

**D-02.04.01 WZMOCNIENIE PODŁOŻA GRUNTOWEGO Z ZASTOSOWANIEM KOLUMN
PRZEMIESZCZENIOWYCH CMC / MSC****1. WSTĘP****1.1. Przedmiot SST**

Przedmiotem niniejszej Specyfikacji Technicznej (SST) są wymagania szczegółowe dotyczące wykonania i odbioru robót związanych z ze wzmocnieniem podłoża gruntowego z zastosowaniem kolumn przemieszczeniowych CMC oraz kolumn przemieszczeniowych MSC w ramach zadania II oraz zadania III w ciągu realizacji dróg dojazdowych oraz sieci Stadionu Miejskiego w Lublinie.

1.2. Zakres stosowania SST

Specyfikacja Techniczna jest stosowana jako dokument przetargowy i kontraktowy przy zleceniu i realizacji robót wymienionych w punkcie 1.1.

1.3. Zakres robót objętych SST

Ustalenia zawarte w niniejszej SST określają wymagania dla wzmocnienia podłoża gruntowego poprzez wykonanie przemieszczeniowych kolumn CMC/ MSC. Zakres robót objętych specyfikacją może zostać zweryfikowany na podstawie wyników badań podłoża gruntowego po ich analizie przez projektanta wzmocnienia podłoża i inżyniera.

1.4. Określenia podstawowe

1.4.1. Kolumny CMC - Pionowe kolumny z iniektu lub betonu o małym module sprężystości, formowane metodą świdra przemieszczeniowego. Rozstaw kolumn oraz średnica zgodne z dokumentacją projektową.

1.4.2. Kolumny MSC - Pionowe kolumny z iniektu lub betonu o stosunkowo małym module sprężystości, formowane metodą vibracji pionowych. Rozstaw kolumn oraz średnica zgodne z dokumentacją projektową.

1.4.3. Platforma robocza - Warstwa zagęszczonego gruntu, uformowana w celu umożliwienia ruchu ciężkiego sprzętu stanowiąca jednocześnie dolną część formowanego nasypu drogowego.

1.4.4. Pozostałe określenia podstawowe są zgodne z obowiązującymi, odpowiednimi polskimi normami i z definicjami podanymi w SST D-02.00.01 "Roboty ziemne. Wymagania ogólne" oraz SST D-M-00.00.00 "Wymagania ogólne".

1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót

Ogólne wymagania dotyczące robót ziemnych podano w SST D-M-00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 1.5.

2. MATERIAŁY**2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów**

Ogólne wymagania dotyczące materiałów, ich pozyskiwania i składowania, podano w SST D-M-00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 2.

2.2. Materiały do wykonania platformy roboczej

W przypadku, gdy istniejący nasyp drogowy nie pozwoli na stabilne poruszanie się sprzętu konieczne będzie wykonanie platformy roboczej z materiału z dowozu.

Warstwy platformy roboczej należy powierzchniowo zagęścić walcami wibracyjnymi. Materiał zastosowany do wykonania platform roboczych powinien spełniać wymagania dla materiału przeznaczonego do budowy dolnych warstw nasypów.

Platformę należy wykonać z materiału przydatnego do stabilizacji o minimalnej wytrzymałości $R_m = 5,0$ MPa (kruszywo naturalne tj. piasek, pospółka) w zakresie wymaganym projektem.

Minimalny wtórny moduł odkształcenia mierzony płytą VSS na górze platformy roboczej powinien wynosić $E_{v2} > 60$ MPa. Minimalny wskaźnik zagęszczenia $I_s = 0,97$. Maksymalna dopuszczalna zawartość cząstek pylastych materiału platformy roboczej wynosi 5,0%. Miąższość platformy roboczej powinna wynosić ok. 1,0m.

2.3. Materiał do wykonania kolumn CMC /MSC

Kolumny CMC oraz kolumny MSC są przestrzennymi elementami wzmocnienia podłoża. Do wykonania kolumn należy stosować beton klasy C12/15 na kruszywie naturalnym do 8 mm, o konsystencji S3/S4.

Dopuszcza się wykonywanie medium do wykonania kolumn na placu budowy w specjalnie do tego celu wykonanym węźle, jeżeli wykonany beton będzie spełniał wymagania jakościowe.

2.4. Materiał do wykonania zbrojenia kolumn CMC/ MSC

W przypadku potrzeby zbrojenia kolumn, należy zastosować kształtowniki stalowe walcowane typu IPE lub HEB. Rodzaj kształtownika, jego przekrój i długość powinny być zgodne z Projektem Wykonawczym.

