

STWIORB M.11.01.06.a

WZMOCNIENIE GRUNTU, INIEKCJA STRUMIENIOWA

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot Specyfikacji Technicznej Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych

Przedmiotem niniejszej STWiORB są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót związanych z wykonaniem wzmocnienia gruntu za pomocą iniekcji strumieniowej pod obiektem inżynierskim – tunelem drogowym pod linią kolejową nr 3.

1.2. Zakres stosowania ST

Specyfikacja Techniczna Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych jest stosowana jako dokument przetargowy i kontraktowy przy zlecaniu i realizacji Robót wymienionych w pkt.1.1.

1.3. Zakres robót objętych ST

Ustalenia zawarte w niniejszej ST dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z iniekcijnym kształtowaniem kolumn, przy zastosowaniu technologii iniekcji strumieniowej.

1.4. Określenia podstawowe

1.4.1. Iniekcja strumieniowa – polega na niszczeniu struktury gruntu lub słabej skały oraz mieszaniu i częściowej wymianie na czynnik wiążący; niszczenie to jest uzyskiwane za pomocą wysokoenergetycznego strumienia cieczy, która sama może być czynnikiem wiążącym

1.4.2. Kolumna iniekcyjna (pal iniekcyjny) – zainiektowana bryła gruntu o kształcie zbliżonym do walca i średnicy określonej w dokumentacji projektowej, powstała w wyniku bezpośredniego wymieszania wtłaczanego zaczynu wiążącego cząsteczkami gruntu (bryła gruntu o zmodyfikowanych właściwościach)

1.4.3. System pojedynczy – iniekcja strumieniowa, w której odspajanie i cementowanie gruntu są uzyskiwane za pomocą wysokoenergetycznego strumienia jednej cieczy, zwykle zaczynu cementowego

1.4.4. System podwójny (powietrzny) – iniekcja strumieniowa, w której odspajanie i cementacja gruntu są uzyskiwane za pomocą wysokoenergetycznego strumienia jednego medium (zwykle zaczynu cementowego), wspomaganego przez otaczający go strumień sprężonego powietrza jako drugie medium

1.4.5. System potrójny (wodny) – iniekcja strumieniowa, w której odspajanie gruntu jest uzyskiwane za pomocą wysokoenergetycznego strumienia wody, a cementacja gruntu jest uzyskiwana za pomocą oddzielnego strumienia zaczynu.

1.4.6. Wiertnica do iniekcji strumieniowej – wiertnica obrotowa umożliwiająca automatyczne regulowanie prędkości obrotów i przesuwu żerdzi z końcówką (monitorem)

1.4.7. Żerdź iniekcyjna – żerdź łączona z odcinków, z pojedynczym, podwójnym lub potrójnym przewodem wewnętrznym, która doprowadza ciecz(-e) iniekcijną (-e) do monitora.

1.4.8. Monitor – urządzenie montowane na końcu żerdzi iniekcyjnej, w celu umożliwienia wypływu w grunt strumienia cieczy

1.4.9 – Dysza – specjalnie ukształtowany element osadzony w monitorze, służący do przetworzenia wysokociśnieniowego przepływu cieczy w żerdzi w strumień o dużej prędkości skierowany w grunt

1.4.10. Stopień wzmocnienia gruntu (S_w) – stosunek objętości kolumn iniekcyjnych do ogólnej objętości bryły podłoża gruntowego podlegającego wzmocnieniu. Stopień ten zależy od średnicy kolumn, ich rozstawu i głębokości.

1.4.11. Pozostałe określenia podstawowe są zgodne z obowiązującymi, odpowiednimi polskimi normami i z definicjami podanymi w M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 1.4.

1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót

Ogólne wymagania dotyczące robót podano w M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1], pkt 1.5.

2. MATERIAŁY

2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów

Ogólne wymagania dotyczące materiałów, ich pozyskiwania i składowania, podano w M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 2.

2.2. Materiały do wykonania zaczynu iniekcyjnego

Jako środek iniektujący należy stosować zaczyn cementowy składający się z cementu i wody w stosunku wagowym wody do cementu (w/c) w granicach od 0,5 do 1,5 (małe w/c dla gruntów przepuszczalnych, większe w/c dla gruntów słabo przepuszczalnych).

Dopuszcza się stosowanie do zaczynu cementowego dodatków redukujących ilość wody, stabilizujących, uplastyczniających, uszczelniających lub przeciwoerozyjnych.

W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się stosowanie zaczynów wiążących na bazie środków mineralnych i chemicznych gwarantujących osiągnięcie celu założonego w dokumentacji projektowej.

2.2.1. Cement

Należy stosować cement czysty, tj. bez dodatków klasy 32,5, 42,5 lub 52,5, spełniający wymagania PN-EN 197-1:2002 [3].

