

Wpływ procesu reaktywności alkalicznej kruszyw na betonowe i żelbetowe konstrukcje inżynierskie



dr
WIKTOR JASIŃSKI
Instytut Badawczy Dróg i Mostów,
Ośrodek Badań Mostów, Betonów i Kruszyw
ORCID: 0000-0001-6612-4207



dr inż.
ANDRZEJ DUSZYŃSKI
Instytut Badawczy Dróg i Mostów,
Ośrodek Badań Mostów, Betonów i Kruszyw
ORCID: 0000-0002-8842-5630



mgr inż.
REMIGIUSZ GUT
Instytut Badawczy Dróg i Mostów,
Ośrodek Badań Mostów, Betonów i Kruszyw
ORCID: 0000-0002-3327-4142

Potencjalna reaktywność alkaliczna kruszyw jest zjawiskiem niebezpiecznym dla trwałego funkcjonowania i bezpiecznego użytkowania betonowych oraz żelbetowych konstrukcji inżynierskich ze względu na ich powolną i długotrwałą destrukcję. Badania prowadzone w tym zakresie mają charakter długotrwały, a jedynie szczegółowe analizy w mikroobszarze dają możliwość zobrazowania niebezpiecznego procesu.

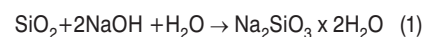
Kruszywo stanowi co najmniej 3/4 objętości betonu i jego właściwości w dużym stopniu wpływają na cechy fizyczno-wytrzymałościowe i trwałościowe betonu w konstrukcji. Najczęściej stosowanym kruszywem do betonów wykorzystywanych w obiektach inżynierskich jest kruszywo pochodzenia magmowego: granitowe i bazaltowe oraz kruszywo naturalne (żwiru i piaski) ze względu na swoje właściwości fizyczno-mechaniczne i trwałościowe [1]. Coraz częściej, m.in. ze względów logistycznych i ekono-

micznych w ostatnich latach stosuje się inne rodzaje kruszyw, m.in. pochodzenia metamorficznego (amfibolitowe), węglanowego (dolomitowe i wapienne) oraz kruszywa sztuczne. Podstawowym kryterium doboru kruszyw są cechy fizyczno-wytrzymałościowe i trwałościowe, jednak ostatnio ważnym kryterium klasyfikującym kruszywo do zastosowania przy wytwarzaniu betonu jest zawartość minerałów potencjalnie reaktywnych, do których należą m.in. chalcedon, opal, trydymit, mikrokryształiczny/krytokryształiczny

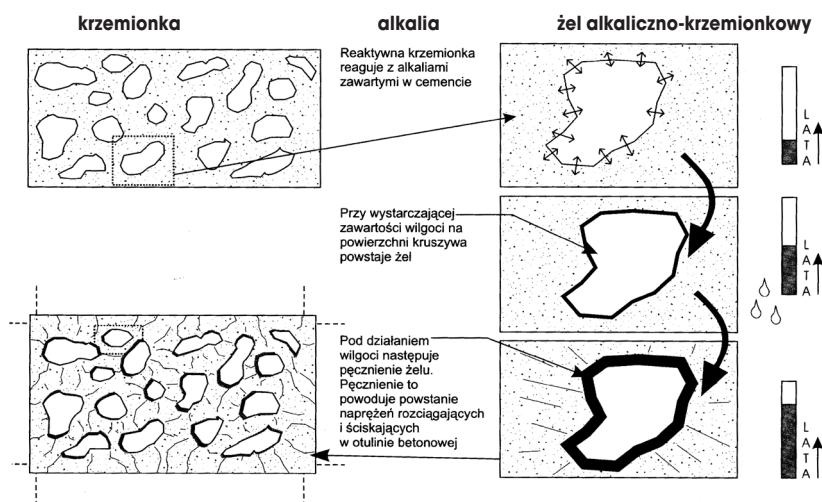
kwarc oraz kwarc w stanie naprężeń, tzw. *highly-strained quartz*, które wchodzi w reakcje z alkaliami zawartymi w zaczynie cementowym, powodując niszczenie i degradację betonowych oraz żelbetowych konstrukcji inżynierskich [2].

REAKTYWNOŚĆ ALKALICZNA KRUSZYW

Proces reaktywności alkalicznej kruszyw (AAR – Alkali-Aggregate Reaction) zachodzący w betonach jest niebezpieczny ze względu na powolną i długotrwałą destrukcję konstrukcji i nawierzchni betonowych. Istotą tych reakcji jest nieograniczone pęcznienie składników i produktów reakcji, powstające na skutek pochłaniania wilgoci. W czasie pochłaniania wody następuje wzrost objętości, który powoduje wytworzenie ciśnienia wystarczającego do powstawania pęknięć w betonie (rys. 1.). Reakcja ta przebiega zgodnie ze wzorem [3]:



Na bazie tego zjawiska został powołany Komitet Techniczny RILEM TC ARP Alkali Reactivity and Prevention-Assessment, Specyfification and Diagnosis do realizacji badań związanych ze zjawiskiem potencjalnej reaktywności alkalicznej. Komitet Techniczny



Rys. 1. Schemat przedstawiający zjawisko reakcji alkalia-krzemionka [3]

RILEM TC ARP podzielił kruszywa na reaktywne oraz niereaktywne. Kruszywa reaktywne to takie, w których występują reakcje z alkaliomizacją zazwyczaj pochodzącymi z zaczynu cementowego i znajdującymi się w roztworze porowym w betonie. W zależności od stopnia reaktywności kruszywa reaktywne zostały podzielone na wysokoreaktywne, słabo reaktywne lub o spowolnionej reaktywności oraz reaktywne kruszywa węglanowe. W zależności od rodzaju i zawartości w kruszycach składników reaktywnych podzielono je na trzy klasy:

- Klasa I: kruszywo zawierające 95% lub więcej składników niereaktywnych.
- Klasa II: kruszywo zawierające poniżej 95% składników niereaktywnych lub/i do 1% opalu lub inne minerały wysokoreaktywne.
- Klasa III: kruszywo zawierające minimum 1% opalu lub inne minerały wysokoreaktywne.