2.5. Materiał do wykonywania warstwy transmisyjnej

Do wykonania warstwy transmisyjnej należy użyć gruntu niespoistego spełniającego następujące wymagania:

- wskaźnik różnoziarnistości $U > 3$
- zawartość cząstek ilastych i pylastych (0,075mm) $< 5\%$
- wtórny moduł odkształcenia badany płytą VSS $E_{v2} > 60$ MPa
- wskaźnik zagęszczenia $I_s > 0,97$
- minimalny kąt tarcia wewnętrznego materiału warstwy transmisyjnej $\phi > 34^\circ$.

Jako materiał warstwy transmisyjnej należy stosować kruszywo łamane lub naturalne o frakcji 0-31,5 mm. Warstwę transmisyjną stabilizowaną cementem zaleca się wykonać z kruszywa naturalnego frakcji 0-31,5mm.

Materiał warstwy transmisyjnej powinien spełniać wymagania materiału docelowego nasypu drogowego według normy PN-S-02205:1998.

Grunt do wykonania zasypu konstrukcji murów oporowych powinien spełniać warunki podane w SST D-02.03.01 „Wykonanie nasypów” pkt 2.2.

2.6. Geosyntetyki

Dla nasypów o wysokości przekraczającej 1,5m należy w poziomie warstwy transmisyjnej ułożyć dwie warstwy zbrojenia geosyntetycznego. Zasadnicze wymagania dla zbrojenia to minimalna sztywność jednej warstwy geosyntetyku w kierunku prostopadłym do osi nasypu $EA = 5\,000$ kN/m (maksymalne odkształcenie przy sile 200kN – $\epsilon = 4\%$). Minimalna obliczeniowa wytrzymałość długoterminowa jednej warstwy geosyntetyku w kierunku prostopadłym do osi nasypu 200kN/m. Minimalna obliczeniowa wytrzymałość długoterminowa jednej warstwy geosyntetyku w kierunku równoległym do osi nasypu 70kN/m. W przypadku zmiany rozstawu lub średnicy kolumn należy zweryfikować czy w/w parametry zbrojenia geosyntetycznego są wystarczające. Przy spełnieniu wyżej określonych parametrów minimalnych zbrojenia geosyntetycznego (tj. sztywność, wytrzymałość długoterminowa, odkształcenie), dopuszcza się zastosowanie dowolnego typu geosyntetyku w dowolnym układzie warstw pod warunkiem zamieszczenia projektu warstwy transmisyjnej wraz z obliczeniami układu kolumny-materac w projekcie technologicznym wzmocnienia podłoża. Projekt warstwy transmisyjnej musi uzyskać akceptację Projektanta Wzmocnienia Podłoża.

Do wykonania zbrojenia warstwy transmisyjnej należy użyć materiałów posiadających odpowiednie aprobaty oraz wytyczne. Producent/ dostawca dostarczy odpowiednie dokumenty, potwierdzające, że wytrzymałość długoterminowa użytego wyrobu ustalona na podstawie współczynników materiałowych jest większa od wartości wyszczególnionych w niniejszej specyfikacji.

Parametry zbrojenia warstwy transmisyjnej należy zwymiarować na czas eksploatacji konstrukcji $t=120$ lat.

3. SPRZĘT

3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

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

3.2. Sprzęt do wykonania kolumn CMC/ MSC

Wymagania dotyczące sprzętu do wykonania kolumn CMC/ MSC:

- możliwość wykonania kolumn o średnicy 250 – 400 mm wg projektu wykonawczego
- możliwość wykonania kolumn o długości do 12 m - wg projektu wykonawczego
- w przypadku kolumn CMC automatyczna rejestracja wykonania kolumny, która obejmuje podstawowe parametry produkcyjne takie jak:
 - numer kolumny,
 - datę i godzinę rozpoczęcia wykonywania kolumny,
 - ciągły zapis zagłębienia i prędkości penetracji oraz oporów pogrążania,
 - parametry betonowania, w tym ciśnienie mieszanki betonowej oraz objętość wbudowanego iniektu.
 - czas wykonania.

Rejestrowane parametry muszą pozwalać na bieżące śledzenie dokładności wykonywanych robót i formowanego trzonu kolumny.

W przypadku kolumn MSC dopuszcza się dostarczanie metryk wykonanych ręcznie na podstawie parametru długości oraz objętości użytego betonu.

Sprzęt do wykonania kolumn CMC oraz MSC musi zostać zaakceptowany przez Inżyniera.

4. TRANSPORT

4.1. Ogólne wymagania dotyczące transportu

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w SST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 4.

4.2. Transport betonu

Mieszanka na plac budowy powinna być transportowana za pomocą betonowozów o maksymalnej pojemności 11 m³. Rozładunek mieszanki następował będzie za pomocą pomp umożliwiających pompowanie mieszanki na wysokość 15 m i odległość 50m. Mieszanka betonowa nie może ulegać rozsegregowaniu w trakcie transportu.

