

Załącznik 4

Procedura Badawcza GDDKiA PB/4/18

Określenie potencjalnej reaktywności mieszaniny cementu, dodatków mineralnych i kruszyw według zmodyfikowanej metody ASTM C1567

1. Przedmiot i zakres

1.1. Procedura pozwala na określenie szkodliwości reakcji alkalia krzemionka dla kombinacji materiałów wiążących i kruszyw. Sposób postępowania oparty jest na metodzie przedstawionej w normie ASTM C1567 oraz RILEM AAR-2. Oznaczenie przeprowadzane jest w przeciągu 16 dni na beleczkach zaprawowych. W składzie zaprawy stosuje się cement oraz dodatek pucolanowy (popiół lotny krzemionkowy) i/lub materiał o utajonych właściwościach hydraulicznych (granulowany żużel wielkopieczowy). Wyniki badań odnoszą się wyłącznie do konkretnych proporcji masy dodatku mineralnego i kruszywa reaktywnego.

Wyniki badań nie mają zastosowania do określenia wystąpienia szkodliwej reakcji ASR dla mieszanin cementów portlandzkich CEM I i kruszywa (tj. przy braku dodatku pucolanowego lub żużla wielkopieczowego w zaprawie).

1.2. Niniejsza procedura nie podaje wszystkich działań związanych z bezpieczeństwem i higieną pracy podczas przeprowadzanych badań. Użytkownik procedury jest odpowiedzialny za zastosowanie odpowiednich środków bezpieczeństwa oraz środków ochrony zdrowia przed przystąpieniem do badań. W punkcie dotyczącym odczynników (p. 5) zawarto szczegółowe środki ostrożności w zakresie stosowania substancji chemicznych.

2. Znaczenie i zastosowanie

2.1. Niniejsza procedura umożliwia oszacowanie przydatności pucolan i żużla do zapobiegania szkodliwej ekspansji spowodowanej reakcją ASR w przypadku kruszywa stosowanego do betonu. Procedura oparta jest na przyspieszonym badaniu reaktywności alkalicznej kruszywa wg procedury GDDKiA PB/1/18 w zakresie przygotowania mieszanki zaprawowej, mieszania, formowania i pomiarów wydłużenia beleczek zaprawy.

2.2. Wyniki uzyskane niniejszą procedurą mogą zawiązać reaktywność niektórych rodzajów kruszywa użytych w warunkach eksploatacyjnych przy tych samych proporcjach pucolan, żużla oraz cementów hydraulicznych o niskiej zawartości alkaliów.

2.3. Aby określić ilość dodatku mineralnego konieczną do zmniejszenia wydłużenia beleczek zaprawy do akceptowalnego poziomu należy wykonać badania wg PB/4/18 stosując różne proporcje dodatku mineralnego w stosunku do cementu.

2.4. Skuteczność redukcji szkodliwego wydłużenia beleczek zaprawy ocenia się przez porównanie wydłużenia próbek wykonanych z tego samego kruszywa i cementu, bez pucolan i żużla, oznaczonej zgodnie z Procedurą Badawczą GDDKiA PB/1/18.

2.5. Wyniki uzyskane zgodnie z niniejszą procedurą mogą zaniżyć wartość wydłużenie w przypadku zastosowania popiołu lotnego krzemionkowego o całkowitej zawartości $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} > 4,0\%$. W takim przypadku skuteczność redukcji szkodliwej ekspansji należy określić przy zastosowaniu Procedury Badawczej GDDKiA PB/2/18 z przedłużeniem okresu badań do 2 lat.

