

*M-20.20.15e*

**M-20.20.15e**

**NAPRAWA POWIERZCHNI BETONOWYCH  
BETONEM NATRYSKOWYM  
(PRZEZ TORKRETOWANIE)**

## 1. Wstęp

### 1.1. Przedmiot OST

Przedmiotem niniejszej ogólnej specyfikacji technicznej (OST) są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót związanych z naprawą powierzchni betonu przez natryskiwanie betonu (torkretowanie).

### 1.2. Zakres stosowania OST

Ogólna specyfikacja techniczna (OST) jest materiałem pomocniczym do opracowania specyfikacji technicznej wykonania i odbioru robót budowlanych (ST) stosowanej jako dokument przetargowy i kontraktowy przy zlecaniu i realizacji robót na drogowych obiektach inżynierskich.

### 1.3. Zakres robót objętych OST

Niniejsza specyfikacja dotyczy napraw betonem natryskiwanym (torkretem) uszkodzonych powierzchni betonowych, które mają charakter uszkodzeń powierzchniowych, tj. sięgających miejscowo na głębokość do 10 cm. Naprawy powierzchniowe wg niniejszej OST obejmują zarówno elementy nośne jak i nienośne, ale bez ingerencji w ich pracę statyczną.

Niniejsza OST nie obejmuje betonu zbrojonego włóknami oraz z gotowych mieszanek dostarczonych przez producenta.

### 1.4. Określenia podstawowe

**1.4.1.** Mieszanka podstawowa – mieszanina cementu, kruszywa i innych składników, umieszczana w maszynie do natrysku, z wyjątkiem składników dodawanych do dyszy wylotowej. Mieszanka podstawowa może być sucha lub mokra. Mieszanka podstawowa może również zawierać dodatki, domieszki, włókna, wodę.

**1.4.2.** Sucha mieszanka przygotowywana fabrycznie – mieszanka podstawowa o wilgotności nieprzekraczającej 0,5% w stosunku masowym, stosowana w metodzie suchej (bez składników dodawanych do dyszy wylotowej).

**1.4.3.** Sucha mieszanka przygotowywana na budowie – mieszanka podstawowa o maksymalnej wilgotności kruszywa nieprzekraczającej 6% w stosunku masowym, stosowana w metodzie suchej.

**1.4.4.** Mieszanka betonu natryskowego – beton przed związaniem.

**1.4.5.** Odbicie – część materiału, która po wytryśnięciu z dyszy wylotowej nie zespala się z powierzchnią, na którą jest natryskiwana.

**1.4.6.** Beton natryskowy – beton wytwarzany z mieszanki podstawowej i wyrzucany pneumatycznie przez dyszę wylotową, tworzący pod działaniem własnego pędu gęstą i jednorodną masę.

**1.4.7.** Mokra mieszanka – mieszanka podstawowa stosowana w metodzie mokrej.

**1.4.8.** Młody beton natryskowy – beton natryskowy o wieku do 24 h.

**1.4.9.** Metoda sucha – metoda natryskiwania suchej mieszanki (niezbędna ilość dodatkowej wody jest dodawana w dyszy wylotowej).

**1.4.10.** Metoda mokra – metoda natryskiwania mokrej mieszanki o ustalonym współczynniku woda/cement..

**1.4.11.** Dysza wylotowa – ogólny termin oznaczający końcówkę linii transportowej, przez którą wyrzucana jest mieszanka. Zawiera mieszalnik, w którym do przepływającej mieszanki podstawowej wstrzykuje się – zależnie od metody – wodę, sprężone powietrze i/lub domieszki..

**1.4.12.** Wytrzymałość wczesna – wytrzymałość osiągnięta przez młody beton natryskowy.

**1.4.13.** Efekt cienia – zjawisko gorszego zagęszczenia betonu lub powstawanie pustek od tyłu, na przykład zakrętem zbrojeniowym, jeśli natryskiwanie prowadzono tylko z jednej strony.

**1.4.14.** Badanie przedwykonawcze – badanie lub badania wykonywane z udziałem przewidzianego do właściwych prac personelu, materiałów, wyposażenia i metody natrysku, przeprowadzane przez Wykonawcę przed rozpoczęciem natryskiwania w celu zapewnienia, że będą spełnione wymagania specyfikacji .

**1.4.15.** Inspekcja – czynności podejmowane w celu sprawdzenia, czy wykonywanie jest zgodne ze specyfikacją.

**1.4.16.** Kategoria inspekcji – zestaw właściwości i częstotliwości ich sprawdzania, wybrany stosownie do poziomu ryzyka i projektowanego okresu trwałości konstrukcji.

**1.4.17.** Pozostałe określenia podstawowe są zgodne z obowiązującymi, odpowiednimi polskimi normami i z definicjami podanymi w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 1.4.

## **1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót**

Ogólne wymagania dotyczące robót podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 1.5.

## **2. MATERIAŁY**

### **2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów**

Ogólne wymagania dotyczące materiałów, ich pozyskiwania i składowania, podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 2.

Należy stosować materiały dopuszczone do stosowania na podstawie Ustawy o wyrobach budowlanych (Dz.U. 2004 nr 92 poz. 881 z późn. zm.) [47].

### **2.2. Składniki mieszanki betonowej**

#### **2.2.1. Cement**

Do wykonania betonu natryskowego powinien być stosowany cement portlandzki klasy co najmniej 42,5 N wg PN-EN 197-1 [3], spełniający wymagania normy PN-EN 14487-1 [20]. Projektant może określić dodatkowe wymagania dla cementu, wynikające np. z obowiązującego stanu prawnego oraz biorąc pod uwagę ocenę wpływu temperatury i wydzielanego ciepła na wymagany czas zachowania urabialności, wymagany przyrost wytrzymałości oraz wytrzymałość końcową, agresywność środowiska (cement odporny na siarczany) a także warunki pielęgnacji. Jeśli jest to konieczne, należy sprawdzić powyższe warunki odpowiednimi metodami.

Zaleca się, aby temperatura cementu nie przekraczała +80°C w czasie transportu z cementowni oraz +70°C w czasie napełniania zbiornika w węźle betoniarskim. Wyższa

temperatura cementu dostarczanego z cementowni jest dopuszczalna tylko pod warunkiem stosowania odpowiednich środków w celu chłodzenia cementu przed użyciem.

Producent cementu powinien przedstawić wyniki badań kontrolnych przynajmniej raz na miesiąc.

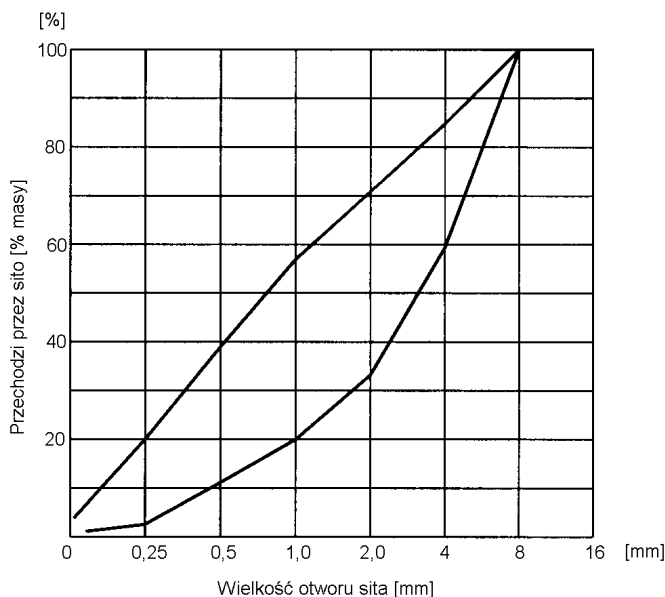
Każda dostawa cementu przed rozładunkiem powinna być kontrolowana pod kątem zgodności z zamówieniem oraz pochodzenia od danego producenta.

### 2.2.2. Kruszywo

Kruszywo do wykonania betonu natryskowego powinno odpowiadać wymaganiom normy PN-EN 12620 [23], przy zastrzeżeniach jak poniżej:

- należy stosować gryszy granitowe lub bazaltowe o kształcie ziarn zbliżonych do sześciangu, naturalne kruszywo otoczkowe oraz piasek,
- maksymalne średnice ziarn określają instrukcje obsługi sprzętu do torkretowania (maksymalna średnica ziarn powinna być mniejsza od  $\frac{3}{4}$  średnicy węża) oraz warunki torkretowania (np. na warstwę kontaktową z podłożem oraz na warstwę wykończeniową do wygładzania zalecane jest kruszywo drobniejsze; kruszywo to zalecane jest również w przypadku torkretowania powierzchni silnie zbrojonych. Maksymalna średnica ziarn nie powinna być większa niż  $\frac{1}{3}$  grubości projektowanej warstwy torkretu.

Skład granulometryczny musi być równomiernie stopniowany. W przypadku zapraw naprawczych zaleca się, aby średnica kruszywa nie była większa od 8 mm. Zalecany obszar krzywej przesiewu kruszywa do torkretu stosowanego do napraw powierzchni betonowych pokazano na rys.1.



Rys. 1. Obszar krzywej przesiewu 0÷8 mm (do zapraw naprawczych)

Ostatecznie wyboru krzywej uziarnienia dokonuje Wykonawca, tak aby uzyskać materiał o uziarnieniu wystarczająco drobnym ze względu na dobrą pompowalność (metoda mokra), a zarazem o wystarczającej ilości kruszywa grubego – aby możliwe było spełnienie wymagań dotyczących zagęszczenia, wytrzymałości i przepuszczalności, przy zachowaniu minimalnego stosunku spoiwo/kruszywo (mniejszy skurcz). Należy również wziąć pod uwagę, że stosowanie kruszywa grubego o dużych ziarnach (zwłaszcza powyżej 10 mm) może powodować zwiększenie odbicia, natomiast nadmiar bardzo drobnego kruszywa prowadzi do podwyższenia wodożądności,

- c) w przypadku stosowania metody suchej torkretowania wilgotność kruszywa powinna być możliwie jednakowa i nie wyższa niż 6%,
- d) w związku z odpornością na reaktywność alkaliczną kruszywa należy stosować środki ostrożności wg PN-EN 206-1 [24],
- e) kruszywa powinny charakteryzować się stałością cech fizycznych i jednorodności uziarnienia pozwalającą na wykonanie betonu o stałej jakości. Producent kruszywa powinien zapewnić odbiorcy dostęp do procesu produkcyjnego oraz wgląd do zakładowej kontroli produkcji.

Projektant może określić dodatkowe wymagania dla kruszywa.

### **2.2.3. Woda**

Woda zarobowa dla betonu powinna odpowiadać wymaganiom normy PN-EN 1008 [5].

Wodę zarobową do betonu zaleca się czerpać z wodociągów miejskich. Stosowanie wody wodociągowej nie wymaga badań.

### **2.2.4. Domieszki i dodatki do betonu**

Dopuszcza się zastosowanie domieszek i dodatków do betonu, a w szczególności:

- domieszek uplastyczniających,
- domieszek upłynniających,
- domieszek zwiększających wiązliwość wody,
- domieszek napowietrzających,
- domieszek przyspieszających wiązanie,
- domieszek przyspieszających początkowy przyrost wytrzymałości,
- domieszek opóźniających wiązanie,
- domieszek i dodatków uszlachetniających,
- domieszek i dodatków mineralnych,
- domieszek barwiących,
- domieszek mrozoochronnych,
- mikrokrzemionkę spełniającą wymagania PN-EN 13263-1 [25],
- popiół lotny spełniający wymagania PN-EN 450-1 [26],
- granulowany żużel wielkopiecowy spełniający wymagania PN-EN 15167-1 [27].

Domieszki powinny być zgodne z normą PN-EN 934-5 [28] i PN-EN 934-6 [29] i powinny być stosowane zgodnie z „Zaleceniami dotyczącymi stosowania domieszek i dodatków do betonów i zapraw w budownictwie komunikacyjnym”, GDDP, Warszawa 1998 [43].

W przypadku stosowania domieszek należy przeprowadzić kontrolę skutków ubocznych, takich jak: zmniejszenie wytrzymałości, zwiększenie nasiąkliwości i skurczu po stwardnieniu betonu. Należy też ocenić wpływy domieszek na zmniejszenie trwałości betonu.

Należy zwrócić szczególną uwagę na kompatybilność domieszki przyspieszającej wiązanie ze spoiwem w zakresie wiązania oraz wytrzymałości wczesnej i końcowej.

Zaleca się, aby w przypadku ciekłych domieszek przyspieszających zwrócić szczególną uwagę na stałość temperatury przechowywania, temperatury stosowania i kompatybilność z wodą dodawaną zgodnie z instrukcjami producenta.

## **2.3. Skład mieszanki betonowej**

### **2.3.1. Ustalanie składu mieszanki betonowej**

Zaleca się, aby przy ustalaniu składu mieszanki podstawowej wziąć pod uwagę to, że na skutek zjawiska odbicia podczas natryskiwania, skład ułożonego betonu będzie różnił się od składu mieszanki. W związku z tym zaleca się aby skład, a zwłaszcza zawartość cementu oraz współczynnik w/c w mieszance podstawowej był tak zaprojektowany, aby beton natryskowy wykonany na budowie zawierał spoiwo w ilości niezbędnej do uzyskania wymaganych właściwości, w tym wytrzymałości, ponieważ duże odbicie może spowodować nadmierną zawartość spoiwa w betonie natryskowym (w stosunku do zaprojektowanego), co może prowadzić do nadmiernego skurczu.

Recepta na mieszankę betonową do natryskiwania powinna być sprawdzona w trakcie próbnego zarobu oraz uzgodniona z Inżynierem.