W przypadku wytwarzania iniektu na placu budowy dopuszcza się transport mieszanki za pomocą specjalistycznych pomp oraz przewodów przystosowanych do pompowania substancji o dużej gęstości i wysokim współczynniku tarcia. Prędkość oraz odległość pompowania należy dostosować tak by parametry mieszanki na wyjściu z pompy (konsystencja) nie odbiegały parametrom wymaganym.

4.3. Transport geosiatek

Geosyntetyki powinny być dostarczane w rolkach nawiniętych na tuleje lub rury. Wymiary (szerokość, długość) mogą być standardowe lub dostosowane do indywidualnych zamówień. Rolki powinny być opakowane w wodoszczelną folię, stabilizowaną przeciw działaniu promieniowania UV i zabezpieczone przed rozwinieniem. Warunki składowania nie powinny wpływać na właściwości geosyntetyków. Podczas przechowywania należy chronić materiały, zwłaszcza przed zawilgoceniem, zabrudzeniem, jak również przed długotrwałym (np. paratygodniowym) działaniem promieni słonecznych. Materiały należy przechowywać wyłącznie w rolkach opakowanych fabrycznie, ułożonych poziomo na wyrównanym podłożu. Nie należy układać na nich żadnych obciążeń. Opakowania nie należy zdejmować aż do momentu wbudowania. Podczas ładowania,

rozładowywania i składowania należy zabezpieczyć rolki przed uszkodzeniami mechanicznymi lub chemicznymi oraz przed działaniem wysokich temperatur.

Geosyntetyki mogą być transportowane dowolnymi środkami transportu, pod warunkiem:

- opakowania bel (rolek) folią, brezentem lub tkaniną techniczną,
- zabezpieczenia opakowanych bel przed przemieszczaniem się w czasie przewozu,
- ochrony przed zawilgoceniem i nadmiernym ogrzaniem,
- niedopuszczenia do kontaktu bel z chemikaliami, tłuszczami oraz przedmiotami mogącymi przebić lub rozciąć geotkaniny.

4.4. Transport cementu do wykonania stabilizacji

Transport cementu powinien odbywać się z zastosowaniem cementowozów. W czasie transportu i przeładunku cement nie może ulec zawilgoceniu.

5. WYKONANIE ROBÓT

5.1. Ogólne zasady wykonania robót

Ogólne zasady wykonania robót podano w SST D-M-00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 5.

5.2. Wymagania projektowe

Wzmocnienie podłoża należy wykonać wg „Projektu Wykonawczego Wzmocnienia Podłoża w Technologii Kolumn CMC/MS – Drogi Dojazdowe do Stadionu Miejskiego w Lublinie - zadanie II” oraz „Projektu Wykonawczego Wzmocnienia Podłoża w Technologii Kolumn CMC/MS – Drogi Dojazdowe do Stadionu Miejskiego w Lublinie – zadanie III”.

Projekt wykonawczy powinien zawierać:

- Zakres wykonania kolumn CMC/MS
- Plan rozmieszczenia kolumn CMC/MS
- Szczegółową technologię wykonania kolumn typu CMC/MS
- Warunki kontroli wykonawstwa.

Wykonawca robót wzmocnienia podłoża przed wejściem na plac zobowiązany jest do wykonania sprawdzających badań gruntowych za pomocą sondowań statycznych (CPT lub DMT) lub innych badań. Badania umożliwią sprawdzenie założeń projektowych lub ich ewentualną weryfikację. Następnie Wykonawca wykona projekt technologiczny wzmocnienia podłoża z uwzględnieniem długości i rozstawów kolumn, który podlega akceptacji Projektanta i Inżyniera.

Wykonany projekt technologiczny powinien zawierać obliczenia wraz z parametrami gruntowymi przyjętymi do obliczeń. Obliczenia muszą jednoznacznie wykazać, iż zostanie spełniony warunek nośności i użyteczności wzmocnionego podłoża obiektu oraz, że w okresie gwarancyjnym osiadania podłoża nie przekroczą wartości dopuszczalnych określonych w Rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999r. Projekt technologiczny powinien zawierać:

- szczegółowe obliczenia sprawdzające następujących elementów
 - określenie szczegółowych rozstawów i długości kolumn
 - sprawdzenie parametrów warstwy dystrybucyjnej przy wyznaczonym rozstawie kolumn.
 - sprawdzenie stanów granicznych konstrukcji
 - sprawdzenie naprężeń występujących w trzonie kolumny
- rzut obszaru przeznaczanego do wzmocnienia podłoża z wrysowanymi kolumnami.
- harmonogram prac

Projekt Technologiczny musi zostać zaakceptowany przez Projektanta Wzmocnienia Podłoża.

5.3. Roboty przygotowawcze

Przed rozpoczęciem robót wzmocnienia podłoża gruntowego, należy na powierzchni podstawy nasypów zakończyć roboty przygotowawcze określone w Dokumentacji Projektowej oraz w **SST D-01.00.00 „Roboty przygotowawcze”**.