W kruszycach należących do klasy II i III wydzielono podklasy na podstawie udziału w skałach reaktywnych składników pochodzenia krzemionkowego lub węglanowego:

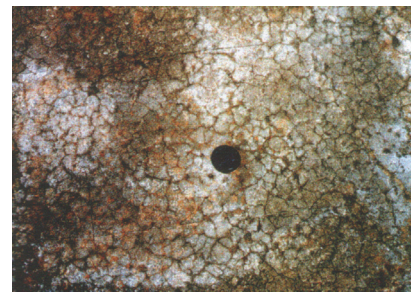
- Klasy II-S i III-S: kruszywo zawierające składniki mogące wywoływać reakcje alkalia–krzemionka,
- Klasy II-C i III-C: kruszywo zawierające składniki mogące wywoływać reakcje alkalia–węglany.
- Klasy II-S.C i III-S.C: kruszywo zawierające składniki mogące wywoływać jednocześnie występowanie reakcji alkalia–krzemionka i alkalia–węglany [4].

Proces reaktywności alkalicznej zachodzący w betonach jest niebezpieczny ze względu na powolną i długotrwałą destrukcję konstrukcji i nawierzchni betonowych. Reakcja tego typu zachodzi powoli i zazwyczaj mija kilka lat, zanim uszkodzenie jest widoczne (rys. 2). Przykładem stopniowego przebiegu tej reakcji w czasie jest tama Chambon na rzece Romanche we Francji. Tama została wybudowana w 1935 roku, a pierwsze rysy zaobserwowano dopiero w 1950 roku. W 1985 roku odnotowano dalsze poszerzanie się rys z prędkością 2,6–4 mm/rok powodujące przesunięcie części tamy o 0,6-0,7 mm/rok [3, 5, 6].

METODY BADAWCZE

Maksymalne dopuszczalne zawartości minerałów potencjalnie reaktywnych zawierających w swoim składzie mikrokryształiczną krzemionkę zgodnie z wymaganiami normy ASTM C 295-03 [7] przedstawiono w tabeli 1.

Najpowszechniej stosowanymi metodami badania reaktywności alkalicznej kruszyw w Polsce były badania tzw. metodą szybką polegającą na określaniu stopnia reaktywności alkalicznej badanej próbki kruszywa na podstawie wyników oznaczania ubytków, masy kruszywa drobnego pod działaniem



Rys. 2. Pęknięcia w betonie wywołane zjawiskiem reakcji alkalia–krzemionka [3]

Tab. 1. Maksymalne dopuszczalne zawartości minerałów potencjalnie reaktywnych [7]

Lp.	Minerał	Wartość max. [%]
1	2	3
1.	„strained” lub mikrokryształiczny kwarc	5,0
2.	chalcedon	3,0
3.	trydymit lub krystobalait	1,0
4.	opal	0,5
5.	szkliwo wulkaniczne	3,0

niem NaOH, oznaczania zawartości reaktywnych krzemieni kruszywa grubego, oznaczania ubytku masy kruszywa grubego pod działaniem NaOH oraz tzw. metodą beleczkową polegającą na ustaleniu zmian liniowych oraz zmian destrukcyjnych beleczek betonowych wywołanych reakcjami alkalicznymi przechowywanymi w łaźni nad lustrem wody w temperaturze 36–40°C. Obecnie funkcjonującymi metodami badawczymi stosowanymi dla oznaczenia potencjalnej reaktywności alkalicznej kruszyw w Polsce są badania wg istniejących norm:

- **ASTM C 1260** „Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)” (Znormalizowana Metoda Badania Potencjalnej Reaktywności Alkalicznej Kruszyw),
- **ASTM C 1293** „Standard Test Method for Determination of Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction” (Standardowa metoda badawcza do określania zmiany długości beleczek betonowych w wyniku reakcji alkalia–krzemionka),
- **PN-91/B-06714/34, PN-91/B-06714-34 /A1:1997** „Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie reaktywności alkalicznej”, oraz metod badawczych opartych na Procedurach Badawczych GDDKiA:
- **Procedury Badawczej GDDKiA nr PB/1/18** „Instrukcja badania reaktywności kruszyw metodą przyspieszoną w 1 M roztworze NaOH w temperaturze 80°C”,
- **Procedury Badawczej GDDKiA nr PB/2/18** „Instrukcja badania reaktywności kruszyw w temperaturze 38°C według ASTM C1293/RILEM AAR-3”.

