

**WARUNKI WYKONANIA I ODBIORU  
ROBÓT BUDOWLANYCH**

**M.12.02.01**

**CIEGNA SPREŻAJĄCE**

## 1. Wstęp

### 1.1. Przedmiot

Przedmiotem są wymagania dotyczące wykonania i odbioru sprężenia betonu ustroju nośnego

### 1.2. Zakres stosowania

WWIORB jest stosowana jako dokument przetargowy i kontraktowy przy zlecaniu i realizacji robót

### 1.3. Zakres robót

Ustalenia dotyczą zasad prowadzenia robót związanych ze sprężeniem ustroju nośnego obiektu mostowego

### 1.4. Określenia podstawowe

- 1.4.1 Blok oporowy kabla - konstrukcja stalowa lub żelbetowa, której celem jest przeniesienie siły naciągu kabla na sprężaną konstrukcję
- 1.4.2 Iniekt - mieszanina cementu, wody i domieszek wypełniająca rurę osłonową kabla, służąca do zabezpieczenia kabla przeciwko korozji
- 1.4.3 Kabel sprężający z lin - wiązka równoległych lin służąca do wywołania sił sprężających tj. do sprężenia konstrukcji.
- 1.4.4 Kabel wewnętrzny - kabel, którego trasa przebiega wewnątrz materiału konstrukcji (w betonie)
- 1.4.5 Konstrukcja kablobetonowa - konstrukcja betonowa zbrojona kablami sprężającymi, w których siły sprężające są wywołane celowo i przekazywane na beton za pomocą zakotwień i innych urządzeń
- 1.4.6 Lina sprężająca - zespół drutów splecionych ze sobą.
- 1.4.7 Montażowa siła sprężająca - siła występująca pod zakotwieniem kabla w czasie naciągu, bezpośrednio przed zakotwieniem kabla.
- 1.4.8 Naciąg kabla - wprowadzanie siły do kabla w czasie sprężania konstrukcji.
- 1.4.9 Początkowa siła sprężająca - siła sprężająca występująca w konstrukcji bezpośrednio po naciągnięciu i zakotwieniu kabli.
- 1.4.10 Program sprężania - opracowanie techniczne zawierające wszystkie niezbędne informacje, na podstawie których można wykonać operację sprężania.
- 1.4.11 Stal sprężająca - pręty ze stali dużej wytrzymałości w postaci kabli, splotu lub lin, wprowadzające do konstrukcji siły niezależne od czynników zewnętrznych
- 1.4.12 Straty doraźne siły sprężającej - straty siły sprężającej występujące w procesie sprężania zależne od: sprężanej konstrukcji, przyjętego systemu sprężania i technologii sprężania
- 1.4.13 Straty reologiczne siły sprężającej - opóźnione straty siły sprężającej występujące wskutek pełzania betonu, skurczu betonu i relaksacji stali sprężającej.
- 1.4.14 Trwała siła sprężająca - siła sprężająca, która powinna występować w konstrukcji w czasie eksploatacji. Siła ta wynika z obliczeń konstrukcji w stanie użytkowym.

- 1.4.15 Weryfikacja strat doraźnych - badanie rzeczywistych strat doraźnych siły sprężającej i porównywanie ich ze stratami obliczonymi.
- 1.4.16 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.
- 1.4.17 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).
- 1.4.18 Zakotwienie czynne - zakotwienie położone od strony wprowadzenia przez naciągarkę siły naciągu do kabla.
- 1.4.19 Pozostałe określenia podane w niniejszej Specyfikacji są zgodne z obowiązującymi odpowiednimi normami i Specyfikacją D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne".

## 1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót

Wykonawca robót jest odpowiedzialny za jakość ich wykonania oraz za zgodność z Dokumentacją Projektową, Specyfikacją i poleceniami Inżyniera.

Ogólne wymagania dotyczące robót podano w Specyfikacji D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne".

## 2. Materiały

### 2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów

Ogólne wymagania dotyczące materiałów podano w D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne".

Zgodnie z Ustawą o wyrobach budowlanych z dn. 16.04.2004 r., Dz. U. Nr 92 poz. 881, 2004 r., wyrób budowlany (materiał) dopuszczony jest do stosowania przy wykonywaniu robót budowlanych, jeżeli jest

- oznakowany CE lub znakiem budowlanym B,
- umieszczony w określonym przez Komisję Europejską wykazie wyrobów mających niewielkie znaczenie dla zdrowia i bezpieczeństwa

Producent wyrobu budowlanego winien dołączyć do wyrobu krajową deklarację zgodności.

Sposób deklarowania oraz oceny zgodności wyrobu budowlanego określa Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11 sierpnia 2004 r. w sprawie sposobu deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu ich znakowania znakiem budowlanym (Dz.U. Nr 198, poz. 2041 z 2004 r.)

### 2.2. Do sprzężenia konstrukcji betonowej należy stosować:

2.2.1. Kable spełniające wymagania PN-M-80236 lub posiadające Aprobataę Techniczną.

Należy zastosować kable sprężające zgodne z Dokumentacją Projektową, wykonane z lin ze stali sprężającej o klasie wytrzymałości 2 i wytrzymałości charakterystycznej minimum 1860 MPa i o podanych poniżej parametrach.

