
**Katalog
Cyfrowych
Narzędzi
Mostowych**

CNM-01-20-01

**Dobór parametrów
betonu w zależności
od klasy ekspozycji**

Katalog Cyfrowych Narzędzi Mostowych

CNM-01-20-01 Dobór parametrów betonu w zależności od klasy ekspozycji

Przedmiotowe opracowanie nie stanowi przepisów techniczno-budowlanych w rozumieniu art. 7 ustawy – Prawo budowlane i zgodnie z art. 17 ust. 4 ustawy o drogach publicznych, przeznaczone jest do dobrowolnego stosowania.

Spis opracowań z serii wzorce i standardy oraz informacje na temat ich nowelizacji znajdują się w dokumencie głównym zatytułowanym „Powiązanie wymagań technicznych dotyczących drogowych obiektów inżynierskich z narzędziami cyfrowymi”.

Opracował Zespół w składzie:

Janusz RYMSZA - Koordynator realizacji przedmiotu zamówienia
Marek SALAMAK – Kierownik Zespołu
Tomasz KACZMAREK

Jednostka odpowiedzialna:

Ministerstwo Infrastruktury
Departament Dróg Publicznych
ul. Chałubińskiego 4/6
00-928 Warszawa

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



Fundusze Europejskie
Pomoc Techniczna



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Fundusz Spójności



Spis treści

1	PRZEDMIOT, ZAKRES I PODSTAWY IMPLEMENTACJI NARZĘDZIA	1
1.1	PRZEDMIOT	1
1.2	ZAKRES	1
1.3	PODSTAWY	1
1.4	NAJWAŻNIEJSZE DEFINICJE	2
2	OPIS NARZĘDZIA	3
2.1	WPROWADZENIE	3
2.2	DANE WEJŚCIOWE	3
2.3	ALGORYTM PRZETWARZANIA	3
2.4	INTERPRETACJA WYNIKÓW	3
2.5	RAPORT	4
2.6	OGRANICZENIA	4
3	PRZYKŁAD DZIAŁANIA PROGRAMU	5
3.1	DANE WEJŚCIOWE	5
3.2	WYNIKI	7
	ZAŁĄCZNIKI	8
	ZAŁĄCZNIK NR 1. RAPORT Z WYNIKAMI DZIAŁANIA NARZĘDZIA	8

1 Przedmiot, zakres i podstawy implementacji narzędzia

1.1 Przedmiot

Przedmiotem zaimplementowanego narzędzia cyfrowego, oznaczonego w Katalogu Cyfrowych Narzędzi Mostowych jako **CNM-01**, jest dobór parametrów betonu w zależności od klasy ekspozycji.

1.2 Zakres

Zakres implementacji obejmuje dobór wartości granicznych składu betonu oraz właściwości w odniesieniu do klas ekspozycji związanych z oddziaływaniem środowiska, w nawiązaniu do przepisów techniczno-budowlanych dla drogowych budowli inżynierskich oraz zaleceń norm PN-EN 206+A1:2016, PN-EN 1992-1-1 i PN-B-03265:2018. Narzędzie pozwala na określenie następujących parametrów betonu:

1. minimalnej klasy wytrzymałości na ściskanie,
2. maksymalnej wartości współczynnika woda/cement w/c,
3. minimalnej zawartości cementu i minimalnej zawartości CEM I lub CEM II/A przy stosowaniu dodatku mineralnego,
4. minimalnej zawartości powietrza,
5. innych wymagań, takich jak mrozoodporność betonu, mrozoodporność kruszywa, odporność betonu na penetrację wody, ścieralność kruszywa i stosowanie cementów odpornych na siarczany.

1.3 Podstawy

Podstawą formalną jest umowa nr DDP-POPT-U-96/18 z dnia 18.10.2018 r. zawarta w Warszawie między konsorcjum, którego liderem jest Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie a Skarbem Państwa – Ministrem Infrastruktury.