5.3.1. Poziom roboczy

Przed przystąpieniem do prac związanych ze wzmocnieniem podłoża należy wykonać oczyszczenie terenu. Przed wykonaniem platformy roboczej należy odpowiednio przygotować podłoże. Wysoką roślinność należy wyciąć i usunąć. Należy usunąć warstwę gleby urodzajnej wraz z systemem korzeniowym. Poziom platform roboczych na poszczególnych odcinkach powinien być zgodny z zaprojektowanymi rzędnymi wysokościowymi platform zawartych w projekcie technologicznym dla poszczególnych odcinków.

5.3.2. Platforma robocza

Przed wykonaniem robót wzmocnienia podłoża na całym terenie musi zostać wykonana platforma robocza pozwalająca na swobodne poruszanie się sprzętu przez cały okres trwania prac. Na poziomie roboczym grubość platformy roboczej zostanie zdefiniowana przez aktualne warunki gruntowo wodne. Grubość platformy roboczej zostanie określona przez Inżyniera po konsultacji z kierownikiem robót geotechnicznych. W każdych warunkach pogodowych platforma musi zapewniać ciągłą i bezpieczną pracę ciężkiego sprzętu, w tym maszyn gasienicowych o masie do 80 ton.

5.3.3. Miejsce składowania materiałów i drogi serwisowe

Na terenie prac zostanie wykonana uprzednio sieć dróg serwisowych i przygotowane miejsca do postoju betonowozów w odległościach nie większych niż 20 m od miejsca formowania kolumn.

5.4. Technologia i kolejność robót związanych z wykonaniem wzmocnienia podłoża w technologii kolumn CMC/MS

- Przygotowanie terenu (usunięcie przeszkód, wykarczowanie krzewów, itp.)
- Usunięcie humusu na odpowiednią głębokość zgodnie z lokalnymi warunkami.
- Wykonanie warstwy platformy roboczej o niezbędnej grubości. Platformę roboczą, dla technologii kolumn CMC/MS, należy wykonać bezpośrednio po zdjęciu gleby urodzajnej.
- Zapewnienie odwodnienia powierzchniowego platformy roboczej, poprzez odprowadzenie wód do systemu melioracyjnego. Drożność rowów melioracyjnych musi zostać utrzymana w celu odprowadzenia wód powierzchniowych z platformy roboczej.
- Wykonanie kolumn CMC/MS. Kolumny CMC/MS wykonywane będą kolejno na poszczególnych strefach zgodnie z harmonogramem robót.
- Ułożenie na głowicach kolumn warstwy ochronnej stanowiącej docelowo część warstwy transmisyjnej- w celu uchronienia głowic kolumn przed zniszczeniem (o grubości min. 20cm). Ponowne prowadzenie robót na obszarze kolumn CMC/MS może nastąpić po minimalnym czasie 7 dni od wykonania kolumn, pod warunkiem iż sprzęt ciężki poruszać się będzie po poziomie roboczym znajdujący się min 0,2 m nad głowicami kolumn.
- Ułożenie warstw docelowych warstwy transmisyjnej – według projektu wykonawczego/technologicznego.
- Wykonanie nasypu do odpowiedniej rzędnej zgodnie z wymaganiami specyfikacji drogowej. Nasyp drogowy należy układać warstwami o grubości do 50cm. Na kolumnach nie dopuszcza się do wykonywania wykopów ani nasypów o wysokości przekraczającej 50cm. Nie dopuszcza się do jednostronnego przegłębiania kolumn.

5.5. Ogólne zasady technologii wykonania kolumn betonowych typu CMC/MS

Zasada wzmocnienia podłoża kolumnami CMC/MS polega na stworzeniu kompozytu gruntu i podatnych kolumn. Do wykonywania kolumn CMC/MS stosowany jest odpowiednio zaprojektowany ospręt, który rozpychając istniejący grunt tworzy przestrzeń, w której zostaje wykonana kolumna. Precyzyjne wykonanie otworu zapewnia maksymalną wartość tarcia na pobocznicach kolumn CMC/MS. Kiedy świder wykonujący otwór osiągnie wymaganą głębokość, rozpoczyna się pompowanie mieszanki iniektu pod dużym ciśnieniem przez otwór umieszczony w rdzeniu rury. Zakończenie procesu formowania kolumny następuje w chwili zaobserwowania na urządzeniu

rejestrującym wyraźnego wzrostu oporu pograżania, co sygnalizuje osiągnięcie przez osprzęt drążący warstwy gruntu o większej nośności. Średnie zagłębienie kolumny w warstwie gruntu o większej nośności wynosi 1,0m. Iniektowanie kolumny wykonywane jest równoległe z podciąganiem rury. Dzięki takiej technologii kolumna wykonywana jest precyzyjnie zgodnie z założeniami projektowymi. Wyeliminowane zostaje niebezpieczeństwo uszkodzenia ścian otworu podczas procesu wykonywania kolumny. Nie dochodzi do mieszania się gruntu z podawaną mieszanką betonową.

