SZCZEGÓŁOWA SPECYFIKACJA TECHNICZNA - BETON

CPV 45223500-1 - Konstrukcje z betonu

1. Wstęp

1.1. Przedmiot SST

Przedmiotem niniejszej szczegółowej specyfikacji technicznej są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót betoniarskich przy odtwarzaniu betonowych nakryw kamiennych murów ogrodzenia cmentarza wojennego nr 79 w Sękowej w ramach zadania pn.: **REMONT OGRODZENIA CMENTARZA WOJENNEGO NR 79 W SĘKOWEJ dz. nr 888/1, obręb Sękowa, gmina Sękowa Wpis do rejestru zabytków: A-1327/M.**

1.2. Zakres stosowania SST

Szczegółowa specyfikacja techniczna jest stosowana jako dokument przetargowy i kontraktowy przy zlecaniu i realizacji robót wymienionych w pkt. 1.1.

1.3. Zakres robót objętych SST

Roboty, których dotyczy specyfikacja, obejmują wszystkie czynności umożliwiające i mające na celu wykonanie betonu w elementach konstrukcyjnych objętych kontraktem.

UWAGA! PRZY DESKOWANIU NAKRYW ZACHOWAĆ PROSTOLINIOWE ELEMENTY ZDOBNICZE NA KRAWĘDZIACH JAK W ZACHOWANYCH ELEMENTACH. STAN WYKOŃCZENIA POWIERZCHNI (GŁADKOŚĆ) JAK W ZACHOWANYCH ELEMENTACH. –**wykonać kapinos po stronie wewnętrznej i zewnętrznej.**

UWAGA! NA POŁĄCZENIACH NOWEGO BETONU ZE STARYM STOSOWAĆ WARSTWĘ SCZEPNĄ ŚRODKIEM POSIADAJĄCYM BARDZO DOBRĄ ZDOLNOŚĆ PEŁZANIA I BARDZO DOBRĄ PRZYCZEPNOŚĆ DO BETONU. PO STWARDNIENIU OSIAGAJĄCĄ WYSOKĄ WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE I ZGINANIE. ODPORNY NA WODĘ MORSKĄ, SOLE, BENZYNĘ, TŁUSZCZE, WIELE ŁUGÓW, KWASÓW I INNYCH CHEMIKALIÓW. POWIERZCHNIE MOGĄ BYĆ SUCHE LUB LEKKO WILGOTNE, JEDNAK MUSZĄ BYĆ ONE WOLNE OD PYŁU, OLEJÓW I TŁUSZCZU.

1.4. Określenia podstawowe

Określenia podane w niniejszej SST są zgodne z obowiązującymi odpowiednimi normami.

1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót

Wykonawca robót jest odpowiedzialny za jakość ich wykonania oraz za zgodność z dokumentacją projektową, SST i poleceniami Inżyniera.

2. Materiały

WŁAŚCIWOŚCI BETONU WEDŁUG PN-EN 206-1 : 2013

Normę stosuje się do betonu zwykłego (gęstość w stanie suchym 2000 ÷ 2600 kg/m^3), betonu ciężkiego (gęstość powyżej 2600 kg/m^3).

1. Specyfikacja betonu.

Beton może być zamówiony jako:

- beton projektowany (beton o ustalonych właściwościach);
- beton recepturowy (beton o ustalonym składzie);
- normowy beton recepturowy (którego skład jest podany w normie).

Za zapewnienie zgodności właściwości betonu projektowanego ze specyfikacją odpowiada producent mieszanki; betonu recepturowego – specyfikujący; normowego betonu recepturowego – jednostka normalizująca (PKN). Dla betonu recepturowego oraz normowego recepturowego producent odpowiada tylko za zgodność składu ze specyfikacją lub normą.

Specyfikacja na beton projektowany powinna zawierać następujące wymagania podstawowe:

- zgodność z PN-EN 206–1;
- klasę wytrzymałości na ściskanie C;
- klasę ekspozycji X;
- maksymalny górny wymiar kruszywa (D_{max});
- klasę zawartości chlorków Cl;
- klasę konsystencji (lub wartość) (V, S, F, C);

oraz wymagania dodatkowe:

- specjalne rodzaje cementu (np.: o niskim cieple hydratacji);
- specjalne rodzaje kruszywa;
- dotyczące mrozoodporności (np: stopień napowietrzenia);
- rozwoju wytrzymałości;
- temperatury mieszanki;
- czasu wiązania (opóźnione, przyspieszone);
- wodoszczelności;
- odporności na ścieranie;
- inne (np.: do specjalnej metody układania, np.: zacierania).

Specyfikacja na beton recepturowy powinna zawierać następujące wymagania podstawowe:

- wymaganie zgodności z PN-EN 206-1;
- zawartość cementu;
- rodzaj i klasę wytrzymałości cementu;
- współczynnik w/c albo klasę konsystencji;
- rodzaj i asortyment kruszywa;
- D_{max} i inne ograniczenia uziarnienia;
- typ i ilość domieszki lub dodatku;

oraz następujące wymagania dodatkowe:

- pochodzenie składników (jeżeli ma wpływ na własności);
- dodatkowe wymagania dla kruszywa;
- inne.

Specyfikacja na normowy beton recepturowy powinna zawierać numer normy (w Polsce brak) i oznaczenie betonu w normie. Normowy beton recepturowy powinien być stosowany jako:

- beton zwykły;
- do klasy C 16/20;
- do klasy ekspozycji XO oraz XC 1 (brak zagrożenia agresją, karbonatyzacja powolna, środowisko suche lub pod wodą).

2. Klasy wytrzymałości betonu na ściskanie betonu zwykłego.

Wymagana klasa betonu:

C25/30, Liczba pierwsza oznacza wytrzymałość charakterystyczną betonu na ściskanie oznaczaną na walcach ∅15 h 30 cm. Liczba druga – wytrzymałość charakterystyczną oznaczaną na próbkach sześciennych 15 cm. (W dużym przybliżeniu odpowiada ona dotychczasowej wytrzymałości gwarantowanej betonu; różnice polegają na innym sposobie kwalifikowania betonu do klasy oraz innych warunkach przechowywania próbek do badań).

