



Wytyczne projektowania zabezpieczenia antykorozyjnego betonowych elementów drogowych obiektów inżynierskich

01-0000.00.00

**Wzorce i standardy
rekomendowane przez
Ministra właściwego ds. transportu**

WR-M-32

WR-M-32

Wytyczne projektowania zabezpieczenia antykorozyjnego betonowych elementów drogowych obiektów inżynierskich

Wersja: **01**

Obowiązuje od: **0000.00.00**

Rekomendował:

Wzorce i standardy rekomendowane przez Ministra właściwego ds. transportu:

- 1) nie stanowią przepisów techniczno-budowlanych w rozumieniu ustawy – Prawo budowlane,
- 2) zgodnie z ustawą o drogach publicznych przeznaczone są do dobrowolnego stosowania,
- 3) nie zwalniają osób wykonujących samodzielne funkcje techniczne w budownictwie z odpowiedzialności zawodowej.

Opracował Zespół w składzie:

Janusz Rymsza – Koordynator, Danuta Beblacz, Tomasz Gajda, Przemysław Kamiński

Jednostka odpowiedzialna:

Ministerstwo Infrastruktury, Departament Dróg Publicznych
ul. Chałubińskiego 4/6, 00-968 Warszawa

© Skarb Państwa – Minister Infrastruktury

Zdjęcie na okładce © IBDiM

Opracowanie sfinansowano ze środków Funduszu Spójności w ramach działania 2.1 Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna 2014-2020



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Fundusz Spójności



Spis treści

1. Przedmiot i zakres stosowania

2. Wykaz opracowań powołanych

- 2.1. Normy
- 2.2. Pozostałe opracowania

3. Definicje i objaśnienia skrótów

- 3.1. Definicje
- 3.2. Skróty
- 3.3. Symbole

4. Rodzaje zabezpieczeń

5. Ochrona konstrukcyjna

6. Ochrona materiałowo-strukturalna

- 6.1. Zagrożenie korozyjne betonu w zależności od rodzaju elementu konstrukcji
- 6.2. Zasady projektowania betonu
- 6.3. Wymagania dotyczące betonu
- 6.4. Zasady wbudowywania betonu

7. Ochrona powierzchniowa

- 7.1. Rodzaje zabezpieczeń i ich przeznaczenie
- 7.2. Zasady doboru wyrobów do ochrony powierzchniowej betonu
- 7.3. Wymagania dotyczące wyrobów do ochrony powierzchniowej betonu
- 7.4. Wymagania dotyczące wyrobów do napraw i reprofilacji powierzchni betonowych
- 7.5. Zasady wykonywania zabezpieczeń

1. Przedmiot i zakres stosowania

(1) Wytyczne w zakresie zabezpieczenia antykorozyjnego elementów betonowych drogowych obiektów inżynierskich dotyczą zabezpieczeń konstrukcji betonowych, żelbetowych i z betonu sprężonego poprzez ochronę: konstrukcyjną, materiałowo-strukturalną i powierzchniową.

(2) W zakresie ochrony materiałowo-strukturalnej niniejsze wytyczne obejmują zasady doboru klas ekspozycji, składników betonu oraz sposobu wbudowania i pielęgnacji betonu przeznaczonego do wykonywania konstrukcji betonowych, żelbetowych i z betonu sprężonego.

(3) W zakresie zabezpieczenia antykorozyjnego elementów betonowych drogowych obiektów inżynierskich niniejsze wytyczne dotyczą wyrobów lub zestawów do wykonywania ochrony powierzchniowej elementów nie przeznaczonych do obciążenia ruchem pieszych lub kołowym oraz nie przeznaczonych do stosowania na powierzchniach w podziemnych i zasypanych gruntem obiektach inżynierii komunikacyjnej.

2. Wykaz opracowań powołanych

2.1. Normy

- [1] PN-EN 12390-2:2011 Badania betonu. Część 2: Wykonywanie i pielęgnacja próbek do badań wytrzymałościowych.
- [2] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [3] PN-EN 1992-2:2010 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 2: Mosty z betonu. Obliczanie i reguły konstrukcyjne.
- [4] PN-EN 206+A1:2016-12 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- [5] PN-B-06265:2018-10 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność. Krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A1:2016-12.
- [6] PN-EN 12350-3:2019-07 Badania mieszanki betonowej. Część 3: Badania konsystencji metodą Vebe.
- [7] PN-EN 197-1:2012 Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku.
- [8] PN-B-19707:2013-10 Cement. Cement specjalny. Skład, wymagania i kryteria zgodności.
- [9] PN-EN 12620+A1:2010 Kruszywa do betonu.
- [10] PN-EN 1367-6:2008 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych. Część 6: Mrozoodporność w obecności soli.
- [11] PN-EN 196-2:2013-11 Metody badania cementu. Część 2: Analiza chemiczna cementu.
- [12] PN-EN 196-3:2016-12 Metody badania cementu. Część 3: Oznaczanie czasów wiązania i stałości objętości.
- [13] PN-EN 13043:2004 Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utrwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu.
- [14] PN-EN 933-1:2012 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 1: Oznaczanie składu ziarnowego. Metoda przesiewania.
- [15] PN-EN 933-3:2012 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 3: Oznaczanie kształtu ziarn za pomocą wskaźnika płaskości.
- [16] PN-EN 933-4:2008 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 4: Oznaczanie kształtu ziarn. Wskaźnik kształtu.
- [17] PN-EN 1097-2:2010 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 2: Metody oznaczania odporności na rozdrabnianie.
- [18] PN-EN 1097-6:2013-11 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 6: Oznaczanie gęstości ziarn i nasiąkliwości.
- [19] PN-EN 1097-3:2000 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Oznaczanie gęstości nasypowej i jamistości.
- [20] PN-EN 932-3:1999 Badania podstawowych właściwości kruszyw. Procedura i terminologia uproszczonego opisu petrograficznego.
- [21] PN-EN 1744-1+A1:2013-05 Badania chemicznych właściwości kruszyw. Część 1: Analiza chemiczna.
- [22] PN-EN 933-5:2000 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczanie procentowej zawartości ziarn o powierzchniach powstałych w wyniku przekruszenia lub łamania kruszyw grubych.

- [23] PN-EN 1367-3:2002 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych. Część 3: Badanie bazaltowej zgorzeli słonecznej metodą gotowania.
- [24] PN-EN 1008:2004 Woda zarobowa do betonu. Specyfikacja pobierania próbek, badanie i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu.
- [25] PN-EN 934-1:2009 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu. Część 1: Wymagania podstawowe.
- [26] PN-EN 934-2+A1:2012 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu. Część 2: Domieszki do betonu. Definicje, wymagania, zgodność, oznakowanie i etykietowanie.
- [27] PN-EN 13263-1+A1:2010 Pył krzemionkowy do betonu. Część 1: Definicje, wymagania i kryteria zgodności.
- [28] PN-EN 450-1:2012 Popiół lotny do betonu. Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności.
- [29] PN-EN 12390-8:2011 Badania betonu. Część 8: Głębokość penetracji wody pod ciśnieniem.
- [30] PN-EN 13670:2011 Wykonywanie konstrukcji z betonu.
- [31] PN-EN 1062-7:2005 Farby i lakiery. Wyroby lakierowe i systemy powłokowe stosowane na zewnątrz na mury i beton. Część 7: Oznaczanie właściwości pokrywania rys.
- [32] PN-EN 1062-3:2008 Farby i lakiery. Wyroby lakierowe i systemy powłokowe stosowane na zewnątrz na mury i beton. Część 3: Oznaczanie przepuszczalności wody.
- [33] PN-EN 1542:2000 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Pomiar przyczepności przez odrywanie.
- [34] PN-EN 1062-6:2003 Farby i lakiery. Wyroby lakierowe i systemy powłokowe stosowane na zewnątrz na mury i beton. Część 6: Oznaczanie przepuszczalności ditlenku węgla.
- [35] PN-EN ISO 7783:2018-11 Farby i lakiery. Oznaczanie właściwości przenikania pary wodnej. Metoda z zastosowaniem naczynka.
- [36] PN-EN 1062-11:2003 Farby i lakiery. Wyroby lakierowe i systemy powłokowe stosowane na zewnątrz na mury i beton. Część 11: Metody kondycjonowania przed badaniem.
- [37] PN-EN ISO 2812-1:2018-01 Farby i lakiery. Oznaczanie odporności na ciecze. Część 1: Zanurzenie w cieczach innych niż woda.
- [38] PN-EN 1015-10:2001/A1:2007 Metody badań zapraw do murów. Część 10: Określenie gęstości wysuszonej stwardniałej zaprawy.
- [39] PN-EN 12190:2000 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie zaprawy naprawczej.
- [40] PN-B-04500:1985 Zaprawy budowlane. Badania cech fizycznych i wytrzymałościowych.
- [41] PN-EN 1015-11:2001/A1:2007 Metody badań zapraw do murów. Określenie wytrzymałości na zginanie i ściskanie stwardniałej zaprawy.
- [42] PN-EN 196-1:2016-07 Metody badania cementu. Część 1: Oznaczanie wytrzymałości.
- [43] PN-EN 12617-4:2004 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Część 4: Oznaczanie skurczu i wydłużenia.
- [44] PN-EN 13057:2004 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Oznaczanie odporności na absorpcję kapilarną.