5.6. Ogólne zasady wykonania warstwy transmisyjnej

Po wykonaniu wgłębnego wzmocnienia podłoża za pomocą kolumn CMC/MSC, należy przygotować podłoże pod ułożenie warstwy transmisyjnej. Wykonaną uprzednio platformę roboczą należy wyprofilować do wymaganej rzędnej dbając o usunięcie wszelkich ostrych elementów (np. zbrojenia wystającego z kolumn). Na wyprofilowanym podłożu, jeżeli jest to wymagana w projekcie wykonawczym należy ułożyć warstwę geotkaniny/geowłókniny ochronnej (separacyjnej) a następnie ułożyć warstwę kruszywa o grubości co najmniej 20cm. W lokalizacjach wymaganych należy rozłożyć geotekstyla, w taki sposób by zapewnić jego naciąg i zakotwienie zgodnie z zaleceniami producenta lub dostawcy. Geosyntetyki należy układać w odpowiednim kierunku zachowując wymagany zakład pas na pas minimum 50cm oraz wytyczne specyfikacji i deklaracji wbudowanego materiału. Na warstwie geosyntetyku, należy ułożyć kruszywo o grubości dostosowanej do rodzaju materiału zasypowego oraz rodzaju geosyntetyku. Kruszywo należy układać w kierunku przeciwnym do ułożenia pasów geosyntetyku w taki sposób, by nie powodował wypychania materiału pomiędzy poszczególne bryty i ich przesuwanie. Nie dopuszcza się poruszania sprzętem mechanicznym ani zagęszczającym bezpośrednio po geosyntetykach przed ułożeniem na nim warstwy z kruszywa. Materiał zasypowy należy zagęścić mechanicznie do parametrów wymaganych według projektu wykonawczego.

5.7. Odcinek próbny

Na początku robót Wykonawca powinien wykonać odcinek próbny w celu wykazania, że zastosowany sprzęt jest właściwy pod względem technicznym i technologicznym, w szczególności wykazać:

- potwierdzenie uzyskania założonej średnicy kolumn,
- zademonstrować działanie systemu automatycznej rejestracji wykonania kolumny,
- potwierdzenie zakładanej wydajności robót,
- wstępne określenie rzeczywistego zużycia mieszanki betonowej.

Na odcinku próbnym Wykonawca powinien użyć takich samych materiałów oraz sprzętu, jakie będą stosowane do wykonywania właściwych robót. Wykonawca może przystąpić do wykonywania robót po zaakceptowaniu kolumn próbnych przez Inżyniera.

Na odcinku próbnym zaleca się wykonanie próbnych obciążeń kolumn. Po wykonaniu odcinka próbnego na Wykonawcy wzmocnienie podłoża spoczywa obowiązek wykonania PZJ (planu zapewnienia jakości).

5.8. Wykonanie próbnego obciążenia kolumny CMC/MSC

5.8.1. Postanowienia ogólne

a) Określenie badanej cechy

Określenie zależności obciążenie- osiadanie.

b) Wymagania dotyczące personelu wykonującego badanie lub niektóre jego etapy

Personel wykonujący badanie powinien być przeszkolony w zakresie swoich obowiązków oraz zaznajomiony z procedurą.

c) Miejsce przeprowadzenia badania

Próbne obciążenie kolumn odbywa się w miejscu ich wbudowania (teren budowy). Wybór lokalizacji i ilości kolumn do próbnego obciążenia leży po stronie Projektanta Wzmocnienia Podłoża.

5.8.2. Wyposażenie pomiarowe i badawcze

Podczas badania stosuje się następujące urządzenia pomiarowe:

Czujniki zegarowe:

- zakres pomiarowy - 50 mm
- dokładność pomiaru – 0,01 mm lub 0,10 mm

Manometr mierzący ciśnienie:

- zakres pomiarowy - 40 MPa
- dokładność pomiaru – 0,5 MPa

Siłowniki hydrauliczne:

- zakres - 0 do 1000 kN, 0 do 1500 kN
- wysuw tłoka - 0 do 20 cm, 0 do 25 cm

Pompa hydrauliczna:

- zakres działania - 0 do 63 MPa

5.8.3. Sprawdzenie przed badaniem

Przed przystąpieniem do badania należy:

- sprawdzić stabilność konstrukcji, ze szczególnym zwróceniem uwagi na połączenia śrubowe
- sprawdzić szczelność układu hydraulicznego
- sprawdzić poprawność działania i umocowania czujników zegarowych.