Wytrzymałość charakterystyczna jest to wartość wytrzymałości, poniżej której może się znaleźć 5% populacji wszystkich możliwych oznaczeń wytrzymałości, mierzona na walcach ∅150 mm, h = 300 mm, po 28 dobach dojrzewania w temperaturze 20 ± 2°C, W ≥ 95% (pod wodą).

Wytrzymałość gwarantowana jest oznaczana na kostkach sześciennych o krawędzi 15 cm po 28 dobach dojrzewania w temperaturze 18 ± 2°C i wilgotności powyżej 90%; oszacowana jest na podstawie wnioskowania statystycznego z prawdopodobieństwem 95% przy poziomie ufności 0,50. (występowała w symbolu klasy betonu wg PN-88/B-06250).

Według PN-B-03264 „Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone" wytrzymałość charakterystyczną betonu na ściskanie f_{ck} można obliczyć ze wzoru:

$$f_{ck} = 0{,}8 \cdot f^{G}_{c\ cube},$$

Indeksy oznaczają:

c – na ściskanie, *k* – charakterystyczna, *m* – średnia, *ct* – na rozciąganie; cyl – na walcu; cube – na kostce; *t* – na rozciąganie przy rozłupywaniu.

3. Klasy ekspozycji X.

Wymagana klasa ekspozycji:

XA 1 – mało agresywne, XA 2 – średnio; XA 3 – silnie;

XA 1 – woda: SO_4^{-2} 200 ÷ 600 mg/*l*, pH = 5,5 ÷ 6,5;

CO_2 agresywny 15 ÷ 40 mg/*l*; NH_4^{+} 15 ÷ 30 mg/*l*;

Mg^{+2} 300 ÷ 1000 mg/*l*;

– grunt: SO_4^{-2} 2000 ÷ 3000 mg/kg.

4. Klasy związane z maksymalnym wymiarem ziaren kruszywa.

Do klasyfikacji należy przyjmować nominalny górny wymiar ziaren kruszywa D_{max} według sit EN 12620 (4; 8; 16; 32; 63). D_{max} należy dobierać uwzględniając otulinę zbrojenia oraz minimalną szerokość przekroju elementu. D_{max} nie powinno być większe niż 1/3 najmniejszego wymiaru elementu konstrukcyjnego i nie większe niż grubość otuliny minus 5 mm oraz odległość między zbrojeniem minus 5 mm.

5. Klasy konsystencji.

Konsystencja mieszanki może być badana metodą Vebe (metoda zalecana do mieszanek o czasie zagęszczania od 5 do 30 sekund, to jest od półciekłej wzwyż), metodą opadu stożka (zalecana dla opadu od 10 do 210 mm, to jest mieszanki od plastycznej do ciekłych), metodą rozpływu (zalecana dla średnic rozpływu od 340 do 620 mm, to jest mieszanek ciekłych i bardzo ciekłych) oraz metodą stopnia zagęszczalności (metoda mało rozpowszechniona, w Polsce nie znana). Brak jest korelacji pomiędzy wynikami w/w metod badań. Konsystencje oznaczone metodą VeBe wg PN-88/B-06250, to jest: wilgotna, gęstoplastyczna, plastyczna, półciekła i ciekła nie odpowiadają klasom konsystencji V według PN-EN 206-1 ze względu na inne zakresy czasów wibrowania przypisanych poszczególnym klasom konsystencji.

Wyróżnia się następujące klasy konsystencji według Vebe (badane wg PN-EN-12350-3 : 2001):

VO	≥ 31 s,
V1	21 – 30 s,
V2	11 – 20 s,
V3	6 – 10 s,
V4	3 – 5 s.

(Według PN-88/B-06250: wilgotna K1 powyżej 28 s, gęstoplastyczna K2 14 – 27 s, plastyczna K3 7 – 13 s, półciekła K4 poniżej 6 s).

Wyróżnia się następujące klasy konsystencji oznaczone metodą opadu stożka (wg PN-EN 12350-2 : 2001 – stożek ∅ 100/∅ 200, h = 300 mm):

S1	10 – 40 mm,
S2	50 – 90 mm,
S3	100 – 150 mm,
S4	160 – 210 mm,
S5	powyżej 220 mm.

Wyróżnia się następujące klasy konsystencji oznaczane metodą rozpływu (wg PN-EN 12350-5 : 2001 – ręczny stolik wstrząsowy 70 x 70 cm, unoszony na 4 cm 15-krotnie, pomiar średnicy placka powstałego wskutek rozpływu stożka uformowanego z mieszanki):

F1 poniżej 340 mm,

F2 350 – 410 mm,

F3 420 – 480 mm,

F4 490 – 550 mm,

F5 560 – 620 mm,

F6 powyżej 630 mm.

6. Wymagania specjalne.

a) *Wodoszczelność.*

Metodę badania i kryteria zgodności należy uzgodnić pomiędzy specyfikującym i producentem. Przy braku uzgodnionej metody wodoszczelność może być określona pośrednio, z wartości granicznych dla składu betonu.

Według PN-EN 12390-8 : 2001 wodoszczelność określa się poprzez badanie głębokości penetracji wody pod ciśnieniem w badany beton. Do badania stosuje się próbki o grubości 150 mm, do których przykłada się jednostronnie wodę o ciśnieniu 0,5 MPa przez 72 godziny, następnie rozłupuje próbki i mierzy głębokość wnikania wody.

Według PN-88/B-06250 wodoszczelność badano na próbkach o grubości 150 mm, przykładając jednostronnie wodę o ciśnieniu 0,2 MPa przez 24 godziny i podnosząc ciśnienie wody o 0,2 MPa co 24 godziny aż do objawów przecieku. Miarą wodoszczelności W było maksymalne ciśnienie wody nie powodujące jeszcze przecieku, w atn (W2, W4, W6, W8, W10 i W12).