1.3.1 Ustawy i rozporządzenia

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. z 2000 r. Nr 63, Poz. 735) z późn. zm.

1.3.2 Normy

- [2] PN-EN 206+A1:2016-12. Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- [3] PN-EN 1992-1-1:2008. Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1.1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [4] PN-EN 1992-2:2010. Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 2: Mosty z betonu – Obliczanie i reguły konstrukcyjne.
- [5] PN-B-06265:2018-10. Beton – Wymagania, właściwości, produkcja, zgodność – Krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A1:2016-12
- [6] BS 8500-1:2006. Concrete – Complementary British Standard to BS-EN 206-1 – Part 1: Method of specifying and guidance for the specifier.

1.3.3 Instrukcje, wytyczne i katalogi

- [7] Boverket The Swedish National Board of Housing, Building and Planning: Application of the European construction standards, EKS 9. BFS 2013:10. www.boverket.se .

1.3.4 Inne publikacje

- [8] Glinicki M, Cieśla J., Fordoński K.: Zagadnienia trwałości mostów betonowych w normach europejskich. Międzynarodowa Konferencja EKO-MOST Kielce, maj 2006.
- [9] HeidelbergCement: Betontechnische Daten. Ausgabe 2017. www.heidelbergcement.de .

1.4 Najważniejsze definicje

Oddziaływania środowiska. Oddziaływania fizyczne i chemiczne na beton, które wpływają na niego lub na zbrojenie lub inne znajdujące się w nim elementy metalowe, a które nie zostały uwzględnione jako obciążenia w projekcie konstrukcyjnym.

Klasa ekspozycji. Sposób zdefiniowania wpływu czynników środowiska naturalnego określający, na jakie zniszczenia mechaniczne lub chemiczne będzie narażony element wykonany z betonu.

Klasa wytrzymałości betonu na ściskanie. Oznaczenie wytrzymałości betonu na ściskanie odnoszące się do charakterystycznej wytrzymałości walcowej lub kostkowej betonu wg PN-EN 206, określonej wartością poniżej której może znaleźć się 5% populacji wszystkich możliwych oznaczeń wytrzymałości dla danej objętości betonu.

Współczynnik woda/cement. Stosunek efektywnej zawartości masy wody do zawartości masy cementu w mieszance betonowej.

Zawartość cementu. Wyrażona wagowo ilość cementu w m³ mieszanki betonowej.

Powietrze wprowadzone przy napowietrzaniu. Mikroskopijne pęcherzyki powietrza, zwykle o średnicy między 10 µm i 300 µm oraz kształcie sferycznym lub zbliżonym do sferycznego, celowo wprowadzone do mieszanki betonowej podczas mieszania, z reguły przez zastosowanie środka powierzchniowo czynnego.

Zawartość powietrza. Wyrażona w procentach zawartość powietrza w mieszance betonowej.

Stopień mrozoodporności betonu. Symbol literowo-liczbowy klasyfikujący beton pod względem jego odporności na działanie mrozu.

Kategoria mrozoodporności kruszywa. Symbol literowo-liczbowy klasyfikujący kruszywo pod względem jego zachowania się podczas cyklicznego zamrażania i rozmrażania.

Kategoria odporność kruszywa na ścieranie. Wartość współczynnika mikro-Devala klasyfikująca kruszywo pod względem odporności na ścieranie.

Odporność na penetrację wody pod ciśnieniem. Cecha określająca szczelność betonu, mierzona maksymalną głębokością penetracji pod znormalizowanym ciśnieniem

2 Opis narzędzia

2.1 Wprowadzenie

Narzędzie umożliwia dobór parametrów betonu uzależnionych od oddziaływań środowiskowych określonych poprzez klasy ekspozycji. Gromadząc wymagania normowe oraz informacje z norm i literatury technicznej narzędzie ułatwia i przyspiesza proces doboru parametrów betonu w stosunku do procesu tradycyjnego, związanego z koniecznością korzystania z materiałów źródłowych.

