**1. WSTĘP**

**1.1. Przedmiot ST**

Przedmiotem niniejszej Specyfikacji Technicznej są wymagania dotyczące wykonania, odbioru robót i badań kontrolnych związanych z wykonywaniem kolumn żwirowych (żwirowo-piaskowych oraz piaskowych) w ramach inwestycji pn. ……………..……… ………………….

**1.2. Zakres stosowania ST**

Przykładowa Specyfikacja Techniczna może służyć do opracowania Szczegółowej Specyfikacji Technicznej, która jest stosowana jako dokument przetargowy i kontraktowy przy zlecaniu i realizacji robót wymienionych w p.1.1.

**1.3. Zakres robót objętych ST**

Ustalenia zawarte w niniejszej specyfikacji dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z wykonaniem i kontrolą wykonania kolumn żwirowych (żwirowo-piaskowych oraz piaskowych).

Kolumny żwirowe stosuje się, w zależności od projektu, w celu:

* zwiększenia nośności podłoża gruntowego,
* zmniejszenia osiadań konstrukcji,
* przyspieszenia osiadań.

W zależności od wymagań projektowych, mogą być wykonywane jako samoistne lub w osłonie (koszulkach) z geosyntetyków.

Kolumny żwirowe stosuje się w wielu rodzajach gruntu, jednak głównie w gruntach spoistych miękkoplastycznych lub plastycznych, oraz w gruntach mieszanych z przewarstwieniami różnego rodzaju gruntów.

**1.4. Określenia podstawowe**

Kolumna żwirowa – kolumna wzmacniająca grunt, formowana z kruszywa (np. żwir, pospółka, piasek, mieszanki kruszyw), wykonywana metodą wgłębnej wymiany; kolumna podnosi nośność oraz sztywność podłoża oraz przyspiesza proces jego konsolidacji (funkcja drenażu pionowego).

Kruszywo – materiał sypki używany w budownictwie, składający się z drobnych kawałków skał lub minerałów. Może to być żwir, piasek, tłuczeń, kruszywo łamane lub inne naturalne lub sztucznie wyprodukowane materiały o odpowiedniej frakcji ziarnowej.

Mieszanka kruszyw - mieszanka różnych rodzajów kruszyw, czyli materiałów sypkich o różnej frakcji ziarnowej, które są stosowane w budownictwie i inżynierii drogowej. Mieszanka kruszyw może zawierać różne rodzaje piasku, żwiru, kruszywa łamanego oraz innych materiałów, w zależności od wymagań projektowych i właściwości, jakie ma spełniać gotowy produkt.

Platforma robocza - oparta na podłożu gruntowym konstrukcja tymczasowa wykonana z materiałów ziarnistych lub gruntu stabilizowanego i stanowiąca nawierzchnię dla pracy ciężkiego sprzętu budowlanego w każdych warunkach pogodowych.

Metoda formowania kolumn „od dołu” na sucho – metoda instalacji kolumn żwirowych, w której za pomocą wibratora wgłębnego lub wibromłota (wibratora górnego), pod pływem wibracji, siły docisku oraz ewentualnie sprężonego powietrza tworzy się otwór w gruncie, następnie materiał kruszywowy podawany jest rdzeniowo za pomocą rury zintegrowanej z konstrukcja wibratora. Na poszczególnych odcinkach materiał jest odpowiednio zagęszczany za pomocą wibracji oraz docisku.

Metoda formowania kolumn na mokro - metoda instalacji kolumn żwirowych, w której pod pływem podawanej wody tworzy się otwór, następnie bezpośrednio do górnej części otworu, partiami, podawany jest materiał kruszywowy. Na poszczególnych odcinkach materiał jest odpowiednio zagęszczany za pomocą wibracji oraz docisku.

Dopuszcza się stosowania innych metod wykonywania kolumn, pod warunkiem wykazania, że dana technologia umożliwia osiągnięcie parametrów projektowych kolumn.

**1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót.**

Wykonawca robót jest odpowiedzialny za jakość ich wykonania oraz za zgodność z Dokumentacją Projektową, Specyfikacją Techniczną i poleceniami przedstawiciela nadzoru robót ze strony Zamawiającego.