Dodatkowo do uzupełnienia metod badań reaktywności alkalicznej wykonuje się **opis petrograficzny** (makroskopowy i mikrosko-

powy), który ma celu m.in. identyfikację skał i składników potencjalnie reaktywnych oraz rozpoznanie produktów reakcji alkalia–krzemionka po zakończeniu badań reaktywności:

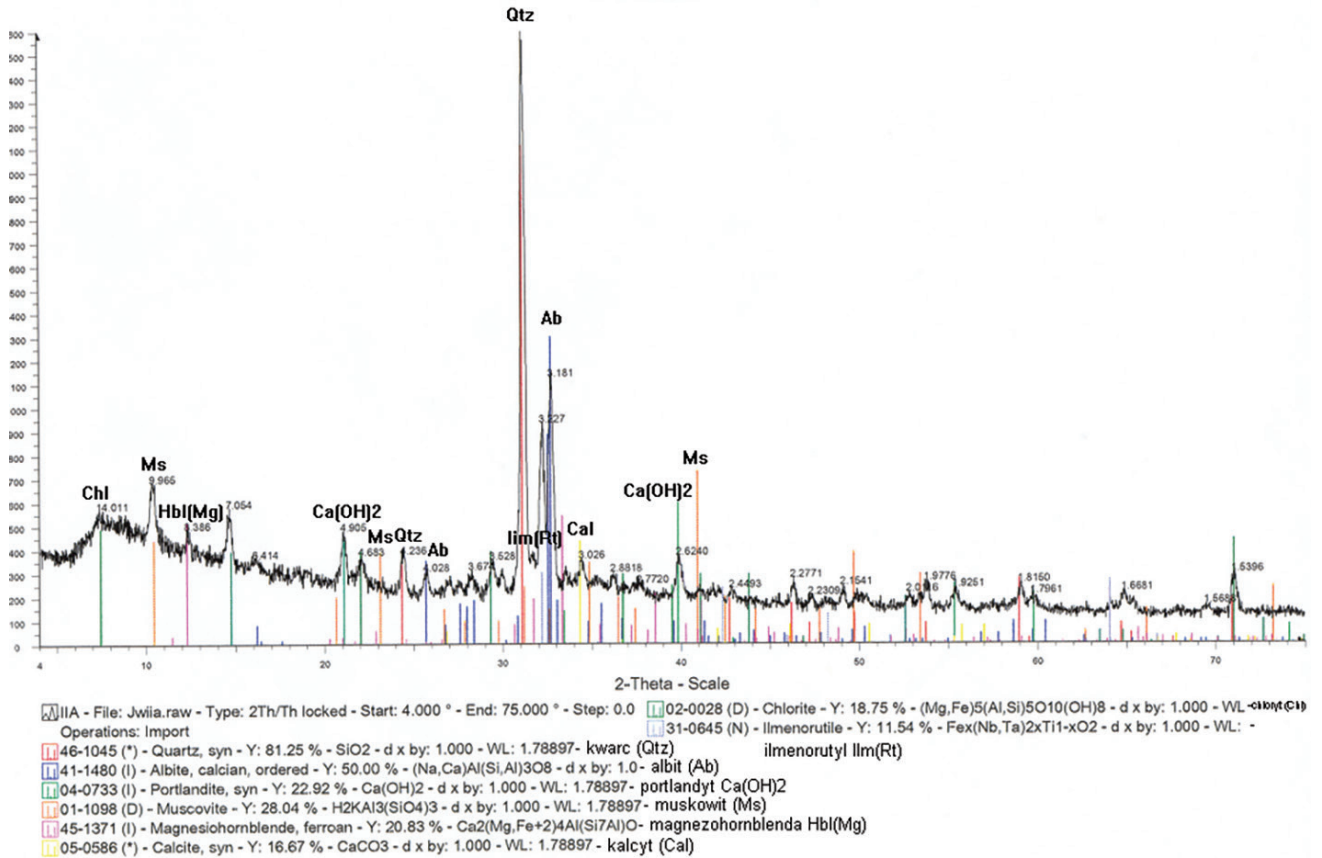
- wg **Procedury Badawczej GDDKiA nr PB/3/18** „Zalecenia dotyczące analizy petrograficznej kruszywa”,
- wg **PN-EN 932-3:1999+A1:2004** „Badania podstawowych właściwości kruszyw. Procedura i terminologia uproszczonego opisu petrograficznego”,
- wg **ASTM C 295-03** „Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete” (Przewodnik do badań petrograficznych kruszyw do betonu).

Wszystkie te metody badawcze określające procesy reaktywności alkalicznej kruszyw są wykonywane w Pracowni Betonów i Kruszyw Instytutu Badawczego Dróg i Mostów – Filii Wrocław, w których część objęta jest **zakresem akredytacji PCA nr AB 1107**.

