

Wykonanie głębokich wykopów początkowych i docelowych dla potrzeb bezwykopowej budowy przewodów podziemnych

■ dr inż. Agata Zwierzchowska, Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych, Politechnika Świętokrzyska



Bezwykopowa budowa przewodów podziemnych prowadzona jest coraz częściej na znacznych głębokościach, przekraczających kilkanaście metrów. W takich przypadkach tradycyjne głębienie wykopów początkowych i docelowych oraz ich obudowa grodzicami stalowymi lub kręgami żelbetowymi może stwarzać wiele problemów. Na świecie najgłębsze realizacje powadzone w bezwykopowej budowie przekraczają 100 m. Dla takich oraz mniejszych głębokości, rzędu 20, 30 m, opracowano specjalne technologie głębienia i obudowy wykopów początkowych i docelowych. W artykule omówiono dwie z nich: technologię VSM 8000 oraz technologię tarczy sferycznej.

Technologia VSM 8000

Kilka lat temu firma Herrenknecht opracowała urządzenie VSM 8000, które służy do budowy komór początkowych i docelowych (głębienie i obudowa) o przekroju kołowym w technologii studni zatapianych. Urządzenie to wykorzystywane jest przy wysokim ciśnieniu wody gruntowej, dla dużych głębokości komór i o znacznym ich promieniu, od 6 m do 8 m (przy zastosowaniu specjalnego poszerzenia nawet do 12 m).

Zasadnicze części urządzenia to rama przeciskowa oraz hydrauliczny wysięgnik urabiający. W pierwszej fazie budowy komory z zastosowaniem tego urządzenia wykonuje się wykop punktowy o głębokości od 1 m do 2 m i średnicy od 6 m do 8 m (w zależności od wymiarów zaprojektowanej komory). Do wykopu tego wprowadza się żelbetowy element, tzw. początkowy, w formie pierścienia, zaopatrzonego w nóż tnący, okalający element w dolnej jego części (ryc. 1). W pierścieniu tym znajdują się stalowe prowadnice dla hydraulicznego wysięgnika urabiającego (ryc. 2). Następnie wokół pierścienia mocowane są w gruncie stalowe kotwy, na których umieszcza się konstrukcję wsporczą dla ramy przeciskowej (ryc. 3). W ten sposób siły reakcji od siłowników hydraulicznych ramy przeciskowej przenoszone są na grunt. Sterowanie urządzeniem odbywa się z kontenera sterowniczego umieszczonego na powierzchni terenu w pobliżu budowanej komory.

Komora w czasie jej budowy jest zalewana wodą w celu zrównoważenia ciśnienia zewnętrznego wody gruntowej. Wysięgnik urabia grunt, poruszając się promieniście we wnętrzu kręgu żelbetowego, od jego środka na zewnątrz (ryc. 4). Urobek transportowany jest systemem płuczkiwodnymi przewodami do systemu se-



Ryc. 1. Żelbetowy pierścień początkowy z nożem tnącym [1]



Ryc. 2. Stalowe prowadnice wysięgnika urabiającego (oznaczone kolorem niebieskim) [1]

paracji, gdzie grunt jest oddzielany od wody (ryc. 5). Wysięgnik zaopatrzonego jest w teleskopowe ramie, które może się wysuwać na głębokość 1 m oraz obracać o 190° w prawo lub w lewo. Maksymalny moment obrotowy wysięgnika urabiającego wynosi 30 kNm, natomiast wydajność pompy zasysającej urobek zmieszany z wodą to 200–400 m³/h. Maksymalne tempo urabiania gruntu, w sprzyjających warunkach gruntowych, wynosi 60 m³/h.

Po osadzeniu w wykopie żelbetowego pierścienia początkowego oraz zamocowaniu hydraulicznego wysięgnika urabiającego i ramy przeciskowej na pierścieniu układa się prefabrykowane, żelbetowe segmenty (tubingi) (ryc. 6), które wciska się w grunt wraz z pierścieniem początkowym za pomocą siłowników hydraulicznych umieszczonych w ramie przeciskowej (ryc. 7). Siła przecisku może osiągać nawet 1000 t (10 000 kN). Zewnętrzne powierzchnie przeciskanej komory smarowane są lubrykatem na bazie bentonitu za pomocą systemu dysz umieszczonych we wbudowywanych segmentach. Zabieg ten stosuje się w celu zmniejszenia tarcia powierzchniowego gruntu o przeciskaną powierzchnię zewnętrzną komory. Po wykonaniu komory na odpowiednią głębokość wysięgnik urabiający i pro-



