

Przesłona przeciwfiltracyjna jet-grouting – S8 Warszawa

mgr inż. Artur Jaroń
Zakład Robót Inżynieryjnych Henryk
Chrobok i Hubert Chrobok Sp. j.

Fot. 1. | Wykonawstwo przesłony przeciwfiltracyjnej jet-grouting ZRI Chrobok (wiertnice Klemm i MDT)

Zakład Robót Inżynieryjnych Chrobok wiosną tego roku zakończył prace w ramach budowy p.n.: „Droga Ekspresowa S8 Trasy Armii Krajowej od węzła Konotopa do węzła Prymasa Tysiąclecia od km 01+099,00 do km 11+477,07”

W zakresie omawianego zadania Budimex SA, lider konsorcjum, powierzył naszej firmie wykonanie poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej w technologii iniekcji wysokociśnieniowej jet-grouting na odcinku trasy S8 w km 7+690 ÷ km 8+130 – Powstańców Śląskich, km 7+100 ÷ km 7+175 – Łazurowa oraz tunelu kolejowego w km 7+510 ÷ km 8+140 – bocznica kolejowa od Huty Lucchini. Sumaryczna objętość przesłony wyniosła ok. 43600 m³, a prace trwały od września 2008 r. do marca 2010 r. – z uwzględnieniem kilkumiesięcznych przerw. Jest to niewątpliwie największy zakres tego typu robót w Polsce oraz jeden z większych w Europie.

Budowa drogi S8 od węzła Konotopa do węzła Prymasa Tysiąclecia to jeden z najdroższych odcinków drogowych w naszym kraju. Koszty jego wykonania wynikają z faktu budowy w ścisłym centrum stolicy, co wiąże się z koniecznością pokonania wielu przejść kolizyjnych instalacji uzbrojenia podziemnego, jak i istniejących obiektów, takich jak wiadukt Powstańców Śląskich. Kolejnym kosztotwórczym czynnikiem dla tej inwestycji jest stosunkowo wysoki poziom zwierciadła wód gruntowych (ZWG) oraz warunki gruntowe umożliwiające szybką filtrację wody. W związku z tym dla odcinków drogi S8 o niwelicie drogi położonej poniżej ZWG zaprojektowano budowę tuneli, których konstrukcję stanowią ściany szczelinowe oraz żelbetowa płyta denna. Żelbetowa konstrukcja ścian szczelinowych z założenia jest kon-



Fot. 2a. | Roboty zbrojarskie – wykonanie poziomej płyty żelbetowej



Fot. 2b. | Docelowa płyta żelbetowa i ścianki szczelinowe



Zakład Robót Inżynierskich Henryk Chrobok i Hubert Chrobok Sp.J.

43-220 Bojszowy Nowe
ul. Gościnna 101, woj. śląskie
tel. +48 32 218 90 00
fax +48 32 328 92 91

info@firma-chrobok.pl

www.firma-chrobok.pl

Inżynieria bezwykopowa

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

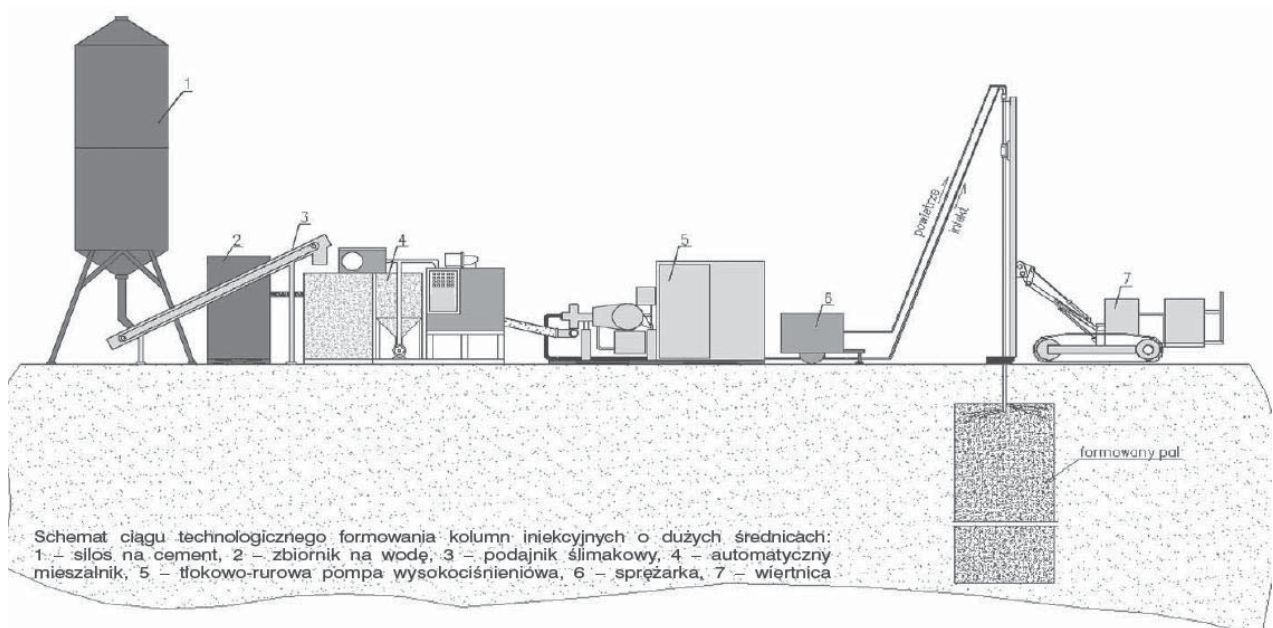
- ścianki z grodzic stalowych
- ścianki berlińskie
- wbijanie rur i kształtowników stalowych