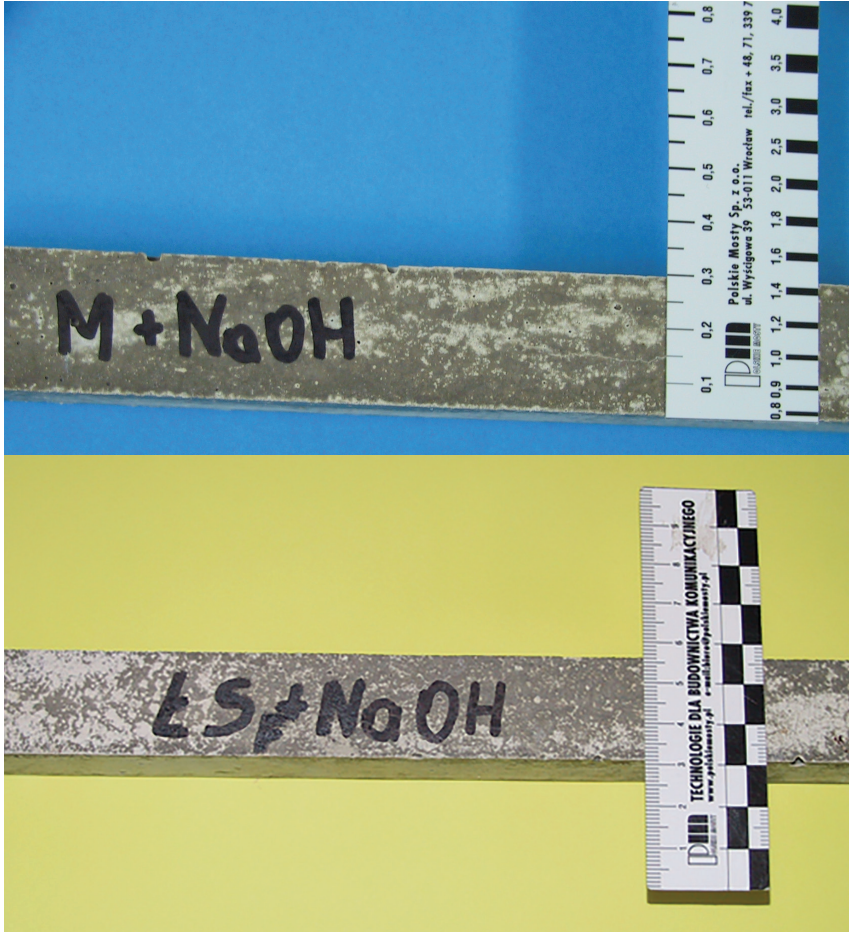
BADANIA REAKTYWNOŚCI ALKALICZNEJ KRUSZYW

Głównym celem badań wykonanych w Pracowni Betonów i Kruszyw Instytutu Badawczego Dróg i Mostów – Filii Wrocław było rozpoznanie charakteru procesu reaktywności alkalicznej w betonie zawierającym żwir czwartorzędowy z obszaru północnej Polski oraz wytypowanie składników biorących udział w tym procesie. W ramach badań określających stopień reaktywności alkalicznej żwirów czwartorzędowych wykonano mikroskopową analizę petrograficzną i analizę chemiczną wytypowanych kruszyw naturalnych (żwirów czwartorzędowych), a następnie z wytypowanych żwirów zawierających minerały potencjalnie reaktywne, wykonano beleczi betonowe zgodnie z normą PN-91/B-06714/34 [8] oraz 1-molowego roztwo-





Rys. 4. Dyfraktogram rentgenowski próbki beleczki betonowej po 365 dniach przechowywania w łaźni



Rys. 5. Beleczki betonowe po 365 dniach przechowywania w łaźni

ru NaOH zgodnie z Procedurą Badawczą IBDiM [9]. Beleczki zgodnie z [8] umieszczono w łaźni nad lustrem wody oraz przeprowadzono pomiary zmian ich długości. Badania struktury minerałów reaktywnych, analizę ilościową składu chemicznego minerałów reaktywnych oraz produktów reakcji alkalia-krzemionka przeprowadzono przy użyciu mikroskopy CAMECA SX 100 z dodatkowym detektorem EDS firmy NORAN INSTRUMENTS w Pracowni Mikroanalizy Uniwersytetu Warszawskiego. Napięcie przyspieszające wynosiło 15 kV, a średnica wiązki elektronowej 5 μm . Analizę rentgenowską próbek betonu przeprowadzono przy użyciu dyfraktometru rentgenowskiego D 5005 firmy SIEMENS wyposażonego w lampę rentgenowską Co z filtrem Fe o natężeniu 25 mA i napięciu przyspieszającym 35 kV. Pomiaru dokonano w zakresie kątowym od 4° 2Th do 75° 2Th, krok pomiarowy wynosił 0,02, a czas kroku pomiarowego wynosił 2 sekundy.

WYNIKI BADAŃ Składniki reaktywne

W wyniku szczegółowej analizy petrograficznej w niektórych żwirach stwierdzono występowanie składników reaktywnych: w arenitach arkozowych, mułowcach i ryolitach występuje chalcedon w postaci mikrokryształicznych, bezbarwnych agregatów o włóknistej mikrostrukturze; lidyty zbudowane są

z mikrokrystalicznej masy chalcedonowej, natomiast głównymi składnikami mineralnymi krzemieni i czertów są opal, chalcedon i mikrokrystaliczny kwarc.

Wyniki badań fizyczno-mechanicznych kruszyw

Ze względu na swoje właściwości fizyczno-mechaniczne żwiry spełniają wymagania wg PN-EN 12620 i stanowią ważny składnik do produkcji betonów zwykłych i betonów o wysokiej wytrzymałości [1]. Występujące kruszywo naturalne jest pospółką, w której zawartość kruszywa drobnego (ziarna o wymiarach do 5,0 mm) utrzymuje się w granicach poniżej 10%. Skład granulometryczny kruszywa charakteryzuje się przewagą frakcji grubej powyżej 8,0 mm, na którą średnio przypada powyżej 50%. Stwierdzono średnio 0,6% nadziarna o średnicy powyżej 80,0 mm. Maksymalny stwierdzony wymiar ziaren wynosił 153 mm. Zawartość pyłów mineralnych poniżej 0,05 mm wynosiła średnio 0,8%. W badanym kruszywie występują pyły luźne lub lekko oblepiające ziarna.