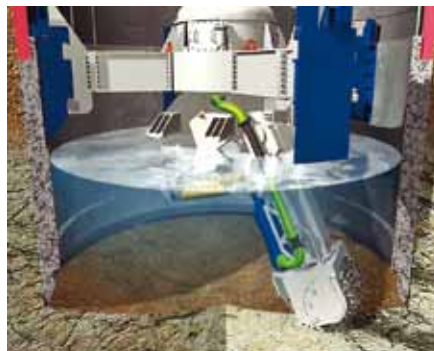
Ryc. 3. Konstrukcja wsporczą ramy przeciskowej [1]

wadnice są demontowane i wyjmowane z komory. Następnie na jej dnie układa się mieszankę betonową, a po jej stwardnieniu wypompowuje wodę.

Oprócz budowy bardzo głębokich komór na lądzie, urządzenie to może być również wykorzystywane do wykonywania komór na pełnym morzu dla budowy rurociągów podmorskich.

Jedną z pierwszych realizacji, w której wykorzystano urządzenie VSM 8000, była budowa pięciu komór początkowych w Kuwejcie, na przełomie lat 2004 i 2005, dla wbudowania przewodów kanalizacji sanitarnej w technologii mikrotunelowania o łącznej długości 38 km. Średnica wykonanych komór wynosiła 8000 mm, a ich głębokość osiągała 28 m. Ze względu

na usytuowanie realizacji w bezpośrednim sąsiedztwie Zatoki Perskiej, poziom wody gruntowej był wysoki, w niektórych miejscach wynosił 3 m p.p.t. W związku z tym ciśnienie wody gruntowej dochodziło nawet do 0,25 MPa. W latach 2006 i 2007 w tej technologii wykonano osiem komór początkowych i docelowych w Sankt Petersburgu, o głębokościach od 58 m do 85 m i średnicach od 5,5 m do 7,7 m. Najgłębszą komorę w tej technologii wbudowano na wyspie Jawa w Indonezji, miała ona 100 m głębokości i 2,5 m średnicy.



Ryc. 4. Hydrauliczny wysięgnik urabiający w czasie pracy [1]



Ryc. 6. Układanie prefabrykowanych, żelbetonowych segmentów na pierścieniu początkowym [1]

Technologia tarczy sferycznej

Tarcza sferyczna, opracowana w Japonii, służy nie tylko do głębenia i wykonywania obudowy wykopów początkowych i docelowych, ale jednocześnie, po osiągnięciu projektowanego poziomu, wykorzystywana jest do wbudowywania w technologii mikrotunelowania przewodów podziemnych lub tuneli.

Technologia tarczy sferycznej (*Spherical Shield Tunnel Boring Machine*), opracowana przez firmę Taisei Construction Corporation, pozwala na wiercenie pionowych i poziomych tuneli oraz wykonywanie ich obudowy, używając do tego jednej maszyny. Możliwe jest również wykonywanie zmian kierunku wbudowywanego tunelu w poziomie o 90°. Obrót urządzenia jest możliwy w dowolnym kierunku i dowolnym czasie w trakcie procesu drążenia.

Główne urządzenie posiada obrotowy, sferyczny człon, we wnętrzu którego znajduje się urządzenie z mniejszą głowicą tnącą (ryc. 8). Sferyczny człon umożliwia obrót urządzenia i drążenie tunelu o mniejszej średnicy w nowym kierunku. Maszyna zabezpieczona jest przed napływem wody do jej wnętrza, dzięki czemu możliwe jest jej zastosowanie poniżej poziomu wody gruntowej. Urządzenie może być stosowane w zróżnicowanych warunkach gruntowych.

W technologii tarczy sferycznej możliwe są następujące kombinacje wiercenia:

- wiercenie pionowe w dół – wiercenie poziome (*vertical downward – horizontal*);
- wiercenie poziome – wiercenie pionowe do góry (*horizontal – vertical upward*);
- wiercenie poziome, obejmujące możliwość zmiany kierunku o 90° w płaszczyźnie poziomej (*horizontal – horizontal*).