Skład mieszanki betonowej powinien być ustalony zgodnie z następującymi zasadami:

- 1) zawartość cementu powinna wynosić 350÷400 kg/m<sup>3</sup> betonu w przypadku cementu klasy 42,5 N i 300÷350 kg/m<sup>3</sup> w przypadku cementu klasy 52,5 N,
- 2) wartość stosunku w/c powinna wynosić od 0,4 do 0,55 (przy maksymalnej średnicy ziarna piasku 3 mm stosunek w/c powinien wynosić 0,55, a przy maksymalnej średnicy ziaren kruszywa 15 mm stosunek w/c powinien wynosić 0,4. Dla pozostałych przypadków można stosować inter- i ekstrapolację liniową,
- 3) zawartość piasku powinna wynosić od 600 kg/m<sup>3</sup> do 820 kg/m<sup>3</sup> betonu,
- 4) dla zmniejszenia „odrzutu” torkretu zaleca się do mieszanki stosować mikrokrzemionkę w ilości 5÷10% masy cementu. Zawartość mikrokrzemionki oraz innych dodatków do betonu powinna być ustalana każdorazowo przez laboratorium Wykonawcy i nie powinna przekraczać wartości podanych w tablicy 1.

Tablica 1. Maksymalne ilości dodatków do torkretu (wagowo)

Lp.	Dodatek	Maksymalna ilość (wagowo)
1	Mikrokrzemionka	15% cementu portlandzkiego
2	Popiół lotny	30% cementu portlandzkiego 15% cementu portlandzkiego z popiołem lotnym 20% cementu portlandzkiego z cementem hutniczym
3	Granulowany żużel wiekopieczowy	30% cementu portlandzkiego

- 5) zawartość pigmentu należy określić doświadczalnie, ponieważ kolor betonu zależy również od barwy cementu, kruszywa i innych składników,
- 6) zawartość chlorków w betonie, określona jako zawartość jonów chloru w odniesieniu do masy cementu, nie powinna przekraczać 0,2%,
- 7) składniki mieszanki powinny być dozowane w stosunku masowym, z dopuszczalnymi tolerancjami podanymi w tablicy 2.

Tablica 2. Dopuszczalne tolerancje przy dozowaniu dotyczące materiałów składowych

Materiał składowy	Dopuszczalne tolerancje % ilości określonej w recepcie	
	Kategoria inspekcji 2	Kategoria inspekcji 3
Cement	±5%	±3%

Woda (tylko przy metodzie mokrej)	$\pm 5\%$	$\pm 3\%$
Kruszywo całkowite	$\pm 5\%$	$\pm 3\%$
Dodatki	$\pm 5\%$	$\pm 3\%$
Domieszki dodawane w miejscu dozowania w ilości $\leq 5\%$ , ułamek masowy cementu	$\pm 7\%$	$\pm 5\%$
Materiały dodawane w dyszy wylotowej	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$

Kategorię inspekcji należy określić zgodnie z PN-EN 14487-1 [20].

- 8) Beton powinien być tak zaprojektowany, aby ograniczyć zjawisko odbicia.
- 9) Temperatura mieszanki podstawowej przed zastosowaniem powinna wynosić od 5°C do 30°C.

### 2.3.2. Wymagane właściwości betonu natryskiwanego (torkretu)

Wykonany beton natryskowy powinien spełniać wymagania:

- 1) Klasa ekspozycji powinna być określona na podstawie PN-EN 206-1 [24] oraz PN-B-06265 [6] i zgodna z dokumentacją projektową,
- 2) Wytrzymałość na ściskanie powinna być zgodna z wymaganiami dokumentacji projektowej dla naprawianego elementu,
- 3) Odporność na penetrację mierzona głębokością penetracji wg PN-EN 12390-8 [33] nie powinna być większa niż:
  - 60 mm w klasie ekspozycji XA1,
  - 50 mm w klasie ekspozycji XA2,
  - 40 mm w klasie ekspozycji XA3.

Beton natryskowy narażony na korozję spowodowaną chlorkami w klasach ekspozycji XD3 i XS3 powinien wykazywać penetrację nie większą niż 40 mm. W pozostałych przypadkach penetracja betonu natryskowego nie powinna przekraczać 50 mm.

- 4) Beton natryskowy narażony na agresywne oddziaływanie zamrażania/rozmarzania bez środków odladzających albo ze środkami odladzającymi powinien wykazywać odporność na działanie mrozu oznaczoną stopniem mrozoodporności wg PN-B-06250 [6]:
  - F100 w klasie ekspozycji XF1,
  - F150 w klasach ekspozycji XF2 i XF3,
  - F200 w klasie ekspozycji XF4.
- 5) Jeśli dokumentacja projektowa nie stawia innych wymagań, beton natryskowy powinien wykazywać wodoszczelność, badaną wg PN-B-06250 [6], co najmniej W8,
- 6) Przyczepność do podłoża powinna być mierzona wg PN-EN 1542 [8]. Wartość średnia ze wszystkich pomiarów nie powinna być niższa niż 1,5 MPa, minimalna wartość pojedynczego pomiaru powinna wynosić nie mniej niż 1,0 MPa.

### 2.4. Materiał do ochrony antykorozyjnej zbrojenia

Jako zabezpieczenie antykorozyjne zbrojenia w naprawianym elemencie można stosować powłoki aktywne lub pasywne. Jeżeli dokumentacja projektowa nie podaje inaczej, można stosować materiały spełniające wymagania normy PN-EN 1504-7 [10], podane w tablicy 3.

Tablica 3. Właściwości środka antykorozyjnego zbrojenia

Lp.	Właściwość	Wymaganie	Metoda badania wg
1	Ochrona przed korozją	Wymaganie uważa się za spełnione, jeżeli zabezpieczone strefy stali są wolne od korozji i jeśli rdza sięga <1 mm przy dolnej krawędzi płyty	PN-EN 15183 [11]
2	Temperatura zeszklenia*)	Co najmniej 10°K powyżej maksymalnej temperatury użytkowania	PN-EN 12614 [12]
3	Przyczepność przy ścinaniu (zabezpieczonej stali do betonu)*)	Kryterium oceny jest naprężenie przy przemieszczeniu o $\Delta=0,1$ mm. Wymaganie uważa się za spełnione, jeżeli naprężenie oznaczane dla zabezpieczonych prętów wynosi w każdym przypadku co najmniej 80% naprężenia oznaczanego dla prętów niezabezpieczonych	PN-EN 15184 [13]
4	Substancje niebezpieczne	Wyroby nie powinny uwalniać substancji niebezpiecznych dla zdrowia, higieny i środowiska	PN-EN 1504-7 [10], pkt.5.3.

\*) O konieczności spełnienia wymagania decyduje dokumentacja projektowa lub ST.

## 2.5. Stal

Stal do naprawy skorodowanego zbrojenia oraz stosowana jako ewentualne zbrojenie przeciwskurczowe oraz łącznikowe między starym i nowym betonem powinna spełniać wymagania podane w OST M-12.01.00 [2] pkt 2. Klasa i gatunek stali powinny być zgodne z dokumentacją projektową.

Ewentualne pręty kotwiące należy wklejać za pomocą żywicy epoksydowej lub zaprawy cementowej lub epoksydowej, dla której Wykonawca przedstawi odpowiednie dokumenty dostawy świadczące o zgodności zastosowania wyrobu z Ustawą o wyrobach budowlanych [47] oraz deklarację producenta poświadczającą, że wyrób może być stosowany do kotwienia prętów w konstrukcji betonowej.

Jeżeli dokumentacja projektowa, ani ST nie przewidują inaczej, jako wyrób kotwiący można stosować materiał, który zgodnie z PN-EN 1504-6 [34] spełnia wymagania podane w tablicy 4.

Tablica 4. Wymagania użytkowe dotyczące wyrobów do kotwienia

Lp.	Właściwości użytkowe	Metoda badania	Wymagania
1	Przyczepność przy wyrywaniu	PN-EN 1881 [14]	Przemieszczenie $\leq 0,6$ mm przy obciążeniu 75 kN
2	Zawartość jonów chlorkowych	PN-EN 1015-17 [15]	$\leq 0,05\%$
3	Temperatura zeszklenia*)	PN-EN 12614 [12]	$\geq 45^{\circ}\text{C}$ lub o $20^{\circ}\text{C}$ więcej niż maksymalna temperatura otoczenia w czasie użytkowania konstrukcji, w zależności od tego, która wartość jest wyższa
4	Pękanie pod obciążeniem rozciągającym	PN-EN 1544 [9]	Przemieszczenie $\leq 0,6$ mm przy ciągłym obciążeniu 50 kN przez 3 miesiące



*) Dotyczy tylko materiałów polimerowych
--

## **2.6. Rusztowania, podparcia i deskowania**

Rusztowania, podparcia i deskowania powinny być zgodne z PN-EN 13670-1 [17].

Rusztowania i podparcia podczas natryskiwania betonu powinny spełniać następujące dodatkowe wymagania:

- być wystarczająco wytrzymałe aby przenieść, bez nadmiaru odkształceń, wszystkie obciążenia, łącznie z materiałem odbitym,
- umożliwiać bezpieczną pracę operatora,
- być umieszczone w sposób umożliwiający zachowanie właściwej odległości między dyszą wylotową a natryskiwaną powierzchnią,
- umożliwiać łatwy dostęp do wszystkich części elementu.

Deskowanie dla betonu natryskowego należy tak zaprojektować, aby przy odbiciu uniknąć powstawania kawern.

## **3. SPRZĘT**

### **3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu**

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 3.

### **3.2. Sprzęt do usuwania skorodowanego betonu i czyszczenia powierzchni betonowej**

W dyspozycji Wykonawcy powinien znajdować się sprzęt do przygotowania powierzchni betonowej, np.:

- młotki,
- piły do betonu,
- szczotki stalowe ręczne i obrotowe,
- frezy walcowe,
- szlifierki lub wiertarki do napędu szczotek obrotowych,
- palniki gazowe,
- aparatura do czyszczenia strumieniowo-ściernego (piaskownica, sprężarka o wydajności 10 m<sup>3</sup>/h),
- odkurzacz,
- sprężarka śrubowa.

### **3.3. Sprzęt do nakładania środka antykorozyjnego**

Środek antykorozyjny można nakładać średniej twardości szczotką, pędzlem lub natryskiem. Do przygotowania środka należy stosować mieszadło wolnoobrotowe (max. 500 obr./min).

### **3.4. Sprzęt do wykonania betonu natryskowego (torkretu)**

#### **3.4.1. Dozowanie składników**

Dozatory muszą mieć aktualne świadectwo legalizacji. Składniki muszą być dozowane wagowo. Urządzenia do dozowania powinny zapewniać osiągnięcie tolerancji podanych w tablicy 2.

#### **3.4.2. Mieszanie składników**

Zarówno w przypadku metody mokrej, jak i suchej mieszarka powinna zapewniać jednorodne wymieszanie składników.

### **3.4.3. Podawanie mieszanki**

Wypożyczenie w sprzęt do torkretowania zależy od rodzaju obiektu, jego stanu, przewidywanej objętości torkretu oraz możliwości dostępu do wody i energii elektrycznej. Najbardziej rozbudowany zestaw urządzeń w przypadku wykonywania dużych objętości torkretu na obiekcie składa się z:

- hydroforu,
- agregatu prądotwórczego,
- torkretnicy,
- sprężarki ze zbiornikiem wyrównawczym.

W przypadku dostępu do wodociągu oraz źródła energii elektrycznej zapotrzebowanie na sprzęt mechaniczny jest mniejsze.

Parametry techniczne sprzętu towarzyszącego muszą odpowiadać wymaganiom i parametrom zastosowanej torkretnicy, np. ciśnienia i zapotrzebowania na sprężone powietrze, wydajności betoniarki. W ciągu technologicznym powinno znajdować się sito do przesiewania kruszywa. Może być ono umieszczone na leju zasypowym torkretnicy lub przy składzie kruszywa.

### **3.5. Sprzęt do kontroli procesu technologicznego i wykonywanych prac**

Podczas robót Wykonawca zobowiązany jest kontrolować warunki atmosferyczne, a podczas robót posiadać do dyspozycji:

- wilgotnościomierz,
- termometry do pomiaru temperatury powietrza i podłoża betonowego.

Wykonawca powinien też dysponować sprzętem laboratoryjnym do wykonania badań wytrzymałości podłoża wg odpowiednich norm przedmiotowych.

### **3.6. Sprzęt do wykonania robót zbrojarskich**

Do wykonania robót zbrojarskich należy stosować sprzęt wg OST M-12.01.00 [2] pkt 3.

Do wiercenia otworów dla ewentualnego zbrojenia kotwiącego Wykonawca powinien dysponować wiertarką do betonu. Do przygotowania wyrobu do wklejania prętów kotwiących należy stosować wolnoobrotowe mieszadło mechaniczne (około 300 ÷ 400 obr/min). Do umieszczania żywicy lub zaprawy w wywierconych otworach należy stosować sprzęt rekomendowany przez producenta.

## **4. TRANSPORT**

### **4.1. Ogólne wymagania dotyczące transportu**

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 4.

### **4.2. Transport i przechowywanie cementu**

#### **4.2.1. Przechowywanie cementu**

Cement workowany powinien być składowany w składach otwartych (w wydzielonych miejscach zadaszonych na otwartym terenie, zabezpieczonych z boków przed opadami) lub w magazynach zamkniętych (budynkach lub pomieszczeniach o

szczelnym dachu i ścianach). Podłoża składów otwartych powinny być twarde i suche, odpowiednio pochylone, zabezpieczające cement przed ściekami wody deszczowej i zanieczyszczeń. Podłogi magazynów zamkniętych powinny być suche i czyste, zabezpieczające cement przed zawilgoceniem i zanieczyszczeniem.

Cement luzem powinien być przechowywany w magazynach specjalnych (zbiornikach stalowych lub betonowych przystosowanych do pneumatycznego załadunku i wyładunku cementu luzem, zaopatrzonych w urządzenia do przeprowadzania kontroli objętości cementu znajdującego się w zbiorniku lub otwory do przeprowadzania pomiarów poziomu cementu, włazy do oczyszczenia oraz klamry na wewnętrznych ścianach).

Każda partia cementu, dla której wydano oddzielne świadectwo jakości powinna być przechowywana osobno w sposób umożliwiający jej łatwe rozróżnienie.

Dopuszczalny okres przechowywania cementu zależy jest od miejsca składowania:

- okres przechowywania w magazynach zamkniętych i zbiornikach nie powinien być dłuższy od gwarantowanego przez producenta okresu zachowania cech normowych cementu,
- okres przechowywania w składach otwartych nie powinien być dłuższy niż 10 dni.

