

Bezwykopowa budowa sieci podziemnych

Część I

Mikrotunelowanie i przeciski hydrauliczne

dr inż. Agata Zwierzchowska*



Bezwykopowa budowa sieci podziemnych polega na wprowadzeniu pod powierzchnię ziemi ciągu rur lub przewodów kablowych bez wykonywania wykopów liniowych. Jedynymi wykopami, które występują w technologiach bezwykopowych są wykopy punktowe (wykop początkowy i wykop docelowy).

Technologie bezwykopowej budowy można podzielić dość ogólnie na pięć grup:

- mikrotunelowanie,
- przeciski hydrauliczne,
- przewiertki sterowane i wiercenia kierunkowe,
- przeciski pneumatyczne przebijakiem tzw. kretem,
- wbijanie rur stalowych.

Do połowy lat 90. ubiegłego wieku stosowano w Polsce przede wszystkim metody niesterowalne, m.in. przeciski pneumatyczne przebijakiem, wbijanie rur stalowych oraz przeciski hydrauliczne. Dopiero w drugiej połowie lat 90. XX w. zaczęto stosować metody sterowalne. Pierwszy przewiert sterowany wykonano w Polsce w 1991 r. [4], natomiast mikrotunelowanie w 1998 r.

MIKROTUNELOWANIE

Jedną z metod bezwykopowej budowy sieci podziemnych jest mikrotunelowanie. Technologia ta, najnowocześniejsza spośród metod bezwykopowej budowy, narodziła się w Japonii. Tam najwcześniej zaadaptowano tunelowanie do budowy sieci kanalizacyjnych w centrach miast gęsto zabudowanych, z rozwiniętą już infrastrukturą podziemną. Początek tej metody datuje się na połowę lat 70. ubiegłego wieku, kiedy to w 1975 r. japońska firma Komatsu skonstruowała pierwszą głowicę do mikrotunelowania.

Technologia mikrotunelowania

Mikrotunelowanie jest to jednoetapowy przecisk hydrauliczny, wysoce zautomatyzowany i skomputeryzowany. Metoda ta polega na drażnieniu tunelu przy pomocy tarczy skrawającej z jednoczesnym przeciskaniem rur przewodowych. Tarcza ta umieszczona jest na czole urządzenia do mikrotunelowania, zwanego również głowicą (rys. 1). Wbudowywanie rurociągu w tej technologii odbywa się od wykopu początkowego do

docelowego. W wykopie początkowym, zwanym również komorą startową lub szybem startowym, umieszczona jest główna stacja przeciskowa, składająca się z siłowników hydraulicznych oraz pierścienia wciskającego (rys. 2). Na specjalnych prowadnicach zwanych łożem, ułożonych również w wykopie początkowym, umieszcza się urządzenie do mikrotunelowania. Urządzenie to jest wciskane w grunt przy pomocy głównej stacji przeciskowej. W tylnej części wykopu początkowego wbudowana jest żelbetowa płyta oporowa, o którą rozpierają się siłowniki hydrauliczne. Jej zadaniem jest rozłożenie sił reakcji od siłowników hydraulicznych i przekazanie ich na grunt. Bezpośrednio za wciskaną w grunt głowicą do mikrotunelowania przeciskane są rury przewodowe, w postaci rur przeciskowych. Jako rury przeciskowe stosowane są najczęściej rury: kamionkowe, z polimerobetonu, żelbetowe oraz z żywicy poliestrowych wzmocnionych włóknem szklanym. W trakcie przecisku dokładane są kolejne rury przewodowe. Wewnątrz wbudowywanego rurociągu prowadzonych jest wiele przewodów, m.in. przewody płuczkowe zasilające, przewody transportujące urobek, kable zasilające, przewody transmisji danych, przewody systemu smarowania, przewody hydrauliczne oraz inne. Przy każdorazowym dokładaniu kolejnego odcinka rury, przewody te muszą być rozłączone, przeciągnięte przez dokładaną rurę, a następnie połączone.

W czasie przecisku głowicy oraz ciągu rur, tarcza skrawająca urabia grunt na przodku. Odspojony grunt dostaje się do komory kruszenia, w której przy pomocy kruszarki stożkowej jest rozdrabniany, a większe kamienie kruszone. Urobek transportowany jest przy pomocy przenośników ślimakowych, podciśnienia (system pneumatyczny) lub po zmieszaniu z wodą przewodami tzw. systemem płuczkowym zamkniętym.



Rys. 1. Głowica do mikrotunelowania opuszczana do komory startowej [7]



Rys. 2. Główna stacja siłowników hydraulicznych z dwoma cylindrycznymi siłownikami hydraulicznymi, płytą kotwiącą oraz pierścieniem wciskającym opartym na prowadnicach [7]

Części składowe systemu do mikrotunelowania

W skład systemu do mikrotunelowania wchodzi (rys. 3):

- urządzenie do mikrotunelowania składające się z trzech segmentów oraz tarczy wiertniczej;
- główna stacja siłowników hydraulicznych;
- agregat hydrauliczny zabudowany najczęściej w kontenerze, służący do zasilania głównej stacji siłowników hydraulicznych oraz stacji pośrednich;
- pompy płuczkowe (pompa zasilająca podająca czystą płuczkę, za-

montowana na powierzchni terenu, pompa tłocząca umieszczona w urządzeniu do mikrotunelowania oraz pompa tłocząca zamontowana w wykopie początkowym);

- system przygotowania i oczyszczania płuczki (najczęściej o budowie kontenerowej) z sitami do separacji grawitacyjnej urobku, sitami wibracyjnymi oraz hydrocyklonami;
- system smarowania, obejmujący mieszalnik cieczy smarującej, zbiornik, pompę, węże tłoczące, rozdzielacze i dysze;
- system sterowania i kontroli, w którego skład wchodzi: kontener sterowniczy ze stanowiskiem operatora (wiertacza), teodolit laserowy, elektroniczny odbiornik wiązki laserowej, siłowniki hydrauliczne służące do sterowania tarczą urabiającą oraz komputer;
- wyposażenie pomocnicze takie jak: rurowe przewody płuczkowe z szybkozłączkami, urządzenia do pomiaru wydatku płuczki, agregaty prądowcze, kable zasilające, przesyłowe i inne.



