

W technologii tunelowania maszyną TBMs

# Rekordowy tunel w Szanghaju

dr inż. Agata Zwierzchowska\*, mgr inż. Monika Mogielska\*\*

Najnowsze rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne umożliwiają konstruowanie urządzeń do tunelowania o coraz większych średnicach, ustanawiając przy tym kolejne rekordy. Jeszcze do niedawna urządzeniem do tunelowania o największej średnicy – 15,2 m – była tarcza użyta do realizacji projektu w Madrycie. Obecnie największa na skalę światową tarcza TBM wykorzystywana jest do budowy tunelu pod rzeką Jangcy w Chinach.

Tunel ten zaprojektowano w celu umożliwienia rozbudowy Szanghaju na sąsiadującą wyspę Chongming. Wyspa Chongming jest trzecią pod względem wielkości wyspą Chin, leży ok. 25 km od brzegu dzielnicy Szanghaju – Pudong, w delcie Jangcy i jest połączona z Szanghajem promem. Jangcy jest największą rzeką Chin i jednocześnie najdłuższą rzeką Azji, liczy bowiem 6300 km długości. Wyspę zamieszkuje ludność głównie żyjąca z rolnictwa, podobna do tej, która zamieszkiwała tereny wokół Szanghaju 15–20 lat temu, z bardzo małą liczbą samochodów i podróżująca pieszo, na rowerze lub busami. W przeszłości, 10–15 lat temu, nastąpił rozwój Szanghaju i liczba ludność zwiększyła się do ok. 20 mln, co przyczyniło się do powstania wielu tysięcy nowych budowli mieszkaniowych, wysokich biurowców i przemysłu wytwórczego. Ponieważ Szanghaj znajduje się na wybrzeżu, potrzebował nowych przestrzeni, na których mógłby się rozwijać. Wyspa Chongming z 600-tysięczną ludnością i powierzchnią 1000 km<sup>2</sup>, jest doskonałym miejscem dla takiego rozwoju [1].

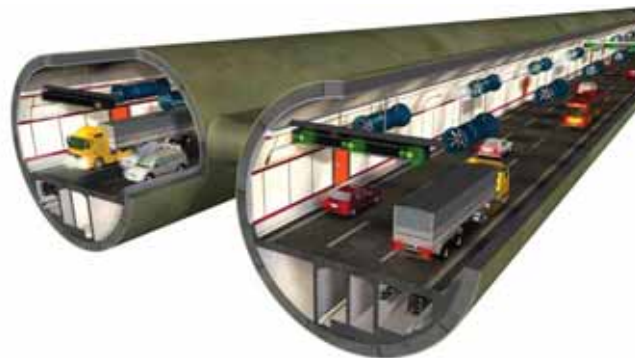
Planowanie budowy połączenia komunikacyjnego, łączącego wyspę z dzielnicą Pudong, rozpoczęto w 1990 r. Raport wykonalności zatwierdzono w lipcu 2004 r. Połączenie stałego ładu (Pudong) z wyspą Chongming zaprojektowano w postaci tunelu łączącego wyspę Changxing i mostu pomiędzy wyspami Changxing i Chongming. Projekt wstępny z budżetem inwestycyjnym na poziomie 1,5 mld USD, został zaaprobowany w maju 2005 r. Całość połączenia komunikacyjnego planuje się ukończyć na EXPO World Exposition, które ma się odbywać właśnie na wyspie Chongming w 2010 r. [1]. Plan sytuacyjny z trasą tunelu i mostu przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Plan sytuacyjny z trasą tunelu i mostu łączącego Pudong z wyspą Chongming [1]

Część zaprojektowanego tunelu, a mianowicie 7,47 km, jest realizowana w technologii tunelowania maszyną TBMs, a część, o długości 2,3 km, znajdująca się już w obrębie wyspy Changxing, wykonywana jest metodą wykopową. Połączenie to będzie składało się właściwie z dwóch biegnących równolegle tuneli, o średnicy wewnętrznej 13,7 m. W każdym z tuneli zaprojektowano trzypasmową jezdnię o szerokości 12,25 m i wysokości prześwitu ponad jezdnią 5 m. Poniżej jezdni zaprojektowano pokład, w którym

znajdą się wydzielone części dla obsługi i konserwacji tunelu oraz przestrzeń na możliwą do wykonania w przyszłości linię kolejową o wysokości od 3,7 do 4,0 m. W górnej części tunelu zaprojektowano przewód wentylacyjny o powierzchni 13 m<sup>2</sup> do usuwania spalin (rys. 2). Spadek tunelu wynosi od 0,3% do 0,87%, natomiast na wjeździe i wyjeździe liczy on 2,9%. W dwóch najniższych punktach tunelu przewidziano studzienki do jego odwodnienia.



