

D.02.04.07. Wzmocnienie podłoża kolumnami DSM**1. Wstęp****1.1. Przedmiot Specyfikacji Technicznej Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych**

Przedmiotem niniejszej Specyfikacji Technicznej Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych są wymagania dotyczące wykonania i odbioru Robót budowlanych w ramach realizacji zadania: **"Zadanie I: Budowa skrzyżowania ul. Diamentowej w Lublinie z projektowanym przedłużeniem ul. Lubelskiego Lipca'80 oraz ul. Krochmalną, polegającą m.in. na budowie w ciągu ulic Krochmalna- Diamentowa obiektu inżynierskiego: estakady - nad skrzyżowaniem, przebudowie ul. Krochmalnej - od skrzyżowania z ul. Diamentową w kierunku rzeki Bystrzycy oraz w kierunku ul. Betonowej, przebudowie odcinka ul. Diamentowej - od skrzyżowania z ul. Krochmalną w kierunku wiaduktu kolejowego, wraz z odwodnieniem i oświetleniem"**.

1.2. Zakres stosowania STWiORB

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

1.3. Zakres robót objętych STWiORB

Ustalenia zawarte w niniejszej specyfikacji dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z wykonaniem i odbiorem wzmocnienia podłoża gruntowego za pomocą kolumn DSM o średnicy Ø600 zgodnie z Dokumentacją Projektową.

Ustalenia zawarte w niniejszej STWiORB obejmują:

- prace pomiarowe i oznakowanie robót,
- opracowanie Projektu Technologicznego wykonania kolumn,
- zakup i dostarczenie materiałów,
- ustalenie parametrów produkcyjnych i wykonanie kolumn DSM,
- wykonanie wymaganych w STWiORB badań kontrolnych,
- inne niezbędne czynności, bezpośrednio związane z wykonaniem kolumn DSM.

1.4. Określenia podstawowe

Stosowane określenia podstawowe są zgodne z obowiązującymi, odpowiednimi polskimi normami oraz z definicjami podanymi w Szczegółowej Specyfikacji Technicznej (STWiORB) DM-00.00.00 „Wymagania ogólne”.

1.4.1. Kolumna DSM – kolumna z cementogruntu powstała przez wprowadzenie w podłoże zaczynu cementowego i jego wymieszanie z gruntem zalegającym in situ za pomocą specjalnego mieszadła. Średnica kolumny odpowiada maksymalnemu wymiarowi poprzecznemu końcówki mieszającej, obracanej w gruncie.

1.4.2. Materac z gruntu zbrojonego – konstrukcja geotechniczna z kruszywa owiniętego tkaniną geotechniczną projektowaną na kolumnach jako fundament pod grunt zbrojony.

2. Materiały**2.1. Zaczyn cementowy**

Zaczyn cementowy jest przygotowywany na budowie z wykorzystaniem cementu CEM III/A, klasy 32.5 lub równoważnego. Ilość cementu wprowadzonego do gruntu musi zapewnić uzyskanie odpowiedniej, określonej w projekcie wytrzymałości R_p na ściskanie jednoosiowe gotowego cementogruntu.

2.2. Gruntocement

Gruntocement powstały po zmieszaniu in situ gruntu z zaczynem cementowym powinien mieć wytrzymałość na ściskanie $R_p \geq 2,5$ MPa. Współczynnik pewności w stosunku do maksymalnych naprężeń charakterystycznych działających na pojedynczą kolumnę powinien wynosić co najmniej $\eta = 3,0$.

Osiągnięcie wytrzymałości projektowej R_p należy potwierdzić na podstawie wyników badań jednoosiowego ściskania próbek cementogruntu wykonanych po upływie 28 dni. Badanie wytrzymałości cementogruntu należy wykonać na próbkach pobieranych z materiału świeżo wykonanej i losowo wybranej kolumny. Należy pobrać jedną serię próbek na około 200 m wykonanych kolumn DSM (1 seria obejmuje 4 normowe kostki próbne, pobrane ze świeżo wykonanej kolumny). Próby na ściskanie należy wykonać w uprawnionym laboratorium badawczym, po upływie 28 dni od pobrania próbek.