Zabezpieczenia wykopów



Wzmocnienia gruntu

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



Rys. 1. | Schemat ciągu technologicznego jet-grouting

strukcją szczelną dla wody gruntowej, ponadto mogła stanowić fundament pośredni dla wiaduktów usytuowanych poprzecznie do nowej trasy. Natomiast pozioma płyta żelbetowa stanowi docelowe zabezpieczenie przed napływem wód gruntowych oraz konstrukcyjne rozparcie ścian szczelinowych. Wykonaną ścianę szczelinową i płytę żelbetową na etapie robót zbrojarskich i już wykonaną w pierwszym etapie przedstawiają fot. 2a i b. Założenie wykonania płyty dennej na poziomie poniżej ZWG spowodowało konieczność tymczasowego zabezpieczenia przeciwwodnego. Ze względu na obszar tunelu, jego położenie oraz czas potrzebny do jego realizacji, obniżenie wód gruntowych przez pompowanie i zrzut wody mogłoby mieć negatywny wpływ na wszystkie obiekty posadowione w obszarze leja depresji, poprzez spowodowanie ich osiadań, oraz na środowisko. W związku z tym na etapie projektu budowlanego przyjęto wykonanie tymczasowej poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej w technologii iniekcji wysokociśnieniowej jet-grouting, ograniczającej napływ wody do wykopu oraz zapewniającej stateczność dna wykopu przed wyporem. Na dzień dzisiejszy wiadomo, że przesłona wykonana przez ZRI Chrobok spełniła w 100% swoje założenia i umożliwiła wykonanie żelbetowej płyty w suchym wykopie.

Sposób wykonania poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej w technologii jet-grouting jest następujący. W pierwszej kolejności konieczne jest wykonanie poziomej i stabilnej platformy roboczej, znajdującej się powyżej ZWG. Dla potrzeb prowadzenia prac można w sprzyjających warunkach wstępnie obniżyć teren do poziomu o 1 m wyższego od ZWG. Platforma robocza musi zapewnić bezpieczne poruszanie się wiertnicy i sprzętu budowlanego. W przypadku gruntów niestabilnych konieczne jest jej utwardzenie z materiału droбноziarnistego. Na tak przygotowanej platformie wiertnica na podwoziu gąsienicowym

wykonuje odwerty przy pomocy żerdzi zakończonych koronką wiertniczą. Żerdzie służą jednocześnie do transportu mediów w postaci wody, powietrza i iniektu. Do wiertnicy podawany jest zaczyn wodno-cementowy poprzez przewody wysokociśnieniowe łączące wiertnicę z pompą wysokociśnieniową, a także sprężone powietrze generowane przez kompresory. Zaczyn wodno-cementowy tworzony jest w automatycznych mieszalnikach przy stałej kontroli parametrów mieszania, tzn. wagowej ilości składników. Cement przechowywany jest luzem w stalowych silosach, natomiast woda jest czerpana z sieci miejskiej. Wszystkie ww. urządzenia za wyjątkiem wiertnicy znajdują się na poziomej platformie technologicznej. Wiertnica może pracować w odległości ok. 150 m od platformy. Schemat przedstawionego powyżej ciągu technologicznego przedstawiony jest na rys. 1.

Wykonanie poziomego ekranu przeciwfiltracyjnego składa się z trzech etapów.