Brak jest korelacji pomiędzy wynikami tych badań i brak wymagań dla głębokości wnikania w zależności od zastosowania betonu (wg PN zalecany stopień wodoszczelności W zależał od wskaźnika ciśnienia równego stosunkowi ciśnienia wody wyrażonego w metrach słupa wody do grubości przegrody).

7. Oznaczenie betonu projektowanego.

Beton wg PN-EN 206-1, C 25/30, XC4(PL), Cl 0,40, D_{max} 16, V3, $f_{cm\,2}/f_{cm\,28}$ powyżej 0,5.

($f_{cm\,2}/f_{cm\,28}$ – współczynnik rozwoju wytrzymałości. Dla $f_{cm\,2}/f_{cm\,28} > 0,5$ szybki rozwój wytrzymałości).

8. Kryteria zgodności wytrzymałości betonu.

Kontroli zgodności betonu projektowanego dokonuje się :

- dla składu mieszanki przyjętej do właściwej produkcji na podstawie projektowania betonu (badania wstępne);
- podczas produkcji początkowej (do uzyskania 35 wyników badań wytrzymałości);

- podczas produkcji ciągłej betonu;
- w badaniach identyczności betonu (gdy istnieje wątpliwość co do jakości zarobu oraz w badaniach sprawdzających betonów recepturowych);
- dla rodzin betonów, przy kontroli masowej produkcji wielu rodzajów betonów w dużych betoniarniach.

Dla każdego z w/w przypadków obowiązują inne kryteria zgodności. W większości przypadków są to kryteria podwójne i dotyczą wartości średniej wytrzymałości f_{cm} oraz wytrzymałości najsłabszej próbki w badanej serii f_{ci} . Kryteria te wyznaczono na podstawie funkcji operacyjno-charakterystycznych, przy założonych ryzykach dostawcy i odbiorcy. Krzywe operacyjno-charakterystyczne określają prawdopodobieństwo, że jest spełnione kryterium zgodności i określają to prawdopodobieństwo w zależności od poziomu jakości partii betonu (przy malejącym poziomie jakości betonu prawdopodobieństwo przyjęcia partii betonu maleje). Ryzyko odbiorcy polega na tym, że może otrzymać partię betonu zakwalifikowaną jako zgodną z normą PN-EN, lecz o jakości niezadowalającej. Kryteria zgodności przyjęte w PN-EN 206-1 zwiększają ryzyko odbiorcy w porównaniu z kryteriami w PN-88/B-06250.

9.1. Kryteria dla badań wstępnych.

W badaniu wstępnym pojedynczego betonu należy badać co najmniej 3 próbki pobrane z każdego z trzech zarobów. Za wytrzymałość zarobu lub ładunku należy uznać średnią z wyników. Wytrzymałość betonu powinna przekraczać f_{ck} z zapasem co najmniej takim, żeby były spełnione kryteria zgodności:

dla $n = 3$

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 4$$

$$f_{c\,i} \geq f_{ck} - 4$$

Zaleca się, aby zapas był około 2 razy większy, niż przewidywane odchylenie standardowe, co oznacza zapas co najmniej 6 ÷ 12 MPa (wg PN-88/B-06250, w przypadku braku znajomości odchylenia standardowego przyjmowano zalecenie $f_{cm} = 1{,}3\ f_{ck}$. Można stąd wnioskować, że dla betonów do klasy około B-20 należy przyjmować zapas wytrzymałości około 6 MPa, a dla klas B-40 i powyżej 12 MPa). Dla normowego betonu recepturowego kryterium akceptacji badań należy przyjmować:

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 12.$$

9.2. Kryteria dla produkcji początkowej

Produkcję początkową stanowi beton do otrzymania co najmniej 35 wyników badań. Próbki betonu należy pobierać losowo, w ilości 3 próbek z pierwszych 50 m^3 produkcji, a następne z częstotliwością:

- dla betonu z certyfikatem kontroli produkcji 1 próbka/200 m^3 betonu lub 2 próbki/tydzień produkcji;

- dla betonu bez certyfikatu kontroli produkcji 1 próbka/150 m^3 betonu lub 1 próbka/dzień produkcji.

Ocenę zgodności przeprowadza się dla okresu nie przekraczającego 12 miesięcy. Zgodność jest potwierdzona, jeżeli spełnione są oba kryteria:

$f_{cm} \geq f_{ck} + 4$

$f_{c\,i} \geq f_{ck} - 4$

(To kryterium będzie stosowane przez odbiorców betonu do kontroli jakości betonu dostarczonego na plac budowy).

9.3. Kryteria zgodności dla produkcji ciągłej.

Produkcję ciągłą osiąga się, gdy uzyska się co najmniej 35 wyników badań w okresie nie przekraczającym 12 miesięcy. Próbki do badań należy pobierać losowo (nie więcej niż 1 z 25 m^3 mieszanki), w ilości:

- dla betonu z certyfikatem kontroli produkcji 1 próbka/400 m^3 lub 1 próbka/tydzień produkcji.;
- dla betonu bez certyfikatu kontroli produkcji 1 próbka/150 m^3 betonu lub 1 próbka/dzień produkcji.

Zgodność jest potwierdzona, jeżeli spełnione są oba kryteria:

dla n = 15 wyników badań

$f_{cm} \geq f_{ck} + 1{,}48\ \sigma$

$f_{c\,i} \geq f_{ck} - 4$

Wstępne odchylenie standardowe σ (oszacowane) należy obliczyć z co najmniej 35 kolejnych wyników badań wykonanych w okresie dłuższym niż 3 miesiące, bezpośrednio poprzedzającym okres produkcji, podczas którego ma być sprawdzona zgodność. W późniejszym okresie produkcji oszacowanie σ weryfikuje się:

$$0{,}63\ \sigma \leq S_{15} \leq 1{,}37\ \sigma$$

S_{15} – odchylenie standardowe ostatnich 15 wyników badań.

Gdy S_{15} nie mieści się w/w podanych granicach, należy ponownie oszacować σ na podstawie ostatnich 35 wyników badań.