3. Dokumenty powołane

AASHTO R 80, Standard Practice for Determining the Reactivity of Concrete Aggregates and Selecting Appropriate Measures for Preventing Deleterious Expansion in New Concrete Construction, American Association of State Highway and Transportation Officials

ASTM C1260, Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)

ASTM C1567, Standard Test Method for Determination the Potential Alkali-Silica Reactivity of Combinations of Cementitious Materials and Aggregate (Accelerated Mortar-Bar Method)

ASTM C490/C490M, Standard Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete

PN-EN 1097-6 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw -- Część 6: Oznaczanie gęstości ziarn i nasiąkliwości

PN-EN 13263-1+A1 Pył krzemionkowy do betonu -- Część 1: Definicje, wymagania i kryteria zgodności

PN-EN 15167-1 Mielony granulowany żużel wielkopiecowy do stosowania w betonie, zaprawie i zaczynie -- Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności

PN-EN 196-1 Metody badania cementu -- Część 1: Oznaczanie wytrzymałości

PN-EN 196-2 Metody badania cementu -- Część 2: Analiza chemiczna cementu

PN-EN 196-3 Metody badania cementu -- Część 3: Oznaczanie czasów wiązania i stałości objętości

PN-EN 197-1 Cement -- Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku

PN-EN 450-1 Popiół lotny do betonu -- Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności

PN-EN 932-5 Badania podstawowych właściwości kruszyw -- Część 5: Wyposażenie podstawowe i wzorcowanie

PN-EN ISO/IEC 17025 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących

Procedura Badawcza GDDKiA PB/1/18, Instrukcja badania reaktywności kruszyw metodą przyspieszoną w 1 M roztworze NaOH w temperaturze 80°C

Procedura Badawcza GDDKiA PB/2/18, Instrukcja badania reaktywności kruszyw w temperaturze 38°C według ASTM C1293/RILEM AAR-3

RILEM Recommended Test Method: AAR-2—Detection of Potential Alkali-Reactivity—Accelerated Mortar-Bar Test Method for Aggregates, RILEM Recommendations for the Prevention of Damage by Alkali-Aggregate Reactions in New Concrete Structures. State-of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 219-ACS Vol. 17, Nixon P.J. and Sims I. (Eds.), Springer, 2016

4. Terminologia

Zmiana długości - zwiększenie lub zmniejszenie wymiarów liniowych próbki badanej, mierzone równoległe do osi wzdłużnej.

Gęstość właściwa kruszywa – zgodnie z PN-EN 1097-6.

5. Aparatura

5.1. Sita – sita zgodne z wymaganiami Procedury Badawczej PB/1/18.

5.2. Kruszarka laboratoryjna – kruszarka szczękowa i/lub kruszarka żarnowa

5.3. Mieszarka – mieszarka zgodna z wymaganiami PN EN 196-1 p. 4.4. Dodatkowo, prześwit pomiędzy dolnym końcem łopatkki a dnem misy mieszarki powinien wynosić $5,1 \pm 0,3$ mm.

5.4. Ubijak – ubijak wykonany z wytrzymałego, nienasiąkliwego tworzywa, np. gumy o twardości 80 ± 10 (skala Shore'a A) lub drewna odpowiednio zaimpregnowanego poprzez zanurzenie przez 15 min w parafinie o temperaturze 200 °C. Wymiary ubijaka: przekrój poprzeczny 13×15 mm i długość od 120 do 150 mm, kąt prosty pomiędzy poszczególnymi płaszczyznami. Powierzchnia ubijaka płaska.

5.5. Waga - do 1000 g, z dokładnością do 1 g.

5.5. Zgarniak – zgarniak zgodny z wymaganiami PN EN 196-1 (p. 4.5 Rysunek 3).

5.6. Forma - zgodna z wymaganiami Procedury Badawczej GDDKiA PB/1/18.

5.7. Pojemniki do przechowywania belek – zgodne z wymaganiami Procedury Badawczej GDDKiA PB/1/18. W przypadku przechowywania belek w pozycji pionowej, nie mogą one być podtrzymywane metalowymi podporami oraz czopiki referencyjne nie mogą opierać się na podporach.

5.8. Komora termostatyczna – zgodna z wymaganiami Procedury Badawczej GDDKiA PB/1/18. Komorę termostatyczną mogą stanowić suszarka lub łaźnia wodna utrzymujące temperaturę w zakresie $80,0 \pm 2,0$ °C.

