M.20.20.15D INIEKCJE CIŚNIENIOWE RYS

1. Wstęp

1.1. Przedmiot OST

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

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 zarysowanych mostowych konstrukcji betonowych za pomocą iniekcji materiałami na bazie spoiw hydraulicznych lub polimerowych. Iniekcję stosuje się w celu uniknięcia szkodliwych konsekwencji obecności pustek i rys w betonie:

- aby osiągnąć nieprzepuszczalność i tym samym wodoszczelność,
- aby uniknąć wnikania agresywnych czynników, które mogłyby powodować korozję zbrojenia,
- aby wzmocnić konstrukcję przez wzmocnienie betonu.

1.4. Określenia podstawowe

1.4.1. Wyroby i systemy do iniekcji – wyroby i systemy wprowadzone do konstrukcji betonowej, przywracające ciągłość i trwałość konstrukcji.

1.4.2. Wyroby iniekcyjne do przenoszącego siły wypełnienia rys, pustek i szczelin w betonie (F) (zwane dalej wyrobami do wypełnienia rys) – wyroby, które mogą tworzyć połączenie z powierzchnią betonu i przenosić siły. Wyroby do wypełnienia rys mogą być także stosowane do wypełniania bez utworzenia połączenia przenoszącego siły.

1.4.3. Wyroby iniekcyjne do elastycznego wypełniania rys, pustek i szczelin w betonie (D) – elastyczne wyroby, które mogą dostosować się do kolejnych odkształceń.

1.4.4. Wyroby iniekcyjne dopasowujące się przez pęcznienie, do wypełniania rys, pustek i szczelin w betonie (S) – wyroby, które w stanie utwardzonym mogą wielokrotnie pęcznieć na skutek absorpcji wody, przy czym woda jest wiązana przez składnik wyrobu iniekcyjnego. Wyroby te, określane jako żele, są stosowane jedynie do uszczelniania przeciwwodnego rys i pustek w warunkach wilgotnych, mokrych lub płynącej wody.

1.4.5. Wyrób iniekcyjny zawierający spoiwo polimerowe (P) – wyrób, którego utwardzenie jest związane z utwardzeniem spoiwa polimerowego. Reaktywną część spoiwa polimerowego biorącą udział w utwardzaniu spoiwa stanowi grupa funkcyjna.

1.4.6. Wyrób iniekcyjny zawierający spoiwo hydrauliczne (H) – wyrób, którego utwardzenie związane jest z hydratacją spoiwa hydraulicznego.

1.4.7. Iniekcja ciśnieniowa – sposób naprawy polegający na wtłaczaniu pod ciśnieniem w uszkodzone miejsce wyrobu do iniekcji.

1.4.8. Metoda naprawy – technologia prac naprawczych dobrana do konkretnego obiektu. Według PN-EN 1504-10 [33] dla niniejszej OST będą to następujące metody:

- metoda 1.5 – wypełnianie rys,
- metoda 4.5 – iniekcja rys, pustek i szczelin,
- metoda 4.6 – wypełnianie rys, pustek i szczelin.

1.4.9. Czas przydatności do użycia wyrobów iniekcyjnych – okres, w którym wyrób po wymieszaniu:

- w przypadku wyrobów iniekcyjnych zawierających spoiwo polimerowe, wykazuje wzrost temperatury o 15°C (lub maksymalny wzrost temperatury, jeżeli jest on mniejszy niż 15°C),
- w przypadku wyrobów iniekcyjnych zawierających spoiwo hydrauliczne, obniża zakładaną stabilność filtracji.

1.4.10. Czas urabialności wyrobów iniekcyjnych – okres, w którym cały zarób zmieszanego wyrobu iniekcyjnego pozostaje urabialny w granicznych warunkach, do stosowania w których jest przeznaczony. Czas urabialności szacuje się jako 70% czasu przydatności do użycia, chyba że producent zaleca inaczej. Zależy on od temperatury, wilgotności, objętości mieszanki iniekcyjnej, reaktywności wyrobu, techniki iniekcji.

1.4.11. Szerokość rysy – szerokość rysy mierzona na powierzchni betonu.

1.4.12. Iniektowalność – zdolność wyrobu iniekcyjnego do wnikania w głąb rysy. Iniektowalność określa się minimalną szerokością rysy w milimetrach, w stosunku do której wyrób jest przydatny. Pod uwagę bierze się następujące szerokości rysy: 0,1 mm, 0,2 mm, 0,3 mm, 0,5 mm, 0,8 mm.

1.4.13. Stopień zawilgocenia rysy – zawartość wody w rysie lub wypływającej z rysy.

Rozróżnia się następujące stopnie zawilgocenia:

- suche – brak wody w rysie lub na jej ściankach; wykluczone jest przemieszczanie się wody w rysie w czasie iniekcji i utwardzania wyrobu iniekcyjnego. Na suchy stan rysy wskazuje jednakowa barwa rysy i sucha powierzchnia betonu,
- wilgotne – brak wody w rysie; obecność wody na ściankach bocznych rysy, jednakże bez warstwy wody na powierzchni ścianek. Na wilgotny stan rysy wskazuje różnica barwy między powierzchnia rysy a suchą powierzchnią betonu,
- mokre – obecność stojącej wody w rysie. Charakterystyczna dla mokrej rysy jest obecność wody na powierzchni rysy,
- wypływ wody – woda płynąca przez rysę.

1.4.14. Propagacja rys – zmiana rozwartości rys w czasie spowodowana:

- oddziaływaniem mechanicznym (np. ruch drogowy),
- innymi oddziaływaniami fizycznymi, codziennymi (np. działanie słońca) lub okresowymi.

1.4.15. Spoiwo hydrauliczne (H) – materiał nieorganiczny, który reagując z wodą ulega hydratacji tworząc ciało stałe (na ogół są to cementy zgodne z PN-EN 197-1 [22]).

1.4.16. Spoiwo polimerowe (P) – spoiwo (np. żywica syntetyczna) składające się zasadniczo z dwóch komponentów, reaktywnego polimeru oraz utwardzacza lub katalizatora, utwardzające się w temperaturze otoczenia. Para wodna z otoczenia może w niektórych systemach działać jako utwardzacz/katalizator. Typowymi spoiwami polimerowymi są np. epoksydy, akryle ulegające sieciowaniu oraz jedno lub dwuskładnikowe poliuretany.

1.4.17. Paker – końcówka mocowana w naprawianym elemencie (paker wkręcany, wbijany) lub przyklejany do naprawianego elementu (paker klejony), umożliwiająca wprowadzenie w rysę/pęknięcie/pustkę wyrobu iniekcyjnego (iniektu).

1.4.18. 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 i PN-EN 1504-1 [23].

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.

Za sprawdzenie przydatności materiałów oraz jakość wbudowania odpowiada Wykonawca. Zastosowane materiały powinny być oznakowane znakiem CE lub B.

Wymagania i właściwości użytkowe materiałów muszą odpowiadać zamierzonym zastosowaniom i przyjętym metodom naprawy. Dla wyrobów deklarowanych na zgodność z normą PN-EN 1504-5 [29], decyzję o uwzględnieniu w wymaganiach parametrów dodatkowych (dla niektórych zastosowań) podejmuje projektant indywidualnie dla każdej naprawianej konstrukcji, w zależności od przyczyn uszkodzeń, oddziaływujących obciążeń i metody naprawy.

Do iniekcji mogą być stosowane wyroby zawierające spoiwo polimerowe (epoksydowe, poliuretanowe lub akrylowe) lub hydrauliczne. Należy stosować rozwiązania systemowe; niedopuszczalne jest mieszanie systemów.

2.2. Rodzaje wyrobów iniekcyjnych wg wymagań PN-EN 1504-5 [29]

Wymagane właściwości użytkowe wyrobów do napraw konstrukcji lub elementów betonowych i żelbetowych przez iniekcję wg PN-EN 1504-5 [29] podano w tablicach poniżej.

2.2.1. Wyroby iniekcyjne do przenoszenia siły wypełniania rys (F)

Wyroby iniekcyjne do przenoszenia siły wypełniania rys powinny spełniać wymagania podane w tablicy 1.

Tablica 1. Wyroby iniekcyjne do przenoszącego siły wypełniania rys – wymagania użytkowe

Lp.	Właściwości użytkowe	Metoda badania	Wymagania
Właściwości podstawowe			
1	Adhezja mierzona jako przyczepność przy rozciąganiu (H,P)	PN-EN 12618-2[3]	Dla wzmocnienia konstrukcyjnego (H,P): F1: $f_{ct} \geq 3{,}0$ N/mm^2 (2,5 N/mm^2)[a)] F2: $f_{ct} \geq 2{,}0$ N/mm^2 (1,5 N/mm^2)[a)] Dla wyrobów iniekcyjnych przeznaczonych jedynie dla wypełnienia pustek i szczelin oraz

			ochrony przed wnikaniem i zapewnienia wodoszczelności rys (H): F3: wartość deklarowana (H)
2	Wytrzymałość na ściskanie (H)	PN-EN 12190 [4]	F3:>20 N/mm^2 po 7 dniach Dla wyrobów iniekcyjnych przeznaczonych jedynie dla wypełniania pustek i szczelin (H)
3	Adhezja mierzona przy ścinaniu skośnym (H,P)*)	PN-EN 12618-3 [5]	Zniszczenie monolityczne (wzór zarysowania analogiczny jak w próbie kontrolnej)
4	Substancje nielotne (P)	PN-EN ISO 3251[36] Początkowa masa próbki ze świeżej mieszanki – 10g (m1) Po 7 dniach przechowywania w temp. (21±2)°C i wilgotności względnej 1%, 3 godzinach suszenia w temp.105°C (masa końcowa, m2)	>95%
5	Samoczynne wydzielanie się cieczy (H)	PN-EN 445 /3.3 [6]	Samoczynne wydzielanie się cieczy po 3h<1% początkowej objętości
6	Zmiana objętości (H)	PN-EN 445 /3.4 [6]	-1% < zmiana objętości < +5% objętości początkowej
7	Temperatura zeszklenia (P)*)	PN-EN 12614 [7]	> 40°C
8	Zawartość chlorków (H)*)	PN-EN 196-2 [8]	< 0,2%
Właściwości dotyczące urabialności			
9	Iniektowalność w suchy materiał – szerokość rysy 0,1 mm - 0,2 mm ÷ 0,3 mm: oznaczenie iniektowalności i rozłupywanie (H,P)	PN-EN 1771 [9]	Klasa iniektowalności (P) 1:<4 min. (tylko dla słupów) przy szerokości rysy 0,1 mm 2:< 8min.(tylko dla słupów) przy szerokości rysy 0,2 mm 3:<12 min (tylko dla słupów) Klasa iniektowalności (H) 3:<12 min +20 ml nadmiaru – przy rysie szerokości 0,3 mm Badanie rozłupywania: > 7 N/mm^2 (P) > 3 N/mm^2 (H)
	– szerokość rysy: 0,5 mm - 0,8 mm lub w przypadku, gdy nie stosuje się PN-EN 1771[9]: oznaczanie adhezji mierzonej jako przyczepność przy rozciąganiu (H,P)	PN-EN 12618-2 [3] Beton typ MC(040) Przy szerokościach rysy 0,5 mm i 0,8 mm należy stosować obojętne, elastyczne przekładki dystansujące, grubości odpowiednio 0,5 mm i 0,8 mm	Pryz spełnionym warunku adhezji (1) 5:Procent wypełnienia rysy >90 w rysie szerokości 0,5 mm 8:Procent wypełnienia rysy >90 w rysie o szerokości 0,8 mm

10	Iniektowalność w nie-suchy materiał – szerokość rysy 0,1 mm - 0,2 mm ÷ 0,3 mm: oznaczenie iniektowalności i rozłupywanie (H,P)	PN-EN 1771 [9]	Klasa iniektowalności : 1:< 4 min. (tylko dla słupów) dla rys szer. 0,1 mm 2:< 8min. (tylko dla słupów) dla rys szer. 0,2 mm 3:<12 min (tylko dla słupów) dla rys szer. 0,3 mm Klasa iniektowalności (H) 3:<4 min +20 ml nadmiaru dla rys szer. 0,3 mm Badanie rozłupywania: > 7 N/mm^2 (P) > 3 N/mm^2 (H) Spełnione wymaganie (nr 1) dotyczące adhezji
	– szerokość rysy: 0,5 mm - 0,8 mm lub w przypadku, gdy nie stosuje się PN-EN 1771 [9] (H,P)	Uwzględnione w oznaczaniu przyczepności przy rozciąganiu wg PN-EN 12618-2 [3] Przy szerokościach rysy 0,5 mm i 0,8 mm należy stosować obojętne, elastyczne przekładki dystansujące, grubości odpowiednio 0,8 mm	Klasa iniektowalności (H,P) Kiedy spełnione są warunki adhezji (pkt.1) 5: Procent wypełnienia rysy > 90 w rysie szer. 0,5 mm 8: Procent wypełnienia rysy > 90 w rysie szer. 0,8 mm
11	Lepkość (P)	PN-EN ISO 3219 [10]	Wartość deklarowana
12	Czas wypływu (H)	PN-EN 14117[11]	Wartość deklarowana
Właściwości dotyczące reaktywności			
13	Czas urabialności (H,P)	PN-EN ISO 9514 [12] Czas przydatności do użycia: dla (P) bada-nie należy przeprowadzić w trzech temperaturach przechowywania i bada-nia: 21°C oraz w zalecanej przez produ-centa minimalnej i maksymalnej tempera-turze stosowania z tolerancją ± 2°C, dla (H) jw. ale próbki do badania 1 000 ml zamiast 300 ml	Wartość deklarowana
14	Rozwój wytrzymałości na rozciąganie polime-rów (P)	PN-EN 1543 [13] Badanie należy przeprowadzić w trzech temperaturach	Wytrzymałość na rozciąganie >3 N/mm^2 po 72 h w minimalnej temperaturze stosowania lub po 10 h w minimalnej temperaturze stosowania, jeśli dzienny