2.2 Dane wejściowe

Narzędzie wyposażone jest w interfejs obsługiwany z poziomu dowolnej przeglądarki internetowej.

Dane wejściowe podzielone są na dwie grupy:

- dane identyfikacyjne,
- opis środowiska korozyjnego.

2.2.1 Dane identyfikacyjne

Użytkownik podaje następujące dane:

- nazwa zadania,
- element lub elementy mostu, dla których określane są parametry betonu.

2.2.2 Opis środowiska korozyjnego

Środowisko korozyjne opisane jest za pomocą klas ekspozycji charakteryzujących oddziaływanie środowiska na element mostu wykonany z betonu

Wprowadzenie danych wejściowych polega na wyborze poprzez zaznaczenie klas ekspozycji wylistowanych na ekranie. Użytkownik może wybrać dowolną liczbę klas ekspozycji związanych z następującymi zagrożeniami korozyjnymi:

- korozja wywołana karbonatyzacją: klasy ekspozycji XC1, XC2, XC3, XC4,
- korozja wywołana chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej: klasy ekspozycji XD1, XD2, XD3,
- korozja wywołana chlorkami z wody morskiej: klasy ekspozycji XS1, XS2, XS3,
- agresywne oddziaływanie zamrażania i rozmrażania: klasy ekspozycji XF1, XF2, XF3, XF4,
- agresja chemiczna: klasy ekspozycji XA1, XA2, XA3,
- agresja wywołana ścieraniem: klasy ekspozycji XM1, XM2, XM3

Pomocą w wyborze właściwych klas ekspozycji są przykłady występowania klas ekspozycji, tablica charakteryzująca chemicznie agresywne środowiska gruntowo-wodne oraz rysunek określający tzw. „środowisko drogowe”. Elementy pomocnicze wyświetlane są po naprowadzeniu kursora na pole danej klasy ekspozycji. Dla każdej klasy ekspozycji podczas wprowadzania danych widoczne są parametry graniczne betonu dla tej klasy, przy czym lista zalecanych cementów widoczna jest po naprowadzeniu kursora na pole „wg listy”. Przypisy wyświetlane są po naprowadzeniu kursora na odnośnik.

2.3 Algorytm przetwarzania

Dla wybranych przez użytkownika klas ekspozycji narzędzie podaje wartości graniczne parametrów betonu uzależnionych od warunków środowiskowych. Wartości graniczne poszczególnych parametrów betonu zaczerpnięte są z rozporządzenia [1], tablicy F.1 normy PN-EN 206+A1 [2], tablicy E.1N normy PN-EN 1992-1-1 [3] oraz tablic F.1 i F.2 normy PN-B-06265.

2.4 Interpretacja wyników

Podane w wynikach parametry betonu są najniekorzystniejszymi parametrami wynikającymi z wszystkich klas ekspozycji wybranych przez użytkownika programu.

2.5 Raport

Wzór raportu znajduje się w załączniku nr 1.

2.6 Ograniczenia

Zakres stosowania narzędzia ograniczony jest do konstrukcji betonowych projektowanych i wykonywanych według polskich przepisów i stosowanych w drogowych obiektach inżynierskich.

3 Przykład działania programu

Poniżej zaprezentowano przykład doboru parametrów betonu filarów estakady, która przekracza kanał portowy z wodą morską oraz ulicę. Filary narażone są na rozbryzgi wody morskiej na działanie soli odladzających z ulicy (odległość mniejsza od 6 m) oraz na oddziaływanie środowiska gruntowo-wodnego o średniej agresywności chemicznej.

3.1 Dane wejściowe

3.1.1 Dane identyfikacyjne

CNM-01-19-01 Dobór parametrów betonu w zależności od klasy ekspozycji
?