Przed użyciem cementu do wykonania mieszanki betonowej należy przeprowadzić kontrolę obejmującą:

- oznaczenie czasu wiązania wg PN-EN 196-3:1996 [4],
- oznaczenie zmiany objętości wg PN-EN 196-3:1996 [4].
- obecności grudek

Wyniki badań powinny być zgodne z wymaganiami dla cementu określonej klasy podanymi w normie PN-EN 197-1:2002 [3].

Producent cementu powinien przedstawić wyniki badań kontrolnych przynajmniej raz na miesiąc. Cement może być dopuszczony do zastosowania na podstawie:

- krajowej deklaracji zgodności z Polską Normą, nie mającą statusu normy wycofanej lub aprobatą techniczną i oznaczenia znakiem budowlanym,
- albo deklaracji zgodności z Polską Normą wprowadzającą normę zharmonizowaną na wyrób budowlany lub europejską aprobatą techniczną oraz oznaczenia CE.

Każda dostawa cementu przed rozładunkiem powinna być kontrolowana pod kątem zgodności z zamówieniem oraz pochodzenia od danego producenta.

Nie dopuszcza się występowania zbyt dużych cząstek w iniekcji, gdyż mogą one zatykać dysze.

2.2.2. Woda

Wodę zarobową do sporządzania zaczynów cementowych należy pobierać wprost z wodociągów lub studni, albo dowozić beczkowozami ze sprawdzonych źródeł. Woda zarobowa powinna odpowiadać wymaganiom normy PN-EN 1008:2004[5]. Woda wodociągowa nie wymaga badań. Woda ze studni lub innych miejsc uzyskania powinna spełniać warunki w/w normy.

2.2.3. Zaczyn cementowy

Zaczyn cementowy powinien składać się z cementu i wody w stosunku wagowym wody do cementu (w/c) w granicach od 0,5 do 1,5 (małe w/c dla gruntów przepuszczalnych, większe w/c dla gruntów słabo przepuszczalnych).

Dopuszcza się stosowanie do zaczynu cementowego dodatków redukujących ilość wody, stabilizujących, uplastyczniających, uszczelniających lub przeciwoerozyjnych.

Dopuszcza się stosowanie również innych dodatków do zaczynu, jak bentonit, wypełniacz, popioły lotne. Jeśli do zaczynu dodawany jest bentonit, to zawiesina powinna być przygotowana przed dodaniem cementu.

Nie dopuszcza się występowania zbyt dużych cząstek w iniekcji, gdyż mogą one zatykać dysze.

3. SPRZĘT

3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w M-00.00.00 „Wymagania ogólne”[1], pkt 3.

3.2. Sprzęt do wykonania robót

W dyspozycji Wykonawcy powinien znajdować się następujący sprzęt:

3.2.1. Urządzenie do wiercenia i iniekcji -wiertnica wyposażona w żerdź iniekcyjną i wiertniczą, monitor i osprzęt, umożliwiające napęd żerdzi iniekcyjnej z wstępnie określonymi prędkościami obrotów i przesuwu.

- a) Długość żerdzi wiertniczej, jak i wysokość masztu wiertnicy nie powinny być mniejsze od długości zaprojektowanego elementu iniekcyjnego. Jeżeli jest to konieczne z powodu dużej głębokości lub ograniczonej przestrzeni roboczej, to żerdź powinna być dzielona na możliwie jak najmniejszą liczbę odcinków, w celu ograniczenia potrzeby przerywania procesu iniekcji.
- b) Żerdź iniekcyjna do systemu pojedynczego powinna być wyposażona w jeden przewód doprowadzający pod wysokim ciśnieniem zaczyn cementowy do monitora. Żerdź do systemu podwójnego powinna mieć dwa przewody doprowadzające dwa media (odpowiednio powietrze i zaczyn cementowy albo wodę i zaczyn cementowy) do monitora. Żerdź do systemu potrójnego powinna być wyposażona w trzy przewody wysokociśnieniowe, pozwalające tłoczyć wodę, sprężone powietrze i zaczyn cementowy do monitora.
- c) Monitor powinien zawierać:
 - do systemu pojedynczego – jedną lub więcej kołowych dysz do tłoczenia strumienia iniektu. Kilka dysz jest umieszczanych na tym samym lub różnych poziomach, dysze są obrócone o jednakowy kąt względem siebie
 - do systemu podwójnego (powietrznego) – jedną lub więcej podwójnych dysz umieszczonych na tym samym lub na różnych poziomach, obróconych o jednakowy kąt względem siebie, umożliwiających jednoczesne tłoczenie powietrza i iniektu. Dyszę powietrzną stanowi pierścieniowa szczelina wokół kołowej dyszy na iniekt
 - do systemu podwójnego (wodnego) – jedną lub więcej dysz do wysokociśnieniowego tłoczenia wody oraz jedną dyszę lub więcej niżej położonych dysz do podawania zaczynu cementowego
 - do systemu potrójnego – jedną lub więcej podwójnych dysz, umożliwiających jednoczesne wysokociśnieniowe tłoczenie powietrza i wody oraz jedną dyszę lub więcej zwykłych dysz umieszczonych poniżej, do tłoczenia iniektu.