2.2. Pozostałe opracowania

- [45] Zybura A., Jaśniok M., Jaśniok T., Diagnostyka konstrukcji żelbetowych badania korozji zbrojenia i właściwości ochronnych betonu, PWN, Warszawa 2011.
- [46] AASHTO R 80-17 Standard Practice for Determining the Reactivity of Concrete Aggregates and Selecting Appropriate Measures for Preventing Deleterious Expansion in New Concrete Construction, 2017.
- [47] Procedura Badawcza GDDKiA PB/1/18 Instrukcja badania reaktywności kruszyw metoda przyspieszoną w 1 M roztworze NaOH w temperaturze 80°C.
- [48] Procedura Badawcza GDDKiA PB/2/18 Instrukcja badania reaktywności kruszyw w temperaturze 38°C według ASTM C1293/RILEM AAR-3.
- [49] Procedura badawcza IBDiM Nr PB/TM-1/13:2009. Ocena stanu powłoki (lub wyprawy) ochronnej po próbie mrozoodporności.
- [50] Procedura badawcza IBDiM PB/TM/1/6:2016. Pomiar przyczepności przez odrywanie.
- [51] Procedura badawcza IBDiM PB-TM-X5. Oznaczanie wskaźnika ograniczenia chłonności wody.
- [52] Procedura badawcza IBDiM PB/TM-1/12:2009. Badanie mrozoodporności zapraw budowlanych.

3. Definicje i objaśnienia skrótów

3.1. Definicje

Aprobata Techniczna – pozytywna ocena techniczna wyrobu, stwierdzająca jego przydatność do stosowania, wydany na podstawie przepisów obowiązujących przed wprowadzeniem Krajowej Oceny Technicznej.

Dodatek typu II – dodatek o właściwościach pucolanowych lub utajonych właściwościach hydraulicznych.

Dokumenty Odniesienia – obowiązujące w danym zakresie dokumenty takie jak: Polska Norma, Aprobata Techniczna, Krajowa Ocena Techniczna lub Europejska Ocena Techniczna.

Europejska Ocena Techniczna – udokumentowana pozytywna ocena właściwości wyrobu budowlanego w odniesieniu do jego zasadniczych charakterystyk zgodnie z odnośnym europejskim dokumentem oceny.

Hydrofobizacja (impregnacja hydrofobizująca) – obróbka betonu nadająca jego powierzchni zdolność odpychania wody. Pory i kapilary nie są wypełniane wyrobem, a jedynie jest nim powleczone powierzchnia zewnętrzna betonu oraz powierzchnia ścianek porów i kapilar (do pewnej głębokości).

Impregnacja wzmacniająca lub uszczelniająca – obróbka betonu zmniejszająca jego powierzchniową porowatość i wzmacniająca jego warstwę powierzchniową; pory i kapilary są częściowo lub całkowicie wypełnione wyrobem.

Klasa ekspozycji – klasyfikacja chemicznych i fizycznych warunków środowiska, na działanie których może być narażony beton.

Klasa wytrzymałości na ściskanie – symbol literowo-liczbowy (np. C30/37), klasyfikujący beton pod względem jego wytrzymałości na ściskanie. Klasy wytrzymałości na ściskanie betonu według normy [5] są określane na podstawie wytrzymałości charakterystycznej na ściskanie w 28 dniu dojrzewania na próbkach walcowych o średnicy 150 mm i wysokości 300 mm (f_{ckcyl}) lub na próbkach sześciennych o boku 150 mm (f_{ckcube}) pielęgnowanych zgodnie z normą [1].

Krajowa Ocena Techniczna – udokumentowana, krajowa pozytywna ocena właściwości użytkowych tych zasadniczych charakterystyk wyrobu budowlanego, które zgodnie z zamierzonym zastosowaniem mają wpływ na spełnienie podstawowych wymagań, o których mowa w ustawie – Prawo budowlane przez obiekty budowlane, w których wyrób będzie zastosowany.

Powłoka elastyczna ze zdolnością mostkowania rys lub z ograniczoną zdolnością mostkowania rys – powłoka ochronna odporna, w określonym zakresie, na zarysowanie podłoża; po zarysowaniu betonu, w określonym zakresie, powłoka elastyczna zachowuje ciągłość; rysa na powierzchni betonu nie jest widoczna.

Powłoka ochronna – ciągła warstwa ochronna utworzona na powierzchni betonu.

Powłoka sztywna – powłoka ochronna nie odporna na zarysowanie podłoża; po zarysowaniu betonu powłoka sztywna pęka i rysa jest widoczna na powierzchni betonu.

Stopień mrozoodporności – symbol literowo-liczbowy (np. F200), klasyfikujący beton pod względem jego odporności na działanie mrozu; liczba po literze F oznacza wymaganą liczbę cykli zamrażania i odmrażania próbek betonowych.

3.2. Skróty

PC (Polymer Concrete) – zaprawy i betony polimerowe; mieszanki spoiw polimerowych i frakcjonowanych kruszyw, utwardzające się w wyniku reakcji polimeryzacji.

PCC (Polymer Cement Concrete) – zaprawy lub betony hydrauliczne, modyfikowane przez dodanie polimeru.

3.3. Symbole

(1) W tab. 3.3.1 zestawiono wykaz symboli użytych w niniejszych wytycznych wraz z odpowiednią jednostką oraz opisem.

Tab. 3.3.1. Wykaz zastosowanych symboli

Symbol	Jednostka	Opis
C	[-]	klasa wytrzymałości na ściskanie betonu zwykłego i betonu ciężkiego
sk	[%]	skurcz po okresie twardnienia 56 dni
w ₇	[MPa]	wytrzymałość na ściskanie po 7 dniach
w ₂₈	[MPa]	wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach
XF	[-]	klasy ekspozycji betonu z uwagi na oddziaływanie przemiennego zamrażania i rozmrażania
XA	[-]	klasy ekspozycji betonu z uwagi na agresję chemiczną
z ₇	[MPa]	wytrzymałość na zginanie po 7 dniach
z ₂₈	[MPa]	wytrzymałość na zginanie po 28 dniach
ρ _o	[kg/m ³]	gęstość objętościowa

4. Rodzaje zabezpieczeń

- (1) Konstrukcje betonowe, żelbetowe i z betonu sprężonego zabezpiecza się poprzez ochronę:
- a) konstrukcyjną,
 - b) materiałowo-strukturalną,
 - c) powierzchniową.

