

M-12.02.01 **SPRĘŻENIE USTROJU NIOSĄCEGO OBIEKTU INŻYNIERSKIEGO**

1. **WSTĘP**

1.1 **Przedmiot SST**

Przedmiotem niniejszej Szczegółowej Specyfikacji Technicznej są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót związanych z wykonaniem zbrojenia sprężającego betonu konstrukcji w ramach realizacji zadania:

„Budowa obwodnicy Maciejowej w Jeleniej Górze - budowa południowej obwodnicy miasta”.

1.2 **Zakres stosowania SST**

Szczegółowa Specyfikacja Techniczna jest wykorzystywana przy sporządzaniu Szczegółowych Specyfikacji Technicznych w których występują roboty zbrojarskie.

1.3 **Zakres robót objętych SST**

Ustalenia zawarte w niniejszej specyfikacji dotyczą wykonania i odbioru robót związanych ze zbrojeniem sprężającym elementów ustroju nośnego obiektów mostowych i obejmują:

- opracowanie projektu technologicznego sprężania,
- wykonanie podłużnego sprężenia podłużnego konstrukcji belkowego ustroju niosącego.

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 Naciąg kabla - wprowadzanie siły do kabla w czasie sprężania konstrukcji
- 1.4.8 Montażowa siła sprężająca - siła występująca pod zakotwieniem kabla w czasie naciągu, bezpośrednio przed zakotwieniem kabla.
- 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 Przemieszczenie obiektu - zmiana położenia obiektu polegająca na przesunięciu, albo obrocie lub przesunięciu i obrocie, przy której wzajemne odległości wszystkich punktów obiektu nie ulegają zmianie.
- 1.4.12 Przęsło - część ustroju nośnego wraz z pomostem, znajdująca się między osiami sąsiednich podpór.
- 1.4.13 Punkty kontrolowane - punkty sieci kontrolnej zasygnalizowane na powierzchni obiektu, których położenie jest wyznaczane w celu wyznaczenia odkształceń i przemieszczeń tego obiektu.
- 1.4.14 Punkty odniesienia - punkty sieci kontrolnej umożliwiające wyznaczenie przemieszczeń punktów kontrolowanych w układzie odniesienia oraz wyznaczające położenie tego układu.
- 1.4.15 Reper - zasadniczy element znaku wysokościowego lub samodzielny znak wysokościowy (np. reper ścienny) wykonany najczęściej z metalu i mający jednoznacznie określony charakterystyczny punkt, którego wysokość wyznaczona.
- 1.4.16 Stal sprężająca - pręty ze stali dużej wytrzymałości w postaci kabli, splotu lub lin, wprowadzające do konstrukcji siły niezależne od czynników zewnętrznych
- 1.4.17 Stanowisko pomiarowo-kontrolne - miejsce przeznaczone do wykonania okresowych pomiarów służących do wyznaczania odkształceń lub przemieszczeń, zaopatrzone w urządzenie ustawcze przyrządu mierniczego lub zainstalowany na stałe przyrząd mierniczy.

- 1.4.18** Straty doraźne siły sprężającej - straty siły sprężającej występujące w procesie sprężania zależne od: sprężanej konstrukcji, przyjętego systemu sprężania i technologii sprężania
- 1.4.19** Straty reologiczne siły sprężającej - opóźnione straty siły sprężającej występujące wskutek pełzania betonu, skurczu betonu i relaksacji stali sprężającej.
- 1.4.20** Trwała siła sprężająca - siła sprężająca, która powinna występować w konstrukcji w czasie eksploatacji. Siła ta wynika z obliczeń konstrukcji w stanie użytkowym.
- 1.4.21** Weryfikacja strat doraźnych - badanie rzeczywistych strat doraźnych siły sprężającej i porównywanie ich ze stratami obliczonymi.
- 1.4.22** 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.
- 1.4.23** 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).
- 1.4.24** Zakotwienie czynne - zakotwienie położone od strony wprowadzenia przez naciągarkę siły naciągu do kabla.

Pozostałe określenia podstawowe są zgodne z obowiązującymi, odpowiednimi Polskimi Normami i z definicjami podanymi w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 1.4.