Technika przechowywania cementu:

a) Przechowywanie cementu workowanego

Poszczególne partie, a w nich rodzaje i klasy wytrzymałościowe cementu powinny być układane w oddzielnych stosach. Między stosami ułożonych worków należy pozostawić wolne przestrzenie umożliwiające dostęp do poszczególnych stosów. Szerokość dróg przejazdowych powinna być dostosowana do używanego w magazynie środka transportu.

b) Przechowywanie cementu luzem

W każdym ze zbiorników należy przechowywać cement jednego rodzaju i jednej klasy wytrzymałościowej, pochodzący od jednego dostawcy.

c) Znakowanie przechowywanego cementu

Stosy worków z cementem oraz zbiorniki stacji przesypowych u odbiorców powinny być zaopatrzone w tabliczki zawierające informacje o rodzaju i klasie cementu, nazwę wytwórni i miejscowość, masę cementu w partii i datę wysyłki.

#### 4.2.2. Transport cementu

Do transportu cementu luzem należy stosować cementowagony i cementosamochody wyposażone we wsypy umożliwiające grawitacyjne napełnianie zbiorników i urządzenie do ładowania i wyładunku cementu. Cement wysyłany luzem powinien mieć identyfikator zawierający dane zgodnie z PN-EN 197-1 [3].

Do każdej partii dostarczanego cementu powinien być dołączony dokument dostawy zawierający dane oraz sygnaturę odbiorczą kontroli jakości wg PN-B-197-1 [3].

#### 4.3. Transport i magazynowanie kruszywa

Kruszywo należy transportować i przechowywać w warunkach zabezpieczających je przed rozfrakcjonowaniem, zanieczyszczeniem oraz mieszaniami z kruszywem innych klas petrograficznych, asortymentów, marek i gatunków. Kruszywo powinno być składowane na dobrze zagęszczonym i odwodnionym podłożu.

#### **4.4. Transport mieszanki betonowej**

Masę betonową należy transportować środkami nie powodującymi segregacji ani zmian w składzie masy w stosunku do stanu początkowego. Masę betonową w metodzie mokrej można transportować mieszalnikami samochodowymi („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. Niedozwolone jest stosowanie samochodów skrzyniowych ani wywrotek.

Czas trwania transportu i jego organizacja powinny zapewniać dostarczenie do miejsca układania masy betonowej o takiej konsystencji, jaka została ustalona dla danego sposobu zagęszczania i rodzaju konstrukcji. Czas transportu i wbudowania mieszanki nie powinien być dłuższy niż:

- 90 minut przy temperaturze otoczenia nie wyższej niż + 15°C,
- 70 minut przy temperaturze otoczenia + 20°C,
- 30 minut przy temperaturze otoczenia nie niższej niż + 30°C.

#### **4.5. Transport i przechowywanie materiału do wykonania ochrony antykorozyjnej zbrojenia**

Materiał powinien być pakowany, transportowany i przechowywany w oryginalnych opakowaniach producenta (plastikowych pojemnikach lub workach papierowych).

Materiał należy przechowywać w pomieszczeniach zadaszonych, suchych, zabezpieczonych przed działaniem mrozu. Okres przydatności dostosowania materiałów przechowywanych w oryginalnie zapakowanych, nieuszkodzonych opakowaniach, w temperaturze od +5°C do +25°C wynosi zwykle ok. 12 miesięcy od daty produkcji.

Materiał należy przewozić krytymi środkami transportu chroniąc opakowania przed uszkodzeniami mechanicznymi i wilgocią.

#### **4.6. Transport stali**

Transport stali do naprawy skorodowanych prętów oraz wykonania zbrojenia przeciwskurczowego lub łączników między starym i nowym betonem powinien odbywać się wg zasad podanych w OST M-12.01.00 [2] pkt 4.

#### **4.7. Transport i przechowywanie żywicy lub zaprawy do wklejania zbrojenia łącznikowego**

Materiał należy przechowywać w suchych, chłodnych pomieszczeniach, w oryginalnych, szczelnie zamkniętych opakowaniach, zabezpieczonych przed działaniem ciepła i bezpośredniego promieniowania słonecznego, z dala od źródeł zapalnych. Okres przydatności do stosowania, w zamkniętych fabrycznie pojemnikach wynosi zwykle 12 miesięcy. Materiał powinien być przechowywany i transportowany zgodnie z wymaganiami producenta.

### **5. WYKONANIE ROBÓT**

#### **5.1. Ogólne zasady wykonania robót**

Ogólne zasady wykonania robót podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 5.

Roboty naprawcze powinny być wykonane zgodnie z „Zaleceniami do wykonywania oraz odbioru napraw i ochrony powierzchniowej betonu w konstrukcjach mostowych” [44].

## 5.2. Diagnostyka konstrukcji mostowej

Przed przystąpieniem do wykonania naprawy betonem natryskowym należy wykonać diagnostykę konstrukcji określającą rodzaj i zakres uszkodzeń oraz przyczynę ich powstania. Diagnostyka powinna obejmować:

- a) stadium wstępne (oszacowanie rozmiaru uszkodzeń), zawierające:
- analizę istniejącej konstrukcji (rysunki, opisy techniczne, obliczenia statyczne itp.),
  - określenie rozmiaru uszkodzeń wg rodzaju, zakresów i położenia miejsc uszkodzonych; rodzaje uszkodzeń, które powinny być brane pod uwagę to przede wszystkim:
    - obsypujące się powierzchnie,
    - wykwyty soli i wylugiwanego z betonu wodorotlenku wapniowego,
    - ślady rdzy na powierzchni betonu,
    - odpryski betonu, spękanie krawędzie,
    - zarysowania,
    - odsłonięcie prętów zbrojeniowych,
  - analizę czynników zewnętrznych (oddziaływanie mechaniczne, chemiczne, warunki cieplno-wilgotnościowe i inne wpływy środowiska); za korozjogenne dla betonowych konstrukcji mostowych uważa się stężenia niektórych gazów w powietrzu większe niż:

– dwutlenek węgla $\text{CO}_2$	$600 \div 1000 \text{ mg/m}^3$ ,
– dwutlenek siarki $\text{SO}_2$	$0,5 \div 1,00 \text{ mg/m}^3$ ,
– tlenki azotu $\text{NO}_x$	$0,10 \div 0,50 \text{ mg/m}^3$ ,
  - ustalenie przyczyn powstania uszkodzeń,
  - rozpatrzenie wpływu ewentualnych odstępstw od projektu w trakcie wykonywania i eksploatacji obiektu,
  - wykonanie dokumentacji inwentaryzacyjnej (dokumentacji fotograficznej, rysunkowej),
  - określenie ilościowe zakresu uszkodzeń,
- b) stadium szczegółowe, zawierające:
- oględziny i badania poszczególnych zniszczeń i uszkodzeń (zwietrzeliny, wykwyty, odbarwienia, odpryski otuliny, rysy, zanieczyszczenia itp.), wykonanie inwentaryzacji uszkodzeń z pokazaniem ich lokalizacji i naniesieniem numeracji,
  - badania obiektu „in-situ”, w szczególności:
    - głębokość karbonatyzacji wg PN-EN 14630 [35],
    - wytrzymałość betonu na ściskanie,
    - grubość otuliny zbrojenia,
    - wytrzymałość betonu na rozciąganie metodą „pull-off”,
    - pomiar stopnia skażenia, w tym ocena zawartości i rozkład chlorków wg PN-EN 14629 [36] i siarczanów w przekroju betonowym. Za szkodliwe uważa się zawartości chlorków w stosunku do masy cementu większe od:
      - 0,4% dla elementów żelbetowych,
      - 0,2% dla elementów z betonu sprężonego,

(beton o  $\text{pH} < 11$  nie stanowi dostatecznego zabezpieczenia antykorozyjnego dla zbrojenia konstrukcji, a zagrożenie istotnie wzrasta w przypadku dodatkowego skażenia siarczanami),

- pomiar wilgotności, w tym miejsc dotkniętych korozją,
- pomiar szerokości rozwarcia rys,

Badania te powinny być wykonane zarówno na powierzchniach wizualnie nieuszkodzonych jak i uszkodzonych,

- szczegółowe badania laboratoryjne pobranych na obiekcie próbek, a w szczególności:
  - profil chlorkowy,
  - wilgotność i nasiąkliwość,
  - wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie przy zginaniu,
  - odkształcalność termiczna, skurcz, wytrzymałość na ścieranie itp.

Diagnostykę konstrukcji oraz ocenę uszkodzeń można wykonywać wg PN-B-01807 [37], „Wytycznych badań właściwości ochronnych betonu względem zbrojenia w mostach” [45] oraz „Zaleceń dotyczących oceny jakości beton „in-situ” w istniejących konstrukcjach obiektów mostowych” [46].

Diagnostykę konstrukcji powinien wykonywać odpowiednio wykwalifikowany personel, posiadający wiedzę o metodach badań, projektowaniu konstrukcji, konserwacji, technologii materiałów budowlanych i mechanizmach, które mogą powodować procesy zniszczenia konstrukcji betonowych.

### 5.3. Projekt naprawy powierzchniowej betonu

Przed przystąpieniem do wykonania naprawy powierzchni betonu powinien być wykonany projekt ochrony powierzchniowej betonu. Projekt powinien zawierać w szczególności:

- diagnostykę obiektu z inwentaryzacją opisową i rysunkową uszkodzeń,
- określenie wpływu środowiska zewnętrznego na degradację obiektu,
- opracowanie szczegółowych założeń technologicznych remontu z podaniem przewidywanej ilości robót i zużycia materiałów podstawowych (m.in. sposób wykonania zbrojenia uzupełniającego),
- niezbędne obliczenia statyczne i analizę wytrzymałościową, oceniające wpływ planowanych napraw na pracę całej konstrukcji mostu w poszczególnych fazach prowadzenia robót, co wiąże się ze wskazaniem m.in. kolejności prac naprawczych na obiekcie,
- dobór rozwiązań materiałowych wraz z charakterystyką materiałów i podaniem uzasadnień ich zastosowania,
- w przypadku stosowania zbrojenia przeciwskurczowego oraz zbrojenia szepiającego - ilość zbrojenia, jego średnicę, ilość i rodzaj łączników umożliwiających odpowiednie zakotwienie w obu łączonych materiałach, głębokość i średnicę otworów dobranych do stosowanych materiałów przeznaczonych do mocowania kotew należy określić na podstawie obliczeń,
- projekt technologiczny betonowania metodą natryskową.

Projekt technologiczny betonowania powinien obejmować:

- projekt dróg dojazdowych i technologicznych,
- wybór składników betonu,
- opracowanie receptur laboratoryjnych i roboczych,
- sposób wytwarzania mieszanki betonowej,

- sposób transportu mieszanki betonowej,
- projekt betonowania określający m.in. rodzaj technologii (sucha lub mokra),
- kolejność i sposób betonowania uwzględniający zabiegi minimalizujące powstawanie rys skurczowych,
- sposób wykończenia powierzchni natryskiwanej,
- sposób pielęgnacji betonu,
- metodologię naprawy ewentualnych błędów wykonania, w tym naprawy powierzchni betonu,
- zestawienie koniecznych badań i plan kontroli jakości.

Przed przystąpieniem do betonowania powinna być zatwierdzona przez Inżyniera prawidłowość wykonania wszystkich robót poprzedzających betonowanie.

#### **5.4. Wymagania w stosunku do personelu Wykonawcy**

##### **5.4.1. Dokumenty dotyczące kwalifikacji personelu**

Dokumenty potwierdzające spełnienie wymagań w stosunku do personelu Wykonawca zobowiązany jest dostarczyć Inżynierowi zgodnie z warunkami kontraktu.

##### **5.4.2. Wymagania w stosunku do osób kierujących robotami:**

- uprawnienia wykonawcze i budowlane do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w zakresie budownictwa mostowego,
- znajomość zasad napraw i ochrony powierzchniowej betonu w konstrukcjach mostowych oraz technologii stosowania materiałów, udokumentowane ukończeniem szkolenia w zakresie napraw oraz doświadczenie w wykonywaniu prac tego typu.

##### **5.4.3. Wymagania w stosunku do brygadzystów:**

- znajomość technologii i umiejętność stosowania materiałów do napraw i ochrony powierzchniowej betonu, ukończenia szkolenia w zakresie napraw oraz doświadczenie w wykonywaniu prac tego typu.

##### **5.4.4. Wymagania w stosunku do robotników:**

- znajomość zasad i umiejętność stosowania materiałów do napraw i ochrony betonu, przeszkolenie na stanowisku pracy.

#### **5.5. Wymagana dokumentacja robót**

Przed przystąpieniem do prac Wykonawca zobowiązany jest przedstawić Program Zapewnienia Jakości (PZJ). Przed przystąpieniem do robót Wykonawca i Inżynier dokonują ustaleń technologicznych, których zakres przedstawiony został w załączniku 1. Podczas robót, na bieżąco, Wykonawca zobowiązany jest do sporządzania dokumentacji wykonawczej według załączonych wzorów (przykłady protokołów w załącznikach), w której zamieszcza m.in.:

- dane o obiekcie,
- informacje o stosowanych materiałach i technologii prac,
- dane dzienne o warunkach atmosferycznych podczas robót,
- informacje o ilości wykonanych prac i zużytych materiałów,
- wyniki wykonanych badań w ramach kontroli wykonywania i odbioru robót.

Powyższa dokumentacja stanowi podstawę do rozliczenia robót. Dokumentację tę Wykonawca zobowiązany jest dołączyć jako element dokumentacji budowy.

## **5.6. Zasady wykonywania robót**

Podstawowe czynności przy wykonywaniu robót obejmują:

- 1) roboty przygotowawcze,
- 2) przygotowanie podłoża betonowego i stali zbrojeniowej do nałożenia materiału naprawczego (torkretu),
- 3) nałożenie materiału naprawczego (torkretu),
- 4) roboty wykończeniowe.