5. Ochrona konstrukcyjna

- (1) Ochrona konstrukcyjna powinna być zrealizowana w szczególności poprzez:
- a) zastosowanie w miarę możliwości konstrukcji monolitycznych betonowanych na miejscu budowy lub prefabrykowanych przęseł jako jednolitych elementów,
 - b) zastosowanie elementów prefabrykowanych w ustrojach nośnych,
 - c) dobór odpowiednich kształtów i wymiarów elementów konstrukcji, tak aby:
 - zapewnione były co najmniej minimalne grubości otuliny zewnętrznych prętów zbrojenia i cięgien sprężających, przewidzianych przez normy [2] i [3],
 - uniemożliwione było pojawienie się rys lub ich szerokość nie przekraczała wartości określonych za dopuszczalne w normach [2] i [3],
 - wyeliminowane zostały zamknięte przestrzenie niedostępne dla kontroli stanu konstrukcji,
 - zapewniona była możliwość odprowadzenia skroplin pary wodnej,
 - d) dobór stali zbrojeniowej i sprężającej gwarantujący przenoszenie zarówno obciążeń podstawowych, jak i dodatkowych, z uwzględnieniem stosowania minimalnego procentu zbrojenia oraz procedur obliczania strat siły sprężającej określonych w normach [2] i [3],
 - e) zastosowanie rozwiązań zamykających dostęp wody opadowej do wnętrza elementów konstrukcji w wyniku ukształtowania pochyleń i wykonania kapinosów,
 - f) zastosowanie izolacji wodoszczelnych, w tym izolacji nawierzchni, oraz szczelnych zabezpieczeń przerw i szczelin dylatacyjnych,
 - g) zabezpieczenie cięgien sprężających przed korozją za pomocą:
 - indywidualnego zabezpieczenia antykorozyjnego splotu, składającego się z osłony z tworzywa i smaru antykorozyjnego,
 - preparatów chroniących przed korozją, stosowanych jako wypełnienie kanałów kablowych formowanych w betonie, z zastrzeżeniem akapitu (2),
 - preparatów chroniących przed korozją, stosowanych jako wypełnienie osłon kablowych w przypadku cięgien sprężających usytuowanych na zewnątrz przekroju elementu, z zastrzeżeniem akapitów (2) i (3),
 - otuliny cięgien pozostających poza betonem w elementach strunobetonowych oraz cięgien wraz z zakotwieniami w elementach kablobetonowych.
- (2) W przypadku konieczności zapewnienia przesuwu cięgien w kablu sprężającym, zastosowane preparaty chroniące przed korozją powinny to umożliwiać ten przesuw.
- (3) Dopuszcza się zabezpieczenie cięgien sprężających tylko za pomocą preparatów chroniących przed korozją, pod warunkiem, że powłoki z tych preparatów nie są narażone na uszkodzenia mechaniczne i uszkodzenia wywołane czynnikami atmosferycznymi.
- (4) Pochylenia ukształtowane na pomoście powinny wynosić co najmniej:
- a) podłużne – 1,0%,
 - b) poprzeczne:
 - w strefie jezdni oraz na chodnikach o szerokości co najmniej 1,5 m – 2,5%,
 - na chodnikach o szerokości mniejszej niż 1,5 m – 4,0%,
 - na elementach betonowych o szerokości mniejszej niż 0,4 m, w tym w szczególności na belkach gzymsowych (podporęczowych) – 10,0%.
- (5) Elementy prefabrykowane powinny być w szczególności stosowane jako:
- a) zespolone betonem wykonanym na budowie – dla układów konstrukcyjnych gwarantujących współpracę łączonych części w przenoszeniu obciążeń,
 - b) uciążone – w przypadku wieloprzęsłowych obiektów mostowych,
 - c) odpowiednio przygotowane do zespolenia w szczególności poprzez:
 - obróbkę płaszczyzn kontaktowych – usunięcie szklawa cementowego i w szczególnych przypadkach dodatkowo żłobkowanie,
 - wypuszczone zbrojenie – do połączenia z betonem wykonanym na budowie,
 - pokrycie wyrobami poprawiającymi przyczepność,
 - wypełnienie styków kontaktowych klejem – w przypadku sprężenia,

- d) współpracujące ze sobą w kierunku poprzecznym – w szczególności poprzez sprężenie lub wypełnienie przerw między prefabrykatami betonem zbrojonym, po spełnieniu odpowiednio wymagań z lit. c.

6. Ochrona materiałowo-strukturalna

6.1. Zagrożenie korozyjne betonu w zależności od rodzaju elementu konstrukcji

(1) Konstrukcje betonowe, w tym żelbetowe i z betonu sprężonego, są narażone na oddziaływanie środowisk poprzez procesy fizyczne, chemiczne i biologiczne. W celu określenia oddziaływań środowiskowych w normach [4] oraz [5] wprowadzono siedem klas ekspozycji betonu odpowiadających różnym warunkom użytkowania poszczególnych elementów konstrukcji. W tab. 6.1.1 podano klasy ekspozycji według normy [4] wraz z krajowym uzupełnieniem – normą [5].

Tab. 6.1.1. Klasy ekspozycji według normy [4] wraz z krajowym uzupełnieniem – normą [5] (1 z 2)

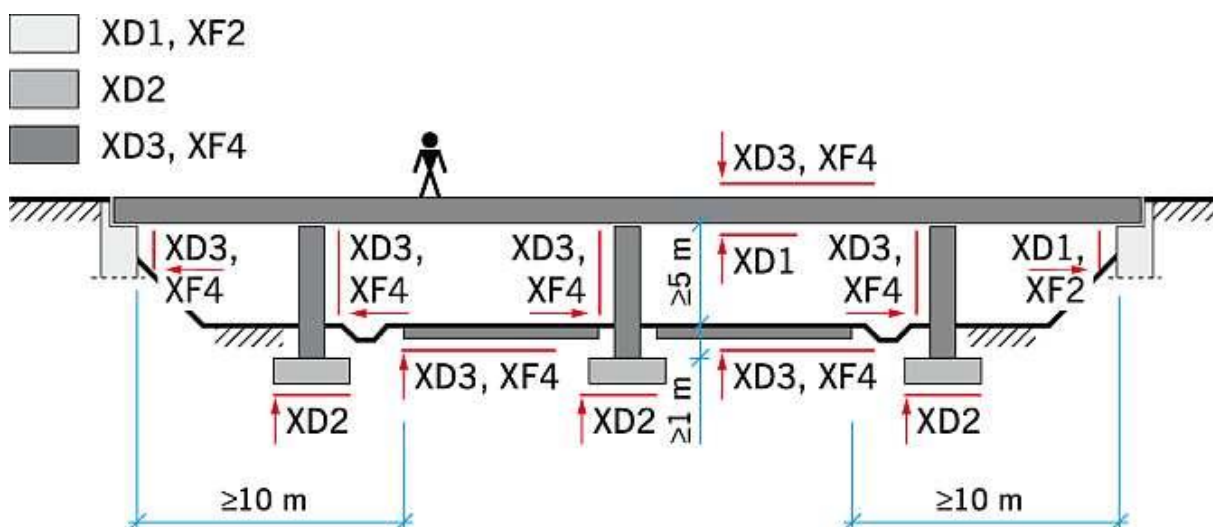
Oznaczenie klasy	Opis środowiska
1. Brak zagrożenia korozją lub agresją środowiska	
X0	W przypadku betonów niezawierających zbrojenia i innych elementów metalowych: wszystkie oddziaływania środowiska z wyjątkiem przypadków występowania zamrażania/rozmarzania, ścierania lub agresji chemicznej. W przypadku betonów zbrojonych lub zawierających inne elementy metalowe: bardzo suche.
ODDZIAŁYWANIA ŚRODOWISKOWE NA ZBROJENIE	
2. Korozja spowodowana karbonatyzacją	
Jeżeli beton zawierający zbrojenie lub inne elementy metalowe jest narażony na kontakt z powietrzem i wilgocią, ekspozycja powinna być klasyfikowana w następujący sposób:	
XC1	Suche lub stale mokre
XC2	Mokre, sporadycznie suche
XC3	Umiarkowanie wilgotne
XC4	Cyklicznie mokre i suche
3. Korozja spowodowana chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej (strefa śródlądowa)	
Jeżeli beton zawierający zbrojenie lub inne elementy metalowe jest narażony na kontakt z wodą zawierającą chlorki, w tym sole odladzające, pochodzące z innych źródeł niż woda morska, ekspozycja powinna być klasyfikowana w następujący sposób:	
XD1	Umiarkowanie wilgotne
XD2	Mokre, sporadycznie suche
XD3	Cyklicznie mokre i suche
4. Korozja spowodowana chlorkami pochodzącymi z wody morskiej (strefa morska)	
Jeżeli beton zawierający zbrojenie lub inne elementy metalowe jest narażony na kontakt z chlorkami pochodzącymi z wody morskiej, znajdującymi się w wodzie lub w powietrzu, ekspozycja powinna być klasyfikowana w następujący sposób:	
XS1	Narażenie na działanie soli zawartych w powietrzu, ale nie na bezpośredni kontakt z wodą morską
XS2	Stałe zanurzenie
XS3	Strefy pływów, rozbryzgów i aerozoli

Tab. 6.1.1. Klasy ekspozycji według normy [4] wraz z krajowym uzupełnieniem – normą [5] (2 z 2)

