Mechanizm reakcji, chociaż znany, do dziś nie został jednoznacznie opisany w kontekście warunków występowania.

Badania zrealizowane przez Stowarzyszenie Przemysłu Wapienniczego udowadniają, że betony powstałe z kruszyw wapiennych dewońskich i starszych są tak samo trwałe i stabilne jak te, które powstały z kruszyw pochodzenia magmowego lub metamorficznego. Co więcej, niektóre cechy kruszyw wapieni dewońskich są nawet korzystniejsze, chociażby w zakresie mrozoodporności w obecności środków odladzających.

W przeprowadzonych badaniach wykorzystano kruszywa wapienne o frakcji 8/16 mm wytwarzane przez trzech producentów: Trzuskawica SA (Grupa CRH, zakład Trzuskawica), Nordkalk (zakład Miedzianka) oraz Lhoist (zakład Wojcieszów). Produkowane w powyższych zakładach kruszywa węglanowe przebadano metodą krótkoterminową pod kątem zagrożenia wystąpienia potencjalnej reaktywności alkalia – krzemionka (ASR), wykonując badania zgodnie z procedurą GDDKiA PB/1/18 opartą na ASTM C1260 oraz RILEM AAR-2. Zdecydowano się również na przeprowadzenie badania oceny ewentualnej reaktywności alkalia – węglany (ACR), wykorzystując procedury przedstawione w instrukcjach RILEM AAR-2.2 oraz AAR-5. W celu dokładniejszego wykonania badań standardowy okres wynoszący 14 dni ekspozycji próbek w silnie alkalicznym środowisku wydłużono do 28 dni. Ocena potencjalnej reaktywności kruszyw w zakresie alkalia – krzemionka została dokonana według kryteriów zawartych w *Wytycznych technicznych klasyfikacji kruszyw krajowych i zapobiegania reakcji alkalicznej w betonie stosowanym w nawierzchniach dróg i drogowych obiektach inżynierskich* (GDDKiA, 2019). Te same wytyczne wykorzystano do oceny reaktywności alkalicznej kruszyw ASR i ACR w badaniach długoterminowych

z użyciem betonów z wykorzystaniem procedury badawczej PB/2/18 (GDDKiA).

Przeprowadzono również ocenę petrograficzną oraz przebadano skład chemiczny wapieni użytych w wymienionych badaniach.

Analiza składu chemicznego w zakresie ilości MgO, SiO₂ oraz Al₂O₃ wykazała, że kruszywa wapienne z zakładów Trzuskawica oraz Miedzianka mieszczą się w kryteriach służących do oceny kruszyw do betonu bez narażenia go na reakcję alkalia – węglany. W przypadku wapienia z zakładu Wojcieszów badania wykazały możliwość wystąpienia jedynie potencjalnej reaktywności.

W celu wyeliminowania wszelkich wątpliwości przeprowadzono również ocenę potencjalnej reaktywności wszystkich badanych kruszyw z alkaliom w betonie.

W badaniach potencjalnej reaktywności ASR wykorzystano próbki zapraw o wymiarach 25 x 25 x 285 mm, z zastosowaniem cementu CEM I 52,5R o powierzchni właściwej według Blaine'a 4800 cm²/g i zawartości alkaliów Na₂O_{eq} = 0,89%. Z kolei kruszywa wykorzystane do badania rozkruszono oraz podzielono na frakcje od 0,125 do 4,0 mm. Następnie z kruszyw, cementu oraz wody sporządzono zaprawy zgodnie z metodologią przewidzianą w normie EN 196-1. Próbki były przechowywane przez 24 godziny w komorze klimatycznej w temperaturze 20 °C i RH > 90%. Następnie próbki umieszczono w pojemnikach z wodą i przeniesiono do komory termostatycznej o temperaturze 80 °C, gdzie spędziły kolejne 24 godziny. Wykonano pomiary długości i przeniesiono próbki do pojemników zawierających 1 M roztwór NaOH o temperaturze 80 °C. Kolejne pomiary odbyły się po 1, 2, 5, 8 i 14 dniach ekspozycji w NaOH.

Natomiast do przebadania potencjalnej reaktywności ACR wykorzystano dwa rodzaje próbek. Każda z nich miała wymiar 40 x 40 x 160 mm, lecz jedna seria była wykonana jako zaprawa,

Tab. 1. Wyniki badań reaktywności alkalicznej kruszyw węglanowych frakcji 8/16 mm w zakresie reakcji ASR (365 dni)

Pochodzenie kruszywa	Nr próbki	Zmiany długości w czasie [%]						Kategoria reaktywności kruszywa
		L ₇	L ₁₄	L ₂₈	L ₉₁	L ₁₈₂	L ₃₆₅	
Trzuskawica	1.	-0,002	-0,009	-0,005	-0,006	0,009	-0,002	R0, niereaktywne (≤ 0,04%)
	2.	-0,013	-0,014	-0,010	-0,005	-0,002	0,000	
	3.	-0,010	-0,009	-0,008	-0,005	0,001	0,002	
	Średnia	-0,008	-0,011	-0,008	-0,001	0,002	0,000	
Wojcieszów	1.	-0,006	-0,004	-0,002	0,000	0,003	0,006	R0, niereaktywne (≤ 0,04%)
	2.	-0,006	-0,003	-0,001	0,001	0,002	0,006	
	3.	-0,004	-0,001	-0,001	0,002	0,005	0,009	
	Średnia	-0,005	-0,002	-0,001	0,001	0,003	0,007	
Miedzianka	1.	0,000	-0,010	-0,004	-0,004	0,000	0,001	R0, niereaktywne (≤ 0,04%)
	2.	-0,013	-0,014	-0,005	-0,004	0,000	0,000	
	3.	-0,009	-0,008	-0,003	-0,002	0,005	-0,002	
	Średnia	-0,008	-0,011	-0,004	-0,003	0,002	0,000	