3.2.2. Agregat mieszający i pompujący dostarczający ciecz (lub ciecz) iniekcyjne

- a) Do systemu pojedynczego agregat powinien zawierać: zbiornik na cement i inne materiały, mieszalnik wysokoobrotowy, mieszalniki wolnoobrotowe, wysokociśnieniową pompę iniekcyjną (10-100 MPa)

- b) Do systemu podwójnego (powietrznego) agregat powinien zawierać zbiornik na cement i inne materiały, mieszalnik wysokoobrotowy, mieszalniki wolnoobrotowe, wysokociśnieniową pompę iniekcijną(10-100 MPa), sprężarkę
- c) Do systemu podwójnego (wodnego) agregat powinien zawierać zbiornik na cement i inne materiały, mieszalnik wysokoobrotowy, mieszalniki wolnoobrotowe, wysokociśnieniową pompę iniekcijną(10-100 MPa), wysokociśnieniową pompę wodną i pompę do iniektu
- d) Do systemu podtrójnego agregat powinien zawierać zbiornik na cement i inne materiały, mieszalnik wysokoobrotowy, mieszalniki wolnoobrotowe, wysokociśnieniową pompę iniekcijną(10-100 MPa), sprężarkę

3.2.3. Przewody wysokociśnieniowe łączące pompę iniekcijną z wiertnicą

3.2.4. Sprzęt do monitorowania ciśnień, wydatków i objętości cieczy, prędkości obrotów i wyciągania, głębokości wody

Manometry i inne przyrządy do pomiarów parametrów iniekcji powinny być wycechowane bezpośrednio przed rozpoczęciem robót. W przypadku długotrwałych robót może być wymagane okresowe cechowanie instrumentów.

Na placu budowy powinien znajdować się sprzęt zapasowy, aby zapewnić ciągłość robót w wypadku awarii.

Doboru sprzętu dokonuje Wykonawca i uzgadnia go z Inżynierem.

4. TRANSPORT

4.1. Ogólne wymagania dotyczące transportu

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w M-00.00.00 „Wymagania ogólne”[1], pkt 4.

4.2. Transport i przechowywanie cementu

4.2.1. Przechowywanie cementu

Cement workowany powinien być składowany w składach otwartych (w wydzielonych miejscach zadaszonych na otwartym terenie, zabezpieczonych z boków przed opadami) lub w magazynach zamkniętych (budynkach lub pomieszczeniach o szczelnym dachu i ścianach). Podłoża składów otwartych powinny być twarde i suche, odpowiednio pochylone, zabezpieczające cement przed ściekami wody deszczowej i zanieczyszczeń. Podłogi magazynów zamkniętych powinny być suche i czyste, zabezpieczające cement przed zawilgoceniem i zanieczyszczeniem.

Cement luzem powinien być przechowywany w magazynach specjalnych (zbiornikach stalowych lub betonowych przystosowanych do pneumatycznego załadunku i wyładunku cementu luzem, zaopatrzonych w urządzenia do przeprowadzania kontroli objętości cementu znajdującego się w zbiorniku lub otwory do przeprowadzania pomiarów poziomu cementu, włączy do oczyszczenia oraz klamry na wewnętrznych ścianach).

Dopuszczalny okres przechowywania cementu zależy od miejsca składowania:

- okres przechowywania w magazynach zamkniętych i zbiornikach nie powinien być dłuższy od gwarantowanego przez producenta okresu zachowania cech normowych cementu
- okres przechowywania w składach otwartych nie powinien być dłuższy niż 10 dni.

Technika przechowywania cementu:

a) Przechowywanie cementu workowanego:

Poszczególne partie, a w nich rodzaje i klasy wytrzymałościowe cementu powinny być układane w oddzielnych stosach. Między stosami ułożonych worków należy pozostawić wolne przestrzenie umożliwiające dostęp do poszczególnych stosów. Szerokość dróg przejazdowych powinna być dostosowana do używanego w magazynie środka transportu.

b) Przechowywanie cementu luzem:

W każdym ze zbiorników należy przechowywać cement jednego rodzaju i jednej klasy wytrzymałościowej, pochodzący od jednego dostawcy

c) Znakowanie przechowywanego cementu:

Stosy worków z cementem oraz zbiorniki stacji przesypowych u odbiorców powinny być zaopatrzone w tabliczki zawierające informacje o rodzaju i klasie cementu, nazwę wytwórni i miejscowość, masę cementu w partii i datę wysyłki.

4.2.2. Transport cementu

Do transportu cementu luzem należy stosować cementowagony i cementosamochody wyposażone we wsypy umożliwiające grawitacyjne napełnianie zbiorników i urządzenie do ładowania i wyładowania cementu. Cement wysyłany luzem powinien mieć identyfikator zawierający dane zgodnie z PN-EN 197-1:2002 [3].