5.8.4. Przebieg badania

5.8.4.1.1. Warunki wykonania badania

Przeprowadzenie badania jest możliwe w zakresie temperatur - 10°C do + 40°C, przy umiarkowanych opadach atmosferycznych.

Przeprowadzenie próbnego obciążenia kolumn można przeprowadzić po upływie 28 dni od daty wykonania kolumny. Możliwe jest wykonanie badania wcześniej w przypadku wyrażenia zgody przez Projektanta wzmocnienia podłoża.

Urządzenia do próbnego obciążenia powinny być ustawione w taki sposób, aby badana kolumna była obciążana osiowo. Podczas przeprowadzenia badania, miejsce próbnego obciążenia nie powinno być narażone na wpływ wstrząsów pochodzących od ruchów lub pracy maszyn i pojazdów (jako brak wstrząsów przyjmuje się możliwość wykonania odczytów z dokładnością do 0,05 mm).

5.8.4.1.2. Wykonanie badania

Próbne obciążenie należy przeprowadzić do wartości 100% siły obliczeniowej na kolumnę w danej lokalizacji. Przebieg próbnego obciążenia powinien być zgodny z wytycznymi projektu technologicznego lub projektu próbnego obciążenia kolumn. Maksymalne obciążenie badawcze należy utrzymywać do zaniku osiadań. Po osiągnięciu wartości obciążenia badawczego i zaniku osiadań, kolumnę należy odciążyć stopniami bez oczekiwania na zanik przemieszczeń. Po odciążeniu kolumny należy zmierzyć jej przemieszczenie po ustabilizowaniu się.

5.8.4.2. Pomiary wykonywane podczas badania nośności kolumn CMC/MS

W czasie próbnego obciążenia kolumny należy mierzyć:

- wartości sił obciążających na podstawie odczytów na manometrze wskazującym ciśnienie oleju w siłownikach,
- przemieszczenia pionowe kolumny badanej i kolumn kotwiących (przemieszczenie obciążanej kolumny należy mierzyć co najmniej dwoma czujnikami, przemieszczenia pali kotwiących wystarczy mierzyć zgrubnie niwelatorem lub jednym czujnikiem),
- dokładny czas wykonywania odczytów kontrolnych,
- przemieszczenia kolumny badanej należy mierzyć po każdej zmianie wartości obciążenia oraz w okresie oczekiwania na zanik jego przemieszczeń. Kolumny kotwiące można sprawdzić co drugi stopień obciążenia, z tym, że w przypadku stwierdzenia istotnego ruchu pala kotwiącego należy zwiększyć częstotliwość odczytów.

5.8.4.3. Wyniki

Sposób wyrażania ostatecznego wyniku badania

Wyniki próbnego obciążenia kolumny należy przedstawić Projektantowi wzmocnienia podłoża.

Sposób dokumentowania badania

Dane zbierane podczas badania dokumentowane są w protokole próbnego obciążenia kolumny w dzienniku osiadań.

6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

6.1 Ogólne zasady kontroli jakości robót

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

6.2 Program badań przed rozpoczęciem budowy

6.2.1 Badania uzupełniające podłoża gruntowego

Wykonawca robót wzmocnienia podłoża przed wejściem na plac zobowiązany jest do wykonania sprawdzających badań gruntowych za pomocą:

- sondowań statycznych (CPT) lub dylatometrów (DMT),
- sondowań FVT,
- badań edometrycznych,
- badań filtracji
- badań trójosiowego ściskania
- badania laboratoryjne cech fizycznych gruntów.

Badania umożliwią sprawdzenia założeń projektowych lub ich ewentualną weryfikację. Wybór badań weryfikacyjnych podłoża leży po stronie Projektanta Wzmocnienia Podłoża.

6.2.2 Badania platformy roboczej

Przed przystąpieniem do robót wzmocnienia podłoża platforma robocza podlega odbiorowi. Do odbioru platformy roboczej należy przedłożyć komplet wyników:

- krzywa uziarnienia,
- wskaźnik różnoziarnistości,
- moduł E_{v2} ,
- geometrię platformy roboczej (powierzchnię i rzędną).

Badania należy przeprowadzić w ilości: 3 badania na każde 1000 m² platformy roboczej.

6.2.3 Badania próbek betonu

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien przeprowadzić badania próbek iniektu przeznaczonego do wykonania kolumn i przedstawić wyniki tych badań Inżynierowi w celu zaakceptowania materiału. Badania powinny obejmować właściwości określone w pkt 2.3 niniejszej SST.

6.2.4. Wytyczenie rozmieszczenia kolumn

Przed rozpoczęciem robót, dla każdej dziennej działki roboczej, powinno być sprawdzone i odebrane wytyczenie rozmieszczenia kolumn.