Do drążenia i wykonywania obudowy wykopów początkowych i docelowych stosowane są dwie pierwsze z wymienionych powyżej kombinacji wiercenia,



Ryc. 5. Płuczkowy system transportu urobku (przewody transportujące urobek zmieszany z wodą do systemu separacji oznaczono kolorem zielonym, przewody podające wodę oddzielną od urobku oznaczono kolorem niebieskim) [1]



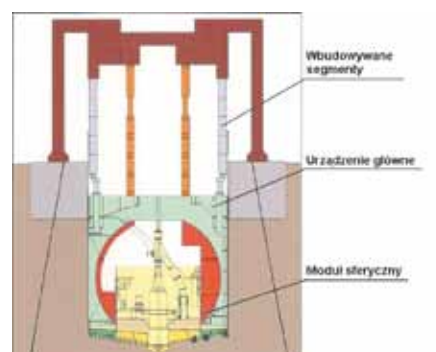
Ryc. 7. Wciskanie w grunt elementów obudowy komory za pomocą siłowników hydraulicznych umieszczonych w ramie przeciskowej [1]

ostatnia kombinacja służy tylko do wbudowywania przewodów podziemnych lub tuneli.

Kombinacja wiercenia pionowo w dół, a następnie poziomo (*vertical downward – horizontal*) umożliwia pionowe drążenie wykopu z jednoczesnym wykonywaniem jego obudowy, a następnie wiercenie poziome w celu wbudowywania rurociągu lub tunelu. Przed rozpoczęciem prac urządzenie montowane jest na platformie, umiejscowionej na betonowym pierścieniu prowadzącym. Maszyna wprowadzana jest w grunt za pomocą siłowników hydraulicznych. W pierwszym etapie robót, tj. w wierceniu pionowym w dół, głowica tnąca głównego urządzenia posiada dodatkowe, zewnętrzne elementy skrawające, które w połączeniu z podobnymi, znajdującymi się na tarczy podzespołu o mniejszej średnicy, zwiększają całkowitą powierzchnię skrawania. Wraz z drążeniem wykopu sukcesywnie wbudowywane są betonowe segmenty, stanowiące jego obudowę (ryc. 9). Po osiągnięciu projektowanego zagłębienia podzespół głównego urządzenia (człon o mniejszej średnicy) jest nieznacznie wycofywany i następnie obracany o 90°. W dalszej kolejności tylna część zostaje



Ryc. 8. Widok tarczy sferycznej z obrotowym członem [3]



Ryc. 9. Wciskanie urządzenia w grunt poprzez siłowniki i segmenty obudowy wykopu [2]

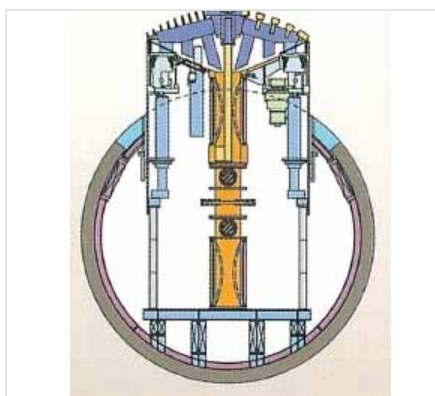
przytwierdzona do podłoża, a podzespół rozpoczyna wiercenie w kierunku poziomym, wbudowując przewód podziemny lub tunel, tak jak w klasycznej technologii mikrotunelowania. Na rycinie 10 przedstawiono widok tarczy



Ryc. 10. Widok tarczy sferycznej przystosowanej do kombinacji wiercenia pionowo w dół – poziomo (*vertical downward – horizontal*) [2]

sferycznej w kombinacji wiercenia pionowo w dół – poziomo (*vertical downward – horizontal*).

Na wykonywanie wykopów, włącznie z ich obudową, pozwala również kombinacja wiercenia poziomo, a następnie pionowo do góry (*horizontal – vertical upward*). Kombinacja ta umożliwia poziome wbudowywanie przewodu podziemnego bądź tunelu, a następnie wiercenie pionowego szybu w górę wraz z wykonaniem jego obudowy. Jakkolwiek kombinacja wiercenia tego typu nie została jeszcze wykorzystana w praktyce, to tarcza sferyczna przystosowana do takiej kombinacji wiercenia zastała użyta w Osace, wraz z konwencjonalną maszyną do mikrotunelowania, w celu wbudowania kolektora kanalizacyjnego. Urządzenie zostało dostarczone na miejsce przez wykonany wcześniej mikrotunel, a następnie po jego umieszczeniu w punkcie docelowym wykorzystano je do wykonania pionowego szybu. Pier-



Ryc. 11. Początek wiercenia poprzez segment mikrotunelu z jednoczesnym przeciskaniem urządzenia za pomocą siłowników hydraulicznych [2]

szym etapem było przewiercenie się przez segment mikrotunelu wykonany z żywicy poliestrowych wzmocnionych włóknem szklanym (GRP). Następnie maszyna była wpychana w grunt przy pomocy siłowników hydraulicznych, wspierających się na wbudowanych wcześniej segmentach (ryc. 11). Widok w tej kombinacji urządzenia przedstawiono na rycinie 12.

Zastosowanie technologii tarczy sferycznej umożliwia nie tylko drążenie wykopów początkowych i docelowych, wykonywanie ich obudowy, wbudowywanie przewodów podziemnych i tuneli ze zmianą kierunku, ale także czyni prostszym wymianę zużywających się elementów skrawających. Jest to szczególnie istotne, gdyż nie ma konieczności wycofywania urządzenia lub wykonywania dodatkowych wykopów w celu jego naprawy. Aby umożliwić wymianę zużytych elementów, głowica tnąca przy pomocy siłowników jest wciągana do wnętrza sferycznego członu, który następnie zostaje uszczelniony, a wszystkie przewody rozłączone. W celu zrównoważenia ciśnie-



Ryc. 12. Widok urządzenia w kombinacji wiercenie poziome – wiercenie pionowe do góry (*horizontal – vertical upward*) [2]

nia gruntu do przestrzeni przed głowicą pompowany jest płyn wiertniczy. Następnie sferyczny człon urządzenia obraca się o 180° i zużyte elementy skrawające zostają wymienione, po czym człon powraca do pozycji wyjściowej i praca jest kontynuowana.

Do głównych zalet technologii należą: znacznie zredukowana średnica wykopów, możliwość wykonywania prac na dużych głębokościach, redukcja powierzchni placu budowy, eliminacja wykonywania wykopów w miejscach załamania trasy przewodu, możliwość naprawy tarczy urządzenia lub wymiany zużytych elementów skrawających z wnętrza głowicy poprzez jej obrót.

Literatura

- [1] Herrenknecht – materiały informacyjne.
- [2] www.shield-method.gr.jp
- [3] *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*. Red. A. Kulickowski. Wydawnictwo Seidel – Przywecki. Warszawa 2010.

Nakładem wydawnictwa Seidel – Przywecki ukazała



się książka *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska* – praca zbiorowa pod redakcją Andrzeja Kulickowskiego. Jest to pierwsza w Polsce publikacja obejmująca całościowo tematykę technologii bezwykopowych. Omówiono w niej bardzo szczegółowo technologie bezwykopowej budowy, prezentując również najnowsze technologie, niestosowane jeszcze do tej pory w Polsce. Przedstawiono zagadnienia projektowania bezwykopowej budowy i optymalny dobór

technologii. Scharakteryzowano czyszczenie i diagnostykę sieci podziemnych. Zaprezentowano bezwykopowe naprawy przewodów nieprzelazowych. Szczegółowo omówiono technologie bezwykopowej renowacji, rekonstrukcji i wymiany oraz obliczenia hydrauliczne przewodów kanalizacyjnych i wodociągowych poddawanych bezwykopowej renowacji lub rekonstrukcji. Przedstawiono planowanie odnowy przewodów kanalizacyjnych i wodociągowych. Ponadto

omówiono rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne rur stosowanych w technologiach bezwykopowych. Podano zalety bezwykopowych technologii budowy i odnowy sieci infrastruktury podziemnej.

Książka liczy 735 stron. Może być praktycznym poradnikiem w zakresie technologii bezwykopowych zarówno dla inwestorów, projektantów, wykonawców robót, jak i innych osób podejmujących decyzje dotyczące tych technologii.

Specjalistyczne produkty betonowe CEMEX ... i problemy na budowie rozwiązują się same



– zagęszczony grunt bez wibracji

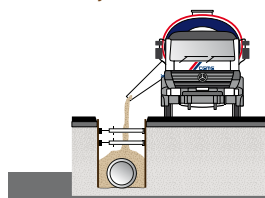
GRUNTON to samozagęszczające się mieszanki przeznaczone do wypełniania wykopów, nieczynnych kanałów, przecisków pod drogami itp. Na budowę dostarczane są betonmieszkarkami w płynnej postaci, natomiast po zagęszczeniu (1-2 dni) posiadają właściwości mechaniczne zbliżone do zagęszczonego gruntu.