9.4. Kryteria dla badań identyczności.

Badanie wskazuje, czy określona objętość betonu należy do tej samej populacji. Wykonuje się je, gdy istnieje wątpliwość co do jakości zarobu. Objętość betonu może stanowić pojedynczy zarób lub ładunek, beton dostarczony na określone elementy konstrukcji budynku, beton dostarczony w ciągu tygodnia (ale nie więcej niż 400 m^3).

Kryteria zgodności:

a) Dla nie certyfikowanej kontroli produkcji należy pobrać co najmniej 3 próbki;

$f_{cm} \geq f_{ck} + 4$ $\qquad$ $f_{c\,i} \geq f_{ck} - 4$.

b) Dla certyfikowanej kontroli produkcji kryteria zależą od ilości zbadanych próbek:

$n = 1$		$f_{c\,i} \geq f_{ck} - 4$
$n = 2 \div 4$	$f_{cm} \geq f_{ck} + 1$	$f_{c\,i} \geq f_{ck} - 4$
$n = 5 - 6$	$f_{cm} \geq f_{ck} + 2$	$f_{c\,i} \geq f_{ck} - 4$.

9.5. Kryteria dla rodziny betonów.

Zasady kwalifikacji betonów do rodziny podaje Raport CEN 13901 : 2000. Każdy pojedynczy rezultat powinien być sprawdzony wg kryterium 2:

$$f_{c\,i} \geq f_{ck} - 4$$

Pojęcie „rodziny" jest przydatne do kontroli produkcji i kontroli zgodności, umożliwia efektywną kontrolę przy niskich kosztach w przypadku produkcji wielu rodzajów zróżnicowanych betonów.

Przy tworzeniu rodziny wybiera się beton odniesienia, którym jest albo beton najczęściej produkowany, albo beton ze środka zakresu składów rodziny. Ustala się poprzez badania zależności pomiędzy każdym betonem z rodziny i betonem odniesienia, aby możliwe było przeliczenie wytrzymałości każdego z betonów na wytrzymałość betonu odniesienia. Zależności te są kontrolowane w ciągu całego okresu oceny i dodatkowo przy znacznych zmianach warunków produkcji. Kontrola betonu odniesienia gwarantuje, że wszystkie betony z rodziny są pod kontrolą. Jeżeli zmienią się własności któregoś ze składników mieszanki, albo będzie popełniany błąd systematyczny (np.: dozowania), to zmieni się beton referencyjny, co umożliwi szybkie wychwycenie błędu. Żeby zareagować szybciej, wielu producentów, bada wytrzymałość po 7 dobach i ekstrapoluje na 28 dób (dla betonu „martwy okres" 28 dni do wyników badań, a 1 składnik , np.: kruszywo, idzie do wielu betonów). Do kontroli systemu produkcji wykorzystuje się wyniki dla betonu odniesienia, a wyniki dla innych członków rodziny przelicza się na ekwiwalentną wartość betonu odniesienia.

Aby potwierdzić przynależność betonu do rodziny stosuje się kryterium 3.:

Liczba „*n*" badań wytrzymałości dla pojedynczego betonu	$f_{c\,m}$ wyników początkowych (źródłowych), tj. nie przeliczanych na beton ref.
2	$f_{cm} \geq f_{ck} - 1{,}0$
3	$f_{cm} \geq f_{ck} + 1{,}0$
4	$f_{cm} \geq f_{ck} + 2{,}0$
5	$f_{cm} \geq f_{ck} + 2{,}5$
6	$f_{cm} \geq f_{ck} + 3{,}0$

Gdy $n \geq 15$ średnia dla rodziny

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 1{,}48\ \sigma\ .$$

Gdy $n = 7 \div 14$ należy użyć liniowej interpolacji pomiędzy rezultatami dla 6 i 15 próbek.

Zaleca się dobierać betony do rodziny wg następujących zasad:

- cement jednego rodzaju, jednej klasy wytrzymałości oraz tego samego pochodzenia;
- bardzo podobne kruszywo i dodatki typu I;
- pełen zakres klas konsystencji;
- betony niższych klas.

Betony zawierające dodatki typu II (pucolanowei o utajonych właściwościach hydraulicznych) należy zaliczyć do oddzielnej rodziny. Betony zawierające wysokoefektywne superplastyfikatory, środki opóźniające lub napowietrza-jące powinny być traktowane jako betony indywidualne lub być zaliczone do oddzielnych rodzin (mogą wpływać na wytrzymałość). Jeżeli w rodzinie jest więcej niż jedna klasa betonu, każdy wynik badania wytrzymałości należy przeliczyć na ekwiwalentną wartość betonu odniesienia.

Schemat postępowania przy ocenie przynależności betonu do rodziny

i zgodności z rodziną:

$f_{c\,i} \geq f_{ck} - 4$ → NIE → Zarób lub ładunek niezgodny z PN-EN 206-1 (dla danej klasy)

↓ TAK

Sprawdzenie kryterium 3 (Tablica 15) przynależności do rodziny → NIE → Usunąć beton z rodziny i ocenić jak pojedynczy beton

↓ TAK

Przeliczyć wyniki wszystkie na beton odniesienia $f_{cm\ odnies.} \geq f_{ck} + 1{,}48\sigma$ → NIE → Uznać rodzinę za niezgodną w okresie oceny

↓ TAK

Uznać rodzinę za zgodną w okresie oceny

<u>Przykład 1.</u> Rodzina betonów:

CEM II – V – 32,5 (mieszany, popiołowy).

Kruszywa podobne, D_{max} = 12; 20; 30 mm.

Klasy wytrzymałości: C 16/20; C 20/25; C 25/30.

Klasy konsystencji od S1 do S4 (opad stożka, bez najbardziej ciekłej S5).

Beton odniesienia: klasa C 20/25 (środek wytrzymałości).

Oceniany okres: 3 miesiące.

Na podstawie badań ustalono zależność pomiędzy $f_{cyl.}$ i w/c jako wykładniczą:

$$f_{cyl} = 135/\exp(2{,}50 \cdot w/c) \qquad [1]$$

Średnia wytrzymałość – cel (projektowana) = $f_{ck} + K \cdot \sigma$, gdzie K – stała $\geq 1{,}65$ (na wartość K wpływają zdolności produkcyjne i stopień ryzyka handlowego producenta).