		przechowywania i badania: 21°C oraz w zalecanej przez produ-centa minimalnej i maksymalnej tempera-turze stosowania z tolerancją ± 2°C	ruch rysy jest większy niż 10% lub 0,03 mm (należy wziąć pod uwagę niższą z tych wartości)
15	Czas wiązania (H)	PN-EN 196-3 [14] Badanie należy przeprowadzić w trzech temperaturach przechowywania i badania: 21°C oraz w zalecanej przez produ-centa minimalnej i maksymalnej tempera-turze stosowania z tolerancją ± 2°C	Wartość deklarowana
Trwałość			
15	Adhezja oznaczana jako przyczepność f_{ct} przy rozciąganiu po cyklach cieplnych i wilgotnoś-ciowych (H,P)	PN-EN 12618-2 [3] MC(040) Należy wyciąć płytkę o wymiarach 300mm×300mm ze środkowej części górnej połowy próbki. Boki próbki powinny zostać zabezpieczone przed wnikaniem wody przez uszczelnienie. Maksymalna temperatura badania na sztuczne starzenie wynosi 40°C. Producent może dopuścić wyższą temperaturę (np. 60°C). Na końcu każdego cyklu temperatura powinna osiągnąć temperaturę planowaną z tolerancją ±2°C. Po zakończeniu cykli należy wyciąć 5 próbek rdzeniowych o średnicy 50 mm do badania na rozciąganie. Próbki do wycięcia powinny być rozmieszczone w taki sposób, aby odległość między ich krawędziami oraz między krawędzią próbki i płytki wynosiła co najmniej 500 mm	F1: f_{ct}≥3,0 N/mm (2,5 N/mm^2) (P)[a)] F2: f_{ct}≥2,0 N/mm (1,5 N/mm^2) (P)[a)] Zmniejszenie przyczepności przy rozciąganiu mniejsze niż 30% w stosunku do wartości początkowej (H) F3:Wartość deklarowana (H)
16	Kompatybilność z beto-nem (H,P) oznaczana jako adhezja mierzona jako przyczepność przy rozciąganiu	PN-EN 12618-2 [3] Należy wyciąć płytkę o wymiarach 300mm°300mm ze środkowej części górnej połowy próbki. Boki próbki powinny zostać zabezpieczone przed wnikaniem wody przez uszczelnienie. Maksymalna temperatura badania na sztuczne starzenie wynosi 40°C. Producent może dopuścić wyższą temperaturę (np. 60°C). Na końcu każdego cyklu temperatura powinna osiągnąć temperaturę	F1: f_{ct}≥3,0 N/mm (2,5 N/mm^2) (P)[a)] F2: f_{ct}≥2,0 N/mm (1,5 N/mm^2) (P)[a)] Zmniejszenie przyczepności przy rozciąganiu mniejsze niż 30% w stosunku do wartości początkowej (H) F3:Wartość deklarowana (H)

		planowaną z tolerancją ±2°C. Po zakończeniu cykli należy wyciąć 5 próbek rdzeniowych o średnicy 50 mm do badania na rozciąganie. Próbki do wycięcia powinny być rozmieszczone w taki sposób, aby odległość między ich krawędziami oraz między krawędzią próbki i płytki wynosiła co najmniej 500 mm	

(H) Wyrób iniekcyjny zawierający spoiwo hydrauliczne

(P) Wyrób iniekcyjny zawierający spoiwo polimerowe

a) Wartość w nawiasie najmniejszą z akceptowalnych wartości

*) Badanie powinno być przeprowadzone dla niektórych zastosowań zgodnie z wymaganiami Projektanta

2.2.2. Wyroby iniekcyjne do elastycznego wypełniania rys (D)

Wyroby iniekcyjne do elastycznego wypełniania rys powinny spełniać wymagania podane w tablicy 2.

Tablica 2. Wyroby iniekcyjne do elastycznego wypełniania rys – wymagania użytkowe

Lp.	Właściwości użytkowe	Metoda badania	Wymagania
Właściwości podstawowe			
1	Przyczepność i zdolność elastycznych wyrobów iniekcyjnych (P)	PN-EN 12618-1 [15]	Przyczepność - wartość deklarowana Wydłużenie >10%
2	Wodoszczelność (P)*)	PN-EN 14068 [16]	Wodoszczelne przy 2×10^5 Pa.
3	Temperatura zeszklenia (P)*)	PN-EN 12614 [17]	Wartość deklarowana
Właściwości dotyczące urabialności			
4	Iniektowalność w suchy materiał – szerokość rysy 0,1 mm - 0,2 mm ÷ 0,3 mm: oznaczenie iniektowalności (P)	PN-EN 1771[9] Oznaczanie przez iniekcję pomiędzy płyty betonowe wg PN-EN 12618-2 [3] (od 4,3 do 4,6) Beton typ MC(040) Przy szerokościach rysy 0,3 mm i 0,8 mm należy stosować obojętne, elastyczne przekładki dystansujące, grubości odpowiednio 0,3 mm 0,8 mm	Klasa iniektowalności 1:< 4 min (tylko słupy) przy szerokości rysy 0,1 mm 2:< 8 min (tylko słupy) przy szerokościach rysy 0,2 mm 3:<12 min (tylko słupy) przy szerokości rysy 0,3 mm
	– szerokość rysy: 0,5 mm - 0,8 mm lub w przypadku, gdy nie stosuje się PN-EN 1771 [9]		Klasa iniektowalności 5:Procent wypełnienia rysy > 90 przy szerokości rysy 0,5 mm 8:Procent wypełnienia rysy > 90 przy szerokości rysy 0,8 mm
5	Iniektowalność w nie-suchy materiał – szerokość rysy 0,1 mm - 0,2mm – 0,3 mm: oznaczenie iniektowalności (P)	PN-EN 1771 [9]	Klasa iniektowalności 1:< 4 min. (tylko słupy) przy szerokości rysy 0,1 mm 2:< 8 min. (tylko słupy) przy szerokości rysy 0,2 mm 3:<12 min (tylko słupy) przy

		Oznaczanie przez iniekcję pomiędzy płyty betonowe wg PN-EN 12618-2 [3] (od 4.3 do 4.6) Beton typ MC(040) Przy szerokościach rysy 0,5 mm i 0,8 mm należy stosować obojętne, elastyczne przekładki dystansujące, grubości odpowiednio 0,5 mm i 0,8 mm	szerokośi rysy 0,3 mm
	– szerokość rysy: 0,5 mm - 0,8 mm lub w przypadku, gdy nie stosuje się PN-EN 1771 [9]		5: Procent wypełnienia rysy > 90 przy szerokości rysy 0,5 mm 8:Procent wypełnienia rysy > 90 przy szerokości rysy 0,8 mm
6	Lepkość	PN-EN ISO 3219 [10]	Wartość deklarowana
Właściwości dotyczące reaktywności			
7	Czas urabialności (P)	PN-EN ISO 9514 [12] Czas przydatności do użycia: Dla (P) badanie należy przeprowadzić w trzech temperaturach przechowywania i badania: 21°C oraz w zalecanej przez producenta mini-malnej i maksymalnej temperaturze stosowania z tolerancją ± 2°C	Wartość deklarowana
Trwałość			
9	Kompatybilność z betonem (P)	PN-EN 12637-1 [18]	Bez zniszczenia przy badaniu ściskania Rozproszona praca odkształcenia < 20%
(P) Wyrób iniekcyjny zawierający spoiwo polimerowe *)Badanie powinno być przeprowadzone dla niektórych zastosowań zgodnie z wymaganiami Projektanta			

2.2.3. Wyroby iniekcyjne dopasowujące się przez pęcznienie do wypełniania rys (S)

Wyroby iniekcyjne dopasowujące się przez pęcznienie do wypełniania rys (S) powinny spełniać wymagania podane w tablicy 3.

Tablica 3. Wyroby iniekcyjne dopasowujące się przez pęcznienie do wypełniania rys -wymagania użytkowe

Lp.	Właściwości użytkowe	Metoda badania	Wymagania
Właściwości podstawowe			
1	Wodoszczelność (P)	PN-EN 14068 [16] Metoda badania opisana w PN-EN 14068 [16] powinna być uzupełniona 500 cyklami zmian ciśnienia, z których każdy polega na 15 min. przy 75% ciśnienia maksymalnego – 15 min. przy 25% ciśnienia maksymalnego. Po zastosowaniu maksymalnego deklarowanego ciśnienia przez 7 dni jak przewidziano w PN-EN 14068 [16], ciśnienie powinno być	Wodoszczelne przy 2×10^5 Pa.

		obniżone do 50% maksymal-nego deklarowanego ciśnienia i utrzymywane na tym poziomie przez 2 h. Następnie należy rozpocząć opisane wyżej cykle	
2	Oddziaływanie korozyjne (P)*)	Do czasu przyjęcia Normy Europejskiej należy tam, gdzie to wymagane stosować przepisy krajowe	Brak jakichkolwiek sub-stancji w ilościach, które mogłyby powodować ko-rozję zbrojenia stalowego
Właściwości dotyczące urabialności			
3	Urabialność -Lepkość (P)	PN-EN ISO 3219 [10] W przypadku, gdy nie stosuje się PN-EN ISO 3219[10] należy zastosować PN-EN 12618-2 [3]. Przy szerokościach rysy 0,3 mm ÷0,5 mm i 0,8 mm należy stosować obojętne elastyczne przekładki dystansujące grubość-ci odpowiednio 0,3 mm ÷ 0,5 mm i 0,8 mm	≤ 60 mPa*s Procent wypełnienia rysy > 95
4	Stopień spęcznienia i jego zmiany w środowisku wodnym Zmiany objętości i masy przy wysy-chaniu na powietrzu i przechowywaniu w wodzie (P)	PN-EN 14498 [19]	Wartość deklarowana
Właściwości dotyczące reaktywności			
5	Czas urabialności (P)	PN-EN ISO 9514 [12] Czas przydatności do użycia: Dla (P) badanie należy przeprowadzić w trzech temperaturach przechowywania i badania: 21°C oraz w zalecanej przez producenta minimalnej i maksymalnej temperaturze stosowania z tolerancją ±2°C	Wartość deklarowana
Trwałość			
6	Wrażliwość na wo-dę: stopień spęcznie-nia spowodowanego pochłanianiem wody - tak jak zmiany objętości i zmiany masy przy wysy-chaniu na powietrzu i przechowywaniu w wodzie (P)	PN-EN 14498 [19] (przechowywanie wg procedury A)	Podczas zanurzania w wodzie stopień spęcznienia powinien osiągnąć stały poziom
7	Wrażliwość na cykle wilgotnościowe – tak jak zmiany objętości i zmiany masy przy wysy-chaniu na powietrzu i przechowywaniu w wodzie (P)	PN-EN 14498 [19] (przechowywanie wg procedury B) Wg procedury B: Temperatura suszenia (40+/-2) °C. Próbki powinny być przechowywane w opakowaniu przepuszczalnym (np. z geotekstyliów)	Po każdym cyklu wilgotnościowym masa próbek powinna być wyższa lub równa początkowej masie. W ostatnich 28 dniach przechowywania w wodzie, wzrost masy powinien osiągnąć stały poziom i wynosić co najmniej +10% masy

		Zmiana masy w 3 kolejnych pomiarach dokonywanych co 24 h mniejsza od 10% jest brak zmiany masy	początkowej.
8	Kompatybilność z betonem (P)	Badanie przeprowadza się na próbkach zgodnie z PN-EN 14498 [19](przechowywanie wg procedury A) Liczba próbek 3, każda grubości 25 mm Przechowywanie: 3 próbki należy przechowywać w roztworze $Ca(OH)_2$. Zmiana masy w 3 kolejnych pomiarach dokonywanych co 24 h mniejsza od 10% jest brak zmiany masy	W ostatnich 28 dniach przechowywania w wodzie, wzrost masy powinien osiągnąć stały poziom i wynosić co najmniej +10% masy początkowej.
(P) Wyrób iniekcyjny zawierający spoiwo polimerowe *) Badanie powinno być przeprowadzone dla niektórych zastosowań zgodnie z wymaganiami Projektanta			

2.2.4. *Wyroby iniekcyjne wg PN-EN 1504-5 [29] - zastosowania specjalne*

Niektóre spośród zamierzonych zastosowań są związane ze specjalnymi warunkami w czasie wykonywania prac:

- należy wziąć pod uwagę temperaturę zeszklenia, jeśli temperatura utwardzonego wyrobu w rysie może być:
  - wyższa niż 21°C (temperatura przy pomiarze przyczepności) dla wyrobów kategorii F zawierających spoiwo polimerowe,
  - niższa niż 3°C (temperatura przy pomiarze zdolności do wydłużenia) dla wyrobów kategorii D,
- przy iniekcji żelbetu należy wziąć pod uwagę zawartość chlorków i oddziaływanie korozyjne,
- przy iniekcji uszczelniającej należy wziąć pod uwagę wodoszczelność,

Oddziaływanie korozyjne wyrobów iniekcyjnych zawierających spoiwo hydrauliczne ocenia się przez pomiar zawartości chlorków. Wyroby iniekcyjne zawierające spoiwo polimerowe kategorii F lub D uważa się za niedziałające korozyjnie na zbrojenie.

Na właściwości uzyskanego połączenia może negatywnie wpływać ogień, dlatego w przypadku spodziewanego działania ognia należy zastosować odpowiedni środki ochronne.

W przypadku zastosowań specjalnych, gdy:

- wyroby iniekcyjne do przenoszenia siły wypełniania rys twardnieją pod obciążeniem dynamicznym (P) (symulacja iniekcji pod obciążeniem ruchem)
- wyroby iniekcyjne do elastycznego wypełniania rys z wymaganą wodoszczelnością przy $7x10^5$Pa, wodoszczelnością po wydłużeniu będącym reakcją na ruch rysy po wypełnieniu, stykają się z wkładkami polimerowymi lub podlegają cyklom cieplnym i wilgotnościowym,
- wyroby iniekcyjne dopasowujące się przez pęcznienie do wypełniania rys stykają się z wkładkami polimerowymi lub podlegają zamrażaniu, albo wypełniają rysy zmniejszające swoją szerokość

należy stosować dodatkowe badania podane w tablicach 4, 5 i 6.

