

Beton natryskowy – twarde reguły

Wprowadzane normy na beton natryskowy są europejskimi normami już uznanymi przez Polskę – ich krajowe wersje ukażą się na początku 2008 r. Dotychczas prace natrysku torkretem, bo tak często, chociaż nieprawidłowo, nazywamy beton natryskowy, wykonywano w oparciu o instrukcje urzędów do natrysku, ogólne normy betonowe i Instrukcję ITB 299/1991 „Wykonywanie betonu natryskowego”.

Dwuczęściowa norma PN-EN 14487-1:2006 (U) Beton natryskowy cz. 1: Definicje, wymagania i zgodność oraz PN-EN 14487-2:2006 (U) Beton natryskowy cz. 2: Wykonywanie – stawia wymagania projektantowi i wykonawcy natrysku w zakresie pokrywania betonem skał i ziemi, innego torkretu, deskowań i form, konstrukcji betonowych, stalowych i pokrytych zaprawą, warstw izolacyjnych i drenaży. Wprowadzono:

- klasy ekspozycji środowiskowej dla betonu świeżego, stwardniałego i zbrojonego włóknami jak w EN 206-1, z podniesieniem minimalnej ilości cementu do 300 kg/m³ i wyłączeniem wymagań co do napowietżenia
- wymagania dla składników betonu i różnych zbrojeń rozproszonych
- specyfikacje mieszanek projektowanych i recepturowych
- zasady oceny zgodności
- szereg specyficznych pojęć i definicji, jak:
 - domieszki przyspieszające wiązanie natrysku
 - mieszanka podstawowa oraz mieszanki suche fabryczne i wytwarzane na budowie
 - próby wstępne i in-situ oraz odbicie materiału
 - pielęgnacja natrysku i właściwości świeżego włóknobetonu
 - czas otwarty
 - wytrzymałość na zginanie resztkowa i maksymalna
 - parametry wyglądu i polepszenia jakości powierzchni.

Wczesne wytrzymałości sklasyfikowano według umownych zakresów na wykresie funkcji narastania wytrzymałości. Przyporządkowanie klasie J1, J2 lub J3 następuje na podstawie wykonanych według EN 14488-2 pomiarów w różnych czasach. Przyjęto również klasy wytrzymałości resztkowej D1 do D3 łączące wielkość ugięcia próbki przy badaniu metodą EN 14488-3 z wielkością zachowanej wytrzymałości (cztery wielkości od S1 do S4).

Tam gdzie to może być wymagane, wprowadzono klasy absorpcji energii E500, E700 i E1000 odpowiadające wielkości absorpcji energii w dżulach przy ugięciu 25 mm, oznaczanej badaniem wg EN 14488-5.

Wymagania normy 206 przywołano w zakresie ochrony przed korozją, doboru betonu do klasy ekspozycji środowiska i właściwego doboru cementów celem ochrony przed reakcją krzemionka – alkalia. Stosowanie domieszek następuje ściśle wg EN 934-2, ze zwróceniem uwagi na ograniczanie zawartości chlorków, minimalizowanie w/c i poprawne stosowanie zbrojenia rozproszonego. Dla oceny konsystencji zalecono metodę Vebe, a wykonywanie natrysku w temperaturach od 5 do 30°C.

Dla naniesionej warstwy postawiono wymagania:

- wczesna wytrzymałość wg EN 14488-2
- ocena wytrzymałości po 28 dniach na odwiertach nie mniejszych niż 50 mm lub odwiertach z natryskanych płyt próbnych. Oszacowanie wytrzymałości kostkowej na odwiertach o stosunku wysokości do średnicy ok 1,0
- oznaczanie gęstości według EN 12390-7
- pomiar modułu sprężystości przy ścisnieniu dla zastosowań naprawczych wg EN 13412

- ocena wytrzymałości na zginanie wg EN 12390-5, a przy betonie zbrojonym włóknami wg EN 14488-3
- penetracja wody, badanie wg EN 12390-8, dopuszczalna penetracja 50 mm
- odporność na zamrażanie – brak normy europejskiej – przywołano normy krajowe
- przyczepność do podłoża – badanie według EN 1542 ze zwiększeniem wymiarów formy i wykonywaniem pomiarów w centralnej części próbki. Możliwość wykonywania badania na odwiertach według EN 14488-4
- dla betonów zbrojonych włóknami ocena pierwszego piku oraz pełnej wytrzymałości na zginanie według EN 14488-3, po 28 dniach
- dla betonów zbrojonych włóknami ocena wytrzymałości resztkowej przy wielkości odkształcenia wg EN 14488-3, przez krzywą zależności odkształcenia od naprężenia
- zawartość włókien ocenia się według EN 14488-7
- klasy absorpcji energii ocenia się po 28 dniach według EN 14488-5.