1.5.1. Dokumentacja techniczna

Dokumentacja techniczna, na podstawie której wykonuje się kolumny powinna w szczególności zawierać:

* plan instalacji podziemnych w miejscu budowy, dostępne informacje o istniejących fundamentach lub innych przeszkodach oraz, w razie potrzeby, wymagania dotyczące zabezpieczeń i sprawdzania w czasie robót rzeczywistego położenia urządzeń,
* dokumentację badań podłoża, podającą budowę geologiczną, parametry geotechniczne warstw gruntu, poziomy występowania i poziomy piezometryczne wód gruntowych, dane o przepuszczalności warstw oraz składzie chemicznym wód i agresywności środowiska,
* aktualne dane topograficzne (rzędne i spadki terenu, położenie osi głównych, rzędna poziomu roboczego), warunki terenowe i wynikające z nich ograniczenia, warunki i ograniczenia środowiskowe oraz inne informacje mogące mieć wpływ na roboty wzmocnieniowe.

1.5.2. Kierownictwo i nadzór robót

W czasie robót należy zapewnić dozór techniczny ze strony Wykonawcy i nadzór ze strony Zamawiającego. Niezbędna jest obecność odpowiedzialnego kierownika robót lub jego kompetentnego zastępcy.

1.5.3. Zgodność z dokumentacją

Kolumny żwirowe należy wykonać zgodnie z wymaganiami dokumentacji technicznej. W przypadku stwierdzenia niezgodności warunków gruntowych z podanymi w dokumentacji lub w przypadku innych nieprzewidzianych okoliczności, należy powiadomić projektanta oraz przeanalizować potrzebę odpowiednich zmian konstrukcji i sposobu wykonania robót.

1.5.4. Inne wymagania

W kwestiach nie będących przedmiotem specyfikacji, należy przestrzegać wymagań dla robót ogólnobudowlanych oraz norm, przepisów BHP i innych dokumentów dla odpowiednich rodzajów robót.

**2. MATERIAŁY**

Do wykonywania kolumn żwirowych można stosować kruszywo lub mieszanki kruszyw naturalnych płukanych lub łamanych. Dopuszcza się stosowanie kruszywa odzyskowego posiadającego atest do stosowania w budownictwie oraz spełniającego kryteria zagęszczalności, odporności na rozdrabnianie, mrozoodporności oraz trwałości i neutralności chemicznej. Kruszywa muszą być pozbawione zanieczyszczeń obcych jak drewno, szkło, plastik i inne. Kruszywo lub mieszanka kruszyw powinna spełniać wymagania określone w dokumentacji projektowej oraz być dostosowana do technologii wykonywania kolumn żwirowych.

Najczęściej wykonuje się kolumny z mieszanki kruszyw, pospółki i piasku. W przypadku stosowania metody od dołu, wprowadza się górne ograniczenie średnicy ziarna do ok. 40mm, z uwagi na wymiar rury do podawania materiału kruszywowego. Dla uzyskania odpowiedniego zagęszczania kolumn, materiał powinien mieć możliwie ciągłą krzywą uziarnienia, stopień różnoziarnistości nie mniejszy niż 5 oraz zawartość frakcji pylastej poniżej 5% masy.

Przykładowy skład mieszanki kruszyw:

* frakcja 16-31,5 (40) mm - 40% ± 10%
* frakcja 0-16 mm - 60% ± 10%

Rodzaj i skład materiału kruszywowego do wykonywania kolumn żwirowych podlega akceptacji Nadzoru lub Inżyniera. Dopuszcza się użycie materiału kruszywowego o odmiennym składzie, po wcześniejszej akceptacji projektanta wzmocnienia podłoża, który zweryfikuje proponowaną mieszankę kruszyw / kruszywo w odniesieniu do założeń projektowych.

**3. SPRZĘT**

Kolumny żwirowe zazwyczaj wykonuje za pomocą specjalistycznej palownicy lub odpowiednio skonstruowanej koparki na podwoziu gąsienicowym. Sprzęt należy skonfigurować odpowiednio do technologii wykonywania kolumn, warunków gruntowych oraz projektowanej głębokości kolumn.

