

**M-11.03.05****WZMOCNIENIE GRUNTU METODĄ INIEKCJI STRUMIENIOWEJ  
SOILCRETE (JET GROUTING)****1. WSTĘP****1.1 Przedmiot SST**

Przedmiotem niniejszej Szczegółowej Specyfikacji Technicznej są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót związanych ze wzmocnieniem podłoża gruntowego pod fundamentami metodą iniekcji strumieniowej SOILCRETE (JET GROUTING) w ramach realizacji zadania:

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

**1.2 Zakres stosowania SST**

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

**1.3 Zakres robót objętych w SST**

Ustalenia zawarte w niniejszej SST mają zastosowanie przy wykonywaniu wzmocnienia podłoża gruntowego metodą iniekcji strumieniowej na podstawie:

- projektu wykonawczego robót iniekcyjnych zgodnie z PN-EN 12716;
- projektu technologicznego, sporządzonego przez Wykonawcę robót i zaakceptowanego przez Projektanta wzmocnienia gruntu.

**1.4 Określenia podstawowe**

Określenia podane w niniejszej SST są zgodne z obowiązującymi polskimi normami i z definicjami podanymi w OST D-M-00.00.00. “Wymagania ogólne” pkt. 1.4.

**1.4.1 Iniekcja strumieniowa** – polega na lokalnym rozluźnieniu struktury gruntu przez rozplukanie za pomocą wysokoenergetycznego strumienia medium iniekcyjnego lub wody o dużej prędkości wylotowej przy dyszy, przy jednoczesnym wymieszaniu gruntu zalegającego w podłożu z materiałem iniekcyjnym.

**1.4.2 Element iniekcyjny** – bryła zainiektowanego gruntu, w kształcie kolumny, sektora lub lameli, wykonana z jednego wywierconego otworu; poszczególne elementy iniekcyjne mogą się wzajemnie przenikać, tworząc przestrzenne bryły lub przesłony, spełniające funkcje statyczne lub uszczelniające.

**1.4.3 System pojedynczy** (S, ang. single) – iniekcja strumieniowa, w której rozluźnienie struktury gruntu i cementacja następuje podczas oddziaływania wysokoenergetycznego strumienia pojedynczego medium iniekcyjnego, którym zwykle jest zaczyn cementowy.

**1.4.4 System podwójny** (D, ang. double) – iniekcja strumieniowa, w której rozluźnianie struktury gruntu i cementacja następuje podczas oddziaływania wysokoenergetycznego strumienia medium iniekcyjnego, którym zwykle jest zaczyn cementowy, otoczonego otuliną sprężonego powietrza dla podwyższenia koncentracji strumienia.

**1.4.5 System potrójny** (T, ang. triple) – iniekcja strumieniowa, w której rozluźnianie struktury gruntu następuje podczas oddziaływania wysokoenergetycznego i niezależnie wyprowadzonego strumienia wody, otulonego sprężonym powietrzem dla podwyższenia koncentracji strumienia, a proces cementacji gruntu odbywa się przez równoczesne podawanie zaczynu cementowego, który wypływa z oddzielnej dyszy, umieszczonej poniżej dyszy wodnej.

Wyboru odpowiedniego systemu iniekcji strumieniowej dokonuje Projektant, biorąc pod uwagę rodzaj i stan gruntów zalegających w podłożu oraz wymagany zasięg iniekcji w gruncie (zwykle średnicy kolumny).

Pozostałe określenia i terminy wg normy PN-EN 12716.

**1.5 Ogólne wymagania dotyczące Robót**

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

Ogólne wymagania dotyczące robót podano w OST D-M-00.00.00 “Wymagania ogólne” pkt. 1.5.

**1.6 Wymagania techniczne**

Roboty powinny być wykonane zgodnie z Projektem Wykonawczym, SST i Projektem Technologicznym.

Przed rozpoczęciem zasadniczych robót na obiekcie należy wykonać próby polowe dla potwierdzenia prawidłowości wybranej technologii robót oraz założeń projektowych, w szczególności uzyskiwanej średnicy kolumny iniekcyjnej. Zakres i liczbę prób określa się w dokumentacji projektowej.

Wyniki badań próbnych należy przedstawić do zatwierdzenia Projektantowi wzmocnienia podłoża gruntowego. Do

zasadniczych robót związanych z wzmocnieniem gruntu za pomocą iniekcji strumieniowej można przystąpić po zatwierdzeniu wyników prób przez Projektanta i Inżyniera.