1
Strona główna

2
Nowe zadanie

3
Lista elementów

4
Analiza elementów

5
Raport PDF

6
Raport CSV

Zadanie

☒ Nowe
☐ Z pliku

Nazwa zadania
Estakada w ciągu Trasy Nadbrzeżnej nad Kanałem Portowym i ul. Portowców

Elementy mostu

Filary

Zapisz

3.1.2 Klasy ekspozycji

CNM-01-19-01 Dobór parametrów betonu w zależności od klasy ekspozycji
?

1
Strona główna

2
Nowe zadanie

3
Lista elementów

4
Analiza elementów

5
Raport PDF

6
Raport CSV

Element: Filary

Klasa ekspozycji	Klasa betonu	Maksymalne w/c	Minimalna zawartość cementu ¹⁴ /Minimalna zawartość CEM I lub CEM II/A przy stosowaniu dodatku mineralnego [kg/m ³]	Minimalna zawartość powietrza [%]	Akceptowany zakres stosowania cementów wg PN-B-06265	Inne

Karbonatyzacja

☐	Suche lub stale mokre	XC1	C16/20 (C25/30 ¹) (C30/37 ²)	0.70	260/250	wg listy	
☐	Mokre, sporadycznie suche	XC2	C16/20 (C25/30 ¹) (C30/37 ²)	0.65	280/260	wg listy	
☐	Umiarkowanie wilgotne	XC3	C20/25 (C25/30 ¹) (C30/37 ²)	0.60	280/260	wg listy	
☒	Cyklicznie mokre i suche	XC4	C25/30 (C30/37 ²)	0.55	300/280	wg listy	

Korozja chlorkowa

☐	Umiarkowanie wilgotne	XD1	C30/37	0.55	300/280	wg listy	
☐	Mokre, sporadycznie suche	XD2	C30/37	0.50	320/300	wg listy	
☒	Cyklicznie mokre i suche 	XD3	C35/45	0.45	320/300	wg listy	Odporność na penetrację wody ≤ 40 mm ¹⁰

Korozja spowodowana chlorkami z wody morskiej

☐	Narażenie na działanie soli zawartych w powietrzu, ale nie na bezpośredni kontakt z wodą morską	XS1	C30/37	0.50	300/280	wg listy	
☐	Stałe zanurzenie	XS2	C35/45	0.45	320/300	wg listy	
☒	Strefy pływów, rozbryzgów i aerozoli	XS3	C35/45	0.45	340/310	wg listy	Odporność na penetrację wody ≤ 40 mm ¹⁰

Agresywne oddziaływanie zamrażania/rozmarzania

☐	Umiarkowanie nasycone wodą bez środków odładzających	XF1	C30/37	0.55	300/ 280	wg listy	Stopień mrozoodporności betonu F100 Kategoria mrozoodporności kruszywa F2 ¹¹
☐	Umiarkowanie nasycone wodą ze środkami odładzającym 	XF2	C25/30 (C30/37 ²)	0.55	300/ 300 ³	⁴ wg listy	Stopień mrozoodporności betonu F150 Kategoria mrozoodporności kruszywa F1 ¹¹
☐	Silnie nasycone wodą bez środków odładzających	XF3	C30/37	0.50	320/ 320 ³	⁴ wg listy	Stopień mrozoodporności betonu F150 Kategoria mrozoodporności kruszywa F1 ¹¹
☒	Silnie nasycone wodą ze środkami odładzającymi  	XF4	C30/37	0.45	340/ 340 ³	⁴ ⁵ wg listy	Stopień mrozoodporności betonu F200 Mrozoodporność kruszywa F _{NaCl} 6 ¹²