Tablica 4. Wyroby iniekcyjne do przenoszącego siły wypełniania rys (F) – Metody badania i wymagania właściwości użytkowych dla zastosowań specjalnych

Właściwości użytkowe	Metoda badania	Wymagania
Twardnienie pod obciążeniem dynamicznym (P)	Do czasu zaakceptowania Normy Europejskiej, badanie przeprowadzane, gdy jest wymagane	Zniszczenie w betonie

Tablica 5. Wyroby iniekcyjne do elastycznego wypełniania rys – Metody badania i wymagania właściwości użytkowych dla zastosowań specjalnych

Właściwości użytkowe	Metoda badania	Wymagania
Właściwości podstawowe		
Wodoszczelność (P)	PN-EN 14068	Wodoszczelny przy $7x10^5$ Pa
Wodoszczelność (P) po	Do czasu zaakceptowania Normy	Po wydłużeniu (wartość deklarowana

wydłużeniu	Europejskiej, badanie przeprowadzane, gdy jest wymagane	5%, 10% albo określona przez producenta) wodoszczelność przy 1×10^5Pa
Wpływ na wkładki polimerowe	PN-EN 12637-3 [20]	Po 70 dniach zmiany wydłużenia powinny być mniejsze niż 20% w stosunku do wartości początkowej
Trwałość		
Przyczepność i wydłużenie po cyklach cieplnych i wilgotnościowych	PN-EN 12618-1 [15] i PN-EN 13687-3 [31] Próbki określone w PN-EN 12618-1 [15] należy poddać 24 cyklom cieplnym i wilgotnoś-ciowym zgodnie z PN-EN 13687-3 [31]/7.1 i 7.2 Następnie należy zmierzyć przyczepność i zdolność do wydłużenia wg PN-EN 12618-1 [15] Maksymalna temperatura badania sztucznego starzenia wynosi 40°C. Producent może wymagać wyższej temperatury (np. 60°C)	Przyczepność: zmniejszenie przyczepności mniejsze niż 20% w stosunku do wartości początkowej Wydłużenie >10%

Tablica 6. Wyroby iniekcyjne dopasowujące się przez pęcznienie, do wypełniania rys (S) – Metody badania i wymagania właściwości użytkowych dla zastosowań specjalnych

Właściwości użytkowe	Metoda badania	Wymagania
Właściwości podstawowe		
Wodoszczelność (P)	PN-EN 14068	Wodoszczelny przy 7×10^5Pa
Wpływ na wkładki polimerowe	PN-EN 12637-3 [20]	Po 70 dniach zmiany wydłużenia powinny być mniejsze niż 20% w stosunku do wartości początkowej
Temperatura zamrażania[a)]	PN-EN ISO 11357-3 [21]	Wartość deklarowana
Wytrzymałość własna	Do czasu zaakceptowania Normy Europejskiej, badanie przeprowadzane, gdy jest wymagane	Wyrób pęczniejący nie powinien być wypchnięty poza rysę

[a)] Jeśli temperatura zamrażania określana jest za pomocą analizy DSC to właściwości mechaniczne oznacza się w funkcji temperatury przeprowadzając badania na ściskanie w następujących warunkach:

- okrągły stolik do ściskania o średnicy 50 mm,
- wysokość próbki: 35 mm,
- średnica próbki: 100 mm,
- szybkość: 50 mm/min.

Utwardzone wyroby iniekcyjne nie powinny uwalniać substancji niebezpiecznych dla zdrowia, higieny i środowiska.

2.3. Wyroby iniekcyjne - wymagania według aprobat technicznych IBDiM

Dopuszcza się do stosowania wyroby iniekcyjne oznakowane znakiem B, posiadające aprobatę techniczną IBDiM (lub inny dokument zgodny z Ustawą o wyrobach budowlanych). W aprobacie technicznej (lub odpowiednim dokumencie) powinno być jednoznacznie określone przeznaczenie wyrobu, tj. do przenoszenia sił w betonie, do wypełniania pustek, a także szerokość rys, które mogą być iniektowane danym materiałem.

2.4 Dobór wyrobu iniekcyjnego w zależności od celu i warunków iniekcji

Zalecenia do stosowania poszczególnych wyrobów iniekcyjnych podane poniżej mają charakter ogólnych wskazówek i powinny być zweryfikowane na podstawie zaleceń producenta wyrobu podanych w kartach technicznych, aprobatach technicznych lub innych dokumentach producenta.

Czynnikiem decydującym o wyborze materiału iniekcyjnego jest cel iniekcji, a także rodzaj i przebieg rys, szerokość i zmienność rozwarcia, warunki cieplno-wilgotnościowe, obecność wilgoci lub wody oraz warunki pracy/obciążenia elementu.

2.4.1. Charakterystyka wybranych wyrobów iniekcyjnych

Wyroby iniekcyjne produkowane są jako:

- iniekty epoksydowe – dwuskładnikowe preparaty stosowane są do siłowego sklejania rys suchych lub (rzadziej) lekko wilgotnych o ustabilizowanej szerokości rozwarcia. W składzie zawierają niskocząsteczkowy roztwór żywicy epoksydowej oraz utwardzacz. Ze względu na niewielką elastyczność i wysokie parametry wytrzymałościowe bezkrytyczne stosowanie epoksydów do iniekcji może doprowadzić do miejscowego przesztywnienia iniektowanego elementu. Żywice epoksydowe należy ostrożnie stosować do iniekcji rys zawilgoconych. Woda powoduje, że może dochodzić do dezaktywacji utwardzacza i w efekcie do obniżenia wytrzymałości połączenia. Odporność zaczynów żywic epoksydowych na wilgoć zależy głównie od chemicznego charakteru użytego utwardzacza (największą odpornością na wilgoć charakteryzuje się poliaminoamid). Wytrzymałość kompozycji iniekcyjnej zależy w bardzo dużym stopniu od użytego rozcieńczalnika. Zwiększenie ilości rozcieńczalnika o 1% powoduje spadek wytrzymałości próbek o kompozycji iniekcyjnej dochodzący do 8 MPa.,
- iniekty poliuretanowe - stosowane są do iniekcji i uszczelnień rys wilgotnych i mokrych oraz przewodzących wodę. W zależności od składników i modyfikatorów cechują się różnymi właściwościami. Jednoskładnikowe (zawierają modyfikowane izocyjaniany i katalizatory) silnie pienią się w kontakcie z wilgocią i są stosowane do tamowania wycieków wody. Produktem ubocznym reakcji spieniania się jest wydzielanie się dwutlenku węgla, którego ciśnienie dodatkowo zwiększa penetrację polimeru w podłoże. Dwuskładnikowe, na bazie polieteropolioli i izocyjanianów, o mniejszej podatności do spieniania się najczęściej stosowane są do iniekcji wtórnych doszczelniających, jak również do wypełniania rys suchych i zawilgoconych. Ze względu na elastyczność po związaniu stosowane są do uszczelnień rys o zmiennej szerokości rozwarcia,
- iniekty poliakrylamidowe – cechują się zdolnością do pęcznienia w kontakcie z wodą. Reakcja polimeryzacji zaczyna się po dodaniu inicjatora i przyspieszacza. Są stosowane do uszczelniania wilgotnych i mokrych rys. Dobrze zwilżają podłoże betonowe i mają niską lepkość (w stanie nieutwardzonym),
- iniekty akrylowe (na bazie polimetakrylanu metylu) - wykazują bardzo dobrą przyczepność do podłoży betonowych. Ze względu na niską lepkość i zdolność do penetracji mikrorys stosowane są do napraw konstrukcji betonowych w niskich temperaturach. Można w nich regulować szybkość reakcji,
- iniekty cementowe oraz mikrocementowe – pozwalają na iniekcję rys o szerokości rozwarcia odpowiednio od 2 mm (zaczyny cementowe) i od 0,1 mm (suspensje cementowe). Odmianą iniektów cementowych są iniekty polimerowo-cementowe, będące zazwyczaj dwuskładnikowymi preparatami zawierającymi cement, modyfikatory, wypełniacze oraz płynne roztwory kopolimerów akrylu lub emulsje butadienowo-styrenowe. W porównaniu do typowych iniektów cementowych obecność tworzyw sztucznych (polimerów) zwiększa przyczepność do ścianek rysy oraz zwiększa elastyczność związanego iniektu. Jednoskładnikowe iniekty polimerowo-cementowe zawierają w składzie redyspergowalne tworzywa sztuczne – są mieszane tylko z wodą. Iniekcje na bazie materiałów mineralnych stosowane są przede wszystkim jako iniekcje uszczelniające.

2.4.2. Dobór wyrobu iniekcyjnego w zależności od celu iniekcji

Wybór materiału w zależności od celu iniekcji zgodnie z PN-EN 1504-10 [33]:

- rysy naprawiane w celu przywrócenia integralności konstrukcyjnej należy wypełnić wyrobem lub systemem łączącym,
- rysy naprawiane w celu zapobieżenia przenikaniu szkodliwych czynników należy zamknąć lub wypełnić,
- rysy naprawiane w celu dostosowania do przemieszczenia należy naprawiać w taki sposób, aby powstało złącze na całej głębokości materiału naprawczego, umiejscowione w sposób dostosowany do przemieszczenia. W tym celu rysy należy wypełnić lub zamknąć elastycznym materiałem. Naprawa złączy powinna zapewnić powstanie wypełnienia w materiale naprawianym, tak aby użyteczność złącza została zachowana.

2.4.3. Dobór wyrobu iniekcyjnego w zależności od zawilgocenia rysy i celu iniekcji

Orientacyjne zasady doboru materiałów iniekcyjnych w zależności od zawilgocenia rysy i celu iniekcji przedstawiono w tablicy 7.

Tablica 7. Orientacyjne zasady doboru wyrobów iniekcyjnych w zależności od celu iniekcji i zawilgocenia rysy

Cel naprawy rysy	Stan rysy			
	Suchy	Mokry	Swobodne przesączanie się wody	Woda pod ciśnieniem
Zamknięcie (scalenia)	EP-N EP-I PUR-I CZ-I CS-I	EP-N EP-I PUR-I CZ-I CS-I	PUR-I CZ-I CS-I	PUR-I[2)] CZ-I[3)] CS-I[3)]
Uszczelnienie	EP-I	EP-I	PUR-I	PUR-I[2)]

	PUR-I CZ-I CS-I	PUR-I CZ-I CS-I	CZ-I CS-I	CZ-I[3)] CS-I[3)]
Połączenie niepodatne („siłowe")	EP-I CZ-I CS-I	EP-I[1)] CZ-I CS-I	CZ-I CS-I	CZ-I[3)] CS-I[3)]
Połączenie podatne	PUR-I	PUR-I	PUR-I	PUR-I[2)]

Gdzie:

EP-N – nasycanie żywicą epoksydową

EP-I – iniekcja żywicą epoksydową z niepodatnym zespoleniem elementów zespoleniem elementów

EP-I[1)] – jak wyżej, ale przy zastosowaniu specjalnych żywic epoksydowych

PUR-I – iniekcja poliuretanem z podatnym połączeniem elementów

PUR-I[2)] – j.w. przy użyciu szybkopieniących poliuretanów

CZ-I – iniekcja zaczynem cementowym z niepodatnym zespoleniem elementów

CS-I – iniekcja suspensją cementową z niepodatnym zespoleniem elementów

CZ-I[3)] i CS-I[3)] – j.w. łącznie z uszczelnieniem i zmniejszeniem ciśnienia wody

Niezależnie od powyższych wskazówek przy wyborze materiału iniekcyjnego należy zawsze kierować się wskazówkami producenta, który powinien wskazać stopień lub stopnie zawilgocenia, przy których można stosować dany produkt.

2.4.4. Dobór wyrobu iniekcyjnego w zależności od rodzaju i stanu rysy

Orientacyjne zasady doboru wyrobow iniekcyjnych w zależności od rodzaju, przebiegu, rozwartości i stanu rysy, a także przyczyny zarysowania podano w tablicy 8.

Tablica 8. Orientacyjne zasady doboru materiałów iniekcyjnych w zależności od rodzaju, przebiegu, rozwartości, stanu rysy i zmienności rozwartości, a także przyczyny zarysowania

Oznaczenie		Warunki stosowania				
		EP-N	EP-I	PUR-I	CZ-I	CS-I
Rodzaj rysy		Powierz-chniowa i wgłębna	Powierz-chniowa i wgłębna	wgłębna	wgłębna	Powierz-chniowa i wgłębna
Przebieg rysy		Dowolny				
Rozwar-tość rysy		Dowolna	≥0,1 mm	≥0,3 mm	≥0,8 mm	≥0,2 mm
Zmien-ność rozwar-tości rysy	Krótko-trwała	Niedo-puszczalna	Δw≤0,1 w względnie Δw≤0,03 mm	w≥0,03 mm Δw≥0,05 w	W czasie iniekcji i twardnienia cementu niedopuszczalna	
	Codzienne		W zależności od przyrostu wytrzymałości żywicy	w≥0,5 mm Δw≥0,10 w		
	długo-trwała		dowolna	Przy temp. budowli od ok. 15°C		
Przyczyna zarysowania		Znana	Znana, nie powtarzająca się	Znana	Znana, nie powtarzająca	
Stan rysy		Sucha	sucha	Sucha z możliwością	Sucha z możliwością przepuszczania wody pod	

			przepusz-czania wody pod ciśnieniem	ciśnieniem
Środki zaradcze	Bezwarunkowe	Jeszcze nie wymagane wypełnienie	Możliwe ponowne wypełnienie	Niemożliwe wypełnienie z reaktywnymi żywicami, możliwe ponowne wypełnienie cementem jako środkiem wiążącym

Gdzie:

EP-N – nasycanie żywicą epoksydową

EP-I – iniekcja żywicą epoksydową z niepodatnym zespoleniem elementów zespoleniem elementów

PUR-I – iniekcja poliuretanem z podatnym połączeniem elementów

CZ-I – iniekcja zaczynem cementowym z niepodatnym zespoleniem elementów

CS-I – iniekcja suspensją cementową z niepodatnym zespoleniem elementów

2.4.5. Dobór materiału iniekcyjnego do iniektowania małych rys

Kompletne wypełnienie małych rys o szerokości mniejszej niż 0,1 mm jest trudne. Dobre rezultaty można osiągnąć stosując żywice epoksydowe o małej lepkości i specjalne mikrozaczyny cementowe. Przed ich użyciem należy wykonać badanie sprawdzające.