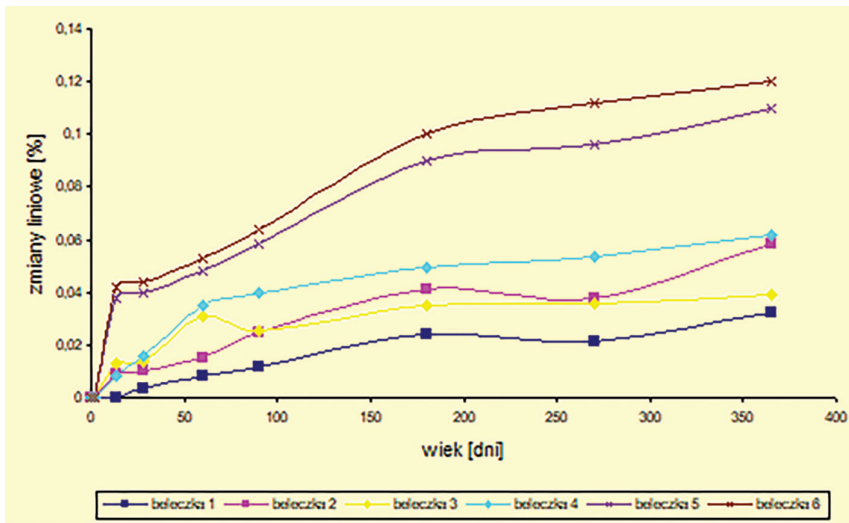
Analiza rentgenowska

Analizę w dyfraktometrze rentgenowskim przeprowadzono na próbach beleczek betonowych po 365 dniach przechowywania ich w łaźni. Wyniki badań przedstawione są na rys. 4. Skróty nazw minerałów zaznaczone na wykresach zgodne są z symbolami zaproponowanymi przez Kretza [10].

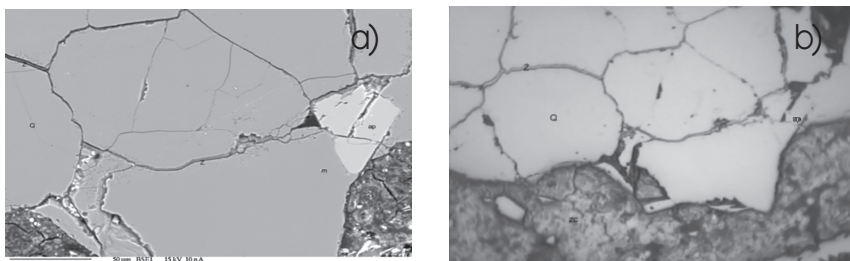
W analizowanych próbach rentgenowskich beleczek betonowych wykonanych z kruszywa naturalnego fazą dominującą jest kwarc. Współwystępuje on ze skaleniami: sodowym (albit) i potasowym (mikroklin), muskowitem i biotytem. Stwierdzono także obecność wodorotlenku wapnia (portlandytu) i węgla wapnia (kalcytu). We wszystkich badanych próbach analiza rentgenowska wykazała także obecność minerałów z grupy chlorytów, czyli produktów przeobrażenia hydrotermalnego minerałów pierwotnych bogatych w magnez i żelazo (amfibole, pirokseyne, biotyty), fazy pirytu oraz tlenku tytanu (rutyl). We wszystkich analizowanych próbach stwierdzono podniesione tło analizowanej próby wskazujące na obecność faz amorficznych (tlenków żelaza i manganu oraz krzemionki bezpostaciowej) [11].

Zmiany liniowe beleczek betonowych

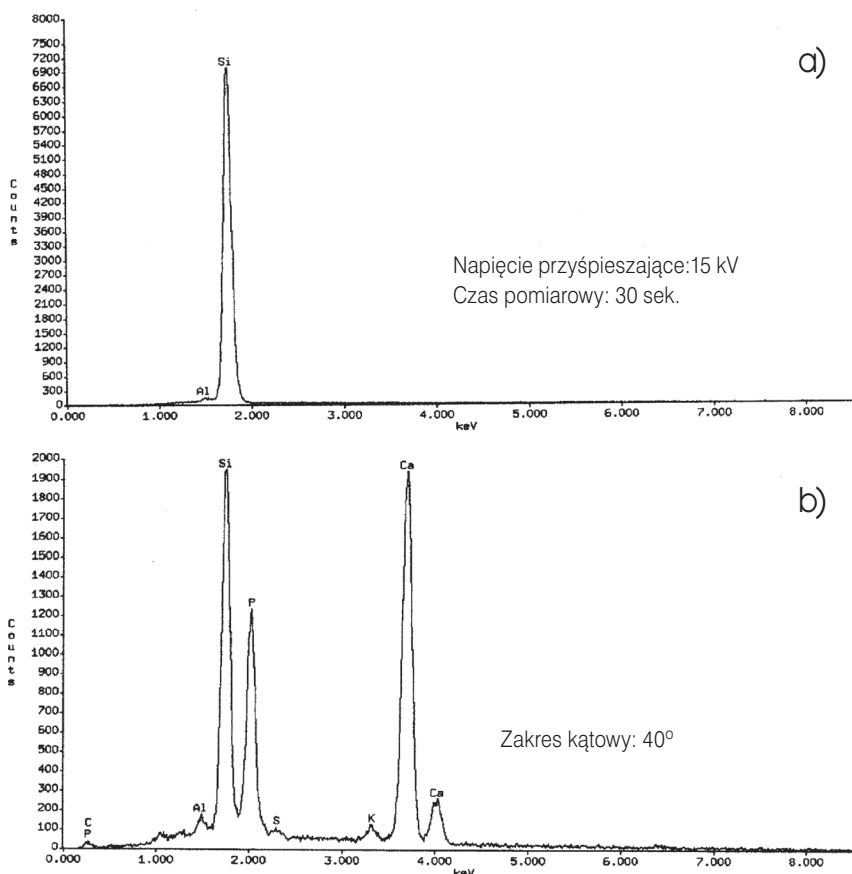
Po 365 dniach od wykonania beleczek betonowych i przetrzymywania w łaźni wodnej na powierzchniach zewnętrznych beleczek pojawiły się zmiany w postaci jasnych okrągłych plam wielkości od 0,5 mm do 2,4 mm oraz rysy szerokości 0,15 mm i długości ok. 25 mm typowe dla reakcji alkalia-krzemionka (rys. 5.). Zmiany liniowe beleczek betonowych wynosiły maksymalnie 0,11% (rys. 6.).



