

## **D.02.02.01.KBGZ WYKONYWANIE WZMOCNIENIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO METODĄ KOLUMN BETONOWYCH Z GŁOWICĄ ŻWIROWĄ**

### **1. Wstęp**

#### **1.1. Przedmiot Specyfikacji Technicznej**

Przedmiotem niniejszej ST są wymagania dotyczące wykonanie i odbioru robót związanych ze wzmocnieniem podłoża gruntowego pod nasyp drogowy dla inwestycji budowy ulicy Nowa Portowa w miejscowości Gdańsk. Specyfikacja obejmuje technologię kolumn betonowych z głowicą żwirową (KBGZ).

#### **1.2. Zakres stosowania ST**

Specyfikacja Techniczna jest stosowana jako dokument kontraktowy przy realizacji robót wymienionych w pkt. 1.1.

#### **1.3. Zakres robót objętych ST**

Ustalenia zawarte w niniejszej Specyfikacji określają wymagania dla wzmocnienia podłoża gruntowego pod nasyp drogowy przy budowie ulicy Nowe Kaczeńce oraz Nowa Portowa poprzez wykonanie wzmocnienia podłoża za pomocą: **kolumn betonowych z głowicą żwirową (KBGŻ)**.

#### **1.4. Określenia podstawowe**

Określenia podane w niniejszej ST są zgodne z obowiązującymi odpowiednimi normami i definicjami podanymi w D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt. 1.4

##### **1.4.1. Kolumny KBGZ**

Pionowe kolumny składające się z trzonu betonowego, formowanego w gruntach słabych. Przy wychodzeniu do góry, po osiągnięciu warstwy niespoistej, otwór pozostały po penetracji końcówki zostaje wypełniony poprzez obsypanie i zawibrowanie materiału składającego się na daną warstwę oraz materiału dodatkowego, dodanego z zewnątrz tworząc głowicę żwirową.

##### **1.4.2. Platforma robocza**

Warstwa zagęszczonego gruntu – kruszywa, uformowana w celu umożliwienia ruchu ciężkiego sprzętu stanowiąca jednocześnie dolną część formowanego nasypu drogowego po wykonaniu kolumn KBGZ.

### 1.4.3. Projekt technologiczny

Opracowanie, które będzie zawierało szczegółowy opis metody formowania kolumn z uwagi na posiadany przez wykonawcę sprzęt..

Projekt technologiczny podlega zatwierdzeniu przez Projektanta i Inżyniera.

1.4.4. Pozostałe określenia podstawowe są zgodne z obowiązującymi, odpowiednimi polskimi normami oraz z definicjami podanymi w ST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt. 1.4.

### 1.5. Wymagania dokumentacyjne

Niniejsza specyfikacja wykonana została w oparciu o dokumentację geotechniczną wzmocnienia podłoża gruntowego. W projektach technologicznych, wykonywanych na podstawie projektu wykonawczego, rozwiązania zostaną uszczegółowione na podstawie wyników badań oraz wyników z poletek próbnych.

Roboty związane z wykonaniem wzmocnienia gruntowego powinny być realizowane zgodnie z Projektem Technologicznym, przygotowanym przez Wykonawcę wzmocnienia. Projekt technologiczny należy przygotować na podstawie następujących materiałów:

- Dokumentacji Projektowej
- Dokumentacji geotechnicznej
- Dodatkowych badań geologicznych uściślających warunki gruntowe
- Wyników poletek próbnych

Projekt technologiczny powinien zawierać:

- Rzędą poziomą platformy roboczej
- Plan rozmieszczenia kolumn KBGZ
- Przedmiar
- Obliczeniową głębokość wzmocnienia (dla każdej z sekcji) uwzględniającą konieczne zagłębienie wynikające z potrzeby zakotwienia, zastosowanej technologii i parametrów gruntu nośnego
- Opis technologii wykonywania kolumn KBGZ
- Szczegółowe rozwiązania dla każdej ze stref

Projekt technologiczny podlega akceptacji Projektanta oraz Inżyniera.

## 2. Materiały

### 2.1. Wymagania ogólne

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

## 2.2 . Grunt do wykonania platformy roboczej

Do wykonania platformy roboczej należy użyć gruntu naturalnego tj. – żwiru (Ż) lub pospółki ( Po ) lub piasku ( Pr, Ps lub Pd) zgodnych z PN-B-02480:1886. Wymagana wodoprzepuszczalność  $k > 5,2$  m/d. Zawartość części pylastych  $< 0,075$  poniżej 8%, wskaźnik różnoziarnistości  $U > 3$ .