Analogicznie jak w normie 206 ustalono dane podstawowe i uzupełniające w specyfikacji. Wykonywanie inspekcji rozpisano na trzy kategorie i w obszernych czterech tablicach podano, którą kategorię inspekcji należy stosować dla danego rodzaju konstrukcji, elementu lub budowli. Tablice obejmują naprawy lub ulepszenia konstrukcji lub elementów nieobciążanych i obciążanych, wzmocnianie gruntu i konstrukcje wolno stojące i podają parametry betonu kontrolowane w zależności od rodzaju robót i kategorii inspekcji. Podano również zakres i normy kontroli materiałów składowych, z zaznaczeniem celu i częstotliwości badań w zależności od kategorii inspekcji oraz zasady kontroli konsystencji mieszanki i zawartości domieszek, dodatków i włókien. Rozpisano częstotliwość badań kontrolnych świeżej mieszanki i stwardniałego betonu bez włókna lub z włóknem, w rozbiu na rodzaje natryskiwanej konstrukcji oraz kategorie inspekcji. Kategorie inspekcji dobierają projektant i użytkownik, biorąc pod uwagę charakterystykę obiektu, stopień zagrożenia i wymagany czas pracy obiektu.

Natrysk można wykonywać bez prób wstępnych, jeżeli dotychczasowe doświadczenia są pozytywne. Jeżeli jednak podwyższono w/c, zmieniono rodzaj kruszywa, zmieniono domieszki, dodatki lub rodzaj cementu czy typ włókien, to wstępne próby należy wykonać.

W załączniku A dano przewodnik po kryteriach oceny zgodności oraz kryteriach zastosowania torkretu w różnych warunkach środowiskowych oraz na różnych podłożach, powtarzając częściowo postanowienia drugiej części normy obejmującej wykonywanie. Ta druga część normy to warunki wykonania i odbioru robót natryskiwania według technologii mokrej i suchej w realizacjach tymczasowych i stałych w ujęciu podobnym do ENV 13670-1 „Wykonywanie konstrukcji betonowych”, wprowadzonej w Polsce w 2002 r., która nie objęła prac z betonem natryskowym.

Wyspecyfikowano zakres dokumentacji i czynności w poszczególnych etapach pracy. Zalecono opracowywanie planu jakości danego przedsięwzięcia i dokumentowanie zgodności prac w zakresie:

- opisu typu konstrukcji i określenia celu prac
 - ustalenia poziomu inspekcji
 - sprecyzowania wymagań co do ochrony zdrowia i bezpieczeństwa
 - ustalenia kwalifikacji personelu
 - planu zapewnienia jakości, jeżeli jest wymagany
 - przywołania odpowiednich aprobat i wymagań technicznych
 - ustalenia procedur postępowania na wypadek nastąpienia zmian.
- Przy wzmocnianiu gruntu należy dodatkowo:
- ustalić warunki gruntu, jego rodzaj i przyjąć zasady postępowania
 - określić zasady postępowania w warunkach specjalnych (teren zamarznięty, wysypiska, natrysk sprężonym powietrzem).

- Przy naprawach, ulepszeniach i dla konstrukcji wolno stojących należy:
- ustalić wymagania co do wykończenia powierzchni
 - określić grubość warstwy
 - przyjąć zasady i cele zgodne z wymaganiami konstrukcyjnymi dla danego obiektu.

Prace przygotowawcze przy pracach ziemnych obejmują zabezpieczenie przed zbieraniem się i napływem wody, usunięcie pyłów, gruzu i luźnych kamieni, nawilżenie przesuszonego podłoża i zabezpieczenie przed działaniem zbyt niskich lub wysokich temperatur.