Do wykonywania kolumn należy zastosować wibrator umożliwiający penetrację oraz zagęszczanie kruszywa. Zastosowany sprzęt powinien zapewniać:

* rejestrację parametrów produkcyjnych w czasie rzeczywistym, pozwalającą na bieżącą kontrolę robót, w tym rejestrację oporów penetracji w podłoże, oraz parametrów formowania i zagęszczania trzonu kolumny,
* rejestrację przybliżonej objętości materiału wbudowanego w podłoże, np. na podstawie objętości podawanego kruszywa.

**4. TRANSPORT**

Transport, rozładunek i montaż maszyn powinien odbywać się z zachowaniem wszystkich wymogów przewozu maszyn budowlanych i zasad BHP oraz zgodnie z instrukcją techniczną sprzętu.

Sprzęt i materiały na miejsce budowy dostarczone zostaną transportem samochodowym.

Przy prowadzeniu robót w okresie zimowym kruszywa przechowywane na placu budowy należy starannie przykryć i zabezpieczyć przed wilgocią, nie dopuszcza się używania zamarzniętego kruszywa do wykonywania kolumn.

Zamawiający zapewni makroniwelację terenu i jego utwardzenie w stopniu umożliwiającym bezpieczne wykonawstwo robót specjalistycznych oraz możliwość oczyszczenia pojazdów z błota tak, aby nie zanieczyszczały one dróg publicznych.

**5. WYKONANIE ROBÓT**

**5.1. Wymagania ogólne**

Wykonanie robót należy powierzyć wykwalifikowanemu i doświadczonemu Wykonawcy robót wzmocnieniowych.

5.1.1 Wykonawca kolumn, przed przystąpieniem do realizacji robót, powinien dokonać uzgodnień z Zamawiającym odnośnie zakresu robót przygotowawczych i podziału zadań w przygotowaniu terenu i zaplecza budowy.

5.1.2 W przypadku dużego zakresu robót na jednym placu budowy, względnie przy wykonywaniu robót w utrudnionych warunkach terenowych lub przy równoczesnej realizacji robót przez kilku wykonawców na tym samym placu budowy, zalecane jest opracowanie Projektu organizacji robót.

**5.2. Przygotowanie terenu**

Przygotowanie terenu powinno obejmować:

5.2.1. Wykonanie niezbędnych robót ziemnych przed rozpoczęciem robót oraz przygotowanie platformy roboczej oraz dróg dojazdowych, dla uzgodnionego sprzętu budowlanego. Przygotowanie i wyznaczenie miejsca na składowanie materiału.

5.2.2. Wyrównanie terenu robót i jego odwodnienie zgodnie z wymaganiami.

5.2.3 W przypadku przebiegu instalacji lub obiektów podziemnych, należy je odpowiednio oznaczyć na powierzchni platformy.

5.2.4. W przypadku obiektów budowlanych, zlokalizowanych w pobliżu projektowanych prac wzmocnieniowych, należy zinwentaryzować ich stan techniczny, a w trakcie prowadzenia robót na bieżąco kontrolować wpływ drgań powstałych w trakcie wzmacniania podłoża na te obiekty. W razie potrzeby, należy zainstalować specjalistyczny system do pomiaru wibracji i drgań oraz wykonać kolumny testowe w celu określenia ryzyka i odpowiednich parametrów zagęszczania.

5.2.5. W przypadku ryzyka napotkania niewypałów należy przeprowadzić specjalistyczne sprawdzenie terenu pod kątem materiałów niebezpiecznych.

5.2.6. W przypadku braku sprecyzowania dokładności wyznaczenia punktów w dokumentacji projektowej, lokalizację kolumn należy wyznaczyć z dokładnością ±10cm, geodezyjnie lub na podstawie domiaru taśmą pomiarowa do bazowych punktów osnowy wyznaczonych geodezyjnie. Punkty należy oznaczyć szpilką lub kołkiem oraz dla dobrej widoczności oznaczyć sprayem.