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

- krzywa uziarnienia
- wskaźnik różnoziarnistości
- moduł E2
- geometrię platformy roboczej (powierzchnię i rzędną)

Badania przeprowadzić w ilości: 3 badania na każde 1000 m<sup>2</sup> platformy roboczej.

## 2.3. Grunt do wykonania nasypów na wzmocnionym podłożu.

Do wykonania nasypów na wzmocnionym podłożu należy użyć grunt zgodny z wymaganiami stosownej specyfikacji technicznej

## 2.4. Materiał do wykonania kolumn KBGZ

Kolumny KBGZ są przestrzennymi elementami wzmocnienia podłoża z tego względu stosowany iniekt nie jest betonem konstrukcyjnym.

Klasa betonu użytego do wykonania kolumn KBGZ nie powinna być niższa niż C20/25. W przypadku stwierdzenia środowiska agresywnego chemicznie, klasę betonu należy dostosować do klasy ekspozycji zgodnie z PN-EN 206-1.

Podczas wychodzenia końcówki przez warstwy gruntów niespoistych, w razie niemożności zagęszczenia gruntu do stanu jak przed penetracją, należy grunt doziarnić frakcją 0-8 mm (przy czym zawartość frakcji mniejszej od 0,0075 mm nie więcej jak 5%). Dopuszcza się stosowanie materiału doziarniającego o frakcji większej niż 0-8mm, dający możliwość odpowiedniego zagęszczenia. Objętość i skład dodatkowej frakcji ustali się na etapie poletka próbnego.

## 3. Sprzęt

### 3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

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

### **3.2. Sprzęt do wykonania kolumn KBGZ**

Użyty sprzęt powinien zapewnić wykonanie kolumn KBGZ o następujących parametrach:

- średnica trzonu betonowego w gruncie słabym - od 300 do 1000 mm.
- długość kolumn przewidzianych w Dokumentacji Projektowej do szacowanej głębokości 25m.p.p.t.,
- automatyczną rejestrację wykonania kolumny, która obejmuje podstawowe parametry produkcyjne takie jak:
  - numer kolumny,
  - datę i godzinę rozpoczęcia oraz zakończenia wykonania,
  - głębokość,
  - parametry betonowania: objętość wbudowanego iniektu
  - parametry zagłębiania i prędkości penetracji wibrokońcówki

Rejestrowane parametry muszą pozwalać na bieżące śledzenie dokładności wykonywanych robót i formowanego trzonu kolumny. 100% kolumn powinno posiadać metryki. Dla minimum 90% kolumn w obrębie każdej sekcji należy dostarczyć metryki elektroniczne z maszyn. Dla pozostałych 10% kolumn w obrębie każdej sekcji dopuszcza się wykonanie metryk ręcznie, w postaci raportu dziennego prac.

## **4. Transport**

### **4.1. Ogólne wymagania dotyczące transportu**

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w ST D-00.00.00 „wymagania ogólne” pkt.

### **4.2. Transport mieszanki betonowej do kolumn KBGZ**

Mieszanka betonowa na plac budowy powinna być transportowana za pomocą betonowozów o maksymalnej pojemności 9 m<sup>3</sup>. Rozładowanie mieszanki betonowej następowało będzie za pomocą pomp umożliwiających pompowanie mieszanki betonowej. Mieszanka betonowa nie może ulegać rozsegregowaniu w trakcie transportu.

### **4.3. Transport materiałów.**

Materiały na terenie placu budowy należy przewozić po wykonanych drogach serwisowych. Na terenie budowy powinny zostać wyznaczone tymczasowe miejsca składowania materiałów.

### **4.4. Transport dodatkowego kruszywa do doziarniania**

Kruszywa można przewozić dowolnymi środkami transportu lecz w sposób zabezpieczający przed zawilgoceniem i zanieczyszczeniem oraz wymieszaniem z innymi materiałami. Kruszywo na terenie placu budowy należy przewozić po wykonanych drogach serwisowych. Na terenie budowy powinny zostać wyznaczone tymczasowe miejsca składowania materiałów(hałdy). Odległość miejsc składowania materiałów od najdalszego miejsca wbudowania nie powinna przekraczać 100m.

## 5. Wykonywanie robót

### 5.1 . Badania uzupełniające podłoża gruntowego

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

- sondowań statycznych CPTU, lub CPT
- Badań sondą dynamiczną (DPH lub DPL)
- Badania agresywności wody gruntowej na beton

Badania umożliwią sprawdzenie założeń projektowych lub ich ewentualną weryfikację.

### 5.2. Poletka próbne

Na początku robót Wykonawca powinien wykonać poletka próbne w celu wykazania, że przyjęte założenia technologiczne są poprawne i gwarantują uzyskanie wymagań projektowych. Ustala się dwa poletka próbne dla technologii KBGZ.

Każde poletko próbne będzie przeanalizowane przez Wykonawcę w odrębnych opracowaniach i przekazane do nadzoru inwestorskiego celem weryfikacji poprawności zastosowania metody KBGZ.

### 5.3. Projekt technologiczny

W oparciu o wyniki badań podłoża i poletek próbnych wykonawca zweryfikuje projekty technologiczne, zawierający wszelkie niezbędne parametry realizacyjne i doświadczenia z poletek próbnych. Weryfikacja podlega zatwierdzeniu przez Inżyniera i Projektanta.

## 5.4 Wykonanie kolumn KBGZ

### 5.4.1. Opis technologii KBGZ

Kolumny KBGZ są zaawansowanym technicznie wariantem kolumn betonowo-żwirowych. Wzmocnienie kolumnami KBGZ polega na utworzeniu w słabym podłożu inkluzji składającej się z trzonu betonowego (o średnicy 0.3 - 1.0m), cechującego się dużą sztywnością. Zastosowanie trzonu betonowego w gruntach słabych, zapewnia wyraźne ograniczenie osiadań podłoża gruntowego oraz wpływa znacząco na poprawę stateczności (wyraźne zwiększenie współczynnika stateczności). Dzięki tak dobranej technologii uzyskuje się bardzo małe osiadanie resztkowe, porównywalne do wartości uzyskiwanych w przypadku posadowień na palach.

Schemat wykonywania kolumn KBGZ wygląda w taki sposób, że z poziomu platformy roboczej przechodzi się specjalną końcówką wibracyjną (lub poprzez zastosowanie podwiertu rozluźniającego grunt) przez zagęszczone warstwy gruntów niespoistych oraz grunty słabe, aż osiągnie się strop gruntów nośnych. Zakotwienie w gruncie nośnym nie powinno być mniejsze niż 50 cm. Następnie rozpoczyna się podawanie betonu, którego objętość jest monitorowana, przy jednoczesnym podciąganiu wibrokońcówki (lub świdra przemieszczeniowego) do góry. Przy odpowiedniej szybkości wychodzenia i jednoczesnego

monitoringu objętości podawanego betonu otrzymuje się trzon betonowy o pożądanej średnicy.

Po osiągnięciu stropu warstwy gruntów słabych, następuje odcięcie dopływu mieszanki betonowej i wychodzenie wibrokońcówki (lub świdra) z jednoczesnym wykonaniem zagęszczenia (poprzez wibrowanie) powstałego otworu. Zagęszczenie otworu można wykonać po wyjęciu końcówki podającej beton i kolejnym zagłębieniem wibratora.

Pomiędzy trzonem betonowym a zawibrowanym gruntem wykształca się głowica żwirowo-betonowa, która umożliwia ułatwia koncentrację i przenoszenie obciążeń na trzon betonowy.

Przy zastosowaniu kombinacji betonowo – żwirowej nie występuje problem przeszywnienia podłoża nad głowicą kolumny, gdyż sztywny trzon betonowy występuje względnie dość głęboko od warstwy materacy geosyntetycznych, co w wielu przypadkach umożliwia rezygnację bądź ich ograniczenie.

Obciążenie przekazywane na podłoże jest przenoszone nie tylko przez kolumny, ale także przez otaczający je grunt. Słabe podłoże przenosi zazwyczaj od 5 do 40% obciążeń całkowitych. Trzony betonowe z betonowo – żwirową głowicą pozwalają na zredukowanie osiadań podłoża od 60 do 95% (w zależności od stanu gruntu i rozstawu kolumn).

Metoda wzmacniania podłoża za pomocą kolumn KBGZ została opracowana do zastosowania w warunkach gdzie grunt nienośny występuje na głębokości od 3m pod poziomem terenu i pod warstwą gruntów niespoistych.

W kolumnach KBGZ, jako medium nośne dla trzonu betonowego jest stosowana odpowiednio zaprojektowana mieszanka betonowa. Trzon kolumny ma średnicę około 300mm do 1000mm. Średnica głowicy żwirowej kolumny wynosi od około 600mm do około 1000mm - w zależności od podatności bocznej gruntu.

5.4.2. Technologia i kolejność robót związanych z wykonaniem wzmocnienia podłoża w technologii kolumn betonowych typu KBGZ.

- 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 KBGZ, należy wykonać bezpośrednio po zdjęciu gleby urodzajnej. Platforma robocza powinna być odwodniona w każdych warunkach pogodowych i znajdować się min. 50 cm nad poziomem wody gruntowej. Grubość platformy roboczej zostanie zdefiniowana przez aktualne warunki gruntowo-wodne. Rzędna platformy roboczej, określana w projekcie technologicznym może ulec zmianie gdyż grubość platformy roboczej zostanie określona bezpośrednio przed przystąpieniem do robót przez kierownika robót i Inspektora Nadzoru. W przypadku, gdy wymagana rzędna platformy roboczej będzie wyższa niż ta przewidziana w projekcie technologicznym, różnica będzie traktowana jako warstwa nasypu. Materiał platformy roboczej musi zostać zagęszczony powierzchniowo w celu uzyskania modułu odkształcenia  $E_{v2} > 30 \text{ MPa}$ , w każdych warunkach pogodowych. Platforma robocza w każdych warunkach pogodowych musi umożliwić pracę ciężkiego sprzętu (o masie 110 ton).
- 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 KBGZ. Kolumny KBGZ wykonywane będą kolejno na poszczególnych strefach zgodnie z harmonogramem robót. Kolumny należy wykonać z

uwzględnieniem zakotwienia w warstwie nośnej (ok. 0,5 m). Szczegółowa długość zakotwienia zależy od gruntu nośnego w danej lokalizacji i jest weryfikowana na bieżąco.

- Wyrównanie platformy roboczej i jej zagęszczenie
- Wykonanie kolejnych warstw nasypu zgodnie z oddzielnym opracowaniem

## **6.0 Kontrola jakości robót**

### **6.1 Ogólne zasady kontroli jakości robót**

Ogólne zasady kontroli jakości robót podano w ST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne”, pkt.

### **6.2 Weryfikacja kolumn KBGZ**

#### **6.2.1 Kontrola przed rozpoczęciem wykonania,**

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca sprawdzi prawidłowość wytyczenia siatki kolumn wraz z dokumentacją projektową. Maksymalna odchyłka rozmieszczenia może wynosić 0,5 D, gdzie D jest największą, projektowaną średnicą trzonu betonowego.

#### **6.2.2. Kontrola w trakcie wykonywania robót,**

Kontrola wykonania kolumn KBGZ obejmuje zapis na rejestratorze parametrów określonych w pkt. 3.2 niniejszej ST i bieżące śledzenie (na podstawie w/w parametrów) dokładności formowanej kolumny.

Podstawowym parametrem na jaki należy zwracać uwagę, jest stosunek wbudowanego betonu i prędkości podciągania końcówki. Prędkość wychodzenia końcówki musi być tak dobrana, by objętość tłoczonego betonu pozwalała na osiągnięcie zakładanej średnicy trzonu betonowego.

#### **6.2.3. Kontrola po wykonaniu kolumn KBGZ**

Kontrola wykonanych kolumn KBGZ 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 więcej niż o 0,5 D..

- wyrywkowe sprawdzenie metryk kolumn, ilości zużywanego materiału w funkcji długości i średnicy trzonu betonowego kolumny. 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.

- sprawdzenie próbek betonu z jakiego wykonywane były trzony betonowe kolumn. Do badań należy pobierać sześciennie próbki mieszanek betonowej w celu przeprowadzania badań ściskania. Należy pobrać co najmniej 3 szt. próbek z każdego dnia formowania kolumn i nie mniej niż 3 szt. co 100m<sup>3</sup>. Badanie wytrzymałości betonu powinno odbyć się nie mniej niż po upływie 28 dni.

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

- sprawdzenie stopnia zagęszczenia materiału nad głowicą kolumny betonowej. Stopień zagęszczenia należy sprawdzać:

- Sondą dynamiczną lub statyczną.

- Ilość sondowań sondą ustala się na 3/100 wykonanych kolumn.

## **7.0 Obmiar robót**

### **7.1 Ogólne zasady obmiaru robót podano w D.00.00.00.**

Szczegółowe zasady obmiaru robót podano w specyfikacji funkcjonalnej. D.02.01.01

Obmiar robót zostanie wykonany po zakończeniu prac m.i. na podstawie wykonanych metryk.

Obmiar robót należy wykonać w m<sup>2</sup>.

### **7.2 Zasady obmiaru robót dla metody kolumn KBGZ**

7.2.1 Pole powierzchni wzmocnienia podłoża gruntowego obmierza się jako pole powierzchni platformy roboczej wraz z wykonanymi na niej kolumnami.

7.2.2 Głębokość rzeczywista wzmocnienia określa się jako średnią odległość pomiędzy dolną rzędną stopy kolumny do górnej rzędnej platformy.

## **8.0 Odbiór robót**

### **8.1 Ogólne zasady odbioru robót podano w Specyfikacji D-M 00.00.00 pkt 8.**

### **8.2 Odbiór robót wzmocnienia podłoża wzmacnianego metodą kolumn KBGZ**

Dla każdego obszaru wzmocnienia technologią KBGZ przedstawiony będzie raport z badań weryfikacyjnych, który zgodny będzie z punktem 6.2.3.

Badania stanu gruntu mają dowieść, że materiał nad głowicą trzonu betonowego ma parametry nie pogorszone w stosunku do stanu przed wykonywaniem wzmocnienia kolumnami KBGZ.

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

## **9.0 Podstawa płatności**

9.1 Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności podano w ST D-M-U 00.00.00 pkt 9. Podstawą rozliczeń jest ryczałt.

### **Cena 1 m<sup>2</sup> robót podstawowych wykonania wzmocnienia podłoża obejmuje :**

- opracowanie projektu technologicznego wzmocnienia podłoża wraz z niezbędnymi uzgodnieniami, pozwoleniami i opiniami,
- opracowanie przedmiaru robót,
- wykonanie poletek próbnych,



- dodatkowych badań geotechnicznych
- oznakowanie robót,
- dostarczenie materiałów i sprzętu,
- prace pomiarowe i wszystkie roboty przygotowawcze wraz z wykonaniem platformy roboczej,
- roboty zasadnicze związane z daną technologią wzmocnienia podłoża,
- opracowanie obmiaru
- kontrolę jakości wykonanych robót,
- roboty wykończeniowe,
- odwiezienie sprzętu,
- pomiary powykonawcze wraz z opracowaniem dokumentacji powykonawczej.

## 9.2 Sposób rozliczenia końcowego.

Podstawą rozliczeń jest ryczałt. W ramach realizacji prac, Wykonawca przedstawi Zamawiającemu uproszczony Kosztorys Robót – TER (zgodnie z Warunkami umownymi), który będzie podstawą do rozliczenia poszczególnych elementów prac. Dopuszcza się uszczegółowienie w uproszczonym Kosztorysie Robót (TER) prac zanikających lub ulegających zakryciu - w celu umożliwienia ich rozliczenia. Wykonawca przedstawi również harmonogram rzeczowo -finansowy, który będzie spójny i ściśle powiązany z uproszczonym Kosztorysem Robót - TER. Ostateczny odbiór nastąpi po zakończeniu wszystkich prac.

Podstawą płatności jest wartość (kwota) podana przez Wykonawcę w danej pozycji rozliczeniowej, wynikająca z bieżącego zaawansowania robót, zaakceptowana przez Inżyniera. Kwota ryczałtowa pozycji TER będzie uwzględniać wszystkie czynności, wymagania i badania składające się na jej wykonanie określone dla tej Roboty w Specyfikacji Technicznej i w Dokumentacji Projektowej.

## 10.0 Przepisy związane

### 10.1 Normy

- PN-B-024 80 Grunty budowlane. Określenia symbole, podział i opis gruntów
- PN-B-03020 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- PN-S-02205. Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
- PN-83/B-02482 Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych
- NF P 94-150-1 - Norme Francaise "Essai statique de pieu isole sous un effort axial"
- PN-B-02481:1998 Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar
- PN-B-02479:1998 Geotechnika. Dokumentacja geotechniczna. Zasady ogólne
- PN-B-04452:2002 Geotechnika. Badania polowe.
- PN-EN 12620:2004 Kruszywa do betonu
- PN-EN 197-1: 2002 Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku.
- PN-EN 197-2: 2002 Cement. Część 2: Ocena zgodności

- PN-EN 1008:2004 Woda zarobowa do betonu. Specyfikacja pobierania próbek, badania i oceny przydatności wody zarobowej do betonu
- PN-EN 206-1:2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność; poprawki PN-EN 206-1:2003/Ap1:2003
- PN-B-06265:2004 Krajowe uzupełnienie PN-EN 206-1:2003 Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- PN-EN 12350-1:2001 Badanie mieszanki betonowej. Część 1: Pobieranie próbek
- PN-EN 12350-2:2001 Badanie mieszanki betonowej. Część 2: Badanie konsystencji metodą opadu stożka
- PN-EN 1536:2001 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale wiercone