## **5.7. Roboty przygotowawcze**

Przed przystąpieniem do robót należy, na podstawie dokumentacji projektowej, ST lub wskazań Inżyniera:

- zlokalizować obszary do naprawy,
- ustalić materiały niezbędne do wykonania robót,
- określić kolejność, sposób i termin wykonania robót.

Do Wykonawcy należy również wykonanie, zabezpieczenie, utrzymanie oraz rozbiórka rusztowań, pomostów roboczych i innych urządzeń pomocniczych niezbędnych do prowadzenia robót.

## **5.8. Pole referencyjne**

Przed przystąpieniem do prac naprawczych na obiekcie Wykonawca, w obecności przedstawiciela Inżyniera przygotowuje pole referencyjne naprawy powierzchniowej betonu. Wykonanie pola referencyjnego ma na celu:

- określenie wszystkich parametrów naprawy powierzchniowej betonu,
- ocenę przydatności proponowanych materiałów, technologii,
- ocenę efektów wykonania prac naprawczych.

Pole referencyjne może stanowić podstawę do oceny, czy wykonana na danym elemencie naprawa powierzchniowa wykazuje założone właściwości, czy jest zgodna z wymaganiami projektowymi i wymaganiami producenta materiałów.

Prace podczas wykonywania pola referencyjnego powinny przebiegać uzgodnionymi w protokole ustaleń (przykład protokołu w załączniku 1) materiałami i zgodnie z założoną technologią. Prace rozpoczynają się od przygotowania podłoża i prętów zbrojenia przez wykonanie zabezpieczenia antykorozyjnego zbrojenia i narzucenia torkretu.

W trakcie wykonywania pola referencyjnego Wykonawca przeprowadza kontrolę wykonania robót, a Inżynier badania odbiorcze naprawy powierzchniowej betonu. Miejsca, liczbę i wielkość powierzchni referencyjnych oraz sposób ich oznaczenia powinien określić Inżynier.

Wszystkie uzgodnienia wynikające z wykonania pola referencyjnego na każdym etapie robót, powinny zostać zapisane w protokole wykonania naprawy powierzchniowej betonu (przykład protokołu w załączniku 1), a wyniki badań załączone do dokumentacji budowy.

## **5.9. Przygotowanie podłoża**

### **5.9.1. Warunki ogólne**

Przed wykonaniem naprawy betonem natryskowym podłoża betonowe wymaga specjalnych przygotowań. Właściwe oczyszczenie betonu ma decydujące znaczenie dla trwałości i jakości stosowanej naprawy. Podłoża betonowe podlegające naprawie powinno być jednorodne, czyste, wolne od mleczka cementowego, piasku, pyłów, olejów i



tłuszczów, a także oczyszczone z odstających grudek związanego betonu, skorodowanych, luźnych części betonu, starych powłok ochronnych i innych elementów pogarszających przyczepność. Skorodowany beton powinien zostać usunięty do tzw. „zdrowego betonu”. Przygotowane podłoże powinno mieć odpowiednią wytrzymałość, zgodną z dokumentacją projektową lub ST.

Odpowiednio przygotowane powinno być również odsłonięte zbrojenie.

W zakres przygotowania podłoża wchodzi następujące prace:

- usunięcie pozostałości powłok ochronnych i pielęgnacyjnych oraz powierzchniowych zanieczyszczeń (w tym również chemicznych) mogących mieć wpływ na połączenie nakładanych materiałów z betonem lub na korozję betonu albo stali zbrojeniowej,
- usunięcie mleczka cementowego i słabo związanych warstw betonu,
- odkucie otuliny betonowej skorodowanych prętów,
- oczyszczenie odsłoniętych prętów zbrojeniowych z rdzy do wymaganego stopnia czystości,
- oczyszczenie podłoża betonowego z pyłów i części luźnych oraz ewentualnie usunięcie nadmiaru wody.

Z przygotowania podłoża Wykonawca powinien przygotować protokół. Przykład protokołu podano w załączniku 2.

#### **5.9.2. Sposoby przygotowania podłoża przed torkretowaniem**

Przygotowanie podłoża betonowego polegające na usunięciu części luźnych, pyłów, olejów, mleczka cementowego i innych elementów obniżających przyczepność można uzyskać przez:

- oczyszczanie przez młotkowanie, ścieranie, frezowanie, śrutowanie, szlifowanie, oczyszczanie strumieniowo-ściernie, oczyszczanie płomieniowe (wypalanie), oczyszczanie strumieniem wody o niskim ciśnieniu – do około 18 MPa, a gdy należy ograniczyć ilość wody – do 60 MPa, czyszczenie mechaniczne, zmywanie, szorowanie,
- usuwanie zmuszającego betonu przez młotkowanie, oczyszczanie strumieniem wody o wysokim ciśnieniu – do około 60 MPa, i o bardzo wysokim ciśnieniu – do 110 MPa (oczyszczanie strumieniowo-ściernie),
- uszorstnianie – mechaniczne, strumieniowo-ściernie, przez młotkowanie, ścieranie, szlifowanie, przez oczyszczanie strumieniem wody o wysokim ciśnieniu – do około 60 MPa, i o bardzo wysokim ciśnieniu – do 110 MPa.

Przygotowaną powierzchnię należy odpylić odkurzaczem przemysłowym lub przez zdmuchnięcie pyłu sprężonym powietrzem (sprężarki śrubowe). Miejsca zatłuszczone należy zmyć rozpuszczalnikami organicznymi lub detergentami.

Najskuteczniejszą metodą usunięcia zanieczyszczeń olejowych jest usunięcie skażonego podłoża. Inne metody, tj. stosowanie specjalnych preparatów czyszczących oraz mechaniczne zmycie czy szorowanie, nie dają stuprocentowej gwarancji usunięcia skażeń z podłoża. Gdy zanieczyszczenia znajdują się na powierzchni lub wniknęły pod powierzchnię, konieczne może być ich usunięcie metodami wymagającymi użycia rozpuszczalników lub na przykład pary wodnej.

Zalecanymi metodami usunięcia zanieczyszczeń materiałami bitumicznymi, farbami oraz smołami są metody strumieniowo-ściernie (piaskowanie), frezowanie lub groszkowanie.

Zanieczyszczenia chemiczne można usuwać przez oczyszczanie płomieniowe.

Oczyszczanie powierzchni betonowej bez usuwania betonu wykonuje się zazwyczaj strumieniem wody pod ciśnieniem do 18 MPa.

Skutecznymi metodami są oczyszczanie strumieniem wody, działanie czystym sprężonym powietrzem lub oczyszczanie próżniowe:

- w przypadku stosowania sprężonego powietrza należy zwrócić uwagę, aby powietrze było czyste i nie zanieczyszczało powierzchni olejem,
- oczyszczanie strumieniem wody pod wysokim ciśnieniem stosuje się do oczyszczania lub powierzchniowego usuwania betonu na głębokość do 2 mm.

Stosowanie wody pod wysokim ciśnieniem jest szybkim i skutecznym sposobem usuwania betonu, ograniczającym do minimum straty betonu nieuszkodzonego. Nie występują mikrospeknięcia, a beton uszkodzony jest usuwany selektywnie, pozostawiając pozostały beton nienaruszony.

Uszorstnianie stosuje się w celu uzyskania lepszej przyczepności betonu natryskiwanego do podłoża poprzez usunięcie betonu do głębokości 15 mm, co powoduje ukształtowanie się tekstury powierzchni dobrze łączącej się z nową warstwą betonu natryskiwanego na oryginalny beton. Szorstkość uzyskana przez zastosowanie wody pod wysokim ciśnieniem jest znacząco większa niż uzyskana przy użyciu młotków, a ta z kolei jest większa niż uzyskana oczyszczaniem. Natomiast szorstkość powierzchni uzyskana przez zastosowanie wody pod ciśnieniem może się znacząco różnić w zależności od odległości między dyszą a podłożem, ciśnienia wody, strumienia wody, szybkości podawania wody, stosowanego sprzętu oraz jakości betonu.

W przypadku termicznego lub mechanicznego usuwania betonu, w betonie pozostałym mogą wystąpić mikrorysy. Jeśli warstwa zawierająca mikrorysy wykazuje niedostateczną powierzchniową wytrzymałość na rozciąganie, zaleca się ich usunięcie strumieniem wody, z ewentualnym dodatkiem materiału ściernego. Zarysowanie można wykryć, zwilżając powierzchnię i pozostawiając ją do wyschnięcia. Rysy zachowują wodę i są widoczne jako ciemne linie. Beton, w którym występują mikrorysy lub odspojenia, w tym spowodowane oczyszczaniem lub uszorstnianiem, zmniejszające przyczepność lub jednorodność betonu, powinien być usunięty.

Jeśli do usuwania betonu stosowane są procesy cieplne, nagrzewanie powinno być starannie kontrolowane, aby zapobiec uszkodzeniom, a jeśli pojawią się uszkodzenia, usuwanie skażonego betonu należy kontynuować innymi metodami.

Pył i drobne luźne fragmenty pozostałe na powierzchni po usuwaniu betonu mogą zawierać wystarczającą ilość niezhidratyzowanego cementu, aby w obecności wody nastąpiło jego wiązanie. Mimo iż materiał ten jest słaby, po związaniu może być bardzo trudny do usunięcia z szorstkiej powierzchni przygotowanego podłoża, dlatego ważne jest jego usunięcie, zanim nastąpi wiązanie.

Oczyszczone podłoże powinno być chronione przed dalszym zanieczyszczeniem do momentu narzucenia torkretu.

### **5.9.3. Zakres usuwania skorodowanego betonu**

Usuwanie skorodowanego betonu powinno odbywać się pod nadzorem Inżyniera. Usuwanie nie powinno zmniejszać strukturalnej integralności konstrukcji w sposób uniemożliwiający spełnianie przez nią założonych funkcji (konieczne może być zastosowanie czasowego podparcia). Stopień usunięcia betonu może być ograniczony względami konstrukcyjnymi. Usuwanie betonu powinno być ograniczone do minimum.

Dopuszczalna wielkość obszaru usuwania betonu powinna być określona w projekcie naprawy i niedopuszczalne jest usuwanie betonu na obszarze wykraczającym poza ten zakres bez konsultacji z Inżynierem. W przypadku konieczności usunięcia betonu na znacznym obszarze, mogącym mieć wpływ na statykę konstrukcji obiektu lub jej

poszczególnych elementów, należy przerwać roboty i powiadomić Inżyniera celem skonsultowania się z projektantem robót naprawczych. Należy również powiadomić bezzwłocznie Inżyniera i przerwać roboty przygotowawcze w przypadku natrafienia na stal sprężającą.

W przypadku degradacji betonu sięgającej znacznej głębokości, proces skuwania należy poprzedzić analizą statyczno-wytrzymałościową, określającą czy usuwanie betonu nie zagrazi bezpieczeństwu konstrukcji i ewentualnie wykonać niezbędne prace zabezpieczające.

W niektórych sytuacjach może zaistnieć konieczność przeprowadzenia na obiekcie dodatkowych badań pozwalających na precyzyjne oznaczenie stref zanieczyszczonych lub skorodowanych. Należy przy tym przestrzegać zaleceń normy PN-EN 1504-10 [38].

Należy ustalić i wziąć pod uwagę:

- głębokość karbonatyzacji i rozkład stężenia chlorków lub innych zanieczyszczeń w betonie. Chlorki i inne zanieczyszczenia mogą być wykrywane w pobranych próbkach na placu budowy za pomocą analizy chemicznej, np. wg PN-EN 14629 [39],
- charakter, głębokość i stężenie zanieczyszczeń,
- odporność betonu na wnikanie gazów i cieczy,
- procesy korozyjne zbrojenia,
- otulinę zbrojenia,
- potrzebę obróbki zbrojenia,
- potrzebę uzyskania przyczepności do podłoża.

Usuwać należy słaby, uszkodzony i zniszczony beton, a tam gdzie to konieczne, także beton nieuszkodzony. Ustalając stopień usunięcia betonu, zaleca się zwrócenie uwagi na potrzebę zapewnienia nieskażonej otuliny betonowej po obu stronach zbrojenia. Minimalna głębokość podkucia betonu wynosi 1 cm.

Jeżeli na powierzchni pręta zbrojeniowego, odsłoniętej po usunięciu uszkodzonego betonu, występuje korozja, konieczne może być zwiększenie głębokości usuwania betonu i odsłonięcia całego pręta. W celu umożliwienia właściwego zagęszczenia betonu natryskowego zaleca się, aby prześwit wokół zbrojenia i minimalna odległość między prętem zbrojeniowym i pozostałym podłożem wynosił co najmniej 15 mm lub odpowiadał maksymalnemu wymiarowi ziarna kruszywa w betonie powiększonemu o 5 mm, zależnie od tego, która z tych wartości jest większa. Beton skażony chlorkami powinien być usunięty do co najmniej 20 mm z każdej strony zbrojenia.

Oceny zakresu oczyszczenia dokonuje się poprzez rozróżnienie między betonem uszkodzonym i pozostałym, sprawdzenie czy beton uszkodzony został całkowicie usunięty, czy pod zbrojeniem nie występują bruzdy.

#### **5.9.4. Zastosowanie metod usuwania betonu w zależności od stopnia jego skorodowania**

W przypadku konieczności usuwania dużych fragmentów betonu mogą być stosowane kruszarki i rozłupywarki. Przy naprawach powierzchniowych powszechnie stosuje się młoty pneumatyczne, elektryczne lub hydrauliczne. Użycie ciężkich młotów może powodować uszkodzenie zbrojenia.

Do wycinania fragmentów konstrukcji lub otworów w konstrukcji można stosować cięcie wodą pod wysokim ciśnieniem. Przy dodaniu do wody materiału ściernego możliwe jest także cięcie stali.

Frezowanie pozwala na usunięcie wierzchniej warstwy podłoża o zbyt niskich parametrach wytrzymałościowych lub zanieczyszczonej trudno usuwalnymi substancjami.

Śrutowanie pozwala na bezpyłowe usunięcie stwardniałego zaczynu cementowego.