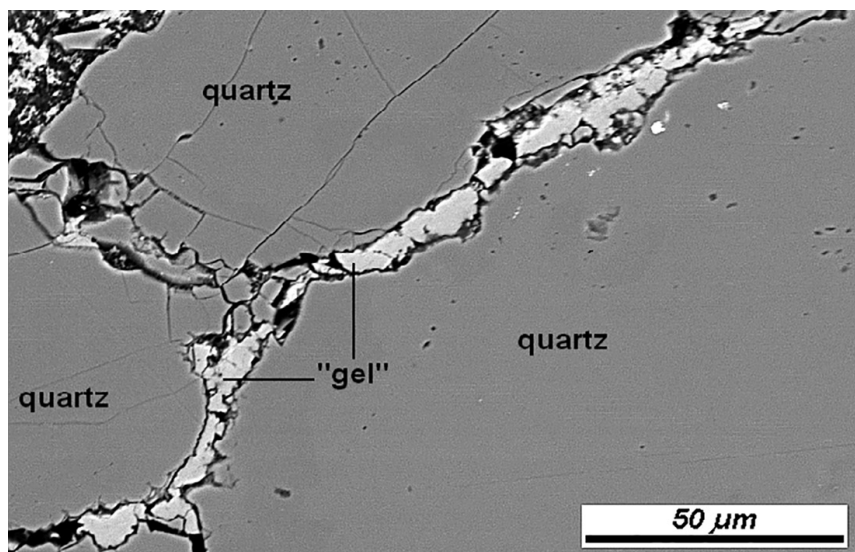
Rys. 6. Zmiany liniowe beleczek betonowych po 365 dniach przechowywania w łaźni



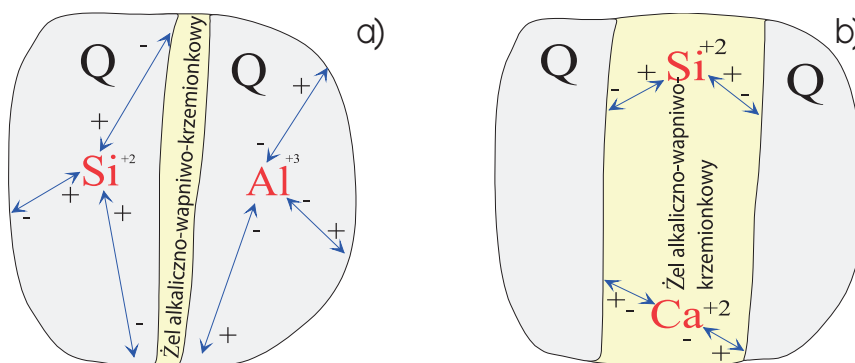
Rys. 7. a) Popękane ziarno kwarcu wypełnione żelazem alkaliczno-wapniowo-krzemionkowym na kontakcie z zaczynem cementowym (Q – ziarno kwarcu, ap – apatyt, Ż – żel, m – miejsce zdefektowane w wyniku naświetlania wiązką elektronową); b) popękane ziarno kwarcu wypełnione żelazem alkaliczno-wapniowo-krzemionkowym na kontakcie z zaczynem cementowym obserwowane bez analizatora



Rys. 8. Widmo EDS w mikroobszarze popękanego ziarna kwarcu a) analiza rentgenowska w mikroobszarze kwarcu; b) analiza rentgenowska w mikroobszarze apatytu



Rys. 9. Popękane ziarno kwarcu wypełnione żelam alkaliczno-krzemionkowo-wapniowym na kontakcie z zaczynem cementowym (quartz – ziarno kwarcu, gel – żel)



Rys. 10. Schemat rozkładu jonów: a) Si^{+2} i Al^{+3} w reaktywnym ziarnie kwarcu, b) Si^{+2} i Ca^{+2} w żelu alkaliczno-wapniowo-krzemionkowym