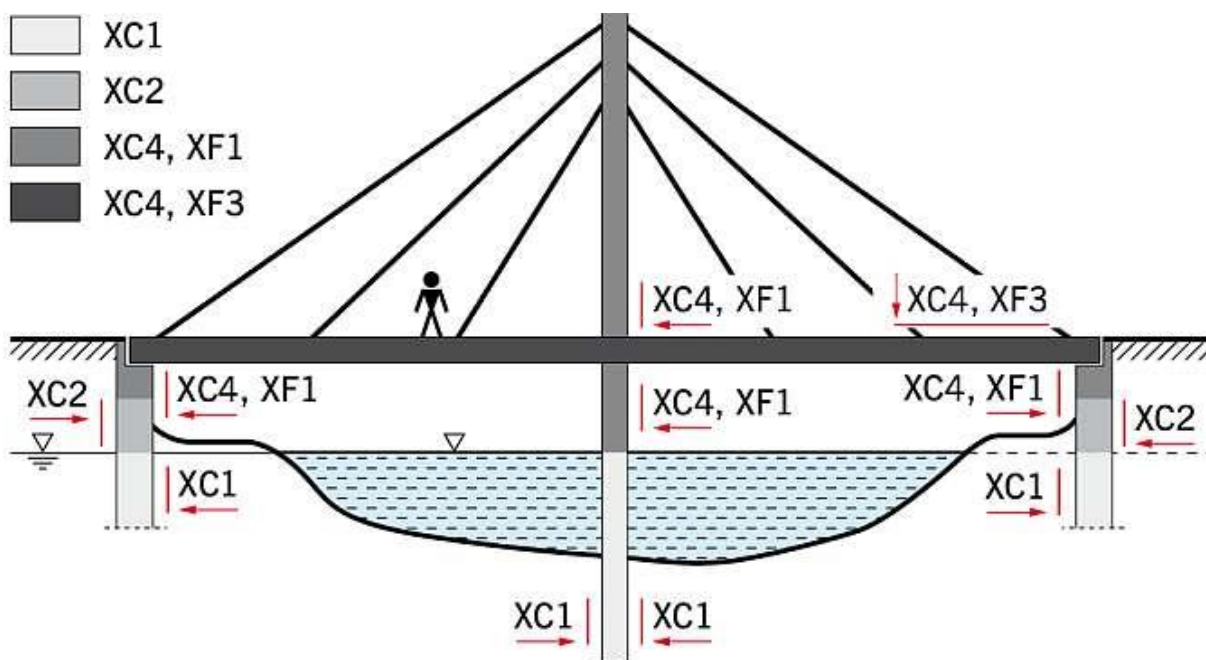
Oznaczenie klasy	Opis środowiska
ODDZIAŁYWANIA ŚRODOWISKOWE NA BETON	
5. Agresja spowodowana zamrażaniem/rozmarzaniem przy udziale środków odładowych lub bez ich udziału	
W przypadku, gdy beton w stanie mokrym jest narażony na znaczącą agresję spowodowaną cyklicznym zamrażaniem/rozmarzaniem, ekspozycja powinna być klasyfikowana w następujący sposób:	
XF1	Umiarkowane nasycenie wodą bez środków odładowych
XF2	Umiarkowane nasycenie wodą ze środkami odładowymi
XF3	Silne nasycenie wodą bez środków odładowych
XF4	Silne nasycenie wodą ze środkami odładowymi lub wodą morską
6. Agresja chemiczna	
W przypadku, gdy beton jest narażony na agresję chemiczną gruntów naturalnych lub wody gruntowej, ekspozycja powinna być klasyfikowana w następujący sposób:	
XA1	Środowisko chemicznie mało agresywne
XA2	Środowisko chemicznie średnio agresywne
XA3	Środowisko chemicznie silnie agresywne
7. Agresja wywołana ścieraniem	
W przypadku, gdy powierzchnia betonu narażona jest na obciążenie mechaniczne, oddziaływanie środowiska należy klasyfikować w następujący sposób:	
XM1	Umiarkowane zagrożenie ścieraniem
XM2	Silne zagrożenie ścieraniem
XM3	Ekstremalnie silne zagrożenie ścieraniem

(2) Przykładowe występowanie klas ekspozycji w konstrukcjach betonowych podano na rys. 6.1.1, 6.1.2 i 6.1.3.

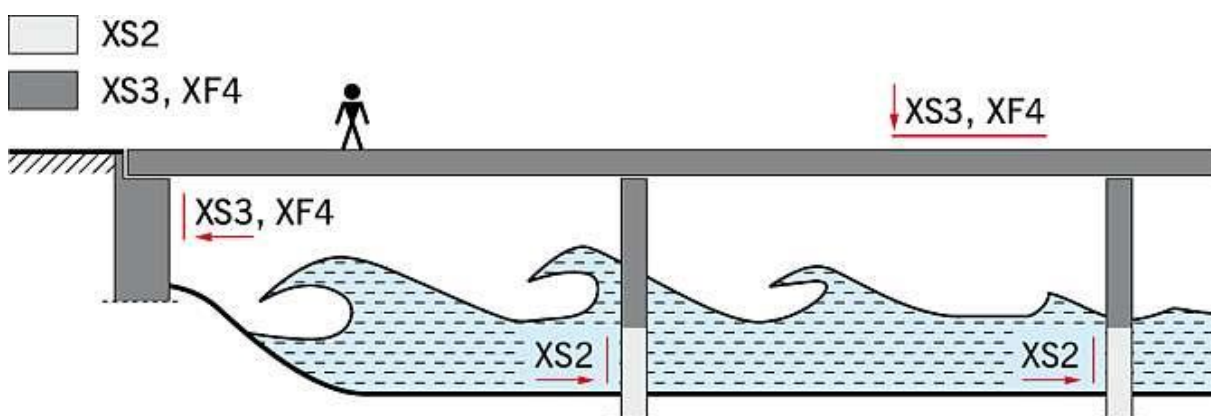
(3) Konstrukcja betonowa może być poddana więcej niż jednemu oddziaływaniu agresywnego środowiska, co może wymagać określenia kombinacji klas ekspozycji. Niezależnie od liczby i rodzaju środowisk oddziaływujących na dany element, do projektowania betonu powinny być przyjmowane najostrejsze wartości graniczne składu i właściwości betonu spośród wskazanych w grupie klas ekspozycji.



Rys. 6.1.1. Klasy ekspozycji wiaduktu [45]



Rys. 6.1.2. Klasy ekspozycji obiektu nad zbiornikiem wody słodkiej [45]



Rys. 6.1.3. Klasy ekspozycji obiektu w środowisku morskim [45]

6.2. Zasady projektowania betonu

(1) Poszczególnym klasom ekspozycji zostały przyporządkowane wymagania dotyczące składu mieszanki betonowej i warunków wykonania betonu według normy [4] wraz z krajowym uzupełnieniem – normą [5], obejmujące:

- a) maksymalny stosunek w/c,
- b) minimalną klasę betonu na ściskanie,
- c) minimalną zawartość i rodzaj cementu,
- d) wymagania specjalne w zakresie stosowanego cementu zależne od stopnia agresji środowiska siarczanowego (klasy od XA2 do XA3),
- e) minimalny poziom napowietrzenia betonu (klasy od XF2 do XF4),
- f) wymagania dotyczące kruszyw (klasa od XF1 do XF4 oraz od XM1 do XM3).

(2) Zalecane wartości graniczne dotyczące składu oraz właściwości betonu podano w tab. 6.2.1.

Tab. 6.2.1. Zalecane wartości graniczne dotyczące składu oraz właściwości betonu według normy [5]

	Brak zagrożenia agresją środowiska lub zagrożenia korozją	Klasy ekspozycji																								
		Korozja spowodowana karbonatyzacją					Korozja spowodowana chlorkami						Agresja spowodowana zamrażaniem/rozmarżaniem				Środowiska agresywne chemicznie			Agresja wywołana ścieraniem						
							Woda morska					Chlorki nie pochodzące z wody morskiej														
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3						
Maks. w/c ¹⁾	-	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45					
Min. klasa wytrzymałości	C8/10	C16/20	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/35	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45					
Min. zawartość cementu ¹⁾ [kg/m³]	-	260	280	280	300	300	320	340	300	320	320	300	300	320	340	300	320	360	300	300	320					
Min. zawartość CEM I lub CEM II/A przy stosowaniu dodatku mineralnego [kg/m³]	-	250	260	260	280	280	300	310	280	300	300	280	2)	2)	2)	280	300	330	280	280	300					
Min. zawartość powietrza [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3)	3)	3) 4)	-	-	-	-	-	-					
Inne wymagania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F ₂ ⁶⁾	F ₁ ⁶⁾	F ₁ ⁶⁾	F _{NaCl} 6 ⁹⁾	-	Cement odporny na siarczany ⁵⁾	M _{DE} wartość deklarowana ^{7) 8)}	dla 2/8 M _{DE} ≤ 25; dla 8/16 M _{DE} ≤ 20 ^{7) 8)}	dla 2/8 M _{DE} ≤ 20; dla 8/16 M _{DE} ≤ 15 ^{7) 8)}						

¹⁾ w przypadku stosowania koncepcji współczynnika k maksymalny współczynnik w/c oraz minimalną zawartość cementu modyfikuje się zgodnie z p. 5.2.5.2 normy [4],

²⁾ dopuszcza się stosowanie dodatków typu II do produkcji betonu, ale nie jako ekwiwalent dla minimalnej ilości cementu,

³⁾ zawartość objętościowa powietrza w mieszance betonowej przed jej wbudowaniem zależy od maksymalnego wymiaru ziaren zastosowanego kruszywa i powinna wynosić dla kruszywa: do 8 mm ≥ 5,5%; do 16 mm ≥ 4,5%; do 32 mm ≥ 4,0%; do 64 mm ≥ 3,5%,

⁴⁾ beton o konsystencji V0 (≥ 31 s) oznaczony według normy [6] i w/c ≤ 0,4 może być produkowany bez dodatkowego napowietrzenia,

⁵⁾ jeżeli zawartość siarczanów (SO₄²⁻) w środowisku przy betonie wskazuje na klasy ekspozycji XA2 lub XA3 należy zastosować cement odporny na siarczany (SR) według normy [7] lub cement odporny na siarczany (HSR) według normy [8],

⁶⁾ kruszywo o mrozoodporności odpowiadającej kategorii (F) według normy [9],

⁷⁾ kruszywo o współczynniku ścieralności micro-Deval'a odpowiadającej kategorii (M_{DE}) według normy [9],

⁸⁾ wymagana właściwa pielęgnacja i obróbka powierzchni,

⁹⁾ kruszywo o mrozoodporności w roztworze NaCl (F_{NaCl}) odpowiadającej wartości deklarowanej, określonej na podstawie badania według normy [10].