Dla cementogruntu proces wiązania jest dużo wolniejszy niż dla betonu. Po 28 dniach dojrzewania cementogruntu osiąga co najmniej 70% wytrzymałości docelowej po 56 dniach. Tym samym próbki cementogruntu badane po 28 dniach dojrzewania powinny uzyskać wytrzymałość:

$$R_b^G(28 \text{ dni}) = 0,7 \cdot 2,5 = 1,75 \text{ Mpa}$$

3. Sprzęt

3.1. Wymagania ogólne

Specjalistyczny sprzęt do mieszania wglębnego (DSM) powinien zapewnić wykonanie robót odpowiednio do warunków gruntowych i wymagań określonych w specyfikacji oraz w projekcie. Wykonawca robót powinien dysponować odpowiednim parkiem maszynowym (części, zapasowe maszyny) dla zapewnienia ciągłości robót w przypadku awarii sprzętu.

3.2. Maszyna wiertnicza

Zastosowane urządzenie musi zapewnić pograżenie końcówki mieszającej na podaną głębokość. Kształt i umiejscowienie łopatek końcówki mieszającej powinno zapewnić należyte wymieszanie gruntu z zaczynem cementowym. Zaczyn cementowy, pompowany ze stacji mieszania, przechodzi przez wydrążoną żerdź wiertniczą i zostaje wtłoczony w grunt przez dyszę wylotową na spodzie końcówki mieszającej.

Średnicę kolumny DSM, wynikającą z rozmiaru końcówki mieszającej obracanej w gruncie, należy przyjąć zgodnie z projektem.

3.3. Węzeł mieszająco-tłoczący

Mieszalnik umożliwia przygotowanie na terenie budowy odpowiedniej ilości zaczynu cementowego. Pompa musi zapewnić ciągłe i kontrolowane podawanie zaczynu cementowego.

3.4. Układy sterujący wiertnicą

Wiertnica powinna być wyposażona w automatyczny układ monitorujący umożliwiający rejestrowanie:

- 1) numeru kolumny,
- 2) daty oraz godziny rozpoczęcia i zakończenia kolumny,
- 3) czasu mieszania,
- 4) głębokości pograżenia końcówki mieszającej,
- 5) ilości wpompowanego zaczynu.

4. Transport

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w STWiORB DM-00.00.00 „Wymagania ogólne”.

Transport, rozładunek i montaż maszyn powinien odbywać się z zachowaniem wszystkich wymogów odnośnie przewozu maszyn budowlanych i zasad BHP.

Żaładunek, transport, rozładunek, składowanie, mieszanie i podawanie zaczynu do wykonania kolumn DSM powinno odbywać się z zachowaniem odpowiednich przepisów BHP oraz zasad bezpieczeństwa ruchu drogowego.

5. Wykonanie robót

Wymagania ogólne dotyczące wykonania robót podano w STWiORB DM 00.00.00 „Wymagania ogólne”.

Wykonawca przedstawi Inżynierowi do akceptacji Projekt Technologii i Organizacji Robót oraz Program Zapewnienia Jakości uwzględniający wszystkie warunki, w jakich będą wykonywane Roboty.

5.1. Przygotowanie terenu robót

Przygotowanie terenu polega na sprawdzeniu i wytyczeniu miejsca prowadzenia robót oraz na wykonaniu niezbędnych robót makroniwelacyjnych, usunięciu drzew, krzewów i przygotowaniu stabilnej powierzchni dla wykonania kolumn DSM. Stan powierzchni roboczej musi pozwalać na bezpieczną pracę maszyny i transport spoiwa do miejsca robót w każdych warunkach pogodowych.

W przypadku, kiedy warunki prowadzenia robót na powierzchni roboczej będą niewystarczające do bezpiecznego i prawidłowego wykonywania kolumn DSM należy wykonać platformę roboczą o miąższości 50 cm z pospółki zagęszczonej do $IS=0,95$, ułożonej na geowłókninie separacyjnej zaakceptowanej przez Inżyniera. Dotyczy to zwłaszcza przypadków, kiedy na powierzchni terenu występują grunty organiczne.

Poziom powierzchni/platformy roboczej musi się znajdować co najmniej 0,5 m powyżej poziomu wody gruntowej. W przypadku uzasadnionych przesłanek napotkania niezainwentaryzowanych instalacji podziemnych lub niewypałów należy przeprowadzić odpowiednie badania geofizyczne podłoża i wykonać odkrywkę instalacji.

Miejsca wykonania kolumn DSM należy wyznaczyć geodezyjnie lub na podstawie domiaru taśmą pomiarową do bazowych punktów osnowy, wyznaczonych geodezyjnie, i odpowiednio oznaczyć w terenie za pomocą szpilki lub kołka drewnianego. Dokładność wytyczenia środka kolumny nie powinna przekraczać tolerancji ± 10 cm.

