

JAK POWSTAWAŁ najdłuższy tunel drogowy w Polsce?



Dagmara Dukała / GDMT geoinżynieria drogi mosty tunele

UMOWY

kwiecień 2008

podpisanie umowy pomiędzy polsko-niemieckim konsorcjum firm projektowych

październik 2011

podpisanie umowy z generalnym wykonawcą

MASZYNA TBM



wrzesień 2012

odbiór maszyny TBM od producenta, firmy Herrenknecht AG

styczeń 2013–kwiecień 2013

montaż maszyny na placu budowy

PRACE ZIEMNE

marzec 2012

Keller Polska rozpoczął specjalistyczne roboty geotechniczne związane z zabezpieczeniem wykopów konstrukcji tunelu – ściany szczelinowe, poziome ekrany uszczelniające dno wykopu w technologii Soilcrete (jet-grouting) oraz mikropale kotwiące płyty denne ramp dojazdowych i komór TBM



czerwiec 2012–maj 2014

Instalacja systemu monitoringu ścianek szczelinowych wraz z wykonywaniem pomiarów i analizą danych, zrealizowana przez NeoStrain. System składa się z 67 pionów inklinometrycznych



OBUDOWA TUNELU

maj 2013

pierwszy transport tubingów na plac budowy. Łącznie do produkcji tubingów wykorzystano prawie 47 000 m³ betonu



Ponad cztery lata trwała w Gdańsku budowa tunelu drogowego pod Martwą Wisłą. Przez cały ten czas na bieżąco relacjonowaliśmy przebieg prac tej wyjątkowej w skali Polski inwestycji. Teraz pora na jej podsumowanie

DRAŻENIE RUR TUNELU

maj 2013–listopad 2013

drażenie pierwszej rury tunelu



**marzec 2014–
czerwiec 2014**

drażenie drugiej rury tunelu

czerwiec 2013 i luty 2014

quick-mix zastosował zaprawę podsadzkową DM 1.35 do wykonania pierścienia uszczelniającego BULLFLEX podczas pierwszego etapu drażnienia tunelu metodą TBM. Uszczelnienie zrealizowano przy dwóch tubach w szybie startowym pomiędzy ścianą szczelinową a żelbetowymi prefabrykowanymi tubingami



PRACE KONSTRUKCYJNE WĘWNĄTRZ TUNELU

maj 2014–czerwiec 2015

wykonanie poprzecznych przejść bezpieczeństwa, ścian odbojowych, montaż prefabrykatów dennyh oraz jezdni w tunelu



październik 2013–czerwiec 2014

svt Polska: przygotowanie i opracowanie dokumentacji projektowej i warsztatowej w zakresie okładzin ogniochronnych oraz indywidualnej ekspertyzy instytutu MFPA w Lipsku

lipiec 2014–kwiecień 2016

dostawa i montaż płyt przeciwpożarowych

grudzień 2015–luty 2016

dostawa i montaż drzwi ogniochronnych w przejściach ewakuacyjnych

grudzień 2015

zakończenie zasadniczych robót budowlanych w obu rurach tunelu



PRACE WYPOSAŻENIOWE I INSTALACYJNE

styczeń–kwiecień 2016

prace instalacyjne, zgrzywanie systemów zapewnienia bezpieczeństwa, odbiory techniczne

lipiec 2015–grudzień 2015

prace wyposażeniowe w tunelu



ODDANIE TUNELU DO EKSPLOATACJI

kwiecień 2016

uzyskanie pozwolenia na użytkowanie tunelu

24 kwietnia – otwarcie tunelu



KOMENTARZ EKSPERTA



Piotr Czech
Inżynier Kontraktu
Trasa Słowackiego – Zadanie IV,
Gdańskie Inwestycje Komunalne sp. z o.o.

W ciągu ponad czterech lat trwania inwestycji o gdańskim tunelu powiedziano i napisano wiele, jednak co wyróżnia tę inwestycję? Przede wszystkim jest to pierwszy w Polsce tunel drogowy wykonany z wykorzystaniem technologii TBM. Dotychczas w naszym kraju taka maszyna została zaangażowana do budowy syfonu pod Wisłą w Warszawie w ramach rozbudowy układu przesyłowego ścieków komunalnych, a także do drążenia tuneli centralnego odcinka II linii stołecznego metra. Co więcej, jest to najdłuższy tunel drogowy w Polsce – jego część pod Martwą Wisłą liczy 1377,5 m, a długość całego obiektu inżynierskiego wynosi 2159 m. Podziemna trasa powstała w ramach IV – najtrudniejszego i najbardziej wymagającego zadania w ramach budowy Trasy Słowackiego. Wyjątkowa jest również maszyna TBM typu mixshield, która wydrążyła obie nitki – średnica 12,6 m czyni ją jedną z największych wykorzystywanych na świecie tarcz płuczkowych. Jej waga sięgnęła 2200 ton, a długość 91 m. Zgodnie ze zwyczajem panującym w branży tunelowej, maszynie nadano żeńskie imię – decyzją internautów nazwano ją Damrocka. Nawiązano w ten sposób do kaszubskiej legendy o pomorskiej księżniczce, córce Świętopępka II Wielkiego, słynącej m.in. z niecodziennej urody. Maszyna powstała w zakładzie firmy Herrenknecht AG w niemieckim Schwanau i została przetransportowana do Gdańska drogą lądową, rzeczną i morską. Po zakończeniu drążenia pierwszej tuby TBM został zdemontowany i ponownie złożony w szybie startowym do drążenia drugiej nitki. Obie nitki połączono siedmioma przejściami awaryjnymi (przejściami poprzecznymi), rozstawionymi co 170 m. Wszystkie prace realizowane były w trudnych warunkach hydrogeologicznych delty Wisły. Trasa tunelu przebiega przez cechujące się słabą nośnością warstwy gruntów na przemian syp-

Tunel w liczbach

1377,5 m
całkowita długość tunelu pod Martwą Wisłą

1072,5 m
długość jednej wydrążonej rury tunelu

305 m
długość tunelu wykonywanego w wykopie otwartym

2
równoległe nitki

2200 ton
waga maszyny TBM

91 m
długość maszyny TBM

12,56 m
średnica tarczy maszyny TBM

11 m
średnica wydrążonych i obudowanych tubingami rur tunelu

35
odległość od najgłębszego miejsca w tunelu do lustra Martwej Wisły

1076
pierścieni o wadze około

118 000 ton
użyto do wykonania 2 rur tunelu (każdy z pierścieni składa się z 7 tubingów)

40 km
taką długość miałyby tubingi użyte do budowy tunelu

Na każdym etapie zadania były inne wyzwania, z którymi trzeba było się zmierzyć. Pierwszym z nich było wykonanie (w technologii suchego wykopu) komory startowej dla maszyny TBM. A trzeba podkreślić, że na terenie budowy był bardzo wysoki poziom wody gruntowej – znajdowała się ona już na głębokości poniżej 1 m p.p.t.

Kolejnym ważnym etapem budowy był start maszyny TBM. Praktycznie wszystkie – na szczęście drobne – awarie maszyny i problemy wystąpiły w pierwszych dniach drążenia. Wynikały one głównie z błędów ludzkich oraz z małego przykrycia gruntem, wynoszącego niewiele ponad 7 m nad głowicą maszyny. Przyjmuje się, że bezpieczne przykrycie maszyny TBM powinno wynosić minimalnie tyle, ile średnica tarczy, czyli w naszym przypadku 12,5 m. Był to bardzo stresujący okres. Samo drążenie 1072 m pierwszej nitki było wyzwaniem samym w sobie i swoistym poligonem zarówno dla nas, jak i dla maszyny. Z uwagi na m.in. wzmoczony proces kontroli i monitoringu wszystkich parametrów drążenia, trwało ono 6 miesięcy, czyli dwa razy dłużej od drążenia drugiej nitki.

Musieliśmy zmierzyć się również z wykonaniem (w technologii mrożenia gruntu) 7 przejść poprzecznych. Proces ten polegał na zamrożeniu wody gruntowej znajdującej się w przestrzeniach pomiędzy ziarnami gruntu. Zamykała ona wówczas pory, tworząc nieprzepuszczalną warstwę. Częsteczki lodu łączyły się z częsteczkami gruntu i działały jak element wiążący. Dzięki temu wytrzymałość gruntu uzyskana podczas procesu mrożenia była porównywalna z wytrzymałością chudego betonu. W tak zamrożonej bryle gruntu możliwe było wykonanie przejść poprzecznych metodą górnictwą.

Kolejnym olbrzymim wyzwaniem była realizacja trójnawowej konstrukcji jezdni wewnątrz rur tuneli. Nie było to szczególnie skomplikowane pod względem inżynierskim, ale logistycznym, gdyż wiązało się z bezpiecznym przejściem pracowników, transportem materiałów i sprzętu. Szerokość frontu robót wynosiła tylko 11 m (wewnątrz średnicy tunelu) i – co oczywiste – na długości ponad 1 km były tylko dwa wejścia do tunelu, nie zawsze oba czynne z uwagi na inne prowadzone prace.

Ostatnim sprawdzianem było wyposażanie tunelu. Niejednokrotnie okazywało się to bardziej skomplikowane niż prace budowlane. Tunel, aby mógł być bezpiecznie użytkowany, został wyposażony w szereg systemów, m.in.: oświetlenie, wentylację, wodną instalację przeciwpożarową, sygnalizację pożaru, łączność radiową, nagłośnienie publiczne, odwodnienie, monitoring video z systemem automatycznej detekcji zdarzeń, oznakowanie zmiennej treści oraz automatyczny system zarządzania, który łączył wszystkie instalacje znajdujące się w tunelu. Sterowanie tym ostatnim systemem odbywa się przez centralny komputer, który stanowi zespół dwóch sterowników przemysłowych z pamięcią stałą (PLC). Sygnety pomiarowe, kontrolne i sterujące trafiają do komputera centralnego za pośrednictwem rozproszonych urządzeń wejścia-wyjścia (RIO) poprzez światłowodową magistralę komunikacyjną. Do komputera centralnego podłączone są sygnały statusowe wszystkich urządzeń i instalacji. W sumie system obsługuje około 5 tys. pojedynczych sygnałów. W celu zapewnienia jego bezpiecznej i ciągłej pracy, wszystkie urządzenia biorące udział w zarządzaniu i sterowaniu pracują w konfiguracji redundantnej, tzn. są zdublowane. Stan urządzeń i instalacji jest prezentowany na ekranach za pomocą oprogramowania wizualizującego typu SCADA, które umożliwia kontrolę stanów awaryjnych oraz monitorowanie zdarzeń drogowych lub technicznych w tunelu.



KOMENTARZ EKSPERTA



prof. dr hab. inż. Michał Topolnicki
Keller Polska sp. z o.o.

Udział Keller Polska, jako głównego podwykonawcy w zakresie przygotowania dużych i głębokich wykopów po obu stronach drążonej części tunelu pod Martwą Wisłą, był dla nas wielkim wyróżnieniem oraz wyzwaniem technicznym i logistycznym. Niezbędne było przygotowanie specjalistycznego sprzętu o odpowiednich parametrach, zaplecza technicznego i serwisowego oraz zebranie doświadczonego personelu do obsługi 5 różnych technologii, zapewniających terminowe wykonanie m.in. 63 000 m² ścian szczelinowych, 58 000 m³ iniekcji Soilcrete i około 34 000 mb mikropali. Wyzwania wiązały się zarówno ze skalą tego wyjątkowego projektu, jak i z warunkami gruntowymi panującymi na obszarze delty Wisły. Techniczne problemy wykonania wykopów do głębokości około 20 m poniżej poziomu wody gruntowej sprawiły, że zdecydowaliśmy się przedstawić i wdrożyć własne rozwiązania projektowe w ramach kompleksowej usługi obejmującej projektowanie, wykonawstwo i rozbudowaną kontrolę realizacji robót. Odczuwamy satysfakcję, że udana realizacja zaplanowanych prac potwierdziła przyjęte założenia oraz zyskała uznanie generalnego wykonawcy i zamawiającego. Kluczem do sukcesu byli oddani pracownicy, poczynając od osób odpowiedzialnych za dobre pomysły, przez projektantów, kierownictwo inwestycji oraz wszystkich zatrudnionych w produkcji, logistycę, obsługę sprzętu, kontroli jakości, BHP i administracji przedsiębiorstwa. To była praca wspaniałego zespołu i właśnie do niego kieruję największe podziękowania.

kich i spoistych. Ponadto duże utrudnienie stanowił dla budowniczych wysoki poziom zwierciadła wody gruntowej.

Zgodnie z przyjętymi założeniami wybudowane zostały dwie równoległe nitki tunelu (dla każdego kierunku ruchu oddzielnie), z jezdniami dwupasmowymi. Obiekt został uroczystie otwarty 24 kwietnia 2016 r. Warto podkreślić, że budowa tunelu metodą drążenia maszyną TBM w tak trudnych warunkach geotechnicznych, zarówno pod dnem rzeki, jak i w pobliżu istniejących elementów infrastruktury drogowej, portowej i przemysłowej, stanowiła śmiało i wyjątkowe wyzwanie z punktu widzenia organizacyjnego i inżynierskiego. ◀

- 500 000 ton**
tyle urobku wydobyto i wywieziono przy drążeniu tuneli
- 800 ton**
tyle asfaltu użyto w każdej z rur tunelu
- 4300 ton** stali
- i 25 000 m³** betonu wykorzystano w obu nitkach po wydrążeniu tunelu
- 190 km**
kable ułożono w obu nitkach
- 112**
kamer monitoruje bezpieczeństwo w tunelu
- 20**
głośników w każdej nitce tunelu
- 200**
rozdzielnic elektrycznych zasilająco-sterujących znalazło się w tunelu
- 226**
opraw oświetlenia przejazdowego o mocy 50 kW
- 224**
opraw oświetlenia wyjazdowego o mocy 106 kW
- 1,2 MW**
moc pobierana przez urządzenia