2.5. Woda

Do przygotowania zapraw oraz zwilżania podłoża można stosować wodę spełniająca wymagania PN-EN 1008 [32]. Bez badań można stosować wodę wodociągową przeznaczoną do spożycia.

2.6. Materiały pomocnicze

Poza materiałami wykorzystywanymi do iniekcji stosowane będą również materiały pomocnicze, służące do uszczelniania powierzchniowego rys. W przypadku iniekcji niskociśnieniowej są to materiały mineralne np. gips; w przypadku iniekcji średnio- lub wysokociśnieniowej są to masy szpachlowe z żywic epoksydowych.

2.7. Warunki akceptacji materiałów

Wyroby do wykonywania iniekcji mogą być zaakceptowane do wykonywania robót, jeśli spełniają następujące warunki:

- są zgodne z dokumentacją projektową i ST,
- są w oryginalnie zamkniętych opakowaniach,
- są oznakowane w sposób umożliwiający pełna identyfikację,
- producent dostarczył dokumenty świadczące o dopuszczeniu do obrotu i stosowania użytych wyrobów zgodnie z Ustawą o wyrobach budowlanych (Dz.U. nr 92 z 2004 r. poz. 881 z późn. zm.) [37], karty techniczne wyrobów lub zalecenia producentów dotyczące stosowania materiałów,
- niebezpieczne składniki systemu i/lub materiały pomocnicze, w zakresie wynikającym z ustawy o substancjach i preparatach chemicznych z dnia 11 stycznia 2001 r. (Dz.U. nr 11 poz. 84 z późn. zm.) [38], posiadają karty charakterystyki substancji niebezpiecznej, opracowane zgodnie z Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 3 lipca 2002 r. w sprawie karty charakterystyki substancji niebezpiecznej i preparatu niebezpiecznego (Dz.U. nr 140 , poz. 1171 z późn. zm.) [39],
- opakowania wyrobów zakwalifikowanych do niebezpiecznych spełniają wymagania podane w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 2 września 2003 r. w sprawie oznakowania opakować substancji niebezpiecznych i preparatów niebezpiecznych (Dz.U. nr 173, poz. 1679, z późn. zm.) [40],
- spełniają wymagania wynikające z ich terminu przydatności do użycia (termin zakończenia prac powinien się kończyć przed zakończeniem podanych na opakowaniach terminów przydatności do stosowania odpowiednich wyrobów).

Niedopuszczalne jest stosowanie do wykonywania robót materiałów nieznanego pochodzenia.

Przyjęcie materiałów i wyrobów na budowę powinno być potwierdzone wpisem do dziennika budowy lub protokołem przyjęcia materiału.

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.

Wykonawca zobowiązany jest posiadać niezbędny sprzęt do wykonywania robót, zgodnie z przyjętą technologią i kartami technicznymi materiałów oraz konieczny, podstawowy sprzęt laboratoryjny do kontroli procesu technologicznego i wykonanych prac.

Zastosowany sprzęt powinien zapewnić odpowiedni, nieprzerwany dopływy iniektu do rysy pod odpowiednim ciśnieniem.

Zastosowany sprzęt nie może powodować niekorzystnego wpływu na jakość materiałów i wykonywanie robót. Powinien być przyjazny dla środowiska i bezpieczny dla brygad roboczych.

Wybór sprzętu i narzędzi do wykonania robót podlega akceptacji Inżyniera.

3.2. Sprzęt do przygotowania i oceny podłoża

Do przygotowania i oceny podłoża Wykonawca powinien posiadać w dyspozycji:

- młotki, przecinaki,
- szczotki druciane, szpachelki,
- odkurzacze przemysłowe, urządzenia do czyszczenia powierzchni (np. za pomocą szlifowania, oczyszczania hydrodynamicznego),
- sprężarki, pompy (agregaty) podające wodę pod ciśnieniem,
- termometry do mierzenia temperatury podłoża i powietrza,
- wilgotnościomierze do oznaczania wilgotności powietrza i podłoża,
- przyrządy do mierzenia wytrzymałości podłoża (młotki Schmidta, aparaty „pull-off", itp.),
- akcelerometry (do pomiaru drgań),
- wskaźniki fenoloftaleinowe (do określania strefy skarbonatyzowanej),
- przyrządy do wykrywania pustek i rys (np. metodami ultradźwiękowymi lub radiograficznymi),
- wiertnice (umożliwiające pobranie rdzeni),
- przyrządy do lokalizacji zbrojenia i określania jego średnicy.
- przyrządy do wykrywania i ustalania charakteru rys np. lupa Brinella do określania układu rys i ich szerokości, szablony z podziałką do określania pomiaru rozwartości rys, cienkie stalowe pręciki od oceny głębokości rysy oraz specjalistyczny sprzęt np. defektoskopy ultradźwiękowe.

Do pomiaru szerokości rys można również stosować urządzenia wg tablicy 9

Tablica 9. Urządzenia do pomiaru rozwartości rys w konstrukcji

Urządzenie pomiarowe	Wielkość mierzona	Maksymalny zakres pomiaru	Dokładność
Czujniki zegarowe	Zmiana odległości rozdzielonych rysą części	50μm	0,01 mm
Miernik nasadowy	Zmiana długości	Przy bazach pomiarowych 20÷400 mm:1÷4 mm	0,001 mm
Tensometr	Względna zmiana długości (odkształcenie)	Mierzony odcinek 0,6÷150μm	Do 10^{-6} mm
Indukcyjny miernik przemieszczeń	Całkowita zmiana długości	1÷1500μm	Przy bazie pomiarowej 1 mm: 10^{-4}mm
Miernik drgań	Powtarzalne zmiany przemieszczeń	-	-

3.3. Sprzęt do przygotowania wyrobów do iniekcji

Do przygotowania wyrobów do iniekcji Wykonawca powinien dysponować:

- naczyniami,
- wiertarkami z mieszadłem obrotowym,
- mieszarkami,
- wagą.

3.4. Sprzęt do wykonania iniekcji

3.4.1. Sprzęt do wykonania iniekcji średnio- i niskociśnieniowej

Do wykonania iniekcji średnio- i niskociśnieniowej Wykonawca powinien mieć w dyspozycji sprzęt dostosowany do zastosowanej technologii np:

- syfon iniekcyjny o odpowiednim ciśnieniu,
- agregat sprężarkowy o małej wydajności lub pompkę nożną,
- powierzchniowe wentyle iniekcyjne (tarcze iniekcyjne/pakery naklejane),
- szczotki stalowe lub włosiane,
- pojemniki polietylenowe,
- naczynia do objętościowego dozowania składników kompozycji iniekcyjnej,
- łopatki drewniane do mieszania kompozycji,
- szpachlę stalową,
- odzież ochronną (rękawice, kombinezony, fartuchy),
- rozcieńczalniki do mycia syfonu i naczyń,
- szczotki lub pędzle do mycia syfonu,

– czyste szmaty.

3.4.2. Sprzęt do wykonania iniekcji wysokociśnieniowej

Do wykonania iniekcji wysokociśnieniowej Wykonawca powinien mieć w dyspozycji sprzęt dostosowany do zastosowanej technologii np.:

– agregat wysokociśnieniowy,
– pistolet wysokociśnieniowy,
– agregat sprężarkowy,
– wentyle iniekcyjne wgłębne (pakery wbijane, wkręcane),
– wiertarkę,
– wiertło 13 mm do betonu,
– strzykawki lub naczynia pomiarowe do objętościowego dozowania składników kompozycji epoksydowej,
– naczynie pomiarowe z podziałką pozwalającą ocenić objętość wtłoczonych kompozycji,
– syfon iniekcyjny do mechanicznego ładowania kompozycji iniekcyjnej do pistoletu,
– łopatki drewniane do mieszania kompozycji iniekcyjnej,
– szpachlę stalową do nakładania kitu uszczelniającego,
– odzież ochronną (rękawice, kombinezony, fartuchy),
– rozcieńczalniki do mycia urządzeń iniekcyjnych,
– szczotki lub pędzle do mycia syfonu i pistoletu,
– wycior do czyszczenia przewodu wysokociśnieniowego,
– czyste szmaty, odkurzacz przemysłowy.

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. Przechowywanie i transport materiałów

Wszystkie wyroby powinny być przechowywane, magazynowane i transportowane zgodnie z instrukcją producenta oraz wymaganiami odpowiednich dokumentów odniesienia, tj. norm bądź aprobat technicznych lub kart technicznych.

Materiały zaklasyfikowane jako niebezpieczne powinny być magazynowane w sposób uwzględniający ochronę zdrowia i bezpieczeństwa ludzi oraz ochronę środowiska zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 3 lipca 2002 r. w sprawie karty charakterystyki substancji niebezpiecznej i preparatu niebezpiecznego (Dz.U. nr 140, poz. 1171 z późn. zm.) [39].

Materiały powinny być przechowywane w oryginalnych opakowaniach producenta w krytych, suchych pomieszczeniach, zabezpieczone przed zawilgoceniem, opadami atmosferycznymi, przemarznięciem i przed działaniem promieni słonecznych, w sposób zabezpieczający opakowania przed uszkodzeniami mechanicznymi, z dala od źródeł otwartego ognia, palenia papierosów oraz prowadzenia prac spawalniczych.

Cementowe i polimerowo-cementowe wyroby powinny być przechowywane w temperaturze od +5°C do 35°C, o ile producent nie zaleca inaczej.

Kompozycje żywiczne powinny być przechowywane w temperaturze od +10°C do 30°C, o ile producent nie zaleca inaczej.

Wyroby pakowane w worki powinny być układane na paletach lub drewnianej wentylowanej podłodze w ilości warstw nie większej niż 10.

Składniki kompozycji iniekcyjnej należy transportować krytymi środkami transportu chroniąc opakowania przed uszkodzeniami mechanicznymi, zawilgoceniem, przemarznięciem, przegrzaniem oraz zgodnie z prawem przewozowym.

Przewożone materiały należy ustawiać równomiernie obok siebie na całej powierzchni ładunkowej środka transportu i zabezpieczać przed możliwością przesuwania się w trakcie przewozu.

Jeżeli nie ma możliwości poboru wody na miejscu wykonywania robót, to wodę należy przechowywać w szczelnych czystych pojemnikach lub cysternach. Nie wolno przechowywać wody w opakowaniach po środkach chemicznych lub w takich, w których wcześniej przetrzymywano materiały mogące zmienić skład chemiczny wody.

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.

5.2. Diagnostyka konstrukcji mostowej

Przed przystąpieniem do wykonania naprawy należy wykonać diagnostykę konstrukcji określającą rodzaj i zakres uszkodzeń oraz przyczynę ich powstania. Szczegółowy zakres diagnostyki konstrukcji został ujęty w OST M-20.20.15a [2]. W zakresie poniższej OST diagnostyka powinna zawierać:

– szczegółową inwentaryzację rys z określeniem ich długości, szerokości i przebiegu,

- określenie przyczyn powstania rys – np. czy są to rysy spowodowane przeciążeniem konstrukcji, korozją zbrojenia, skurczem, odpływem ciepła hydratacji, zmianą warunków podparcia, obciążeniem zewnętrznym, naprężeniami własnymi czy innymi czynnikami. Przyczynę zarysowania zwykle można ustalić na podstawie obrazu zarysowania oraz czasu powstania rysy,
- określenie rodzaju rys (ruchome, nieruchome) , zmiany ich szerokości,
- dynamikę rozwoju rys i zachowanie się rysy pod wpływem zmieniającego się obciążenia,
- stopień zawilgocenia rys (w tym występowanie wypływu wody)
- ewentualne skutki powstałego zarysowania na bezpieczeństwo i trwałość konstrukcji.

5.3. Projekt naprawy powierzchniowej betonu

Przed przystąpieniem do wykonania naprawy powierzchni betonu powinien być wykonany projekt naprawy powierzchniowej betonu. Szczegółowy zakres projektu został zawarty w OST M-20.20.15a [2].

W zakresie poniższej OST projekt naprawy powierzchni betonu powinien określać:

- rodzaj zastosowanej iniekcji,
- dobór sprzętu do wykonania iniekcji,
- dobór materiałów do iniekcji wraz z charakterystyką materiałów i podaniem uzasadnień ich zastosowania,
- opracowanie szczegółowych założeń technologicznych iniekcji (m.in. określenie liczby i lokalizacji wentyli iniekcyjnych (pakerów), przewidywanej ilości materiału iniekcyjnego, określenie długości otworów iniekcyjnych, ich średnicy i odległości pomiędzy nimi),
- ewentualną konieczność wykonania analizy statyczno-wytrzymałościowej i wzmocnienia konstrukcji w przypadku, gdy diagnostyka konstrukcji wykaże, że rysy powstały na skutek przeciążenia konstrukcji (wzmocnienie należy wykonać wg odrębnych OST)

5.4.Wymagania w stosunku do personelu Wykonawcy

Dokumenty potwierdzające spełnienie wymagań w stosunku do personelu Wykonawca zobowiązany jest dostarczyć Inżynierowi zgodnie z warunkami kontraktu. Szczegółowe wymagania w stosunku do personelu Wykonawcy wykonującego naprawy powierzchni betonowych zostały podane w OST M-20.20.15a [2].

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, na odpowiednich formularzach 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.