Rys. 3. Elementy systemu mikrotunelowania: A – urządzenie do mikrotunelowania, B – główna stacja siłowników hydraulicznych, C – kontener sterowniczy, D – separator płuczki, E – mieszalnik cieczy smarującej, F – rury przeciskowe [5]

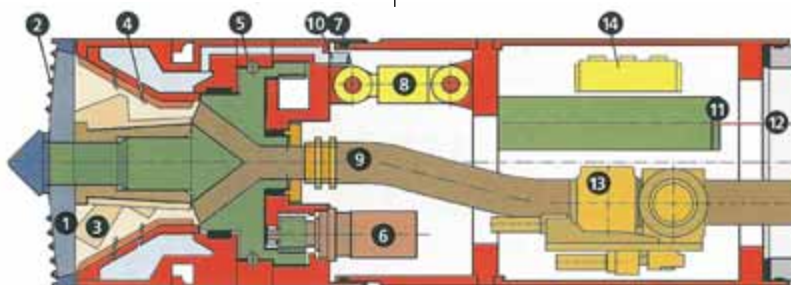
Urządzenia do mikrotunelowania

Głównym elementem systemu do mikrotunelowania jest urządzenie do mikrotunelowania, zwane również głowicą. Składa się zazwyczaj z trzech segmentów (modułów) (rys. 4). W pierwszym module znajduje się tarcza urabiająca grunt, komora kruszenia z kruszarką stożkową, łożysko główne wraz z silnikiem napędzającym je. W pozostałych modułach znajdują się m.in. siłowniki hydrauliczne służące do sterowania głowicą oraz elektroniczny odbiornik wiązki laserowej.

Tarcza urabiająca grunt napędzana jest silnikiem hydraulicznym lub elektrycznym poprzez łożysko główne, obracając się skrawa grunt. Odspojony grunt przedostaje się do komory kruszenia, gdzie jest rozdrabniany. Głowice mikrotunelowe przeznaczone do urabiania gruntów skalistych i kamienistych wyposażone są w kruszarkę stożkową, znajdującą się w komorze kruszenia. Kruszarka taka pozwala na rozdrabnianie kamieni o wielkości nawet do 30% średnicy urządzenia. W systemach, w których urobek transportowany jest przy pomocy płuczki, do komory kruszenia podawana jest poprzez specjalne

dysze płuczka bentonitowa. Płuczka ta miesza się z urobkiem i jest zasysana z komory poprzez przewody transportujące urobek. W tylnej części urządzenia pomiędzy przewodem podającym płuczki bentonitową do komory kruszenia, a przewodem transportującym urobek znajduje się obejście, tzw. bajpas. Po zakończeniu wiercenia obejście to otwiera się, zamykając jednocześnie przepływ płuczki do komory kruszenia. Przepływ płuczki lub wody następuje wówczas przez przewody płuczkowe, następnie bajpas, bezpośrednio do przewodów transportujących urobek, w celu wyczyszczenia przewodów z urobku.

W miejscu połączenia pierwszego modułu z drugim na obwodzie urządzenia rozmieszczone są siłowniki hydrauliczne. Poprzez ich wysunięcie (skrócenie lub wydłużenie) możliwe jest sterowanie urządzeniem, bowiem pierwszy moduł głowicy zamontowany jest przegubowo względem pozostałych.



Rys. 4. Przekrój przez urządzenie do mikrotunelowania z płuczkowym systemem usuwania urobku [5]

1. tarcza wiertnicza,
2. zęby skrawające,
3. komora kruszenia,
4. dysze podające płuczki bentonitową,
5. łożysko główne,
6. silnik,
7. uszczelnienie modułu,
8. siłownik hydrauliczny sterujący tarczą,
9. przewód płuczkowy powrotny,
10. przewód płuczkowy zasilający,
11. elektroniczny odbiornik wiązki laserowej,
12. wiązka laserowa,
13. obejście (bajpas),
14. zespół zaworów.

W urządzeniach do mikrotunelowania z transportem urobku przenośnikami ślimakowymi urobek rozdrabniany jest w komorze kruszenia wiertłem ślimakowym i dalej przekazywany na przenośnik ślimakowy.

W urządzeniach do mikrotunelowania o średnicy od 1200 mm możliwy jest dostęp do tarczy urządzenia poprzez wąż i służące powietrzną, w celu ewentualnej wymiany elementów skrawających.