1.5 Ogólne wymagania dotyczące robót

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

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

2. MATERIAŁY

2.1 Ogólne wymagania dotyczące materiałów

Ogólne wymagania dotyczące materiałów podano w OST D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 2.

2.2 Kable sprężające

Stosować kable spełniające wymagania PN-71/M-80236 lub posiadające Aprobata Techniczną.

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

- minimalne wydłużenie liny – $A_{min} = 2 \%$
- moduł sprężystości podłużnej $E_{v_min} = 180 \text{ GPa}$
- relaksacja naprężeń
- dla lin z drutów o niskiej relaksacji $R_{nt} \leq 2,5 \%$
- dla lin z drutów o normalnej relaksacji $R_{nt} \leq 7,5 \%$

Kable dostarczone na budowę powinny być zaopatrzone w atest wytwórcy zawierający:

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

Stosowanie innych odmian i klas stali sprężającej jak również rodzajów kabli ni 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 0,83.

Inżynier wybierze typ kabli odpowiadający wymaganiom Dokumentacji Projektowej. Przyjęty system sprężania i technologię sprężania należy uzgodnić z Projektantem.

2.3 Rury osłonowe i trójniki iniekcyjne

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

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

2.4 Konstrukcje trasujące kable

Konstrukcje 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
- na prętach karbowanych rurki ze stali St3S
- inne podparcia (pręty i płaskowniki), zgodnie z rysunkami.

2.5 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. Równie 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 $+0,5$ mm. Zakotwienie kabla musi zapewnić utrzymanie projektowej siły z dokładnością do 5%. Wszystkie elementy zakotwień muszą posiadać Certyfikat Producenta.

Urządzenia blokujące zostaną dostarczone przez producenta kabli i powinny być zaopatrzone w dokumenty zawierające następujące dane:

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

Do sprężenia konstrukcji są stosowane następujące typy zakotwień:

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

2.6 Armatura bloków oporowych

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 Certyfikat lub Atest Producenta.

2.7 Łączniki

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

2.8 Materiały do iniekcji kanałów kablowych.

Do iniekcji kanałów kablowych stosować firmowe mieszanki dostarczone lub zalecane przez Producenta kabli lub mieszanki na bazie cementu portlandzkiego wykonane na podstawie indywidualnie zaprojektowanych receptur.

2.8.1 Cement

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

2.8.2 Woda

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

2.8.3 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.

3. SPRZĘT

3.1 Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w OST D-M-00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 3.

3.2 Sprzęt do wykonania robót

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. Kontrolę 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÷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 naciagowy 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. Zawieszinę cementowo-wodną należy przygotować w mieszarce szybkoobrotowej.

4. TRANSPORT

4.1 Ogólne wymagania dotyczące transportu

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w OST D-M-00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 4.

4.2 Wymagania szczegółowe

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 OST D-M-00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 5.

5.2 Szczegółowy zakres robót przy sprężeniu konstrukcji

Sprężanie konstrukcji może prowadzić Wykonawca posiadający doświadczenie w sprężaniu konstrukcji betonowych.

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 sprężania kabli oraz Instrukcję eksploatacji kabla. Program sprężania należy opracować na podstawie Dokumentacji Projektowej, z uwzględnieniem założonego poziomu siły trwałej, warunków pracy konstrukcji w stanach montażowych, założonej techniki wznoszenia obiektu oraz harmonogramu robót. Program sprężania musi spełniać wymagania zawarte w PN-S-10040:1999.

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. Prawidłowość 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:

- minimalne dopuszczalne siły w kablach (dopuszczalne straty siły naciągu), .

5.2.2 Przycięcie i przygotowanie kabli

Po przywiezieniu kabli na plac budowy należy sprawdzić ich ilość. Dla kabli linowych pierwszą czynnością jest rozwinięcie liny z kręgu lub z bębna. 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 armatury bloków oporowych, konstrukcji trasujących kable, rur osłonowych i trójników

Rury osłonowe kabli należy tak unieruchomić w formie, żeby nie mogły zmieniać swego położenia w czasie betonowania. Szczególną uwagę należy zwrócić na szczelność kanałów kablowych. Płaszczyzny zakotwień kabli powinny być prostopadłe do osi kabli. Montaż trójników iniekcyjnych w ciągu rur osłonowych wymaga zwrócenia szczególnej uwagi na uszczelnienie połączenia rury z trójnikiem. W przypadku obiektów betonowanych odcinkami należy zabezpieczyć osłonki na stykach segmentów przed zabetonowaniem.