- minimalne wydłużenie liny –  $A_{\min} = 2 \%$
- wydłużalność plastyczna stali sprężającej nie niższa niż 10%
- moduł sprężystości podłużnej  $E_{v_{\min}} = 190 \text{ GPa}$

- relaksacja naprężeń
  - dla lin z drutów o niskiej relaksacji  $R_{nt} < 2.5 \%$
  - dla lin z drutów o normalnej relaksacji  $R_{nt} < 7.5 \%$

Pole powierzchni pojedynczego splotu  $150 \text{ mm}^2$  lub  $160 \text{ mm}^2$ .

Kable dostarczone na budowę powinny być zaopatrzone w atest zawierający:

- nazwę wytwórcy,
- oznaczenie wyrobu wg PN-H-93215 lub Aprobaty Technicznej,
- numer wytopu lub numer partii,
- masa partii,
- rodzaj obróbki cieplnej,
- wszystkie wyniki przeprowadzonych badań (w tym wartość modułu sprężystości liny -  $E_v$ )
- wszystkie wyniki przeprowadzonych badań oraz skład chemiczny według analizy wytopowej.

Stosowanie innych odmian i klas stali sprężającej jak również rodzajów kabli niż podane w Dokumentacji projektowej wymaga uzgodnienia z Inżynierem.

Na powierzchni drutów nie powinno być rdzy, pęknięć, łusek, rozwarstwień. Druty nie powinny mieć załamań lub uszkodzeń mechanicznych. Niedopuszczalne są łączenia drutów w linie.

Do przyjęcia nośności kabli należy stosować współczynnik 0,8 $\beta$ z.

Kable zastosowane do sprężania konstrukcji muszą posiadać odpowiedni systemy czasowego zabezpieczenia antykorozyjnego. W trakcie eksploatacji obiektu zabezpieczeniem antykorozyjnym jest insekt wypełniający kanały kablowe.

Inżynier wybierze konkretny typ kabli i ich Producenta spośród przedstawionych przez Wykonawcę propozycji (odpowiadających wymaganiom Dokumentacji Projektowej).

Przyjęty system sprężania i technologię sprężania należy uzgodnić z Projektantem.

Wszystkie zastosowane materiały powinny mieć Aprobaty techniczne. Sposób oznaczenia materiałów powinien być zgodny z ww. Aprobata.

### 2.2.2. Rury osłonowe

Rury osłonowe oraz urządzenia do iniekcji powinny być zgodne z przyjętym systemem sprężania, typem i rodzajem kabli. Zastosowane osłony kablowe muszą zostać zaakceptowane przez Inżyniera.

Osłony kablowe powinny chronić kable i umożliwiać im minimalne przemieszczenia przy zachowaniu ciągłości ochrony iniektem. Rury osłonowe powinny zapewniać założony projektem przebieg kabli i być elastyczne i szczelne.

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

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

- nazwę wytwórni,

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

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 ciągów sprężających wodę należy usunąć.

#### 2.2.3. Elementy dodatkowe - trójniki odpowietrzające, kostki, stabilizatory tras kabli.

Trójniki iniekcyjne do iniekcji i odpowietrzania kanałów kablowych powinny być dostosowane do przyjętego systemu sprężania oraz rodzaju i wymiarów rur osłonowych.

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

Konstrukcje trasujące i stabilizatory tras kabli powinny zapewniać przebieg trasy kabli zgodnie z Rysunkami. Szczególnie ważne jest dotrzymanie dwóch parametrów trasy kabla: minimalnego promienia zagięcia kabla i minimalnego odcinka prostego kabla przed zakotwieniem.

Bardzo ważna jest stabilizacja osłonki na kable aby podczas betonowania nie uległa przemieszczeniu i deformacji kształtu.

Jako podpórki przy małych promieniach krzywizny ( $R < 8,0$  m) należy stosować:

- pręty niekarbowane ze stali St3S (lub klasy wyższej)
- na prętach karbowanych rurki ze stali St3S (lub klasy wyższej)
- inne podparcia (pręty i płaskowniki), zgodnie z Rysunkami.

#### 2.2.4. Urządzenia blokujące - zakotwienia

Zakotwienia muszą być zgodne z przyjętym systemem sprężania, typem i rodzajem kabli. Elementy zakotwień pod względem użytego materiału, kształtów, wymiarów oraz twardości powierzchni powinny odpowiadać wymaganiom przyjętego systemu sprężania.

Zakotwienia nie mogą mieć widocznych pęknięć, a na powierzchniach klinujących również wżerów i nierówności przekraczających tolerancje dopuszczone dla systemu sprężania.

W odniesieniu do powierzchni dociskających i centrujących należy przyjmować tolerancję  $\pm 0,1$  mm. Dopuszczalne odchyłki wymiarowe na długości elementów klinujących nie powinny przekraczać  $\pm 0,5$  mm, zaś wymiarów zewnętrznych bloków  $+0.5$  i  $-0$  mm.