Agresja chemiczna

Tablica

☐	Środowisko chemiczne mało agresywne	XA1	C30/37	0.55	300/280	wg listy	Odporność na penetrację wody $\leq 60 \text{ mm}^{10}$
☒	Środowisko chemiczne średnio agresywne	XA2	C30/37	0.50	320/300	wg listy	Odporność na penetrację wody $\leq 50 \text{ mm}^{10}$ Cement odporny na siarczany ⁹
☐	Środowisko chemiczne silnie agresywne	XA3	C35/45	0.45	360/330	wg listy	Odporność na penetrację wody $\leq 40 \text{ mm}^{10}$ Cement odporny na siarczany ⁹

Agresja wywołana ścieraniem

☐	Umiarkowane zagrożenie ścieraniem	XM1	C30/37	0.55	300/280	wg listy	Współczynnik ścieralności kruszywa: M_{DE} wartość deklarowana ¹³
☐	Silne zagrożenie ścieraniem	XM2	C30/37	0.50	300/280	wg listy	Współczynnik ścieralności kruszywa: dla 2/8 $M_{DE} \leq 25$, dla 8/16 $M_{DE} \leq 25^{13}$
☐	Ekstremalnie silne zagrożenie ścieraniem	XM3	C35/45	0.45	320/300	wg listy	Współczynnik ścieralności kruszywa: dla 2/8 $M_{DE} \leq 20$, dla 8/16 $M_{DE} \leq 15^{13}$

3.2 Wyniki

Element: Filary

	Klasa ekspozycji	Klasa betonu	Maksymalne w/c	Minimalna zawartość cementu ¹⁴ /Minimalna zawartość CEM I lub CEM II/A przy stosowaniu dodatku mineralnego [kg/m ³]	Minimalna zawartość powietrza [%]	Akceptowany zakres stosowania cementów wg PN-B-06265	Inne
	XC4 XD3 XS3 XA2 XF4	C35/45	0.45	340/340 ³	⁴ ⁵	w wierszu poniżej	w wierszu poniżej
Akceptowany zakres stosowania cementów wg PN-B-06265	CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V ⁶ , CEM II/A-LL, CEM II/A-M(S-LL), CEM II/A-M(S-V) ⁶ , CEM II/A-M(V-LL) ⁶ , CEM II/B-M(S-V) ⁶ , CEM III/A ⁷ , CEM III/B ⁸ ,						
Inne	Cement odporny na siarczany ⁹ Odporność na penetrację wody $\leq 40 \text{ mm}^{10}$ Stopień mrozoodporności betonu F200 Mrozoodporność kruszywa F_{NaCl} ⁶¹²						

Zapisz

Załączniki

Załącznik nr 1. Raport z wynikami działania narzędzia



Dobór parametrów betonu w zależności od klasy ekspozycji

Nr katalogowy: CNM-01

Raport

Data: 14.10.2019

Nazwa zadania:

Estakada w ciągu Trasy Nadbrzeżnej nad Kanałem Portowym i ul. Portowców

Nazwa elementu: **Filary**

Dane wejściowe:

Klasa ekspozycji	Opis	Klasa betonu	Maksymalne w/c	Minimalna zawartość cementu ¹⁾ /Minimalna zawartość CEM I lub CEM II/A przy stosowaniu dodatku mineralnego [kg/m ³]	Minimalna zawartość powietrza [%]	Akceptowany zakres stosowania cementów wg PN-B-06265	Inne
------------------	------	--------------	----------------	--	-----------------------------------	--	------

ANALIZA JAKOŚCI TECHNICZNEJ PROJEKTÓW DROGOWYCH WSPÓŁFINANSOWANYCH Z FUNDUSZY UNII EUROPEJSKIEJ WRAZ Z REKOMENDACJAMI OPTIMALIZACJI I SZCZEGÓŁOWYMI WARUNKAMI TECHNICZNYMI PROJEKTOWANIA, REALIZACJI, EKSPLOATACJI I UTRZYMANIA DROGOWYCH OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH

POWIĄZANIE WYMAGAŃ TECHNICZNYCH DOTYCZĄCYCH DROGOWYCH OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH Z NARZĘDZIAMI CYFROWYMI

Wersja: 19-01

Str. 1/5

XC4	Cyklicznie mokre i suche	C25/30 (C30/37) ²	0.55	300/280	CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V ⁶ , CEM II/B-V ⁶ , CEM II/A-LL, CEM II/A-L, CEM II/A-M(S-V) ⁶ , CEM II/A-M(V-LL) ⁶ , CEM II/B-M(S-V) ⁶ , CEM III/A, CEM III/B, CEM IV/A ⁶ , CEM IV/B ⁶ ,	Odporność na penetrację wody ≤ 40 mm ¹⁰
XD3	Cyklicznie mokre i suche	C35/45	0.45	320/300	CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V ⁶ , CEM II/B-V ⁶ , CEM II/A-LL, CEM II/A-L, CEM II/A-M(S-V) ⁶ , CEM II/A-M(V-LL) ⁶ , CEM II/B-M(S-V) ⁶ , CEM III/A, CEM III/B, CEM IV/A ⁶ , CEM IV/B ⁶ ,	Odporność na penetrację wody ≤ 40 mm ¹⁰
XS3	Strefy płytów, rozbrzygów i aerozoli	C35/45	0.45	340/310	CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V ⁶ , CEM II/B-V ⁶ , CEM II/A-LL, CEM II/A-L, CEM II/A-M(S-V) ⁶ , CEM II/A-M(V-LL) ⁶ , CEM II/B-M(S-V) ⁶ , CEM III/A, CEM III/B, CEM IV/A ⁶ , CEM IV/B ⁶ ,	Odporność na penetrację wody ≤ 40 mm ¹⁰

XA2	Środowisko chemiczne średnio agresywne	C30/37	0.50	320/300		CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V ⁶ , CEM II/A-LL, CEM II/A-L, CEM II/A-M(S-LL), CEM II/A-M(S-V) ⁶ , CEM II/A-M(V-LL) ⁶ , CEM II/B-M(S-V) ⁶ , CEM III/A, CEM III/B, CEM III/C, CEM IV/A ⁶ , CEM II/A-L, CEM IV/B ⁶ , CEM V/A ⁶ ,	Odporność na penetrację wody $\leq 50 \text{ mm}^{10}$ Cement odporny na siarczany ⁹
XF4	Silnie nasycone wodą ze środkami odładzającymi	C30/37	0.45	340/340 ³	4 ⁵	CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V ⁶ , CEM II/A-LL, CEM II/A-M(S-LL), CEM II/A-M(S-V) ⁶ , CEM II/A-M(V-LL) ⁶ , CEM II/B-M(S-V) ⁶ , CEM III/A ⁷ , CEM III/B ⁸ ,	Stopień mrozoodporności betonu F200 Mrozoodporność kruszywa F _{Nd} 6 ¹²

Klasa ekspozycji	Klasa betonu	Maksymalne w/c	Minimalna zawartość cementu ¹⁴ /Minimalna zawartość CEM I lub CEM II/A przy stosowaniu dodatku mineralnego [kg/m ³]	Minimalna zawartość powietrza [%]	Akceptowany zakres stosowania cementów wg PN-B-06265	Inne
XC4 XD3 XS3 XA2 XF4	C35/45	0.45	340/340 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 $\geq$ 5,5%; do 16 mm $\geq$ 4,5%; do 32 mm $\geq$ 4,0%; do 64	CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V ⁶ , CEM II/A-LL, CEM II/A-M(S-LL), CEM II/A-M(S-V) ⁶ , CEM II/A-M(V-LL) ⁶ , CEM II/B-M(S-V) ⁶ , CEM III/A ⁷ , CEM III/B ⁶ ,	Cement odporny na siarczan ⁹ Odporność na penetrację wody $\leq$ 40 mm ¹⁰ Stopień mrozoodporności betonu F200 Mrozoodporność kruszywa F _{Naci} 6 ¹²