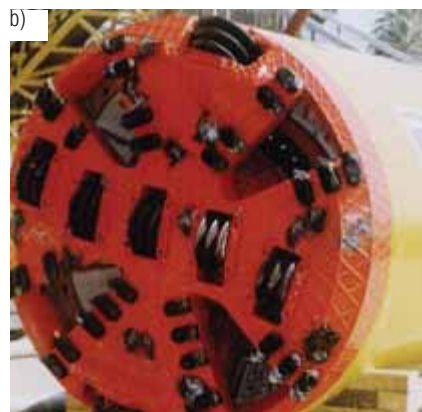
Niektóre głowice, o większych średnicach, wyposażone są w systemy równoważenia parcia gruntu oraz wody gruntu, w celu zapobieżenia tworzenia się kawern w gruncie oraz osuwania się gruntu w strefie przodka, a w dalszej konsekwencji naruszenia struktury powierzchni terenu. Systemy równoważenia parcia gruntu działają na zasadzie

podawania do strefy urabiania gruntu płuczki bentonitowej pod odpowiednio dobranym ciśnieniem lub sprężonego powietrza (systemy EPB – Earth Pressure Balance).

Każde z produkowanych urządzeń do mikrotunelowania może być użyte do wbudowania rurociągu o jednej średnicy, ewentualnie poprzez zastosowanie nakładki poszerzającej możliwe jest wbudowanie rurociągu o średnicy nieco większej.

Tarcze urabiające

W zależności od warunków gruntowych stosowane są różne rodzaje tarcz urabiających: tarcze z rolkami tnącymi do skał i gruntów skalistych (rys. 5 a), tarcze do gruntów spoiwystych zaopatrzone dodatkowo w zęby skrawające (rys. 5 b) oraz tarcze o dużych powierzchniach wlotowych do komory kruszenia dla gruntów sypkich (rys. 5 c).





Rys. 5. Różne rodzaje tarcz urabiających w zależności od rodzaju gruntu [5] a) tarcza do skał, b) tarcza do gruntów skalistych i spoiстых, c) tarcza do gruntów sypkich

Proces urabiania gruntu podczas ruchu tarczy urabiającej odbywa się dzięki elementom tnącym: rolkom bądź zębom skrawającym stałym lub wymiennym. Profile te wykonuje się z bardzo twardych i odpornych na wysoką temperaturę materiałów. Oprócz stali oraz stopów metali często stosowane są węgliki spiekane – ceramiczno-metalowe materiały narzędziowe wytwarzane przez prasowanie i spiekanie twardych, trudnotopliwych węglików metali. Do wiercenia w skałach stosowane mogą być rolki diamentowe. Zarówno rolki, jak i zęby skrawające występują w dużym zakresie kształtów i rozmiarów, w wersji pojedynczej, w zestawach, w wielu typach profili tnących, w obudowach bocznych i przednich.

Główne stacje przeciskowe

Główna stacja przeciskowa (rys. 6) składa się z: siłowników hydraulicznych, pierścienia wciskającego, płyty oporowej (płyty kotwiącej) oraz przewodnic zwanych również łożem. Siłowniki hydrauliczne, za pomocą pierścienia, wciskają w grunt głowicę mikrotunelową, a bezpośrednio za nią ciąg rur. Liczba siłowników ich wielkość dobrana jest tak, aby zapewnić odpowiednie siły przecisku. Zarówno głowica, jak i rury wciskane są wzdłuż ułożonych w wykopie początkowym przewodnic. Główna stacja przeciskowa jest kotwiona do płyty lub bloku oporowego za pomocą stalowej płyty kotwiącej. W mniejszych stacjach przeciskowych, przystosowanych do pracy w wykopie o przekroju kołowym, obudowanym kręgami betonowymi, stosowane są płyty rozporowe przenoszące siły reakcji od siłowników na obudowę wykopu. Siłowniki hydrauliczne mogą być różnie umieszczone w stosunku do przeciskanych rur, bezpośrednio za wciskanyimi rurami lub po bokach.



Rys. 6. Główna stacja przeciskowa [7]

Systemy usuwania urobku

W technologii mikrotunelowania stosowane są następujące systemy usuwania urobku: system przenośników ślimakowych, system płuczkowy oraz próżniowy.

System przenośników ślimakowych stosuje się w urządzeniach do mikrotunelowania o maksymalnej średnicy do 1000 mm. Przenośniki ślimakowe umieszczone są w stalowych rurach osłonowych i prowadzone wzdłuż urządzenia do mikrotunelowania i dalej wzdłuż wbudowanego rurociągu. Urobek transportowany jest przenośnikami ślimakowymi do wykopu początkowego, gdzie jest odbierany przez specjalny zasobnik, umieszczony pomiędzy ramą przeciskową. Napelnięty zasobnik musi być podniesiony na powierzchnię terenu i opróżniony, co powoduje przerwę w procesie wbudowywania rurociągu.

W systemie płuczkowym do usuwania urobku stosuje się płuczkę wiertniczą, zazwyczaj jest to płuczka bentonitowa, ale sporadycznie w pewnych rodzajach gruntów stosowana może być również woda. Urobek, zmieszany z płuczką w komorze kruszenia, jest zasysany i transportowany przewodami na powierzchnię terenu. Następnie oddzielany jest od płuczki w specjalnych urządzeniach za pomocą sedimentacji grawitacyjnej, sit oraz hydrocyklonów wykorzystujących siłę odśrodkową.

W systemie próżniowym urobek jest zasysany z komory kruszenia i transportowany przewodami na powierzchnię terenu przy pomocy pomp próżniowych. W tym przypadku nie jest konieczne stosowanie systemów separacji płuczki. W niektórych urządzeniach z próżniowym systemem transportu urobku dodaje się niewielkie ilości płuczki dla zmniejszenia oporów transportu urobku.