Do każdej partii dostarczanego cementu powinien być dołączony dokument dostawy zawierający dane oraz sygnaturę odbiorczą kontroli jakości wg PN-B-197-1:2002 [3]. Każda partia cementu, dla której wydano oddzielne świadectwo jakości powinna być przechowywana osobno w sposób umożliwiający jej łatwe rozróżnienie.

5. WYKONANIE ROBÓT

5.1. Ogólne zasady wykonywania robót

Ogólne zasady wykonywania robót podano w M-00.00.00 „Wymagania ogólne”[1], pkt 5.

5.2. Dokumentacja projektowa

5.2.1. Program Zapewnienia Jakości dla Robót

Wykonawca przed przystąpieniem do Robót przedstawi Inżynierowi do akceptacji Projekt Technologii i Organizacji Robót oraz Program Zapewnienia Jakości dla Robót (PZJdR) uwzględniający wszystkie warunki, w jakich będą wykonywane roboty uszczelnienia gruntu metodą iniekcji strumieniowej. PZJdR powinien uwzględniać metody wykonania pomiarów oraz określić postępowanie w razie, gdyby wykonane uszczelnienie gruntu nie spełniało wymagań dokumentacji projektowej.

5.2.2. Projekt technologiczny uszczelnienia gruntu metodą iniekcji strumieniowej

Wykonawca dostarczy na własny koszt projekt technologiczny uszczelnienia podłoża metodą iniekcji strumieniowej.

Projekt technologiczny uszczelnienia gruntu powinien uwzględniać następujące dane zawarte w dokumentacji projektowej:

- a) Warunki terenowe, m.in. plan urządzeń i instalacji podziemnych, istniejących fundamentów itp. oraz w razie potrzeby szczegółowe wymagania dotyczące zabezpieczeń i sprawdzania w czasie robót rzeczywistego położenia urządzeń,
- b) Ograniczenia zewnętrzne (istniejące przyległe konstrukcje, napowietrzne linie energetyczne, dostępność terenu itp.)
- c) wymagania środowiskowe, w szczególności składowanie urobku,
- d) rozpoznanie podłoża, obejmujące jego budowę geologiczną, poziomy występowania i poziomy piezometryczne wód gruntowych, parametry geotechniczne warstw gruntu, dane o przewidywanych przeszkodach w podłożu oraz ocenę agresywności środowiska gruntowego.

Wyniki badań podłoża zawarte w dokumentacji projektowej Wykonawca uzupełni własnymi badaniami uszczegółowiającymi układ warstw geologicznych. Badanie należy wykonać w sposób liniowy dla całej powierzchni pod projektowanymi fundamentami np. a pomocą georadaru.

Po wykonaniu własnych badań geotechnicznych Wykonawca wykona projekt technologiczny uszczelnienia gruntu, określający wszystkie warunki wykonania iniekcji, a w szczególności:

- określenie zakresu robót iniekcyjnych,
- opis warunków gruntowych

- wymagany kształt, wymagania wytrzymałościowe i dotyczące przepuszczalności dla elementów iniekcyjnych dostosowane do rodzaju gruntu
- tolerancje wykonawcze (wg pkt.6)
- system iniekcji
- projekt zabiegu iniekcyjnego
- procedurę roboczą (wiercenia, iniekcji, kolejność wykonania ,warunki techniczne, które mogą wpływać na kolejność wykonania elementów, rysunki robocze z podaną kolejnością wykonania elementów),
- parametry iniekcji strumieniowej (ciśnienie cieczy w żerdzi iniekcyjnej, wydatek cieczy mierzony w żerdzi iniekcyjnej, skład zaczynu iniekcyjnego z określeniem właściwości fizyko-chemicznych jego składników, prędkość obrotów żerdzi iniekcyjnej, prędkość wyciągania i zagłębiania żerdzi iniekcyjnej),
- materiały (do wiercenia i iniekcji),
- środki zapobiegające niedopuszczalnym osiadaniom lub uniesieniu, zwłaszcza w gruntach pylastych, gliniastych i ilastych,
- maszyny i sprzęt
- postępowanie z urobkiem,
- procedury kontroli jakości,
- środki zapewniające dokładność wiercenia,
- procedury związane z możliwymi przerwami podczas zabiegu iniekcji,
- środki zapewniające, że końcowy poziom iniekcji zostanie utrzymany podczas początkowego wiązania tworzywa iniekcyjnego,
- ustalenie dopuszczalnych wartości wpływu robót iniekcyjnych na przyległe konstrukcje
- program monitorowania wpływu robót iniekcyjnych na przyległe konstrukcje (rodzaj i dokładność przyrządów, częstość pomiarów) i wytyczne interpretacji ich wyników oraz sposób zabezpieczenia tych konstrukcji przed uszkodzeniem, jeśli to okaże się konieczne,
- Określenie ograniczeń środowiskowych (hałas, drgania, zanieczyszczenia) i sposób dostosowania się do tych ograniczeń.
- plan dróg technologicznych i ewentualnych pomostów roboczych
- sposób dostosowania robót do istniejących warunków terenowych (np. rozmiary, granice placu budowy, topografia, pochylenie terenu, dojazdu, ograniczenia)
- możliwe modyfikacje parametrów iniekcji w trakcie robót
- metody badań
- dokumenty powykonawcze (rysunki, metryki)

Jeżeli jakieś wykryte przeszkody podziemne nie mogą zostać usunięte, to należy oznaczyć odpowiedni obszar na rysunkach projektowych, a w sąsiedztwie wykonanie zabiegów iniekcji strumieniowej należy zaprojektować w taki sposób , aby uniknąć niedopuszczalnych uszkodzeń.