Na podstawie projektowanej średniej wytrzymałości oraz równania [1] wylicza się w/c.

Na podstawie równania wyprowadzonego na podstawie badań:

$$W = 165 + (0{,}65\ {}^{S}\!/_{M^{0{,}33}}) - 0{,}8\ M/\log_{10}(1 + {}^{S}/_{5})$$

wylicza się zawartość wody $W[{}^{l}/_{m^3}]$, a z W i w/c wylicza się zawartość cementu. M – D_{max} kruszywa. S – przeciętny opad stożka w mm dla klasy konsystencji. (S1 – 25 mm, S2 – 70 mm, S3 – 125 mm, S4 – 190).

Wytrzymałość betonu na beton odniesienia przelicza się 3 metodami:

a) Metoda transpozycji danych na podstawie w/c. Różnice wytrzymałości projektowanej i uzyskanej przelicza się z równania [1] na różnice w/c, te przelicza się na beton odniesienia i z równania [1] wylicza wytrzymałość uzyskaną betonu odniesienia.
<u>Przykład:</u>

C15/20 uzyskano f_{cyl} = 21,7 MPa.

w/c(15) = 0,88; w/c (21,7) = 0,73; Δ = 0,15.

Dla betonu odniesienia C20/25 w/c = 0,76.

w/c uzyskane dla odniesienia = 0,76 – 0,15 = 0,61.

Z równania [1] dla w/c = 0,61 $f_{c\,cyl}$ = 29,4 MPa.

b) Metoda bazująca na prostoliniowej zależności pomiędzy f_c i w/c.

<u>Przykład:</u>

C 15/20 f_c = 21,7 MPa.

Różnica pomiędzy f_{ck} i uzyskaną: 21,7 – 15 = 6,7 MPa.

Stąd dla betonu odniesienia f przeliczone = 20 + 6,7 = 26,7 MPa.

c) Metoda oparta na efekcie proporcjonalnym.

9.6. Przykład (dla betonu projektowanego, dla produkcji początkowej).

n = 3. Projektowana klasa C20/25 (B-25)

Uzyskano następujące wyniki badań próbek sześciennych:

$f_{c\,1}$ = 24 MPa

$f_{c\,2}$ = 31 MPa

$f_{c\,3}$ = 32 MPa

$f_{c\,m}$ = 29 MPa $f_{c\,min}$ = 24 MPa

Kryteria: $f_{c\,m} \geq f_{ck} + 4$

$f_{c\,i} \geq f_{ck} - 4$

29 ≥ 25 + 4 warunek spełniony.

24 ≥ 25 – 4 warunek spełniony.

Beton osiągnął klasę C20/25 wg PN-EN 206-1.

Kryteria wg PN-88/B-06250:

$R_{i\,min} \geq \alpha \cdot R_b^G$ $\alpha = 1{,}15$

$\frac{24}{1{,}15}$ = 20,9 – klasa B-20

$R_{i\,min} \geq R_b^G$

$24 \geq R_b^G$ - klasa B-20

$R_{śr} \geq 1{,}2\ R_b^G$

Beton nie uzyskał klasy B-25 według PN-88/B-06250.

10. Kontrola zgodności betonu recepturowego.

Zgodność każdego zarobu należy ocenić pod względem zawartości cementu, D_{max} , uziarnienia, w/c i ilości domieszek, prowadząc kontrolę na podstawie zapisów lub urządzeń rejestrujących. Możliwe jest też wykonanie badania identyczności betonu pod względem wytrzymałości na ściskanie.

11. Postępowanie w przypadku stwierdzenia niezgodności wyrobu.

Należy:

- sprawdzić wyniki badań;
- podjąć działania korygujące łącznie z przeglądem procedur kontroli produkcji;
- powiadomić specyfikującego i wykonawcę.

12. Kryteria zgodności dotyczące innych właściwości, niż wytrzymałość.

Kryteria dotyczą: gęstości, w/c, C, J_{mb} , Cl^-, konsystencji). Zgodność wyników określa się przez zliczenie liczby wyników uzyskanych w okresie oceny (poniżej 12 miesięcy), które znajdują się poza określonymi wartościami granicznymi oraz porównanie jej z maksymalną dopuszczalną liczbą kwalifikującą. Zgodność z wymaganą właściwością jest potwierdzona, gdy:

- liczba wyników spoza określonych wartości granicznych nie jest większa niż liczba kwalifikująca z tabeli 19a lub 19b normy;
- wszystkie pojedyncze wyniki mieszczą się w granicach dopuszczalnych odchyleń z tabeli 17 lub 18 normy.

13. Wymagania dotyczące składu betonu.

Zalecenia dotyczące wartości granicznych składu betonu podaje załącznik informacyjny F do normy (załączony do wykładu). Dane umieszczone w tabeli dotyczą cementu CEM I 32,5, kruszywa do 32 mm oraz przewidywanego czasu użytkowania konstrukcji równego 50 lat. Dla poszczególnych klas ekspozycji, dla słabszych stopni agresywności w ramach danej klasy zalecane w tabeli stosunki w/c oraz minimalna dopuszczalna zawartość cementu są

w zasadzie takie same, jak zalecane w PN-88/B-06250. Dla silnych oddziaływań czynnika agresywnego, zalecane stosunki w/c są niższe, niż w PN-88/B-06250, a minimalne zawartości cementu większe o 10 ÷ 20%. Ogólna przydatność danego składnika do betonu nie oznacza, że może on być stosowany w każdej sytuacji i do każdego składu betonu. Przy doborze składu mieszanki i składników należy wziąć pod uwagę:

- wymagania dla mieszanki;
- wymagania dla betonu, w tym warunki eksploatacji (klasy ekspozycji);
- potrzebę ochrony stali zbrojeniowej;
- metody realizacji robót budowlanych, tj. transport, układanie, zagęszczanie, sposoby wykończenia powierzchni, metody pielęgnacji itp.