Systemy sterowania i kontroli

W mikrotunelowaniu stosuje się najczęściej laserowy system sterowania

i kontroli, aczkolwiek od niedawna wykorzystuje się również system żyrokompasowy [9]. Zasadniczym elementem sterowania w obu systemach jest zespół siłowników hydraulicznych (co najmniej trzy siłowniki), umieszczonych obwodowo w głowicy mikrotunelowej, bezpośrednio za pierwszym modulem. Poprzez działanie na odpowiednie siłowniki hydrauliczne (skracanie i wydłużanie siłowników) możliwa jest zmiana kierunku wbudowywanego rurociągu.

Do elementów systemu kontroli w laserowym systemie sterowania należą [9]: teodolit laserowy, elektroniczny odbiornik wiązki laserowej z tarczą celowniczą, umieszczony w drugim segmencie urządzenia do mikrotunelowania. Przy czym teodolit laserowy umieszczony jest w wykopie początkowym, natomiast odbiornik wiązki laserowej w drugim module głowicy. Promień lasera, wyznaczający oś wbudowywanego rurociągu oraz jego spadek, przechodzi przez całą długość wbudowywanego rurociągu i pada na tarczę celowniczą. Współrzędne plamki lasera są odczytywane i przekazywane przewodem transmisji danych do stanowiska operatora w kontenerze sterowniczym, gdzie są przetwarzane i porównywane z projektowanymi przy pomocy specjalnego programu komputerowego.

W systemie żyrokompasowym podstawowymi elementami systemu kontroli wbudowania rurociągu są: żyrokompas oraz poziomnica wodna [9]. Przy czym, przy pomocy żyrokompasu dokonuje się kontroli odchylenia osi wbudowywanego rurociągu w planie od projektowanego, natomiast przy pomocy poziomnicy wodnej odchylenia rzędnych w profilu.

Płuczka wiertnicza

Płuczka wiertnicza w postaci płuczki bentonitowej lub bentonitowo-polimerowej pełni w technologii mikrotunelowania wiele funkcji. Służy m.in. do transportu urobku w systemach płuczkowych, może wspomagać urabianie gruntu, oczyszczać tarczę urabiającą grunt, stabilizować grunt w strefie urabiania, służy do smarowania zewnętrznych powierzchni rur przeciskowych, zmniejszając w ten sposób tarcie powierzchniowe pomiędzy gruntem a przeciskanyim rurociągiem. Płuczka służąca do smarowania zewnętrznych powierzchni rurociągu pompowana jest przewodem, prowadzonym wewnątrz wbudowywanego rurociągu. Z przewodów zasilających podawana jest następnie do rozdzielaczy, a potem do dysz umieszczonych w rurach przeciskowych. Rury z wbudowanymi dyszami do podawania płuczki potocznie nazywa się rurami bentonitowymi i umieszcza się we wbudowywanym rurociągu pomiędzy zwykłymi rurami przeciskowymi. Rozmieszczenie rur bentonitowych oraz liczba dysz uzależnione są między innymi od warunków gruntowych, długości jednorazowo wbudowywanego odcinka rurociągu, średnicy rurociągu, maksymalnej siły przecisku, nośności użytych rur oraz

innych. Zazwyczaj stosuje się trzy dysze rozmieszczone na obwodzie rury w rozstawie 120° (rys. 7).



Rys. 7. Wnętrze wbudowywanego rurociągu z dyszami rozmieszczonymi na obwodzie rury [1]

Pośrednie stacje przeciskowe

Pośrednia stacja przeciskowa to zespół siłowników hydraulicznych, umieszczonych zazwyczaj w obudowie stalowej o średnicy wewnętrznej nieco większej od średnicy zewnętrznej wbudowywanego rurociągu. Siłowniki te rozpierają się o stalowy pierścień umieszczony wewnątrz stacji (rys. 8). Stosując pośrednie stacje przeciskowe cała długość wbudowywanego jednorazowo rurociągu podzielona jest na sekcje, przedzielone tymi stacjami, dokładanymi w miarę wbudowywania rurociągu. Poszczególne sekcje są przeciskane jedna po drugiej za pomocą odpowiednich stacji pośrednich. Ostatnia sekcja przeciskana jest przy pomocy głównej stacji przeciskowej. Pośrednie stacje przeciskowe stosuje się właściwie tylko dla rurociągów przełazowych, ze względu na możliwość późniejszego demontażu siłowników oraz pierścieni oporowych i dosunięcia rur przewodowych w miejscu stacji pośrednich przy pomocy kolejnych stacji jeszcze nie rozmontowanych.



Rys. 8. Widok pośredniej stacji przeciskowej od wewnątrz rurociągu [3]

PRZECISKI HYDRAULICZNE

Przeciski hydrauliczne zaczęto stosować do budowy sieci podziemnych na szerszą skalę, stosując specjalne do tego celu ramy wciskające, od 1948 r. w Japonii. To właśnie z technologii przecisków hydraulicznych oraz tunelowania wywodzi się najnowocześniejsza metoda bezwykopowej budowy rurociągów – mikrotunelowanie.