Przy naprawach, ulepszeniach i obiektach wolno stojących należy przygotować formy i deskowania zgodnie z ENV 13670-1, wystarczająco mocne, aby przenieść ciśnienie torkretu i pozwalające na bezpieczną pracę operatora, tak zmontowane, aby odległość między dyszą a powierzchnią była poprawna i nie następowało gromadzenie materiału odsakującego. Beton należy nanosić na podłoże nawilżone, czyste, szorstkie i bez defektów. Zaleca się uprzednie piaskowanie lub czyszczenie strumieniem wody. I jak przy pracach na gruncie, tym bardziej należy podjąć działania zabezpieczające przed działaniem zbyt niskich i zbyt wysokich temperatur.

Zbrojeniem mogą być siatki, pręty zbrojeniowe lub zbrojenie rozproszone z włókien. Dla siatek i prętów następuje przywołanie wymagań ENV 13670-1, a dla włókien norm PN-EN 14889. Wymaga się, by przygotowane zbrojenie nie przesuwano się pod działaniem natrysku i było ułożone tak, by minimalizować efekt cienia. W przypadku dwóch warstw siatki, siatka zewnętrzna ma być zamocowana po zabetonowaniu siatki dolnej.

Norma stawia szczegółowe wymagania odnośnie sprzętu i postępowania – opisano zasady magazynowania i transportowania składników mieszanki, pobierania próbek i ewidencji. Suche gotowe mieszanki powinny odpowiadać wymaganiom PN-EN 1504-3:2006 Wyroby i systemy do napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności, cz. 3: Naprawy konstrukcyjne i niekonstrukcyjne. Dla mieszanek przygotowywanych na miejscu podano maksymalne dopuszczalne tolerancje dozowania składników przy kategoriach inspekcji 2 i 3. Postawiono wymagania co do dozowania przyspieszacza twardnienia oraz możliwej długości włókien zbrojenia rozproszonego. Omówiono zasady składania nadawy i mieszania oraz dostawy, osobno dla metody suchej i mokrej. Podano zasady wykonywania natrysku: kontroli temperatury, wstępnej regulacji prowadzenia procesu, ograniczania ilości odsokku, ustawienia i odległości dyszy natryskowej od powierzchni, sposobu prowadzenia natrysku, zasad doboru grubości warstw i czasu natrysku, czasu i sposobu wykańczania powierzchni i usuwania odsokku. Szczególną uwagę zwraca się na starania, aby uniknąć efektu cienia przy natrysku przez zbrojenie, zwłaszcza przy mieszance z włóknem.

Zwrócona jest uwaga na istotność właściwej pielęgnacji zapobiegającej skurczowi plastycznemu, nawet kolejno poszczególnych warstw. Powiązано sposób prowadzenia pielęgnacji z klasami ekspozycji, w jakich będzie pracować beton. Podano zasady stosowania środków do powierzchniowej pielęgnacji betonu.

Obszerna tablica ujmuje sposób sprawdzeń 18 czynności przy różnych stosowanych kategoriach inspekcji. Osobno ujęto działania inspekcyjne dla tych czynności, z rozróżnieniem na betonowanie nawierzchni, naprawy, ulepszenia i konstrukcje wolno stojące. Informacyjny załącznik A wyciąga informacje, jakie powinny być zawarte w specyfikacji przedsięwzięcia, aby praca była wykonana zgodnie z normą.

Tak więc obie części normy na beton natryskowy porządkują wzajemne relacje uczestników budowy, określając zadania projektanta, producenta i użytkownika. Zwróćmy uwagę, że specyfikującymi mogą być na różnych etapach klient, projektant, wykonawca czy podwykonawca robót betonarskich. Każdy z nich odpowiada za spełnienie wymagań wobec następnej strony w łańcuchu. Stosowanie tych norm przewidziano w różnych europejskich warunkach klimatycznych i geograficznych, przy róż-

nych wymaganiach i przy różnych lokalnych tradycjach. Dlatego wprowadzono klasy właściwości betonu, ale z zastrzeżeniem, że jeśli takie rozwiązania byłyby niemożliwe do wprowadzenia, to w wielu przypadkach dopuszcza się po prostu stosowanie EN 206-1 lub innych ważnych norm krajowych.

Poznajmy na koniec siedem norm na badania betonu natryskowego **PN-EN 14488-1:2005 (U) Pobieranie próbek mieszanki betonowej i stwardniałego betonu**

Stosowane formy to minimum 50x50 cm przy natrysku ręcznym lub 100x100 cm przy maszynowym. Głębokość minimum 10 cm. Podano sposób prowadzenia wtrockretu w formy oraz wymagania identyczności wykonywania próbek z aktualnie realizowanym natryskiem. Boczne strefy z defektami, o szerokości równej głębokości formy, oraz z materiałem odbitym należy usuwać. Próbkę betonu albo wycina się z tak otrzymanych płyt lub odwiera bezpośrednio z konstrukcji.

PN-EN 14488-2:2006 (U) Wytrzymałość na ściskanie młodego betonu natryskowego

Dwie metody oceny wczesnej wytrzymałości natrysku w krótkim okresie po związaniu. Pierwsza stosująca kalibrowany penetrometr z igłą 3 mm pozwala oceniać wytrzymałości do 1,2 MPa. Druga ocenia wytrzymałości od 3 do 16 MPa i jest tu stosowany pistolet wstrzelujący 10 kołków różnej długości na głębokość przynajmniej 20 mm. Oznacza się głębokość wejścia kołków, a następnie wyciąga je urządzeniem umożliwiającym pomiar siły. Wytrzymałość jest wyznaczana według krzywej kalibracyjnej urządzenia.

PN-EN 14488-3:2006 (U) Wytrzymałość na zginanie próbek beleczkowych zbrojonych włóknami

Oznaczanie wytrzymałości na zginanie próbek belkowych z betonu zbrojonego włóknami. Belka jest obciążana, przy kontroli ugięcia elektronicznym czujnikiem. W badaniu rejestruje się pierwszy pik, maksymalne obciążenie oraz wytrzymałość resztkową przy zdefiniowanych ugięciach próbki, po czym wyciąga się wytrzymałość na zginanie. Próbkę belkową 75x125x500 mm wycina się z płyt próbnych i zgina na podstawie wg PN-EN 12390-4.

PN-EN 14488-4:2005 (U) Wytrzymałość złącza w odwiertach przy bezpośrednim rozciąganiu

Metoda oceny przyczepności natryskanego betonu do podłoża oceniana w badaniu bezpośrednim rozciągania. Badanie wykonuje się na odwiertach rdzeniowych 50–100 mm o podwójnej wysokości według EN 10002-1. Do górnej i dolnej powierzchni przykleja się stalowe uchwyty do mocowania cięgien. Pęknięcie może nastąpić w strefie kontaktowej i wtedy oznaczenie odpowiada sile przyczepności lub częściowo lub całkowicie poza tą strefą gdy siła przyczepności jest większa od wytrzymałości natryskanego betonu.

PN-EN 14488-5:2006 (U) Oznaczanie zdolności pochłaniania energii przez próbki płyt zbrojonych włóknami

Metoda wyznaczania zależności ugięcia od obciążenia celem oceny pochłaniania energii przez materiał poddawany obciążeniom. Płyta próbna jest obciążana poprzez specjalny stalowy kształtownik do uzyskania odkształcenia 30 mm. Z uzyskanej krzywej wyznacza się drugą krzywą funkcji wielkości absorbowanej energii od odkształceń.

PN-EN 14488-6:2006 (U) Grubość warstwy betonu na podłożu

Prosta ocena grubości warstwy natrysku przez sondowanie świeżej warstwy próbnikiem lub przez pomiar w otworach po odwiertach.

PN-EN 14488-7:2006 (U) Zawartość włókien w betonie zbrojonym włóknem

Oznaczanie zawartości w betonie dla włókien polipropylenowych wykonuje się tylko na świeżej mieszance, dla włókien stalowych również na materiale stwardniałym. Z betonu stwardniałego druty separuje się mechanicznie, po mocnym zgnieceniu próbki. Ze świeżej mieszanki włókna separuje się przez wymywanie na sicie.