5.9. Komora wilgotnościowa – przeznaczona do kondycjonowania próbek z zaprawy w warunkach 20 ± 1 °C, $RH \geq 90\%$.

5.10. Urządzenie pomiarowe - zgodne z wymaganiami Procedury Badawczej GDDKiA PB/1/18.

5.11. Czopiki referencyjne - zgodne z wymaganiami Procedury Badawczej GDDKiA PB/1/18.

6. Odczynniki

6.1. Wodorotlenek sodu (NaOH) – klasa czystości: cz.d.a lub techniczny lub jego roztwór pod warunkiem, że stężenia jonów: Na^+ i OH^- , są potwierdzone analizą chemiczną i mieszczą się w zakresie od 0,99 M do 1,01 M.

6.2. Woda – stosować wodę destylowaną lub dejonizowaną do przygotowania mieszanki zaprawowej. Do napełnienia pojemników do przechowywania próbek stosować wodę wodociągową.

6.3. Roztwór wodorotlenku sodu – przygotowanie roztworu wodorotlenku sodu oraz środki ostrożności dotyczące stosowania NaOH opisano w Procedurze Badawczej GDDKiA PB/1/18.

7. Warunki prowadzenia badań

Warunki prowadzenia badań zgodne z Procedurą Badawczą GDDKiA PB/1/18.

8. Pobieranie próbek kruszywa i przygotowanie próbek zaprawy

8.1. Cement referencyjny - stosować cement zgodnie z Procedurą badawczą GDDKiA PB/1/18

8.2. Dodatki mineralne – stosować jeden z poniższych dodatków mineralnych lub ich mieszaninę:

8.2.1. Popiół lotny krzemionkowy spełniający wymagania normy PN-EN 450-1:2012

8.2.2. Granulowany żużel wielkopiecowy spełniający wymagania normy PN-EN 15167-1

8.3. Pobieranie próbek kruszywa

8.3.1. Selekcja kruszywa – zgodnie z Procedurą Badawczą GDDKiA PB/1/18 p.8.1.

8.3.2. Przygotowanie kruszywa – kruszywa przygotować zgodnie z Procedurą Badawczą GDDKiA PB/1/18 p.8.2.

8.4. Wybór i przygotowanie cementu – stosować cement wybrany i przygotowany zgodnie z Procedurą Badawczą GDDKiA PB/1/18 pp.8.3.1. i 8.3.2.

8.5. Przygotowanie próbek zaprawy

8.5.1 Liczba próbek zaprawy – do badania należy przygotować, co najmniej trzy belki zaprawowe dla każdego badanego kruszywa.

8.5.2. Przygotowanie form – zgodnie z wymaganiem Procedury Badawczej PB/1/18.

8.5.3. Skład zaprawy – odmierzyć składniki suche zaprawy w proporcji 1 część spoiwa, tj. cementu i dodatku mineralnego w danej proporcji (masowo), do 2,25 części frakcjonowanego kruszywa (masowo) w przypadku kruszyw o gęstości równej 2,45 kg/dm³ lub więcej.

8.5.3.1 Dla kruszyw o gęstości poniżej 2,45 ustalić udział kruszywa zgodnie z poniższym równaniem:

$$\text{Udział kruszywa} = 2.25 \times D / 2.65$$

gdzie: D – gęstość właściwa badanego kruszywa.

8.5.4. W przypadku kruszyw o gęstości właściwej równej lub większej niż 2,45, masy suchych składników do wykonania 3 belek zaprawowych wynoszą: 440 g spoiwa i 990 g kruszywa uzyskanego przez połączenie wymaganych frakcji w proporcji odpowiadającej tabeli Z1.1 Procedury Badawczej PB/1/18.

Stosować współczynnik woda-spoivo 0,47.

8.5.4.1. W przypadku kruszyw o gęstości właściwej poniżej 2,45 masy suchych składników do wykonania 3 belek zaprawowych wynoszą: 440 g spoiwa i masa kruszywa wyliczona na podstawie pomnożenia 440 g przez udział kruszywa określony zgodnie z 8.5.3.1. Masa kruszywa powinna zawierać odpowiedni udział poszczególnych frakcji

zgodnie z tabelą Z1.1 Procedury Badawczej PB/1/18. Stosować współczynnik woda-cement 0,47.