Korzyści ze stosowania mieszanek GRUNTON:

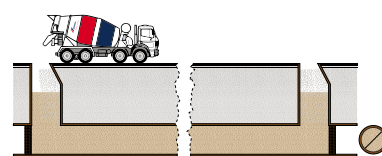
- skrócenie czasu budowy wynikające z braku konieczności zagęszczania,
- niższe koszty robocizny, sprzętu oraz utrzymania sieci,
- szybsze prowadzenie robót w specyficznych warunkach (np. na obszarach zabytkowych),
- zmniejszone ryzyko uszkodzenia instalacji podczas budowy,
- możliwość zwężania wykopów,
- brak osiadania po związaniu.

Obszar zastosowań:

- wypełnianie wykopów liniowych,
- wypełnianie nieczynnych przewodów rurowych i kanałów,
- wypełnianie przestrzeni pierścieniowych,
- wypełnianie pustych przestrzeni podczas budowy tuneli,
- wypełnianie wyeksploatowanych zbiorników podziemnych,
- wypełnianie wyremontowanych lub nieczynnych przejść i przejazdów podziemnych,
- wypełnienia za fundamentami i zabezpieczenie przestrzeni roboczych.



Wypełnianie wykopów liniowych



Wypełnianie nieczynnych przewodów rurowych i kanałów



– dwa razy krótszy czas budowy

PROMPTIS® to rodzina betonów o bardzo dużej dynamice narastania wytrzymałości wczesnej. W temperaturze 20°C osiąga on aż 4 MPa już po 4 godzinach od zakończenia betonowania, dzięki czemu możliwe jest dwukrotne betonowanie w ciągu jednego dnia przy użyciu tych samych szalunków, przez co znacznie skraca się czas budowy. Na życzenie Klienta dostępne są inne rodzaje betonu **PROMPTIS®** o podwyższonej wytrzymałości wczesnej.

PROMPTIS® – korzyści wynikające z zastosowania

Skrócenie czasu budowy

- szybka rotacja form prowadząca do przyspieszenia wznoszenia ścian, filarów i innych elementów.

Niższe koszty budowy

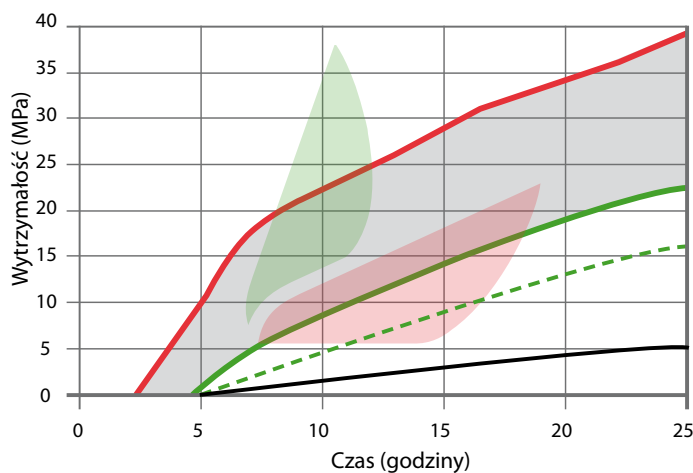
- mniejsze opłaty za wynajem sprzętu budowlanego, szczególnie szalunków,
- brak opłat wynikających z opóźnień na placu budowy,
- szybkie oddanie konstrukcji do użytku.

Zastosowanie betonów PROMPTIS®:

- w budynkach (filary, ściany, belki, płyty, panele),
- w zakładach produkujących prefabrykaty (belki, panele, inne elementy betonowe),
- w budownictwie lądowym (wysokie ściany, tunele, drogi),
- przy budowie przystanków autobusowych oraz torowisk kolejowych i tramwajowych,
- przy stawianiu terminali płatniczych na autostradach,

- przy wznoszeniu budynków, stref logistycznych i magazynowych.

Wytrzymałość wczesna betonu PROMPTIS® vs betony tradycyjne



- PROMPTIS® (SCC)
- PROMPTIS® (S4)
- - - Beton tradycyjny o przyspieszonym twardnieniu
- Beton standardowy w klasie C25/30

infolinia 801 238 669 lub 25 786 05 83

www.cemexbeton.pl