Tab. 2. Analiza ilościowa zawartości głównych składników w reaktywnym kwarcu

Pierwiastek	Stężenie	Stężenie normowe
	% masy	
O	52.5751	53.2514
Si	46.1548	46.7486
Al	0.0000	0.0000
Suma	98.7299	100.0000
O	50.9292	52.5236
Si	45.8064	47.2405
Al	0.2288	0.2360
Suma	96.9644	100.0000
O	52.2879	53.2219
Si	45.6873	46.5034
Al	0.2698	0.2747
Suma	98.2451	100.0000

Wyniki badań w mikroobszarze

Z beleczek betonowych po upływie 270 i 365 dni od zaformowania wykonano szlify cienkie do obserwacji mikrostruktury i składu produktów reakcji w mikroskopie skaningowym wyposażonym w mikrosondę CAMECA SX 100 z dodatkowym detektorem EDS firmy NORAN INSTRUMENTS. Szlify cienkie wykonano z beleczek betonowych z miejsc charakterystycznych dla przebiegu reakcji alkalia-krzemionka: z miejsc powstania rys, z miejsc, w których pojawiły się zmiany na

powierzchniach zewnętrznych w postaci jasnych okrągłych plam i nalotów. Obserwując te miejsca beleczek betonowych pod mikroskopem skaningowym, stwierdzono występowanie popękanych ziaren kwarcu z wrostkami apatytu (rys. 7).

Analiza rentgenowska w mikroobszarze w tych rejonach kwarcu wykazała obecność krzemu, alkaliów i wapnia, co świadczy o obecności żelu alkaliczno-wapniowo-krzemionkowego. W wyniku badań pod mikroskopem skaningowym w strefie pęknięć reaktywnego ziarna kwarcu zaobserwowano zróżnicowanie

składu produktu reakcji w zależności od miejsca i charakteru występowania żelu (rys. 9).

Żel alkaliczno-wapniowo-krzemionkowy występujący w środkowej części ziarna (rys. 10.) ma barwę jaśniejszą i charakteryzuje się mniejszą zawartością jonów Ca^{+2} , a większą zawartością Si^{+2} , co w konsekwencji powoduje mniejszą jego lepkość i dokładniejsze wnikanie w szczeliny ziarna kwarcu. Związane jest to również z większą ilością pochłanianej przez żel wody [12]. Żel alkaliczno-wapniowo-krzemionkowy występujący w brzeżnej części ziarna kwarcu oraz otaczający je i będący w strefie kontaktowej z zaprawą betonową ma barwę ciemniejszą i charakteryzuje się wyższą zawartością jonów Ca^{+2} , ale mniejszą zawartością Si^{+2} w stosunku do żelu występującego w środkowej części reaktywnego ziarna kwarcu.

Analizy punktowe (w mikroobszarze) reaktywnego ziarna kwarcu wskazują na zróżnicowanie zawartości ilości Si^{+2} w ziarnie kwarcu (tab. 2.). W strefie centralnej reaktywnego ziarna kwarcu zaobserwowano zwiększenie zawartości Si^{+2} oraz brak domieszek innych pierwiastków. Przesuwając się ku zewnętrznym strefom reaktywnego ziarna kwarcu oraz zbliżając się do szczelin wypełnionych żelam alkaliczno-wapniowo-krzemionkowym, zawartość Si^{+2} maleje, natomiast wzrasta zawartość Al^{+3} (rys. 10a).

Żel, będący początkowo uwodnionym krzemianem potasowo-sodowym, przemieszcza się w mikro- i mezopęknięciach reaktywnego ziarna, wypełniając je stopniowo. W miarę postępowania reakcji żel przyłącza jony Ca^{+2} i jako uwodniony krzemian wapniowo-sodowo-potasowy reaguje w zaprawie betonowej. W początkowym stadium reakcji dookoła zewnętrznych granic reaktywnego ziarna kwarcu występuje większe stężenie jonów Ca^{+2} , natomiast jony Na^{+} i K^{+} występują w środkowych strefach ziarna kwarcu. W czasie nasilania się reakcji, jony Ca^{+2} wnikają w strukturę żelu krzemianu, zastępując jony Na^{+} i K^{+} [13].

WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań wynika, że potencjalna reaktywność alkaliczna kruszyw jest zjawiskiem niebezpiecznym dla trwałego funkcjonowania i bezpiecznego użytkowania betonowych oraz żelbetonowych konstrukcji inżynierskich ze względu na ich powolną i długotrwałą destrukcję.

Badania prowadzone w tym zakresie mają charakter długotrwały, a jedynie szczegółowe analizy w mikroobszarze dają możliwość zobrażenia niebezpiecznego procesu. Analizy mikroskopowe wskazują obecność amorficznych form krzemianu, a beleczki betonowe wykazują zmiany liniowe lub/i zmiany na powierzchni. Badania mikrostruktury przeprowadzone w mikroskopie skaningowym wraz

z analizą rentgenowską w mikroobszarze wskazują na występowanie zróżnicowanego pod względem zawartości jonów Si^{+2} , Ca^{+2} , Na^+ i K^+ , w zależności od miejsca występowania żeluz alkaicznie-wapniowo-krzemowego w mikropęknięciach oraz na obwodzie ziaren kwarcu.

Z doświadczeń oraz analizowanych przypadków wynika, że największą siłą do wchodzenia w reakcje z alkaliami charakteryzuje się krzemionka w formie amorficznej lub mikrokryształicznej/kryptokryształicznej. Ograniczenie zawartości minerałów potencjalnie reaktywnych zawierających w swoim składzie krzemionkę stanowi jedną z metod zapobiegania wystąpieniu zjawiska reaktywności alkalicznej w betonie.