(3) Do wykonania betonu konstrukcyjnego obiektu inżynierskiego stosuje się cementy portlandzkie, spełniające wymagania norm [7] lub [8]:

- a) cement portlandzki CEM I o całkowitej zawartości alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%$ według normy [11] i początku wiązania powyżej 120 minut według normy [12],
- b) cement portlandzki żuźlowy CEM II/A-S o całkowitej zawartości alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%$ według normy [11] i początku wiązania powyżej 120 minut według normy [12],
- c) cement portlandzki żuźlowy CEM II/B-S o całkowitej zawartości alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%$ według normy [11] i początku wiązania powyżej 120 minut według normy [12],
- d) cement portlandzki popiołowy CEM II/A-V o całkowitej zawartości alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 1,20\%$ według normy [11],
- e) cement portlandzki wapienny CEM II/A-LL (cement klasy wytrzymałościowej 42,5 i wyższej) o całkowitej zawartości alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%$ według normy [11].

(4) Do wykonania betonu konstrukcyjnego dopuszcza się również stosowanie cementu CEM III/A-NA, z wyjątkiem elementów narażonych na oddziaływanie środowiska w klasie ekspozycji XF4.

(5) Do betonu klasy wytrzymałości na ściskanie wyższej niż C35/45 stosuje się cement klasy nie niższej niż 42,5.

(6) Do wykonania betonu sprężonego w elementach obiektu inżynierskiego stosuje się cement CEM I.

(7) Do wykonania betonu konstrukcyjnego w elementach masywnych obiektu inżynierskiego zaleca się stosowanie cementu o niskim cieple hydratacji (LH) według normy [7].

(8) W przypadku podejrzenia wystąpienia agresji chemicznej (siarczanowej), należy stosować cementy odporne na siarczany (SR) według normy [7] lub HSR według normy [8].

(9) W przypadkach niejednoznacznych wyników badań reaktywności kruszywa (wartości wyników w górnej granicy kategorii R0 lub w kategorii R1) należy stosować cementy specjalne niskoalkaliczne (NA) według normy [8].

(10) Do wykonania betonów należy stosować kruszywa naturalne pochodzenia mineralnego, które poza obróbką mechaniczną nie zostały poddane żadnej innej obróbce, których właściwości spełniają wymagania określone w normach [9] i [13] oraz określone w kolejnych akapitach.

(11) Do wykonania betonów nie dopuszcza się stosowania kruszyw:

- a) z recyklingu i z odzysku,
- b) węglanowych (nie dotyczy kruszyw węglanowych pochodzenia dewońskiego i starszych, głębokomorskich) – do obiektów klasy S4 według [46].

(12) W drogowych obiektach inżynierskich należy stosować kruszywa mineralne niewykazujące szkodliwej reakcji z wodorotlenkami sodu i potasu w betonie.

(13) Jako kruszywo grube stosuje się kruszywa naturalne o maksymalnym wymiarze ziarna nie większym niż 31,5 mm, spełniające wymagania podane w tab. 6.2.2.

Tab. 6.2.2. Wymagania dla kruszywa grubego

Lp.	Właściwość	Metoda badania	Wymagania
1	Uziarnienie w zależności od wymiaru kruszywa; kategoria nie niższa niż:	[14]	G _c 90/15 jeżeli wymiar D/d > 2 i D > 11,2 mm
			G _c 85/20 jeżeli wymiar D/d ≤ 2 lub D ≤ 11,2 mm
2	Tolerancja uziarnienia na sitach pośrednich w zależności od wymiaru kruszywa; wymagana kategoria:	[14]	G _T 15 jeżeli D/d < 4 i sito pośrednie D/1,4
			G _T 17,5 jeżeli D/d ≥ 4 i sito pośrednie D/2
3	Zawartość pyłów; kategoria nie wyższa niż:	[14]	f _{1,5} ¹⁾
4	Kształt kruszywa; kategoria nie wyższa niż:	[15] lub [16]	Fl ₂₀ lub Sl ₂₀
5	Mrozoodporność w 1% NaCl; kategoria nie wyższa niż:	[10]	F _{NaCl} 6
6	Odporność kruszywa na rozdrabnianie; kategoria nie wyższa niż:	[17]	LA ₂₅ ²⁾
7	Gęstość ziaren w stanie suchym	[18]	Deklarowana przez producenta
8	Gęstość nasypowa	[19]	Deklarowana przez producenta
9	Nasiąkliwość WA ₂₄ ; wartość nie wyższa niż w %:	[18]	1,2
10	Skład chemiczny – uproszczony opis petrograficzny	[20]	Deklarowany przez producenta
11	Reaktywność alkaliczna; kategoria:	[47] i [48]	R0 w przypadku klasy obiektu S4
		[47] i [48] ³⁾	R0 lub R1 w przypadku klasy obiektu S3
12	Zawartość siarczanów rozpuszczalnych w kwasie; nie wyższa niż kategoria:	[21]	AS _{0,2}
13	Zawartość siarki całkowitej; wartość nie wyższa niż:	[21]	1,0%
14	Zawartość chlorków rozpuszczalnych w wodzie; wartość nie wyższa niż:	[21]	0,02%
15	Lekkie zanieczyszczenia, wartość nie wyższa niż:	[21]	0,1%
16	Procentowa zawartość ziaren o powierzchni przekruszonej i łamanej oraz ziaren całkowicie zaokrąglonych; kategoria nie niższa niż:	[22]	C _{100/0}
17	„Zgorzel słoneczna” bazaltu; kategoria:	[23], [17]	SB _{LA} Wymagania wobec kategorii SB _{LA} : • ubytek masy po gotowaniu < 1%, • wzrost współczynnika Los Angeles po gotowaniu ≤ 8%
18	Zawartość substancji organicznych	[21]	Barwa nie ciemniejsza niż wzorcowa

¹⁾ zawartość pyłów w tej kategorii należy ograniczyć do max 1%, np. przez płukanie kruszywa przed sporządzeniem z niego mieszanki betonowej,
²⁾ dopuszcza się stosowanie grubego kruszywa o kategorii LA₃₅ pod warunkiem, że jego mrozoodporność, badana w 1% NaCl, jest nie większa niż 2%,
³⁾ w przypadku stwierdzenia, że badane kruszywo odpowiada kategorii R1 reaktywności (kruszywo umiarkowanie reaktywne – zwiększenie wymiarów liniowych beleczek z zaprawy kruszywa z cementem według [47] w przedziale >0,10% (0,15% dla kruszyw drobnych) i ≤0,30% długości), należy wykonać badanie dodatkowe zgodnie z [48]; kruszywo dopuszcza się wtedy do zastosowania przy spełnieniu wymagań: reaktywność alkaliczna kruszywa z cementem nie wywołuje w jego wyniku zwiększenia wymiarów liniowych beleczek o więcej niż ≤0,04%. Jeżeli ekspansja beleczek z zaprawy według [47] wynosi >0,10% (0,15% dla kruszyw drobnych) i ≤0,30% i jednocześnie ekspansja beleczek z betonu według [48] wynosi >0,04% i ≤0,12%, kruszywo ocenia się jako umiarkowanie reaktywne R1 i może być ono stosowane dla klasy środowiska E2 i E3 wyłącznie przy ograniczonej zawartości alkaliów w betonie i przy zastosowaniu dodatków pucolanowo-hydraulicznych SCM. Dla klasy środowiska E2 i E3 nie mają zastosowania kruszywa silnie reaktywne R2 i bardzo silnie reaktywne R3.

(14) Jako kruszywo drobne stosuje się kruszywo o uziarnieniu nie większym niż 4 mm, spełniające wymagania podane w tab. 6.2.3.