### 5.9.5. Czyszczenie zbrojenia

Metody oczyszczania zbrojenia powinny być określone w projekcie technologicznym. Do czyszczenia stali zbrojeniowej stosuje się:

- odbijaki igłowe (są one skutecznym sposobem usuwania warstw tlenków ze zbrojenia. Mogą być również stosowane do oczyszczania niewielkich powierzchni betonowych),
- wodę pod wysokim ciśnieniem 20÷70 MPa (pozwala ona na skuteczne usunięcie zanieczyszczeń i uszkodzonych fragmentów),
- metody strumieniowo-ściernie (jest to jedna z najlepszych metod oczyszczania powierzchni stali. Wadą metody jest pylenie),
- szczotkowanie mechaniczne (metoda pozwala na skuteczne usunięcie zanieczyszczeń z powierzchni stali zbrojeniowej, jest jednak zabiegiem powolnym, zwłaszcza gdy prześwit pomiędzy całkowicie odkrytymi prętami zbrojeniowymi jest niewielki).

Chlorki można usunąć z powierzchni stali lub z wżerów strumieniem wody zazwyczaj pod niskim ciśnieniem poniżej 18 MPa, ale gdy wymagane jest użycie małej ilości wody, konieczne może być zastosowanie ciśnienia do 60 MPa.

Przy wykonywaniu prac należy przestrzegać następujących zaleceń:

- należy usunąć rdzę, złuszczenia, zaprawę, beton, pył i inne materiały niezwiązane i zmniejszające przyczepność lub uczestniczące w procesach korozyjnych,
- cała powierzchnia odsłoniętego zbrojenia powinna być jednolicie oczyszczona, z wyjątkiem miejsc, gdzie jest to niewskazane ze względów konstrukcyjnych,
- jeżeli odsłonięte zbrojenie jest zanieczyszczone chlorkami lub innymi substancjami mogącymi powodować korozję, cała powierzchnia zanieczyszczonego zbrojenia powinna być czyszczona strumieniami wody pod ciśnieniem nie przekraczającym zazwyczaj 18 MPa do usunięcia chlorków lub innych zanieczyszczeń,
- odkryte zbrojenie należy oczyścić z rdzy obróbką strumieniowo-ścierną do stopnia czystości wymaganego przez producenta materiałów naprawczych (zwykle do stopnia Sa ½ wg PN-EN ISO 8501-1 [7]),
- zbrojenie powinno być oczyszczone tak, aby nie spowodować jego uszkodzenia ani uszkodzenia lub zanieczyszczenia przyległego betonu lub otoczenia,
- z praktycznych powodów oczyszcza się zazwyczaj całe obrzeże pręta zbrojeniowego,
- zazwyczaj obszar oczyszczany rozszerza się o 50 mm lub więcej wzdłuż pręta poza strefę korozji. Względy konstrukcyjne mogą ograniczać ilość usuwanego betonu oraz zakres przeprowadzanego oczyszczania. W wykrywaniu korozji mogą być pomocne badania elektrochemiczne,
- jeżeli dostęp przy oczyszczaniu jest niemożliwy lub utrudniony z powodu zagęszczenia prętów zbrojeniowych, stykania się prętów, bliskości podłoża betonowego lub z innych powodów, należy indywidualnie określić metodę oczyszczania i stopień czystości,
- w przypadku stwierdzenia korozji 20% przekroju pręta zbrojeniowego (pomiar należy wykonać w miejscach, w których po usunięciu produktów korozji uzyskano minimalną powierzchnię przekroju) należy wzmocnić zbrojenie prętami uzupełniającymi lub odcinki zniszczone pręta usunąć i zastąpić nowymi. Pręty stanowiące uzupełnienie należy oczyścić do stopnia czystości jak pręty zbrojenia uzupełnianego. Łączenie prętów uzupełnianych z prętami uzupełniającymi należy wykonywać zgodnie z OST M-12.01.00 [2],
- w celu uniknięcia ryzyka powstania warunków, które mogłyby spowodować korozję, należy unikać elektrochemicznego kontaktu zbrojenia z metalami innego rodzaju.

#### **5.9.6. Zabezpieczenie istniejącego zbrojenia powłoka antykorozyjną**

Po oczyszczeniu pręty zbrojeniowe należy zabezpieczyć środkiem antykorozyjnym. Jeżeli nie można usunąć produktów korozji i zanieczyszczeń lub jeśli powłoki nie można nałożyć na całą przewidzianą powierzchnię, to użyteczność powłoki może ulec pogorszeniu,

Stal zbrojeniowa może być sucha lub wilgotna (decydują wytyczne producenta). Przygotowane jak wyżej pręty zbrojeniowe należy pokryć materiałem antykorozyjnym za pomocą szczotki, pędzla lub rozpylacza. Wymagane jest równomierne pokrycie prętów; powłoka powinna całkowicie pokrywać uźebrowanie stali zbrojeniowej. Ilość i grubość warstw ochrony antykorozyjnej prętów oraz całość przebiegu procesu wbudowywania materiału musi odpowiadać wymaganiom producenta podanym w kartach technicznych materiałów. Zwykle należy zastosować dwie warstwy o grubości 0,5 mm każda. Odstęp pomiędzy nakładaniem kolejnych warstw wynosi zwykle od 4 do 5 godz. w temperaturze +20°C. Przystąpienie do dalszych etapów prac jest możliwe po upływie czasu podanego przez producenta (zwykle po upływie doby).

Naniesione warstwy pokrycia antykorozyjnego nie mogą ulegać nawilżaniu podczas procesu wiązania. Przy silnym nasłonecznieniu lub oddziaływaniu deszczu należy stosować środki ochrony np. przykrycia plandekami, matami itp.

Z zabezpieczenia antykorozyjnego prętów zbrojeniowych Wykonawca sporządzi protokół. Wzór protokołu podano w załączniku 3.

#### **5.9.7. Zbrojenie przeciwskurczowe**

Jeżeli grubość warstwy torkretu ma być większa od 3 cm, należy zamocować siatki stalowe ze stali spełniającej wymagania OST M-12.01.00 [2], spełniające funkcję zbrojenia przeciwskurczowego. Przy grubości narzutu do 4 cm wystarczy jedna warstwa siatki, przy większej grubości - dwie siatki: jedną umieszcza się przy powierzchni torkretowanej, drugą na głębokości 1 cm pod powierzchnią warstwy torkretu. Siatki należy zakotwić w starym betonie. Elementy kotwiące nie powinny być rozmieszczone rzadziej niż co 30÷50 cm. Jeżeli dokumentacja projektowa nie przewiduje inaczej można stosować siatki z prętów o średnicy 4÷8 mm, z oczkami 5÷10 cm. Oczka siatki nie mogą być zbyt gęste, ponieważ utrudnia to betonowanie. Jeśli powierzchnie torkretowane są duże, to można zastosować dodatkowy szkielet zbrojenia z prętów o przekroju 8÷10 mm (lub większych). Zbrojenie powinno być montowane tak, aby pozostawało nieruchome i nie wibrowało w czasie natryskiwania.

Jeżeli stosowane są co najmniej dwie siatki zbrojeniowe zaleca się, aby warstwa bliższa podłoża betonowego została całkowicie otoczona betonem natryskowym przed zamontowaniem następnej warstwy, którą należy umieścić w odległości równej co najmniej dwukrotnemu maksymalnemu wymiarowi kruszywa od już ułożonej warstwy nałożonego torkretu.

Ewentualne pręty kotwiące należy wklejać w wywiercone wcześniej otwory za pomocą środka wg pktu 2.5. Składniki środka kotwiącego należy przygotować wg wskazań producenta i aplikować za pomocą sprzętu dostarczonego lub rekomendowanego przez producenta. Pręty kotwiące oraz pręty siatki również należy zabezpieczyć środkiem antykorozyjnym.

Z zabezpieczenia antykorozyjnego prętów zbrojeniowych Wykonawca sporządzi protokół. Wzór protokołu podano w załączniku 3.

### 5.9.8. Wymagania dla podłoża betonowego

Podłoże betonowe przygotowane do torkretowania powinno spełniać następujące wymagania:

- wytrzymałość na ściskanie podłoża betonowego w konstrukcjach nowo zbudowanych obiektów powinna być nie mniejsza niż wynikająca z przyjętej klasy betonu, a dla obiektów remontowanych powinna wynosić  $\geq 25$  MPa,
- wytrzymałość na odrywanie wg normy PN-EN 1542 [8], prawidłowo przygotowanego podłoża betonowego, powinna wynosić:  
wartość średnia  $\geq 1,5$  MPa,  
wartość minimalna 1,0 MPa.

Jeżeli ST nie określa inaczej należy wykonać jedno oznaczenie wytrzymałości na odrywanie betonu w podłożu na każde  $25 \text{ m}^2$  powierzchni oczyszczonego podłoża, przy czym minimalna liczba oznaczeń wynosi 5 dla jednego elementu.

Jeżeli powyższe wymagania dotyczące wytrzymałości betonu na odrywanie nie jest spełnione należy przed natryskiem torkretu wykonać zbrojenie z siatek zakotwionych w sposób mechaniczny, a minimalna grubość torkretu nie może być wówczas mniejsza od 5 cm. Pręty siatek należy zabezpieczyć antykorozyjnie jak powyżej.

### 5.9.9. Nasączenie podłoża betonowego

Przed wykonaniem warstwy torkretu podłoże betonowe powinno być starannie nasączone wodą przez 3 dni poprzedzające betonowanie, aby suchy stary beton nie odciągał wody ze świeżej mieszanki, a także aby w jak największym stopniu zmniejszyć skurcz różnicowy między starym i świeżym betonem. Bezpośrednio przed torkretowaniem powierzchnia powinna być zmyta wodą pod ciśnieniem i oczyszczona, a następnie osuszona np. sprężonym powietrzem, aby powierzchnia była matowo-wilgotna.

### 5.10. Naprawa powierzchni betonowych betonem natryskiwany (torkretem)

Beton natryskowy stosowany jako materiał naprawczy powinien spełniać wymagania normy właściwej dla betonu natryskowego: PN-EN 14487-1 [20] i PN-EN 14487-2 [21].

#### 5.10.1. Zakres stosowania

Beton natryskiwany można stosować do uzupełniania rozległych powierzchniowo ubytków betonu konstrukcyjnego we wszystkich elementach konstrukcji mostowych zarówno na powierzchni poziome, pionowe, jak i sufitowe, zwłaszcza tam, gdzie nie istnieje lub jest utrudniona możliwość wykonania deskowania. Nie należy torkretować wąskich szczelin, rys i pęknięć, gdyż torkret nie wypełni przestrzeni a jedynie zamknie je od zewnątrz. Dotyczy to także miejsc poboru próbek (odwiertów).

Podczas wykonywania napraw elementów ustroju nośnego wskazane jest wyłączenie obiektu z ruchu. Jeżeli nie jest to możliwe należy wyeliminować ruch ciężki i dążyć do zminimalizowania drgań obiektu przez ograniczenie szybkości. Podczas układania mieszanki i w początkowej fazie jej wiązania ruch na obiekcie należy zamknąć.

#### 5.10.2. Warunki stosowania

Temperatura podłoża podczas natryskiwania nie powinna być niższa niż  $+3^{\circ}\text{C}$ , a powietrza nie niższa niż  $+5^{\circ}\text{C}$  i nie wyższa niż  $+25^{\circ}\text{C}$ . Nie należy wykonywać prac przy intensywnym nasłonecznieniu i wysuszającym wietrze. W ciągu 3 dni po wykonaniu

natrysku temperatura powietrza nie powinna spaść poniżej 0°C. W przypadku torkretowaniu metodą suchą wilgotność powietrza nie powinna przekraczać 80%.

Deskowanie oraz części konstrukcji przylegające do miejsca natryskiwania betonu powinny mieć temperaturę niepowodującą zamarzania betonu natryskowego.

Z warunków meteorologicznych w trakcie natryskiwania betonu Wykonawca sporządzi protokół. Wzór protokołu podano w załączniku 4.

### **5.10.3. Natryskiwanie betonu (torkretowanie)**

#### **5.10.3.1. Wybór metody torkretowania**

Do napraw obiektów betonowych zalecana jest metoda sucha torkretowania ze względu na jej podstawowe zalety:

- doskonałe zagęszczenie, wywołane dynamicznym narzucaniem mieszanki, równorzędna z zagęszczeniem najlepszymi metodami w betonowaniu tradycyjnym,
- mały wskaźnik w/c, wynoszący 0,35÷0,50, dzięki czemu tworzy się zwarta i twarda warstwa betonu; pozwala to na torkretowanie grubszych warstw oraz wpływa korzystnie na wszystkie cechy mechaniczne i użytkowe betonu,
- korzystna struktura betonu wynikająca z mechanizmu odkładania się materiału na konstrukcji – w pierwszej kolejności na konstrukcji osadza się mleczko cementowe, w którą z dużą energią wciskane są ziarna kruszywa, dzięki czemu niewielka ilość kruszywa ulega odbiciu.

Dodatkowymi zaletami suchej metody są:

- możliwość transportowania mieszanki do 500 m w poziomie i 200 m w pionie,
- możliwość zmiany konsystencji mieszanki, w zależności od zmieniających się warunków atmosferycznych i charakteru uszkodzeń,
- mniejsza waga urządzeń do torkretowania, w porównaniu do metody mokrej.

#### **5.10.3.2. Grubość natrykiwanych warstw**

Minimalna grubość narzucanej warstwy nie powinna być mniejsza niż 2 cm. Maksymalna grubość pojedynczej warstwy torkretu, w przypadku stosowania mieszanki bez dodatków, nie powinna przekraczać 3 cm. Przy stosowaniu dodatków (np. pyłu krzemionkowego) i domieszek (np. przyspieszaczy) lub cementów szybkowiązujących oraz siatki zbrojeniowej maksymalna grubość warstwy torkretu, w zależności od stosowanych dodatków i domieszek, może być większa, zgodnie z wymaganiami zawartymi w kartach technicznych (decyduje warunek nie odpadania od podłoża lub braku odspojenia warstwy - do ok. 10 cm). Przy natryskiwaniu na powierzchnie zbrojone grubość pierwszej warstwy powinna być tak dobrana, aby całkowicie została wypełniona przestrzeń pod i pomiędzy prętami.