**5.3. Wykonanie kolumn**

5.3.1. Dokumentacja projektowa

Projekt Technologiczny lub Wykonawczy na podstawie które wykonywane są kolumny żwirowe, powinien zawierać:

* obliczenia geotechniczne,
* plan rozmieszczenia kolumn,
* projektowane długości kolumn,
* lokalizację wykonanych badań geotechnicznych,
* opis technologii, charakterystykę sprzętu oraz parametry platformy roboczej,
* wymagane parametry dla kruszywa / mieszanki kruszyw do wykonania kolumn (min. uziarnienie),
* sposób monitorowania oraz kontroli robót.

W przypadku stwierdzenia niezgodności lub przeszkód technicznych, projekt podlega rewizji.

5.3.2. Technologia wykonywania

Kolumny żwirowe mogą być wykonywane w technologii wibroflotacji. W procesie podawania materiału od góry wibrator zagłębiany jest w podłoże za pomocą wibracji i ciężaru wibratora a także strumienia wody wydostającej się przez dysze na końcu wibratora. Kruszywo jest podawane z poziomu terenu do leja wytworzonego wokół wibratora wypełniając wolną przestrzeń. Wibrator jest podnoszony i opuszczany, przemieszczając i zagęszczając kruszywo. Proces ten powtarza się do momentu uformowania zagęszczonej kolumny aż do powierzchni terenu.

W przypadku podawania materiału od dołu proces formowania kolumny jest podobny, z tym że nie używa się wody, a kruszywo podawane jest rdzeniowo przez dołączoną do wibratora rurę zasilającą. W przypadku konieczności przejścia przez zagęszczone warstwy podłoża można stosować wstępne podwiercanie dla ułatwienia penetracji wibratora. Kolumny wykonuje się za pomocą wibratora wgłębnego lub w technologii CB-SOL tj. za pomocą wibromłota górnego z wewnętrznym podawaniem materiału. W pierwszej fazie wibrator wgłębny jest pogrążany / wibromłot pogrąża w podłoże narzędzie przy udziale wibracji, docisku maszyny oraz opcjonalnie sprężonego powietrza. Po osiągnięciu głębokości przewidzianej w projekcie, następuje formowanie podstawy kolumny żwirowej. W drugiej fazie następuje formowanie trzonu kolumny w obrębie gruntów słabych, w tym celu do zintegrowanej rury, za pomocą kosza zasypowego, podaje się kruszywo. W trakcie podciągania wibratora wgłębnego / narzędzia do góry, kruszywo wypełnia przestrzeń w gruncie wytworzoną przez wibrator wgłębny / narzędzie. Z kolei ponowne opuszczenie wibratora wgłębnego / narzędzia powoduje rozepchnięcie kruszywa na boki i zwiększenie efektywnej średnicy kolumny. Posuwisto — zwrotny ruch kontynuowany jest na całej wysokości kolumny.

Metoda formowania od góry na sucho powinna być stosowany tylko tam, gdzie warunki gruntowe pozwalają na prawidłowe uformowanie ciągłej kolumny przy technologii podawania kruszywa z powierzchni platformy (ograniczenie długości kolumn, poziom zwierciadła wody gruntowej).

Najrzadziej stosowana jest technologia formowania kolumn od góry na mokro z uwagi na uplastycznienie gruntu spoistego pod wpływem wody. W tym procesie wibrator powinien być trzymany w otworze podczas formowania kolumny, umożliwiając jednocześnie podawanie kruszywa przez pierścieniową przestrzeń między wibratorem a otaczającym gruntem.

W trakcie formowania kolumny rejestruje się automatycznie, w funkcji czasu, podstawowe parametry produkcyjne. Kontrola wykonania obejmuje ciągły zapis na rejestratorze następujących parametrów: numer kolumny, data i godzina rozpoczęcia penetracji, głębokość, natężenie prądu lub ciśnienie hydrauliczne wibratora (zależnie od rodzaju napędu wibratora), czas wykonania. Parametry te pozwalają na bieżące śledzenie dokładności wykonywanych robót.