Przeciski hydrauliczne można podzielić ogólnie na dwie grupy: przeciski hydrauliczne niesterowane oraz przeciski hydrauliczne sterowane. Pierwsza

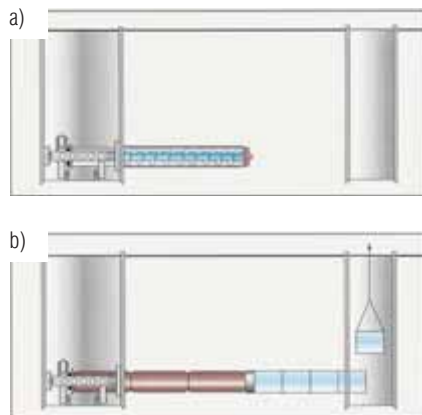
grupa metod stosowana jest w Polsce od wielu lat, natomiast druga obejmująca przeciski hydrauliczne sterowane stosowana jest od drugiej połowy lat 90. ubiegłego wieku. W grupie przecisków sterowanych wyróżnia się przeciski hydrauliczne z wierceniem pilotowym oraz przeciski hydrauliczne sterowane - dwuetapowe. Obie te metody zapewniają wysoką dokładność wbudowania sieci podziemnych, dlatego też stosowane są bardzo często do budowy grawitacyjnych sieci kanalizacyjnych, którym stawia się najwyższe wymagania odnośnie dokładności wbudowania z uwagi na zapewnienie odpowiedniego spadku przewodu.

Przeciski hydrauliczne niesterowane

Metoda ta stosowana jest do wbudowywania rurociągów pod przeszkodami terenowymi na odcinkach do 60 m i o średnicach od 100 do 1500 mm. Polega ona na wciskaniu w grunt stalowych rur osłonowych przy pomocy siłowników hydraulicznych, zamocowanych w ramie przeciskowej. Dla rur o niewielkich średnicach, a mianowicie do 200 mm (średnica zewnętrzna), w grunt wciska się rury zaślepienie od czoła głowicą stożkową. Grunt jest wówczas zagęszczany wokół wprowadzanych rur i nie występuje usuwanie urobku. Dla rur o średnicy zewnętrznej powyżej 200 mm konieczne jest usuwanie urobku, może ono się odbywać bezpośrednio podczas przecisku, przy pomocy przenośnika ślimakowego, z jednoczesnym urabianiem gruntu na przodku wiertłem ślimakowym (rys. 9 a) lub też po wbudowaniu rur stalowych na całej długości odcinka poprzez wprowadzenie do środka rur wiertnicy ślimakowej. Grunt transportowany jest do wykopu początkowego, gdzie odbierany jest do specjalnych pojemników. Rdzeń gruntowy wewnątrz wbudowanych rur może być również usunięty przy pomocy sprężonego powietrza i specjalnego korka lub wody pod ciśnieniem. W najprostszych metodach tej grupy rury stalowe pozostają w gruncie jako tzw. rury osłonowe tracone. Do ich wnętrza wprowadza się rury przewodowe w postaci zwykłych rur, takich jak używa się w metodach tradycyjnych, wykopowych.

W bardziej zaawansowanych metodach tej grupy, po zakończeniu przecisku hydraulicznego stalowych rur osłonowych następuje II etap robót, czyli przecisk hydrauliczny rur przewodowych z jednoczesnym wypychaniem rur stalowych do wykopu docelowego (rys. 9 b). Metodę tę można stosować w gruntach nawodnionych. Przy urabianiu gruntu w trakcie wykonywania przecisku nie stosuje się żadnej płuczki, co pozwala uniknąć kłopotów z jej utylizacją. Urabianie gruntu wiertłem ślimakowym oraz przecisk hydrauliczny rur zapobiega możliwości naruszenia struktury gruntu na powierzchni terenu podczas budowy rurociągu. Dzięki temu możliwe jest wykonanie rurociągu płytko pod powierzchnią terenu. Jest to prosta i tania metoda bezwykopowej układania rur. Ponieważ jest to metoda niesterowana, to dokładność wbudo-

wania rurociągu w pionie i w poziomie, zależy od długości wbudowywanego odcinka i wynosi od 1% do 2% długości wbudowanego rurociągu.



Rys. 9. Wbudowywanie rurociągu metodą przecisku hydraulicznego, niesterowanego z transportem urobku przenośnikiem ślimakowym; a) etap I - wiercenie niesterowane z jednoczesnym przeciskiem hydraulicznym stalowych rur osłonowych, b) etap II - przecisk hydrauliczny rur przewodowych [2]

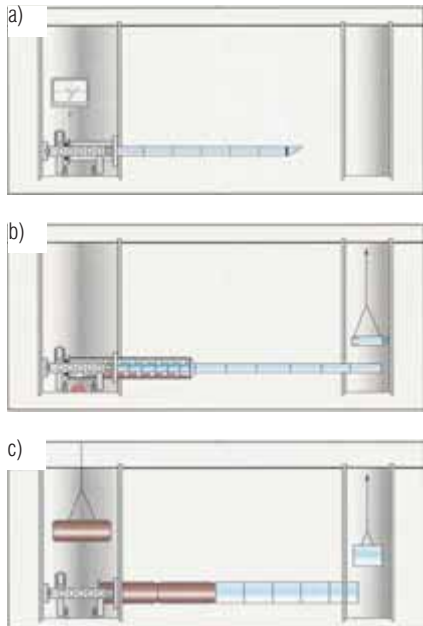
Przeciski hydrauliczne z wierceniem pilotowym

W technologii tej można wyróżnić trzy etapy (rys. 10):

- wiercenie pilotowe,
- przecisk hydrauliczny stalowych rur osłonowych,
- przecisk hydrauliczny rur przewodowych.