Zgoda na wykonanie kolejnej warstwy na ułożonym torkrecie powinna być wydana przez Inżyniera przez wpis do dziennika budowy. Przerwy w betonowaniu poszczególnych warstw powinny wynosić od 1 do 2 dni.

#### **5.10.3.3. Rozpoczęcie natryskiwania**

Mieszanek należy mieszać tak długo, aż będzie miała ona jednolity wygląd.

##### **a) Metoda sucha**

Wbudowanie mieszanki powinno nastąpić bezpośrednio po wymieszaniu, a najpóźniej po 2 godz. (gdy wilgotność składników wynosi do 2%), po 1 godz. (gdy wilgotności składników wynosi od 2 do 4%) lub po 0,5 godz. (gdy wilgotność składników wynosi powyżej 4%). Jeżeli do ukończenia natrysku potrzebny jest dłuższy czas, należy

wcześniej określić czas przydatności do użycia mieszanki zapewniany przez wybrane środki i zweryfikować go.

Suchą mieszankę z kruszywem wysuszonym na gorąco można przechowywać przez ograniczony czas, ale po wymieszaniu z wodą powinna być użyta natychmiast. Zaleca się, aby materiał wysuszony w piecu, zanim znajdzie się w dyszy wylotowej lub maszynie do natryskiwania, był wstępnie zwilżony.

W przypadku stosowania cementu szybkowiążącego, procedura powinna być dostosowana do ograniczonego czasu przydatności do użycia mieszanki.

Podczas ładowania, transportowania i rozładowywania, a także napełniania urządzenia do natrysku na budowie, należy minimalizować niekorzystne zmiany w suchej mieszance, takie jak segregacja.

#### b) Metoda mokra

Należy zastosować odpowiednie środki, aby zapewnić odpowiednią urabialność mieszanki do zakończenia natryskiwania. Czas urabialności należy oznaczać w badaniach przedwykonawczych. Przed natryskiwaniem należy zawsze sprawdzić temperaturę mieszanki i opad stożka na budowie.

Nie należy używać mieszanki rozlanej podczas transportu lub która wydostała się z urządzenia do natrysku.

Podczas ładowania, transportowania i rozładowywania, a także napełniania urządzenia do natrysku na budowie, należy minimalizować niekorzystne zmiany w mieszance, takie jak segregacja, samoczynne wydzielanie się cieczy lub utrata zaczynu.

#### 5.10.3.4. Prowadzenie dyszy i kąt natryskiwania

Przed rozpoczęciem właściwego natryskiwania należy wyregulować strumień betonu (ciśnienie powietrza, przyspieszacz i strumień betonu). W trakcie tej czynności dysza powinna być zawsze skierowana w inną stronę niż betonowane podłoże.

Jakość natryskiwanego betonu zależy w dużym stopniu od właściwego prowadzenia dyszy w tym m.in. od odległości oraz od kąta natryskiwania. Odległość dyszy od powierzchni nakładania nie powinna być zbyt duża, ponieważ na skutek intensywnego hamowania grubych i drobnych cząstek mieszaniny dochodzi do znacznego jej rozproszenia. W przypadku zbyt małej odległości, przy metodzie suchej mogłoby nie dojść do pełnego nasycenia wodą suchych składników. Ponadto uderzenie o powierzchnię byłoby zbyt duże. Odległość pomiędzy dyszą, a natryskiwaną powierzchnią waha się zwykle w granicach 0,6÷1,8 m. Optymalna odległość dyszy od powierzchni nakładania wynosi około 1,0 m, a kąt pod jakim mieszanka jest nakładana 90°, tj. prostopadle do powierzchni. Gdy podłoże jest zbrojone, to wtedy należy torkretować z bliższej odległości i pod takim kątem, aby wypełnić przestrzeń pod prętami.

Odchylenie od optymalnej odległości i kąta uniesienia dyszy wylotowej może powodować zwiększone odbicie i pogarszać jakość betonu natryskowego.

#### 5.10.3.5. Natryskiwanie warstw torkretu

Torkretuje się zazwyczaj poziomymi pasami o wysokości 1,0 ÷ 1,5 m i warstwami grubości 1÷2 cm. W przypadku torkretowania warstwami, kolejną warstwę nakłada się po zapoczątkowaniu wiązania warstwy poprzedniej (kiedy poprzednia warstwa jest w stanie utrzymać kolejną), którą trzeba najpierw oczyścić, m.in. z mleczka cementowego. Jeżeli odstęp czasu między układaniem kolejnych warstw, niezbędnych do uzyskania określonej grubości całkowitej jest znaczący, powierzchnię poprzednio ułożonego betonu



natryskowego należy oczyścić nadmuchem powietrza, wodą pod wysokim ciśnieniem, szczotką albo piaskowaniem i wstępnie zwilżyć, jak podano w pktcie 5.9.9.

Dla bieżącej kontroli grubości wykonywanej warstwy można stosować druty lub pasy prowadzące albo inne znaczniki montowane do podłoża. Rodzaj zastosowanego znacznika musi być taki, aby po wykonaniu torkretu nie był on widoczny na powierzchni.

#### 5.10.3.6. Trudności w natryskiwaniu betonu

Natryskiwanie betonu może stwarzać trudności podczas:

- a) torkretowania załamów płaszczyzn, krawędzi, naroży wklęsłych i wypukłych, np. spodu ustroju płytowo-żebrowego przęsła.

W tych przypadkach należy torkretować najpierw wklęsłe załamania i naroża, aby umożliwić swobodne ujście powietrza i odbitego materiału, gdyż włączenie odbitego materiału do warstwy torkretu spowoduje jej osłabienie. Należy wtedy zastosować odpowiednie nachylenia dyszy, aby skierować strumień masy pod pewnym kątem do podłoża. W następnej kolejności należy torkretować powierzchnie płaskie. W celu ukształtowania krawędzi elementów należy stosować deskowania krawędziowe.

- b) torkretowania powierzchni silnie zbrojonych, np. żeber i belek.

Gęsto rozmieszczone grube pręty zbrojeniowe stwarzają niebezpieczeństwo powstawania niewypełnionych pustek powietrznych poza prętami. Aby nie dopuścić do tworzenia się „czap” torkretu na prętach od strony torkretowania, należy stosować mieszankę z większą zawartością wody oraz z ograniczoną ilością (lub pozbawioną) kruszywa grubego, a także torkretować pod zmiennymi kątami. Grubość pierwszej warstwy powinna być tak dobrana, aby całkowicie wypełniała przestrzeń między prętami.

- c) torkretowania na lub przez zbrojenie

Torkretowanie na lub przez zbrojenie może powodować powstawanie pustek pod zbrojeniem (tzw. zjawisko cienia). Aby je zminimalizować należy zwrócić uwagę, aby:

- zapewnić wystarczającą prędkość strumienia powietrza wokół pręta. Warunek ten jest spełniony, gdy zachowana zostanie odpowiednia odległość między dyszą a prętami, albo gdy wzmocniony zostanie strumień powietrza przenoszącego mieszankę betonową,
- otoczenie zbrojenia betonem zostało wykonane tak szybko, jak to jest możliwe, zapewniając osiągnięcie wymaganej otuliny pręta,
- usuwać spływającą wodę ze wstępnie zwilżonego podłoża.

#### 5.10.3.7. Odpadanie betonu od pokrywanej powierzchni

Nieodłącznym procesem związanym z torkretowaniem jest częściowe odpadanie betonu od pokrywanej powierzchni. Ilość odbitej mieszanki zależy od wielu parametrów torkretowania:

- nachylenia powierzchni torkretowanej i wynosi od kilkunastu procent (w przypadku torkretowania powierzchni pionowych) do 40÷50% (w przypadku torkretowania powierzchni sufitowych),

Przybliżoną zależność procentu odbicia w zależności od nachylenia powierzchni torkretowanej podaje tablica 5.

Tablica 5. Procent odbicia w zależności od nachylenia powierzchni

Powierzchnia	Strata [%]	
	Metoda sucha	Metoda mokra
Pozioma podłogowa	5÷15	0÷5
Nachylona albo pionowa	15÷25	5÷15
Sufitowa	25÷50	10÷20

- im większa energia narzutu tym większe straty; torkretowanie z większej odległości od podłoża zmniejsza straty (dyszę wylotową należy trzymać prostopadle do podłoża w odległości około 1 m),
- im twardsze podłoże tym większe straty; największe straty występują przy układaniu pierwszej warstwy (do 40%). Odbijane są zwłaszcza grubsze ziarna, a przyczepiają tylko ziarna o mniejszej średnicy. Przy nanoszeniu kolejnych warstw procent ten się zmniejsza, ponieważ kruszywo zaczyna wciskać się w poprzednią warstwę:
- im grubsze kruszywo tym większe straty,
- im bardziej sucha mieszanka tym większe straty.

Powyższe czynniki sprawiają, że skład torkretu różni się od składu mieszanki wyjściowej, co powinno być wzięte pod uwagę przy projektowaniu receptury mieszanki torkretowej.

#### 5.10.4. Faktura powierzchni torkretu

Warstwy torkretu powinny być jednorodne, bez raków i pustek powietrznych. Ostatnia warstwa powinna być gładka, bez wtrąceń materiału odbitego. Narzucony torkret powinien być zbity, wilgotny, matowy i nie powinien uginać się pod naciskiem palca. W celu uzyskania gładkiej warstwy wykończeniowej należy do niej zastosować drobniejsze kruszywo. Nie zalecane jest natomiast wygładzanie powierzchni torkretowanej packami tynkarskimi, ze względu na możliwość naruszenia struktury torkretu i jego przyczepności do podłoża.

Jeżeli wymagana jest specjalna tekstura powierzchni, można zastosować dodatkową obróbkę, np. ułożenie warstwy wierzchniej, którą poddaje się obróbce w celu uzyskania odpowiedniej tekstury.

#### 5.10.5. Pielęgnacja świeżego betonu

W kilka godzin po zakończeniu torkretowania należy przystąpić do pielęgnacji betonu. Dotyczy to również pośrednich etapów natryskiwania, jeżeli następna warstwa będzie układana później niż po 2 godzinach.

Jedynie w przypadku betonu, który będzie użytkowany tylko w środowisku o klasach ekspozycji X0 lub XC1, minimalny okres pielęgnacji może być skrócony do 12 godzin pod warunkiem, że temperatura powierzchni betonu jest równa 5°C lub wyższa.

Beton, który będzie użytkowany w środowisku o klasach ekspozycji innych niż X0 lub XC1 należy pielęgnować do osiągnięcia wytrzymałości co najmniej 50% wytrzymałości projektowej na ściskanie.

Dokonyje się tego przez:

- stałe, delikatne spryskiwanie wodą,
- pokrycie torkretu folią, plandekami, matami, piaskiem lub innym materiałem nasyconym wodą,
- kąpiel parową,

- stosowanie powłok ochronnych, najczęściej w formie emulsji (tylko w przypadku, gdy nie będzie nakładana kolejna warstwa. W przypadku, gdy środek pielęgnujący zostanie zastosowany, a następnie okaże się konieczne natryśnięcie kolejnych warstw torkretu, taka powłoka powinna zostać przedtem usunięta metodą strumieniowo-ścierną. Skuteczność stosowanego środka pielęgnacyjnego powinna być zweryfikowana w badaniach przedwykonawczych lub za pomocą odpowiedniej dokumentacji).
- W przypadku natryskiwania w niskiej temperaturze należy zastosować środki w celu ochrony przed mrozem. Ochrona taka powinna być stosowana do osiągnięcia przez beton natryskowy wytrzymałości na ściskanie co najmniej 5 MPa.

W czasie dojrzewania (szczególnie w czasie wiązania betonu) należy chronić zabetonowane elementy przed ewentualnym działaniem niskich temperatur, uderzeniami, drganiami. Zabiegi pielęgnacyjne należy wykonywać co najmniej przez siedem dni, zakończenie pielęgnacji nie powinno odbywać się gwałtownie, aby nie spowodować gwałtownego schnięcia torkretu.

## **6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT**

### **6.1. Ogólne zasady kontroli jakości robót**

Ogólne zasady kontroli jakości robót podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 6.

### **6.2. Badania przed przystąpieniem do robót**

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien:

- uzyskać wymagane dokumenty, dopuszczające wyroby budowlane do obrotu i powszechnego stosowania (np. stwierdzenie o oznakowaniu materiału znakiem CE lub znakiem budowlanym B, certyfikat zgodności, deklarację zgodności, aprobatę techniczną, ew. badania materiałów wykonane przez dostawców itp.), potwierdzające zgodność materiałów z wymaganiami pktu 2 niniejszej specyfikacji,
- ew. wykonać własne badania właściwości materiałów przeznaczonych do wykonania robót, określone w pkt 2 lub przez Inżyniera.

Wszystkie dokumenty oraz wyniki badań Wykonawca przedstawi Inżynierowi do akceptacji.

Podczas robót Wykonawca zobowiązany jest prowadzić protokół wykonania robót, w którym podaje wszystkie niezbędne informacje o warunkach atmosferycznych, stanie używanych materiałów, parametrach technologicznych wbudowania materiałów, ilości zastosowanych materiałów oraz wyniki badań wykonanych napraw. Wzory protokołów zostały zamieszczone w załącznikach do niniejszej OST.

### **6.3. Kontrola jakości materiałów**

Za sprawdzenie przydatności materiałów oraz jakości wbudowania odpowiada Wykonawca. Akceptacja materiałów następuje na podstawie dokumentów dostawy i sprawdzeniu ich na zgodność z wymaganiami specyfikacji technicznej - pkt 2. Na żądanie Inżyniera Wykonawca przedstawi aktualne wyniki badań materiałów wykonanych w ramach nadzoru wewnętrznego przez producenta.

#### **6.3.1. Kontrola składników**

Kontrolę składników należy przeprowadzić zgodnie z tablicą 6, w zależności od kategorii inspekcji.