Zaleca się takie projektowanie betonu, aby zminimalizować segregację i wydzielanie cieczy z mieszanki oraz zapobiec szkodliwej reakcji alkalia – krzemionka. (W normie PN-EN 206-1 nie ma ograniczeń dla wielkości skurczu, zarówno w formie kryterium liczbowego, jak i wymagań co do składu mieszanki, np. w formie ograniczenia maksymalnej zawartości cementu).

Ilości dodatków stosowanych do betonu należy dobierać na podstawie badań wstępnych. Zawartość dodatków pucolanowych lub o utajonych właściwościach hydraulicznych można uwzględnić przy wyliczaniu stosunku w/c oraz minimalnej dopuszczalnej zawartości cementu (dotyczy to stosowania jako dodatków popiołu lotnego lub mikrokrzemionki i zastąpienia części cementu). Stosunek w/c można wyliczyć wtedy ze wzoru:

$$\frac{w}{c + k \cdot dodatek}$$

Dla cementu CEM I stosunek dodatku popiołu lotnego do masy cementu nie powinien być wyższy niż 0,33, a dla mikrokrzemionki 0,11 (nadmiaru ponad te ilości nie uwzględnia się przy wyliczaniu w/c). Przy stosowaniu popiołu lotnego z CEM I 32,5 współczynnik k = 0,2, a dla CEM I 42,5 k = 0,4.

Przy stosowaniu popiołu lotnego C_{min} można maksymalnie zmniejszyć o ilość równą $k \cdot (C_{mib} - 20)$, przy czym (C + ilość popiołu) $\geq C_{min}$.

Przy stosowaniu mikrokrzemionki, dopuszcza się następujące wartości ”k”:

- dla w/c $\leq$ 0,45 k = 2,0

- dla w/c > 0,45 k = 2,0 z wyjątkiem klas ekspozycji XC i XF,

dla których k = 1,0.

Całkowita ilość domieszek nie powinna w zasadzie przekraczać 5% masy cementu, a jeżeli ich mniej niż 2%, należy domieszkę wprowadzać z wodą zarobową.

Zawartość powietrza w betonie napowietrzanym jest specyfikowana jako minimalna, a górna granica wynosi: minimum wyspecyfikowane +4%. Ze względu na rozwój wytrzymałości betonu w 20°C, betony można podzielić na:

- o szybkim rozwoju wytrzymałości: $f_{cm\,2}/f_{cm\,28} \geq 0{,}5$;
- o umiarkowanym: $f_{cm\,2}/f_{cm\,28} \geq 0{,}3$ i $< 0{,}5$;
- wolnym: $f_{cm\,2}/f_{cm\,28} \geq 0{,}15$ i $< 0{,}3$;
- bardzo wolnym: $f_{cm\,2}/f_{cm\,28} < 0{,}15$.

3. Sprzęt

Dozatory muszą mieć aktualne świadectwo legalizacji. Mieszanie składników powinno się odbywać wyłącznie w betoniarkach o wymuszonym działaniu (zabrania się stosowania mieszarek wolno spadowych).

4. Transport

4.1. Transport, podawanie i układanie mieszanki betonowej

(1) Środki do transportu betonu

Mieszanki betonowe mogą być transportowane mieszalnikami samochodowymi (tzw. gruszkami).

Ilość „gruszek" należy dobrać tak aby zapewnić wymaganą szybkość betonowania z uwzględnieniem odległości dowozu, czasu twardnienia betonu oraz koniecznej rezerwy w przypadku awarii samochodu.

(2) Czas transportu i wbudowania

Czas transportu i wbudowania mieszanki nie powinien być dłuższy niż:
90 minut przy temperaturze otoczenia +15°C
70 minut przy temperaturze otoczenia +20°C
30 minut przy temperaturze otoczenia +30°C

5. Wykonanie robót

5.1. Zalecenia ogólne

Roboty betoniarskie muszą być wykonane zgodnie z wymaganiami norm PN-EN 206-1:2003 i PN-63/B-06251.

Betonowanie można rozpocząć po uzyskaniu zezwolenia Inżyniera potwierdzonego wpisem do dziennika budowy.

5.2. Wytwarzanie mieszanki betonowej

(1) Dozowanie składników:

Dozowanie składników do mieszanki betonowej powinno być dokonywane wyłącznie wagowo, z dokładnością:
2% – przy dozowaniu cementu i wody
3% – przy dozowaniu kruszywa.
Dozatory muszą mieć aktualne świadectwo legalizacji.

Przy dozowaniu składników powinno się uwzględniać korektę związaną ze zmiennym zawilgoceniem kruszywa.

(2) Mieszanie składników

Mieszanie składników powinno się odbywać wyłącznie w betoniarkach wymuszonym działaniu (zabrania się stosowania mieszarek wolnospadowych).

Czas mieszania należy ustalić doświadczalnie jednak nie powinien być krótszy niż 2 minuty.

(3) Podawanie i układanie mieszanki betonowej

Do podawania mieszanek betonowych należy stosować pojemniki o konstrukcji umożliwiającej łatwe ich opróżnianie lub pompy przystosowanej do podawania mieszanek plastycznych. Przy stosowaniu pomp obowiązują odrębne wymagania technologiczne przy czym wymaga się sprawdzenia ustalonej konsystencji mieszanki betonowej przy wylocie.

Przed przystąpieniem do układania betonu należy sprawdzić: położenie zbrojenia, zgodność rzędnych z projektem, czystość deskowania oraz obecność wkładek dystansowych zapewniających wymaganą wielkość otuliny.

Mieszanki betonowej nie należy zrzucać z wysokości większej niż 0,75 m od powierzchni, na którą spada. W przypadku gdy wysokość ta jest większa należy mieszankę podawać za pomocą rynny zsypowej (do wysokości 3,0 m) lub leja zsypowego teleskopowego (do wysokości 8,0 m).