5.2. Wykonanie kolumn DSM

Wykonanie kolumn DSM obejmuje przygotowanie zaczynu w mieszalniku oraz formowanie kolumn w gruncie z poziomu platformy roboczej za pomocą wiertnicy z zamontowaną na niej końcówką mieszającą.

Zaczyn cementowy przygotowywany w mieszalniku powinien mieć odpowiednią gęstość objętościową (lub

ekwiwalentnie stosunek W/C), którą optymalizuje na miejscu inżynier budowy zależnie od obserwowanego przebiegu mieszania (typowe gęstości wynoszą 1,50 do 1,70 g/cm³ lub mają W/C<1, do 0,65). Przed rozpoczęciem pompowania operator stacji sprawdza gęstość każdej partii przygotowanego zaczynu za pomocą areometru i notuje wynik pomiaru. Końcówkę mieszającą wiertnicy należy ustawić ponad oznakowanym punktem wyznaczającym oś kolumny. Następnie końcówkę mieszającą wkręca się w grunt pompując równocześnie zaczyn cementowy z ustaloną prędkością przepływu (w litrach/minutę). Otwór wylotowy zaczynu znajduje się na końcu świdra, a wiertnica jest połączona z mieszalnikiem za pomocą węża.

Po osiągnięciu głębokości określonej w projekcie i nośnego gruntu następuje naprzemienne podnoszenie i opuszczanie obracanej końcówki mieszającej. Czynności te są powtarzane w celu dobrego wymieszania zaczynu z gruntem, co ma istotne znaczenie przy formowaniu kolumn w gruntach uwarstwionych i spoistych. Całkowita ilość zaczynu cementowego użytego do wykonania kolumny DSM powinna być mierzona za pomocą przepływomierza. W przypadku przeszkód w podłożu odpowiednie decyzje podejmuje Wykonawca wraz z Inżynierem.

Kolumny DSM nie powinny być wykonywane, jeżeli w trakcie wykonywania i dobie od momentu zakończenia robót, temperatura powietrza wynosi poniżej -3°C. Głowice kolumn DSM po wyrównaniu lub skuciu do wymaganego poziomu nie mogą być narażone na przemarzanie. W przypadku pęknięcia lub rozkruszenia kolumny należy rozkuć głębiej i uzupełnić betonem C12/15.

Po wykonaniu kolumn DSM należy odczekać ok. 3 dni. W obszarze wykonanych kolumn nie dopuszcza się ruchu ciężkiego sprzętu. Przystąpienie do dalszych prac oraz do ewentualnego skracania kolumn do wymaganego poziomu należy uzgodnić z inżynierem budowy podwykonawcy odpowiedzialnego za wykonanie kolumn.

5.3. Przygotowanie wzmocnionego podłoża do dalszych robót

Przed wykonaniem platformę należy wyrównać i/lub ściąć uformowane kolumny do wymaganego poziomu projektowego za pomocą koparki z łyżką o gładkiej krawędzi (nie należy stosować łyżki z zębatą krawędzią) lub rozkuć kolumny. Odłamane fragmenty kolumn należy usunąć a ewentualne ubytki w przekroju poprzecznym kolumn należy uzupełnić chudym betonem klasy C12/15.

Grunt dookoła kolumn i pomiędzy nimi należy wyrównać i powierzchniowo zagęścić zagęszczarką płytową.

Na wykonanym wzmocnieniu należy wykonać materac z kruszywa i geosiatki o grubości ok. 50 cm.

6. Kontrola Jakości

6.1. Projekt technologiczny DSM

Projekt technologiczny wykonania kolumn DSM powinien być opracowany przez Wykonawcę i zaakceptowany przez Inżyniera przed rozpoczęciem robót.

6.2. Kontrola gęstości zaczynu cementowego

Gęstość zaczynu po wymieszaniu w zbiorniku należy sprawdzać za pomocą areometru i notować przed każdym rozpoczęciem tłoczenia.

6.3. Kontrola wykonania kolumn DSM

Kontrola wykonanych kolumn DSM obejmuje:

- Wykonanie każdej kolumny należy udokumentować w zestawieniu zbiorczym, które musi obejmować: datę wykonania, numer kolumny (zgodny z oznaczeniem na rysunku powykonawczym), zagłębienie kolumny poniżej poziomu roboczego (długość kolumny), ilość zużytego zaczynu.
- Wykonanie co najmniej 70% wszystkich kolumn powinno być udokumentowane zapisem z automatycznego rejestratora, kontrolującego parametry produkcyjne.
- Wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe kolumn DSM należy sprawdzić po 28 dniach od wykonania na znormalizowanych próbkach sześciennych. Próbkę należy uformować ze świeżego materiału pobranego podczas wykonywania kolumn i przechować do czasu wykonania badania w warunkach zbliżonych do warunków panujących na placu budowy. Badania na ściskanie należy wykonać w niezależnym laboratorium. Osiągnięta wytrzymałość na ściskanie musi być zgodna z wymaganiami niniejszej specyfikacji technicznej.