Zakotwienie kabla musi zapewnić utrzymanie projektowej siły z dokładnością do 5%.

Wszystkie elementy zakotwień muszą posiadać atest wytwórcy.

Urządzenia blokujące zostaną dostarczone przez producenta kabli i powinny być zaopatrzone w atesty zawierające:

- nazwę wytwórni,
- oznaczenie typu zakotwień,
- datę produkcji,

- wyniki kontroli technicznej.

Do sprężenia konstrukcji są stosowane następujące typy zakotwień:

- zakotwienia czynne,
- zakotwienia bierne,
- zakotwienia łącznikowe.

Armatura bloku oporowego powinna być zgodna z przyjętym systemem sprężania, typem kabla i typem bloku oporowego. Armatura składa się z płyty oporowej, konstrukcji stożka przejściowego i zbrojenia w postaci spirali lub siatek. Wszystkie elementy armatury muszą mieć atest wytwórcy.

#### 2.2.5. Łączniki

Łączniki muszą być zgodne z przyjętym systemem sprężania, typem i rodzajem kabli. Elementy kotwiące łączników powinny odpowiadać wymaganiom obowiązującym dla zakotwień i posiadać Certyfikat Producenta.

#### 2.2.6. Materiały do iniekcji kanałów kablowych.

Do iniekcji kanałów kablowych stosować firmowe mieszanki dostarczone lub zalecane przez Producenta kabli lub mieszanki wykonane na podstawie indywidualnie zaprojektowanych receptur. Zaczyn iniekcyjny powinien spełniać wymagania PN-EN 447:2009

##### 2.2.6.1 Cement

Cement portlandzki bez dodatków, użyty nie później niż po trzech tygodniach od daty produkcji. Cement musi spełniać wymagania normy PN-EN 197-1.

##### 2.2.6.2 Woda

Woda powinna odpowiadać wymaganiom normy PN-EN 1008. Stosowanie wody wodociągowej nie wymaga badań.

##### 2.2.6.3 Domieszki

Domieszek należy używać tylko takich, które poprawiając jedne cechy nie pogarszają innych niezbędnych cech zaczynu cementowego.

Domieszki powinny powodować opóźnienie wiązania zaczynu, zwiększać jego ciekłość oraz zmniejszać skurcz stwardniałego iniektu, a równocześnie nie osłabiać cech wytrzymałościowych, przyczepności i szczelności po stwardnieniu. Nie można stosować domieszek powodujących pęcznienie zaczynu cementowego.

Każda domieszka powinna spełniać wymagania norm PN-EN 934-2, PN-EN 480-1, PN-EN 480-2.

#### 2.1.7. Przechowywanie materiałów

Stal do sprężania konstrukcji, kable, urządzenia kotwiące oraz elementy dodatkowe należy przechowywać w pomieszczeniach krytych zabezpieczających przed wpływami atmosferycznymi.

### 3. Sprzęt

#### 3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w STWiORB D-M.00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt. 3.

#### 3.2. Sprzęt do wykonania robót

Wykonawca przystępujący do wykonania sprężania konstrukcji betonowej kablami powinien mieć do dyspozycji następujący sprzęt:

##### 3.2.1 Formowanie kabli z lin

Jeżeli stosowane są kable z lin, do ich formowania, czyli przygotowania lin i zmontowania ich w kable, należy użyć następującego sprzętu:

- bębny do rozwijania lin,
- urządzenia do cięcia lin (wskazane szlifierki kątowe),
- klucze zbrojarskie do formowania kabli przez wiązanie drutem wiązałkowym.

##### 3.2.2 Montaż kabli w konstrukcji

Do wprowadzenia kabli wewnętrznych do kanałów w przypadku operowania kablami uprzednio uformowanymi, należy użyć wciągarek mechanicznych lub ręcznych.

Do wprowadzania lin do zabetonowanych kanałów kablowych należy zastosować firmowe urządzenia.

##### 3.2.3 Naciąg kabli

Do naciągu kabli należy używać naciągarek wraz z osprzętem zgodnie z przyjętym systemem sprężania i typem kabli. Naciągarki te powinny być wycechowane przez upoważniony ośrodek badawczy. Kontrolą podlegają: naciągarki hydrauliczne, manometry i pompy.

Do pomiaru ciśnienia powinno się stosować manometry o klasie dokładności co najmniej 2.5 (wg PN-88/M-42304). Wskazania manometru odczytuje się z dokładnością do najmniejszej działki. Optymalny zakres pomiarowy manometru wynosi  $0.2 \div 0.8$  jego całkowitego zakresu. Manometry powinny dysponować rezerwą zdolności odczytu co najmniej 30% w stosunku do projektowanych potrzeb. Legalizacja manometrów powinna się odbywać raz na rok. Konstrukcja pomp powinna zapewniać ciśnienie o 30% wyższe od zakresu roboczego. Pompa powinna posiadać szczegółową instrukcję obsługi.

Każdy zestaw naciągowy musi być zaopatrzony w instrukcję i świadectwo kontroli zawierające aktualne parametry użytkowe naciągarki (zależność siły od ciśnienia). Parametry te powinny być aktualizowane co 6 miesięcy.