Tab. 6.2.3. Wymagania dla kruszywa drobnego

Lp.	Właściwość	Metoda badania	Wymagania
1	Uziarnienie kruszywa; wymagana kategoria:	[14]	G_F 85
2	Tolerancja typowego uziarnienia kruszywa deklarowanego przez producenta	[14]	Zgodnie z załącznikiem C
3	Zawartość pyłów; kategoria nie wyższa niż:	[14]	$f_3^{1)}$
4	Gęstość ziaren w stanie suchym	[18]	Deklarowana przez producenta
5	Gęstość nasypowa	[19]	Deklarowana przez producenta
6	Reaktywność alkaliczna; kategoria:	Według [47] i [48]	R0 w przypadku klasy obiektu S4
		Według [47] i [48] ²⁾	R0 lub R1 w przypadku klasy obiektu S3
7	Zawartość siarczanów rozpuszczalnych w kwasie; nie wyższa niż kategoria:	[21]	$AS_{0,2}$
8	Zawartość siarki całkowitej; wartość nie wyższa niż:	[21]	1,0%
9	Lekkie zanieczyszczenia, wartość nie wyższa niż:	[21]	0,5%
10	Zawartość substancji organicznych	[21]	Barwa nie ciemniejsza niż wzorcowa

¹⁾ zawartość pyłów w tej kategorii należy ograniczyć do max 1,5%, np. przez płukanie kruszywa przed sporządzeniem z niego mieszanki betonowej,
²⁾ w przypadku stwierdzenia, że badane kruszywo odpowiada kategorii R1 reaktywności (kruszywo umiarkowanie reaktywne – zwiększenie wymiarów liniowych beleczek z zaprawy kruszywa z cementem według [47] w przedziale >0,10% (0,15% dla kruszyw drobnych) i ≤0,30% długości), należy wykonać badanie dodatkowe zgodnie z [48]; kruszywo dopuszcza się wtedy do zastosowania przy spełnieniu wymagań: reaktywność alkaliczna kruszywa z cementem nie wywołuje w jego wyniku zwiększenia wymiarów liniowych beleczek o więcej niż ≤0,04%. Jeżeli ekspansja beleczek z zaprawy według [47] wynosi >0,10% (0,15% dla kruszyw drobnych) i ≤0,30% i jednocześnie ekspansja beleczek z betonu według [48] wynosi >0,04% i ≤0,12%, kruszywo ocenia się jako umiarkowanie reaktywne R1 i może być ono stosowane dla klasy środowiska E2 i E3 wyłącznie przy ograniczonej zawartości alkaliów w betonie i przy zastosowaniu dodatków pucolanowo-hydraulicznych SCM. Dla klasy środowiska E2 i E3 nie mają zastosowania kruszywa silnie reaktywne R2 i bardzo silnie reaktywne R3.

(15) Woda zarobowa do betonu powinna być zgodna z normą [24]. Stosowanie wody pitnej nie wymaga badań. Nie należy stosować wody z systemów recyklingu.

(16) Do betonu konstrukcyjnego zaleca się stosowanie domieszek modyfikujących właściwości mieszanki lub stwardniałego betonu, poprawiających właściwości betonu lub zapewniających uzyskanie specjalnych właściwości. Zawartość całkowita stosowanych domieszek do betonu powinna być zgodna z wymaganiami norm [4] i [5].

(17) Do betonu przeznaczonego do wykonania elementów narażonych na oddziaływanie środowiska w klasach ekspozycji: XF2, XF3, XF4 zaleca się stosowanie domieszki napowietrzającej. Przydatność domieszek do betonu powinna być ustalona na podstawie wymagań określonych w normach [25] i [26].

(18) Dodatki typu II do betonu mogą być stosowane według zasad określonych w normach [4] i [5].

(19) Do betonu konstrukcyjnego dopuszcza się stosowanie:

- a) pyłu krzemionkowego według normy [27],
- b) popiołu lotnego według normy [28].

(20) Do produkcji betonu konstrukcyjnego powinien być stosowany wyłącznie popiół lotny krzemionkowy kategorii A.

6.3. Wymagania dotyczące betonu

- (1) Beton konstrukcyjny powinien mieć klasę wytrzymałości na ściskanie, o której mowa w normie [4], zgodną z wymaganiami ustalonymi dla klas ekspozycji betonu według norm [4] i [5] oraz odpowiadać wymaganiom podanym w dokumentacji projektowej.
- (2) Minimalna klasa wytrzymałości na ściskanie betonu nie może być ona niższa niż:
- a) C30/37 – w elementach sprężonych strunobetonowych lub kablobetonowych,
 - b) C25/30 – w innych elementach.
- (3) Beton konstrukcyjny narażony na agresywne oddziaływanie zamrażania / rozmrażania powinien wykazywać odporność na działanie mrozu oznaczoną stopniem mrozoodporności według normy [5] nie mniejszą niż:
- a) F100 w klasie ekspozycji XF1,
 - b) F150 w klasach ekspozycji XF2 i XF3,
 - c) F200 w klasie ekspozycji XF4.
- (4) Beton konstrukcyjny narażony na oddziaływanie środowiska chemicznie agresywnego powinien wykazywać odporność na penetrację wody pod ciśnieniem według normy [29] mierzoną maksymalną głębokością penetracji nie większą niż:
- a) 60 mm w klasie ekspozycji XA1,
 - b) 50 mm w klasie ekspozycji XA2,
 - c) 40 mm w klasie ekspozycji XA3.
- (5) Beton konstrukcyjny narażony na korozję spowodowaną chlorkami w klasach ekspozycji XD3 i XS3 powinien wykazywać odporność na penetrację wody pod ciśnieniem według normy [29] mierzoną maksymalną głębokością penetracji nie większą niż 40 mm.

6.4. Zasady wbudowywania betonu

- (1) Wbudowywanie betonu powinno być zgodne z normą [30].
- (2) Czas trwania pielęgnacji zależy od rozwoju właściwości betonu w strefie powierzchniowej.
- (3) Rozwój właściwości betonu jest opisany klasami pielęgnacji, definiowanymi za pomocą czasu pielęgnacji lub procentem wymaganej wytrzymałości charakterystycznej na ściskanie po 28 dniach, zgodnie z tab. 6.4.1.

Tab. 6.4.1. Klasy pielęgnacji według normy [30]

	Klasa pielęgnacji 1	Klasa pielęgnacji 2	Klasa pielęgnacji 3	Klasa pielęgnacji 4
Czas	12 h ¹⁾	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się
Procent wymaganej wytrzymałości charakterystycznej na ściskanie po 28 dniach	Nie stosuje się	35%	50%	70%

¹⁾ pod warunkiem, że wiązanie nie trwa dłużej niż 5 godzin, a temperatura powierzchni betonu jest równa lub wyższa niż 5°C.

7. Ochrona powierzchniowa

7.1. Rodzaje zabezpieczeń i ich przeznaczenie

- (1) Ochrona powierzchniowa może być stosowana w następujących konstrukcjach:
 - a) nowo budowanych, gdy ochrona materiałowo-strukturalna nie stanowi wystarczającego zabezpieczenia przed korozją,
 - b) poddawanych naprawie, odbudowie, rozbudowie i przebudowie.
- (2) Uznaje się, iż beton zachowuje właściwości ochronne, gdy zachowane są wartości określone w normie [4].
- (3) Zastosowanie ochrony powierzchniowej betonu powinno ograniczyć jego nasiąkliwość (absorpcję wody), zabezpieczyć przed: karbonatyzacją, szkodliwym działaniem wody i substancji w niej rozpuszczonych, mrozu oraz zanieczyszczeń atmosferycznych oraz dodatkowo w przypadku powłok elastycznych mostkowanie zarysowań (zamknięcie rys), za wyjątkiem przypadków, o których mowa w podrozdziale 7.2 akapity (7) i (8).
- (4) Jako typowa ochrona powierzchniowa betonu powinny być stosowane w szczególności:
 - a) impregnacja hydrofobizująca, zwana dalej hydrofobizacją, z wyrobów na bazie silanów lub siloksanów,
 - b) impregnacja uszczelniająca lub wzmacniająca powierzchnię betonu, zwana dalej impregnacją, z wyrobów na bazie żywic syntetycznych,
 - c) powłoki ochronne z wyrobów lub zestawów wyrobów na bazie cementowej lub żywic syntetycznych, w tym:
 - powłoki cienkowarstwowe o grubości poniżej 1,0 mm,
 - powłoki grubowarstwowe o grubości od 1,0 do 2,0 mm.
- (5) Do wykonywania napraw i reprofilacji powierzchni betonowej przed wykonaniem ochrony powierzchniowej należy w szczególności używać betonów lub zapraw polimerowo-cementowych typu PCC lub polimerowych typu PC, w tym:
 - a) zapraw szpachlowych, przeznaczonych do wyrównywania i wygładzania powierzchni betonu, o uziarnieniu do 1,0 mm,
 - b) zapraw naprawczych, przeznaczonych do uzupełniania ubytków w betonie lub reprofilacji elementów konstrukcyjnych, o uziarnieniu do 8,0 mm.
- (6) W przypadku potrzeby szybkiego włączenia naprawianego elementu konstrukcji betonowej do eksploatacji należy stosować zaprawy naprawcze szybkowiązące (szybkosprawne).
- (7) W przypadku, gdy beton zachowuje właściwości ochronne dopuszcza się wykonanie jedynie hydrofobizacji.

