



Maszyna w trakcie pracy

## Wzmacnianie podłoża gruntowego pod fundamenty obiektów mostowych

■ mgr inż. Mikołaj Skwarek, ZRI Chrobok Sp.j.

Droga ekspresowa S11 ma docelowo przebiegać przez województwa: zachodniopomorskie, wielkopolskie, opolskie, śląskie i połączyć Kołobrzeg z Pyrzovicami. Jednym z fragmentów budowy tej drogi jest Zachodnia Obwodnica Poznania.

Budowę tego odcinka podzielono na trzy etapy. 26 czerwca 2009 r. rozstrzygnięto przetarg na wykonanie I etapu inwestycji. Przetarg wygrało konsorcjum firm Intercor Sp. z o.o. i Skanska SA. W ramach realizacji tego zadania ZRI Chrobok otrzymał zlecenie na wykonanie prac związanych ze wzmocnieniem podłoża gruntowego metodą wgłębnego mieszania na mokro (*Deep Soil Mixing*). W zakres umowy wchodziło wykonanie wzmocnienia podłoża gruntowego pod fundamentami czterech obiektów. W związku z brakiem projektu wykonawczego posadowienia dla trzech obiektów, zakres zleconych prac został rozszerzony o autorskie opracowanie projektu posadowienia.

W poziomie posadowienia projektowanych obiektów stwierdzono dość znaczne zróżnicowanie warunków geotechnicznych. W górnej części profilu można wyróżnić grunty niespoiste pochodzenia lodowcowego – piaski średnie, luźne i średniozagęszczone, przewarstwione piaskiem gliniastym. Poniżej występują warstwy gruntów spoistych – gliny piaszczyste i piaski gliniaste o uogólnionym stopniu plastyczności  $I_L = 0,4-0,67$ .

Głębiej zalegają gliny piaszczyste w stanie twaroplastycznym, półzwartym i zwartym. Z uwagi na występowanie w podłożu gruntów w stanie miękoplastycznym i plastycznym, zdecydowano o konieczności wzmocnienia podłoża gruntowego poniżej poziomu posadowienia. Projekt wzmocnienia podłoża w technologii wgłębnego mieszania został opracowany dla trzech obiektów: WD-19, WD-20, WD-23. Obliczenia nośności kolumn zostały przeprowadzone zgodnie z normą PN-83/B-02482. Na podstawie wcześniejszych doświadczeń w podobnych warunkach gruntowych oraz fachowej literatury określono projektowaną wytrzymałość cementogrunty gotowej kolumny na poziomie 2,5 MPa. Dla tak określonej wytrzymałości cementogrunty przyjęto nośność pojedynczej kolumny o średnicy 800 mm w przedziale 460–550 kN. Nośność kolumny została obliczona przy uwzględnieniu ogólnego współczynnika bezpieczeństwa  $\eta = 2,25-2,5$ . Ze względu na funkcję, jaką mają spełniać projektowane kolumny oraz dla zwiększenia bezpieczeństwa, w obliczeniach statycznych nie uwzględniono odporu gruntu znajdującego się pomiędzy ko-

lumnami. Obliczeniowa wartość osiadania fundamentów na wzmocnionym podłożu nie przekraczała 2 cm. Rozmieszczenie kolumn zostało dostosowane do układu konstrukcyjnego fundamentów obiektu i obciążeń, które miały one przenieść. Długości kolumn ustalono na podstawie dokumentacji geotechnicznej i obliczeń statycznych. Założono zagłębienie stopy kolumny na głębokość minimum 0,5 m w warstwy gruntów nośnych. Ponadto zaplanowano weryfikację rzeczywistych warunków gruntowych w trakcie wykonywania kolumn na podstawie oporów pogrążania mieszadła.