Tab. 2. Wyniki badań reaktywności alkalicznej kruszyw węglanowych frakcji 8/16 mm w zakresie reakcji ACR (365 dni)

Pochodzenie kruszywa	Nr próbki	Zmiany długości w czasie [%]						Kategoria reaktywności kruszywa
		L ₇	L ₁₄	L ₂₈	L ₉₁	L ₁₈₂	L ₃₆₅	
Trzuskawica	1.	-0,002	-0,001	0,002	0,002	0,007	0,013	Niepodatne na reakcję alkalia – węglany (< 0,03%)
	2.	0,000	0,000	0,003	0,004	0,007	0,003	
	3.	-0,002	-0,003	0,005	-0,003	0,001	0,001	
	4.	-0,002	-0,002	0,001	0,002	0,005	0,004	
	5.	-0,001	-0,002	-0,002	-0,001	0,003	0,005	
	6.	-0,001	-0,001	0,000	0,000	0,005	0,009	
	Średnia	-0,001	-0,001	0,002	0,001	0,005	0,006	
Wojcieszów	1.	-0,002	-0,003	-0,003	-0,002	0,000	0,003	Niepodatne na reakcję alkalia – węglany (< 0,03%)
	2.	-0,003	-0,003	-0,003	-0,002	0,000	0,006	
	3.	-0,004	-0,003	-0,002	-0,001	0,000	0,004	
	4.	-0,004	-0,002	0,001	0,002	0,002	0,004	
	5.	-0,004	-0,004	-0,004	-0,002	0,000	0,004	
	6.	-0,001	-0,001	-0,002	-0,001	0,000	0,003	
	Średnia	-0,003	-0,003	-0,002	0,001	0,001	0,004	
Miedzianka	1.	0,010	-0,010	-0,004	-0,004	-0,001	-0,001	Niepodatne na reakcję alkalia – węglany (< 0,03%)
	2.	-0,006	-0,003	0,000	0,001	0,004	0,001	
	3.	-0,010	-0,023	-0,004	-0,002	0,000	0,000	
	4.	-0,008	-0,006	0,000	0,000	0,003	0,005	
	5.	-0,005	-0,004	0,000	0,001	0,000	0,003	
	6.	-0,011	-0,009	-0,003	-0,002	0,001	0,002	
	Średnia	-0,008	-0,009	-0,002	-0,001	0,001	0,002	

a druga jako beton. W tym przypadku również wykorzystano kruszywa o frakcji 8/16, rozdzielając je na frakcje od 0,125 do 4,0 mm. Wyfłukano pyły, wysuszone je i zestawiono w mieszanki o udziałach danej frakcji zgodnych z procedurą RILEM AAR-2. Następnie kruszywa przebadano według powyższej procedury na bazie zaprawy cementowej. Kruszywa zostały również rozkruszone do frakcji 4/8 mm, aby przebadać je według procedury RILEM AAR-5 jako monofrakcyjny wypełniacz w betonie. Wszystkie dalsze procedury badawcze były podobne do tych opisanych w procedurze ASR.

Po zakończeniu badań wykonanych zgodnie z opisanymi wyżej procedurami wydłużono ekspozycję próbek w roztworach wodorotlenku wapnia do 28 dni. Miało to na celu wskazanie przyczyn ewentualnych zmian liniowych próbek po ekspozycji w środowisku alkalicznym. Szczegółowe wyniki badań przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Przyspieszone badania (według GDDKiA PB/1/18) kruszyw wapiennych frakcji 8/16 mm produkowanych w wymienionych zakładach wykazały brak reaktywności w zakresie reakcji alkalia – krzemionka (ASR) – kategoria reaktywności R0. Również długoterminowe badania (według GDDKiA PB/2/18) z użyciem

próbek betonowych wykazały brak reaktywności w zakresie reakcji alkalia – krzemionka (ASR) oraz brak podatności na reakcję alkalia – węglany (ACR).

Poddane badaniom kruszywa wapienne frakcji 8/16 mm spełniają stawiane im wymagania w zakresie reakcji alkalia – kruszywo dla kruszyw przeznaczonych do produkcji betonów stosowanych w nawierzchniach dróg i drogowych obiektach inżynierskich zgodnie z przywołanymi już *Wytycznymi technicznymi klasyfikacji kruszyw*. Świadczy to o tym, że zdecydowanie nadają się one do budowy konstrukcji betonowych. Możemy mieć pewność, iż zrealizowane z ich zastosowaniem budowle będą trwałe i odporne na korozję ASR oraz ACR, jak również że wykorzystane w nich kruszywa nie wpłyną negatywnie na żywotność i wytrzymałość konstrukcji.

www.wapno-info.pl



Czytaj więcej

Materiał przygotowany na podstawie opracowania dr. hab. inż. Artura Łągosa i mgr inż. Dominiki Ulanowskiej *Trwałość wybranych kruszyw wapiennych stosowanych do produkcji betonów w warunkach oddziaływania środowiska alkalicznego*