5.3.3 Poletko próbne

Przed przystąpieniem do realizacji robót zasadniczych zaleca się wykonanie poletka próbnego, w celu wykazania, że zastosowany sprzęt jest właściwy pod względem technicznym i technologicznym. Poletko próbne wykonywane jest w celu:

* potwierdzenia uzyskania założonej średnicy kolumny,
* zademonstrowania działania systemu automatycznej rejestracji wykonania kolumny,
* potwierdzenia zakładanej wydajności robót,
* wstępnego określenia rzeczywistego zużycia kruszywa,
* potwierdzenie uzyskania odpowiedniego zagęszczenia trzonu kolumny,
* ewentualnie zbadania wpływu zastosowanej technologii na pobliskie obiekty.

Poletko próbne może stanowić część zakresu projektowanych kolumn. W takim przypadku, w razie niespełnienia wymogów wykonawczych należy zastosować procedury naprawcze.

**6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT**

6.1. Kontrola przed rozpoczęciem robót wzmocnieniowych

Przed rozpoczęciem wykonywania kolumn żwirowych kontroli podlegają:

* platforma robocza – poprawność wykonania oraz zgodność z odpowiednią dokumentacja projektową, specyfikacją techniczną, oraz wytycznymi kierownika budowy,
* kruszywo / mieszanka kruszyw – zgodność parametrów z wymaganiami specyfikacji technicznej, wymaganiami projektowymi oraz technologicznymi, dokumenty potwierdzające spełnienie wymagań
* ewentualne badania kontrolne kruszywa w przypadku podejrzenia niezgodności
* kontrola tyczenia kolumn – stosownie do wymagań precyzji wykonawczych
* kontrola systemu monitorującego wykonywanie kolumn – sprawność czujników pomiarowych, poprawność rejestracji parametrów.

6.2. Kontrola w trakcie wykonywania kolumn

W trakcie wykonywania kolumn, należy kontrolować:

* system automatycznej rejestracji parametrów produkcyjnych oraz poddawać bieżącej ocenie proces formowania kolumn,
* z uwagi na możliwość wystąpienia awarii systemu pomiarowego, dopuszcza się przekazanie metryk kolumn sporządzonych ręcznie w ilości do 20% wszystkich wykonanych kolumn,
* zużycie materiału kruszywowego na podstawie liczby załadowanych koszy lub łyżek w każdej kolumnie oraz na podstawie ilości zużytego materiału w ciągu zmiany produkcyjnej,
* należy kontrolować liczbę, usytuowanie oraz długość kolumn każdego dnia.

6.3. Kontrola wykonanych kolumn

Kontrola wykonanych kolumn obejmuje udokumentowane:

* zestawienie zbiorcze kolumn, w którym zawarto datę wykonania kolumny, numer kolumny (numery kolumn należy przedstawić na planie powykonawczym), długość kolumn, objętość zużytego materiału,
* metryki kolumn, w zakresie zgodnym ze specyfikacją techniczną oraz ewentualnie dokumentacją projektową, rejestracją automatyczną należy objąć min. 80% wszystkich kolumn,
* wyrywkowa weryfikacja długości, ekwiwalentnych średnic, usytuowania kolumn – stosownie do wymagań projektowych,
* kontrolne sondowania dynamiczne lub statyczne, w celu weryfikacji długości oraz zagęszczenia trzonu kolumn, w przypadku gruntów spoistych sondowania należy wykonać minimum po upływie 7-10 dni od wykonania kolumn ze względy na czas dyssypacji ciśnienia porowego. Jeśli zachodzi potrzeba, badania należy powtórzyć po upływie dłuższego czasu
* liczbę badań kontrolnych oraz wymagany parametr kontrolny i jego wielkość należy doprecyzować w dokumentacji projektowej.

**7. OBMIAR ROBÓT**

Jednostką obmiaru jest 1 metr uformowanej kolumny żwirowej, którego długość jest liczona od poziomu roboczego (górnego poziomu platformy roboczej) do rzeczywistego poziomu podstawy kolumny.

**8. ODBIÓR ROBÓT**

8.1. Ogólne zasady odbioru robót

Podczas odbioru robót uwzględniane są wyniki badań i pomiarów oraz zestawienie i metryki kolumn wymienionych w punkcie 6. Dodatkowo weryfikowane są wymagania zawarte w dokumentacji projektowej.