Bibliografia

- [1] Jasiński W., Właściwości wytrzymałościowe kruszyw w kontekście ich zastosowań. Etap I – Kruszywa naturalne z wybranych złóż północno-wschodniej Polski a ich przydatność do budownictwa komunikacyjnego w aspekcie podstawowych cech budawczych IBDiM-TW 35900/PW.S-194, Żmigród-Węglewo, grudzień 2000.
- [2] Jasiński W., Duszyński A., Potencjalna reaktywność alkaliczna kruszyw i jej wpływ na bezpieczeństwo użytkowania betonowych i żelbetonowych konstrukcji inżynierskich, „Logistyka” 3/2015.
- [3] Czarnecki L., Emmons P.H., Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych, Polski Cement, Kraków 2002.
- [4] Budny E., Góralczyk S., Nowe metody badań i oceny reaktywności alkalicznej kruszyw w UE, „Materiały Budowlane”, nr 351, 2001.
- [5] Poole A., B., Alkali-Silica Reactivity, mechanism of gel formation and expansion. Proceedings on 9th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete, London, 1992, pp. 782–789.
- [6] Swamy R.N., The Alkali-Silica Reactions in Concrete, New York 1992, pp. 13–26.
- [7] ASTM C 295-03 Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete.
- [8] PN-B-06714-34:1991/Az1:1997 Kruszywa Mineralne. Badania. Oznaczanie reaktywności alkalicznej.
- [9] Procedura Badawcza IBDiM. Oznaczanie reaktywności alkalicznej metodą bełeczkową z 1-molowym roztworem NaOH
- [10] Kretz R., Symbols of Rock Forming Minerals, Amer. Miner. vol. 68, 1983, p. 277–279.

[11] Jasiński W., Barczuk A., Reakcja alkalia-krzemionka na przykładzie betonów z kruszywem naturalnym z obszaru północnej Polski, „Drogi i Mosty”, 1-2/2008

[12] Owsiak Z., Reakcja alkalia-krzemionka i powstanie wtórnego etryngitu, „Cement-Wapno-Beton”, (6), 2000, s. 241–243

[13] Owsiak Z., The microstructure of the alkali-silica reaction products, Science of Cement and Concrete, Kraków, June 20-21 2001.

DOI: 10.5604/01.3001.0015.0467

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Jasiński Wiktor, Duszyński Andrzej, Gut Remigiusz, 2021, Wpływ procesu reaktywności alkalicznej kruszyw na betonowe i żelbetonowe konstrukcje inżynierskie, „Builder” 8 (289). DOI: 10.5604/01.3001.0015.0467

Streszczenie: Najczęściej stosowanym kruszywem do betonów używanych w konstrukcjach inżynierskich jest kruszywo pochodzenia magmowego: granitowe i bazaltowe oraz kruszywo naturalne (żwir i piasek). Jednak coraz częściej, m.in. ze względów ekonomicznych i logistycznych stosuje się inne rodzaje kruszyw, m.in. pochodzenia metamorficznego (amfibolitowe), węglanowego (dolomitowe i wapienne) oraz kruszywa sztuczne. Jednym z kryteriów klasyfikujących kruszywo do zastosowania do betonu jest zawartość minerałów potencjalnie reaktywnych, do których należą m.in. chalcedon, opal, trydymit, mikrokryształiczny/kryptokryształiczny kwarc oraz kwarc w stanie naprężenia, tzw. highly-strained quartz. W artykule przedstawiono metody badawcze stosowane do oznaczenia potencjalnej reaktywności alkalicznej kruszyw w Polsce oraz efekty badań reaktywności alkalicznej żwirów czwartorzędowych, które poddano starannej analizie w mikroskopie skaningowym, zwracając szczególną uwagę na procesy zachodzące pomiędzy reaktywnymi minerałami

(chalcedon, opal, trydymit, mikrokryształiczny/kryptokryształiczny kwarc oraz kwarc w stanie naprężenia, tzw. highly-strained quartz) a alkali występującymi w cemencie.

Słowa kluczowe: kruszywo, reaktywność alkaliczna kruszyw, nawierzchnie i konstrukcje betonowe

Abstract: EFFECT OF THE ALKALINE REACTIVITY PROCESS OF AGGREGATES ON CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE ENGINEERING STRUCTURES. The most commonly used aggregate in concrete construction and paving has natural aggregates (gravel and sand) and the aggregate magmatic origin: granite and basalt. However, more often, such as due to logistical and economical use different types of aggregates, eg, metamorphic origin (amphibolite), carbonate (dolomite and limestone) and artificial aggregates. One of the criteria for classifying the aggregates for use in concrete is potentially reactive mineral content, which include inter alia chalcedony, opal, tridymite, microcrystalline /cryptocrystalline Quartz and highly-strained quartz. The article presents the research methods used to determine the potential alkaline reactivity of aggregates in Poland and the results of the alkaline reactivity tests of quaternary gravels, which were carefully analyzed in a scanning microscope, paying particular attention to the processes taking place between reactive minerals (chalcedony, opal, tridymite, microcrystalline/cryptocrystalline quartz and highly-strained quartz) and alkali present in the cement.

Keywords: aggregate, alkali aggregate reactivity, pavements and concrete structures

WWW.BUILDERSCIENCE.PL