##### 3.2.4 Iniekcja kabli

Do iniekcji kabli zaczynem cementowym należy używać specjalnych iniektarek. W czasie tłoczenia iniektu ciśnienie nie powinno przekraczać 10 atm. Sprzęt iniekcyjny należy sprawdzić na ciśnienie o 50% przekraczające ciśnienie przewidywane przy iniekcji.

Zawiesinę cementowo-wodną należy przygotować w mieszarce szybkoobrotowej o liczbie obrotów  $500 \div 1000$  na minutę.

Zastosowany sprzęt powinien być zgodny z Projektem technologii i wymaga akceptacji Inżyniera.

## 4. Transport

Przy przewozie i magazynowaniu lin należy bezwzględnie przestrzegać wymagań Producenta.

Liny powinny być transportowane i przechowywane w stanie zakonserwowanym na bębnach o minimalnej średnicy 1400 mm.

Ze względu na zagrożenie korozyjne spowodowane przez wilgoć, nie zaleca się przewożenie bębnów z linami odkrytymi środkami transportowymi.

Powinny one być składowane pod wiatami lub w zamkniętych i dobrze wentylowanych pomieszczeniach na podkładach drewnianych. Maksymalny okres magazynowania lin na budowie nie powinien przekraczać trzech miesięcy.

W jednym kręgu powinien znajdować się tylko jeden odcinek liny.

Do transportu materiałów, elementów zakotwień, innych wyrobów oraz sprzętu może być użyty dowolny środek transportu spełniający warunki w zakresie obciążenia, kubatury, skrajni, wymagań organizacyjnych i bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Materiały podczas transportu należy ułożyć równomiernie na całej powierzchni ładunkowej, obok siebie i zabezpieczyć przed możliwością przesuwania się podczas transportu. Podczas transportu i składowania materiałów na placu budowy należy przestrzegać zaleceń Wytwórcy.

## 5. Wykonanie robót

### 5.1. Ogólne warunki wykonania robót

Ogólne warunki wykonania robót podano w Specyfikacji D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne".

### 5.2. Zakres wykonywanych robót

Sprężanie konstrukcji może prowadzić Wykonawca posiadający doświadczenie w sprężaniu konstrukcji betonowych oraz zakwalifikowany przez Komisję Kwalifikacyjną MTiGM [MI].

#### 5.2.1. Program sprężania kabli

Przed rozpoczęciem robót Wykonawca przedstawia Inżynierowi do akceptacji Program Zapewnienia Jakości zawierający projekt organizacji i harmonogram robót uwzględniający wszystkie warunki w jakich będą wykonywane roboty.

Przed przystąpieniem do robót związanych ze sprężaniem konstrukcji obiektu mostowego, po wybraniu typu kabli i zakotwień wraz z systemem naciągu kabli Wykonawca sprężania opracuje oraz przedstawi Inżynierowi do akceptacji Program sprężenia kabli oraz Instrukcję eksploatacji kabla

Program sprężenia należy opracować na podstawie Dokumentacji Projektowej, z uwzględnieniem założonego poziomu siły trwałej, warunków pracy konstrukcji w stanach montażowych, podziału konstrukcji na segmenty i kolejności ich betonowania, założonej techniki wznoszenia obiektu oraz harmonogramu robót.



Program sprężenia musi spełniać wymagania zawarte w PN-S-10040:1999 oraz w Aprobacie technicznej

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,
- typ i charakterystykę kabli,
- typ i charakterystykę zakotwień kabli,
- typ i charakterystykę urządzeń (dźwigników) do naciągu kabli,
- sposób naciągania kabli,
- kolejność naciągania kabli,
- metoda (system) kotwienia kabli,
- wartość początkowej siły sprężającej, wartość siły trwałej i strat reologicznych, straty doraźne siły sprężającej,
- montażowe siły naciągu kabli,
- wydłużenia kabli,
- metody pomiaru i kontroli sił sprężających,
- sposób zabezpieczenia antykorozyjnego oraz iniekcji kanałów kablowych,

Należy przyjmować taką kolejność naciągu kabli, aby siła sprężająca była wprowadzana do konstrukcji możliwie symetrycznie w stosunku do osi przekroju poprzecznego.

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 Rysunkach siłę sprężającą początkową, w której zawarte są straty doraźne.

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 naciągu 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.

Program sprężania należy uzgodnić z Projektantem.

Propozycja zmiany sposobu sprężania oraz kolejności naciągu kabli musi być bezwzględnie zgłoszona Projektantowi. Ww. zmiana wymaga ponownego przeliczenia statyki konstrukcji oraz sprężenia jej kablami.

Wykonawca robót powinien dysponować wykwalifikowaną kadrą, wyposażeniem produkcyjno-budowlanym oraz zapleczem laboratoryjnym. Prawdliwość wykonania poszczególnych elementów procesu technologicznego powinna być potwierdzona w czasie odbioru. Za jakość robót w zakresie stosowania właściwych materiałów i przestrzegania właściwych technologii odpowiedzialny jest bezpośredni Wykonawca.