Oddzielna dokumentacja powinna być prowadzona dla prac iniekcyjnych. W dokumentacji tej powinny znaleźć się informacji dotyczące warunków, w których przeprowadzono iniekcję: dane dotyczące ruchu na obiekcie, obserwacje stanu pogody, a także informacje dotyczące liczby iniektowanych rys lub pęknięć, ilości zużytej kompozycji iniekcyjnej oraz ewentualne informacje o trudnościach, które wystąpiły podczas iniekcji. Przykład dokumentacji robót iniekcyjnych został zamieszczony w załączniku 3. 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 iniekcji ciśnieniowej obejmują:

- przygotowanie (oczyszczenie) rysy,
- obsadzenie pakerów,
- przeprowadzenie iniekcji,
- usunięcie końcówek,
- naprawienie powierzchni.

5.7. Roboty przygotowawcze

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

- *określić typ rysy: powierzchniowe, konstrukcyjne,*
- *określić przebieg rys,*
- określić szerokość rozwarcia rys,
- określić miano szerokości rozwarcia rys,
- określić wilgotność – rysa sucha, wilgotna, przeciekająca,
- określić zanieczyszczenie rysy (jeżeli występuje),
- określić dobór środka iniekcyjnego,

- określić rodzaj, sposób osadzenia i rozmieszczenia końcówek iniekcyjnych (pakerów) (końcówki naklejane, wbijane, osadzane w wywierconych otworach),
- określić sposób powierzchniowego uszczelniania rysy (jeżeli jest wymagane),
- dobrać metodę i parametry iniekcji (czas, ciśnienie).

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

5.8. Pole referencyjne

W przypadku gdy wykonanie iniekcji jest elementem naprawy powierzchniowej betonu, przed przystąpieniem do prac naprawczych na obiekcie, Wykonawca w obecności Inżyniera, przygotuje pole referencyjne takiej naprawy.

Prace podczas wykonywania pola referencyjnego powinny przebiegać uzgodnionymi w protokole ustaleń (przykład protokółu w załączniku 1) materiałami i zgodnie z założoną technologią. Prace rozpoczynają się od przygotowania podłoża i prętów zbrojenia przez wykonanie zabezpieczenia antykorozyjnego zbrojenia, wykonanie iniekcji, warstwy sczepnej, uzupełnienia ubytku, a kończąc na ewentualnej powłoce ochronnej. Zasady wykonania pola referencyjnego zostały podane w OST M-20.20.15a [2].

5.9. Przygotowanie powierzchni

Powierzchnie sąsiadujące z miejscem uszczelnienia iniekcją powinny charakteryzować się wystarczająca wytrzymałością, a także być wolne od kurzu, starych powłok, olejów i mleczka cementowego oraz innych substancji zmniejszających przyczepność. Przed wykonaniem robót iniekcyjnych należy usunąć skorodowany beton do tzw. „zdrowego betonu" i oczyścić powierzchnię naprawianą z wszelkich zanieczyszczeń, zgodnie z OST M-20.20.15a [2].

Z przygotowania podłoża Wykonawca powinien przygotować protokół. Przykład protokołu podano w OST M-20.20.15a [2].

5.10. Iniekcja rys

5.10.1. Warunki ogólne

W przypadku, gdy w przygotowanym podłożu występują rysy nie uwzględnione w dokumentacji projektowej, to Wykonawca powinien je zinwentaryzować. W elementach betonowych i żelbetowych dopuszczalne jest pozostawienie rys, gdy ich rozwartość nie przekracza 0,2 mm, są one suche, a ich propagacja jest już zakończona.

W przypadku rys o rozwartości powyżej 0,2 mm (w przypadku środowiska silnie agresywnego powyżej 0,1 mm) lub nadal propagujących należy wykonać ich iniekcję. Iniekcję można stosować do naprawy rys wilgotnych, bez czynnych wycieków wody (podczas iniekcji). W przypadku stałego wycieku wody najpierw należy zatamować wypływ wody, a dopiero później przystąpić do prac iniekcyjnych.

Iniekcję rys lub pęknięć należy prowadzić w temperaturze wskazanej przez producenta utwardzacza (zwykle nie wyższej niż 30°C i nie niższej niż +10°C dla iniektów epoksydowych i poliuretanowych, +5°C dla iniektów cementowych, mikrocementowych, polimerocementowych i poliakrylowych i 0°C dla iniektów akrylowych). Wymagany zakres temperatury powinien być zachowany przez kilkadziesiąt godzin (z reguły prze ok. 3 dni). W porze deszczowej iniekcję można prowadzić tylko pod warunkiem zabezpieczenia miejsca pracy na okres robót prowizorycznym zadaszeniem.

Ciśnienie zależy przede wszystkim od parametrów wytrzymałościowych betonu oraz celu iniekcji (sklejająca, uszczelniająca), dlatego zawsze powinno być ono podane dla konkretnego obiektu/elementu w projekcie naprawy. Należy zwrócić uwagę, aby ciśnienie iniekcji nie prowadziło do powstania dalszych rys lub do innych szkodliwych skutków dla podłoża (uszkodzenia) innych elementów lub środowiska.

Iniekcję można przeprowadzać, gdy stan rysy został zbadany i udokumentowany.

Roboty iniekcyjne należy przeprowadzać przy możliwym maksymalnym odciążeniu konstrukcji.

5.10.2. Rodzaje iniekcji

Rozróżnia się trzy typy iniekcji ciśnieniowej:

- niskociśnieniową – do 0,8 MPa,
- średniociśnieniową – od 0,8 MPa do 8,0 MPa,
- wysokociśnieniową – powyżej 8,0 MPa.

Jeżeli ST, ani projekt naprawy nie przewidują inaczej, w robotach naprawczych można stosować:

- iniekcję niskociśnieniową (< 0,8 MPa) w przypadku rys o rozwartości s ≥ 0,2 mm, znajdujących się w elementach konstrukcji betonowych, żelbetowych i sprężonych grubości 30 cm lub o słabej wytrzymałości,
- iniekcję średniociśnieniową (od 0,8 do 8,0 MPa) w przypadku rys o rozwartości nie mniejszej niż 0,5 mm. Znajduje ona zastosowanie wszędzie tam, gdzie nie wskazane jest wiercenie otworów pod wentyle iniekcyjne używane do iniekcji wysokociśnieniowej (np. w konstrukcjach z betonu sprężonego lub zbrojonego zagęszczonymi prętami uzwojenia). Metodę tę należy również stosować w każdym przypadku, w którym nie jest wymagane ciśnienie iniektu wyższe niż 8 MPa,

- iniekcję wysokociśnieniową (> 8 MPa) do wypełniania rys o rozwartości od 0,1 mm do 0,3 mm lub niezależnie od rozwartości rysy w przypadku elementów konstrukcji grubości >30 cm, w betonie o dużej wytrzymałości. Ze względu na konieczność wiercenia w betonie otworów do osadzania wentyli iniekcyjnych, metoda ta może być stosowana do naprawy zarysowanych elementów sprężonych pod warunkiem dokładnego poznania trasy przebiegu kabli sprężających lub cięgien.

5.10.3. Zasady obowiązujące pracowników podczas wykonywania iniekcji

Kompozycje na bazie żywic epoksydowych należą do środków łatwopalnych i toksycznych. W związku z tym, w przypadku stosowania żywicznych materiałów iniekcyjnych, konieczne jest przestrzeganie następujących zasad:

- wszelkie operacje z żywicami należy wykonywać w rękawicach ochronnych,
- skórę zanieczyszczoną żywicą epoksydową lub gotową kompozycją z utwardzaczem należy zmyć tamponem zwilżonym acetonem i umyć wodą z mydłem, a następnie posmarować kremem,
- nie wolno używać toksycznych rozpuszczalników do czyszczenia sprzętu i naczyń (np. benzolu),
- należy przestrzegać przepisów przeciwpożarowych, m.in. obowiązuje zakaz palenia papierosów podczas pracy oraz wykluczenie prac spawalniczych i jakichkolwiek źródeł otwartego ognia.

W przypadku prowadzenia iniekcji wysokociśnieniowej zabrania się:

- kierowania końcówki węża iniekcyjnego na siebie lub inne osoby,
- pozostawiania agregatu pod ciśnieniem,
- przekraczania dopuszczalnego ciśnienia roboczego powietrza zasilającego pistolet (powyżej 150 atm).

W przypadku stwierdzenia nieprawidłowej pracy agregatu, np. gdy agregat pracuje, a pompa nie zasysa, lub gdy agregat pracuje przy zamkniętym pistolecie to należy natychmiast odłączyć agregat sprężarkowy od agregatu wysokociśnieniowego.

5.10.4. Przygotowanie rysy lub pęknięcia do iniekcji

5.10.4.1. Oczyszczenie rysy

Po przygotowaniu powierzchni betonu wg pktu 5.9 powierzchnie rys (pas do 20 cm) należy piaskować i odessać z niej zanieczyszczenia. Oczyszczona powierzchnia powinna mieć otwarte pory. Korzystne może być także rozkucie w kształt litery V krawędzi rysy do wymiarów ok. 1 cm, co pozwala dodatkowo usunąć ewentualnie pozostałe luźne i skorodowane części betonu. Jeżeli rysa przechodzi przez całą grubość przekroju należy przedmuchać ją sprężonym powietrzem. Następnie rysę należy przepłukać rozpuszczalnikiem, przedmuchać suchym, sprężonym powietrzem i osuszyć. Metoda oczyszczania rysy oraz dopuszczalna zawartość wilgoci lub wody w rysie muszą być dostosowane do zastosowanego materiału iniekcyjnego. Iniektowany beton nie może być zimny lub zmarznięty. Temperatura betonu powinna odpowiadać zaleceniom podanym przez producenta wyrobu iniekcyjnego. Jeżeli jest niższa to beton należy ogrzać powierzchniowo, np. za pomocą promienników podczerwieni lub nagrzewnicami gazowymi.

5.10.4.2. Zamocowanie pakerów i uszczelnienie rysy przed wykonaniem iniekcji ciśnieniowej

Przygotowanie do iniekcji obejmuje poniższe zalecenia (chyba, że technologia zaproponowana przez Wykonawcę i zatwierdzona przez Inżyniera przewiduje inaczej).

Do wprowadzenia iniektu stosuje się pakery naklejane lub osadzane w otworze, rzadziej wbijane w rysę. Pakery naklejane należy stosować jedynie w przypadku iniekcji nisko- i średniociśnieniowej, tam gdzie występują trudności w wykonaniu otworów do osadzenia wentyli wgłębnych (np. gęsto rozmieszczone zbrojenie).

W przypadku pakerów klejonych podłoże należy przygotować jak wyżej, a następnie należy osadzić stalowe pręciki pakera w rysie i przykleić, zalecanym przez producenta materiałem, do podłoża. Po utwardzeniu kleju pod pakerami należy wyciągnąć stalowe pręciki udrażniając otwory co umożliwia wprowadzenie iniektu do rysy. W przypadku pakerów naklejanych masa uszczelniająca rysę musi przenieść ciśnienie iniektu, a stan betonu wokół rysy musi umożliwić przyklejenie masy uszczelniającej rysę.

Pakery obsadzane w otworach należy wprowadzić do wcześniej wywierconych otworów i rozprężyć gumową uszczelką. Otwory należy wykonywać naprzemiennie po obu stronach rysy pod kątem 45° w odległości nie mniejszej niż 10 cm . Średnica otworów do osadzania wentyli jest zależna od wymiarów wentyla i powinna być zgodna z zaleceniami producenta wentyli (zwykle powinna wynosić min. 13 mm). Powinny one przecinać rysę w połowie grubości naprawianego elementu. Po wykonaniu otworów należy je oczyścić przez odessanie, (przedmuchiwanie sprężonym powietrzem może prowadzić do zatkania rysy). Następnie należy sprawdzić, czy przy wierceniu otworów pod wentyle iniekcyjne nastąpiło przecięcie powierzchni rysy. Sprawdzenie to polega na przedmuchaniu otworu sprężonym powietrzem i badaniu ewentualnego przepływu powietrza na zewnątrz przez rysę (w tym obszarze). Następnie należy osadzić wentyle iniekcyjne tak głęboko, aby górna część gumki uszczelniającej była zagłębiona nieco poniżej powierzchni betonu (aby dobrze uszczelnić otwór).

Odstęp między pakerami zależy od szerokości rysy. W przypadku rys krótszych niż 15 cm należy osadzić dwie tarcze: wlotową w najniższym punkcie oraz tarczę z rurką odpowietrzającą w najwyższym punkcie rysy. W przypadku rys dłuższych stosuje się dodatkowo wentyle pośrednie rozstawione wg zasady (chyba, że producent systemu zaleca inaczej):

- co 15 cm, gdy $s = 0{,}2$ mm,
- co 20÷25 cm, gdy $0{,}2 < s < 0{,}5$ mm,
- co 40 cm, gdy $0{,}5 < s < 1{,}0$ mm,

– co 50 cm, gdy s > 1,0 mm.

Odstęp między pakerami nie powinien być większy niż grubość naprawianego elementu lub głębokość rysy.

Paker znajdujący się powyżej (lub obok) iniektowanego służy do kontroli przepływu materiału przy iniekcji, musi być zatem zapewniona możliwość wypływu przez niego powietrza i iniektu. Montaż zaworu zwrotnego jest wykonywany po zakończeniu iniektowania sąsiedniego pakera.

W celu uniemożliwienia wyciekania kompozycji, powierzchnie rys należy uszczelnić. Uszczelnienie rysy można wykonywać za pomocą polimerowo-cementowych lub żywicznych szpachlówek (zapraw) albo z zastosowaniem epoksydowego kleju. Przyczepność szpachlówki lub podłoża nie powinna być mniejsza niż 1,5 MPa, pas przekrywający rysę powinien mieć szerokość przynajmniej 10 cm i grubość nie mniejszą niż 3 mm. Prace te należy wykonać na 24 h przed projektowaną iniekcją. Bezpośrednio przed wykonaniem iniekcji należy sprawdzić drożność całego układu wentyli. Sprawdzenia dokonuje się metodą przepłukiwania rysy lub pęknięcia rozpuszczalnikiem szybko ulatniającym się, np. acetonem. Miarą drożności jest wypływ cieczy z kolejnych otworów. Jest to również wstępny test na określenie objętości potrzebnego iniektu do naprawy rysy. Próba ta jest jednocześnie sprawdzianem przyczepności tarcz iniekcyjnych (w przypadku pakerów naklejanych) do betonowego podłoża. W przypadku odpadania tarcz, np. przy słabym betonie, należy ponownie oczyścić warstwę słabego betonu i ponownie przykleić tarcze. Jeżeli tarcze odpadną to iniekcję należy prowadzić pod niższym ciśnieniem.

Poza tym zwilżenie powierzchni rysy rozpuszczalnikiem wpływa dodatnio na przyczepność żywicy do betonu.

Miejsca mocowania pakerów należy zaznaczyć na przygotowanym do iniekcji elemencie.

5.10.5. Przygotowanie sprzętu do iniekcji

Przygotowanie sprzętu do iniekcji powinno być odpowiednie dla zastosowanej technologii i wymaga przeprowadzenia czynności zgodnie z dokumentacją urządzeń.

Przed wykonaniem iniekcji niskociśnieniowej należy sprawdzić szczelność syfonu iniekcyjnego i jego działanie. Sprawdzenia syfonu dokonuje się po napełnieniu go rozpuszczalnikiem lub wodą i po podłączeniu do agregatu sprężarkowego lub pompki (przy max. ciśnieniu 8 atm.).

Cały zestaw wysokociśnieniowy obejmujący pompę, pistolet, wysokociśnieniowe przewody, syfon iniekcyjny powinien być zmontowany, podłączony do sprężarki i przygotowany do załadowania pistoletu kompozycją iniekcyjną oraz do pracy.

5.10.6. Przygotowanie kompozycji iniekcyjnej

Materiały iniekcyjne należy przygotować ściśle wg wskazań producenta oraz adekwatnie do posiadanych pomp iniekcyjnych (pompy z pojedynczym zasobnikiem wymagają wymieszania składników przed wlaniem do zasobnika, przy zastosowaniu pomp z podwójnym zasobnikiem, komponenty wlewane są do pojemników w odpowiednich proporcjach, a mieszanie następuje podczas transportu iniektu do pakera).

Iniekty epoksydowe i poliuretanowe przeznaczone do siłowego sklejania i elastycznego wypełniania/uszczelniania są dostarczane w pojemnikach w odpowiednich proporcjach. Materiał iniekcyjny zwykle jest kompozycją dwuskładnikową. Składnik A stanowi żywica modyfikowana, składnik B stanowi modyfikowany utwardzacz. Tuż przed wykonaniem iniekcji składnik A należy połączyć ze składnikiem B w stosunku określonym przez producenta (zwykle 2:1) i dokładnie wymieszać. Należy zawsze wlewać utwardzacz do żywicy, odczekując aż utwardzacz do końca wypłynie z pojemnika. Mieszanie należy przeprowadzić w mieszalniku wolnoobrotowym (300 obr/min). Należy dokładnie mieszać przy ścianach i dnie pojemnika. Operację należy prowadzić do uzyskania jednorodnej, homogenicznej mieszaniny bez smug, ale nie krócej niż 3 minuty (chyba, że wytyczne producenta mówią inaczej). Tak przygotowaną kompozycję należy przelać do czystego naczynia i jeszcze raz wymieszać.

Preparaty do iniekcji stopujących są materiałami dwu lub trzyskładnikowymi. Proporcje mieszania i sposób przygotowania powinny być zgodne z zaleceniami producenta.

Iniekty na bazie żywic akrylowych i ich pochodnych są zazwyczaj wieloskładnikowe. Sposób mieszania i kolejność dodawania podaje producent.

Po wymieszaniu kompozycja iniekcyjna jest gotowa do użycia. Wskazane jest przygotowanie porcji kompozycji iniekcyjnej o maksymalnej objętości 0,5 l. Następnie odmierzoną objętość kompozycji należy wlać do syfonu iniekcyjnego i zamknąć wieczko.

W przypadku iniekcji wysokociśnieniowej należy załadować kompozycję iniekcyjną do pistoletu zgodnie z zaleceniami producenta sprzętu.

Temperatura wyrobu iniekcyjnego powinna być zbliżona do temperatury iniektowanego elementu.

5.10.7. Przeprowadzenie iniekcji przy stosowaniu żywic

Sposób przeprowadzenia iniekcji należy dostosować do wymagań producenta sprzętu iniekcyjnego i zastosowanego materiału iniekcyjnego. Zwykle przebieg iniekcji powinien odbywać się zgodnie z poniższymi zasadami.

Iniekcję należy rozpocząć - w przypadku rys pionowych - od najniżej osadzonego pakera, natomiast w przypadku rys poziomych - od jednego ze skrajnych pakerów.

Iniekcję średnio- i niskociśnieniową należy rozpocząć bezpośrednio po przygotowaniu kompozycji iniekcyjnej. Przewód polietylenowy podający kompozycję iniekcyjną z syfonu należy nasunąć na rurkę tarczy iniekcyjnej i zamocować zaciskiem.

Podczas iniekcji nisko i średniociśnieniowej należy wykonać następujące czynności:

- zamknąć zawór doprowadzający powietrze do syfonu iniekcyjnego,
- uruchomić sprężarkę i wyregulować ciśnienie do żądanej wartości,
- otworzyć zawór obserwując manometr, przy jakim ciśnieniu wtłaczany jest iniekt; jeżeli ciśnienie na manometrze syfonu jest w przybliżeniu równe ciśnieniu powietrza podawanego przez sprężarkę to należy zamknąć zawór doprowadzający powietrze do syfonu i obserwować spadek ciśnienia w syfonie; szybki spadek ciśnienia w syfonie przy zamkniętym zaworze, świadczy o wtłaczaniu iniektu w rysę, natomiast brak spadku ciśnienia świadczy o niedrożności rysy w tym punkcie,
- kompozycję iniekcyjną tłoczyć aż do momentu pojawienia się jej w otworze sąsiednim; brak pojawienia się kompozycji w otworze wymaga powtórzenia iniekcji przez otwór poprzedni lub naklejenia nowej tarczy iniekcyjnej. Następnie należy zatkać otwór, przez który tłoczono kompozycję (za pomocą nakrętki typu kołpakowego) i rozpocząć iniekcję od kolejnego punktu; w przypadku rys pionowych lub pochyłych iniektowanie należy prowadzić od dołu do góry,
- w czasie prowadzenia iniekcji stale obserwować przezroczysty przewód elastyczny doprowadzający iniekt z syfonu do rysy i w odpowiednim momencie odciąć dopływ sprężonego powietrza do rysy,
- po pokazaniu się kompozycji w ostatnim otworze wprowadzić do tarczy iniekcyjnej cienką rurkę polietylenową, którą po wypełnieniu kompozycją iniekcyjną należy wyprowadzić do góry i przykleić plastrem technicznym; w ten sposób iniekcja rysy lub pęknięcia zostaje zakończona,
- po stwardnieniu kompozycji usunąć tarcze iniekcyjne oraz materiał uszczelniający rysę,
- w czasie prowadzonych prac iniekcyjnych na bieżąco wypełniać formularze dokumentacji dla każdej rysy (wg załącznika 3).

Iniekcję wysokociśnieniową należy rozpocząć po otwarciu zaworu pistoletu wysokociśnieniowego. Podczas iniekcji należy obserwować ciśnienie i poziom cieczy w naczyniu pomiarowym. Wielkość ubytku cieczy w naczyniu oznacza objętość iniektu wtłoczonego w rysę. Dane te należy odnotować w formularzu dokumentacji iniekcji (załącznik 3). Gdy żywica zaczyna wypływać przez następny wentyl, należy zdjąć końcówkę węża wysokociśnieniowego, przerywając wtłaczanie iniektu i przełożyć ją do wyższego wentyla. W przypadku wentyli z końcówką nagwintowaną (bez zaworu zwrotnego) należy nakręcić nakrętkę kołpakową na wentyl, w którym zakończono iniekcję (aby nie dopuścić do wypływania iniektu). Następnie należy kontynuować iniekcję aż do zużycia całej porcji kompozycji, po czym ponownie napełnić cylinder pistoletu. Jeżeli nie uzyskuje się wypływu inektu przez kolejny wyższy wentyl to należy przystąpić do wtłaczania materiału przez ostatni, z którego wypływał. W przypadku negatywnego wyniku (świadczącego o niedrożności tego otworu) iniekcję należy przerwać i osadzić dodatkowy wentyl. Po zakończeniu iniekcji, aby uzyskać warunki do długotrwałego działania ciśnienia iniektu, co sprzyja jego kapilarnemu przenikaniu w beton, należy zastosować następujący sposób podawania kompozycji iniekcyjnej: na najwyższy wentyl (bez zaworu zwrotnego) należy założyć rurkę o średnicy 0,6 cm z polietylenu i po zakończeniu iniekcji wypełnić kompozycją iniekcyjną. Następnie rurkę należy wyprowadzić pionowo do góry przyklejając plastrem technicznym. Kompozycja w rurce stanowi rezerwę, która wpływa do rysy, jeżeli następują w niej ubytki betonu. Jeżeli w trakcie prowadzenia prac iniekcyjnych pojawi się przeciek przez jej uszczelnienie to należy prace przerwać, a nieszczelność usunąć, stosując szybkowiążący klej epoksydowy z użyciem utwardzacza. Iniekcję można wznowić po upływie 1,5 h od założenia uszczelnienia. Po wykonaniu iniekcji należy usunąć masę uszczelniającą rysę i wypełnić otwory po wentylach iniekcyjnych materiałem naprawczym wg OST M-20.20.15a [2].

Stosując do iniekcji spieniające się żywice poliuretanowe korzystne jest pozostawić rysę częściowo otwartą, co znacznie ułatwia obserwację penetracji.

Przy iniekcji rys nawodnionych proces przebiega dwuetapowo. W pierwszej fazie stosuje się iniekcję silnie spieniającą się żywicą poliuretanową. Powoduje ona przede wszystkim zatrzymanie przecieku wody, a w drugim etapie wtłacza się bardziej elastyczny, powodujący trwałe uszczelnienie iniekt, także na bazie poliuretanów.

5.10.8. Iniekcje za pomocą zastrzyków cementowych

Iniekcje za pomocą zastrzyków cementowych stosuje się zwykle do wypełniania szczelin, rys i wolnych przestrzeni wewnątrz masywnych podpór betonowych. Do tego celu poza materiałami przygotowywanymi fabrycznie jako gotowe produkty, mogą być stosowane na przykład:

- czysty zaczyn cementowy (cement +woda)Stosunek wagowy cementu do wody powinien być zwiększany w miarę wtłaczania zaczynu od 1:10 do 1:1. Gdy zaczyn jest rzadki i wycieka z otworu można dodać drobnego piasku do 0,1 mm w ilości do 3% wagi cementu,

- zaczyn cementowy z dodatkiem iłu lub bentonitu. Zaczyn cementowy z dodatkiem iłu lub bentonitu nadaje się do wypełniania bardzo drobnych rys i pustek. Dopuszczalny jest 15÷25% dodatek iłu w stosunku do wagi cementu, bez większej szkody dla wytrzymałości iniektu. Dodatek 5÷10% może nawet zwiększyć wytrzymałość. W przypadku bentonitu dodaje się go w granicach 3÷4% w stosunku do wagi cementu,

- zaprawa cementowa (cement+woda+piasek). Zaprawę cementową stosuje się do wypełniania dużych pustek, szerokich rys i szczelin. Zaprawę należy wykonywać z piasku o średnicach ziaren do 3 mm, w stosunku do cementu 1:1 do 2:1.

Zastrzyki cementowe można wykonywać przy temperaturze min. +4°C.

Technologia wykonywania zastrzyków cementowych obejmuje:

1) Wywiercenie otworów próbnych, przez które wtłacza się wodę do ustalenia względnej chłonności wody, tj. zużycia wody na 1 m długości wywierconego otworu, przy ciśnieniu 0.1 MPa. Otwory próbne wykonuje się w odległości 2÷4 m jeden od drugiego, na całą grubość ściany.
Aby ustalić, czy iniekcja cementowa jest wskazana zaleca się określić względną chłonność wody. Gdy przekracza ona 5×10^{-6} l/min/Pa, a szerokość szczelin wynosi co najmniej 0,2 mm, stosowanie iniekcji cementowej jest celowe.
Względną chłonność wody q oblicza się ze wzoru:
$q=Q/l\times h\times10^{4}$ [l/min/Pa]
gdzie:
q-zużycie wody na dany otwór [l/min],
l-długość otworu [m],
h-ciśnienie [Pa].

2) Wywiercenie otworów do założenia iglic iniekcyjnych. Liczba otworów, ich rozmieszczenie i głębokość zależy od wymiarów i stopnia uszkodzenia konstrukcji. W przypadku dużych bloków odległość między otworami wynosi zwykle 0,8÷1,5 m, a głębokość 0,65÷0,75 grubości konstrukcji – gdy wiercone są z jednej strony i 0,35÷0,40 grubości, gdy wiercone są z dwóch przeciwległych stron. Otwory należy wiercić pod kątem większym od 10° do poziomu (w dół). Przy głębokościach otworów do 2,0 m powinny one mieć średnicę 65 mm, głębsze 75÷80 mm.

3) Oczyszczenie szczelin oraz otworów poprzez przepłukanie ich wodą pod ciśnieniem około 0,2 MPa. Zabieg ten zwilża również przestrzeń, która ma być poddana iniekcji.

4) Założenie iniektorów i ich uszczelnienie.

5) Tłoczenie zaczynu cementowego. Tłoczenie zaczyna się przy ciśnienieu 0,1 MPa stopniowo należy je zwiększać aż do 0,5÷1,2MPa. Iniektowanie powinno się odbywać bez przerw, a kończyć, gdy w ciągu 20 min., przy utrzymującym się wysokim ciśnieniu konstrukcja nie wchłania zaczynu.

6) Sprawdzenie jakości robót, polegające na wywierceniu otworów próbnych i sprawdzaniu chłonności konstrukcji przez wpompowanie wody pod ciśnieniem 0,2 MPa. Chłonność nie powinna przekraczać 5×10^{-6} l/min/MPa. Prace te można wykonać po 4 dniach po zakończeniu iniekcji.