Typowy cykl wykonania kolumny DSM rozpoczyna się od ustawienia maszyny wraz z mieszadłem ponad wybranym punktem, następnie przystępuje się do fazy penetracji mieszadła w grunt. Proces ten jest wspomagany przez oddziaływanie zaczynu cementowego. Skład zaczynu, jego gęstość, jak i parametry reologiczne są każdorazowo dostosowywane do panujących warunków gruntowych i projektowanej wytrzymałości cementogruntu. W trakcie penetracji mieszadła następuje weryfikacja stropu gruntów nośnych. W przypadku rozbieżności między założeniami projektowymi a warunkami rzeczywistymi koryguje się długość kolumn w porozumieniu z projektantem posadowienia. Po osiągnięciu wymaganej głębokości penetracji następuje faza formowania kolumny. Polega ona na kilkukrotnym podciąganiu i opuszczaniu mieszadła w celu równomiernego wymieszania gruntu z wtłoczonym zaczynem cementowym. Najczęściej cykl podciągania i opuszczania mieszadła jest powtarzany trzy-, czterokrotnie.

Prace polegające na wzmocnieniu podłoża gruntowego zostały rozpoczęte w listopadzie 2009 r. Ostra zima oraz protesty ekologów związane z występowaniem na trasie budowanej drogi chronionych gatunków zwierząt sprawiły, że zakończenie prac na ostatnim obiekcie nastąpiło w marcu br. Dla przedmiotowego zadania wykonano 806 kolumn o długości od 5,5 m do 9,0 m, o sumarycznej długości przekraczającej 5 km. Do wykonania tych specjalistycznych robót wykorzystano urządzenia wiertnicze na podwoziu gąsienicowym, model BAUER RG16T oraz Bauer RG18T. Poprawność wykonania kolumn była weryfikowana na bieżąco poprzez ciągłą rejestrację parametrów wiercenia i formowania kolumn. Do parametrów tych można zaliczyć głębokość pogrążenia mieszadła, ilość tłoczonego zaczynu cementowego, opory pogrążania, prędkość obrotową mieszadła. Ponadto prowadzono kontrolne pomiary gęstości i parametrów używanego zaczynu cementowego. Do wykonania kolumn został wykorzystany zaczyn cementowy na bazie cementu hutniczego CEM III/A 32,5 N. Założenia projektowe dotyczące prognozowanej wytrzymałości cementogruntu na ściskanie zweryfikowano w badaniach laboratoryjnych. Analizę wytrzymałości cementogruntu przeprowadzono na próbkach pobranych z materiału świeżo wykonanej kolumny. W trakcie badań z każdej podpory pobrano sześć serii po sześć próbek sześciennych o wymiarach 15 x 15 x 15 cm. Ponadto dla jednego obiektu pobrano próbki rdzeniowe ze stwardniałej kolumny. Przeprowadzone badania wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach i 56 dniach potwierdziły poprawność przyjętych założeń projektowych.

Doświadczenia zdobyte na poprzednich kontraktach związanych ze wzmacnianiem podłoża gruntowego w technologii DSM, stały nadzór nad wykonywanymi pracami oraz odpowiedni dobór osprzętu do występujących warunków gruntowych i projektowanych parametrów kolumn sprawiły, że prace zostały zaprojektowane i zrealizowane zgodnie z narzuconymi terminami i wymogami technicznymi.



Ustawianie maszyny



Mieszadło do wykonywania kolumn DSM



Skuwanie głowic kolumn DSM



# Zakład Robót Inżynieryjnych Henryk Chrobok i Hubert Chrobok sp.j.

ul. Gościnna 101, 43-220 Bojszowy Nowe, woj. śląskie  
tel. 32 218 90 00, fax 32 328 92 91  
info@firma-chrobok.pl



## Wzmocnienia gruntu

- iniekcja jet-grouting
- pale CFA
- kolumny DSM
- kolumny żwirowe
- pale przemieszczeniowe
- mikropale
- kotwy gruntowe
- gwoździe gruntowe



## Zabezpieczenia wykopów

- ścianki z grodzic stalowych
- ścianki berlińskie
- wbijanie rur i kształtowników stalowych



## Inżynieria bezwykopowa

- przewiertki i przeciski poziome
- mikrotuneling
- przewiertki sterowane
- czyszczenie i cementowanie istniejących rurociągów
- relining
- kraking