W czasie pierwszego etapu (rys.10 a), w zaplanowanej osi rurociągu, odbywa się przecisk hydrauliczny żerdzi pilotowych. Żerdzie pilotowe wciskane są w grunt za pomocą siłowników hydraulicznych umieszczonych w ramie przeciskowej, która wraz z instalacją hydrauliczną i siłownikami tworzy wiertnicę (rys. 11). Na początku pierwszej żerdzi pilotowej znajduje się głowica pilotowa, skośnie ścięta. W etapie tym grunt jest zagęszczany wokół żerdzi i nie ma potrzeby usuwania urobku. Kierunek przecisku podlega stałej kontroli i może być korygowany w trakcie pierwszego etapu robót. Sterowanie przeciskiem, zmiana kierunku wbudowywania żerdzi odbywa się przy pomocy ekscentrycznie ukształtowanej głowicy pilotowej. Jeżeli żerdzie wiertnicze są wciskane w grunt i jednocześnie obracane, to uzyskiwana jest prostoliniowa trajektoria otworu pilotowego. Jeśli natomiast żerdzie są tylko wciskane w grunt bez obrotu, to trajektoria odchyła się w stronę ścięcia głowicy pilotowej. Do kontroli prawidłowości wykonania otworu pilotowego stosuje się w tej metodzie system teoptryczny. Do elementów tego systemu należą [9]: diodowa tablica celownicza, umieszczona bezpośrednio za głowicą pilotową; teodolit z wbudowaną kamerą cyfrową oraz monitor. Kamera rejestruje obraz diodowej tablicy celowniczej poprzez żerdzie wiertnicze i przekazuje go na monitor. Zarówno teodolit z wbudowaną kamerą cyfrową, jak i monitor znajdują się w wykopie początkowym. Tak uzyskany obraz diodowej tabli-

cy celowniczej analizowany jest przez operatora, który w każdej chwili może wprowadzić zmianę kierunku wbudowywania przewodu wiertniczego. Ze względu na fakt, iż kamera cyfrowa rejestruje obraz diodowej tablicy celowniczej poprzez wydrążone żerdzie wiertnicze, w tej technologii możliwe jest wykonanie prawidłowego otworu pilotowego tylko prostoliniowego.



Rys. 10. Wbudowywanie rurociągu metodą przecisku hydraulicznego z wierceniem pilotowym; a) etap I - wiercenie pilotowe, b) etap II - rozwiercanie z jednoczesnym przeciskaniem stalowych rur osłonowych, c) etap III - przecisk hydrauliczny przewodowych [2]



Rys. 11. Wiertnica do przecisków hydraulicznych z wierceniem pilotowym [7]

W czasie wykonywania wiercenia pilotowego w gruntach miękkich, poniżej poziomu wody gruntowej, szczególnie w gruntach kurzawkowych, torfach bardzo często dochodzi do znacznego przemieszczenia gruntu wokół obracającego się przewodu wiertniczego, zarówno wokół głowicy pilotowej, jak i żerdzi. Przemieszczenie takie może spowodować obniżenie przewodu wiertniczego lub zakrzywienie jego trasy, a w konsekwencji znaczną rozbieżność pomiędzy rzędnymi uzyskanego przecisku a projektowanego. W takiej sytuacji może również zaistnieć brak możliwości sterowania przeciskiem w czasie wiercenia pilotowego. W celu zapobieżenia znacz-

nym przemieszczeniom gruntu i ich następstwem opracowano tzw. podwójny przewód wiertniczy [2]. W rozwiązaniu tym standardowe żerdzie wiertnicze o średnicy zewnętrznej 81,5 mm umieszczone są w przewodzie ze stalowych rur osłonowych o średnicy zewnętrznej 114 mm. Wewnętrzny przewód wiertniczy jest używany do obracania głowicy pilotowej, natomiast zewnętrzny nie obraca się, służy do przenoszenia siły osiowej wciskającej przewód w grunt. Głowica pilotowa to jedyny w tym rozwiązaniu obracający się element mający kontakt z gruntem.

Po osiągnięciu przez głowicę pilotową wykopu docelowego rozpoczyna się drugi etap prac, tj. rozwiercanie otworu z jednoczesnym przeciskaniem stalowych rur osłonowych (rys. 12). Do ostatniej żerdzi pilotowej mocuje się rozwiertak, zwany również poszerzaczem lub głowicą wielonożową, a za nim przeciskane są stalowe rury osłonowe z wbudowanymi elementami systemu przenośników ślimakowych. Przy czym poszerzacz stosuje się w gruntach niespoistych, a głowicę wielonożową w gruntach spoistych. Wraz z przeciskaniem rur osłonowych do wykopu docelowego wypychane są żerdzie wiertnicze. Urobek usuwany jest poprzez system przenośników ślimakowych do wykopu początkowego, a tam odbierany do zasobnika. Transport urobku może również odbywać się systemem płuczkowym, przy czym transport ten stosowany jest bardzo rzadko.