Projekt technologiczny ulepszenia gruntu powinien być wykonany zgodnie z PN-EN 12716[2] i podlega akceptacji Inżyniera.

5.3. Kierownictwo i nadzór robót

Roboty iniekcyjne objęte niniejszą ST mogą być wykonywane jedynie przez Wykonawcę posiadającego odpowiedni sprzęt do wykonywania iniekcji techniką strumieniową oraz odpowiednie doświadczenie w prowadzeniu tego typu robót.

W czasie wykonywania robót należy zapewnić dozór techniczny ze strony Wykonawcy i nadzór ze strony Zamawiającego. Niezbędna jest obecność odpowiedzialnego kierownika robót . Przebieg robót powinien być na bieżąco dokumentowany w dzienniku budowy oraz w metrykach elementów iniekcyjnych.

Przykład wzorca metryki elementu iniekcyjnego podano w Załączniku 1.

5.4. Fazy wykonania elementów iniekcyjnych

Wierzch otworu wiertniczego powinien znajdować się powyżej zwierciadła wody gruntowej. Jeżeli wierzch otworu wiertniczego położony jest poniżej zwierciadła wody gruntowej lub jej poziomu piezometrycznego, Wykonawca powinien zastosować specjalne środki w celu uniknięcia wypływu wody przez otwór wiertniczy.

Fazy wykonania kolumn iniekcyjnych obejmują:

- wywiercenie otworu o wstępnie określonej długości
- wprowadzenie do końca otworu monitora do żerdzi iniekcyjnej (nie jest to konieczne w niektórych przypadkach, jeżeli żerdź i monitor są używane do wiercenia)
- tłoczenie przez monitor strumienia cieczy odpajającej i wiążącej z jednoczesnym podciąganiem i obracaniem żerdzi, z zastosowaniem wstępnie ustalonej prędkości wyciągania i obrotów, ciśnienia tłoczenia oraz wydatków cieczy.

5.5. Roboty przygotowawcze

Przed przystąpieniem do zasadniczych robót iniekcyjnych Wykonawca zapewni, aby:

- powierzchnia terenu robót była stabilna i sucha
- położenie każdego otworu iniekcyjnego było dokładnie zlokalizowane i oznaczone
- był zapewniony system odprowadzenia i składowania urobku
- przed wykonaniem iniekcji strumieniowej blisko istniejących budowli były dokładnie zweryfikowane założenia projektowe dotyczące geometrii budowli i stanu konstrukcji.

5.6. Wiercenie

Wiercenie może być wykonywane z zastosowaniem płuczki powietrznej, wody, płuczek ilowych lub pianowej, zaczynów. W razie potrzeby należy zastosować rurę osłonową. Jeżeli otwór wiertniczy nie jest stabilny lub, gdy występują znaczne straty płuczki, albo warunki gruntowe w inny sposób mogą utrudniać wypływ urobku, należy zastosować odpowiednie środki zapobiegawcze po uprzednim uzgodnieniu ich z Inżynierem.

Należy zwrócić uwagę, aby pierścieniowa przestrzeń pomiędzy ścianą otworu a żerdzią iniekcyjną była wystarczająca dla swobodnego wypływu urobku z otworu.

W przypadku napotkania nieoczekiwanych przeszkód podziemnych Wykonawca powiadomi o tym Inżyniera w celu podjęcia działań zabezpieczających przed niepożądanymi skutkami w fazie iniekcji.

Podczas wiercenia powinny być zachowane następujące tolerancje:

- odchylenie punktu wiercenia od położenia teoretycznego powinna być mniejsza od 50 mm
- odchylenie osi wiercenia od jej teoretycznego położenia powinno być w granicach 2% przy głębokości do 20 m. Dla innej głębokości tolerancje odchylenia osi wiercenia powinny być określone w projekcie technologicznym i zatwierdzone przez Inżyniera.

5.7. Iniekcja strumieniowa

Iniekcja strumieniowa powinna być wykonywana z zachowaniem dostatecznej grubości nadkładu pomiędzy górną dyszą a powierzchnią gruntu, aby uniknąć możliwości lokalnego rozplukania gruntu. Grubość ta powinna wynosić około 50 cm.