8.5.5. Mieszanie zaprawy – zaprawę wymieszać zgodnie z PN-EN 196-1.

8.5.6. Formowanie próbek zaprawy – próbki zaprawy formować zgodnie z wymaganiami Procedury Badawczej PB/1/18.

9. Procedura badania

Pomiar początkowy, pomiar zerowy oraz dalsze pomiary wykonywać zgodnie z zaleceniami Procedury Badawczej PB/1/18.

10. Obliczenia

Obliczyć zmianę długości belek zgodnie z zaleceniami Procedury Badawczej PB/1/18.

11. Dopuszczalna różnica między wynikami

11.1. Dopuszczalną różnicę między wynikami oraz niepewność pomiaru przyjąć zgodnie z zapisami Procedury Badawczej PB/1/18 p. 11.1. i 11.2.

12. Sprawozdanie

Sprawozdanie z badań powinno zawierać następujące informacje:

- a) Rodzaj i pochodzenie kruszywa,
- b) Rodzaj i pochodzenie zastosowanego cementu,
- c) Rodzaj, pochodzenie oraz proporcję zastosowanej pucolany,
- d) Uziarnienie, pochodzenie oraz proporcję zastosowanego granulowanego żuźla wielkopieczowego,
- e) Wynik oznaczenia stałości objętości wg PN-EN 196-3, zawartości wolnego wapnia oznaczona wg PN-EN 196-3, zawartość alkaliów w cemencie: tlenku potasu (K_2O), tlenku sodu (Na_2O) i obliczonego ekwiwalentu tlenku sodu ($Na_2O_{eq} = \%Na_2O + 0,658 \times \%K_2O$),
- f) Średnia zmiana długości, wyrażona w %, dla każdego pomiaru próbek,
- g) Wszelkie istotne informacje dotyczące przygotowania kruszyw, w tym odstępstwa w zakresie zastosowanego uziarnienia kruszywa do przygotowania belek zaprawowych,
- h) Jakikolwiek zmiany zaobserwowane na powierzchni belek podczas badania oraz po jego zakończeniu (takie jak: spękania, tworzenie się żelu, obwódki wokół ziaren, wykwity, wycieki, zmiana barwy),
- i) Ilość wody zarobowej wyrażona jako procent masowy spoiwa, tj. sumy masy cementu i masy dodatku mineralnego,
- j) Wykres zmian długości w funkcji czasu od pomiaru zerowego do końca okresu ekspozycji w 1M roztworze NaOH w temperaturze 80°C,

Informacje uzupełniające

Badania prowadzone w laboratoriach ICiMB OSiMB i IPPT PAN wykazały, że w przypadku kruszyw krajowych o kategorii reaktywności R1 dodatek 20% popiołu lotnego był zazwyczaj wystarczający do zmniejszenia średniego wydłużenia próbek zaprawy do wartości $< 0,10\%$. Jeżeli dodatek mineralny stanowił żużel to podobny poziom obniżenia wydłużenia obserwowano przy około dwukrotnie większej ilości dodatku.

Brak wyraźnego wpływu dodatku mineralnego na wartość średniego wydłużenie próbek zaprawy (zmniejszenie o co najmniej 50% w przypadku dodatku 20% popiołu lotnego) może wskazywać, że:

- a) zastosowano zbyt małą ilość dodatku mineralnego;
- b) za obserwowane wydłużenie jest odpowiedzialny inny mechanizm niż reakcja ASR.

W pierwszym przypadku należy powtórzyć badanie wg PB/4/18 zwiększając ilość stosowanego dodatku mineralnego. W drugim należy zasięgnąć opinii eksperta, który na podstawie m.in. analizy wydłużenia próbek zapraw lub betonów wg PB/1/18 – PB/5/18 oraz rozpoznania produktów reakcji alkalia-kruszywo, AAR, w betonie wg PB/3/18 wyjaśni mechanizm odpowiedzialny za obserwowane wydłużenie próbek zaprawy.