8.2. Szczegółowe zasady odbioru robót wzmocnieniowych

Do odbioru Wykonawca robót wzmocnieniowych zobowiązany jest przedstawić dokumentację powykonawczą obejmującą:

* metryki kolumn,
* wyniki badań kruszywa, dokumenty potwierdzające założone parametry i wymagania,
* plan sytuacyjny kolumn z numeracją zgodną z podaną w metrykach, opisy i rysunki ewentualnych zmian wynikłych w trakcie realizacji robót,
* stwierdzenia uzyskania parametrów założonych w Dokumentacji technicznej na podstawie badań określonych w p. 6.3. niniejszej ST.

Odbiór końcowy kolumn żwirowych obejmuje:

* odbiór dokumentacji powykonawczej,
* sprawdzenie zgodności wykonania robót z Dokumentacją techniczną, obowiązującymi normami i niniejszą specyfikacją,
* ocenę jakości robót na podstawie wyników badań, obserwacji i pomiarów wykonanych w trakcie realizacji robót.

Jeżeli wszystkie badania i odbiory dały wyniki pozytywne, wykonane roboty należy uznać za zgodne z wymaganiami Specyfikacji.

Jeżeli badania (z uwzględnieniem statystyki) lub odbiór dały wynik negatywny, wykonane roboty należy uznać za niezgodne z wymaganiami Specyfikacji. W takiej sytuacji Wykonawca obowiązany jest uzyskać opinię projektanta w kwestii niespełnionych wymagań oraz wykonać jego zalecenia naprawcze, lub doprowadzić roboty do zgodności ze Specyfikacją. Jeżeli istnieje przypuszczenie, że niespełnienie wymogów ST jest skutkiem rozbieżności rzeczywistych warunków gruntowych od określonych w dokumentacji bezwzględnie należy poinformować projektanta oraz przeprowadzić dodatkowe badania podłoża.

**9. PODSTAWA PŁATNOŚCI**

Cena jednostkowa obejmuje:

* sporządzenie projektu technologicznego wzmocnienia podłoża gruntowego,
* zakup i transport na budowę wszystkich niezbędnych czynników produkcji, w tym materiału do wykonania kolumn,
* wyznaczenie osi kolumn,
* montaż i demontaż oraz przemieszczenie sprzętu,
* wykonanie poletka próbnego,
* wykonanie kolumn, w odpowiedniej technologii oraz wymaganiami projektowymi,
* zapis oraz kontrolę parametrów produkcyjnych,
* uporządkowanie terenu robót,
* koszty wykonania niezbędnego zakresu badań sprawdzających,
* przygotowanie dokumentacji powykonawczej.

**PRZEPISY ZWIĄZANE**

PN-EN 14731:2005 [Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych - Wzmacnianie gruntu metodą wibrowania wgłębneg](https://wiedza.pkn.pl/wyszukiwarka-norm?p_auth=lomtVWV5&p_p_id=searchstandards_WAR_p4scustomerpknzwnelsearchstandardsportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_searchstandards_WAR_p4scustomerpknzwnelsearchstandardsportlet_standardNumber=PN-EN+14731%3A2005E&_searchstandards_WAR_p4scustomerpknzwnelsearchstandardsportlet_javax.portlet.action=showStandardDetailsAction)o.

PN-EN 13242 Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym.

PN-EN 933-1 Badania geometrycznych właściwości kruszyw - Oznaczanie składu ziarnowego. Metoda przesiewania

PN-EN 1097-2 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw - Metody oznaczania odporności na rozdrabnianie

PN-EN 1744-1 Badania chemicznych właściwości kruszyw - Część 1: Analiza chemiczna

PN-EN 1097-6 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw - Część 6: Oznaczanie gęstości ziarn i nasiąkliwości.

PN-EN 1367-1 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie

czynników atmosferycznych - Część 1: Oznaczanie mrozoodporności

PN-EN 1997-2:2009 Eurokod 7 - Projektowanie geotechniczne - Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego