

Antoni MOTYCZKA

Politechnika Śląska

METODA BEZWYKOPOWA BUDOWY I NAPRAW PODZIEMNYCH PRZEJŚĆ I PRZEPUSTÓW POD TORAMI KOLEJOWYMI

Streszczenie. W niniejszym referacie przedstawiono bezwykopowe metody budownictwa podziemnego ze szczególnym uwzględnieniem metody górniczej. Zwrócono uwagę na zakres stosowania ze względu na koszty oraz na wady i zalety poszczególnych metod. Poza budową infrastruktury uzbrojenia podziemnego, metoda górnicza ma zastosowanie do wykonania napraw i remontów różnego rodzaju kolektorów, przepustów, tuneli itp. budowli. Całość referatu została zilustrowana rysunkami i zdjęciami z robót prowadzonych przez autora w różnych miejscach na terenie południowej Polski.

NON-EXCAVATION METHOD OF CONSTRUCTION AND REPAIR OF UNDERGROUND PASSAGES AND CULVERTS UNDERNEATH RAIL TRACKS

Summary. The paper is focused on the presentation of non-excavation methods of underground construction with special focus on the mining method. The advantages, disadvantages and costs of certain methods determine their application range. Apart from the reinforcement of the underground infrastructure, the mining method may be used for repairs and overhauls of different types of collectors, culverts, tunnels, etc. The paper contains illustrations and photographs of the works conducted by the author at various sites located in southern Poland.

1. Wprowadzenie

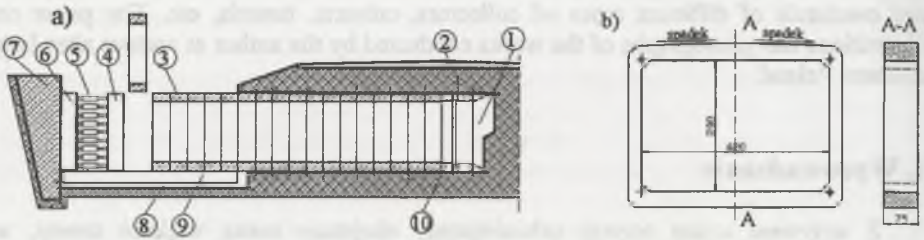
Z upływem czasu rozwój urbanistyczny obejmuje coraz większe tereny, w tym podmiejskie i wiejskie. Rozwój sieci magistralnych różnych mediów oraz rozbudowywana sieć wodociągów, kanalizacji, gazociągów, ciepłociągów, kabli energetycznych, teletechnicznych i innych wymusza między innymi przejścia pod torami kolejowymi. Budowa przejść pod torami kolejowymi wymaga spełnienia rygorystycznych wymagań służb kolejowych, z których najważniejsze jest prowadzenie robót w sposób nie powodujący zakłóceń w ruchu kolejowym lub zakłócający w sposób minimalny. Roboty te można prowadzić systemem wykopowym lub bezwykopowym. Przejście pod torami kolejowymi otwartym wykopem zawsze stanowi poważne zakłócenie ruchu kolejowego. Aby go uniknąć, pozostają metody bezwykopowe, które można stosować w zależności od wymagań

narzucanych przez rodzaj przesyłanego medium. Aktualny stan wiedzy dotyczący metod bezwykopowych pozwala na rozpatrzenie następujących technik:

- przecisku poprzez zagęszczenie gruntu,
- przecisku pneumatycznego rury otwartej od czoła,
- przecisku hydraulicznego rury otwartej od czoła,
- wiercenia kierunkowego,
- przewiertu sterowanego,
- mikrotunelowania,
- przecisku wielkogabarytowego,
- budowy tuneli metodą tarczową,
- budowy tuneli metodą górniczą.

Z wymienionych metod cztery, a w zasadzie trzy ostatnie, są metodami specjalnymi, stosowanymi dla potrzeb budowy przejść komunikacyjnych. Pozostałe metody używane są do budowy pojedynczych przejść o mniejszych średnicach. Niniejszy referat obszerniej omawia tylko budownictwo tunelowe.

Budownictwo tunelowe przechodziło dwa zasadnicze okresy swojej prosperity. Pierwszy okres obejmuje czasy wczesne – do V wieku n.e., drugi obejmuje wiek XIX po współczesność. Prawie półtora tysiąca lat przerwy w rozwoju budownictwa tunelowego związane było z ogólnym upadkiem cywilizacyjnym okresu Średniowiecza. Budowane w tym czasie podkopy pod mury obronne warowni i zamków służyły destrukcji wojennej. Jedynie podziemne korytarze i magazyny budowane w miastach służyły kupcom do przechowywania towarów. Najwcześniejsze wzmianki o budownictwie tunelowym dotyczą starożytnej Grecji. W mieście Samus (dzisiejsza Turcja) wykonano tunel dla dostarczania wody o długości 1000m i przekroju 2,5 x 2,5m. Dla tych samych celów około roku 700 p.n.e. wybudowano tunel w Jerozolimie o długości 180m. W starożytnym Rzymie również w celu dostarczania wody i odprowadzenia ścieków wykonano cały szereg sztolni i tuneli i to zarówno metodami górniczymi, jak też za pomocą rozkopów. W okresie Odrodzenia powstało dzieło traktujące m.in. o technice tunelowej, którego autorem był niemiecki górnik, metalurg, mineralog i humanista Georgius Agrikola (1494 – 1555). Dzieło to, przetłumaczone na szereg języków, było przez ponad 200 lat podstawowym źródłem wiedzy z dziedziny górnictwa i budownictwa tunelowego.



Rys. 1. Budowa tunelu metodą przecisku wielkogabarytowego:

- a) schemat technologiczny, b) przykład prefabrykatu o wymiarach przejścia dla pieszych;
 1 - nóż, 2 - siłowniki korygujące kierunek przesuwu, 3 - prefabrykat żelbetowy, 4 - rama do przeniesienia nacisku od siłowników, 5, 6 - układ przepychaków hydraulicznych, 7 - blok oporowy, 8 - dno komory, 9 - prowadnice, 10 - rama utrzymująca siłowniki korygujące

Fig. 1. Construction of a tunnel using multidimensional press method:

- a- technological diagram, b- example of prefabricated element size of a pedestrian crossing; 1 - knife, 2 - motors correcting direction of shift, 3 - reinforced concrete prefabricated element, 4 - frame to transport pressure from motors, 5, 6 - system of hydraulic force caps, 7 - resistant block, 8 - chamber bottom, 9 - ways, 10 - frame for correcting motors

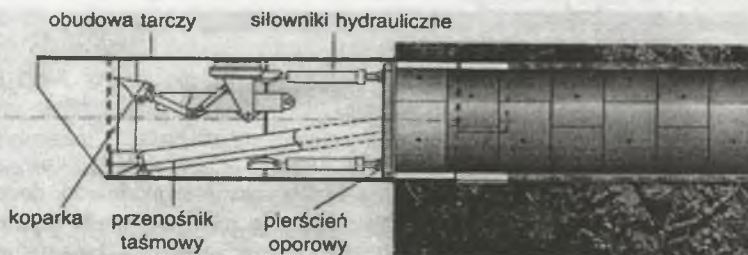
Na terenie Polski w Opatowie i w Sandomierzu zbudowano rozległą sieć korytarzy i komór, które służyły miejscowym kupcom jako magazyny towarów. W obecnej chwili część tych wyrobisk jest udostępniona dla zwiedzających. Korytarze i tunele drażono w występujących tam gruntach lessowych, które są łatwe i bezpieczne do urabiania.

Nowe, zwiększone potrzeby komunikacyjne szybko rozwijającego się przemysłu i miast w XIX w. spowodowały rozwój budownictwa tunelowego. Powstały w tym czasie wielkie tunele alpejskie i zbudowano pierwsze linie metra (Londyn). Do budownictwa tunelowego zaczął wkraczać postęp techniczny – zastosowano urządzenia elektryczne i pneumatyczne, a do urabiania skał świeżo wynaleziony dynamit (1866).

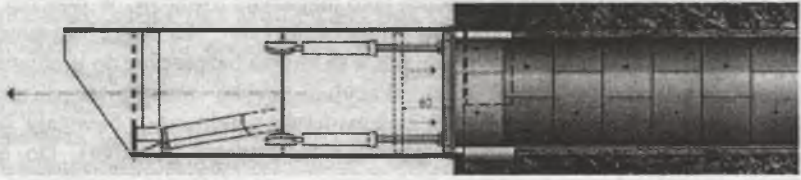
Budowy kanalizacji i metra w tym metodami górnictwymi podejmowało się prawie każde duże miasto, z tym że do drugiej połowy XX w. zasadniczo ulepszano istniejące od stu lat technologie wykonawcze – górnictwo, tarczowe i przeciski. Druga połowa XX w. to szybki rozwój szeroko rozumianej techniki wiertniczej stosowanej do wierceń geologicznych badawczych i otworowej eksploatacji surowców mineralnych. Na bazie tych urządzeń powstały maszyny do wykonywania otworów wielkośrednicowych, tunelowania, mikrotunelowania i przecisków wielkogabarytowych.

Przecisk wielkogabarytowy jest odmianą przecisku hydraulicznego, dostosowanego do dużych elementów obudowy. Proces przeciskania rozpoczyna się od budowy komory początkowej, dostosowanej wymiarami do wielkości przeciskanych elementów, wielkości bloku oporowego i zastosowanych urządzeń. Zmontowaną na torowisku ślizgowym tarczę z nożem tnącym lub innym urządzeniem do urabiania gruntu przepycha się wraz z kolejno dostawanymi segmentami obudowy. Metodę przecisku wielkogabarytowego zastosowano w Polsce w Nowym Sączu i w Piotrkowie Trybunalskim do budowy tuneli komunikacyjnych, w Łodzi i Olsztynie wybudowano podziemne przejścia dla pieszych (rys.1).

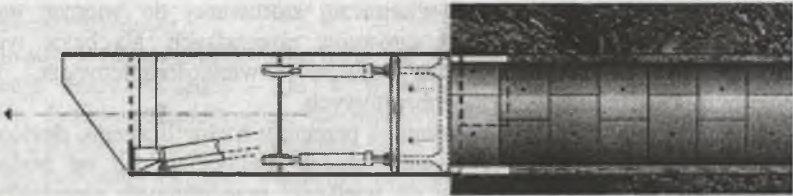
Metoda tarczowa jest powszechnie stosowana do budowy tuneli komunikacyjnych i innych o dużych przekrojach i wybiegach. Przy drażeniu tunelu tą metodą obudowę ostateczną wykonuje się najczęściej z prefabrykatów całkowicie pod osłoną tarczy. Urządzenie tarczowe jest to, od czoła przodka, głowica urabiająca umieszczona w odpowiednio dużej rurze (osłonie), zwanej tarczą. W ustroju nośnym tarczy zabudowane są siłowniki służące do przesuwania urządzenia oraz pomocnicze do montażu obudowy i innych czynności. Tarcze projektowane są każdorazowo dla konkretnego górotworu, w którym będą pracować.



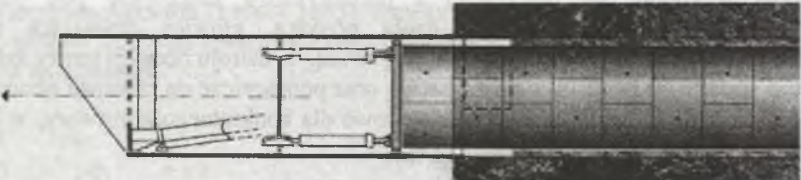
Etap I – odspajanie gruntu i jego transport do komory początkowej
 Stage I – loosening of rock and its transportation to initial chamber



Etap II – wciskanie tarczy w grunt przez zespół siłowników hydraulicznych
 Stage II – disc driving into the ground by hydraulic motors



Etap III – wciąganie ramion siłowników hydraulicznych w celu otwarcia miejsca do ułożenia kolejnego segmentu tubingów obudowy ostatecznej tunelu
 Stage III – taking in hydraulic motors arms for opening place to lay another segment of tunnel final casing tubing



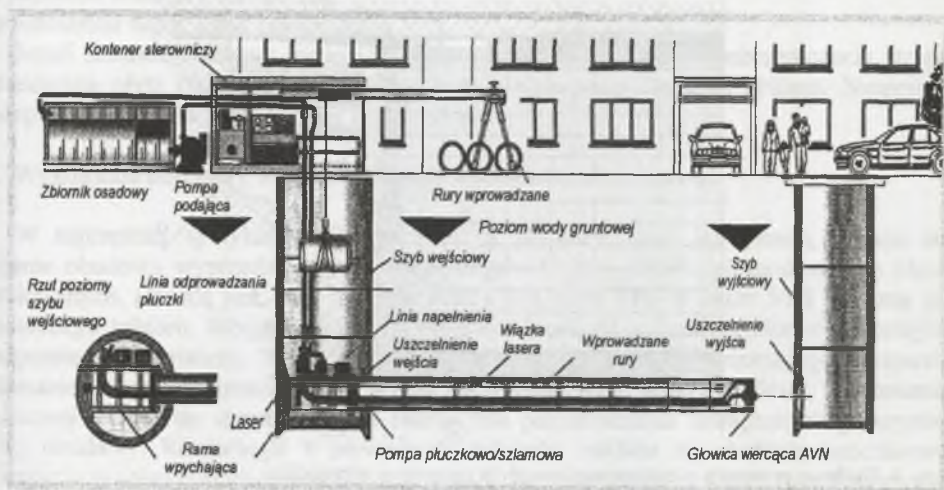
Etap IV – oparcie pierścienia dociskowego na ostatnim segmencie obudowy tubingowej tunelu, przejście do etapu pierwszego.
 Stage IV – resting pressure ring on the last segment of tunnel tubing casing

Rys.2. Schemat zastosowania metody tarczowej – kolejne etapy robót
 Fig. 2. Scheme of disc method application – stages of works

Jednostkowe projektowanie i produkcja tarczy znacznie podnoszą docelowe koszty wykonania tunelu. Ze względu na pełną mechanizację prac w tunelu wykonywanym za pomocą tarczy, razem z nią ciągnięty jest cały zestaw urządzeń, których długość może dochodzić do 200m. Dlatego użycie pełnej tarczy nie ma sensu przy budowie przejść pod torami kolejowymi.

Metoda mikrotunelowania jest najmłodsza z wcześniej omawianych i stanowi połączenie metody tarczowej i przecisku. Urabianie gruntu w przodku odbywa się za pomocą tarczy, natomiast obudowa ostateczna w formie prefabrykatów montowana jest w komorze startowej.

Technika mikrotunelowania pozwala obecnie na wykonanie tunelu o średnicach od 300 do 4200 mm, przy czym od średnicy zależy maksymalna długość tunelu. Teoretycznie dla mikrotuneli z płuczkową odstawą urobku można dla \varnothing 250 mm osiągnąć długość 120m, dla \varnothing 800 mm – 250 m, a dla średnicy 1500 mm długość przeciskanej rury może osiągnąć 900m, oczywiście z zastosowaniem lubrykatu i pośrednich stacji przeciskowych. Schematycznie zasadę mikrotunelowania przedstawia rys.3.

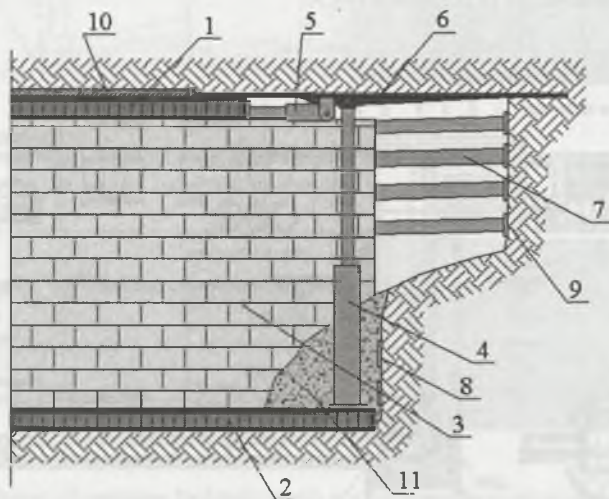


Rys.3. Zasada budowy tunelu za pomocą mikrotunelowania
Fig.3. Principle of tunnel construction using micro-tunneling

Metody górnicze są znane i stosowane od starożytności. W zależności od sposobu urabiania i wielkości przekroju poprzecznego przodka, opracowano kilka metod budowy tuneli, których nazwy pochodzą od miejsca, gdzie zostały zastosowane po raz pierwszy, np.: metoda austriacka, belgijska, niemiecka, angielska, włoska i nowa metoda austriacka. Powyższe metody mają zastosowanie do budowy tuneli komunikacyjnych. Małe tunele wieloprzewodowe i przepusty budowane są całym przekrojem. Dla prac pod torami kolejowymi, gdzie długości przepustów rzadko przekraczają 50 m, a ich lokalizacja często nie pozwala na swobodny dojazd środkami transportu, stosowanie mechanizacji napotyka na trudności nie do pokonania. Wówczas ręczne wykonanie prac może się okazać najtańsze i najbardziej efektywne. Schematycznie przekrój przez czoło przodka, np. przepustu, pokazano na rys.4, natomiast szerzej sposób prowadzenia robót przedstawiono w punkcie 2, opisującym technologię. Przedstawione nowoczesne metody bezwykopowe mają także wady. W przypadku stosowania do tunelowania maszyn TBM (Tunnel Boring Machine) potrzeba dużej komory startowej, a ponadto długi czas montażu i demontażu urządzenia czyni opłacalnym jego zastosowanie do drążenia bardzo długich wybiegów. Dla tuneli krótszych (poniżej 500 – 600m) taniej jest zastosować technikę mikrotunelowania lub przecisku, w tym przecisku wielkogabarytowego.

Dla technik tunelowych górniczych wielkość potrzebnego miejsca w terenie w celu rozwinięcia sprzętu i urządzenia placu budowy jest zdecydowanie mniejsza, podobnie jak wymagania odnośnie do zasilania sprzętu. Dla bardzo krótkich tuneli lub przepustów może się okazać, że tradycyjna metoda górnicza jest ekonomicznie najbardziej korzystna. Metoda ta

jest niezastąpiona, jako uzupełnienie podczas budowy dużych tuneli, do wykonania wszelkiego rodzaju połączeń technologicznych, komór dla pomieszczenia osprzętu, wykonania ostrych załamania i skrzyżowań.



Rys. 4. Budowa przepustu z zastosowaniem płyty stropowej w przodku:

1 - belki stropowe, 2 - belki spagowe, 3 - mur ociosowy, 4 - stojak – podpora płyty, 5 - siłownik płyty, 6 - płyta, 7 - rozpora czoła przodka, 8. i 9 - opinka czoła przodka poprzedniego i bieżącego zabioru, 10 - wypełnienie pustek za obudową, 11 - przyzma urobionego gruntu

Fig.4. Construction of culvert using floor slab in the face:

1 - floor beams, 2 - thills, 3 - side wall, 4 - stand – floor slab support, 5 - floor slab motor, 6 - floor slab, 7 - working face strut, 8 and 9 - working face and swath lagging, 10 - voids filling, 11 - prism of excavated soil

Innym zastosowaniem tradycyjnej techniki tunelowania jest renowacja różnego rodzaju kolektorów i przepustów. Do prowadzenia tych prac konieczna jest znajomość stosowanych dawniej technologii i materiałów. Potrzeby w zakresie renowacji starych kolektorów i przepustów są bardzo duże. Ocenia się, że w kraju, głównie na terenie Ziemi Odzyskanych, około 30 ÷ 40 % kolektorów kanalizacyjnych murowanych przed rokiem pięćdziesiątym ub. wieku wymaga natychmiastowego remontu lub przebudowy. Również stan techniczny przepustów na liniach kolejowych wymaga w wielu przypadkach natychmiastowej interwencji. Można, bez ryzyka popełnienia istotnego błędu, stwierdzić, że w najbliższych latach administratorzy kolektorów i przepustów będą zmuszeni przystąpić do ich remontów lub przebudowy. Zapotrzebowanie na tego typu roboty spowoduje ożywienie na rynku wykonawczym i wzrost konkurencji pomiędzy firmami. Przewidując zapotrzebowanie na specjalistów budownictwa podziemnego – miejskiego, Politechnika Śląska planuje uruchomić odpowiedni kierunek kształcenia inżynierów. Stosowna kadra naukowa dla nowego kierunku pochodzić będzie z wydziałów Budownictwa i Górnictwo. Przykładowe omówienie technologii wykonania przebudowy przepustu pozwoli uzmysłowić przyszłym inwestorom zakres stosowania i możliwości metody górniczej dla prac remontowych.

2. Technologia wykonania przepustu metodą górniczą

Podczas drążenia przepustu stosuje się cykliczną organizację pracy. Na pełny cykl pracy w przodku składają się następujące czynności:

- wykonanie obudowy wyprzedzającej – wbijanej,
- ręczne wybieranie gruntu na zabiór $0,5 \div 1,20$ m na całą szerokość przodka z równoczesnym zabezpieczaniem stropu w miarę odsłaniania obudowy wbijanej,
- wykonanie obudowy ostatecznej,
- przedłużenie węży, kabli i oświetlenia.

Jeżeli zamiast obudowy wyprzedzającej – wbijanej zostanie dla zabezpieczenia stropu zastosowana płyta (tarcza), wówczas nie będzie wykonana obudowa wbijana. Natomiast zabezpieczanie stropu wykonywane będzie na bieżąco.

2.1. Wykonanie obudowy wyprzedzającej – wbijanej

W najczęściej spotykanych gruntach, tj. w piaskach, iłach lub glinach, stosuje się wbijanie obudowy wyprzedzającej w formie prętów $\varnothing 20 \div 25$ mm lub zaokrąglonych blach profilowanych. Zasada jest, aby długość blachy lub pręta była o około 30% większa od stosowanego zabioru. Wbijanie blach lub prętów odbywa się za pomocą młotów udarowych z odpowiednimi grotami. W przypadku prowadzenia przebudowy istniejącego przepustu wykonanie obudowy tymczasowej polega na wyburzeniu starej obudowy, wykonaniu koniecznej wciniki do stropu i ociosu calizny dla pomieszczenia zewnętrznych gabarytów nowej obudowy. Równoległe z prowadzoną wdzierką zakłada się obudowę tymczasową opierając ją o nową obudowę oraz klinując o starą. Rozpoczynając w kluczu stropu postępuje się sukcesywnie po całym obwodzie wyrobiska.

2.2. Ręczne wybieranie gruntu na zabiór $0,5 \div 1,20$ m na całą szerokość przodka z równoczesnym zabezpieczaniem stropu w miarę odsłaniania obudowy wbijanej

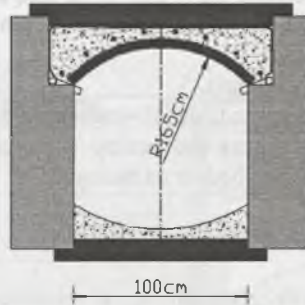
W przodku, gdzie strop zabezpieczony jest za pomocą płyty osłonowej, urabianie calizny odbywa się równoległe do jej przesuwania. Po zabezpieczeniu stropu, urabianie prowadzi się od góry w dół na całą szerokość przodka. Wykopywany grunt na bieżąco jest ładowany do środków transportu. W miarę wybierania urobku opina się ociosy i czoło przodka, rozpierając deski szalunkowe o uprzednio wykonany mur. Do urabiania ręcznego stosuje się najczęściej szpadle i kilofy, sporadycznie w twardych glinach używa się młotów udarowych z płaskimi grotami. W przypadku prowadzenia przebudowy wyrobiska do urabiania używa się prawie wyłącznie młotów udarowych i kilofów. Sporadycznie przydaje się łom.

2.3. Wykonanie obudowy ostatecznej

Wykonanie obudowy ostatecznej polega na wykonaniu prac wstępnych i zabudowie wybranej przestrzeni w następującej kolejności:

- sprawdzenie kierunku i niwelacji oraz odwzorowanie ich w czole i spągu przodka,
- ułożenie belek spągowych na podsypce piaskowej wg zadanej niwelacji,
- wymurowanie ścian bocznych z bloczków betonowych o grubości zgodnej z dokumentacją i bieżące wypełnienie pustek pozostałych w ociosie poza murem,
- ułożenie stropu z prefabrykowanych belek żelbetowych z równoczesnym wypełnianiem pozostałych pustek ponad belkami,
- w przypadku budowy stropu w docelowym kształcie łukowym, zakłada się prefabrykowane łupiny jako element szalunku traconego, konieczne izolacje i drenaż oraz zbrojenie i wypełnienie betonem,

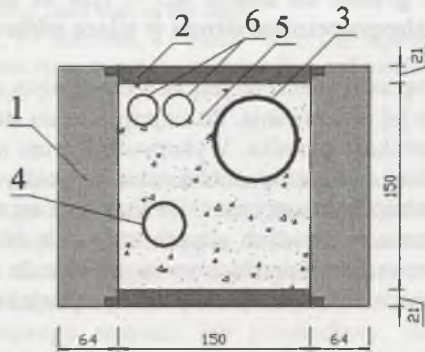
- w przypadku wykonania wewnątrz tunelu kolektora jako wymurówki z cegły prasowanej, zakłada się szablony (wg zadanego kierunku i niwelacji), w którym wykonuje się mur jako lico kanału, zaś wolne przestrzenie zostają wypełnione betonem, ewentualnie mogą być wykorzystane do przeprowadzenia przewodów prowadzących inne media.



Rys.5. Tunel ze sklepieniem łukowym i izolacją przeciwwilgociową
Fig.5. Tunnel with arch vault and anti-damp insulation

2.4. Przedłużenie węży, kabli i oświetlenia

Roboty uzupełniające polegają na przygotowaniu przodka do rozpoczęcia następnego cyklu. Zależnie od wyposażenia i stosowanych urządzeń mechanicznych należy przedłużyć lub przebudować do przodka zasilanie w prąd, sprężone powietrze, wodę oraz na bieżąco przebudowywać oświetlenie i wydłużać ciąg lutni do przewietrzania.



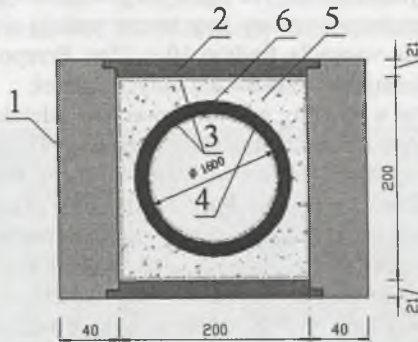
Rys.6. Tunel w wersji wieloprzewodowej dla kolektora sanitarnego i deszczowego:

1 - mur z bloczków prostokątnych, 2 - prefabrykowana belka stropowa, 3 - kolektor deszczowy \varnothing 600 mm, 4 - kolektor sanitarny \varnothing 200 mm, 5 - wypełnienie łupkiem kopalnianym i spoiwem „Pianocen B” firmy FOSROCK, 6 - rury osłonowe \varnothing 100 ÷ 160 mm dla kanalizacji kablowej

Fig.6. Tunnel – multi-conductor version for interceptor and rain collector:

1 - rectangular block wall, 2 - prefabricated floor beam, 3 - rain collector \varnothing 600 mm, 4 - interceptor \varnothing 200 mm, 5 - mining shale and „Pianocen B” FOSROCK binder filling 6 - casing pipes \varnothing 100 ÷ 160 mm for sewage system

Opisana technologia służy wykonaniu zasadniczo trzech typów przepustów, przeznaczonych dla różnych celów, jak przedstawiono na rys.5, 6, 7. Rysunek 5 przedstawia typowy przepust ze sklepieniem łukowym stosowany powszechnie pod torami kolejowymi i drogami. Na rysunku 6 pokazano tunel wieloprzewodowy (konstrukcyjnie prawie taki sam), w którym zabudowano różne rurociągi, np. kanalizacyjny, wodociągowy, kablowy itp. Wolne przestrzenie pomiędzy rurami są podsadzane różnymi materiałami. Rysunek 7 przedstawia typowy kolektor kanalizacyjny, którego konstrukcja nośna jest podobna do poprzednich, natomiast przewód prowadzący ścieki wykonano w formie wymurówki z cegły betonowej prasowanej lub rur o dużej średnicy, np. PEHD typu SPIRO łączonych za pomocą nasuwek (do $\varnothing 1000\text{mm}$ lub spawane ekstruderem powyżej $\varnothing 1000\text{mm}$). W tym przypadku wolne przestrzenie wypełnione są betonem.



Rys.7. Tunel z murowanym płaszczem kolektora dla większych średnic (niekiedy w miejsce wymurówki buduje się odpowiedniej średnicy rurę z PEHD): 1 - mur z bloczków prostopadłościennych, 2 - prefabrykowana belka stropowa, 3 - warstwa izolacji środkami firmy PROXAN, 4 - mur z cegły prasowanej betonowej, 5 - wypełnienie z betonu B 10, 6 - naniesione warstwy izolacyjne : 1x FEINSCHLAMME ELK i 2 x FEINSCHLAMME EL

Fig.7. Tunnel with inner collector shell for bigger diameters (sometimes in the place of lining a define diameter PEHD pipe is introduced): 1 - rectangular block wall, 2 - prefabricated floor beam, 3 - PROXAN insulation layer, 4 - concrete pressed brick wall, 5 - concrete B 10 filling, 6 - used insulation layers: 1x FEINSCHLAMME ELK i 2 x FEINSCHLAMME EL

Z krótkiego opisu stosowanej technologii wynikają potrzebne uwarunkowania i wyposażenie placu budowy. Plac budowy, pomimo że niezbyt duży, musi pomieścić komorę startową, co najmniej dobowy zapas materiałów, umożliwić odbiór gruntu lub gruzu z drażenia przepustu oraz wykonanie zaprawy betonowej potrzebnej do murowania i wypełniania wolnych przestrzeni. Ponadto plac musi posiadać zasilanie w prąd trójfazowy o odpowiedniej mocy i możliwość korzystania z wody do zarabiania betonu. Konieczne jest również zaplecze socjalne dla załogi. Powinna istnieć możliwość odprowadzenia z placu wody opadowej i ewentualnie pompowanej z tunelu. Dla bezpieczeństwa całość winna być poprawnie oświetlona oraz ogrodzona płotem.

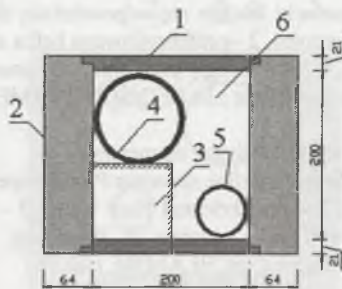
Zależnie od możliwości terenowych można bardzo elastycznie kształtować urządzenie placu budowy. Ma to szczególne znaczenie w terenie górzystym, gdzie bardzo często brak jest dojazdu do poszczególnych przepustów, a jedyną drogą transportu pozostaje istniejący tor kolejowy. Wówczas w porozumieniu ze służbami kolejowymi, wykorzystując przerwy

pomiędzy ruchem pociągów, prowadzi się transport najczęściej z wykorzystaniem taboru kolejowego (dreżyny, platformy). Dla takiego przypadku plac budowy ogranicza się do miejsca prowadzenia robót, natomiast zaplecze przejmuje większość funkcji placu budowy i zlokalizowane jest w miejscu w pobliżu toru, z możliwością dojazdu samochodowego, podłączenia wody i prądu. Wszystkie czynności przygotowawcze, łącznie z mieszaniem zaprawy i betonu, wykonuje się na zapleczu i przewozi w pojemnikach lub na paletach na miejsce budowy. Oczywiście, podczas każdej roboty w podtorzu torowisko należy zabezpieczyć wiązkami szyn odpowiednio po 10 szt. na jeden tok szyn.

3. Przykłady

Według rys.5 zostało wyremontowanych około 30 przepustów pod torami kolejowymi na linii Żywiec – Zwardoń. Przeciętne wymiary poprzeczne wahają się w granicach $0,8 \div 1,2 \times 1,4 \div 1,6\text{m}$, natomiast długość wynosiła średnio $10 \div 15\text{m}$. Przeprowadzone przeglądy po 8 latach od wykonania nie wykazują przecieków ani innych usterek.

Tunel według rys.8 został wykonany w Rydułtowach na odcinku 460m pod główną ulicą miasta, w którym pomieszczono kolektor kanalizacji sanitarnej $\varnothing 500 \div 400\text{mm}$ na wysokości spągu oraz kolektor $\varnothing 1000 \div 600\text{mm}$, usytuowany pod stropem. Wymiary poprzeczne tunelu wynosiły początkowo $2,0 \times 2,0\text{m}$ a później $1,8 \times 1,8\text{m}$. Wolne przestrzenie pomiędzy rurami podsadzono piaskiem. W Wodzisławiu Śląskim pod skrzyżowaniem ul. Bogumińskiej z ul. Pszowską w stronę starego miasta (rys.6), wykonano tunel $1,5 \times 1,5\text{m}$ o długości 42m z minimalnym naziemem nie przekraczającym $0,70\text{m}$, w którym zabudowano kolektor deszczowy z rur PEHD SPIRO $\varnothing 670/600\text{SN } 4$ łączony na dwukielichy oraz sanitarny z rur PVC $\varnothing 200$ typu SN 8. Roboty prowadzono z utrzymaniem normalnego ruchu przez skrzyżowanie będące ciągiem głównej trasy przelotowej miasta w stronę Pszowa i Raciborza.



Rys.8. Przekrój poprzeczny tunelu, wspólnego dla kolektorów deszczowego i sanitarnego:

1 - belka żelbetowa o wymiarach 6/21/230 cm, 2 - mur z bloczków betonowych, 3 - podmurówka pod kolektor deszczowy co 2,0 m, 4 - rura PEHD Spiro Weholite 1150/1000 mm, 5 - rura PEHD Spiro Weholite 560/500 mm, 6 - wypełnienie materiałem podsadzkowym i pianocemem

Fig. 8. Cross-section of tunnel common for interceptors and rain collectors:

1 - 6/21/230 cm reinforced concrete beam, 2 - concrete blocks wall, 3 - wall base for rain collector every 2,0 m, 4 - PEHD Spiro Weholite 1150/1000 mm pipe, 5 - PEHD Spiro Weholite 560/500 mm pipe, 6 - filling material and pianocen

Schemat wg rys.7 zastosowano w miejscowości Rydułtowy, na odcinku 750m (w tym ponad 80m pod torami PKP oraz ZTK i GK) w tunelu o wymiarach 1,8 x 1,8m, do budowy kolektora deszczowego, który wykonano w formie okrągłej wymurówki $\varnothing 1400$ mm z betonowej cegły prasowanej. Dalsze 450m tego kolektora to tunel, w którym zabudowano rury PEHD SPIRO $\varnothing 1400$ i 1200mm klasy SN 4 spawane na połączeniach. Urząd Miasta Zabrze był inwestorem kolektora sanitarnego $\varnothing 1200/1000$ mm pomieszczonego w tunelu o wymiarach poprzecznych 1,8 x 1,5m i długości 1200m, śr. na głębokości 8,0 m. Tunel ten wykonano pod ul. Piłsudskiego i skrzyżowaniem z ul. Wolności, a więc głównymi arteriami miasta z utrzymaniem pełnego, ciężkiego ruchu tranzytowego na kierunku Gliwice – Ruda Śląska i Katowice. W tunelu wykonano wymurówkę kolektora z cegły prasowanej betonowej 25 MPa o kształcie owalnym: wysokość 1200mm i szerokość 1000mm. We wszystkich przypadkach zastosowania do licowania kolektora cegły betonowej w celu podniesienia wod szczelności, stosuje się powlekanie materiałami FEINSCHLAMME ELK i FEINSCHLAMME EL firmy PROXAN. Poniżej zamieszczono kilka zdjęć z wykonanych robót.



Rys.9. Kolektor deszczowy o średnicy 1600mm, licowany murem z cegły prasowanej betonowej z betonu B 25, wykonany w Rydułtowach w 1997 r. Stan na zdjęciu z października 2004 r. Widok z komory rewizyjnej w stronę odpływu

Fig.9. 1600mm diameter rain collector, faced by B 25 concrete pressed bricks, built in Rydułtowy in 1997. Picture taken in 2004 from the cleanout chamber towards the outlet



Rys.10. Widok przepustu w miejscowości Bronów pod 4-torową linią kolejową Zebrzydowice – Trzenin, który po awarii w XII/1997 r. został przebudowany i odremontowany w połowie 1998 r. Zdjęcie wykonane w październiku 2004 r.

Fig.10. View of culvert in Bronów under 4-track railway line Zebrzydowice – Trzenin which was reconstructed and repaired in the middle of 1998 after failure in December 1997



Rys.11. Widok komory rewizyjnej na wyżej pokazanym kolektorze deszczowym po stronie dopływu. Z prawej widoczny dopływ z dzielnicy Orłowice rurą PEHD \varnothing 800 mm, w głębi na lewo murowany kolektor \varnothing 1400 mm, prowadzący wody potoku Rydułtowskiego oraz wody opadowe z centrum miasta

Fig.11. View of the cleanout chamber in the above presented rain collector on the side of a outlet



Rys.12. Widok przepustu na linii kolejowej Żywiec – Zwardoń, w pobliżu miejscowości Sól. Remont kapitalny tego przepustu wykonano w sierpniu 1997 r. Zdjęcie wykonano w październiku 2004 r.

Fig.12. View of the culvert in Żywiec – Zwardoń railway line near Sól. The major repair of this culvert took place in October 2004



Rys.13. Murowanie zbiorczego kolektora sanitarnego w Zabrze pod ul. Piłsudskiego. Kanał murowany posiadał przekrój owalny o wymiarach w świetle $h_0 = 1200$ mm, $b_0 = 1000$ mm. Budowa w 1998 r.

Fig.13. Turning of a collective culvert in Zabrze under Piłsudskiego Street. Brick sewer was ovalshaped with parameters of $h_0 = 1200$ mm, $b_0 = 1000$ mm . Construction in 1998

4. Podumowanie

Budowa przepustów i tuneli metodą górnictwą wymaga zatrudnienia doświadczonej załogi w tego typu pracach. Podstawową trudność stanowi dopasowanie zabezpieczeń stropu i ociosów do tempa postępu czoła przodka, w powiązaniu z rodzajem występującego gruntu, napływem wody i naciskiem na obudowę, uzależnionym od głębokości posadowienia tunelu. Dla prowadzenia robót na głębokości ponad 4 - 5m, szczególnie pod ważniejszymi arteriami, metoda górnictwowa jest najtańsza, pozwala wykonać zadanie bez przetrzucania dużych mas ziemi. Metodą tą można wykonać dowolnie długie przepusty i tunele o dowolnych spadkach, załamaniach i przekrojach. Przy budowie przepustów i tuneli pod torami kolejowymi jedyne utrudnienie stanowi konieczność zabudowy wiązek zabezpieczających i ograniczenie prędkości przejazdu. Do przeprowadzenia rurociągów o średnicach mniejszych od 600mm nie są wymagane żadne zabezpieczenia ruchowe i dla tak małych średnic najtaniej jest stosować przewiertki lub przeciski. Znacznym potaniem przejść pod torami jest zabudowanie w jednym tunelu kilku kolektorów, np. kanalizacji sanitarnej i deszczowej, co powoduje także przyspieszenie prac. W jednym tunelu wieloprzewodowym można umieścić dalsze urządzenia, jak kable energetyczne, teletechniczne, światłowody i wodociągi. Zasady budowy urządzeń w tunelach wieloprzewodowych po raz pierwszy uregulowało Zarządzenie nr 11 Ministra Administracji, Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 13.04.1976 r.

Literatura

1. Herrenknecht - Materiały informacyjne
2. Kolonko A.: Klasyfikacja i przegląd bezwykopowych metod budowy rurociągów podziemnych. NTTB 03/2000
3. Kuliczkowski A., Zwierzchowska A.: Propozycja podziału metod bezwykopowych budowy rurociągów podziemnych. Technologie Bezwykopowe 02/03/2000
4. Praca zbiorowa, Kronika techniki. Wydawnictwo „Kronika”, Warszawa 1992
5. Madryas C., Ryż K.: Współczesne technologie podziemnego budownictwa komunikacyjnego. Metody drażenia tuneli komunikacyjnych, Inżynieria bezwykopowa 02/2003
6. Tauber - Materiały informacyjne
7. Motyczka A.: Tunelowanie metodami bezwykopowymi – monografia. Materiały niepublikowane