Przy wykonywaniu konstrukcji monolitycznych należy przestrzegać dokumentacji technologicznej, która powinna uwzględniać następujące zalecenia:

w fundamentach i korpusach podpór mieszankę betonową należy układać bezpośrednio z pojemnika lub rurociągu pompy, bądź też za pośrednictwem rynny,

warstwami o grubości do 40 cm zagęszczając wibratorami wgłębnymi,

przy wykonywaniu płyt mieszankę betonową należy układać bezpośrednio z pojemnika lub rurociągu pompy. W płytach o grubości większej od 12 cm zbrojonych górą i dołem należy stosować belki wibracyjne.

(4) Zagęszczanie betonu

Przy zagęszczaniu mieszanki betonowej należy przestrzegać następujących zasad:

Wibratory wgłębne należy stosować o częstotliwości min. 6000 drgań na minutę, z buławami o średnicy nie większej niż 0,65 odległości między prętami zbrojenia leżącymi w płaszczyźnie poziomej.

Podczas zagęszczania wibratorami wgłębnymi nie wolno dotykać zbrojenia buławą wibratora.

Podczas zagęszczania wibratorami wgłębnymi należy zagłębić buławę na głębokość 5–8 cm w warstwę poprzednią i przytrzymywać buławę w jednym miejscu w czasie 20–30 sekund po czym wyjmować powoli w stanie wibrującym.

Kolejne miejsca zagłębienia buławy powinny być od siebie oddalone o 1,4 R, gdzie R jest promieniem skutecznego działania wibratora. Odległość ta zwykle wynosi 0,35–0,7 m.

Belki wibracyjne powinny być stosowane do wyrównania powierzchni betonu płyt i charakteryzować się jednakowymi drganiami na całej długości.

Czas zagęszczania wibratorem powierzchniowym, lub belką wibracyjną w jednym miejscu powinien wynosić od 30 do 60 sekund.

Zasięg działania wibratorów przyczepnych wynosi zwykle od 20 do 50 cm w kierunku głębokości i od 1,0 do 1,5 m w kierunku długości elementu. Rozstaw wibratorów należy ustalić doświadczalnie tak aby nie powstawały martwe pola. Mocowanie wibratorów powinno być trwałe i sztywne.

(5) Przerwy w betonowaniu

Przerwy w betonowaniu należy sytuować w miejscach uprzednio przewidzianych i uzgodnionych z projektantem.

Ukształtowanie powierzchni betonu w przerwie roboczej po winno być uzgodnione z projektantem, a w prostszych przypadkach można się kierować zasadą, że powinna ona być prostopadła do kierunku naprężeń głównych.

Powierzchnia betonu w miejscu przerwania betonowania powinna być starannie przygotowana do połączenia betonu stwardniałego ze świeżym przez:

usunięcie z powierzchni betonu stwardniałego, luźnych okruchów betonu oraz warstwy pozostałego szkliwa cementowego,

obfite zwilżenie wodą i narzucenie kilkumilimetrowej warstwy zaprawy cementowej o stosunku zbliżonym do zaprawy w betonie wykonywanym albo też narzucenie cienkiej warstwy zaczynu cementowego. Powyższe zabiegi należy wykonać bezpośrednio przed rozpoczęciem betonowania.

W przypadku przerwy w układaniu betonu zagęszczonego przez wibrowanie, wznowienie betonowania nie powinno się odbyć później niż w ciągu 3 godzin lub po całkowitym stwardnieniu betonu.

Jeżeli temperatura powietrza jest wyższa niż 20°C to czas trwania przerwy nie powinien przekraczać 2 godzin. Po wznowieniu betonowania należy unikać dotykania wibratorem deskowania, zbrojenia i poprzednio ułożonego betonu.

(6) Wymagania przy pracy w nocy.

W przypadku, gdy betonowanie konstrukcji wykonywane jest także w nocy konieczne jest wcześniejsze przygotowanie odpowiedniego oświetlenia zapewniającego prawidłowe wykonawstwo robót i dostateczne warunki bezpieczeństwa pracy.

(7) Pobranie próbek i badanie.

Na wykonawcy spoczywa obowiązek zapewnienia wykonania badań laboratoryjnych przewidzianych normą PN-EN 206-1:2003 oraz gromadzenie, przechowywanie i okazywanie Inżynierowi wszystkich wyników badań dotyczących jakości betonu i stosowanych materiałów.

Jeżeli beton poddany jest specjalnym zabiegom technologicznym, należy opracować plan kontroli jakości betonu dostosowany do wymagań technologii produkcji. W planie kontroli powinny być uwzględnione badania przewidziane aktualną normą i niniejszymi SST oraz ewentualne inne konieczne do potwierdzenia prawidłowości zastosowanych zabiegów technologicznych.

Badania powinny obejmować:

badanie składników betonu

badanie mieszanki betonowej

badanie betonu.

5.3. Warunki atmosferyczne przy układaniu mieszanki betonowej i wiązaniu betonu

(1) Temperatura otoczenia

Betonowanie należy wykonywać wyłącznie w temperaturach nie niższych niż +5°C, zachowując warunki umożliwiające uzyskanie przez beton wytrzymałości co najmniej 15 MPa przed pierwszym zamarznięciem.

W wyjątkowych przypadkach dopuszcza się betonowanie w temperaturze do –5°C, jednak wymaga to zgody Inżyniera oraz zapewnienia mieszanki betonowej

o temperaturze +20°C w chwili układania i zabezpieczenia uformowanego elementu przed utratą ciepła w czasie co najmniej 7 dni.

(2) Zabezpieczenie podczas opadów

Przed przystąpieniem do betonowania należy przygotować sposób postępowania na wypadek wystąpienia ulewnego deszczu. Konieczne jest przygotowanie odpowiedniej ilości osłon wodoszczelnych dla zabezpieczenia odkrytych powierzchni świeżego betonu.

(3) Zabezpieczenie betonu przy niskich temperaturach otoczenia

Przy niskich temperaturach otoczenia ułożony beton powinien być chroniony przed zamarznięciem przez okres pozwalający na uzyskanie wytrzymałości co najmniej 15 MPa.

Uzyskanie wytrzymałości 15 MPa powinno być zbadane na próbkach przechowywanych w takich samych warunkach jak zabetonowana konstrukcja.