6.3. Kontrola w czasie robót

6.3.1. Kontrola w procesie formowania kolumn

Kontrola wykonywania kolumn obejmuje sprawdzenie parametrów określonych w pkt 3.2 niniejszej ST i bieżące śledzenie (na podstawie w/w parametrów) dokładności formowania kolumny. Wykonawca kolumn powinien dostarczyć metryki z pomiarami dla co najmniej 70% wykonanych kolumn. Projektowaną długość każdej kolumny należy zweryfikować w trakcie wykonywania na podstawie obserwacji oporu wiercenia świda/ pogrążania żerdzi w czasie penetracji w podłożu nośne. Trzon kolumny powinien być ciągły i mieć średnicę określoną w projekcie warsztatowym zweryfikowaną na podstawie ilości iniektu i długości obliczeniowej kolumny. Tolerancje średnicy kolumny powinny wynosić maksymalnie 3 cm.

6.4. Kontrola po wykonaniu robót

6.4.1. Kontrola wykonanych kolumn

Kontrola wykonanych kolumn obejmuje:

- wyrywkowe sprawdzenie liczby i zgodności rozmieszczenia kolumn z dokumentacją techniczną w ograniczonym rejonie, według wskazań Inżyniera. Rzeczywista odległość między kolumnami nie powinna odbiegać od projektowanej o więcej 0,3 m.
- sprawdzenie zgodności z Dokumentacją Projektową i SST,
- w związku z objętościowym charakterem wzmocnienia podłoża gruntowego nie wymaga się wykonania geodezyjnej inwentaryzacji wykonanych kolumn.

6.4.2. Weryfikacja wykonanych kolumn CMC/MSK

- Próbne obciążenie kolumn

Kryterium pozytywnego obciążenia wykonanej kolumny jest stabilizacja osiadań i uzyskanie osiadań nie większych niż 5 cm pod wpływem 100% projektowanego obciążenia.

Z uwagi na konieczność instalacji zbrojenia w związku z wykonaniem próbnego obciążenia kolumny, kolumna do badania powinna zostać wyznaczona przez Inżyniera co najmniej w dniu poprzedzającym jej wykonanie.

- Ocena metryk wykonanych kolumn CMC/ MSK

Ocenę metryk wykonanych kolumn prowadzi inżynier wykonawcy, nadzorujący wykonywane prace. Metryki powinny zawierać dane określone w punkcie 3.2. Do metryk należy dołączyć plan wzmocnienia z zaznaczonymi kolumnami.

W razie występowania jakichkolwiek anomalii (np. brak osiągnięcia odpowiednich parametrów technicznych) inżynier wykonawcy ma obowiązek natychmiast przedstawić problem Inspektorowi Nadzoru. Wykonawca przedstawi propozycję procedury naprawczej popartą stosownymi obliczeniami.

- Ocena materiału kolumn CMC/ MSK

Do badań należy pobierać sześciennie próbki mieszanki betonowej w celu przeprowadzania badań ściskania. Należy pobrać co najmniej 3 szt. próbek z każdego dnia formowania kolumn, ale nie mniej niż 3 szt. co 150m³. Badanie wytrzymałości betonu następuje po 28 dniach.

Próbki mają być przechowywane zgodnie z normą PN-EN 12390-2.

6.4.3. Weryfikacja geosiatek

Weryfikacja geosiatek polega na sprawdzeniu odpowiednich certyfikatów na materiał użyty do produkcji oraz wizualnego sprawdzenia poprawności ułożenia w miejscach docelowych.

6.4.4. Odbiór kompleksowego wzmocnienia podłoża

Odbiór kompleksowego wzmocnienia podłoża opiera się na:

- badaniu platformy roboczej
- ocenie zgodności z projektem wykonawczym obszaru objętego wzmocnieniem podłoża gruntowego
- ocenie głębokość wzmocnienia podłoża gruntowego – jako średnia głębokość kolumn, na podstawie dostarczonych metryk

Podłoże uważa się za poprawnie wzmocnione gdy:

- próbne obciążenia kolumn wykażą pozytywne rezultaty
- ocena metryk kolumn i ocena materiału kolumn wykażą ocenę pozytywną
- geosiatki zostaną poprawnie ułożone
- warstwa transmisyjna uzyska odpowiednią wartość wskaźnika zagęszczenia oraz modułu odkształcenia, zgodnie z wymaganiami specyfikacji i projektu wykonawczego

W przypadku braku pozytywnych wyników wzmocnienia podłoża, dalsze postępowanie naprawcze przedstawi Projektant Wzmocnienia Podłoża w porozumieniu z Inżynierem i jednostką projektową.

7. OBMIAR ROBÓT

7.1. Ogólne zasady obmiaru robót

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

7.2. Jednostka obmiarowa

Jednostką obmiaru jest wykonanie i odbiór Protokołem Odbioru wzmocnienia podłoża gruntowego z zastosowaniem kolumn przemieszczeniowych CMC oraz MSC. Jednostką podstawową jest m² (metr kwadratowy) wzmocnionego podłoża.