W przypadku stwierdzenia występowania istotnych niezgodności w budowie podłoża w stosunku do warunków geotechnicznych przyjętych w projekcie należy powiadomić Projektanta i Inżyniera w celu podjęcia stosownych decyzji i/lub zmiany parametrów technologicznych procesu iniekcji. Analogicznie należy postępować w przypadku natrafienia w trakcie wiercenia na nieprzewidziane przeszkody w podłożu.

### 1.7 Wymagania dokumentacyjne

Roboty iniekcyjne należy realizować na podstawie dokumentacji obejmującej:

- projekt wykonawczy iniekcji strumieniowej, określający liczbę i rodzaj elementów iniekcyjnych oraz ich charakterystykę geometryczną i właściwości zeskalonego gruntu,
- projekt technologiczny, określający sposób wykonania i parametry technologiczne iniekcji, łącznie z badaniami kontrolnymi.

## 2. MATERIAŁY

### 2.1 Ogólne wymagania dotyczące materiałów

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

### 2.2 Materiały do wykonania iniekcji

Materiały użyte do wykonania robót iniekcyjnych muszą odpowiadać wymaganiom sformułowanym w projekcie wykonawczym dla przedmiotowego zakresu robót. W robotach iniekcyjnych stosuje się:

- zaczyn cementowy, o stosunku wagowym woda/cement w granicach  $W/C=0,5$  do  $1,5$
- cementy lub spoiwa hydrauliczne, zgodne z Polskimi Normami lub posiadające aprobaty techniczne,
- dodatki do zaczynu cementowego, według zaleceń projektu wykonawczego lub projektu technologicznego.

## 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 Narzędzia wierzące

Narzędzia wierzące należy dostosować do warunków gruntowych i wodnych. Wykonawca odpowiedzialny jest za szczegółowy dobór sprzętu zapewniający prawidłowe wykonanie robót określonych w dokumentacji technicznej i ST oraz zgodnie z zakładaną technologią.

Podstawowy sprzęt niezbędny do realizacji robót to:

- wiertnica udarowo-obrotowa, przystosowana do wykonywania iniekcji strumieniowej, wyposażona w żerdź iniekcyjną, monitor i osprzęt, umożliwiającą wykonywanie wiercenia i iniekcji w kontrolowany sposób, tj. z zadanymi prędkościami obrotu i posuwu żerdzi,
- agregat mieszający i pompujący, dostarczający medium iniecyjne oraz ewentualnie wodę i sprężone powietrze, odpowiednio do zastosowanego systemu iniekcji strumieniowej,
- przewody wysokociśnieniowe do połączenia pomp iniekcyjnych z wiertnicą,
- sprzęt pomiarowo-rejestacyjny do monitorowania i rejestracji ciśnienia i przepływu medium iniecyjnego, prędkości obrotów i podciągania żerdzi oraz głębokości wiercenia,
- urządzenia do pomiaru średnicy kolumny iniecyjnej, bezpośrednio po jej wykonaniu,
- silosy magazynowe na cement i składniki dodatkowe.

Zastosowany sprzęt musi zapewniać bezpieczną realizację robót z zakładaną wydajnością.

## 4. TRANSPORT

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

Ładunek, transport, rozładunek i składowanie materiałów do wykonania iniekcji strumieniowej powinny odbywać się tak, aby zachować ich dobry stan techniczny.

## 5. WYKONANIE ROBÓT

### 5.1 Wyznaczanie podłoża elementów iniekcyjnych

Punkty wyznaczające osie elementów iniekcyjnych powinny być oznaczone w sposób trwały na podstawie domiarów do wyznaczonych geodezyjnie punktów osnowy. Każdy element musi mieć indywidualne i niepowtarzalne oznakowanie (numer punktu).

### 5.2 Roboty iniekcyjne

Kolejność wykonania punktów iniekcji musi być zgodna z projektem technologicznym. Sposób i szybkość wiercenia oraz ciśnienie iniekcji i prędkość podciągania żerdzi należy dostosować do charakteru obiektu oraz warunków

gruntowych i wodnych. Roboty realizować zgodnie z PN-EN 12716.

Technika iniekcji strumieniowej polega na lokalnym rozluźnieniu gruntu za pomocą wysokoenergetycznego strumienia medium iniekcyjnego lub wody. Jednocześnie cząstki gruntu zostają wymieszane z zaczynem cementowym przy udziale turbulencji, wypełniając wolną przestrzeń w podłożu. Nadwyżka powstałej mieszaniny wypływa na powierzchnię przez przestrzeń wokół żerdzi wiertniczej. Zasięg oddziaływania strumienia iniekcji zależy głównie od rodzaju gruntu oraz od zastosowanego wariantu technologii i wynosi od około 0,50 m do ponad 3 m.

Cykl wykonania iniekcji obejmuje dwie fazy. W pierwszej fazie wykonuje się w gruncie otwór wiertniczy o średnicy od 100 do 200 mm, do głębokości wymaganej w projekcie. W drugiej fazie, podczas powolnego podciągania żerdzi wiertniczej do góry, podaje się medium iniecyjne. W przypadku stosowania systemu podwójnego strumień erozyjny jest otulony sprężonym powietrzem dla poprawienia koncentracji strumienia. W systemie potrójnym medium tnącym jest woda w otulinie sprężonego powietrza, a zaczyn cementowy pompowany jest osobno pod mniejszym ciśnieniem. Obrót żerdzi w trakcie jej podciągania umożliwia uformowanie kolumn (pełny obrót) lub sektorów kierunkowych (ruch żerdzi w zakresie przyjętego wycinka koła). Występujące w otworze iniekcyjnym nadciśnienie powoduje częściowe wypłukanie mieszaniny gruntu i zaczynu na powierzchnię, tworząc urobek. Pozostała część gruntu zostaje w wyniku silnej turbulencji wymieszana z cementem, co po zakończeniu procesu wiązania doprowadza do zeskalenia podłoża. W świeżych kolumnach można umieszczać elementy zbrojeniowe, o ile przewidziano je w projekcie wykonawczym.

Parametry technologiczne iniekcji ustala się każdorazowo na budowie, zależnie od przebiegu wstępnych prób (zwykle od 1 do 3 kolumn próbnych) i systemu iniekcji.

Zeskalony cementogrunt powinien osiągnąć właściwości (wytrzymałość i/lub szczelność) określone w projekcie wykonawczym.

### 5.3 Roboty wykończeniowe

Po stwardnieniu cementogruntu przystąpić należy do przygotowania podłoża pod wykonanie fundamentów mostu. W tym celu należy skuć kolumny do poziomu i z zachowaniem kształtu wymaganego w Dokumentacji Projektowej.

## 6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

### 6.1 Postanowienia ogólne

Do odbioru wykonawca zobowiązany jest przedstawić:

- dokumentację powykonawczą z naniesionymi punktami wykonania iniekcji oraz ewentualnymi zmianami i uzupełnieniami dokonanymi w trakcie robót,
- dziennik budowy,
- zestawienia dzienne wykonanych elementów iniekcyjnych, zawierające: datę wykonania, numer elementu, głębokość wiercenia, długość elementu, rzędną platformy roboczej, ilość zużytego zaczynu, prędkość podciągania i prędkość obrotu żerdzi,
- wyniki badań materiałowych cementogruntu (badania wytrzymałościowe i/lub wodoprzepuszczalności).

### 6.2 Program badań

#### 6.2.1 Prace i badania kontrolne przed rozpoczęciem robót zasadniczych

- sprawdzenie przygotowania frontu robót i platformy roboczej,
- sprawdzenie i odebranie wpisem do dziennika budowy wstępnych prób iniekcji, według zakresu ustalonego w projekcie technologicznym.

#### 6.2.2 Badania kontrolne w czasie robót

- sprawdzenie jakości i zgodności materiałów stosowanych do iniekcji,
- bieżąca kontrola podłoża gruntowego na podstawie obserwowanego przebiegu wiercenia i iniekcji,
- ciągłe monitorowanie parametrów iniekcji (ciśnienie, przepływ zaczynu, prędkość podciągania i obrotu żerdzi wiertniczej),
- wizualna kontrola rodzaju i procesu wiązania urobku,
- bieżące badania gęstości zaczynu cementowego (dla każdego zarobu).

#### 6.2.3 Badania odbiorcze

- sprawdzenie zgodności wykonanych robót z projektem wykonawczym,
- wykonanie i przedstawienie wyników badań kontrolnych, przewidzianych w projekcie wykonawczym (w szczególności koniecznych do osiągnięcia właściwości cementogruntu).

### 6.3 Opis badań

#### 6.3.1 Sprawdzenie przygotowania terenu

Sprawdzenie przygotowania frontu robót i platformy roboczej należy przeprowadzić w porównaniu do wymagań określonych w dokumentacji projektowej.

W przypadku dużego prawdopodobieństwa napotkania urządzeń lub instalacji podziemnych należy wykonać przekopy kontrolne i odsłonić przeszkody.

#### 6.3.2 Sprawdzenie jakości materiałów

Należy prowadzić na bieżąco na zgodność z wymaganiami SST i projektu wykonawczego.

#### 6.3.3 Sprawdzenie formowania elementów iniekcyjnych

Badania w trakcie robót polegają na bieżącym sprawdzaniu:

- zagłębienia żerdzi wiertniczej,
- ciągłym monitorowaniu i rejestracji parametrów technologicznych iniekcji (ciśnienie i przepływ zaczynu, prędkość podciągania i obrotu żerdzi wiertniczej),
- składu i gęstość medium iniekcyjnego.

Głębokość wiercenia kontroluje się na podstawie liczby i długości wprowadzonych w grunt żerdzi lub urządzenia pomiarowego, z dokładnością  $\pm 10$  cm.

Kontrolę składu i gęstości medium iniekcyjnego przeprowadza się bezpośrednio w miejscu jego przygotowania, badając proporcje wagowe stosowanych składników i ich jakość.

#### 6.3.4 Sprawdzenie podłoża gruntowego

Sprawdzenie podłoża polega na obserwacji oporów wiercenia i koloru urobku wpływającego na powierzchnię i porównaniu tych informacji z zakładaną budową podłoża według dokumentacji projektowej.

#### 6.3.5 Sprawdzenie zgodności z dokumentacją

Polega na porównaniu wykonanych robót z dokumentacją wykonawczą i ewentualnymi zmianami wprowadzonymi przez Projektanta i Inżyniera.

#### 6.3.6 Sprawdzenie robót wykończeniowych

Kształt wierzchniej płaszczyzny cementogruntu pod wykonanie fundamentów mostu musi odpowiadać wymiarom i kształtom podanym w Dokumentacji Projektowej z dokładnością do  $\pm 10$  mm.

### 7. OBMIAR ROBÓT

Jednostką obmiaru robót jest  $m^2$  (metr kwadratowy) iniekcji strumieniowej wykonanej w obrysie ścianki szczelnej. Ogólne zasady obmiaru robót podano w OST D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne".

### 8. ODBIÓR ROBÓT

Wzmocnienie gruntu za pomocą iniekcji strumieniowej należy uznać za dobrze wykonane, jeżeli spełniono założenia projektu wykonawczego. W przypadku stwierdzenia usterek nie nadających się do usunięcia, lecz nie zagrażających bezpieczeństwu budowlą w okresie jej całej przewidywanej eksploatacji, można warunkowo odebrać wadliwe elementy.

Roboty objęte niniejszą SST podlegają dwóm etapom odbioru, dokonywanym przez Inżyniera, tj.:

- bieżącej kontroli robót zanikających,
- odbiorowi ostatecznemu.

Ze względu na charakter robót zanikających wykonanie poszczególnych elementów iniekcyjnych należy kontrolować na bieżąco w czasie prac. Ponadto z każdego dnia robót należy sporządzić zestawienie zbiorcze wykonanych elementów iniekcyjnych i przedstawić Inżynierowi/Inspektorowi Nadzoru do akceptacji.

Podstawą odbioru ostatecznego robót są następujące dokumenty:

- dokumentacja powykonawcza wykonanych elementów iniekcyjnych, z naniesionymi ewentualnymi zmianami, które wprowadzono w czasie realizacji robót,
- dziennik budowy,
- uzasadnienie dokonanych zmian,
- dokumenty dotyczące jakości wbudowywanych materiałów,
- wyniki badań kontrolnych.

Odbiór robót potwierdza się protokołem.

### 9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

Podstawą płatności jest kwota ryczałtowa.

Kwota ryczałtowa uwzględnia:

- zapewnienie niezbędnych czynników produkcji,
- badania geotechniczne w miejscu przewidzianego wzmocnienia podłoża,
- opracowanie projektu technologicznego,
- wytyczenie punktów iniekcji,
- transport i uzbrojenie sprzętu do wykonania iniekcji;
- wykonanie otworu wiertniczego,
- zakup materiałów iniekcyjnych oraz przygotowanie zaczynu,

- uformowanie elementu iniekcyjnego w gruncie,
- wykonanie badań kontrolnych przewidzianych w projekcie wykonawczym,
- skucie kolumn cementowo-gruntowych do poziomu i z zachowaniem kształtu wymaganego w Dokumentacji Projektowej pod wykonanie fundamentów mostu,
- oczyszczenie terenu robót.

## 10. PRZEPISY ZWIĄZANE

### 10.1 Normy

PN-EN 12716  
PN-86/B-02480  
PN-74/B-04452

Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Iniekcja strumieniowa.  
Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.  
Grunty Budowlane. Badania polowe.