Wszystkie operacje związane z procesem sprężania, a szczególnie naciąg kabli, powinien nadzorować kierownik sprężania.

Instrukcja eksploatacji kabli powinna określać między innymi:

- sposoby kontroli sił stanu konstrukcji (naciągu kabli) w trakcie eksploatacji obiektu,
- minimalne dopuszczalne siły w kablach (dopuszczalne straty siły naciągu),

Projekt technologii sprężania należy uzgodnić z Projektantem.

### 5.2.2. Przycięcie i przygotowanie kabli

Po przywiezieniu kabli na plac budowy należy sprawdzić ich ilość oraz stan kabli. Dla kabli linowych pierwszą czynnością jest rozwinięcie liny z kręgu lub z bębna. Następnie należy przyciąć kable na wymaganą długość. Następnie należy przyciąć kable na wymaganą długość, dodając na każde zakotwienie ok. 1,50 m przy zakotwieniu czynnym oraz 0,50 m przy zakotwieniu biernym. W przypadku wprowadzania do kanału kablowego uformowanego kabla, należy z pojedynczych lin uformować kabel przez powiązanie wiązki lin drutem wiązałkowym.

### 5.2.3. Montaż kabli

Kable należy wciągnąć (ułożyć) w kanały kablowe (osłonki). Przed wprowadzeniem kabli do kanałów stali sprężającej należy sprawdzić ich drożność. Po ułożeniu kable należy wstępnie naciągnąć. Do montażu kabli należy w miarę możliwości wykorzystać rusztowania pomocnicze. Kable po ułożeniu powinny być odebrane przez Inżyniera.

Drugą metodą montażu kabli jest umieszczenie kabli w osłonkach kablowych podczas montażu zbrojenia w deskowaniu płyty. Należy wówczas również wstępnie naciągnąć kable. Zamocowanie kabla w deskowaniu musi być trwałe by uniemożliwić przesunięcie samego kabla jak i elementów, do których jest mocowany podczas betonowania i wibrowania. Kable z kanałami kablowymi (osłonkami) po ułożeniu powinny być odebrane przez Inżyniera.

### 5.2.3. Naciąg kabli

Sprężanie kabli można przeprowadzić po zaakceptowaniu przez Inżyniera Projektu technologii sprężania.

Wykonywanie sprężania konstrukcji kablobetonowej może nastąpić wówczas, gdy badania wytrzymałości próbek betonowych, przechowywanych w tych samych warunkach, co beton konstrukcji, wykażą wytrzymałość przewidzianą projektem. Badanie wytrzymałości gwarantowanej należy przeprowadzać, na co najmniej sześciu próbkach dla jednego oznaczenia.

Jeżeli w Dokumentacji Projektowej nie określono wymaganej wytrzymałości betonu to sprężanie konstrukcji może nastąpić, gdy wytrzymałość gwarantowana betonu na ściskanie wyniesie 80% wytrzymałości gwarantowanej projektowanej.

Do wywołania sił rozciągających w stali sprężającej należy używać dźwigników hydraulicznych - naciągarek spełniających wymagania punktu 3. Siły w stali nie mogą być mniejsze niż określone w Projekcie technologii. Wymaga się by efektywna siła sprężająca w jednym kablu po odliczeniu strat była zgodna z Dokumentacją Projektową. Zazwyczaj sumaryczne straty siły sprężającej mają wartość około 15÷30% siły naciągu kabla po zakończeniu jego naciągu. Kolejność naciągania kabli i sposób kotwienia zgodne z ww. Projektem.

W zależności od długości i kształtu trasy kabla naciąg kabla może być jedno- lub dwustronny. Przy naciągu dwustronnym używa się dwóch naciągarek równocześnie.

Po naciągnięciu kabla do założonej siły montażowej następuje utrwalenie siły w kablu przez zamocowanie końców kabla w zakotwieniach.

Proces naciągania musi być w sposób ciągły kontrolowany i protokołowany. Kontrola polegać powinna na pomiarze siły sprężającej i na pomiarze wydłużeń cięgien sprężających. Podczas sprężania kabli należy kontrolować w sposób ciągły przemieszczenia konstrukcji i niweletę.

Program sprężania należy zweryfikować w czasie naciągu pierwszego kabla danego rodzaju oraz po każdym kolejnych 20 kablach. W przypadku wystąpienia różnic w wartościach osiąganych sił sprężających należy na bieżąco wprowadzić korektę siły sprężającej. W przypadku powstania nieprawidłowości w procesie sprężania należy przerwać sprężanie kabli i po przeprowadzeniu obliczeń wprowadzić korektę siły sprężającej.

Naciąg kabli jest operacją niebezpieczną. W czasie naciągu kabli powinny być przestrzegane szczególne warunki bezpieczeństwa. Obsługa i eksploatacja nciągarek powinna się odbywać zgodnie z instrukcją obsługi. Stanowisko sprężania powinno być osłonięte dla ochrony pracujących przed ewentualną awarią. W przypadku stwierdzenia wycieków oleju z nciągarek hydraulicznych należy najpierw zwolnić ciśnienie i dopiero wtedy usuwać awarię.