7.2. Zasady doboru wyrobów do ochrony powierzchniowej betonu

- (1) Ochrona powierzchniowa konstrukcji betonowej, w tym naprawa i reprofilacja powierzchni betonowej, powinna być realizowana na podstawie dokumentacji wykonawczej. Przed przystąpieniem do opracowania dokumentacji wykonawczej, należy określić przyczyny utraty przez beton właściwości ochronnych.
- (2) Kryteria doboru wyrobów lub zestawów do ochrony powierzchniowej betonu powinny w szczególności uwzględniać:
 - a) typ konstrukcji betonowej i rodzaj zabezpieczanego elementu,
 - b) klasę ekspozycji według normy [4] wraz z identyfikacją procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych zachodzących w wyniku oddziaływania środowisk,
 - c) właściwości użytkowe wyrobów lub zestawów,
 - d) właściwości podłoża betonowego,
 - e) kompatybilność z wyrobami użytymi do napraw i reprofilacji powierzchni betonowej, w szczególności z zaprawami naprawczymi lub szpachlowymi; zaleca się używać wyrobów lub zestawów tego samego producenta,
 - f) warunki stosowania wyrobów lub zestawów,
 - g) projektowaną trwałość wykonanego zabezpieczenia,

h) oddziaływanie na środowisko.

(3) Zastosowany typ ochrony powierzchniowej nie powinien uniemożliwić zaobserwowanie ewentualnego pojawienia się zarysowań oraz obserwacji propagacji rys istniejących.

(4) Zastosowany typ ochrony powierzchniowej powinien pełnić swoją funkcję w całym zakresie temperatur, oddziaływujących na konstrukcję w czasie eksploatacji.

(5) Impregnację, w wyniku której pory i kapilary zostają całkowicie wypełnione wyrobem i powstaje ciągła warstwa ochronna, należy oceniać jak powłoki ochronne.

(6) Wyroby na bazie silanów lub siloksanów zawierające pigmenty należy oceniać jak powłoki ochronne.

(7) W przypadku konstrukcji betonowych (żelbetowych) do zabezpieczenia elementów konstrukcyjnych, w tym w szczególności ustroju niosącego i podpór, należy stosować ochronę powierzchniową za pomocą hydrofobizacji lub impregnacji lub powłok ochronnych z ograniczoną zdolnością mostkowania rys poniżej 0,15 mm, według normy [31].

(8) W przypadku konstrukcji sprężonych do zabezpieczenia sprężonych elementów konstrukcyjnych, w tym w szczególności ustroju niosącego i podpór należy stosować wyłącznie ochronę powierzchniową za pomocą hydrofobizacji lub impregnacji lub sztywnych powłok ochronnych bez zdolności mostkowania rys.

(9) Powłoki elastyczne zaleca się stosować do zabezpieczenia betonowych (żelbetowych) elementów niekonstrukcyjnych np. belki gzymsowe lub elementów wyposażenia obiektów mostowych.

(10) Zastosowany typ ochronny powierzchniowej nie powinien blokować wymiany gazowej między betonem, a środowiskiem zewnętrznym oraz umożliwić odparowanie wody z wnętrza betonu, bez względu na to w jaki sposób woda wnikała w beton.

(11) W konstrukcjach poddawanych naprawie, odbudowie, rozbudowie i przebudowie powinny być w przypowierzchniowych warstwach betonu określone właściwości ochronne betonu w stosunku do stali zbrojeniowej z uwagi na zawartość chlorków oraz karbonatyzację.

7.3. Wymagania dotyczące wyrobów do ochrony powierzchniowej betonu

(1) Wyroby do ochrony powierzchniowej powinny być przedmiotem aktualnego Dokumentu Odniesienia, który powinien stwierdzać przydatność do stosowania oraz zakres stosowania wyrobów w budownictwie komunikacyjnym.

(2) Wyroby do hydrofobizacji i impregnacji betonu w szczególności powinny spełniać wymagania podane w tab. 7.3.1.

Tab. 7.3.1. Właściwości użytkowe wyrobów do hydrofobizacji i impregnacji betonu

Lp.	Zasadnicze charakterystyki wyrobu budowlanego dla zamierzonego zastosowania lub zastosowań	Jednostki	Właściwości użytkowe wyrażone w poziomach, klasach lub w sposób opisowy	Metody badań i obliczeń
1	Stan powierzchni betonu po wykonaniu hydrofobizacji lub impregnacji, po 200 cyklach zamrażania i odmrażania w wodzie, w temp.: $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ / $+18\pm 2^{\circ}\text{C}$	-	bez zmian	[49]
2	Absorpcja kapilarna	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-0,5}]$	$\leq 0,1$	[32]

(3) Wyroby lub zestawy do wykonywania powłok ochronnych cienkowarstwowych i grubowarstwowych w szczególności powinny spełniać wymagania podane w tab. 7.3.2.

(4) W przypadku powłok ochronnych stanowiących ochronę powierzchniową betonu narażonego na agresję chemiczną, należy dodatkowo, poza właściwościami użytkowymi podanymi w tab.

7.3.2, oznaczyć właściwości użytkowe w zakresie odporności chemicznej, badanej metodą nasiąkliwości według normy [37].

Tab. 7.3.2. Właściwości użytkowe wyrobów lub zestawów do wykonywania powłok ochronnych

Lp.	Zasadnicze charakterystyki wyrobu budowlanego dla zamierzonego zastosowania lub zastosowań	Jednostki	Właściwości użytkowe wyrażone w poziomach, klasach lub w sposób opisowy	Metody badań i obliczeń
1	Wytrzymałość na odrywanie powłoki od podłoża betonowego ¹⁾ metodą „pull-off”, przypadku:			[33], [50]
	• powłok elastycznych ze zdolnością mostkowania rys	[MPa]	≥0,8	
	• powłok elastycznych z ograniczoną zdolnością mostkowania rys	[MPa]	≥1,2	
	• powłok sztywnych	[MPa]	≥1,5	
2	Stan powierzchni pokrytej powłoką ¹⁾ po 200 cyklach zamrażania i odmrażania w wodzie, w temp.: -18±2°C / +18±2°C	[-]	bez zmian	[49]
3	Wytrzymałość na odrywanie powłoki ¹⁾ od podłoża betonowego metodą „pull-off”, po 200 cyklach zamrażania i odmrażania w wodzie, w temp. -18±2°C / +18±2°C, w przypadku:			[33], [50]
	• powłok elastycznych ze zdolnością mostkowania rys	[MPa]	≥0,6	
	• powłok elastycznych z ograniczoną zdolnością mostkowania rys	[MPa]	≥1,0	
	• powłok sztywnych	[MPa]	≥1,2	
4	Absorpcja kapilarna	[kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}]	≤0,1	[32]
5	Wskaźnik ograniczenia chłonności wody	[%]	≥30	[51]
6	Przepuszczalność CO ₂	[m]	≥50	[34]
7	Przepuszczalność pary wodnej	[m]	≤4	[35]
8	Sztuczne starzenie (odporność na działanie UV, 2000 h)	[-]	bez zmian ²⁾	[36]
9	Zdolność mostkowania rys, w przypadku:			[31]
	• powłok elastycznych ze zdolnością mostkowania rys, w temp. -20°C	[mm]	≤0,15	
	• powłok elastycznych z ograniczoną zdolnością mostkowania rys, w temp. -20°C	[mm]	>0,15	

¹⁾ przypadku deklaracji Producenta o możliwości dodatkowego stosowania wyrobu lub zestawu na wilgotnym lub świeżym betonzie należy dodatkowo wykonać badania powłoki ochronnej ułożonej na świeżym lub wilgotnym betonzie według tab. 7.3.2, poz. 1, 2 i 3,
²⁾ w przypadku oceny skredowania dopuszcza się stopień 0 albo 1, natomiast w wypadku pozostałych ocen zniszczeń tj. spęcherzenia, spękania i złuszczenia dopuszcza się wyłącznie stopień 0.

7.4. Wymagania dotyczące wyrobów do napraw i reprofilacji powierzchni betonowych

(1) Wyroby do naprawy i reprofilacji konstrukcji betonowych w postaci zapraw typu PCC lub PC powinny być przedmiotem aktualnego Dokumentu Odniesienia, który powinien stwierdzać przydatność do stosowania oraz zakres stosowania wyrobów w budownictwie komunikacyjnym.