Jeżeli wykonywanie iniekcji strumieniowej elementu zostanie przerwane z jakiegokolwiek powodu, to wznowienie jej powinno być wykonane w taki sposób, aby zapewnić ciągłość elementu iniekcyjnego.

Jeżeli projekt technologiczny iniekcji strumieniowej nie precyzuje inaczej można przyjmować parametry robocze iniekcji strumieniowej podane w tablicy 1.

Tablica 1

| Parametry procesu iniekcji strumieniowej | System pojedynczy | System podwójny (powietrzny) | System podwójny (wodny) | System potrójny |
|--|-------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------|
|--|-------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------|

| | | | | | |
|---------------------------|--|--------------|---------------|--------------|---------------|
| Ciśnienie iniektu (MPa) | | Od 30 do 50 | Od 30 do 50 | >2 | >2 |
| Wydatek iniektu (l/min) | | Od 50 do 450 | Od 50 do 450 | Od 50 do 200 | Od 50 do 200 |
| Ciśnienie wody (MPa) | | b/z | b/z | Od 30 do 60 | Od 30 do 60 |
| Wydatek wody (l/min) | | b/z | b/z | Od 50 do 150 | Od 50 do 150 |
| Ciśnienie powietrza (MPa) | | b/z | Od 0,2 do 1,7 | b/z | Od 0,2 do 1,7 |
| Wydatek powietrza (MPa) | | b/z | Od 3 do 12 | b/z | Od 3 do 12 |

b/z – bez zastosowania

5.8. Wpływ urobku

W czasie wykonywania iniekcji strumieniowej należy prowadzić ciągłą obserwację cech urobku i wydajności wypływu u wylotu z otworu. Jeżeli podczas wykonywania iniekcji strumieniowej zostanie zaobserwowana nieoczekiwana zmiana cech i intensywności wypływu urobku, to powinny zostać sprawdzone parametry i/lub system iniekcji strumieniowej. W przypadku nieoczekiwanego zmniejszenia wypływu urobku należy niezwłocznie zbadać jego przyczynę i usunąć ją. Może to być spowodowane zatkanie przekroju otworu iniekcyjnego.

6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

6.1. Ogólne zasady kontroli jakości robót

Ogólne zasady kontroli jakości robót podano w M-00.00.00 [1] „Wymagania ogólne”, pkt. 6.

6.2. Badania przed przystąpieniem do robót

6.2.1. Sprawdzenie jakości materiałów

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien:

- uzyskać wymagane dokumenty, dopuszczające wyroby budowlane do obrotu i powszechnego stosowania (certyfikaty zgodności, deklaracje zgodności, aprobaty techniczne, ew. badania materiałów wykonane przez dostawców itp.), potwierdzające zgodność materiałów z wymaganiami pktu 2 niniejszej specyfikacji,
- wykonać własne badania właściwości materiałów przeznaczonych do wykonania robót zgodnie z pkt.2. oraz

badanie gęstości zaczynu cementowego, która powinna wynosić $1,5 \div 1,7 \text{ g/cm}^3$.

Do oznakowania CE producent lub jego przedstawiciel jest zobowiązany dołączyć dodatkowe informacje zawierające:

- określenie, siedzibę i adres producenta oraz adres zakładu produkującego wyrób budowlany
- określenie, siedzibę i adres upoważnionego przedstawiciela
- ostatnie dwie cyfry roku w którym umieszczono znakowanie CE na wyrobie budowlanym
- numer certyfikatu zgodności, jeśli taki certyfikat był wymagany
- dane umożliwiające identyfikację cech i deklarowanych właściwości użytkowych wyrobu budowlanego, jeżeli wynika to ze zharmonizowanej specyfikacji technicznej wyrobu

Do wyrobu budowlanego oznakowanego znakiem budowlanym producent zobowiązany jest dołączyć:

- określenie, siedzibę i adres producenta oraz adres zakładu produkującego wyrób budowlany
- identyfikację wyrobu budowlanego zawierającą: nazwę, nazwę handlową, typ, odmianę, gatunek i klasę według specyfikacji technicznej

- numer i rok publikacji Polskiej Normy wyrobu lub aprobaty technicznej, z którą potwierdzono zgodność wyrobu budowlanego
- numer i datę wystawienia krajowej deklaracji zgodności
- inne dane, jeżeli wynika to ze specyfikacji technicznej
- nazwę jednostki certyfikującej, jeżeli taka jednostka brała udział w zastosowanym systemie oceny zgodności wyrobu budowlanego

6.2.2. Próby polowe

Jeżeli brak jest wcześniejszych doświadczeń z robót wykonywanych w podobnych warunkach lub niemożliwe jest wykonanie dostatecznego rozpoznania podłoża, Wykonawca powinien wykonać wstępne próby polowe przy użyciu urządzeń, materiałów i technologii proponowanej do głównych robót iniekcyjnych. Należy wykonać co najmniej jeden element iniekcyjny, stosując procedurę roboczą (materiały, sprzęt) takie, jakie będą stosowane do wykonania robót zasadniczych. W silnie różnicowanych warunkach gruntowych konieczne będzie wykonanie większej ilości elementów próbnych.