Prawidłowość wykonania sprężania należy oceniać na podstawie wpisów w Dzienniku Sprężania.

Sprężanie konstrukcji należy wykonywać pod nadzorem autorskim Projektanta. Projekt technologiczny sprężania powinien być zatwierdzony przez Projektanta.

#### 5.2.4. Regulacja naciągu kabli

Po przeprowadzeniu kontroli siły naciągu wszystkich kabli należy przeprowadzić, jeżeli Dokumentacja Projektowa inaczej nie przewiduje regulację naciągu kabli.

Wykonawca winien po zakończeniu całości robót związanych ze sprężaniem przekazać Zamawiającemu Instrukcję eksploatacji, zatwierdzoną przez Inżyniera.

#### 5.2.5. Zabezpieczenie antykorozyjne kabli oraz iniekcja kanałów

Po naciągnięciu kabli należy wykonać iniekcję (wypełnienie) kanałów kablowych uwzględniając zalecenia producenta kabli. Iniekcję kabli należy wykonać bezpośrednio po wykonaniu naciągu celem niedopuszczenia do ich skorodowania.

Przed przystąpieniem do iniekcji należy opracować recepturę zaczynu iniekcyjnego spełniającego następujące wymagania:

- wytrzymałość na ściskanie  $R_7 \geq 20$  MPa,  $R_{28} \geq 30$  MPa
- pełna mrozoodporność po dwóch dniach
- sedymentacja nie przekraczająca 2% objętości
- konsystencja zapewniająca całkowite wypełnienie kanału na całej jego długości i przekroju

Należy utrzymać stosunek w/c na możliwie niskim poziomie, nie wyższym niż 0.40.

Proces iniekcji powinien prowadzić doświadczony wykonawca, a zespół wykonujący iniekcję powinien być przeszkolony i posiadać świadectwo upoważniające do wykonywania tego rodzaju prac.

Zawiesinę cementowo-wodną należy przygotować w mieszarce szybkoobrotowej. Czas mieszania powinien wynosić 5÷8 minut. Wytworzony zaczyn należy przelać przez sito o oczkach 2 mm i poddać ciągłemu powolnemu mieszaniu aż do czasu wtłoczenia. Tłoczenie zawiesiny powinno się odbywać pod ciśnieniem 4÷10 MPa. Wypełnianie kanałów należy rozpocząć od najniższego poziomu. Każdy kanał powinien być wypełniany bez przerw aż do końca. Wtłaczanie zaczynu należy dokonywać przez rurki iniekcyjne.

Tłoczenie powinno się odbywać powoli, równomiernie, bez przerw i nagłych zmian ciśnienia. W przypadku awaryjnym, przy częściowo wypełnionym kanale, gdy nie można usunąć usterki przez 15 minut, należy kanał przedmuchać powietrzem i przepłukać wodą, a po naprawieniu sprzętu przeprowadzić tłoczenie zaczynu od nowa.

Dokumentacja iniekcji w postaci dziennika tłoczenia, stanowiąca nieodłączną część dokumentacji wykonawczej budowy, powinna zgodnie z normą PN-S-10040:1999, zawierać następujące informacje:

- recepturę zaczynu,
- warunki stosowania (temperatura, wilgotność powietrza),
- dane o pogodzie w każdym dniu i dla każdego kabla,
- dane techniczne kabli (wymiary, opis trasy),
- orzeczenie o stanie kanału i jego przygotowaniu do tłoczenia,
- informacje o wyprzedzających badaniach zaczynu i decyzję o rozpoczęciu tłoczenia,
- dane o przebiegu tłoczenia,
- inne uwagi.

Wtłaczanie zaczynu można uznać za zakończone, jeżeli z przeciwległego końca kanału lub rurki iniekcyjnej z najwyższej położonej rurki odpowietrzającej wypływa czysty zaczyn o jednolitej konsystencji, a wtłoczona objętość zaczynu jest nie mniejsza od teoretycznej objętości wolnych przestrzeni w kanale.

## 6. Kontrola jakości robót

### 6.1 Ogólne zasady kontroli jakości robót

Ogólne zasady kontroli jakości robót podano w Specyfikacji D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne".

**Przed przystąpieniem do robót Wykonawca winien przedstawić Inżynierowi certyfikat zgodności z wymaganiami CE (lub B) oraz deklarację zgodności Producenta wyrobu.**

Należy zwrócić szczególną uwagę na badanie jakości zastosowanych materiałów oraz przestrzegania czasów poszczególnych etapów robót.

Kontroli podlega cały proces sprężania konstrukcji stalowej. Kontrolę prowadzonych robót należy przeprowadzać zgodnie z Projektem technologii sprężania, który powinien zawierać wymagania określone w PN-S-10040:1999 oraz w Aprobacie technicznej.

W trakcie sprężania należy prowadzić Dziennik sprężania zawierający:

- datę sprężania,
- stan pogody i temperaturę powietrza,
- nazwę i oznaczenie sprężanego elementu,
- gatunek użytej stali, liczbę drutów w kablu i numer sprężanego kabla,

- obliczenie teoretyczne wielkości wydłużenia,
- nazwę, rodzaj i numer prasy lub zestawu urządzeń naciągowych,
- pomierzone wielkości wydłużenia w chwili przeciągania i kotwienia,
- rodzaj urządzenia kotwiącego,
- uwagi specjalne dotyczące danych kabli.