Fot. 3. | Technologiczne przegrody pionowe – podział na sekcje



Fot. 4a. | Pomiar średnicy kolumny ok. 2 m



Fot. 4b. | Wykonawstwo próbnych kolumn jet-grouting

ETAP I

Wykonany zostaje odwiert na zadaną głębokość, zgodnie z projektem konstrukcyjnym. Pomiar głębokości następuje poprzez pomiar ilości i długości żerdzi podczas odwiertu. Wiercenie następuje przy stale podawanej płuczce wodnej lub wodno-cementowej, w zależności od zachowania się otworów wiertniczych. Płuczkę dostarcza się pod stosunkowo niskim ciśnieniem. Podczas wiercenia konieczne jest kontrolowanie zachowania się żerdzi, oporów, pionowości masztu, warunków wiercenia oraz zachowania się otworów. W momencie osiągnięcia żądanej głębokości rozpoczyna się etap II.

ETAP II

W momencie zwiększenia ciśnienia do wartości roboczej następuje automatyczne zamknięcie otworów płuczkowych w koronce wiertniczej i uformowanie strumienia iniekcyjnego. Zaczyn zostaje podany pod roboczym ciśnieniem w zakresie 30÷40 MPa. W celu zoptymalizowania parametrów formowania kolumny i osiągnięcia jak największej średnicy, strumień iniekcyjny podaje się w otulinie sprężonego powietrza o ciśnieniu w zakresie ok. 4÷7 atmosfer. Zaczyn oraz sprężone powietrze doprowadza się za pomocą przewodów wysokociśnieniowych do złącza obrotowego zamocowanego na żerdzi, a następnie do głowicy żerdzi – monitora. Etap II kończy się w momencie osiągnięcia górnej rzędnej przesłony przeciwfiltracyjnej.

ETAP III

Minimalizuje się dopływ zaczynu oraz powietrza, natomiast podczas wyciągania żerdzi podaje się wodę pod minimalnym ciśnieniem, aby nie dopuścić do wiązania zaczynu. Żerdź powinna zostać wyciągnięta równomiernie przy stałym ruchu obrotowym.

Głębokość wykonania przesłony uzależniona jest m.in. od różnicy poziomu pomiędzy swobodnym zwierciadłem wody gruntowej a rzędną wykopu pod docelową płytę żelbetową, a także od warunków filtracyjnych podłoża gruntowego. W celu balastowania wyporu wody gruntowej możliwe jest celowe obniżenie poziomu przesłony i wykorzystanie spoczywającego na niej gruntu. Obniżenie to nie może jednak przekraczać dna ścian szczelinowych. Należy wziąć również pod uwagę zachowanie pionowości odwiertu. Proporcjonalnie do głębokości wiercenia

rośnie ryzyko odchylenia się żerdzi od pionu. Ryzyko to niweluje się większym zagęszczeniem odwiertów na danej powierzchni oraz grubością przesłony. W zależności od przyjętego stopnia odchyłki, należy znaleźć optymalną głębokość przesłony zapewniającą stateczność dna wykopu i jego szczelność, jednocześnie optymalizując ekonomiczny aspekt wykonawstwa.

Najtrudniejszym zagadnieniem wykonania korka w technologii jet-grouting jest brak możliwości lokalizacji ewentualnych przecieków. Kluczowe znaczenie w wykonawstwie tego typu robót jest stała kontrola nad wykonywanymi pracami na każdym z ww. trzech etapów robót. Ponadto w przypadku tak dużych obszarów jak dla tego zadania – ok. 16700 m² tylko na zasadniczym odcinku trasy S8 – konieczny jest podział przesłony na sekcje robocze. Podział ten umożliwia odpowiednie poziomowanie korka, który zmienia swe położenie wraz z obniżeniem niwelety drogi. Jednocześnie w przypadku ewentualnych wycieków, naprawa przesłony jest ograniczona do danej sekcji, a nie do całego zadania. Podziału dokonuje się za pomocą przegród poprzecznych, będących stałym elementem konstrukcyjnym, jak np. przepompownia czy galeria wykonanych ze ścianek szczelinowych lub tymczasowych przegród, wykonanych z grodzic stalowych pełniących swoją funkcję do momentu wykonania żelbetowej płyty dennej. Podział na tego typu sekcje przedstawiony jest na fot. 3.