Próby polowe wykonuje się w celu:

- wyboru najbardziej efektywnego systemu i parametrów roboczych
- sprawdzenia, czy wyniki są zgodne z wymaganiami projektowymi, gdy stosowany jest wybrany system i parametry robocze iniekcji strumieniowej.

O wykonywaniu prób polowych i ich ilości ostatecznie zdecyduje Inżynier.

Jeżeli próby polowe będą wykonywane i jeżeli możliwe jest wykonanie wykopu, to ocena cech geometrycznych i mechanicznych elementów iniekcyjnych powinna być dokonana na podstawie inspekcji odsłoniętych elementów iniekcyjnych oraz badań laboratoryjnych próbek pobranych przez wycięcie rdzeni lub przez wykopanie.

Jeżeli elementy iniekcyjne nie mogą być odsłonięte, to ocena wyników (głównie elementów) powinna być dokonana na podstawie pobranych próbek rdzeniowych lub pomiarów bezpośrednio przez związaniem, albo na podstawie badań pośrednich (np. prześwietlania geofizycznego, badania sondą wciskaną CPT, sondowania końcówką cylindryczną, stożkową sondą dynamiczną lub presjo metrem) .

6.3. Badania w czasie robót

Badania w czasie robót obejmują:

- pomiar ciśnienia pompowania – w przypadku, gdy konieczne są długie przewody lub bardzo głębokie iniekcje powinny być uwzględniane straty ciśnienia
- pomiar przepływu cieczy
- pomiar prędkości przesuwu i obrotów monitora
- pochylenie elementów iniekcyjnych- przez pomiar pochylenia żerdzi iniekcyjnej na powierzchni terenu przed wierceniem i podczas wiercenia
- kontrolę wizualną wypływu urobku
- pomiar gęstości wypływającego urobku; przyczyny nieoczekiwanych wyników powinny zostać rozpoznane
- wytrzymałość na ściskanie gruntocementu należy sprawdzić po 28 dniach od wykonania na znormalizowanych próbkach prostopadłościennych o wymiarach 40 mmx40 mmx160 mm. Probki należy uformować ze świeżego materiału pobranego podczas wypływania urobku, zagęścić zgodnie z PN-EN 196-1[6] i przechować do czasu wykonania badania w warunkach zbliżonych do warunków panujących na placu budowy. Należy pobrać 1 serię próbek na około 200 mb kolumn iniekcyjnych, lecz nie mniej niż 2 serie badań dla każdej z wydzielonych podpór (1 seria obejmuje 4 normowe beleczki próbne). Badanie wytrzymałości na ściskanie należy przeprowadzić zgodnie z PN-EN 196-1[5]. Wytrzymałość gruntocementu dla próbek wypływającego urobku nie powinna być mniejsza od projektowanej o więcej niż 10%, przy czym projektowana wytrzymałość na ściskanie gruntocementu wynosi 2,5 MPa.

Pomiary ciśnienia i przepływu cieczy oraz prędkości przesuwu i obrotów monitora powinny być dokonywane w sposób ciągły.

Wyniki badań powinny być zgodne z projektem technologicznym iniekcji strumieniowej.

6.4. Badanie wykonanych elementów iniekcyjnych

6.4.1. Określenie geometrii elementów

Jeżeli jest to możliwe (tzn. istnieje możliwość wykonania dużych wykopów sięgających na pełną głębokość elementu) określenie geometrii elementów iniekcyjnych powinno być przeprowadzone przez oględziny i bezpośrednie pomiary.

Jeżeli sprawdzenie wizualne nie jest możliwe, to geometrię elementów iniekcyjnych należy określić na podstawie ukośnych w stosunku do osi elementu, wierceń rdzeniowych, przewiertów z pomiarem szybkości wiercenia lub sondowań równoległych do osi.

Tolerancje wykonania elementów iniekcyjnych są następujące:

- rozstaw osi elementów: ± 5 cm
- głębokość formowania elementów: -10 cm (tolerancji „+” nie określa się)

6.4.2. Badanie właściwości mechanicznych

Niezależnie od badania próbek wpływającego urobku należy przeprowadzić badania próbek rdzeniowych (pobranych z elementu iniekcyjnego metodą wiercenia). Stosunek wysokości do średnicy próbek powinien wynosić 2,0.

Próbki rdzeniowe należy pobierać po po 28 dniach twardnienia. Próbki powinny być przechowywane w warunkach kontrolowanej wilgotności i temperatury.

Należy poddać badaniu na ściskanie 4 próbki na każde 1000 m³ objętości konstrukcji.

Wytrzymałość badana na próbkach rdzeniowych nie powinna być mniejsza od projektowanej (2,5 MPa) o więcej niż 5%.