Usytuowanie kolumn DSM w planie powinno spełniać wymagania określone w projekcie. W przypadku występowania odchyłek większych niż ±20 cm należy powiadomić Inżyniera w celu podjęcia odpowiednich decyzji. Przy objętościowym charakterze wzmocnienia gruntu nie wymaga się geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej kolumn.

7. Obmiar robót

Ogólne wymagania dotyczące obmiaru robót podano w STWiORB DM-00.00.00 „Wymagania ogólne”.

Jednostką obmiaru jest sztuka (szt.) wykonanej kolumny DSM o odpowiedniej średnicy zgodnej z Dokumentacją Projektową.

8. Odbiór robót

Ogólne wymagania dotyczące odbioru robót transportu podano w STWiORB DM-00.00.00 „Wymagania ogólne”.

Kolumny DSM należy uznać za wykonane zgodnie z wymaganiami projektu, norm, niniejszej specyfikacji i kontraktu jeżeli wszystkie przewidziane badania kontrolne dały wynik pozytywny oraz jeżeli zostały dotrzymane warunki postanowień ogólnych.

Do odbioru końcowego robót Wykonawca musi przedstawić:

- Dokumentację Powykonawczą z naniesionymi zmianami i uzupełnieniami dokonanymi w trakcie robót,
- Protokoły geodezyjnego wytyczenia lokalizacji kolumn lub punktów bazowych,
- Zbiorcze zestawienie wszystkich wykonanych kolumn, obejmujące: datę wykonania, numer kolumny, długość kolumny i ilość zużytego zaczynu,
- Zapisy automatycznego urządzenia rejestrującego, obejmujące co najmniej 90% wszystkich wykonanych kolumn (na nośniku magnetycznym),
- Pozytywne wyniki badań wytrzymałości cementogruntu na ściskanie,
- Deklaracje zgodności lub atesty na cement.
- Inne dokumenty zażądane przez Inżyniera.

9. Podstawa płatności

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w STWiORB DM-00.00.00 „Wymagania ogólne”.

Cena jednostki obmiarowej wykonania kolumn DSM obejmuje:

- opracowanie Projektu Technologii i Organizacji Robót oraz Programu Zapewnienia Jakości,
- prace pomiarowe,
- zakup i dostarczenie materiałów,
- zastosowanie materiałów pomocniczych koniecznych do prawidłowego wykonania robót lub wynikających z przyjętej technologii robót,
- sporządzenie Projektu Technologicznego,
- transport sprzętu i organizację placu budowy dla potrzeb wykonania kolumn DSM,
- zakup i dostarczenie materiałów oraz pozostałych niezbędnych składników produkcji,
- ewentualne wykonanie platformy roboczej i dróg dojazdowych,
- wytyczenie w terenie kolumn,
- wykonanie kolumn,
- przeprowadzenie wymaganych w STWiORB kontrolnych badań próbek cementogruntu,
- sporządzenie Dokumentacji Powykonawczej,
- demontaż sprzętu i zwinięcie placu budowy dla potrzeb wykonania kolumn DSM,
- wykonanie wszystkich niezbędnych pomiarów, prób i sprawdzeń,
- oznakowanie i zabezpieczenie Robót oraz jego utrzymanie,
- inne niezbędne czynności, bezpośrednio związane z wykonaniem kolumn.

10. Przepisy związane**10.1. Normy**

- EN 14679 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych – Wgłębne mieszanie gruntu.
 PN-B-02481 Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar.
 PN-B-06050 Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
 PN-B-04452 Geotechnika – Badania polowe.
 PN-B-04481 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.

10.2. Inne dokumenty

1. Wytyczne wzmacniania podłoża gruntowego w budownictwie drogowym (2002): GDDP, Opracowanie IBDiM, Warszawa. 2002.
2. Topolnicki M. (2004): In situ Soil Mixing, s. 331-428, Rozdział 9 w „Ground Improvement”, Red. M. Moseley i K. Kirsch, Wyd. Spon Press, Londyn i Nowy York, 2004 (ISBN 0-415-27455-9).