Przy przewidywaniu spadku temperatury poniżej 0°C w okresie twardnienia betonu należy wcześniej podjąć działania organizacyjne pozwalające na odpowiednie osłonięcie i podgrzanie zabetonowanej konstrukcji.

5.4. Pielęgnacja betonu

(1) Materiały i sposoby pielęgnacji betonu

Bezpośrednio po zakończeniu betonowania zaleca się przykrycie powierzchni betonu lekkimi osłonami wodoszczelnymi zapobiegającymi odparowaniu wody z betonu i chroniącymi beton przed deszczem i nasłonecznieniem.

Przy temperaturze otoczenia wyższej niż +5°C należy nie później niż po 12 godzinach od zakończenia betonowania rozpocząć pielęgnację wilgotnościową betonu i prowadzić ją co najmniej przez 7 dni (przez polewanie co najmniej 3 razy na dobę).

Nanoszenie błon nieprzepuszczających wody jest dopuszczalne tylko wtedy, gdy beton nie będzie się łączył z następną warstwą konstrukcji monolitycznej, a także gdy nie są stawiane specjalne wymagania odnośnie jakości pielęgnowanej powierzchni.

Woda stosowana do polewania betonu powinna spełniać wymagania normy PN-EN 1008:2004.

W czasie dojrzewania betonu elementy powinny być chronione przed uderzeniami i drganiami.

(2) Okres pielęgnacji

Ułożony beton należy utrzymywać w stałej wilgotności przez okres co najmniej 7 dni. Polewanie betonu normalnie twardniejącego należy rozpocząć po 24 godzinach od zabetonowania.

Rozformowanie konstrukcji może nastąpić po osiągnięciu przez beton wytrzymałości rozformowania dla konstrukcji monolitycznych (zgodnie z normą PN-63/B-06251) lub wytrzymałości manipulacyjnej dla prefabrykatów.

5.5. Wykańczanie powierzchni betonu

(1) Równość powierzchni i tolerancji.

Dla powierzchni betonów w konstrukcji nośnej obowiązują następujące wymagania:

wszystkie betonowe powierzchnie muszą być gładkie i równe, bez zagłębień między ziarnami kruszywa, przełomów i wybrzuszeń ponad powierzchnię,

pęknięcia są niedopuszczalne,

rysy powierzchniowe skurczowe są dopuszczalne pod warunkiem, że zostaje zachowana otulina zbrojenia betonu min. 2,5cm,

pustki, raki i wykruszyny są dopuszczalne pod warunkiem, że otulenie zbrojenia betonu będzie nie mniejsze niż 2,5cm, a powierzchnia na której występują nie większa niż 0,5% powierzchni odpowiedniej ściany,

równość gorszej powierzchni ustroju nośnego przeznaczonej pod izolacje powinna odpowiadać wymaganiom normy PN-69/B-10260, tj. wypukłości i wgłębienia nie powinny być większe niż 2 mm.

(2) Faktura powierzchni i naprawa uszkodzeń

Jeżeli projekt nie przewiduje specjalnego wykończenia powierzchni betonowych, to po rozdeskowaniu konstrukcji należy:

wszystkie wystające nierówności wyrównać za pomocą tarcz karborundowych i czystej wody bezpośrednio po rozebraniu szalunków,

raki i ubytki na eksponowanych powierzchniach uzupełnić betonem i następnie wygładzić i uklepać, aby otrzymać równą i jednorodną powierzchnię bez dołków i porów,

wyrównaną wg powyższych zaleceń powierzchnię należy obrzucić zaprawą i lekko wyszczotkować wilgotną szczotką aby usunąć powierzchnie szkliste.

5.6. Wykonanie podbetonu

Przed przystąpieniem do układania podbetonu należy sprawdzić podłoże pod względem nośności założonej w projekcie technicznym.

Podłoże winne być równe, czyste i odwodnione.

Beton winien być rozkładany w miarę możliwości w sposób ciągły z zachowaniem kontroli grubości oraz rzędnych wg projektu technicznego.

6. Kontrola jakości

Kontrola jakości wykonania betonów polega na sprawdzeniu zgodności z projektem oraz podanymi wyżej wymaganiami. Roboty podlegają odbiorowi.

7. Obmiar robót

Jednostkami obmiaru są:

1 m^3 wykonanej konstrukcji.

8. Odbiór robót

Wszystkie roboty podlegają zasadom odbioru robót zanikających wg zasad podanych powyżej.

9. Podstawa płatności

Płaci się za roboty wykonane w jednostkach podanych w p. 7.

Cena jednostkowa obejmuje :

dostarczenie niezbędnych czynników produkcji

oczyszczenie podłoża

wykonanie deskowania z rusztowaniem

ułożenie mieszanki betonowej w nawilżonym deskowaniu, z wykonaniem projektowanych otworów, zabetonowaniem zakotwień i marek, zagęszczeniem i wyrównaniem powierzchni

pielęgnację betonu
rozbiórką deskowania i rusztowań
oczyszczenia stanowiska pracy i usunięcie materiałów rozbiórkowych poza granice obiektu.

Płaci się zgodnie z warunkami określonymi w SIWZ.

10. Przepisy związane

PN-EN 206-1:2003	Beton.
PN-EN 196-1:1996	Cement. Metody badań. Oznaczenie wytrzymałości.
PN-EN 196-3:1996	Cement. Metody badań. Oznaczenie czasów wiązania i stałości objętości.
PN-EN 196-6:1997	Cement. Metody badań. Oznaczenie stopnia zmielenia.
PN-B-30000:1990	Cement portlandzki.
PN-88/B-30001	Cement portlandzki z dodatkami.
PN-EN 1008:2004	Woda zarobowa do betonu. Specyfikacja pobierania próbek.

PROJEKTOWANIE, NADZORY BUDOWLANE,
KOSZTORYSOWANIE I DORADZTWO TECHNICZNE
TOMASZ PRUCHNICKI
38-300 Gorlice, ul. T. Kościuszki 26/16
tel. 509 557 398, e-mail: tomekpru@onet.eu
NIP 738-102-70-04 Upr. bud. UAN-7342-70/91
MOIIB nr MAP/BO/6197/02