6.4.3. Badanie przepuszczalności

Ogólną wodoszczelność konstrukcji formowanych metodą iniekcji strumieniowej należy oceniać na podstawie próbnych pompowań lub odczytów na piezometrach zanim zostaną rozpoczęte wykopy poniżej piezometrycznego poziomu wody gruntowej.

Przepuszczalność elementów może być mierzona za pomocą próby wodochłonności w wywierconych otworach.

7. OBMIAR ROBÓT

7.1. Ogólne zasady obmiaru robót

Ogólne zasady obmiaru robót podano w M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1], pkt 7.

7.2. Jednostka obmiarowa

Kontrakt ryczałtowy-podana niżej jednostka obmiarowa jest tylko w celu odbioru robót i nie służy do rozliczeń finansowych.

Jednostką obmiarową dla M.11.01.06.a jest metr sześcienny (m³) gruntu wzmocnionego metodą iniekcji strumieniowej.

8. ODBIÓR ROBÓT

8.1. Ogólne zasady odbioru robót

Ogólne zasady odbioru robót podano w M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1], pkt. 8.

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

Odbiorom podlegają:

- materiały wyjściowe

– wykonane elementy iniekcyjne

Odbioru ostatecznego dokonuje się na podstawie:

- stwierdzenia zgodności zakresu iniekcji z założonym w dokumentacji projektowej
- stwierdzenia uzyskania parametrów założonych w dokumentacji projektowej na podstawie badań określonych w pkt.6.niniejszej ST

Inżynier odbiera elementy kontroli jakości robót, które należy wykonać, a których nie ma w pozycji odbiór robót – zgodnie z M-00.00.00. pkt.8.1.

8.2. Sposób postępowania w przypadku uzyskania negatywnych wyników badań:

W przypadku uzyskania negatywnych wyników badań Projektant powinien stwierdzić:

- czy nie uzyskanie pozytywnych wyników badań jest skutkiem nie spełnienia wymagań niniejszej ST lub nie zachowania zasad technologicznych, czy też jest to wyniki rozbieżności rzeczywistych warunków gruntowych od określonych w dokumentacji geologicznej
- czy zachodzi potrzeba wykonania dodatkowych elementów iniekcyjnych celem zwiększenia stopnia ulepszenia gruntu

Jeśli potrzeba wykonania dodatkowych elementów nie jest spowodowana winą Wykonawcy, roboty będą robotami dodatkowymi, za wykonanie których Wykonawcy przysługuje dodatkowe wynagrodzenia.

9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

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

10. PRZEPISY ZWIĄZANE

10.1. Specyfikacje Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (ST)

1. M-00.00.00 Wymagania ogólne

10.2. Normy

2. PN-EN 12716:2002 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Iniekcja strumieniowa
3. PN-EN 197-1:2002 Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku.
4. PN-EN 196-3:1996 Metody badania cementu – Oznaczanie czasu wiązania i stałości objętości.
5. PN-EN 1008:2004 Woda do zarobowa do betonów.
6. PN-EN 196-1 Metody badania cementu. Część 1. Oznaczanie wytrzymałości

| | | | |
|--|--|--|-----------|
| | | | |
| | | | Operator: |
| | | | Podpis: |

RAPORT DZIENNY WIERTNICY INIEKCYJNEJ

| | | | | | |
|--------------------------------|------------------|----------|----------|----------------------------|--|
| OBIEKT: | | STREFA | | Typ pompy: | |
| DATA: | | | | Nadzorujący: | |
| Zmiana | | do | | Podpis: | |
| od | | | | | |
| Dyspozycje wykonawcze | | | | Kolejność wykonania kolumn | |
| | Wstępne płukanie | Iniekcja | Wiertacz | | |
| Głębokość spodu kolumny (m) | | | | | |
| Głębokość wierzchu kolumny (m) | | | | | |
| Średnica dyszy (mm) | | | | | |
| Stopień posuwu (cm) | | | | | |
| Czas stopnia (s) | | | | | |
| Prędkość obrotów (obr./min.) | | | | | |
| Ciśnienie wody (bar) | | | | | |
| Wydatek wody (l/min.) | | | | | |
| Ciśnienie iniektu (bar.) | | | | | |
| Wydatek iniektu (l/min.) | | | | | |
| Ciśnienie powietrza (bar) | | | | | |

| Przebieg wiercenia | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------|--------------|---------------------|
| Nr kolumn | Pochylenie | Początek wiercenia | Koniec wiercenia | Głębokość | Początek płukania | Koniec płukania | Początek iniekcji | Koniec iniekcji | Głębokość końca | Ciśnienie wody | Ciśnienie iniektu | Stopień posuwu | Czas stopnia | Ciśnienie powietrza |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Kontrola urobku | | | | | | | | | | | | | | |
| Nr kolumny | Głębokość | Gęstość urobku | Numery pobranych próbek | Uwagi i spostrzeżenia | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Wiertacz: | | | | | | | | | | |
| | | | | Podpis: | | | | | | | | | | |