8. ODBIÓR ROBÓT

8.1. Ogólne zasady odbioru robót

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

8.2. Zgodność robót z projektem i specyfikacją

Roboty powinny być wykonane zgodnie z dokumentacją projektową, Szczegółową Specyfikacją Techniczną oraz pisemnymi decyzjami Inżyniera zgodnymi z Warunkami Kontraktu. Roboty uznaje się za wykonane zgodnie z dokumentacją projektową, SST i wymaganiami Inżyniera, jeżeli wszystkie pomiary określone w ST dały wynik pozytywny.

8.3. Odbiór robót zanikających lub ulegających zakryciu

Gotowość danej części robót do odbioru zgłasza Wykonawca wpisem do Dziennika Budowy i jednoczesnym powiadomieniem Inżyniera. Odbiór będzie przeprowadzony niezwłocznie, nie później jednak niż w ciągu 3 dni od daty zgłoszenia wpisem do Dziennika Budowy i powiadomienia o tym fakcie Inżyniera.

Jakość i ilość robót ulegających zakryciu ocenia Inżynier na podstawie dokumentów zawierających komplet wyników badań laboratoryjnych i w oparciu o przeprowadzone pomiary.

8.4. Odbiór częściowy

Odbiór częściowy polega na ocenie ilości i jakości wykonanych części robót. Odbioru częściowego robót dokonuje się wg zasad jak przy odbiorze ostatecznym robót. Odbioru robót dokonuje Inżynier.

8.5. Odbiór ostateczny

Podstawą odbioru ostatecznego jest przekazanie przez Wykonawcę kompletnej dokumentacji powykonawczej wraz ze wszelkimi badaniami odbiorczymi określonymi w niniejszej Specyfikacji Technicznej oraz w dokumentacji projektowej.

Przekazanie kompletu dokumentów oraz zakończenie wszelkich robót związanych z niniejszą Specyfikacją Techniczną powinno zostać stwierdzone stosownym wpisem Inspektora Nadzoru w Dzienniku Budowy.

8.6. Szczegółowe zasady odbioru robót

Do odbioru Wykonawca zobowiązany jest przedstawić:

- deklaracje zgodności materiałów użytych do wykonania kolumn
- dokumentację powykonawczą z naniesionymi zmianami i uzupełnieniami dokonanymi w trakcie wykonywanych robót
- metryki kolumn
- wyniki badań iniektu (betonu)

Kolumny należy uznać za wykonane zgodnie z wymaganiami normy jeżeli wszystkie badania opisane powyżej dały wyniki pozytywne i zostały dotrzymane warunki postanowień ogólnych.

9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

9.1. Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności

Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności podano w SST D-M.-00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 9.

9.2. Cena jednostki obmiarowej

Cena jednostki obmiarowej obejmuje zakup, dostarczenie, wbudowanie oraz wykonanie wszystkich niezbędnych składników wzmocnienia. Cena jednostkowa wykonania wzmocnienia obejmuje:

- projekt technologiczny wzmocnienia podłoża,
- prace pomiarowe i roboty przygotowawcze,
- badania sprawdzające podłoża gruntowego,
- przygotowanie platformy roboczej i dróg serwisowych,
- badania odbiorcze platformy roboczej,
- mobilizację i demobilizację sprzętu,
- wykonanie wzmocnienia podłoża za pomocą kolumn CMC /MSC,
- zakup i transport materiałów do wykonania platformy roboczej i kolumn typu CMC /MSC,
- wykonanie poletka próbnego i badania odbiorcze,
- próbne obciążenia kolumn i ocenę materiału kolumn,
- przygotowanie podłoża pod materac,
- zakup i dostarczenie materiału do wykonania materaca tj. kruszywo, spoiwo stabilizujące grunt oraz geosyntetyki,
- ułożenie warstw materaca,
- badania odbiorcze materaca,
- dokumentacja powykonawcza.

10. PRZEPISY ZWIĄZANE

10.1. Normy

- [I] EN 12699:2000 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych – Pale przemieszczeniowe.
- [II] PN-EN 1536 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. pale wiercone.
- [III] PN-B-02481:1998 Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar.
- [IV] PN-B-06050:1998 Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
- [V] PN-B-04452:2002 Geotechnika – Badania polowe.
- [VI] PN-88/B-04481 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
- [VII] PN-B-06250 Beton zwykły.
- [VIII] PN-B-02480 Grunty budowlane. Określenia symbole, podział i opis gruntów.
- [IX] PN-B-03020 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [X] PN-S-02205. Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
- [XI] BS 8006-1 ; 2010 "Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills." British standards Institution, London.