Rys. 12. Stalowe rury osłonowe firmy Perforator z założonymi elementami przenośnika ślimakowego (zdjęcie własne)

W czasie wykonywania przecisku hydraulicznego poniżej poziomu wody gruntowej bardzo istotne jest, aby podczas II etapu robót, tj. rozwiercania, nie następowało obniżenie poziomu wody gruntowej. W tym celu opracowany został system specjalnych grodzi (przegród) umieszczonych w stalowych rurach osłonowych i elementach przenośnika ślimakowego, zarówno w początkowej, jak i końcowej ich części [2]. Rura i przenośnik są tak skonstruowane, że element systemu transportu urobku, który tworzą razem, jest zawsze zamknięty – jak nie na początku, to na końcu. Jeśli jest zamknięty z jednej strony, to otwarty jest z drugiej. Po obroceniu przenośnika ślimakowego o pewien kąt, otwarty koniec elementu zamyka się, a zamknięty otwiera, tak aby można było przetransportować urobek do następnego elementu układu. Tak skonstruowane rury osłonowe

i przenośniki ślimakowe zapobiegają napływowi wody gruntowej do przenośników ślimakowych i jednoczesnemu obniżaniu zwierciadła wody gruntowej w czasie urabiania gruntu i jego transportu.

Po rozwierceniu otworu do żądanej średnicy i umieszczeniu w nim stalowych rur osłonowych następuje ostatni etap prac, czyli przecisk hydrauliczny rur przewodowych (rys. 10 c). Jednocześnie stalowe rury osłonowe wypchane są do wykopu docelowego i tam odbierane. Jako rury przewodowe stosuje się wszystkie rury tzw. przeciskowe, najczęściej są to rury kamionkowe, z betonu polimerowego, żelbetowe lub żywice poliestrowe wzmacniane włóknem szklanym.

Metodą tą możliwe jest również wbudowywanie rur polietylenowych oraz rur z polichlorku winylu. Wbudowywanie rur z PE odbywa się po osiągnięciu przez głowicę pilotową wykopu docelowego. Głowicę pilotową wymienia się wówczas na głowicę wciągającą i następuje wciąganie rur polietylenowych. Operacja ta odbywa się z wykopu docelowego w kierunku do wykopu początkowego z jednoczesnym cofaniem żerdzi wiertniczych. Dla większych średnic wciąganie rur polietylenowych odbywa się po zakończeniu II etapu. Wciąganie rur z PVC możliwe jest po wykonaniu drugiego etapu robót i odbywa się ono również z wykopu docelowego w kierunku wykopu początkowego, poprzez specjalną głowicę łączącą. Jednocześnie rury osłonowe zostają wyciągane do wykopu początkowego (retrakcja rur osłonowych).

Długości wykonywanych jednorazowo rurociągów tą metodą dochodzą do 80 m dla urządzeń z transportem urobku przenośnikiem ślimakowym i do 50 m dla systemów płuczkowych. Zakres wykonywanych średnic wynosi od 150 do 600 mm zarówno dla systemów płuczkowych, jak i dla urządzeń z transportem przenośnikiem ślimakowym.

Metoda ta charakteryzuje się wysokim tempem robót, niskimi kosztami realizacji, prostą obsługą urządzeń, możliwością wykonania stosunkowo długich odcinków rurociągu oraz możliwością budowy rurociągu poniżej zwierciadła wody gruntowej. Najczęściej stosowana jest do budowy kanałów grawitacyjnych ze względu na fakt, iż jest to metoda sterowalna zapewniająca wysoką dokładność wbudowania rurociągu.

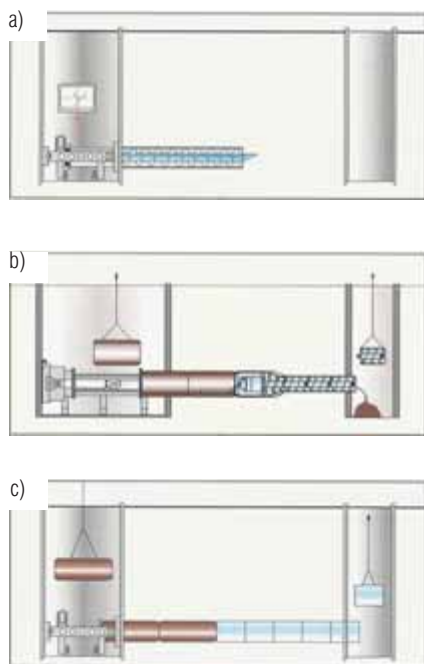
Przeciski hydrauliczne sterowane – dwuetapowe

W metodzie tej można wyróżnić dwa etapy (rys. 13). Pierwszy etap to wiercenie pilotowe wiertłem ślimakowym z jednoczesnym przeciskaniem hydraulicznym stalowych rur osłonowych. Urabianie gruntu odbywa się wiertłem ślimakowym, a transport urobku systemem przenośników ślimakowych. Urobek odbierany jest w wykopie początkowym do zasobników, a następnie dźwigiem przenoszony na powierzchnię terenu (na odkład lub na środki transportowe).

Sterowanie procesem przecisku odbywać się może tylko w czasie pierwszego etapu pracy. Korektę kierunku wiercenia uzyskuje się przy pomocy specjalnie ukształtowanego wiertła ślimakowego, na kształt skośnej głowicy pilotowej (rys. 14). Bezpośrednio za wiertłem ślimakowym znajduje się diodowa tablica celownicza. System przenośników ślimakowych posiada specjalnie wydrążoną tuleję, poprzez którą przy pomocy kamery cyfrowej umieszczonej w teodolicie, można obserwować diodową tablicę celowniczą. Podobnie jak w technologii przecisku hydraulicznego z wierceniem pilotowym, obraz diodowej tablicy celowniczej przekazywany jest na monitor i obserwowany przez operatora. Tak przekazywany obraz jest porównywany i weryfikowany z zadanym kierunkiem oraz spadkiem projektowanego rurociągu.