Badania powinny dotyczyć:

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

Badania techniczne mają za zadanie sprawdzenie prawidłowości wykonania poszczególnych elementów systemu sprężania, jakości użytych materiałów oraz prawidłowości wykonania zabiegu sprężania i iniekcji, oraz zgodność z odpowiednimi normami.

## 6.2 Badanie materiałów i wyrobów

Badania materiałów i wyrobów przeprowadzone w zakładzie wytwarzającym w zasadzie decydują o odbiorze, jednakże zamawiający ma prawo zlecić przeprowadzenie badań w uprawnionym zakładzie badawczym.

### 6.2.1 Ciężna sprężające

Kontrola kabli przed wbudowaniem:

- sprawdzenie zgodności z wymaganiami normy PN-71/M-80236 lub Aprobata Techniczną
- sprawdzenie powierzchni kabli,
- sprawdzenie prostoliniowości kabli (czy nie są załamane, pokręcone),
- sprawdzenie wymiarów kabli (średnica drutów i lin, układ oraz łączenie drutów),
- próba przeciągania, polegająca na wywołaniu wstępnego naciągu kabli do siły o 10% większej od projektowanej i utrzymaniu jej przez 15 minut.

Dopuszczalne tolerancje wymiarowe usytuowania kabli  $\pm 5$  mm.

### 6.2.2 Zakotwienia, łączniki i armatura bloków oporowych

Zakres badań powinien obejmować :

- oględziny zewnętrzne - sprawdzenie nieuzbrojonym okiem, czy na powierzchni poszczególnych elementów nie ma rys, pęknięć itp,
- sprawdzenie wymiarów i kształtu (pomiaru za pomocą stalowych miarek, szablonów,
- kątowników, liniału) 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.

Do pomiaru wielkości geometrycznych należy stosować uniwersalne przyrządy pomiarowe: suwmiarki o dokładności pomiaru 0.1 mm i mikrometry o dokładności pomiaru 0.01 mm

### 6.2.3 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 Rysunkami,
- szczelność.

Badanie szczelności wykonywane jest na próbce zakorkowanej jednostronnie, ustawionej pionowo i napełnionej wodą na pełną wysokość. Ubytek wody w ciągu 5 min nie powinien przekroczyć 1.5%, to znaczy, że poziom wody nie powinien się obniżyć o więcej niż 16.5 mm

### 6.2.4 Materiały do iniekcji

Należy sprawdzić deklaracje zgodności dostarczone przez Producentów materiałów do iniekcji: cementu i domieszek lub gotowej mieszanki do iniekcji.

## 6.3 Badanie naciągarek

Stosowane naciągarki powinny być sprawne, sprawdzone na szczelność i wytrzymałość oraz mieć aktualne wyniki badań i cechowania (tablice zależności siły od ciśnienia).

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 jest ustalenie zależności wskazań siłomierza kontrolnego i manometru naciągarki. Są to wyniki cechowania czyli parametry użytkowe naciągarki w postaci określenia zależności siły naciągowej naciągarki od ciśnienia oleju w pompie.

## 6.4 Badania w czasie naciągu kabli i po sprężeniu

Kontrola w trakcie sprężania:

- pomiar wydłużeń lub naprężeń,
- pomiar bieżącej i efektywnej siły sprężającej,
- pomiar odkształceń konstrukcji,
- sprawdzenie stanu zakotwień.

Naciąg pierwszego kabla z każdej grupy (za grupę kabli należy uważać kable tego samego typu i o takim samym przebiegu trasy) musi być połączony z badaniem czyli weryfikacją strat doraźnych sprężania.

Weryfikowane są straty od:

- tarcia kabli w kanałach i na załamaniach tras,
- sprężystego odkształcenia konstrukcji,
- poślizgu kabli w urządzeniach kotwiących.

W czasie badania strat należy określić współczynnik 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.

Wyniki badań i dokumentację sprężania należy na bieżąco analizować i, gdy jest to niezbędne, wprowadzać odpowiednie korekty.

W czasie sprężania należy obserwować sprężaną konstrukcję, konstrukcje trasujące kable, a szczególnie bloki oporowe i zakotwienia.

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% sił projektowych należy wykonać obliczenie skutków niedopięcia konstrukcji. Jeżeli nie zagraża ono funkcji obiektu lub bezpieczeństwu, można obiekt dopuścić do eksploatacji. Jeśli zagraża, to należy dopięć konstrukcję przez naciąg dodatkowych kabli.

W przypadku przekroczenia sił sprężających o więcej niż 5% należy również przeprowadzić obliczenia i stosownie do ich wyników podjąć decyzję odnośnie ewentualnych zabiegów regulujących jego skutki.

Zmierzone wydłużenia kabli nie powinny się różnić od obliczonych o więcej niż 10%.

Jeżeli w sprężanej konstrukcji zostały zastosowane elementy nowe, wymagające sprawdzenia, lub w trakcie sprężania stwierdzone zostaną nieprawidłowości w zachowaniu się konstrukcji, to wówczas, po akceptacji przez Inżyniera, należy przeprowadzić specjalne badania. Badania te, prowadzone według specjalnie opracowanego programu badań, powinny w szczególności przewidzieć pomiary odkształceń, uszkodzeń (rys) i deformacji konstrukcji.

Dopuszczalne odchyłki w sile naciągu poszczególnych splotów zostaną podane w Projekcie technologii sprężania - programie naciągu, z uwzględnieniem zastosowanego systemu sprężania, użytego sprzętu oraz założonych współczynników strat.

Po upływie 24 godzin od chwili zakończenia sprężania należy powtórnie sprawdzić stan zakotwień i wielkość siły sprężającej.

### **6.5 Badanie iniektu cementowego**

Badania kontrolne zawiesiny cementowo-wodnej należy przeprowadzać w okresie wykonywania iniekcji kabli, ograniczając te badania do:

- badania wytrzymałości na ściskanie,
- badania sedymentacji,
- pomiaru konsystencji metodą rozpląwu.

### 6.5.2 Badanie sedymentacji

Zawiesinę zaczynu cementowego wlewa się do 3-ch cylindrów o objętości pomiarowej 250 cm<sup>3</sup> i szczelnie zakorkowuje. Odczyty objętości zawiesiny wykonuje się na podziałce po 1, 2 i 24 godz. od wymieszania i wypełnienia cylindrów. Wielkość sedymentacji oblicza się w procentach oddzielnie dla każdego terminu ze wzoru :

$$s = \frac{V_P - V_K}{V_P}$$

w którym:  $V_P$  = objętość początkowa,  
 $V_K$  = pomierzona objętość po 1, 2 i 24 godzinach.

### 6.5.1 Badania wytrzymałości na ściskanie

Badania wytrzymałości na ściskanie i obliczenie wyników wykonuje się według normy PN-EN 196-1 Metody badania cementu. Oznaczanie wytrzymałości.

Formy do wykonania beleczek w ilości 12 sztuk należy uszczelnić a następnie wypełnić zawiesiną zaczynu cementowego, zagęszczając przez uderzenie formą o podstawę stołu laboratoryjnego i po wyrównaniu przez wygładzenie, przykryć folią polietylenową. Po upływie jednej doby próbki podlegają rozformowaniu, z których 6 sztuk umieszcza się w wodzie o temperaturze + 18°C aż do terminu badania po 7 i 28 dniach dojrzewania. Wodę należy zmieniać co 7 dni. Pozostałe 6 próbek osłoniętych folią polietylenową należy przechowywać w warunkach wbudowania iniektu do czasu badania tj. po 7 i 28 dniach.

### 6.5.3. Pomiar konsystencji metodą rozplwy

Oznaczenie konsystencji wykonuje się w wiskozymetrze Sontharda. Wiskozymetr składa się z cylindra o średnicy 50 mm i wysokości 100 mm oraz płyty stalowej lub szklanej o średnicy zewnętrznej ok. 220 mm.

Do cylindra ustawionego centrycznie na płycie wlewa się zaczyn i po wyrównaniu z górną krawędzią podnosi się cylinder pionowo ku górze. Pomierzona w centymetrach średnica rozlanego zaczynu jest miarą konsystencji, która powinna wynosić nie mniej niż 10 cm.

## 7. Obmiar robót

Jednostka obmiaru jest 1 kg (kilogram) wbudowanych kabli sprężających. Przyjmuje się łączną długość kabli pomnożoną odpowiednio przez ich ciężar jednostkowy kg/m.

Nie uwzględnia się zwiększonej ilości materiału w wyniku stosowania przez Wykonawcę kabli o innych parametrach od wymaganych w Dokumentacji Projektowej.

Ogólne zasady obmiaru robót podano w D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne".

## 8. Odbiór robót

Ogólne zasady odbioru robót podano w D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne".

## 9. Podstawa płatności

Nie dotyczy



## 10. Przepisy związane

### 10.1.a. Polskie Normy

- PN-M-80236:1971 Liny do konstrukcji sprężonych.
- PN-S-10040:1999 Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Wymagania i badania.
- PN-S-10042:1991 Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Projektowanie.

### 10.1.b. Polskie Normy – oparte na EN, ISO

- PN-EN 445:1998 Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych. Metody badań.
- PN-EN 446:1998 Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych. Metody iniekcji.
- PN-EN 447:1998 Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych. Wymagania dotyczące zaczynu zwykłego.
- PN-EN 523:2004 Osłony kabli sprężających z taśm stalowych - Terminologia, wymagania, sterowanie jakością
- PN-EN 524-1:1999 Osłony kabli sprężających z taśm stalowych - Metody badań - Oznaczanie kształtu i wymiarów
- PN-EN ISO 15630-3:2004 Stal do zbrojenia i sprężania betonu - Metody badań - Część 3: Stal do sprężania

### 10.2. Pozostałe przepisy

Aprobata Techniczna

Instrukcja Producenta lin.

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.)