5.2.4 Montaż kabli

Kable należy wciągnąć (ułożyć) w kanały kablone (osłonki). Przed wprowadzeniem kabli do kanałów stali sprężającej należy sprawdzić ich drożność. Po ułożeniu kable należy wstępnie naciągnąć.

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.

5.2.5 Naciąg kabli

Sprężanie kabli można przeprowadzić po zaakceptowaniu przez Inżyniera Programu 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. W Dokumentacji Projektowej założono straty w wysokości 20÷30% wartości siły początkowej.

Wielkości strat oraz początkowych sił sprężających należy określić po wybraniu typu kabli oraz systemu sprężania. Kolejność naciągania kabli i sposób kotwienia zgodne z ww. Programem sprężania. 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 protokolowany. 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 naciągarek powinna się odbywać zgodnie z instrukcją obsługi. Stanowisko sprężania powinno być osłonięte dla ochrony pracujących przed ewentualną awarią. W przypadku stwierdzenia wycieków oleju z naciągarek hydraulicznych należy najpierw zwolnić ciśnienie i dopiero wtedy usuwać awarię. Prawdliwość wykonania sprężania należy oceniać na podstawie wpisów w Dzienniku Sprężania.

5.2.6 Regulacja naciągu kabli

Po przeprowadzeniu kontroli siły naciągu wszystkich kabli należy przeprowadzić regulację naciągu kabli.

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

5.2.7 Iniekcja kanałów

Po naciągnięciu kabli należy wykonać iniekcję (wypełnienie) kanałów kablowych uwzględniając zalecenia producenta kabli.

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

- wytrzymałość na ściskanie $R_7 \geq 20 \text{ MPa}$, $R_{28} \geq 30 \text{ MPa}$
- 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 do wykonywania tego rodzaju prac.

Zawieszinę 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, a do czasu wtłoczenia. Tłoczenie zawiesziny 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 być zgodna z normą PN-S-10040:1999.

Wtłaczanie zaczynu można uznać za zakończone, jeżeli z przeciwległego końca kanału lub rurki iniekcyjnej z najwyższej poło onej rurki odpowietrzającej wypływa czysty zaczyn o jednolitej konsystencji, a wtłoczona objętość zaczynu jest nie mniejsza od teoretycznej objętości wolnych przestrzeni w kanale. Iniekcję kabli należy wykonać bezpośrednio po wykonaniu naciągu celem niedopuszczenia do ich skorodowania.

6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

6.1 Ogólne zasady kontroli jakości robót

Ogólne zasady kontroli jakości robót podano w OST D-M-00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 6.

Należy zwrócić szczególną uwagę na badanie jakości zastosowanych materiałów oraz przestrzegania czasów poszczególnych etapów robót od momentu wykonania mieszanki betonowej do jej wbudowania i zagęszczenia.

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

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.

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

6.2.1 Ciężna sprężające

Kontrola kabli przed wbudowaniem:

- sprawdzenie zgodności z wymaganiami niniejszej ST
- 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 10% większej od projektowanej i utrzymaniu jej przez 15 minut.

Dopuszczalne tolerancje wymiarowe usytuowania kabli ± 10 mm.

6.2.2 Zakotwienia, łączniki i armatura bloków oporowych

Zakres sprawdzenia 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.

6.2.3 Rury osłonowe

Sprawdzić należy zgodność oznakowania materiałów z dokumentami dostawy.

6.2.4 Materiały do iniektu

Kontrola materiałów jak w SST M-13.01.00 Beton konstrukcyjny.

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

6.4.1 Badanie iniektu cementowego

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

- 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 a 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.

7. OBMIAR ROBÓT

7.1 Ogólne zasady obmiaru robót

Ogólne zasady obmiaru robót podano w OST D-M-00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 7.