Po ukończeniu wiercenia pilotowego rozpoczyna się drugi etap – przecisk rur przewodowych lub ewentualne dodatkowe rozwiercanie z jednoczesnym przeciskaniem rur przewodowych. W tym drugim przypadku po osiągnięciu wykopu docelowego przez głowicę pilotową, w wykopie początkowym na końcu rur osłonowych montuje się głowicę poszerzającą, a bezpośrednio za nią rury przewodowe. Jednocześnie zmienia się kierunek obrotu przenośników ślimakowych, tak aby od tej chwili urobek był transportowany do wykopu docelowego (rys. 13 b).

Długości wbudowywanych jednorazowo rurociągów tą metodą wynoszą do 60 m, a średnice od 300 do 800 mm.



Rys. 13. Wbudowywanie rurociągu metodą przecisku hydraulicznego sterowanego z transportem urobku przenośnikiem ślimakowym; a) etap I - wiercenie pilotowe wiertłem ślimakowym z jednoczesnym przeciskaniem hydraulicznym stalowych rur osłonowych, b) etap II - rozwiercanie z jednoczesnym przeciskaniem rur przewodowych, c) etap II - przecisk rur przewodowych bez dodatkowego rozwiercania [2]



Rys. 14. Wiertło ślimakowe specjalnie ukształtowane, zakończone skośną płytką sterującą [2]

PODSUMOWANIE

Przeciski hydrauliczne stosowane są w Polsce do budowy sieci podziemnych dość powszechnie dzięki ich licznym zaletom. Przede wszystkim jest to dość prosta w obsłudze urządzenie i stosunkowo tania metoda bezwykopowej budowy sieci podziemnych. Urabianie gruntu wiertłem ślimakowym lub głowicą wielonożową oraz transport urobku systemem przenośników ślimakowych, bez stosowania płuczki wiertniczej, pozwala na wbudowywanie przewodów podziemnych płytko pod powierzchnią terenu (min. 1 m), zapobiegając jednocześnie naruszeniu powierzchni terenu, m.in. nawierzchni dróg, ulic, chodników. Metody te można stosować w gruntach poniżej poziomu wody gruntowej, a przy zastosowaniu specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych żerdzi wiertniczych oraz przenośników ślimakowych w gruntach kurczawkowych. Przeciski sterowane zapewniają wysoką dokładność wbudowania przewodów podziemnych, dzięki temu można je stosować do budowy przewodów kanalizacyjnych grawitacyjnych.

Mikrotunelowanie stosuje się zazwyczaj do budowy kolektorów kanalizacji grawitacyjnej. Jako metoda sterowalna, zautomatyzowana i skomputeryzowana, zapewnia wysoką dokładność wbudowania. Poprzez zastosowanie pośrednich stacji przeciskowych, teoretycznie długości jednorazowo wbudowywanych odcinków rurociągu tą metodą są nieograniczone. Jednakże biorąc pod uwagę maksymalną moc pomp płuczkowych oraz dokładność systemów laserowych przyjmuje się, że długości te osiągają maksymalnie 500 m. Zakres średnic wbudowywanych rurociągów metodą mikrotunelowania to od 250 mm do 4200 mm [10]. Ze względu na fakt, iż koszt zakupu lub dzierżawy całego systemu do mikrotunelowania (a co za tym idzie koszt wbudowania 1 mb rurociągu) jest wysoki, metodę tę stosuje się do budowy rurociągów o znacznych średnicach lub też ułożonych na znacznych głębokościach.

Literatura:

1. Amitech – katalog zdjęć.
2. Bohrtec – materiały informacyjne.
3. Czarny-Kropiwnicki R., Tamborski S., *Mistrzostwo świata*, „Technologie Bezwykopowe”, 2/3/2000, s. 42-44.
4. Gładki P., *Pionierzy technologii bezwykopowych*, „Technologie Bezwykopowe” 2/1998, s. 20-22.
5. Herrenknecht – materiały informacyjne.
6. Kuliczkowski A., Zwierzchowska A., *Propozycja podziału metod bezwykopowej budowy rurociągów podziemnych*, Technologie Bezwykopowe 1/2/2000.
7. Perforator – materiały informacyjne.
8. Zwierzchowska A., *Optymalizacja doboru metod bezwykopowej budowy rurociągów podziemnych*, Monografia, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej nr 38, Kielce 2003.
9. Zwierzchowska A., *Systemy sterowania i kontroli wykorzystywane w metodach bezwykopowej budowy sieci podziemnych*, „Inżynieria Bezwykopowa” 1/2004, s. 31-37.
10. Zwierzchowska A., *Parametry techniczne metod bezwykopowej budowy sieci podziemnych w kontekście wyboru optymalnej technologii*, Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej nr 44, seria Budownictwo, Kielce 2005, s. 391-402.
11. Zwierzchowska A., *Bezwykopowe technologie budowy sieci podziemnych – mikrotunelowanie*, „Przegląd Budowlany” nr 9/2005.
12. Zwierzchowska A., *Bezwykopowe technologie budowy sieci podziemnych – przeciski hydrauliczne*, „Przegląd Budowlany” nr 11/2005.
13. Zwierzchowska A., *Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych, wodociągowych i kanalizacyjnych*, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2006 – w druku.

*Katedra Wodociągów i Kanalizacji
Politechniki Świętokrzyskiej,

Al. 1000-lecia Państwa Polskiego 7
25-314 Kielce
tel.: 041 34 24 473
e-mail: agataz@tu.kielce.pl