Tablica 6. Kontrola składników

Lp.	Materiał	Inspekcja/badanie	Cel	Minimalna częstotliwość pobierania próbek (dla kategorii 2 i 3 inspekcji)
1	Cementy	Sprawdzenie dokumentu dostawy na zgodność z pkt 2 i receptą betonu natryskowego	Zapewnienie właściwego rodzaju i źródła	Każda dostawa
2	Kruszywa	Sprawdzenie dokumentu dostawy na zgodność z pkt 2 i receptą betonu natryskowego	Zapewnienie właściwego rodzaju i źródła	Każda dostawa
		Analiza sitowa zgodnie z PN-EN 933-1 [4]	Ocena zgodności z projektowaną krzywą uziarnienia	Pierwsza dostawa z nowego źródła
		Badanie zanieczyszczeń zgodnie z PN-EN 12620 [23] na zgodność z wymaganiami ST	Ocena obecności i ilości zanieczyszczeń	Pierwsza dostawa z nowego źródła
3	Domieszki <sup>*)</sup>	Sprawdzenie dokumentu dostawy i etykiety na pojemniku zgodnie z PN-EN 934-6 [29]	Zapewnienie zgodności z ST i jej właściwego oznakowania	Każda dostawa
4	Dodatki w postaci proszków	Sprawdzenie dokumentu dostawy na zgodność z ST i receptą betonu natryskowego	Zapewnienie zgodności przesyłki z zamówieniem	Każda dostawa
5	Dodatki w postaci zawieszin	Sprawdzenie dokumentu dostawy na zgodność z ST i receptą betonu natryskowego	Zapewnienie zgodności przesyłki z zamówieniem	Każda dostawa
		Sprawdzenie gęstości zgodnie z ISO 758 [42]	Zapewnienie jednorodności	Każda dostawa
6	Woda	Badanie zgodnie z PN-EN 1008 [5]	Zapewnienie braku szkodliwych substancji	Jeżeli woda nie jest wodą pitną, przy pierwszym użyciu wody z nowego źródła oraz w razie wątpliwości

\*) zaleca się pobieranie próbek z każdej dostawy i ich przechowywanie

### 6.3.2. Kontrola mieszanki podstawowej

Kontrolę mieszanki podstawowej należy przeprowadzać zgodnie z tablicą 7.

Tablica 7. Kontrola mieszanki podstawowej

Lp.	Rodzaj badania	Inspekcja/badanie	Cel	Minimalna częstotliwość pobierania próbek (dla kategorii 2 i 3 inspekcji)
1	Konsystencja w przypadku stosowania metody mokrej	Badanie zgodnie z PN-EN 12350-2 [40] lub PN-EN 12350-5 [41]	Ocena zgodności z wymaganą w receptie klasą konsystencji i sprawdzenie ewentualnych zmian zawartości wody	Przed rozpoczęciem produkcji
2	Zawartość domieszki z wyjątkiem przyspieszacza	Zapisywanie dodanej ilości	Sprawdzenie zawartości domieszki w mieszance	Każda partia
3	Zawartość dodatków	Zapisywanie dodanej ilości	Sprawdzenie zawartości domieszki w mieszance	Każda partia
4	Współczynnik w/c w przypadku metody mokrem	Obliczenie lub badanie	Ocena zgodności z receptą	Każda partia

#### 6.4. Kontrola przygotowania podłoża

Podłoże betonowe podlegające naprawie betonem natryskowym powinno być jednorodne, czyste, wolne od mleczka cementowego, piasku, pyłów, olejów i tłuszczów, a także oczyszczone z odstających grudek związanego betonu, skorodowanych, luźnych części betonu, starych powłok ochronnych i innych elementów pogarszających przyczepność.

Przedmiotem kontroli mającej za zadanie wykrycie ewentualnych wad przygotowania podłoża są:

– odspojenie

Celem jest wykrycie obszarów odspojonych w konstrukcji betonowej lub niezwiązanych pojedynczych ziaren kruszywa w powierzchniowej warstwie podłoża.

Młotkowanie lub ostukiwanie powierzchni betonu można przeprowadzać lekkim młotkiem lub innym przyrządem stosowanym w metodzie „impact-echo”. Badanie należy wykonać jednokrotnie przed przystąpieniem do robót naprawczych.

– czystość

Należy sprawdzić, czy na powierzchni nie występuje:

- stwardniały cement i inne osady,
- wady, takie jak kieszenie piaskowe,
- wykwity,
- kredowanie i wykruszanie ziaren kruszywa,

- luźne elementy takie jak pył, luźne i niezwiązane cząstki, odłamki betonu, ciała obce itp.,
- narośla organiczne,
- zanieczyszczenia takie jak olej, smar, nafta, tłuszcze itp.,
- środki antyadhezyjne, środki do pielęgnacji betonu lub pozostałości starych powłok,
- odspojenia betonu lub zaprawy.

Obecność pyłu lub zanieczyszczeń na powierzchni podłoża można wykryć wizualnie przez przetarcie, ścieranie, skrobanie lub zadrapanie powierzchni betonu. Taśma samoprzylepna przyłożona do powierzchni wykazuje obecność pyłu po oderwaniu.

Obecność zanieczyszczeń olejowych, tłustych zabrudzeń, środków antyadhezyjnych itp. wykryć można poprzez oględziny, próbę zwilżenia wodą, itp. W zależności od rodzaju zanieczyszczeń należy usunąć je mechanicznie, przez zmycie wodą z dodatkiem detergentu lub stosując specjalistyczne środki.

Badanie należy wykonać po przygotowaniu podłoża i bezpośrednio przed przystąpieniem do robót naprawczych.

- parametry wytrzymałościowe podłoża

Powierzchniową wytrzymałość na rozciąganie można mierzyć na placu budowy metodą „pull-off”, np. w sposób podany w PN-EN 1542 [8] lub analogiczny. Metodę tę można stosować bezpośrednio na badanej powierzchni lub w miejscu, gdzie powierzchnia została częściowo nawiercona, jeśli wymagany jest pomiar wytrzymałości na określonej głębokości pod powierzchnią.

Wytrzymałość na ściskanie można mierzyć np. metodami sklerometrycznymi (wyznaczając liczbę odbicia, np. zgodnie z PN-EN 12504-2 [31]).

Należy zwrócić uwagę na staranne przygotowanie powierzchni. Liczba i umiejscowienie punktów pomiarowych powinny być reprezentatywne dla konkretnej naprawianej konstrukcji lub jej elementu. Jeżeli ST ani dokumentacja projektowa nie podają inaczej, należy wykonać 1 badanie na 25 m<sup>2</sup> przygotowanego podłoża, ale nie mniej niż 1 badanie na element (podporę, płytę) lub można pobrać próbki rdzeniowe i przeprowadzić badanie zgodnie z PN-EN 12504-1 [30].

Wyniki należy porównać z wymaganiami podanymi w pktcie 5.9.8.

- temperatura podłoża

Zaleca się, aby pomiar temperatury powierzchni podłoża był dokonywany termometrem przeznaczonym do pomiaru temperatury powierzchniowej.

Jeśli zachodzi potrzeba dokładnego pomiaru temperatury podłoża, po zastosowaniu odpowiedniego materiału zapewniającego kontakt termiczny z podłożem można przeprowadzić pomiar w następujący sposób: zaleca się umieszczenie termometru w pozycji pomiarowej w środku materiału izolacyjnego, takiego jak płyta styropianowa o wymiarach 0,5 m<sup>2</sup> i grubości 70 mm. Zaleca się przeprowadzenie pomiaru przy ustabilizowanej temperaturze, tzn., kiedy zmiana temperatury z upływem czasu jest niższa niż 1°C/5 minut. Częstotliwość pomiaru temperatury oraz jej wartości powinny być zgodne z pkttem 5.10.2.

- karbonatyzacja

Badanie można przeprowadzić za pomocą wskaźnika fenoloftaleinowego; jest ono podane w PN-EN 14630 [35].

- zawartość chlorków

Zawartość chlorków w podłożu betonowym można określać pobierając próbki, które po sproszkowaniu poddaje się analizie w laboratorium metodą podaną w PN-EN 14629 [39]. Alternatywnie można używać systemów do badań przeznaczonych do stosowania na placu budowy (opartych np. na metodach elektrochemicznych).

– zanieczyszczenia podłoża i rysy

Podłoże betonowe i rysy mogą być zanieczyszczone środkami powodującymi uszkodzenie podłoża oraz ułatwiającymi korozję zbrojenia. Do zanieczyszczeń tych należą dwutlenek węgla, chlorki, siarczany i inne substancje organiczne i nieorganiczne. Historia konstrukcji i jej otoczenia z dużym prawdopodobieństwem wskazuje możliwe zanieczyszczenia. Jeśli istnieje podejrzenie zanieczyszczenia, można pobrać próbki za pomocą wiercenia i zbadać je w laboratorium, aby wykonać ilościową i jakościową analizę zanieczyszczeń. Alternatywnie, dla niektórych rodzajów zanieczyszczeń (np. siarczany, azotany), można używać systemów do badań przeznaczonych do stosowania na placu budowy.

– wymiar istniejącego zbrojenia

Zaleca się wymiary zbrojenia mierzyć mechanicznie, ustalając wymiary przekroju w miejscach, w których po usunięciu produktów korozji uzyskano minimalną powierzchnię przekroju, tak aby można było ją porównać z wymaganą przez dokumentację projektową. Badanie należy wykonać dla każdego oczyszczonego pręta.

– stopień korozji istniejącego zbrojenia

Ubytek powierzchni stali zbrojeniowej na skutek korozji można oszacować za pomocą pomiaru mechanicznego. Zaleca się zwrócenie szczególnej uwagi na wykrycie wżerów korozyjnych w stali. Ubytek stali nie może przekraczać maksymalnej wartości określonej przez dokumentację projektową. Badanie należy wykonać dla każdego oczyszczonego pręta.

– czystość prętów zbrojeniowych

Pręty stalowe powinny być wolne od rdzy, smaru i innych zanieczyszczeń. Stopień czystości powinien wynosić Sa 2½ wg PN-EN ISO 8501-1 [7]. Badanie należy wykonać dla każdego oczyszczonego pręta.

– pokrycie prętów zbrojeniowych powłoką antykorozyjną

Pręty zbrojeniowe powinny być pokryte środkiem antykorozyjnym zgodnie z pkt 5.9.6. Badanie należy wykonać dla każdego oczyszczonego pręta.

– równość (odchyłki wymiarowe) i spadek podłoża

Powinien być zgodny z wymaganiami dokumentacji projektowej (wartości i sposób sprawdzenia zależą od rodzaju naprawianego elementu i są podawane dla konkretnego elementu/obiektu przez dokumentację projektową).

Wykonawca zobowiązany jest przedstawić Inżynierowi do akceptacji wyniki badań podłoża.

Z przygotowania podłoża oraz z zabezpieczenia prętów zbrojeniowych zostanie sporządzony protokół. Przykład protokołu został zamieszczony w załącznikach 2 i 3.

## **6.5. Badanie wykonanego torkretu**

### **6.5.1. Częstotliwość badań**

Badanie wykonanego torkretu obejmuje kontrolę:

- wytrzymałości na ściskanie,
- gęstości betonu stwardniałego,
- odporności na penetrację wody,
- mrozoodporności,

- przyczepności.

Jeżeli ST nie wymaga inaczej można przyjąć częstotliwość badań podaną poniżej. W tablicy 8 podano minimalną częstotliwość pobierania próbek w stosunku do wielkości produkcji lub powierzchni podlegającej natryskiwaniu (należy wybrać taką metodę kontroli, w której ilość próbek jest największa).

Tablica 8. Kontrola właściwości betonu natryskowego

Lp.	Rodzaj badania	Inspekcja zgodnie z	Minimalna częstotliwość pobierania próbek	
			Kategoria 2 inspekcji	Kategoria 3 inspekcji
1	Wytrzymałość na ściskanie	PN-EN 12504-1 [30]	1/100 m <sup>3</sup> lub 1/500 m <sup>2</sup> lub min 2	1/50 m <sup>3</sup> lub 1/250 m <sup>2</sup> lub min 3
2	Odporność na penetrację wody	PN-EN 12390-8 [33]	1/500 m <sup>2</sup> lub min 2	1/250 m <sup>2</sup> lub min 3
3	Mrozoodporność	PN-B-06250 [6]	1/500 m <sup>2</sup> lub min 2	1/250 m <sup>2</sup> lub min 3
4	Przyczepność	PN-EN 1542 [8]	1/500 m <sup>2</sup> 1 lub min 2	1/250 m <sup>2</sup> lub min 3
5	Wodoszczelność	PN-B-06250 [6]	1/500 m <sup>2</sup> lub min 2	1/250 m <sup>2</sup> lub min 3

### 6.5.2. Wymagania dla betonu natryskowego

Istnieją dwie podstawowe metody badania jakości torkretu: wycinanie próbek torkretu narzuconego na konstrukcję lub wykonywanie równoległe z torkretowaniem, w tych samych warunkach i pozycji płyt torkretowych, zgodnie z PN-EN 14488-1[16] i następnie wycinanie z nich odpowiednich próbek (metoda zalecana).

Badany beton natryskowy powinien spełniać wymagania:

#### 6.5.2.1. Wytrzymałość na ściskanie

Wytrzymałość na ściskanie betonu natryskowego należy oznaczać na podstawie badań przeprowadzonych po 28 dniach, zgodnie z PN-EN 12504-1 [30], za pomocą maszyn wg PN-EN 12390-4 [22], na odwiertach rdzeniowych pobranych zgodnie z PN-EN 12504-1 [30] z konstrukcji wykonanej z betonu natryskowego lub płyt wykonanych z betonu natryskowego, zgodnie z PN-EN 14488-1 [16] (zalecane). Minimalna średnica rdzeni powinna wynosić 50 mm, a stosunek wysokość/średnic powinien wynosić 1,0 lub 2,0 (2,0 – jeśli badanie wykonywane jest na walcach, 1,0 – jeśli badanie wykonywane jest na kostkach).

Próbkę należy badać zgodnie z PN-EN 12504-1 [30].

Zgodność wytrzymałości na ściskanie betonu natryskowego należy oceniać zgodnie z tablicą 9, biorąc pod uwagę:

- grupy „n” kolejnych pojedynczych wyników badania (kryterium 1),
- każdy pojedynczy wynik badania (kryterium 2).