8. ODBIÓR ROBÓT

8.1 Ogólne zasady odbioru robót

Ogólne zasady odbioru robót podano w OST D-M-00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 8.

8.2 Szczegółowe zasady odbioru robót

Odbiorom częściowym 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,
- rozstaw podparć i zwis cięgien,
- szczelność kanałów kablowych i ich stabilizacja,
- prostopadłość i pewność zamocowania elementów kotwiących w stosunku do osi cięgien,
- rozmieszczenie rurek iniekcyjnych i odpowietrzających.

Odbiory częściowe podlegają wpisom do Dziennika Budowy. Zabetonowanie segmentu z zamontowanym sprężeniem dopuszcza się po pisemnym zezwoleniu Inżyniera w Dzienniku Budowy.

Odbiór końcowy całości robót winien być potwierdzony spisaniem protokołu odbioru. Do protokołu należy załączyć Dzienniki Sprężenia i Dzienniki Tłoczenia, a także protokoły oględzin.

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

9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

9.1 Ogólne zasady dotyczące płatności

Ogólne zasady dotyczące płatności podano w OST D-M-00.00.0 "Wymagania ogólne" pkt 9.

9.2 Kwota ryczałtowa

Kwota ryczałtowa obejmuje:

- opracowanie Projektu Technologii i Organizacji Robót oraz Programu Zapewnienia Jakości,
- wykonanie wszystkich elementów wynikających z opracowań wykonawcy,
- koszt zapewnienia niezbędnych czynników produkcji - zakup i dostarczenie na miejsce wbudowania materiału,
- przycięcie i przygotowanie kabli,
- montaż armatury bloków oporowych, konstrukcji trasujących kable, rur osłonowych i trójników,
- montaż zbrojenia sprężającego zgodnie z dokumentacją projektową i niniejszą Specyfikacją,
- zastosowanie materiałów pomocniczych koniecznych do prawidłowego wykonania robót lub wynikających z przyjętej technologii robót,
- wykonanie sprężenia kabli,
- wykonanie niezbędnych badań, pomiarów i sprawdzeń,
- wykonania niezbędnych rusztowań i pomostów wraz z ich rozbiórką,
- ceny uwzględniają również odpady i ubytki materiałowe,

- uporządkowanie miejsca pracy,
- inne roboty składające się na kompletne wykonanie zakresu robót przewidzianego w niniejszej Specyfikacji.

10. PRZEPISY ZWIĄZANE

PN-S-10040:1999	Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Wymagania i badania.
PN-91/S-10042	Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Projektowanie.
PN-88/B-06250	Beton zwykły
PN-B-06251	Roboty betonowe i żelbetowe. Wymagania techniczne.
PN-71/M-80236	Liny do konstrukcji sprężonych.
PN-EN 197-1:2002	Cement -- Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku.
PN-EN 1008	Woda zarobowa do betonu -- Specyfikacja pobierania próbek, badanie i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu.
PN-EN 206-1:2003	Beton. Część 1: Wymagania właściwości, produkcja i zgodność.
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	Oslony kabli sprężających z taśm stalowych - Terminologia, wymagania, sterowanie jakością
PN-EN 524-1:1999	Oslony kabli sprężających z taśm stalowych - Metody badań - Oznaczanie kształtu i wymiarów
PN-EN 524-2:1999	Oslony kabli sprężających z taśm stalowych - Metody badań - Oznaczanie zachowania podczas zginania
PN-EN 524-3:1999	Oslony kabli sprężających z taśm stalowych - Metody badań - Badania na przeginięcie
PN-EN 524-4:1999	Oslony kabli sprężających z taśm stalowych - Metody badań - Oznaczanie odporności na obciążenie boczne.
PN-EN 524-5:1999	Oslony kabli sprężających z taśm stalowych - Metody badań Oznaczanie odporności na rozciąganie
PN-EN 524-6:1999	Oslony kabli sprężających z taśm stalowych - Metody badań - Oznaczanie szczelności (Oznaczanie strat wody)
PN-EN ISO 15630-3:2004	Stal do zbrojenia i sprężania betonu - Metody badań - Część 3: Stal do sprężania
BN-76/8935-02	Konstrukcje betonowych mostów sprężonych. Wymagania dotyczące naciągu cięgien.