

Warunki Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych

M-12.02.00. KABLE SPRĘŻAJĄCE

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP

- 1.1. Przedmiot Warunków Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych
- 1.2. Zakres stosowania WWIORB
- 1.3. Zakres robót objętych WWIORB
- 1.4. Określenia podstawowe
- 1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót
 - 1.5.1. Wymagania dokumentacyjne

2. MATERIAŁY

- 2.1. Beton
- 2.2. Stal niesprężająca
- 2.3. Stal sprężająca
 - 2.3.1. Wymagania ogólne
 - 2.3.2. Wymagania odbiorcze
 - 2.3.3. Przechowywanie stali. Zabezpieczenie przed korozją
- 2.4. Rury osłonowe kabli
 - 2.4.A Zakotwienia i łączniki
- 2.5. Inne wyposażenie
- 2.6. Urządzenia blokujące
- 2.7. Iniekcja kanałów kablowych

3. SPRZĘT

4. TRANSPORT

5. WYKONANIE ROBÓT

5.1. Projekt techniczny sprężenia i PZJ

5.2. Montaż kabli w konstrukcji

- 5.2.1. Montaż rur osłonowych kabli
- 5.2.2. Montaż kabli

5.3. Sprężenie konstrukcji

- 5.3.1. Wymagania ogólne
- 5.3.2. Wymagania pomocnicze
- 5.3.3. Wymagania bezpieczeństwa
- 5.3.4. Naciąg kabli

5.4. Iniektowanie kanałów kablowych

- 5.4.1. Warunki przeprowadzania iniekcji
- 5.4.2. Przygotowanie do iniekcji
- 5.4.3. Dokumentacja iniekcji
- 5.4.4. Iniekcja kabli

6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

6.1. Ogólne zasady kontroli jakości robót

6.2. Badania przed przystąpieniem do robót

6.3. Kontrola jakości

6.4. Badania materiałów

- 6.4.1. Liny i kable
- 6.4.2. Zakotwienia i łączniki
- 6.4.3. Rury osłonowe
- 6.4.4. Materiały do iniektu

6.5. Badanie naciągarek

6.6. Badania dotyczące sprężenia

- 6.6.1. Kontrola wytrzymałości betonu przed sprężeniem
- 6.6.2. Kontrola wydłużeń cięgien w czasie naciągu
- 6.6.3. Pomiary strzałek ugięcia
- 6.6.4. Badania i obserwacje w czasie sprężenia

6.7. Badania przy iniektowaniu kanałów kablowych

7. OBMIAR ROBÓT

8. ODBIÓR ROBÓT

9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

10. PRZEPISY ZWIĄZANE

10.1. Warunki Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (WWIORB)

10.2. Normy

10.3. Inne dokumenty

WERSJA ROBOCZA - DO OPINIOWANIA

1. WSTĘP

1.1. PRZEDMIOT WARUNKÓW WYKONANIA I ODBIORU ROBÓT BUDOWLANYCH

Przedmiotem niniejszych Warunków Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (WWiORB) są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót związanych z wykonaniem zbrojenia konstrukcji dla obiektów mostowych wykonanych w ramach zadania:

Roboty powinny być wykonane zgodnie z Dokumentacją Projektową i WWiORB.

1.2. ZAKRES STOSOWANIA WWiORB

Warunki Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (WWiORB) stosowane są jako dokument wiążący przy przygotowaniu Specyfikacji Technicznych Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych realizacji robót wymienionych w p. 1.1.

1.3. ZAKRES ROBÓT OBJETYCH WWiORB

Ustalenia zawarte w niniejszych WWiORB dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z wykonaniem i odbiorem sprężania konstrukcji ustroju niosącego drogowych obiektów inżynierskich. W zakres robót wchodzi:

- wbudowanie armatury sprężającej (bloki oporowe, konstrukcje trasujące kable, zakotwienia),
- przygotowanie i montaż kabli,
- naciąg kabli,
- zabezpieczenia antykorozyjne kabli (iniekcja).

1.4. OKREŚLENIA PODSTAWOWE

Beton sprężony - beton zbrojony cięgnami sprężającymi, w których siły sprężające są wywołane celowo i przekazywane na beton, w celu zabezpieczenia przed pojawieniem się rys lub ograniczenia ich rozwarcia.

Konstrukcja kablobetonowa - konstrukcja betonowa zbrojona kablami sprężającymi, w których siły sprężające są wywołane celowo i przekazywane na beton za pomocą zakotwień i innych urządzeń mechanicznych.

Stal sprężająca - druty, pręty lub sploty ze stali o dużej wytrzymałości służące do sprężania konstrukcji.

Cięgno - sprężający element stalowy w postaci pojedynczych drutów, splotów lub grupy splotów.

Splot - lina spleciona z drutów.

Lina sprężająca - zespół drutów splecionych ze sobą.

Kabel sprężający - zespół drutów lub splotów prowadzonych równolegle do siebie. Cięgno sprężające jest wykonane ze stali lub materiału kompozytowego, zamontowane w konstrukcji betonowej lub innej i napięte w kontrolowany sposób. Celem naciągu kabla sprężającego jest wywołanie określonej siły w sprężanej konstrukcji - konstrukcja kablobetonowa. Kabel składa się z równolegle prowadzonych drutów lub splotów, tym odróżnia się od liny, w której wiązka jest skrzyta. Kabel sprężający może być wewnętrzny lub zewnętrzny, zawsze jednak jest naciągany po uzyskaniu przez konstrukcję sprężaną wymaganej wytrzymałości, co odróżnia go od struny sprężającej.

Kabel sprężający z przyczepnością - kabel sprężający umieszczony wewnątrz przekroju sprężanego elementu z zabezpieczeniem antykorozyjnym w postaci zaczynu cementowego. Iniekcja zaczynem cementowym odbywa się po naciągu kabla.

Oślonka kablowa wewnętrznego kabla sprężającego z przyczepnością - stalowa osłona rurowa o przekroju kołowym i karbowanej powierzchni oraz jej łącznik (mufa), stosowana jako kanał kabla sprężającego konstrukcją kablobetonową.

Iniekt - mieszanina cementu, wody i domieszek wypełniająca rurę osłonową kabla, służąca do zabezpieczania kabla przeciwko korozji.

Kabel montażowy - kabel służący do przeniesienia sił występujących w czasie montażu konstrukcji.

Kabel docelowy – kabel służący do przeniesienia sił występujących w konstrukcji pod obciążeniami eksploatacyjnymi.

Kabel wewnętrzny – kabel, którego trasa przebiega wewnątrz materiału konstrukcji (w betonie).

Kabel zewnętrzny – kabel, którego trasa przebiega poza przekrojem materiału konstrukcji i nie jest zespolony ze sprężaną konstrukcją.

Konstrukcja trasująca kable – konstrukcja stalowa lub żelbetowa połączona ze sprężaną konstrukcją, której celem jest zapewnienie projektowanej trasy kabli.

Naciąganie cięgna - proces wprowadzania siły sprężającej.

Siła naciągu – jest to siła przekazywana na element betonowy w chwili kotwienia bez uwzględnienia strat reologicznych i doraźnych.

Ostateczna (trwała) siła sprężająca – siła sprężająca w elemencie działająca w okresie eksploatacji elementu, po wystąpieniu strat doraźnych i reologicznych.

Początkowa siła sprężająca - siła sprężająca działająca w cięgnię lub konstrukcji bezpośrednio po wykonaniu naciągu i zakotwieniu cięgien.

Tymczasowa siła sprężająca - siła w cięgnię lub konstrukcji występująca w czasie sprężania do momentu zakotwienie cięgna.

Straty reologiczne siły sprężającej - opóźnione w czasie straty siły sprężającej powstające w wyniku takich zjawisk jak: pełzanie betonu, skurcz betonu oraz relaksacja stali sprężającej.

Straty doraźne siły sprężającej – straty siły sprężającej związane z tarciem spłotów o ścianki osłonek kablowych, sprężystym skróceniem konstrukcji oraz geometrycznym osiadaniem szczęk kotwiących w bloku kotwiącym (głowicy kotwiącej).

Montażowa siła sprężająca – siła sprężająca występująca pod zakotwieniem kabla w czasie naciągu bezpośrednio przed zwolnieniem zestawu naciągowego; uwzględnia straty reologiczne i doraźne.

Blok oporowy kabla - konstrukcja stalowa lub żelbetowa, której celem jest przeniesienie siły naciągu kabla na sprężaną konstrukcję.

Zakotwienie kabla - mechaniczne urządzenie umieszczone na końcu kabla, opierające się o blok oporowy, którego celem jest przeniesienie siły znajdującej się w kablu na blok oporowy kabla.

Zakotwienie czynne - zakotwienie położone od strony wprowadzenia przez naciągarkę siły naciągu do kabla.