5.10.9. Mycie i konserwacja sprzętu iniekcyjnego

Bezpośrednio po użyciu (przed stwardnieniem kompozycji) sprzęt i narzędzia do iniekcji należy umyć. Do mycia sprzętu należy stosować rozpuszczalniki organiczne. Mycie urządzeń iniekcyjnych należy podzielić na dwa etapy:

- podczas prowadzenia prac - co dwie godziny, a w temperaturze powyżej 20°C co godzinę oraz bezpośrednio po zakończeniu iniekcji, obowiązuje dokładne mycie wszystkich urządzeń i przewodów mających bezpośredni styk z kompozycją iniekcyjną,
- w okresie 12 godzin od zakończenia prac iniekcyjnych konieczne jest ponowne dokładne mycie pistoletu iniekcyjnego i przewodu wysokociśnieniowego.

W trakcie mycia wysokociśnieniowego pistoletu iniekcyjnego należy odkręcić pokrywę czołową, wyjąć tłok i zdjąć pierścienie uszczelniające. Wszystkie te elementy należy dokładnie umyć i wysuszyć, po czym nasmarować cylinder smarem i skręcić cały pistolet.

W przypadku mycia przewodu wysokociśnieniowego należy go dokładnie przemyć rozpuszczalnikiem i przeczyścić wyciorem, a na koniec należy usunąć wodny roztwór z przewodu zasilającego pistolet i z pompy i przemyć cały układ rozpuszczalnikiem. Należy również dokładnie umyć odzyskiwane wentyle iniekcyjne bezpośrednio po zżelowaniu kompozycji iniekcyjnej. W przypadku wentyli wgłębnych należy rozebrać je na części i dokładnie umyć rozpuszczalnikiem. Gumek uszczelniających nie należy myć rozpuszczalnikiem nitro. Należy je tylko lekko przemyć alkoholem benzylowym i wytrzeć do sucha.

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 iniekcyjnych

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.),
- ew. wykonać własne badania właściwości materiałów przeznaczonych do wykonania robót, określone przez Inżyniera.

Wszystkie dokumenty oraz wyniki badań Wykonawca przedstawi Inżynierowi do akceptacji.

Podczas robót Wykonawca zobowiązany jest prowadzić protokół wykonania prac iniekcyjnych, w którym podaje wszystkie niezbędne informacje o warunkach atmosferycznych, parametrach technologicznych wbudowania materiałów, ilości zastosowanych materiałów. Wzór protokołu został zamieszczony w załączniku 3 do niniejszej OST.

6.2.1. Kontrola jakości materiałów

Kontrolę wytwarzania materiałów prowadzi producent w ramach nadzoru wewnętrznego. Za sprawdzenie przydatności materiałów oraz jakości wbudowania odpowiada Wykonawca.

Na żądanie Inżyniera Wykonawca przedstawi aktualne wyniki badań materiałów wykonanych w ramach nadzoru wewnętrznego przez producenta.

Przed zastosowaniem materiałów Wykonawca zobowiązany jest sprawdzić:

- nr produktu,
- stan opakowań materiału,
- warunki przechowywania materiału,
- datę produkcji i datę przydatności do stosowania.

Dodatkowo po otwarciu pojemnika z materiałem Wykonawca powinien ocenić jego wygląd i klarowność.

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien wykonać badania wody (jeżeli jest wykorzystywana) oraz ewentualnie innych materiałów użytych do wykonania robót i przedstawić wyniki tych badań Inżynierowi do akceptacji.

Z przeprowadzonych badań Wykonawca sporządzi protokół. Wzór protokołu został przedstawiony w załączniku 2 do niniejszej OST.

6.2.2. Kontrola przygotowania podłoża i rys

Wykonawca zobowiązany jest przedstawić Inżynierowi do akceptacji wyniki badań podłoża, które powinny odpowiadać wymaganiom podanym w pkcie 5.9. i 5.10.4.1.

Dodatkowo należy sprawdzić:

- głębokość i szerokość rozwarcia rysy – można mierzyć czujnikiem elektrycznym lub mechanicznym na odsłoniętej konstrukcji. Najważniejsze cechy rysy (szerokość i jej zmiany) podlegają zmianom związanym z warunkami pogodowymi. Oznaczając te parametry należy notować następujące parametry:
  - daty, godziny,
  - warunki pogodowe, tj. temperatura powietrza, zachmurzenie/deszcz (w tym dane z dni poprzednich),
  - temperatury powierzchni elementu w strefie zarysowania, a w szczególnych przypadkach także wewnątrz elementu,
- rodzaj i wielkość rysy, stan rysy i jej krawędzi oraz wszelkie wcześniej stosowane środki zaradcze można określać, wykonując odwierty rdzeniowe zgodnie z PN-EN 12504-1 [26], ograniczając je do niezbędnych przypadków. Informacje o stanie rysy można również uzyskać z badań ultradźwiękowych wg PN-EN 12504-4 [28] pod warunkiem, że są wykonywane przez odpowiednio przeszkolonych i doświadczonych pracowników,
- rozwój zarysowań – szerokość rysy należy mierzyć czujnikami elektrycznymi lub mechanicznymi z dokładnością co najmniej 0,1 mm, np. za pomocą przymiarów kreskowych, płytek szklanych, czujników odkształceń mocowanych na szkle, szkieł powiększających, znaczników w postaci cienkich warstewek gipsu nanoszonych pędzlem na powierzchnię betonu. Jeżeli w ciągu dnia zostaną zaobserwowane zmiany szerokości rysy, należy to zapisać kilkakrotnie w ciągu dnia. Należy tak dobrać okresy dokonywania pomiarów, aby z ich wyników można było wyciągnąć wnioski dotyczące krótkoterminowych i dziennych zmian szerokości rysy w planowanym czasie jej wypełnienia, np. zależność zmian szerokości rysy od charakterystyki ruchu na obiekcie, czy działania czynników atmosferycznych,
- zanieczyszczenia podłoża i rys – podłoże betonowe i rysy mogą być zanieczyszczone środkami powodującymi uszkodzenia podłoża oraz wyrobów i systemów naprawczych, a także powodującymi korozję zbrojenia (np. dwutlenek węgla, chlorki, siarczany i inne). Badanie zanieczyszczenia można wykonać zgodnie z OST M-20.20.15a [2] i w razie potrzeby potwierdzić przez pobranie próbek rdzeniowych i wykonanie analizy chemicznej,
- zgodność rozmieszczenia i obsadzenia pakerów (przez pomiar i oględziny) z wymaganiami producenta systemu iniekcji i dokumentacją technologiczną naprawy.

Należy wykonać inne badania jeśli są wymagane przez producenta systemu iniekcji.

Z przygotowania podłoża należy sporządzić protokół. Przykład protokołu został zamieszczony w załączniku w OST M-20.20.15a [2]. Dodatkowo w protokole należy zawrzeć informacje na temat stanu rys przed ich wypełnieniem, wyspecyfikowane powyżej.

6.3. Badania w trakcie robót

6.3.1. Kontrola warunków atmosferycznych

W czasie wykonywania robót iniekcyjnych należy kontrolować warunki atmosferyczne. Częstotliwość wykonywania badań podano w tablicy 10.

Tablica 10. Częstotliwość badań lub obserwacji warunków atmosferycznych

Właściwość	Metoda badania lub obserwacji	Numer normy	Częstotliwość	Uwagi

Temperatura otoczenia*)	Termometr		Podczas stosowania	Wymagane przez PN-EN 1504-10 [33] dla wszystkich metod naprawy
Wilgotność otoczenia	Higrometr	ISO 4677-1 [34] ISO 4677-2 [35]	Podczas stosowania	Wymagane przez PN-EN 1504-10 [33] tylko gdy jest to niezbędne ze względu na warunki stosowania
Opady atmosferyczne	Wizualnie		Codziennie	Wymagane przez PN-EN 1504-10 [33] tylko gdy jest to niezbędne ze względu na warunki stosowania

*) Temperaturę otoczenia należy mierzyć termometrem z dokładnością odczytu ±1°C. Pomiary powinny być wykonywane w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca prowadzenia prac. Czujnik temperatury nie powinie być poddawany bezpośredniemu działaniu promieni słonecznych. Pomiary należy wykonywać wystarczająco często, aby odnotować zmiany o 2°C i odnotować tendencję obniżania lub wzrostu. Dolny zakres powinien odpowiadać zakresowi podanemu w pkcie 5.10.1, chyba że producent systemu lub projekt technologii naprawy podają inaczej.

6.3.2. Kontrola wykonywania prac iniekcyjnych

Kontrola jakości wykonania iniekcji rys lub pęknięć polega na ocenie przebiegu iniekcji; należy kontrolować:

- wypływ iniektu przez sąsiednie pakery,
- wypływ iniektu przez rysę lub zatamowanie przecieku (w przypadku iniekcji stopującej za pomocą szybkospianiających żywic),
- zużycie iniektu,
- wartości ciśnienia,
- warunki atmosferyczne,
- wypełnienie rys (po usunięciu masy uszczelniającej),
- wypełnienie rys po wprowadzeniu wody pod ciśnieniem w próbne otwory,
- wszelkie nietypowe sytuacje.

W przypadku, gdy prace iniekcyjne przebiegają bez żadnych zakłóceń (pełna drożność otworów, brak przerw w iniekcji, stabilność temperatury) jako podstawę do oceny jakości prac iniekcyjnych należy przyjąć wyniki z analizy oceny przebiegu iniekcji i oceny wypełnienia rys po usunięciu masy uszczelniającej lub wprowadzenia wody pod ciśnieniem w próbne otwory.

W przypadku zauważalnych uchybień w przeprowadzaniu iniekcji, jak:

- zbyt mała objętość zużytej kompozycji do iniekcji (np. w porównaniu do objętości użytego rozpuszczalnika w czasie badania drożności otworów),
- widoczne niewypełnienie rys,
- niepojawienie się kompozycji w otworach odpowietrzających,
- gwałtowny spadek ciśnienia,
- przerwy w iniektowaniu,
- złe warunki atmosferyczne - niska temperatura otoczenia, deszcz,
- szybkie obniżanie się poziomu kompozycji iniekcyjnej w rurce osadzonej na ostatnim wentylu po zakończeniu iniekcji,

należy wykonać odwierty za pomocą wiertnicy z koronką diamentową. W zależności od wielkości iniektowanego elementu, należy pobrać próbki o średnicy 50 ÷ 100 mm. Próbki należy poddać oględzinom w celu oceny wgłębnej penetracji kompozycji. Po oględzinach próbki należy pociąć na walce wysokości równej średnicy próbki i zgnieść w maszynie wytrzymałościowej. O jakości iniekcji decyduje postać zniszczenia próbki. Zniszczenie próbki w betonie (jak w przypadku materiału jednorodnego), a nie w skleinie świadczy o prawidłowo wykonanej iniekcji.

Jeżeli Inżynier tak zadecyduje, w sytuacji gdy podczas iniekcji i utwardzania kompozycji nastąpiła nagła zmiana pogody, np. spadek temperatury, należy wykonać specjalne próbki. Połówki kostek betonowych 10×10×10 cm należy skleić kompozycją używaną do iniekcji. Tak przygotowane próbki należy pozostawić w warunkach otoczenia iniektowanego obiektu, aż do uzyskania pełnej wytrzymałości (tj. około 7 dni). Następnie należy próbki poddać oględzinom i badaniom wytrzymałościowym. Próba ta pozwoli ocenić stopień zsieciowania kompozycji iniekcyjnej, a tym samym posłuży do oceny jakości iniekcji rysy.

Jeżeli Inżynier tak zadecyduje, konieczne może być doiniektowanie rysy lub obsadzenie dodatkowych pakerów.

Wyniki badań przeprowadzanych w czasie wykonywania robót powinny być odnotowane w formie kontroli, wpisane do dziennika budowy i zaakceptowane przez Inżyniera.

6.4. Badania w czasie odbioru robót

Badania w czasie odbioru robót przeprowadza się celem oceny czy spełnione zostały wszystkie wymagania dotyczące prac naprawczych w zakresie:

- zgodności z dokumentacją projektową, ST, wraz z wprowadzonymi zmianami naniesionymi w dokumentacji powykonawczej,
- jakości zastosowanych materiałów i wyrobów,
- prawidłowości przygotowania podłoża i rysy,
- prawidłowości wykonania iniekcji.

Przy badaniu w czasie odbioru robót należy wykorzystywać wyniki badań dokonanych przed przystąpieniem do robót i w trakcie ich wykonywania oraz zapisy w dzienniku budowy.

Przed przystąpieniem do badań przy odbiorze należy sprawdzić na podstawie dokumentów:

- spełnienie przez materiały wymagań podanych w pkcie 2, na podstawie dostarczonych wyników badań,
- -prawidłowość wykonania prac iniekcyjnych na zgodność z dokumentacją projektową i ST.

6.4.1. Opis badań

Jeżeli zakres badań odbiorczych nie jest szczegółowo określony w ST, można kierować się poniższymi zasadami.

6.4.1.1. Badanie właściwości końcowych w stanie utwardzonym wg PN-EN 1504-10 [33]

Sposób i częstotliwość badania właściwości końcowych w stanie utwardzonym podaje tablica 11.

Tablica 11. Badanie właściwości końcowych w stanie utwardzonym

Przenikalność wody przez wypełnioną rysę	Metoda Karstena	B	PN-EN 12390-8 [24]	Jednokrotnie aby określić skuteczność naprawy	+
	Pomiar wnikania na rdzeniu	B	ISO 7031 [25]		
Stopień wypełnienia rysy	Wizualnie na rdzeniu	O	PN-EN 12504-1 [26]		+
	Metoda ultradźwiękowa	B	PN-EN 12504-4 [28] ISO 8047 [27]		
Przyczepność materiału wypełniającego rysę do podłoża	Wizualnie na rdzeniu	O	PN-EN 12504-1 [26]		S
	Próba ściskania rdzenia	B			

S - wymagane dla zastosowań specjalnych

+ - badanie wymagane przez PN-EN 1504-10 [33], tylko, gdy jest to niezbędne ze względu na warunki stosowania

O - obserwacja

B - badanie

a) Przenikalność wody przez wypełnioną rysę

Zasadą testu Karstena jest pomiar objętości lub zważonej wody wnikającej w beton w jednostce czasu z zastosowaniem skalibrowanej szklanej rurki, umocowanej z zachowaniem wodoszczelności dla badanej powierzchni. Średnica rurki, zależnie od zastosowanej normy, może wynosić 20 mm, 30 mm, 100 mm. Wysokość słupa wody, zależnie od stosowanej normy, może wynosić 20 mm, 30 mm, 100 mm.