(2) Zaprawy naprawcze typu PCC i PC w szczególności powinny spełniać wymagania podane w tab. 7.4.1.

Tab. 7.4.1. Właściwości użytkowe utwardzonych zapraw naprawczych

Lp.	Zasadnicze charakterystyki wyrobu budowlanego dla zamierzonego zastosowania lub zastosowań	Jednostki	Właściwości użytkowe wyrażone w poziomach, klasach lub w sposób opisowy	Metody badań i obliczeń
1	Gęstość objętościowa	[g/cm ³]	$\rho_o \pm 5\%^{1)}$	[38], [39], [40]
2	Wytrzymałość na zginanie:			[41] lub [42] lub [40]
	• po 7 dniach (z_7)	[MPa]	$\geq z_7^{1)}$	
	• po 28 dniach (z_{28})	[MPa]	$\geq 5,0$	
3	Wytrzymałość na ściskanie:			[41] lub [39] lub [42] lub [40]
	• po 7 dniach (w_7)	[MPa]	$\geq w_7^{1)}$	
	• po 28 dniach (w_{28})	[MPa]	≥ 25	
4	Wytrzymałość na odrywanie od podłoża betonowego metodą „pull-off”, po 28 dniach:			[33] lub [34]
	• gdy $w_{28} \geq 25$	[MPa]	$\geq 1,5$	
	• gdy $w_{28} \geq 45$	[MPa]	$\geq 2,0$	
5	Skurcz po okresie twardnienia 56 dni	[%]	$sk \pm 20\%^{1)}$	[40] lub [43]
6	Mrozoodporność po 200 cyklach zamrażania i odmrażania w wodzie, w temp.: $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ / $+18 \pm 2^\circ\text{C}$:			[52]
	• ubytek masy	[%]	≤ 5	
	• spadek wytrzymałości na zginanie	[%]	≤ 20	
	• spadek wytrzymałości na ściskanie	[%]	≤ 20	
7	Wytrzymałość na odrywanie od podłoża metodą „pull-off” po 200 cyklach zamrażania i odmrażania w wodzie, w temp.: $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ / $+18 \pm 2^\circ\text{C}$:			[33], [50]
	• gdy $w_{28} \geq 25$	[MPa]	$\geq 1,5$	
	• gdy $w_{28} \geq 45$	[MPa]	$\geq 2,0$	
8	Absorpcja kapilarna	[kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}]	$\leq 0,5$	[34]

¹⁾ wartości deklarowane przez producenta na podstawie przeprowadzonych badań,

²⁾ maksymalna wartość skurczu zapraw naprawczych nie powinna być większa niż 1,2%.

(3) W przypadku zapraw szybkowiązujących, należy dodatkowo poza właściwościami użytkowymi podanymi w tab. 7.4.1, oznaczyć właściwości użytkowe w zakresie wczesnej wytrzymałości na zginanie i ściskanie, np. po 6 h, 24 h i 3 dniach twardnienia, według metod badawczych podanych w pkt 2 i 3 tab. 7.4.1.

(4) Zaprawy szpachlowe typu PCC i PC w szczególności powinny spełniać wymagania podane w tab. 7.4.2.

Tab. 7.4.2. Właściwości użytkowe utwardzonych zapraw szpachlowych

Lp.	Zasadnicze charakterystyki wyrobu budowlanego dla zamierzonego zastosowania lub zastosowań	Jednostki	Właściwości użytkowe wyrażone w poziomach, klasach lub w sposób opisowy	Metody badań i obliczeń
1	Gęstość objętościowa	[g/cm ³]	$\rho_o \pm 5\%^{(1)}$	[38], [39], [40]
2	Wytrzymałość na zginanie po 28 dniach (z_{28})	[MPa]	$\geq 5,0$	[41] lub [42] lub [40]
3	Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach (w_{28})	[MPa]	≥ 20	[31] lub [29] lub [32] lub [30]
4	Wytrzymałość na odrywanie od podłoża betonowego metodą „pull-off”, po 28 dniach	[MPa]	$\geq 1,5$	[33] lub [50]
5	Skurcz po okresie twardnienia 56 dni	[%]	$sk \pm 20\%^{(1) \ 2)}$	[40] lub [43]
6	Mrozoodporność po 200 cyklach zamrażania i odmrażania w wodzie, w temp.: $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ / $+18 \pm 2^\circ\text{C}$:			[52]
	• ubytek masy	[%]	≤ 5	
	• spadek wytrzymałości na zginanie	[%]	≤ 20	
	• spadek wytrzymałości na ściskanie	[%]	≤ 20	
7	Wytrzymałość na odrywanie od podłoża metodą „pull-off” po 200 cyklach zamrażania i odmrażania w wodzie, w temp.: $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ / $+18 \pm 2^\circ\text{C}$	[MPa]	$\geq 1,2$	[33], [50]
8	Absorpcja kapilarna	[kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}]	$\leq 0,5$	[44]

¹⁾ wartości deklarowane przez producenta na podstawie przeprowadzonych badań,
²⁾ maksymalna wartość skurczu zapraw naprawczych nie powinna być większa niż 1,5%.

7.5. Zasady wykonywania zabezpieczeń

(1) Podłoże betonowe przewidziane do ochrony powierzchniowej powinno mieć wytrzymałość:

- a) na ściskanie, określoną zgodnie z normą [4] – nie mniejszą niż:
 - w konstrukcjach nowo zbudowanych obiektów – wytrzymałość gwarantowaną wynikającą z przyjętej klasy betonu,
 - w konstrukcjach naprawianych, odbudowywanych, rozbudowywanych i przebudowywanych – 25 MPa,
- b) na odrywanie, określoną metodą „pull-off” według normy [33] lub [50]:
 - w konstrukcjach nowo zbudowanych obiektów – minimalną nie mniejszą niż 1,5 MPa,
 - w konstrukcjach naprawianych, odbudowywanych, rozbudowywanych i przebudowywanych – średnią nie mniejszą niż 1,5 MPa, przy wartości minimalnej nie mniejszej niż 1,2 MPa.

(2) W przypadku obiektów wykonanych z betonu o wytrzymałości średniej na rozciąganie mniejszej niż 1,5 MPa, ale większej niż 1,2 MPa, decyzja o wykonaniu ochrony powierzchniowej powinna być podjęta indywidualnie, na podstawie przeprowadzonej analizy przez projektanta lub niezależną jednostkę naukowo-badawczą. Zapisy z analizy powinny stanowić integralną część dokumentacji wykonawczej.

(3) Przed wykonaniem ochrony powierzchniowej w konstrukcjach odbudowywanych, rozbudowywanych i przebudowywanych należy wykonać niezbędne prace związane z naprawą i reprofiliacją powierzchni betonowej.

(4) W konstrukcjach naprawianych, odbudowywanych, rozbudowywanych i przebudowywanych rysy o rozwartościach przekraczających dopuszczalne wartości, określone w normach [2] i [3] lub rysy, które nie mogą być zabezpieczone za pomocą ochrony powierzchniowej, powinny być zlikwidowane za pomocą iniekcji, po pozytywnym wyniku analizy, przeprowadzonej przez projektanta lub niezależną jednostkę naukowo-badawczą, w zakresie wpływu zarysowań na trwałość i bezpieczeństwo użytkowania konstrukcji. Zapisy z analizy powinny stanowić integralną część dokumentacji wykonawczej.

(5) Podłoże betonowe, na którym ma być wykonana ochronna powierzchniowa powinno być czyste, wolne od luźnych frakcji, zatłuszczeń, plam oleju, mchów i porostów oraz innych zanieczyszczeń.

(6) Producent powinien określić sposób przygotowania podłoża betonowego, przed naniesieniem powłoki.

(7) Producent powinien określić wymagany stan wilgotności betonu, niezbędny do uzyskania prawidłowej przyczepności ochrony powierzchniowej do podłoża.

(8) Producent powinien określić warunki aplikacji materiałów do ochrony powierzchniowej betonu, w tym w szczególności ich zużycie, liczbę warstw i odstępy czasowe między poszczególnymi warstwami oraz sposób nanoszenia.

(9) Podczas aplikacji należy prowadzić zapisy odnośnie do warunków środowiskowych, w szczególności w zakresie: temperatury podłoża i otoczenia, temperatury punktu rosy oraz wilgotności.

(10) Producent powinien określić warunki pielęgnacji wykonanej ochrony powierzchniowej.

(11) Przed przystąpieniem do wykonania ochrony powierzchniowej, należy wykonać pole referencyjne. Liczba i wielkość pól referencyjnych, w tym zakres badań odbiorczych, powinna być określona w dokumentacji wykonawczej.