Zakotwienie bierne - zakotwienie położone po przeciwnej stronie w stosunku do zakotwienia czynnego i pracujące przez naciąg kabla po stronie czynnej (samozaciskające się w czasie naciągu kabla).

Łącznik kabla - jest to urządzenie mechaniczne służące do połączenia dwóch odcinków kabla.

Naciągarka - urządzenie hydrauliczne lub mechaniczne służące do naciągu kabla.

Prasa naciągowa - urządzenie hydrauliczne lub mechaniczne używane do naciągu cięgien sprężających.

Program sprężania - opracowanie techniczne zawierające wszystkie niezbędne informacje, na podstawie których można wykonać operację sprężania.

Pozostałe określenia podane w niniejszych WWiORB są zgodne z przedmiotowymi normami i WWiORB D-M 00.00.00 "Wymagania Ogólne" pkt 1.4.

1.5. OGÓLNE WYMAGANIA DOTYCZĄCE ROBÓT

Ogólne wymagania dotyczące robót podano w WWiORB D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne”.

Wykonawca jest odpowiedzialny za jakość stosowanych materiałów i wykonywanych robót oraz za ich zgodność z dokumentacją projektową, WWiORB oraz zaleceniami Inżyniera.

1.5.1. Wymagania dokumentacyjne

Projekty technologii sprężania konstrukcji i iniektowania kabli, wraz z raportem z wykonania robót do opracowania przez Wykonawcę robót.

2. MATERIAŁY

Ogólne wymagania dotyczące materiałów, ich pozyskiwania i składowania podano w WWiORB D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne”. Należy stosować materiały, które są oznakowane CE lub B, dla których Wykonawca przedstawi deklarację zgodności z Polską Normą, normą zharmonizowaną, aprobatą/oceną techniczną lub europejską aprobatą/oceną techniczną.

2.1. BETON

Beton na konstrukcje sprężone powinien mieć klasę co najmniej C30/37. Konstrukcje betonowe wstępnie sprężone, kablobetonowe, strunobetonowe, prefabrykowane lub wykonywane na rusztowaniach w miejscu przeznaczenia, pod względem właściwości betonu powinny odpowiadać wymogom konstrukcji betonowych omówionych w rozdziale WWiORB M-13 01.00.

Należy stosować materiały zgodne z wymaganiami Ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych.

Wszystkie materiały podlegają zatwierdzeniu przez Inżyniera.

2.2. STAL NIESPRĘŻAJĄCA

Wymagania dla stali miękkiej podano w rozdziale WWiORB M-12.01.00.

2.3. STAL SPRĘŻAJĄCA

2.3.1. Wymagania ogólne

Do sprężania betonu należy stosować kable o parametrach wytrzymałościowych podanych w Dokumentacji projektowej.

Należy stosować kable sprężające z **siedmiodrutowych lin o średnicy 15,7 mm**, wykonanych ze stali o wytrzymałości charakterystycznej na rozciąganie 1860 MPa. Zastosowanie stali sprężającej danej odmiany i klasy podlega akceptacji Inżyniera.

Stal wykazująca ślady korozji wżerowej nie może być stosowana i powinna być usunięta z budowy, natomiast dopuszcza się wbudowanie stali z nalotem korozyjnym, możliwym do usunięcia szczotką drucianą. Do stali zainstalowanej w konstrukcji nie wolno dospawywać żadnych elementów. Stal wykazująca fizyczne uszkodzenia lub nadmierną korozję może być zdyskwalifikowana przez Inżyniera.

Do sprężania betonu należy stosować sploty siedmiodrutowe składające się z jednego prostego, centralnego i sześciu obwodowych drutów o następujących parametrach:

- Wytrzymałość na rozciąganie	1860 MPa,
- Średnica	15,7 mm,
- Nominalna powierzchnia przekroju poprzecznego	150 mm ² ,
- Charakterystyczna siła zrywająca	279 kN,
- Wartość maksymalna charakterystycznej siły zrywającej	321 kN,
- Charakterystyczna siła na granicy plastyczności 0,1%	240 kN,
- Minimalne wydłużenie przy charakterystycznej sile zrywającej, L ₀ 500 mm	- 3,5 %
- Relaksacja po 1000 godz. przy 0,7f _{pk}	2,5 %
- Moduł sprężystości	185 – 205 GPa

2.3.2. Wymagania odbiorcze

Każda dostawa stali sprężającej powinna być zbadana na rozciąganie i powinien być określony jej współczynnik sprężystości, chyba że wielkości te są podane w atestie. Rezygnacja z badań wymaga jednak zgody Inżyniera.

Liny do sprężania konstrukcji powinny być dostarczane w kręgach lub na bębnach o średnicach nie mniejszych niż minimalne podane w Aprobacie Technicznej, KOT lub Polskiej Normie.

Zwoje liny powinny przylegać do siebie i nie krzyżować się. W jednym kręgu powinien być tylko jeden odcinek liny. Liny powinny być zabezpieczone przed mechanicznym uszkodzeniem. Ze środków transportowych należy liny wyładowywać za pomocą dźwigów. Sploty/liny powinny posiadać oznakowanie znakiem budowlanym na podstawie oceny zgodności z Aprobata Techniczną, KOT lub Polską Normą.

Stosowanie odmian i klas stali sprężającej, jak również rodzajów kabli wymaga uzgodnienia z Inżynierem.

2.3.3. Przechowywanie stali. Zabezpieczenie przed korozją

Stal do sprężania konstrukcji należy przechowywać w pomieszczeniach krytych, zabezpieczających stal przed bezpośrednim działaniem wpływów atmosferycznych. Druty i liny nie mogą leżeć na gruncie. Stal sprężająca musi być wyraźnie oddzielona od stali miękkiej.

Stal przeznaczona do sprężania powinna być zabezpieczona przed korozją przez cały okres od jej wyprodukowania do zainiektowania lub zabetonowania w konstrukcji.

Stal wykazująca fizyczne uszkodzenia lub nadmierną korozję może być zdyskwalifikowana przez Inżyniera.

Stal sprężająca powinna być zapakowana tak by była chroniona przed fizycznymi uszkodzeniami i korozją w okresie transportu i magazynowania.

Do stali zainstalowanej w formy (deskowania) przed sprężeniem nie wolno dospawywać żadnych elementów.

Stal wykazująca fizyczne uszkodzenia lub nadmierną korozję może być zdyskwalifikowana przez Inżyniera.

Cięgna sprężające wprowadzone w osłony kabli przed zabetonowaniem konstrukcji kablobetonowej powinny być do czasu iniekcji chronione przed korozją. Inhibitor korozyjny powinien posiadać Aprobata lub Ocenę Techniczną.

Stal do konstrukcji kablobetonowej zainstalowana w niej po stwardnieniu betonu, sprężona i zainiektowana w ciągu 10 dni kalendarzowych nie wymaga specjalnej ochrony. Korozja, jaka w tym czasie nastąpi nie będzie powodem do dyskwalifikacji tej stali. W przypadku niesprzyjających warunków atmosferycznych. Inżynier może zażądać ochrony stali przed upływem tego terminu.

Przy stosowaniu cieplnej obróbki betonu, stal do konstrukcji kablobetonowych należy instalować dopiero po naparzeniu betonu.

Woda stosowana do płukania kanałów kablowych powinna zawierać wapno gaszone. Sprężone powietrze używane do przedmuchiwania kanałów powinno być wolne od oleju.

2.4. RURY OSŁONOWE KABLI

Osłony kablone będą wykonane z blaszanych rur karbowanych dla kabli wewnętrznych oraz osłony z HDPE i z rur stalowych (dewiatory w strefach przechodzenia kabla przez beton) dla kabli zewnętrznych. Rury muszą być szczelne, aby zaczyn cementowy nie wypływał. Dopuszcza się zmianę rur osłonowych po uzyskaniu zgody Inżyniera.

Dostarczona Wykonawcy partia osłon kablowych powinna być zaopatrzona w dokument zawierający:

- nazwę wytwórni,
- oznaczenie typu osłon,
- liczbę elementów osłon,
- oznaczenie partii,
- wyniki kontroli technicznej.

Osłony kabli powinny zapewniać założony projektem przebieg kabli. Szczelność osłon musi wykluczać przedostawanie się mleczka cementowego do kanału kablowego w czasie betonowania.

Osłony powinny być zaopatrzone w łączniki i przewody do iniekcji cementowej.

Ośłony kabli muszą być ustabilizowane w formach tak, aby nie uległy przemieszczeniom w trakcie betonowania. Połączenia segmentów osłon muszą być wodoszczelne.

Po zainstalowaniu w formach osłony kabli należy zabezpieczyć przed zanieczyszczeniem i korozją. Jeżeli stal sprężająca ma być instalowana po zabetonowaniu elementu, kanały kablowe powinny być przeczyszczone sprężonym powietrzem lub wodą. Przed wprowadzeniem do nich cięgien sprężających wodę należy usunąć.

Stan kanałów kablowych podlega odbiorowi przedstawiciela Inżyniera.

Kanały kablowe w ustrojach ciągłych, o trasie krzywoliniowej muszą posiadać odpowietrzenia w rejonie najwyższych punktów trasy. Przewody odpowietrzające powinny posiadać średnicę, co najmniej 12,7 mm.

Po dokonaniu iniekcji przewody wentylacyjne i przewody do iniekcji powinny być usunięte (odcięte) - 1 cm poniżej poziomu powierzchni konstrukcji.

2.4.A. ZAKOTWIENIA I ŁĄCZNIKI

Zakotwienia i łączniki muszą być zgodne z przyjętym systemem sprężania, typem i rodzajem kabli.

Jeżeli w Dokumentacji projektowej nie podano wymagań, zakotwienia i łączniki muszą zapewnić utrzymanie projektowej siły z dokładnością do 5%. Straty sprężania związane z urządzeniami kotwiącymi, w czasie operacji naciągu cięgien i po zakotwieniu powinny być utrzymane w tej tolerancji. Urządzenia kotwiące powinny umożliwiać stopniowe (skokowe lub ciągłe) podnoszenie poziomu siły sprężającej. Powinna być również zapewniona możliwość stopniowego zwalniania tej siły. Rozwiązania te powinny pozwalać na doprężenie cięgien, jeżeli wystąpi niedostatek siły sprężającej.

Zakotwienia i łączniki powinny być konstruowane w taki sposób, aby nie stanowiły zagrożenia dla ciągu przez nadmierne koncentracje naprężeń i powinny zapewniać przeniesienie siły sprężającej na konstrukcję bez zarysowań betonu i przy odkształceniach, które ustabilizują się w określonym przedziale czasu.

Zbrojenie przeciw rozszczepianiu betonu w strefie zakotwień powinno być wykonane zgodnie z wymaganiami przyjętego systemu sprężania lub zgodnie z Dokumentacją projektową w dostosowaniu do projektowej wytrzymałości betonu w momencie sprężania, odległości zakotwienia do krawędzi oraz odległości między zakotwieniami. Rodzaj zastosowanych zakotwień (mechaniczne i/lub bazujące na przyczepności) powinny być zgodne z Dokumentacją projektową.

Zależnie od Projektu należy stosować zakotwienia mechaniczne (czynne, bierne i łączniki) i/lub zakotwienia bazujące na przyczepności (zakotwienia bierne). Zakotwienia mechaniczne składają się z głowic kotwiących, łączników, bloków oporowych i szczęk kotwiących.

Zakotwienia, niezależnie od typu (mechaniczne / przez przyczepność), powinny być częścią jednego systemu sprężania objętego Europejską Aprobata Techniczną lub Aprobata Techniczną IBDiM i posiadać dopuszczenie do obrotu w postaci oznakowania CE lub oznakowania znakiem budowlanym. Parametry zakotwień:

- typ,
- wielkość (liczba splotów),
- maksymalna dopuszczalna siła sprężająca,
- rozmieszczenie w przekroju
- powinny odpowiadać wymaganiom projektu.

Kompletne zakotwienia powinny zapewniać przeniesienie siły sprężającej na konstrukcję bez zarysowań betonu i przy odkształceniach, które ustabilizują się w określonym przedziale czasu.

W przypadku systemów sprężania objętych Europejską Aprobata Techniczną przyjmuje się, że wymaganie jest spełnione przez zastosowanie zbrojenia przeciw rozszczepianiu podanego w ETA odpowiedniego dla projektowej wytrzymałości betonu w momencie sprężania, odległości zakotwienia do krawędzi oraz odległości między zakotwieniami.

Wykonawca jest odpowiedzialny za dostosowanie zbrojenia przeciw rozszczepianiu podanego w Projekcie do wymagań ETA.

2.5. INNE WYPOSAŻENIE

Trójniki odpowietrzające, korki zamykające przewody, łączniki, stabilizatory tras kabli, płyty kotwiące powinny być zgodne ze specyfikacją producenta systemu sprężania. Płyty kotwiące, kable i łączniki muszą posiadać Aprobata lub Ocena Techniczna.

2.6. URZĄDZENIA BLOKUJĄCE

Zakotwienie kabli jest integralną częścią systemu sprężającego i składa się z bloku kotwiącego na ciągną składowe kabla, bloku oporowego i zbrojenia betonu pod zakotwieniem.

Dostarczone Wykonawcy partie urządzeń do kotwienia kabli powinny być zaopatrzone w atest zawierający:

- nazwę wytwórni,
- oznaczenie typu zakotwień,
- datę produkcji,
- wyniki kontroli technicznej

Materiały i jakość wykonania stalowych zakotwień powinny odpowiadać wymogom konstrukcji stalowych.

Jeżeli w dokumentacji projektowej nie podano wymagań, zakotwienia i łączniki muszą zapewnić utrzymanie projektowej siły z dokładnością do 2 %. Straty sprężania związane z urządzeniami kotwiącymi, w czasie operacji naciągu cięgien i po zakotwieniu powinny być utrzymane w tej tolerancji. Urządzenia kotwiące powinny umożliwiać stopniowe (skokowe lub ciągłe) podnoszenie poziomu siły sprężającej. Powinna być również zapewniona możliwość stopniowego zwalniania tej siły. Rozwiązania te powinny pozwalać na doprężenie cięgien, jeżeli wystąpi niedostatek siły sprężającej.

Zakotwienia i łączniki powinny być konstruowane w taki sposób, aby nie stanowiły zagrożenia dla ciągną przez nadmierne koncentracje naprężeń i powinny zapewniać przeniesienie siły sprężającej na konstrukcję bez zarysowań betonu i przy odkształceniach, które ustabilizują się w określonym przedziale czasu.

Zbrojenie przeciw rozszczepianiu betonu w strefie zakotwień powinno być wykonane zgodnie z aprobatą techniczną przyjętego systemu sprężania (jeśli aprobata je definiuje) lub zgodnie z dokumentacją projektową w dostosowaniu do projektowej wytrzymałości betonu w momencie sprężania, odległości zakotwienia do krawędzi oraz odległości między zakotwieniami. Rodzaj zastosowanych zakotwień (mechaniczne i/lub bazujące na przyczepności) powinny być zgodne z dokumentacją projektową.

2.7. INIEKCJA KANAŁÓW KABLOWYCH

Materiały do wykonania zaczynu iniekcyjnego:

- cement portlandzki klasy CEM I wg PN-EN 197-1:2012, termin przydatności cementu musi być zgodny z okresem przydatności deklarowanym przez producenta,
- woda zarobowa spełniająca wymagania PN-EN 1008:2004,
- domieszka stabilizująca – ekspandująca spełniająca wymagania PN-EN 934-4:2010.

Cement i domieszka powinny być dozowane wagowo z dokładnością $\pm 2\%$, woda może być dozowana objętościowo lub wagowo z dokładnością $\pm 1\%$.

Przed przystąpieniem do iniekcji Wykonawca przedłoży do zatwierdzenia Inżynierowi receptę zaczynu iniekcyjnego. Recepta zaczynu iniekcyjnego powinna obejmować:

- składniki zaczynu oraz ich proporcje w zarobie,
- wymagania dla gotowego iniektu,
- kolejność dozowania poszczególnych składników,
- czas mieszania,
- rodzaj zastosowanego sprzętu do wykonania iniekcji,
- metodę iniekcji,
- badania wykonywane przed, w trakcie i po wykonaniu iniekcji.

Jeżeli dokumentacja projektowa nie podaje inaczej, można stosować zaczyn iniekcyjny o właściwościach:

- wskaźnik w/c: 0,36 – 0,40,
- lepkość umowna bezpośrednio po wymieszaniu oraz 30 minut po wymieszaniu: ≤ 25 s (badanie przy użyciu lejka wypływowego),
- lepkość umowna przy otworze wylotowym: 10–25 s, (badanie przy użyciu lejka wypływowego),
- wydzielanie wody po 3 godzinach: $< 0,3\%$ objętości początkowej zaczynu,
- zmiana objętości: od -1% do $+ 5\%$,
- wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach: nie mniej niż 40 MPa (badanie na próbkach prostopadłościennych $40 \times 40 \times 160$ mm).

Zaczyn iniekcyjny powinien spełniać wymagania PN-EN 447:2009.

Przed przystąpieniem do iniekcji Wykonawca przedłoży do akceptacji Inżyniera receptę zaczynu iniekcyjnego wraz z wynikami badań wstępnych.

3. SPRZĘT

Sprzęt wykorzystywany do realizacji sprężania i iniekcji musi być odpowiedni do przyjętego systemu sprężania. Wykonawca sprężania będzie stosować prasy sprężające odpowiednie do wielkości kabla i umożliwiające uzyskanie montażowej siły sprężającej. Do naciągu kabli składających się z więcej niż jednego splotu powinno stosować się prasy wielosplotowe, umożliwiające jednoczesny naciąg wszystkich splotów w kablu. Stosowanie do naciągu kabli wielosplotowych pras umożliwiających jednoczesny naciąg tylko jednego splotu jest dopuszczalne tylko w szczególnie uzasadnionych warunkach (np. brak miejsca na zastosowanie prasy wielosplotowej) i wymaga każdorazowo zgody Inżyniera.

Zestaw podstawowego sprzętu, którym powinien dysponować wykonawca sprężania stanowi:

- Podajnik mechaniczny lub wciągarka do montażu splotów w kanale kablowym,
- Prasa naciągowa z systemem hydraulicznego osadzania szczęk kotwiących,
- Manometr klasy nie niższej niż 1.0,
- Pompa hydrauliczna,
- Iniektarka (agregat iniekcyjny).

Zestaw naciągowy, składający się z prasy naciągowej i manometru podlega cechowaniu co 6 miesięcy oraz po naprawie, która ma wpływ na parametry użytkowe cechowanego sprzętu. Cechowanie jest wykonywane przez niezależne kwalifikowane laboratorium lub jednostkę właściciela ETA / Wykonawcy sprężania.

Protokół cechowania powinien zawierać krzywą cechowania ustalającą zależność pomiędzy wartościami wskazywanymi na manometrze i obciążeniem przyłożonym do badanej prasy oraz formułę matematyczną definiującą tę krzywą.

Niepewność mierzonych wartości powinna być pokazana w całym zakresie cechowania. Niepewność nie powinna być większa niż 2 % przyłożonego obciążenia.

Przed przystąpieniem do robót sprężających protokół z cechowania przekazywany jest do wglądu Inżynierowi.

Z cechowanym zestawem naciągowym można stosować dowolną pompę hydrauliczną zapewniającą odpowiednie parametry techniczne.

Wyposażenie do iniekcji powinno składać się z mieszalnika, zasobnika, pompy łącznie z niezbędnymi przewodami i zaworami oraz przyrządów służących do precyzyjnego dozowania składników zaczynu oraz wykonywania badań polowych iniektu.

Mieszalnik wolnoobrotowy powinien umożliwiać wytwarzanie zaczynu iniekcyjnego odpowiadającego wymaganiom podanym w punkcie 2.7, z równomiernym rozproszaniem cementu i domieszki oraz możliwie małą ilością grudek cementu.

Mieszalnik powinien być wyposażony w sito o oczkach max. 2 mm, lub mikser do rozdrabniania ewentualnych grudek cementu.

Iniektarka powinna być wyposażona w dodatkowy zasobnik z mieszadłem, w którym przed wypompowaniem do kanału kablowego zaczyn będzie stale utrzymywany w ruchu.

Pompa do zaczynu powinna umożliwiać uzyskanie ciśnienia, co najmniej 10 bar. Stosowanie sprężonego powietrza w pompie jest niedopuszczalne. Przewody do iniekcji powinny mieć średnicę dostosowaną do przepływu wymaganego w celu zapewnienia odpowiedniej prędkości tłoczenia. Przewody powinny przenosić ciśnienie robocze 20 bar.

Pojemność mieszalnika i zasobnika oraz wydajność pompy powinny być takie, aby kanał kablowy mógł zostać wypełniony bez przerw w tłoczeniu z wymaganą prędkością.

Wyposażenie do dozowania składników powinno umożliwiać uzyskanie dokładności dozowania +/- 2 % dla cementu i domieszek oraz +/- 1 % dla wody. Cement i domieszka powinny być dozowane wagowo, woda może być dozowana objętościowo lub wagowo. Do badań polowych iniektu należy stosować wyposażenie zgodne z PN-EN 445. Dodatkowo do realizacji robót specjalistycznych wykorzystuje się niżej wymieniony sprzęt pomocniczy (stosowanie do potrzeb):

- Drobny sprzęt monterski,
- Elektronarzędzia (szlifierki kątowe),
- Sprzęt dźwigowy i transportowy,
- Sprężarka.

Sprzęt powinien być sprawny, sprawdzony i zaaprobowany przez Inżyniera.

4. TRANSPORT

Liny powinny być transportowane i przechowywane na bębnach o minimalnej średnicy podanej w aprobacie technicznej. Bębnow z linami nie wolno przewozić odkrytymi środkami transportowymi. Każdy z bębnow powinien być wyposażony w atest producenta. Bębny powinny być składowane w zamkniętych i dobrze wentylowanych pomieszczeniach na podkładach drewnianych. W jednym kręgu powinien znajdować się tylko jeden odcinek liny. Zwoje liny powinny przylegać do siebie i nie krzyżować się.

Stal sprężająca powinna być składowana pod przykryciem, w suchych pomieszczeniach i zabezpieczona przed warunkami atmosferycznymi i przed korozją. Stal sprężająca powinna być przechowywana z dala od miejsc prowadzenia prac spawalniczych i prac z użyciem otwartego płomienia. W czasie transportu i składowania ciężna, zakotwienia, łączniki oraz elementy pomocnicze należy zabezpieczyć przed korozją, zgodnie z zaleceniami Inżyniera.

Rury osłonowe kabli i ich i złączki dostarczone na budowę powinny mieć oznaczenie zawierające co najmniej:

- znak CE lub B,
- nazwę i znak identyfikacyjny i zarejestrowany adres producenta,
- numer normy lub aprobaty technicznej,
- asortyment rurek i złączek w dostawie,
- nominalną średnicę wewnętrzną rurek,
- typ osłony - zgodnie z normą lub aprobatą techniczną,
- kategorię osłony – zgodnie z normą lub aprobatą techniczną.

Przy transporcie zaczynu cementowego przeznaczonego do iniekcji kanałów kablowych należy przestrzegać zasad odnoszących się do transportu betonu. Podano je w rozdziale WWiORB M-13.01.00.

5. WYKONANIE ROBÓT

Ogólne zasady wykonywania robót podano w WWiORB D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne”.

5.1. PROJEKT TECHNICZNY SPRĘŻANIA I PROGRAM ZAPEWNIENIA JAKOŚCI

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca przedstawi Inżynierowi do akceptacji Program Zapewnienia Jakości (PZJ) oraz Program Sprężania.

Program sprężania powinien być opracowany zgodnie z PN-S-10042:1991 z dostosowaniem do przyjętego systemu sprężania i powinien zawierać:

- opis sprężanej konstrukcji,

- opis systemu sprężania i parametry stosowanego sprzętu,
- sposób realizacji naciągu,
- podział operacji sprężania na etapy sprężania i warunki, jakim powinna odpowiadać konstrukcja, żeby można było realizować poszczególne etapy sprężania,
- kolejność naciągu kabli sprężających,
- wartość montażowych sił sprężających dla poszczególnych kabli (sił na prasie naciągowej bezpośrednio przed osadzeniem szczęk kotwiących i zwolnieniem naciągu),
- wartość wydłużeń teoretycznych poszczególnych kabli,
- wartość początkowej siły sprężającej lub wartość siły trwałej i strat reologicznych,
- straty doraźne siły sprężającej,
- wzory protokołów sprężania i iniekcji,
- sposób weryfikacji programu sprężania.

W programie sprężania należy uwzględnić straty doraźne pochodzące od: sprężystego odkształcenia betonu, tarcia kabli w osłonach i na załamaniach tras, poślizgu kabli w urządzeniach kotwiących. Przy określaniu strat doraźnych za podstawę należy przyjmować określaną w dokumentacji projektowej siłę sprężającą początkową, w której zawarte są straty reologiczne.

Wydłużenia kabli należy obliczać przy założeniu wartości współczynników sprężystości kabli wyznaczonych doświadczalnie, z uwzględnieniem projektowanych sił na poszczególnych odcinkach tras kabli. Należy również uwzględnić poślizgi w zakotwieniach biernych i w łącznikach, przy naciąganiu jednostronnym.

Program sprężania powinien zostać zweryfikowany doświadczalnie w czasie naciągu pierwszych kabli o podobnych parametrach. Naciąg kabli powinien być prowadzony zgodnie ze zweryfikowanym programem sprężania. Dopuszczalna różnica między faktycznym wydłużeniem kabla i wydłużeniem przyjętym w programie sprężania nie powinna przekraczać 5%. Jeśli zmierzone wydłużenie przekracza wartość projektową o więcej niż 5%, proces sprężania musi zostać przerwany. Wykonawca powinien zbadać przyczyny powstałych rozbieżności i przedłożyć wyniki analizy oraz swoje propozycje.

5.2. MONTAŻ KABLI W KONSTRUKCJI

Ogólne zasady wykonywania robót podano w WWiORB D-M.00.00.00 „Wymagania ogólne”.

Do sprężania można przystąpić po zaakceptowaniu przez Inżyniera programu sprężania i programu zapewnienia jakości wykonawcy sprężania oraz uzyskaniu przez beton konstrukcji wymaganej wytrzymałości. Program sprężania wymaga dodatkowo uzgodnienia z Projektantem. Próbkę betonową należy przechowywać w tych samych warunkach co beton konstrukcji.

Do wywołania sił rozciągających w stali sprężającej należy używać hydraulicznych zestawów naciagowych.

Jeżeli stal sprężająca była umieszczona w kanałach przed betonowaniem elementu należy przed sprężeniem sprawdzić czy nie jest ona zablokowana w kanałach. W tym celu należy skontrolować zgodność wydłużeń rzeczywistych z podanymi w programie sprężania dla ok. 10 % przyrostu siły w pierwszej fazie sprężania (od początku mierzonego zakresu).

Proces naciągania stali musi być w sposób ciągły kontrolowany i protokolowany. Kontrola polegać powinna na pomiarze ciśnienia w układzie wysuwu tłoka prasy naciągowej i na pomiarze wydłużeń cięgien sprężających.

5.2.1. Montaż rur osłonowych kabli

Rury osłonowe kabli sprężających powinny być ułożone w deskowaniu zgodnie z dokumentacją projektową (powinny zapewniać założony dokumentacją projektową przebieg kabla) i programem sprężania. Rury osłonowe należy trwale ustabilizować w deskowaniu, aby nie przesunęły się w trakcie układania betonu i jego zagęszczania. Połączenia odcinków rur powinny być wykonane za pomocą łączników systemowych, długość łącznika powinna być równa co najmniej trzykrotnej nominalnej średnicy wewnętrznej rury osłonowej, jednak nie mniej niż 150 mm. Połączenia rur powinny być szczelne (uszczelnione np. specjalną taśmą), aby mleczko cementowe nie dostało się do

wnętrza kanału. Jeżeli dokumentacja projektowa nie podaje inaczej rury powinny być układane z tolerancją ± 5 mm. Rury osłonowe kabli w ustrojach ciągłych, o trasie krzywoliniowej powinny być zaopatrzone w odpowietrzenia w rejonie najwyższych punktów trasy w postaci przewodów odpowietrzających o średnicy co najmniej 12,7 mm. Stan kanałów kablowych przed betonowaniem podlega odbiorowi Inżyniera.

5.2.2. Montaż kabli

Kable w ułożonym kanale kablowym montuje się za pomocą podajnika lub przez wciągnięcie.

Na końcach kabli należy zostawić odcinki o wymaganej długości, niezbędne do poprawnego wykonania robót sprężalniczych zgodnie z przyjętym systemem sprężania i wymaganiami programu sprężania. W przypadku montażu splotów przed betonowaniem wystająca z kanału wiązka splotów należy zabezpieczyć przed zanieczyszczeniem, np. przez owinięcie folią lub nałożenie odpadowego odcinka rurki osłonowej. Należy zapewnić stabilność położenia każdego elementu kabla, niezależnie od miejsca i odległości od zakotwienia, za pomocą szablonów, spiral wewnętrznych, odcinków rurek itp. Rozstaw elementów stabilizujących na odcinkach prostych nie powinien przekraczać 3 m, a na krzywiznach 1 m. Należy zabezpieczyć stabilność przez powiązanie składowych ciągów do elementów stabilizujących.

Montaż głowic oraz szczęk kotwiących w zakotwieniach mechanicznych biernych bezdostępowych (do których nie ma dojścia po zabetonowaniu konstrukcji) wykonuje się przed betonowaniem konstrukcji. Zakotwienie takie zawsze wyposażone jest w kołpak osłonowy zabezpieczający przed dostaniem się betonu i mleczka cementowego a szczęki zabezpieczone są przed wypadnięciem sprężynkami naciskowymi lub płytką dociskową. Zakotwienie bierne bezdostępowe powinno być wyposażone w dwa odpowietrzenia. Każdy uszkodzony komponent systemu sprężania musi być wymieniony.

Spawanie głowic kotwiących i szczęk jest niedopuszczalne. Cięcie tlenowe oraz spawanie w pobliżu kabla po zamontowaniu splotów, głowic kotwiących lub szczęk może być prowadzone wyłącznie po przedsięwzięciu specjalnych środków w celu ochrony tych elementów (np. osłony z materiału niepalnego i zabezpieczającego przed nagrzewaniem).

Kable po zamontowaniu i przed zabetonowaniem konstrukcji podlegają odbiorowi Inżyniera.

Rury osłonowe kabli sprężających, elementy zakotwień (bloki oporowe, zbrojenie miękkie strefy zakotwienia) oraz armaturę iniekcyjną należy ułożyć w deskowaniu zgodnie z dokumentacją techniczną oraz PZJ wykonawcy sprężania.

Odcinki rur osłonowych należy ze sobą łączyć przy użyciu łączników systemowych a styki uszczelniać (np. taśmą duct). Długość łącznika powinna być równa, co najmniej trzykrotnej nominalnej średnicy wewnętrznej rury osłonowej, jednak nie mniej niż 150 mm.

Dokładność układania elementów formujących trasę kabla wynosi ± 10 mm w kierunku poprzecznym i $\pm 0,5$ % wysokości ustroju w pionie.

Zamocowanie elementów w deskowaniu musi być trwałe by uniemożliwić przesunięcie podczas układania i zagęszczania betonu.

Montaż splotów w przygotowanym kanale kablowym odbywa się za pomocą podajnika lub przez wciągnięcie.

Podczas montażu splotów, na końcach kabli zostawia się nadatki technologiczne o wymaganej długości, niezbędne do poprawnego wykonania robót sprężających zgodnie z przyjętym systemem sprężania i wymaganiami programu sprężania.

W przypadku montażu splotów przed betonowaniem wystająca z kanału wiązka splotów należy zabezpieczyć przed zanieczyszczeniem, np. przez owinięcie folią lub nałożenie odpadowego odcinka rurki osłonowej.

Jeżeli montaż splotów odbywa się poprzez wciąganie wiązki splotów dopuszczalne jest spawanie ze sobą końcówek splotów, należy jednak wyłączyć z pracy (odciąć) odcinek splotów o długości min. 300 mm od spoiny.

Dopuszcza się także spawanie punktowe drutów w płaszczyźnie cięcia splotu w celu zapobieżenia rozplataniu się splotu podczas montażu przy użyciu podajnika

mechanicznego. Po zamontowaniu należy odciąć spawany odcinek w odległości min. 300 mm od spoiny.

Każdy kabel przed betonowaniem musi być odebrany przez Inżyniera.

5.3. SPRĘŻANIE KONSTRUKCJI

5.3.1. Wymagania ogólne

Sprężanie powinno być wykonywane zgodnie z Programem Sprężania i PZJ przy zachowaniu wymagań zawartych w normach: **PN-S-10040, PN-EN 1992-2:2010 i PN-EN 1994-2:2010**. Wszystkie operacje związane z procesem sprężania, a szczególnie naciąg kabli, powinny być wykonywane pod nadzorem przedstawiciela wykonawcy sprężania.

Warunkiem przystąpienia do sprężania jest osiągnięcie przez beton minimalnej wymaganej wytrzymałości betonu w momencie sprężania $f_{cm,0}$ określonej w dokumentacji projektowej. Jeżeli w dokumentacji nie podano inaczej minimalna wytrzymałość betonu w chwili sprężania powinna wynosić 40MPa. Wytrzymałość betonu na ściskanie $f_{cm,0}$ należy określać zgodnie z PN-EN 206-1. Badanie wytrzymałości $f_{cm,0}$ należy przeprowadzać na co najmniej trzech próbkach dla jednego oznaczenia. próbki betonowe należy przechowywać w tych samych warunkach co beton konstrukcji.

Proces naciągania stali musi być w sposób ciągły kontrolowany i protokołowany. Kontrola polegać powinna na pomiarze ciśnienia w układzie wysuwu tłoka prasy naciągowej i na pomiarze wydłużeń cięgien sprężających.

5.3.2. Wymagania pomocnicze

Wymagania pomocnicze dotyczące przygotowania i realizacji sprężania to:

- a) usunięcie form, rusztowań i elementów pomocniczych, jeżeli technologia na to pozwala,
- b) oględziny obiektu przed sprężaniem, ze szczególnym zwróceniem uwagi na:
 - rysy powierzchniowe i inne oraz wyjaśnienie ich pochodzenia,
 - ubytki i raki oraz analiza ich wpływu na konstrukcję,
 - deformacje kształtu i analizę ich pochodzenia,
 - ustalenie wpływu odchyłeń zarejestrowanych w czasie oględzin na skutek sprężania i podjęcie decyzji o dopuszczeniu obiektu (elementu) do sprężania oraz o ewentualnym uzupełnieniu ubytków, iniekcji rys i innych naprawach,
 - sprawdzenie warunków przechowywania próbek, które mają stanowić podstawę do oceny wytrzymałości betonu w chwili sprężania,
 - wykonywania badań próbek i ustalenie gotowości sprężania na podstawie wyników badań oraz poprzednio dokonanych oględzin,
- c) podjęcie decyzji o sprężaniu ze stosownym wpisem do dziennika budowy lub dziennika sprężania.

5.3.3. Warunki bezpieczeństwa

Naciąg kabli jest operacją niebezpieczną. Wykonawca powinien ściśle przestrzegać zaleceń producenta systemu sprężania w trakcie robót. Manometry naciągarek muszą być w pełni sprawne. W naciągarkach może być stosowany jedynie olej przeznaczony dla danego urządzenia. Ciśnienie oleju, siła naciągu oraz wydłużenie kabla muszą być kontrolowane w sposób ciągły w trakcie całej operacji sprężania. W przypadku stwierdzenia wycieków oleju z naciągarek hydraulicznych należy najpierw zwolnić ciśnienie i dopiero wtedy usuwać awarię. Operacji naciągania kabli mogą dokonywać jedynie wysokokwalifikowani pracownicy, posiadający odpowiednie uprawnienia wydane przez uprawnione instytucje.

5.3.4. Naciąg kabli

Wszystkie operacje związane z procesem sprężania, a szczególnie naciąg kabli, powinien nadzorować przedstawiciel wykonawcy sprężania (technik prowadzący lub kierownik sprężania).

Prace należy wykonywać zgodnie z dokumentacją techniczną i technologiczną. W czasie prac należy przestrzegać wymagań zawartych w normach: PN-S-10040, PN-S-10042 oraz programie zapewnienia jakości wykonawcy sprężania.

Sprężanie powinno być wykonane zgodnie z programem sprężania. Program sprężania należy opracować zgodnie z PN-S-10042 z dostosowaniem do przyjętego systemu sprężania.

Program sprężania powinien obejmować:

- charakterystykę systemu sprężania,
- charakterystykę zestawów naciągowych,
- kolejność naciągu kabli sprężających,
- wartość montażowych sił sprężających dla poszczególnych kabli (sił na prasie naciągowej bezpośrednio przed osadzeniem szczęk kotwiących i zwolnieniem naciągu),
- wartość wydłużeń teoretycznych poszczególnych kabli,
- wzory protokołów sprężania i iniekcji.

Przedstawione w programie sprężania montażowe siły sprężające odczytywane są z dokumentacji wykonawczej obiektu. W razie wątpliwości wartości sił sprężających należy uzgodnić z Projektantem.

Ponadto program sprężania powinien zawierać następujące informacje:

- krótki opis sprężanej konstrukcji,
- podział operacji sprężania na etapy sprężania,
- warunki, jakim powinna odpowiadać konstrukcja, żeby można było realizować poszczególne etapy sprężania,
- sposób prowadzenia naciągu kabli sprężających,
- wartość początkowej siły sprężającej lub wartość siły trwałej i strat reologicznych,
- straty doraźne siły sprężającej,
- sposób weryfikacji programu sprężania,

Powyższe informacje są przedmiotem programu sprężania i powinny być zaczerpnięte z projektu wykonawczego lub uzyskane bezpośrednio od Projektanta.

Minimalną wymaganą wytrzymałość betonu w momencie sprężania $f_{cm,0}$ określa dokumentacja projektowa obiektu. W razie braku takiej informacji w projekcie należy zwrócić się do Projektanta o jej uzupełnienie.

Wytrzymałość betonu na ściskanie $f_{cm,0}$ należy określać zgodnie z **PN-EN 206-1**. Badanie wytrzymałości $f_{cm,0}$ należy przeprowadzać na co najmniej trzech próbkach dla jednego oznaczenia.

Naciąg kabli należy prowadzić zgodnie i w kolejności podanej w programie sprężania. W czasie naciągu kabli należy mierzyć wydłużenia kabli wraz z odpowiadającym im ciśnieniem w układzie hydraulicznym prasy naciągowej, a wyniki pomiarów notować w protokole sprężania, którego wzór powinien być podany w programie sprężania.

Tolerancja wprowadzanej montażowej siły sprężającej oraz uzyskiwanych wydłużeń powinny być zgodne z wymaganiami podanym w dokumentacji projektowej obiektu.

Jeżeli w projekcie nie podano wymagań należy stosować nw. tolerancje:

- Tolerancja wprowadzania siły sprężającej: **+/- 5%**,
- Tolerancja otrzymanych wydłużeń (różnica pomiędzy wydłużeniami rzeczywistymi a podanymi w programie sprężania): +/- 10%.

Jeżeli w trakcie sprężania odczyty wydłużeń kabli przekraczają dopuszczalne odchyłki i stwierdzi się, że są one wynikiem błędnych założeń przyjętych do obliczeń, należy wprowadzić korektę do programu sprężania. Kontynuacja sprężania jest możliwa po uzyskaniu zatwierdzenia poprawionego programu sprężania. Wszelkie informacje i uwagi dotyczące sprężania należy umieścić w protokole sprężania.

5.4. INIEKTOWANIE KANAŁÓW KABLOWYCH

5.4.1. Warunki przeprowadzenia iniekcji

Iniekcję można przeprowadzać w temperaturze otoczenia w granicach od +5 °C do + 30°C. Temperatura elementu konstrukcyjnego w trakcie iniekcji może wynosić od +5°C do + 25°C, natomiast temperatura iniektu od +10°C do + 25°C. W okresie letnim, przy stałych, długoterminowych temperaturach powietrza lub konstrukcji powyżej +25°C wymagane jest zastosowanie specjalnych środków zapobiegających przyspieszeniu procesu wiązania zaczynu, jak przeprowadzenie iniekcji w godzinach porannych lub wieczornych, kiedy temperatura powietrza jest niższa, stosowanie chłodnej wody do przygotowania zaczynu oraz lokalizacja miejsca mieszania zaczynu w miejscu zacienionym.

5.4.2. Przygotowanie do iniekcji

Przygotowanie iniekcji i jej przeprowadzenie powinno być poprzedzone sprawdzeniem drożności kanałów za pomocą wody lub powietrza pod ciśnieniem. Należy sprawdzić drożność i położenie rurek iniekcyjnych i odpowietrzających. Sprzęt iniekcyjny przed zastosowaniem należy sprawdzić na ciśnienie przekraczające o 50% przewidywaną jego wartość.

Zaczyn iniekcyjny należy przygotowywać zgodnie z zatwierdzoną receptą. Po wymieszaniu składników zaczyn powinien być poddany ciągłemu powolnemu mieszaniu aż do momentu jego wpompowania do kanałów. Do tłoczenia zaczynu w kanał kablowy można przystąpić jeżeli jego lepkość umowna badana metodą lejka wypływowego nie przekracza 25 sekund.

5.4.3. Dokumentacja iniekcji

Podczas iniekcji Wykonawca powinien prowadzić dokumentację tłoczenia zaczynu cementowego, zawierającą:

- recepturę zaczynu,
- dane o temperaturze i wilgotności,
- dane o pogodzie w każdym dniu i dla każdego kabla,
- dane techniczne kabli (wymiary, opisy tras i oznaczenia),
- orzeczenie o stanie kanału i jego przygotowaniu do tłoczenia (dla każdego kabla),
- informacje o wstępnych badaniach zaczynu i zaświadczenie Inżyniera, który podjął decyzję o rozpoczęciu tłoczenia,
- dane o przebiegu tłoczenia z podaniem liczby litrów wtłoczonego zaczynu (dla każdego kabla),
- inne uwagi o przebiegu tłoczenia.

5.4.4. Iniekcja kabli

W celu zapewnienia ochrony antykorozyjnej kabli oraz przyczepności pomiędzy kablami a konstrukcją po wykonaniu sprężania należy wykonać iniekcję cementową kanałów kabli sprężających. Prace te należy prowadzić szczególnie starannie, ponieważ iniekt jest elementem decydującym o trwałości kabli, a w rezultacie całego obiektu inżynierskiego. Wymagania odnośnie materiałów do iniekcji kanałów kablowych podano w punkcie 2.7 a wymagania odnośnie sprzętu w punkcie 3 niniejszych WWiORB.

Iniekcja powinna być wykonywana przy temperaturach powietrza, sprężonego elementu i zaczynu podanych w poniższej tabelicy:

Temperatura	Powietrze	Element konstrukcyjny	Zaczyn iniekcyjny
Najniższa	+ 5 °C	+ 5 °C	+ 10 °C
Najwyższa	+ 30 °C	+ 25 °C	+ 25 °C

W okresie letnim, przy stałych, długoterminowych temperaturach powietrza lub konstrukcji powyżej + 25°C wymagane jest zastosowanie specjalnych środków zapobiegających przyspieszeniu procesu wiązania zaczynu. W tym celu realizację robót iniekcyjnych należy planować w godzinach porannych lub wieczornych, kiedy temperatura powietrza jest niższa a do przygotowania zaczynu używać chłodnej wody. Dodatkowo, w miarę możliwości

organizacyjnych na budowie, miejsce mieszania zaczynu lokalizuje się w miejscu zacienionym.

W przypadku kabli pionowych lub kabli w skosie należy przewidzieć możliwość wykonania iniekcji wtórnej zgodnie z punktem 7.8 normy PN-EN 446.

Przed przystąpieniem do iniekcji Wykonawca przedłoży do zatwierdzenia Inspektorowi Nadzoru receptę zaczynu iniekcyjnego.

Recepta zaczynu iniekcyjnego obejmuje:

- Składniki zaczynu oraz ich ilość na jeden zarób,
- Kolejność dozowania i czas mieszania,
- Sprzęt do iniekcji,
- Opis metody iniekcji (np. odniesienie do odpowiedniej normy, niniejszej Specyfikacji lub procedury wykonawcy sprężania),
- Wykonywane badania,
- Wymagania dotyczące iniektu.

Zaczyn iniekcyjny należy przygotowywać zgodnie z zatwierdzoną receptą. Po wymieszaniu składników zaczyn powinien być poddany ciągłemu powolnemu mieszaniu aż do momentu jego pompowania do kanałów. Do tłoczenia zaczynu w kanał kablony można przystąpić, jeżeli jego lepkość umowna badana metodą lejka wypływowego nie przekracza 25 sekund.

Zaczyn iniekcyjny włącza się od strony najniżej położonego zakotwienia kabla do wylotu znajdującego się po drugiej stronie. Kable o trasie krzywoliniowej powinny być iniektowane z najniższego punktu jeżeli różnica wysokości wynosi więcej niż 1,5 m.

Tłoczenie zaczynu w kanał powinno odbywać się ze stałą prędkością (pomiędzy 5 a 15 metrów kanału na minutę) i bez przerw. Ciśnienie tłoczenia nie powinno przekraczać 1,0 MPa (typowe ciśnienie wynosi ok. 0,5 MPa, tj. 5 bar). Jeżeli ciśnienie zaczynu osiągnie 10 bar, końcówkę węża iniekcyjnego należy przełączyć do ostatniego odpowietrzenia, na którym uzyskano zaczyn o odpowiedniej konsystencji i kontynuować tłoczenie.

W przypadku stwierdzenia zatoru powodującego wzrost ciśnienia powyżej 10 bar pomimo przełączenia do innego odpowietrzenia należy przerwać włączanie i przedmuchać kanał kablony sprężonym powietrzem od strony wylotu. Bezpośrednio (w najkrótszym czasie) po udrożnieniu należy ponownie przystąpić do włączania iniektu. W przypadku, gdy nie jest możliwe kontynuowanie robót, zaleca się dodatkowo kabel przepłukać wodą i ponownie przedmuchać go sprężonym powietrzem.

W trakcie tłoczenia zamykane są kolejne odpowietrzenia kabla. Odpowietrzenie można zamknąć, jeżeli lepkość wypływającego zaczynu, mierzona metodą lejka wypływowego wynosi 10 – 25 sekund.

Pompowanie iniektu do kanału odbywa się do czasu, aż z ostatniego otworu wylotowego (odpowietrznika) wypłynie zaczyn o konsystencji zbliżonej do włączanego (lepkość wypływającego zaczynu, mierzona metodą lejka wypływowego pomiędzy 10 a 25 sekund).

Po wypełnieniu kanału kablony należy zamknąć ostatni odpowietrznik, podnieść ciśnienie iniektu do ok. 0,5 MPa (5 bar) i utrzymywać je przez ok. 1 minutę a następnie zamknąć wlot iniekcyjny. Wszelkie uszczelnienia i zawory nie mogą być wyłączane wcześniej niż po związaniu zaczynu.

W trakcie prowadzenia robót iniekcyjnych wykonuje się niżej wymienione badania polowe:

- Lepkość umowna
- Wydzielanie wody
- Zmiana objętości

Wyniki badań i pomiarów odnotowywane są w protokole z iniekcji. Dodatkowo wykonuje się badanie wytrzymałości zaczynu iniekcyjnego na ściskanie po 28 dniach. Raport z badań dołącza się do protokołów z iniekcji.

6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

6.1. OGÓLNE ZASADY KONTROLI JAKOŚCI ROBÓT

Ogólne zasady kontroli jakości robót podano w WWiORB D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne”. Tolerancje podstawowych wymiarów elementów betonowych podano w rozdziale WWiORB M-13.00.00.

Dopuszczalne tolerancje wymiarowe usytuowania kabli ± 5 mm.

Badania i pomiary związane z robotami sprężalniczymi oraz sposób i częstotliwość ich wykonywania i graniczne wyniki Wykonawca sprężania opisze w Programie Zapewnienia Jakości. Kontrolę jakości robót należy prowadzić zgodnie z niniejszymi WWiORB oraz PZJ.

6.2. BADANIA PRZED PRZYSTĄPIENIEM DO ROBÓT

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien:

- uzyskać wymagane dokumenty, dopuszczające wyroby budowlane do obrotu i powszechnego stosowania (certyfikaty zgodności, deklaracje zgodności, aprobaty techniczne, ew. badania materiałów wykonane przez dostawców itp.), potwierdzające zgodność materiałów z wymaganiami pkt 2 niniejszych WWiORB ,
- ew. wykonać własne badania właściwości materiałów przeznaczonych do wykonania robót, określone w pkt 2 lub przez Inżyniera.

Wszystkie dokumenty oraz wyniki badań Wykonawca przedstawi Inżynierowi do akceptacji.

6.3. KONTROLA JAKOŚCI

Wykonawca powinien opracować plan kontroli jakości robót. Plan powinien dotyczyć:

- materiałów i wyrobów,
- naciągarek,
- naciągu kabli,
- iniekcji kabli.

Wykonawca ponosi pełną odpowiedzialność za użyte materiały oraz jakość robót.

6.4. BADANIA MATERIAŁÓW

Materiały powinny być sprawdzane na zgodność z niniejszą WWiORB oraz normą PN-S-10040 na podstawie atestów producenta oraz oględzin zewnętrznych.

6.4.1. Liny i kable

Zakres badań powinien obejmować:

- sprawdzenie zgodności z wymaganiami odpowiedniej normy lub aprobaty technicznej na podstawie atestów producenta,
- oględziny zewnętrzne i sprawdzenie wymiarów kabli (wygląd zewnętrzny, średnica drutów i lin, układ oraz łączenie drutów) - zgodne z odpowiednią normą lub aprobatą techniczną.

W przypadku stwierdzenia niezgodności danych podanych w atestach z wymaganiami normy lub aprobaty technicznej, lub braku tych danych, należy wykonać:

- badanie własności mechanicznych liny (współczynnik sprężystości, rzeczywista siła zrywająca linę),
- badania drutów z liny (średnica, własności mechaniczne).

Wielkości geometryczne drutów i lin należy mierzyć z dokładnością do 0,01 mm. Badania wytrzymałościowe kabli, lin i drutów należy przeprowadzić w maszynie wytrzymałościowej posiadającej aktualne świadectwo legalizacji. Temperatura otoczenia w czasie badań nie powinna być niższa niż $+10^{\circ}\text{C}$.

Badania powinny być przeprowadzone zgodnie z PN-S-10040.

6.4.2. Zakotwienia i łączniki

Zakres badań powinien obejmować:

- oględziny zewnętrzne (sprawdzenie nieuzbrojonym okiem, czy na powierzchni poszczególnych elementów nie ma rys, pęknięć itp.),

- sprawdzenie wymiarów i kształtu z określeniem, czy mieszczą się w granicach tolerancji dopuszczonych w dokumentacji systemu sprężania,
- sprawdzenie materiału (zgodność z wymaganiami w oparciu o atesty),
- sprawdzenie wzajemnego dostosowania poszczególnych elementów zakotwienia,
- sprawdzenie poprawności montażu.

Wielkości geometryczne powinny być mierzone z dokładnością do 0,01 mm.

6.4.3. Rury osłonowe

Zbadać należy 3 wycięte próbki rury z każdej dostawy. Długość próbki powinna wynosić 1100 mm. W ramach badań należy sprawdzić:

- średnicę rury i porównać z atestem i dokumentacją projektową,
- szczelność,
- sztywność na zginanie i na wyginanie na szablonach,
- wytrzymałość na docisk poprzeczny i na rozciąganie.

Wyniki badań i pomiarów powinny być odnotowywane w protokole z iniekcji. Dodatkowo należy wykonać badanie wytrzymałości zaczynu iniekcyjnego na ściskanie po 28 dniach. Raport z badań powinien być dołączony do protokołów z iniekcji.

6.4.4. Materiały do iniektu

Materiały do iniekcji: cement, woda i domieszki należy badać zgodnie z WWiORB M-13.01.00. Do badań polowych iniektu należy stosować wyposażenie zgodne z PN-EN 445. W trakcie prowadzenia robót iniekcyjnych wykonuje się niżej wymienione badania polowe:

- lepkość umowna,
- wydzielanie wody,
- zmiana objętości.

Wyniki badań i pomiarów powinny być odnotowywane w protokole z iniekcji. Dodatkowo należy wykonać badanie wytrzymałości zaczynu iniekcyjnego na ściskanie po 28 dniach. Raport z badań powinien być dołączony do protokołów z iniekcji

6.5. BADANIE NACIĄGAREK

Stosowane naciągarki powinny być sprawne, sprawdzone na szczelność i wytrzymałość oraz mieć aktualne wyniki badań i cechowania. Sprawdzenie działania oraz kontrola szczelności i wytrzymałości polega na pięciokrotnym przeciążeniu całego zestawu naciągowego o 30 % ponad zakres roboczy przewidywany do zastosowania. Czas jednego przeciążenia powinien trwać nie krócej niż jedną minutę. W czasie badania ciśnienie w pompie nie powinno się obniżać; nie może wystąpić wyciek oleju. Rezultatem kontroli powinno być określenie zależności siły naciągowej naciągarki od ciśnienia oleju w pompie.

6.6. BADANIA DOTYCZĄCE SPRĘŻANIA

Badania dotyczące sprężania obejmują:

- kontrolę wytrzymałości betonu przed sprężeniem,
- kontrolę wydłużeń cięgien w czasie naciągu,
- pomiary wzbudzonych strzałek ugięcia przy sprężaniu,
- badania i obserwacja konstrukcji w czasie sprężania.

6.6.1. Kontrola wytrzymałości betonu przed sprężaniem

Przed rozpoczęciem sprężenia należy skontrolować wytrzymałość betonu na ściskanie wg PN-EN 206-1.

6.6.2. Kontrola wydłużeń cięgien w czasie naciągu

Podczas każdego zabiegu sprężania należy:

- mierzyć wydłużenie całkowite cięgien,
- dla każdego cięgna i przy każdym poziomie siły notować odczyty manometru zestawu naciągowego,

- mierzyć wydłużenie całkowite cięgna i porównywać je z wartościami obliczonymi w programie sprężania oraz na bieżąco analizować występujące odchylenia.

6.6.3. Pomiary strzałek ugięcia

Pomiary strzałek ugięcia należy przeprowadzać zawsze w odniesieniu do głównych elementów obiektów betonowanych na miejscu budowy.

6.6.4. Badania i obserwacje konstrukcji w czasie sprężania

W czasie sprężania należy:

- obserwować, czy nie występują nieprzewidziane przemieszczenia lub deformacje w konstrukcji,
- rejestrować pojawienie się rys z zaznaczeniem poziomu sił sprężających oraz mierzyć ich rozwartość w następnych operacjach,
- mierzyć strzałki ugięć odwrotnych (ujemnych) i dodatnich w czasie sprężania dla obserwacji rozwoju sił wewnętrznych oraz nieprzewidzianych deformacji w przekroju poprzecznym,
- kontrolować łożyska,
- kontrolować konstrukcje trasujące kable, bloki oporowe i zakotwienia.

Naciąg pierwszego kabla z każdej grupy (kable tego samego rodzaju i przebiegu trasy) musi być połączony z badaniem czyli weryfikacją strat doraźnych sprężania oraz określeniem współczynnika sprężystości kabla. Na podstawie tych badań należy zweryfikować program sprężania i według zweryfikowanego programu prowadzić naciąg dalszych kabli danej grupy. W czasie sprężania należy prowadzić dokumentację sprężania zgodnie z programem sprężania.

Kontrolę wprowadzenia prawidłowej siły naciągu do kabla uzyskuje się przez:

- pomiar siły wywołanej przez naciągarkę,
- pomiar całkowitego wydłużenia kabla.

Po wykonaniu sprężania na podstawie przeprowadzonych badań oraz pomiarów zawartych w Dzienniku sprężania należy zweryfikować i ocenić wynik sprężania. Konstrukcję można uznać za prawidłowo sprężoną, jeżeli siły sprężające wprowadzone do konstrukcji różnią się od projektowanych nie więcej niż o 5%. W przypadku sił sprężających mniejszych od 95% lub większych od 105% sił projektowych Wykonawca przedstawi program naprawczy do akceptacji Inżyniera

6.7. BADANIA PRZY INIEKTOWANIU KANAŁÓW KABLOWYCH

Badania przy iniektowaniu konstrukcji kablowych dotyczą:

- drożności kanałów kablowych,
- ciekłości zaczynu iniekcyjnego,
- właściwości iniektu po stwardnieniu

Sprawdzenie drożności kanałów kablowych może być przeprowadzone przy pomocy wody lub powietrza pod ciśnieniem. Powietrze pod ciśnieniem stosuje się również do usunięcia wody z kanałów. Należy też sprawdzić położenia i drożność rurek iniekcyjnych.

Badanie ciekłości zaczynu iniekcyjnego można określić mierząc czas opadania cylindrycznego ciężarka zanurzonego w iniektcie wypełniającym naczynie rurowe. Badanie należy przeprowadzić wg PN-EN 445.

Badanie skurczu (pęcznienia) iniektu należy przeprowadzić wg PN-EN 445.

Badanie wytrzymałości na ściskanie stwardniałego iniektu cementowego należy przeprowadzić wg PN-EN 445.

Badanie stwardniałego iniektu cementowego na działanie mrozu należy przeprowadzić wg PN-S-10040.

7. OBMIAR ROBÓT

Kontrakt ryczałtowy – jednostką obmiaru jest wykonana i odebrana protokołem Odbioru Końcowego jednostka określona w STWiORB.

8. ODBIÓR ROBÓT

Ogólne zasady odbioru robót podano w WWIORB D-M,00.00.00. „Wymagania ogólne”.

Badania wg punktu 6 należy przeprowadzać w czasie odbiorów robót.

Odbiorom podlegają:

- dostarczona armatura sprężająca – pod kątem zgodności z zastosowanym systemem sprężania i typami kabli (elementy bloków oporowych, zakotwienia, łączniki),
- sprawdzenie typu zamontowanych cięgien,
- zgodność tras w poszczególnych przekrojach konstrukcji,
- prostopadłość i pewność zamocowania elementów kotwiących w stosunku do osi cięgien,
- rozstaw podparć i zwis cięgien,
- szczelność kanałów ciągnowych i stabilizacja rur osłonowych,
- rozmieszczenie rurek iniekcyjnych i odpowietrzających.
- wykonanie sprężenia kabli,
- wykonanie iniekcji.

Odbiór końcowy całości robót winien być potwierdzony spisaniem protokołu odbioru. Jeżeli wszystkie badania dały wyniki dodatnie, wykonane roboty należy uznać za zgodne z wymaganiami. Jeżeli choć jedno badanie dało wynik ujemny, wykonane roboty należy uznać za niezgodne z wymaganiami norm i kontraktu. W takiej sytuacji Wykonawca obowiązany jest doprowadzić roboty do zgodności z normą i przedstawić je do ponownego odbioru.

9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

Wynagrodzenie ryczałtowe: zasady płatności podano w umowie pomiędzy Zamawiającym a Wykonawcą.

10. PRZEPISY ZWIĄZANE

10.1. WARUNKI WYKONANIA I ODBIORU ROBÓT BUDOWLANYCH (WWIORB)

1. D-M-00.00.00 Wymagania ogólne
2. M.13.01.00 Beton konstrukcyjny

10.2. NORMY

PN-EN 197-1:2012 Cement. Skład, wymagania i kryterium zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku.

PN-EN 1008:2004 Woda zarobowa do betonu – Specyfikacja pobierania próbek i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu.

PN-S-10040 Obiekty mostowe – Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Wymagania i badania.

PN-S-10042:1991 Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Projektowanie

PN-EN 1992-2:2010 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 2: Mosty z betonu. Obliczanie i reguły konstrukcyjne.

PN-EN 445 Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych – Metody badań.

PN-EN 446 Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych – Metody iniekcji.

PN-EN 447:2009 Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych – Wymagania podstawowe.

PN-EN 934-4:2010 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu – Część 4: Domieszki do zaczynów iniekcyjnych do kanałów kablowych – Definicje, wymagania, zgodność, znakowanie i etykietowanie.

PN-EN 206+A1:2016-12 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.

PN-B-06265:2018-10 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność. Krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A1:2016-12.

10.3. Inne dokumenty

1. ROZPORZĄDZENIE MINISTRA TRANSPORTU I GOSPODARKI MORSKIEJ z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie. (Dz. U. Nr 63 poz. 735 - z dnia 3.08 2000 r. z późn. zmianami).
2. Aprobaty Techniczne, D-M.00.00.00. Wymagania ogólne

WERSJA ROBOCZA - DO OPINIOWANIA