Uzyskane wyniki to:

- ilość wody wnikającej w beton w czasie badania,
- temperatura badania,
- zawartość wilgoci w badanym obszarze.

W przypadku wątpliwości można pobrać rdzenie i zbadać ich przepuszczalność, zgodnie z PN-EN 12390-8 [24] i ISO 7031 [25].

Otrzymane wyniki należy porównać z wymaganiami ST, dokumentacji projektowej lub producenta systemu.

b) Stopień wypełnienia rysy

Aby ocenić stopień wypełnienia rysy należy pobrać próbki rdzeniowe wg PN-EN 12504-1 [26]. Rysy powinny być wypełnione całkowicie. Za całkowite wypełnienie rysy uznaje się stan, kiedy rysy widoczne na powierzchni rdzenia są wypełnione co najmniej w 80% objętości. Miejsce pobrania próbek powinno być wskazane w projekcie technologicznym naprawy. Zwykle próbki rdzeniowe o małych średnicach (50 mm lub mniejsze) są pobierane z miejsc reprezentatywnych dla wykonywanych wypełnień.

Stopień wypełnienia rysy można też badać metodą ultradźwiękową wg PN-EN 12504-4 [28] lub ISO 8047 [27].

c) Przyczepność materiału wypełniającego rysę do podłoża

Przyczepność materiału wypełniającego rysę do podłoża można określić przez pobranie próbek rdzeniowych i przeprowadzenie ich badania, aż do zniszczenia, wg PN-EN 12504-1 [26]. Przyczepność nie może być większa niż powierzchniowa wytrzymałość na rozciąganie podłoża. Wymagane wartości przyczepności podano w tablicy1.

6.4.1.2. Inne badania odbiorcze

Dokumentacja projektowa, ST lub projekt technologiczny naprawy mogą wymagać przeprowadzenia innych badań odbiorczych, np.:

- kontroli napełnienia pęknięć – przez oględziny – rysy powinny być całkowicie wypełnione żywicą,
- kontroli utwardzenia, spienienia lub spęcznienia (w zależności od zastosowanego środka) – pod dotykiem palca żywica nie powinna się lepić,
- metod niszczących – w uzasadnionych przypadkach.

Badania takie powinny być przeprowadzone w ramach przyjętego Programu Zapewnienia Jakości.

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 (metr) zainiektowanej rysy.

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 według pktu 6 dały wyniki pozytywne.

8.2. Odbiór robót zanikających i ulegających zakryciu

Odbiorowi robót zanikających i ulegających zakryciu podlegają:

- przygotowanie podłoża do wykonania iniekcji,
- przygotowanie rysy do wykonania iniekcji.

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

Wszystkie ustalenia związane z dokonanym odbiorem robót ulegających zakryciu oraz materiałów należy zapisać w dzienniku budowy lub protokole podpisanym przez Inżyniera i Wykonawcę.

8.3. Odbiór częściowy

Odbiór częściowy polega na ocenie jakości i ilości części robót. Celem odbioru częściowego jest wczesne wykrycie ewentualnych usterek i ich usunięcie przed wykonaniem kolejnego etapu robót lub odbiorem końcowym. Odbiór częściowy robót jest dokonywany przez Inżyniera w obecności kierownika budowy. Odbioru częściowego dokonuje się wg zasad, jak przy odbiorze końcowym.

8.4. Odbiór końcowy

Odbiór końcowy stanowi ostateczną ocenę rzeczywistego wykonania robót w odniesieniu do ich zakresu, jakości i zgodności z dokumentacją projektową oraz ST. Odbiór końcowy przeprowadza komisja powołana przez Inżyniera na podstawie przedłożonych dokumentów, wyników badań oraz dokonanej oceny wizualnej.

8.4.1. Dokumenty do odbioru końcowego

Wykonawca obowiązany jest przedłożyć komisji następujące dokumenty:

- dokumentację techniczną z naniesionymi zmianami dokonanymi w toku wykonywania robót,
- informację o ewentualnych zmianach w stosunku do ST wprowadzonych w trakcie wykonywania robót,
- dziennik budowy i książki obmiarów z zapisami dokonywanymi w toku prowadzonych robót oraz protokoły kontroli spisane w trakcie wykonywania prac,
- dokumenty świadczące o dopuszczeniu do obrotu i powszechnego zastosowania użytych wyrobów budowlanych,
- protokoły odbioru robót ulegających zakryciu,
- protokoły robót częściowych,
- instrukcje producentów dotyczące zastosowanych materiałów,
- wyniki badań laboratoryjnych i ekspertyz.

Komisja powinna zapoznać się z przedłożonymi dokumentami, przeprowadzić badania wg pktu 6, porównać je z wymaganiami podanymi w dokumentacji technicznej i w pkcie 5 oraz dokonać oceny wizualnej.

Roboty uznaje się za wykonane zgodnie z dokumentacją projektową, ST i wymaganiami Inżyniera, jeżeli wszystkie pomiary i badania z zachowaniem tolerancji wg punktu 6 są spełnione, a dostarczone przez Wykonawcę dokumenty są kompletne i prawidłowe pod względem merytorycznym.

Jeżeli chociażby jeden wynik badań był negatywny prace nie powinny być odebrane.

W takim przypadku należy przyjąć jedno z następujących rozwiązań:

- jeżeli jest to możliwe ustalić zakres prac korygujących, usunąć niezgodności robót z wymaganiami określonymi w dokumentacji technicznej i przedstawić prace naprawcze do ponownego odbioru,
- jeżeli odchylenia od wymagań nie zagrażają bezpieczeństwu użytkownika oraz nie ograniczają trwałości i skuteczności robót, Inżynier może wyrazić zgodę na dokonanie odbioru końcowego, z jednoczesnym obniżeniem wartości wynagrodzenia w stosunku do ustaleń umownych,
- w przypadku gdy nie są możliwe podane wyżej rozwiązania, Wykonawca zobowiązany jest wykonać prace naprawcze i powtórnie zgłosić je do odbioru. Zakres i sposób wykonania ewentualnych prac naprawczych powinien być opracowany indywidualnie dla każdego przypadku.

W przypadku niekompletności dokumentów odbiór może być dokonany po ich uzupełnieniu.

Z czynności odbioru należy sporządzić protokół podpisany przez Inżyniera i Wykonawcę. Protokół powinien zawierać:

- ustalenia podjęte w trakcie prac komisji,
- ocenę wyników badań,
- wykaz wad i usterek ze wskazaniem sposobu ich usunięcia,
- stwierdzenie zgodności lub niezgodności wykonania robót z dokumentacją techniczną i ST.

Protokół odbioru końcowego jest podstawą do dokonania rozliczenia końcowego pomiędzy Zamawiającym i Wykonawcą

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 jednostkowa obejmuje:

- roboty przygotowawcze i pomiarowe,
- wykonanie diagnostyki konstrukcji (inwentaryzacji rys),
- wykonanie projektu technologicznego iniekcji,
- zakup, dostawę i magazynowanie materiałów i pozostałych środków produkcji potrzebnych do wykonania robót,
- wykonanie projektu konstrukcji pomocniczych do wykonania robót,
- wykonanie i rozbiórkę konstrukcji pomocniczych do wykonania robót,
- przygotowanie podłoża betonowego do wykonania iniekcji,
- przygotowanie poszczególnych rys do iniektowania (w tym usunięcie słabego betonu wokół rysy, przedmuchanie rysy sprężonym powietrzem, zamocowanie pakerów),
- przygotowanie sprzętu i materiałów do wykonania iniekcji,
- wykonanie iniekcji,
- usunięcie sprzętu iniekcyjnego oraz masy uszczelniającej rysę, wypełnienie otworów po wentylach iniekcyjnych,
- zapewnienie bezpieczeństwa robót i ochrony środowiska,
- wykonanie badań i prowadzenie dokumentacji prac iniekcyjnych,
- umycie i konserwację sprzętu iniekcyjnego,
- utylizację opakowań i resztek materiałów zgodnie ze wskazaniami producentów,
- 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-20.20.15a Naprawa powierzchniowa betonowych zaprawami typu CC, PC i PCC

10.2. Normy

3.	PN-EN 12618-2	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Część 2: Oznaczanie przyczepności, z uwzględnieniem cyklu termicznego lub bez cyklu termicznego, wyrobów iniekcyjnych - Przyczepność oznaczana za pomocą oceny wytrzymałości spoiny na rozciąganie
4.	PN-EN 12190	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych -- Metody badań -- Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie zaprawy naprawczej
5.	PN-EN 12618-3	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych -- Metody badań -- Część 3: Oznaczanie przyczepności, z uwzględnieniem cyklu termicznego lub bez cyklu termicznego, wyrobów iniekcyjnych -- Metoda oznaczania ścinania skośnego
6.	PN-EN 445	Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych - Metody badań
7.	PN-EN 12614	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Oznaczanie temperatury zeszklenia polimerów
8.	PN-EN 196- 2	Metody badania cementu -- Część 2: Analiza chemiczna cementu
9.	PN-EN 1771	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Oznaczanie iniekcyjności z zastosowaniem warstwy piasku
10.	PN-EN ISO 3219	Tworzywa sztuczne - Polimery/żywice w stanie ciekłym lub jako emulsje albo dyspersje - Oznaczanie lepkości za pomocą wiskozymetru rotacyjnego przy określonej szybkości ścinania
11.	PN-EN 14117	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Oznaczanie czasu wyciekania cementowych wyrobów iniekcyjnych
12.	PN-EN ISO 9514	Farby i lakiery - Oznaczanie przydatności do stosowania wieloskładnikowych systemów powłokowych - Przygotowanie i kondycjonowanie próbek oraz wytyczne do badań
13.	PN-EN 1543	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Oznaczanie narastania wytrzymałości na rozciąganie polimerów
14.	PN-EN 196-3 +A1:2011P	Metody badania cementu - Część 3: Oznaczanie czasów wiązania i stałości objętości
15.	PN-EN 12618-1	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Część 1: Przyczepność i wydłużalność stosowanych do iniekcji wyrobów o ograniczonej plastyczności
16.	PN-EN 14068	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Oznaczanie wodoszczelności spękań, wypełnionych iniekcyjnie, bez zmian w betonie
17.	PN-EN 12614	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Oznaczanie temperatury zeszklenia polimerów
18.	PN-EN 12637-1	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Kompatybilność wyrobów iniekcyjnych - Część 1: Kompatybilność z betonem
19.	PN-EN 14498	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Zmiany objętości i masy wyrobów iniekcyjnych po cyklach suszenia w powietrzu i przechowywania w wodzie
20.	PN-EN 12637-3	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Kompatybilność materiałów iniekcyjnych - Część 3: Oddziaływanie materiałów iniekcyjnych na elastomery
21.	PN-EN ISO 11357-3	Tworzywa sztuczne - Różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC) - Część 3: Oznaczanie temperatury oraz entalpii topnienia i krystalizacji
22.	PN-EN 197-1	Cement - Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku
23.	PN-EN 1504-1	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności - Część 1: Definicje

24.	PN-EN 12390-8	Badania betonu - Część 8: Głębokość penetracji wody pod ciśnieniem
25.	ISO 7031	Concrete hardened. Determination of permeability (projekt normy)
26.	PN-EN 12504-1	Badania betonu w konstrukcjach - Część 1: Próbki rdzeniowe - Pobieranie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie
27.	ISO 8047	Hardened concrete. Determination of ultrasonic pulse velocity (projekt normy)
28.	PN-EN 12504-4	Badania betonu - Część 4: Oznaczanie prędkości fali ultradźwiękowej
29.	PN-EN 1504-5	Wyroby i systemy ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności- Część 5: Iniekcja betonu.
30.	PN-EN 14406	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Oznaczenie współczynnika rozszerzalności i ocena rozszerzalności
31.	PN-EN 13687-3	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Metody badań - Oznaczanie kompatybilności termicznej - Część 3: Cykle termiczne bez soli odladzającej
32.	PN-EN 1008: 2004P	Woda zarobowa do betonu - Specyfikacja pobierania próbek, badanie i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu
33.	PN-EN 1504-10	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
34.	ISO 4677-1	Atmospheres for conditioning and testing - Determination of relative humidity - Part 1: Aspirated psychrometer method
35.	ISO 4677-2	*Atmospheres for conditioning and testing - Determination of relative humidity - Part 2: Whirling psychrometer method*
36.	PN-EN ISO 3251	*Farby, lakiery i tworzywa sztuczne -- Oznaczanie zawartości substancji nielotnych*

10.3. Inne dokumenty

37. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004. r. o wyrobach budowlanych (Dz.U. nr 92 z 2004 r. poz. 881 z późn. zmianami)
38. Ustawa o substancjach i preparatach chemicznych z dnia 11 stycznia 2001 r. (Dz.U. nr 11, poz. 84 z późn. zmianami)
39. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 3 lipca 2002 r. w sprawie karty charakterystyki substancji niebezpiecznej i preparatu niebezpiecznego (Dz.U. nr 140, poz. 1171 z późn. zmianami)
40. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 września 2003 r. w sprawie oznakowania opakowań substancji niebezpiecznych i preparatów niebezpiecznych (Dz.U. nr 173, poz. 1679, z późn. zmianami)
41. Naprawa konstrukcji betonowych i żelbetowych. Iniekcja. Specyfikacja techniczna, 2010, OWEOB Promocja Sp. z o.o., Warszawa
42. Madaj A., Wołowicki W., 2014, Budowa i utrzymanie Mostów. Wymagania techniczne, badania, naprawy, WKiŁ, Warszawa