Niezmiernie ważną informacją na etapie projektowania przesłony i późniejszego jej wykonania jest kwestia wiedzy na temat maksymalnej możliwej średnicy kolumny, którą można wykonać w danych warunkach gruntowych i przy doborze maszyn o konkretnych parametrach. W tym celu niezbędne jest wykonanie polećki próbnego. Dla doboru odpowiedniej techniki testuje się różne prędkości podnoszenia podczas iniekcji oraz różną prędkość obrotową. Próby wykonywane są zarówno dla pojedynczych kolumn, jak i grupy trzech kolumn zachodzących na siebie na niewielkiej głębokości tak, aby po okresie kilku dni można było je odkopać i wykonać pomiary średnic, co przedstawia fot. 4a. Po doborze optymalnej techniki wykonuje się próbne kolumny na głębokości docelowej. W sąsiedztwie maszyny i żerdzi zostają umieszczone stalowe pręty w zasięgu średnicy kolumny, która powinna zostać wykonana przy zastosowaniu wcześniej dobranych parametrów. W przypadku uderzenia strumieniem iniektu w pręty można zaobserwować ich ruch na powierzchni (fot. 4b),



Fot. 5a. | Wiertnica Klemm (po lewej) i Atlas Copco (po prawej), w tle tymczasowy wiadukt Powstańców Śląskich

co oznacza wykonanie założonej średnicy. Dodatkowo pomocne mogą okazać się badania wodoprzepuszczalności pobranych próbek rdzeniowych oraz badania wytrzymałości cementogruntu na ściskanie.

Prace zostały wykonane przy pomocy maszyn MDT (fot. 5b), Klemm i Atlas Copco (fot. 5a) oraz pomp wysokociśnieniowych Halliburton, Obermann i Tecniwell. Jednocześnie w ramach ww. zadania nasza firma wykonała szereg zabezpieczeń wykopów w postaci ścianek z grodzic stalowych przy użyciu wibromłotów oraz palisad w technologii jet-grouting w ramach przebudowy wiaduktu Powstańców Śląskich. Bardzo dobra współpraca z liderem konsorcjum – firmą Budimex S.A. oraz spore doświadczenie naszej firmy w wykonawstwie w technologii jet-grouting umożliwiły precyzyjne wykonanie zadania zgodnie z założonym harmonogramem.

Na łamach niniejszego artykułu składamy podziękowania za dotychczasową współpracę i życzymy powodzenia w kolejnych realizacjach. ■

INFORMACJE O INWESTYCJI:

NAZWA ZADANIA:

„Droga Ekspresowa S8 Trasy Armii Krajowej od węzła KONOTOPA do węzła PRYMASA TYSIĄCLECIA od km 01+099,00 do km 11+477,07”

GENERALNY WYKONAWCA:

Konsorcjum firm BUDIMEX S.A. – Lider Konsorcjum, MOSTOSTAL WARSZAWA S.A., STRABAG sp. z o.o., WARBUD S.A.

ZAMAWIAJĄCY:

BUDIMEX SA Oddział Budownictwa Komunikacyjnego Północ w Warszawie, z siedzibą w Warszawie, ul. Stawki 40, 01-040 Warszawa

INWESTOR:

GDDKiA Oddział w Warszawie, ul. Mińska 25, 01-808 Warszawa

JEDNOSTKA PROJEKTOWA:

„Profil” sp. z o.o., Al. Jerozolimskie 144, 02-305 Warszawa



Fot. 5b. | Wiertnica MDT

SZCZEGÓŁY ZADANIA:

NAZWA ZADANIA:

„Wykonanie poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej metodą jet-grouting tunelu drogowego – km 7+100 ÷ km 7+175 i km 7+690 ÷ km 8+130 oraz tunelu kolejowego km 7+510 ÷ km 8+140”

WYKONAWCA:

Zakład Robót Inżynierskich Henryk Chrobok i Hubert Chrobok Sp. J. 43-220 Bojszowy Nowe, ul. Gościnną 101

JEDNOSTKA PROJEKTOWA:

Geo-Ekspert sp. z o.o., ul. Balcerskiego 19, 80-299 Gdańsk



PROGRAM REGIONALNY
Województwa Śląskiego



Śląskie
Płynąca energia



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Śląskie Centrum
Przedsiębiorczości

Regionalny Program Operacyjny Województwa Śląskiego – realna odpowiedź na realne potrzeby

Rozwój przedsiębiorstwa ZRI Chrobok Sp. J. w drodze poprawienia konkurencyjności firmy poprzez zakup innowacyjnych urządzeń działających łącznie: wibromłota bezrezonansowego oraz urządzenia pomiarowego

Zakład Robót Inżynierskich Henryk Chrobok i Hubert Chrobok Sp.J.

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013

Informacje źródłowe na temat Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013 znajdują się na stronie www.rpo-silesia-region.pl