Każdy pojedynczy wynik badania stanowi średnią wytrzymałość na ściskanie 5 odwiertów rdzeniowych, pobranych z pojedynczej płyty badawczej na budowie. Jeśli wynik badania jednego odwiertu lub dwóch odwiertów rdzeniowych różni się o więcej niż



o  $\pm 20\%$  od wartości średniej, wyniku tego nie należy uwzględniać w obliczeniach pod warunkiem, że wartość średnią uzyskano co najmniej z trzech odwiertów rdzeniowych.

Tablica 9. Kryteria zgodności dotyczące wyników badania wytrzymałości na ściskanie

Produkcja	Liczba n wyników badania wytrzymałości na ściskanie w danej grupie	Kryterium 1	Kryterium 2
		Średnia z „n” wyników $f_{cm}$ w MPa	Każdy pojedynczy wynik badania $f_{ci}$ w MPa
Początkowa	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
Ciągła	15	$\geq f_{ck} + 1,48 \delta$	$\geq f_{ck} - 4$

$f_{ck}$  – wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie

$\delta$  – odchylenie standardowe z co najmniej 6 próbek

Zgodność wytrzymałości na ściskanie uznaje się za potwierdzoną, jeżeli spełnione są oba kryteria podane w tablicy 9.

Jeżeli Inżynier dopuści, badanie wytrzymałości na ściskanie można przeprowadzić również metodami nieniszczącymi „in-situ”, zgodnie z Zaleceniami dotyczącymi jakości betonu „in-situ w istniejących konstrukcjach obiektów mostowych [46]. Ilość miejsc pomiarowych i wyniki badań należy ocenić wg [31]. Miejsca uszkodzone podczas badań należy naprawić przy użyciu zapraw niskoskurczowych, zachowując wymagania technologiczne odnośnie ich stosowania podane w ich kartach technicznych. W czasie napraw należy także dążyć do odtworzenia, w miejscu wykonywania naprawy, charakteru istniejącej faktury i koloru betonu.

Wytrzymałość badana zgodnie z PN-EN 12504-1 [30] lub metodą nieniszczącą powinna być zgodna z wymaganiami dokumentacji projektowej dla naprawianego elementu.

Jeśli jest to wymagane przy pobieraniu próbek na ściskanie można wykonać badanie gęstości betonu zgodnie z PN-EN 12390-7 [32].

#### 6.5.2.2. Odporność na penetrację

Beton natryskowy spełnia wymaganie odporności na penetrację, jeżeli wartość średnia zbioru badanych próbek (co najmniej 3 badane próbki w wieku co najmniej 28 dni) spełnia wartości graniczne podane w pktcie 2.3.2 i ST.

#### 6.5.2.3. Mrozoodporność

Beton natryskowy spełnia wymaganie mrozoodporności, jeżeli wyniki badania spełniają wartości graniczne podane w pktcie 2.3.2 i ST.

#### 6.5.2.4. Przyczepność do podłoża

Przyczepność betonu natryskowego (jako materiału naprawczego) do podłoża należy badać zgodnie z PN-EN 1542 [8], z wyjątkiem wymiaru form, który nie powinien być mniejszy niż 500 mm  $\times$  500 mm, aby zapewnić co najmniej 100 mm obszar graniczny, co pozwoli wykluczyć z badania strefę wadliwą na krawędziach próbki. Powierzchnia próbki powinna być zacierana lub szlifowana, w przeciwnym razie badanie należy przeprowadzić na odwiertach rdzeniowych zgodnie z PN-EN 14488-4 [18].

Beton natryskowy spełnia wymaganie przyczepności, jeżeli wartość średnia zbioru badanych próbek (co najmniej 3 badane próbki) nie jest niższa niż wartości podane w pkt 2.3.2 lub ST.

#### 6.5.2.5. Wodoszczelność

Beton natryskowy spełnia wymaganie wodoszczelności, jeżeli wyniki badania spełniają wartości graniczne podane w pkt 2.3.2 i ST.

### 6.6. Tolerancje geometryczne

Tolerancje dla gabarytów konstrukcji pokrytej betonem natryskowym powinny być zgodne z ST, jak dla elementu betonowego podlegającego naprawie.

#### 6.6.1. Grubość

Należy podjąć odpowiednie kroki w celu kontrolowania grubości betonu podczas natryskiwania. Odpowiednie metody obejmują stosowanie przekładek, wkładek dystansowych i prowadnic.

Grubość betonu natryskowego po ułożeniu należy oznaczać zgodnie z PN-EN 14488-6 [19]. Jeżeli ST nie podaje inaczej, grubość warstwy betonu natryskowego nie powinna różnić się od projektowanej o więcej niż  $\pm 10\%$ .

Po zakończeniu napraw należy sprawdzić grubość wykonanej otuliny zbrojenia w naprawianym elemencie metodami nieniszczącymi, pod kątem zachowania wartości przyjętych w dokumentacji projektowej.

### 6.7. Wyniki kontroli i badania dodatkowe

Z pomiarów kontrolnych Wykonawca sporządzi protokół. Wzór protokołu został przedstawiony w załączniku 5. Na żądanie Inżyniera kontrola może objąć również badania innych właściwości materiałów i wykonanej naprawy.

## 7. OBMIAR ROBÓT

### 7.1. Ogólne zasady obmiaru robót

Ogólne zasady obmiaru robót podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1], pkt 7.

### 7.2. Jednostka obmiarowa

Jednostką obmiarową jest  $m^2$  (metr kwadratowy) powierzchni pokrytej torkretem danej grubości.

## 8. ODBIÓR ROBÓT

### 8.1. Ogólne zasady odbioru robót

Ogólne zasady odbioru robót podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1], pkt 8.

Roboty uznaje się za wykonane zgodnie z dokumentacją projektową, ST i wymaganiami Inżyniera, jeżeli wszystkie pomiary i badania z zachowaniem tolerancji wg punktu 6 dały wyniki pozytywne.

### 8.2. Odbiór robót zanikających i ulegających zakryciu

Odbiorowi robót zanikających i ulegających zakryciu podlegają:

- zakres i kształt odkucia betonu,
- oczyszczenie, naprawa i zabezpieczenie odsłoniętego zbrojenia,
- oczyszczenie powierzchni betonowej,
- ewentualne wklejenie prętów kotwiących i zbrojenia przeciwskurczowego i zabezpieczenie antykorozyjne zbrojenia.

Odbiór tych robót powinien być zgodny z wymaganiami OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] oraz niniejszej OST.

## **9. PODSTAWA PŁATNOŚCI**

### **9.1. Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności**

Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1], pkt 9.

### **9.2. Cena jednostki obmiarowej**

Cena jednostki obmiarowej obejmuje:

- roboty przygotowawcze i pomiarowe,
- zakup, dostawę i magazynowanie materiałów, konstrukcji lub wyrobów potrzebnych do wykonania robót,
- usunięcie skorodowanego betonu,
- oczyszczenie i uzupełnienie skorodowanych prętów zbrojeniowych,
- ewentualne wklejenie dodatkowego zbrojenia (kotwiącego, przeciwskurczowego),
- zabezpieczenie antykorozyjne zbrojenia,
- oczyszczenie powierzchni betonowej,
- natryskanie i pielęgnację kolejnych warstw betonu,
- wykonanie i rozbiórkę rusztowań, pomostów roboczych, urządzeń pomocniczych, niezbędnych do wykonania robót,
- zapewnienie bezpieczeństwa robót i ochrony środowiska,
- wykonanie badań,
- uporządkowanie miejsca robót.

### **9.3. Sposób rozliczenia robót tymczasowych i prac towarzyszących**

Cena wykonania robót określonych niniejszą OST obejmuje:

- roboty tymczasowe, które są potrzebne do wykonania robót podstawowych, ale nie są przekazywane Zamawiającemu i są usuwane po wykonaniu robót podstawowych,
- prace towarzyszące, które są niezbędne do wykonania robót podstawowych, niezaliczane do robót tymczasowych.

## **10. PRZEPISY ZWIĄZANE**

### **10.1. Ogólne specyfikacje techniczne (OST)**

1. D-M-00.00.00 Wymagania ogólne
2. M-12.01.00 Stal zbrojeniowa

### **10.2. Normy**

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

- |     |                                      |   |
|-----|--------------------------------------|---|
| 4.  | PN-EN 933-1                          | Badanie geometrycznych właściwości kruszyw - Oznaczanie składu ziarnowego   |
| 5.  | PN-EN 1008                           | Woda zarobowa do betonu -- Specyfikacja pobierania próbek, badanie i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu   |
| 6.  | PN-B-06250:1988                      | Beton zwykły  |
| 7.  | PN-ISO 8501-1:1996/AD1:1998/AP1:2002 | Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów - Wzrokowa ocena czystości powierzchni - Stopnie skorodowania i stopnie przygotowania niezabezpieczonych podłoży stalowych po całkowitym usunięciu wcześniej nałożonych powłok (Dodatek Ad1) |
| 8.  | PN-EN 1542                           | Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Pomiar przyczepności przez odrywanie   |
| 9.  | PN-EN 1544                           | Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Oznaczanie pełzania syntetycznych wyrobów żywicznych (PC) przy długotrwałym obciążeniu rozciągającym prętów zbrojeniowych kotwienia  |
| 10. | PN-EN 1504-7                         | Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności - Część 7: Ochrona zbrojenia przed korozją  |
| 11. | PN-EN 15183                          | Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Metody badań - Badanie ochrony przed korozją  |
| 12. | PN-EN 12614                          | Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Metody badań - Oznaczanie temperatury zeszklenia polimerów  |
| 13. | PN-EN 15184                          | Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Metody badań - Przyczepność otulonej stali do betonu przy ścinaniu (badanie wrywania)   |
| 14. | PN-EN 1881                           | Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Badanie wyrobów kotwiących metodą wrywania   |
| 15. | PN-EN 1015-17                        | Metody badań zapraw do murów - Część 17: Określenie zawartości chlorków rozpuszczalnych w wodzie w świeżych zaprawach   |
| 16. | PN-EN 14488-1                        | Badanie betonu natryskowego - Część 1: Pobieranie próbek mieszanki betonowej i stwardniałego betonu   |
| 17. | PN-EN 13670                          | Wykonywanie konstrukcji z betonu  |
| 18. | PN-EN 14488-4                        | Badanie betonu natryskowego - Część 4:  |

- |                         |   |
|-------------------------|---|
|                         | Wytrzymałość złącza w odwiertach przy bezpośrednim rozciąganiu  |
| 19. PN-EN 14488-6       | Badanie betonu natryskowego - Część 6: Grubość warstwy betonu na podłożu  |
| 20. PN-EN 14487-1       | Beton natryskowy - Definicje, wymagania i zgodność  |
| 21. PN-EN 14487-2       | Beton natryskowy - Część 2: Wykonywanie   |
| 22. PN-EN 12390-4       | Badania betonu - Część 4: Wytrzymałość na ściskanie - Wymagania dla maszyn wytrzymałościowych   |
| 23. PN-EN 12620+A1:2010 | Kruszywa do betonu  |
| 24. PN-EN 206-1         | Beton - Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność   |
| 25. PN-EN 13263-1       | Pył krzemionkowy do betonu - Część 1: Definicje, wymagania i kryteria zgodności   |
| 26. PN-EN 450-1         | Popiół lotny do betonu - Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności  |
| 27. PN-EN 15167-1       | Mielony granulowany żużel wielkopiecowy do stosowania w betonie, zaprawie i zaczynie - Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności                                  |
| 28. PN-EN 934-5         | Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu - Część 5: Domieszki do betonu natryskowego - Definicje, wymagania, zgodność, oznakowanie i etykietowanie                              |
| 29. PN-EN 934-6         | Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu - Część 6: Pobieranie próbek, kontrola zgodności i ocena zgodności   |
| 30. PN-EN 12504-1       | Badania betonu w konstrukcjach - Część 1: Próbkierdzeniowe - Pobieranie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie   |
| 31. PN-EN 12504-2       | Badania betonu w konstrukcjach - Część 2: Badanie nieniszczące - Oznaczanie liczby odbicia  |
| 32. PN-EN 12390-7       | Badania betonu - Część 7: Gęstość betonu  |
| 33. PN-EN 12390-8       | Badania betonu - Część 8: Głębokość penetracji wody pod ciśnieniem  |
| 34. PN-EN 1504-6        | Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności - Część 6: Kotwienie stalowych prętów zbrojeniowych |
| 35. PN-EN 14630         | Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Oznaczenie głębokości karbonatyzacji w stwardniałym betonie metodą fenoloftaleinową              |
| 36. PN-EN 14629         | Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Oznaczenie zawartości chlorków w betonie   |
| 37. PN-B- 01807:1988    | Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie - Konstrukcje betonowe i żelbetowe - Zasady   |

38. PN-EN 1504-10 diagnostyki konstrukcji  
Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności - Część 10: Stosowanie wyrobów i systemów na placu budowy oraz sterowanie jakością prac
39. PN-EN 14629 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Oznaczanie zawartości chlorków w betonie
40. PN-EN 12350-2 Badania mieszanki betonowej - Część 2: Badanie konsystencji metodą opadu stożka
41. PN-EN 12350-5 Badania mieszanki betonowej - Część 5: Badanie konsystencji metodą stolika rozpliwowego
42. ISO 758 Liquid chemical products for industrial use - Determination of density at 20 degrees C

### **10.3. Inne dokumenty**

43. Zalecenia dotyczące stosowania domieszek i dodatków do betonów i zapraw w budownictwie komunikacyjnym, GDDP, Warszawa 1998
44. Zalecenia do wykonywania oraz odbioru napraw i ochrony powierzchniowej betonu w konstrukcjach mostowych, IBDiM, Żmigród 1998
45. Wytyczne badań właściwości ochronnych betonu względem zbrojenia w mostach, IBDiM, Informacje, instrukcje, zeszyt 39, Warszawa 1992
46. Zalecenia dotyczące oceny jakości beton „in-situ” w istniejących konstrukcjach obiektów mostowych, GDDP, Warszawa 1998
47. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz.U. 2004 nr 92 poz. 881 z późn. zm.)