[11] Minimalna klasa betonu wymagana przez rozporządzenie MTIGM z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich użytkowanie z późn. zm. dla konstrukcji z betonu zbrojonego

[12] Minimalna klasa betonu wymagana przez rozporządzenie MTIGM z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich użytkowanie z późn. zm. dla konstrukcji z betonu sprężonego

[13] Dopuszcza się stosowanie dodatków typ II do produkcji betonu, lecz nie jako ekwiwalent dla minimalnej ilości cementu

[14] Zawartość objętościowa powietrza w mieszanice betonowej przed jej wbudowaniem zależy od maksymalnego wymiaru ziaren zastosowanego kruszywa i powinna wynosić dla kruszywa: do 8 mm $\geq$ 5,5%; do 16 mm $\geq$ 4,5%; do 32 mm $\geq$ 4,0%; do 64 mm $\geq$ 4,5%

[15] Beton o konsystencji V0 ($\geq$ 31 s) oznaczonej wg PN-EN 12350-3 i w/c $\leq$ 0,4 może być produkowany bez dodatkowego napowietrzenia

[16] Dopuszcza się cementy zawierające w składzie popioły lotne z maksymalnie 5% stratą prażenia (LOI)

- [7] Klasa wytrzymałości cementu $\geq 42,5$ lub klasa wytrzymałości cementu $\geq 32,5R$ z zawartością granulowanego żużla wielkopieczowego $\leq 50\%$ (masowo)
- [8] Dopuszcza się stosowanie cementu hutniczego CEM III/B wyłącznie w przypadku elementów konstrukcji budowlanych narażonych na działanie wody morskiej, przy $w/c \leq 0,45$; minimalna klasa wytrzymałości betonu C35/45 i zawartość cementu $\geq 340 \text{ kg/m}^3$
- [9] W przypadku, gdy zawartość siarczanów (SO_4^{2-}) w środowisku pracy betonu wskazuje na klasy ekspozycji XA2 lub XA3 należy zastosować cement odporny na siarczany (SR) wg PN-EN 197-1 lub cement odporny na siarczany (HSR) wg PN-B-19707. Wymóg nie stosuje się do siarczanów pochodzenia morskiego
- [10] Odporność na penetrację wody pod ciśnieniem, mierzona maksymalną głębokością penetracji według Polskiej Normy
- [11] Kruszywo o mrozoodporności odpowiadającej kategorii (F) wg PN-EN 12620
- [12] Kruszywo o mrozoodporności w roztworze NaCl (F_{NaCl}) odpowiadającej wartości deklarowanej, określonej na podstawie badania wg PN-EN 1367-6
- [13] Kruszywo o współczynniku ścieralności micro-Deval'a odpowiadającej kategorii (MDE) wg PN-EN 12620. Wymagana właściwa pielęgnacja i obróbka powierzchni
- [14] W przypadku stosowania koncepcji współczynnika k maksymalny współczynnik w/c oraz minimalna zawartość cementu modyfikuje się zgodnie z PN-EN 206+A1:2016-12 p.52.52.

ANALIZA JAKOŚCI TECHNICZNEJ PROJEKTÓW DROGOWYCH WSPÓŁFINANSOWANYCH Z FUNDUSZY UNII EUROPEJSKIEJ WRAZ Z REKOMENDACJAMI OPTYMALIZACJI I SZCZEGÓŁOWYMI WARUNKAMI TECHNICZNYMI PROJEKTOWANIA, REALIZACJI, EKSPLOATACJI I UTRZYMANIA DROGOWYCH OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH

POWIĄZANIE WYMAGAŃ TECHNICZNYCH DOTYCZĄCYCH DROGOWYCH OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH Z NARZĘDZIAMI CYFROWYMI

Wersja: 19-01

Str. 5/5