Rys. 2. Przekrój przez tunel [2]

Tunele budowane są dwiema maszynami Mixshield o średnicy 15,43 m każda, wyprodukowanymi przez firmę Herrenknecht. Są to obecnie największe na świecie maszyny TBMs. Całkowita długość maszyny wynosi 135 m, zaś jej masa 2837 t. Generowana siła przecisku to 203 066 kN, a moment obrotowy tarczy urabiającej wynosi 39 945 kNm. Maksymalna liczba obrotów tarczy na minutę – 1,5. Jej zaprojektowanie zajęło ponad 13 miesięcy. Maszyny te były budowane częściowo w Schwanau w Niemczech, przede wszystkim główne części, takie jak: tarcza skrawająca i główna stacja przeciskowa, oraz częściowo przy pomocy inżynierów z Shanghai Tunnel Engineering Co (STEC), działających w Szanghaju. Elementy skrawające, rozmieszczone na sześciu ramionach tarczy, mogą być wymieniane w czasie budowy tunelu dzięki śluzom powietrznym oraz specjalnym detektorom zużycia, zamontowanym na wybranych elementach skrawających (rys. 3). Czoło tarczy zaopatrzone jest w układ przewodów, rozprawdzających zawieszinę w celu eliminacji przyklejania się gliny do powierzchni tarczy.



Rys. 3. Największa tarcza TBMs firmy Herrenknecht Ø 15,43 m [2]

Pluczkowy system usuwania urobku jest wprawiany w ruch przewodami zasilającymi o średnicy 600 mm i prędkości przepływu

wu płuczki wynoszącej 2,5 m/s. Przewody transportujące urobek mają średnicę 500 mm, a prędkość przepływu urobku zmieszanego z płuczką wynosi 4,2 m/s. Do separacji płuczki od gruntu użyto dwóch zestawów urządzeń o wydajności 3000 m<sup>3</sup>/h każdy. Odseparowany urobek transportowany jest barkami [1].

Obudowa tunelu została zaprojektowana z żelbetowych segmentów dla przykrycia gruntem o wysokości 65 m i ciśnieniu wody 6,5 bara (0,65 MPa), a także na przeniesienie wstrząsów sejsmicznych o sile 7 stopni w skali Richtera. Projektowany okres eksploatacji tunelu to 100 lat. Żelbetowe segmenty obudowy tworzą pierścienie o szerokości 2 m. Każdy pierścień składa się z dziewięciu segmentów (rys. 4). Segmenty zbrojone są prętami stalowymi 140–200 kg/m<sup>3</sup>, natomiast beton segmentów ma wytrzymałość 60 N/mm<sup>2</sup>. Łączone są na sworznie i posiadają uszczelki EPDM o szerokości 52 mm i wysokości 32 mm. Na rysunku 5 przedstawiono dojrzewanie segmentów w zbiorniku wody w zakładzie prefabrykacji.



Rys. 4. Zamontowane segmenty obudowy tunelu [1]

Pierwsza maszyna TBM rozpoczęła pracę 23 września 2006 r. Na początku listopada 2006 r. było już wydrążone 70 m tunelu. Druga maszyna TBM została uruchomiona 4 stycznia 2007 r.



Rys. 5. Dojrzewające segmenty w zbiorniku z wodą w zakładzie prefabrykacji [1]

Postęp pierwszej maszyny TBM (S317) na dzień 15 marca 2007 r. wynosił 1326 m, co stanowi 663 pierścienie. Maksymalny postęp robót odnotowano w styczniu 2007 r., kiedy osiągnął on 400 m (200 pierścieni). Postęp drugiej maszyny TBM S318 wynosił 142 m, co stanowi 71 pierścieni [1].

Każdy tunel budowany jest w czasie dwóch 10-godzinnych zmian, pracujących siedem dni w tygodniu. Dodatkowe cztery godziny są zarezerwowane dla zaplanowanej konserwacji. Przy każdej TBM pracują trzy brygady. Zaplanowany postęp wynosi 10–12 m dziennie (pięć do sześciu pierścieni). Otwarcie tunelu planowane jest na kwiecień 2010 r. [1].

#### Literatura

1. Craig R.: *German Giants Driver Shanghai's Growth*. "Tunneling & Trenchless Construction" 2007, no 30, pp. 21–23.
2. Dostępny w Internecie: <http://www.herrenknecht.de>

\* *Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych, Politechnika Świętokrzyska, e-mail: agataz@eden.tu.kielce.pl.*

\*\* *Absolwentka Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Świętokrzyskiej.*

**Vermeer**

**BIURO HANDLOWE RUDA**  
**TRADING INTERNATIONAL**

**Biuro Handlowe RUDA**  
 ul. Zegadłowicza 10  
 40-555 Katowice  
 tel. fax: (032) 251 25 53

**Wiertnice horyzontalne**  
**Żerdzie wiertnicze FIRESTICK I, II**  
**Narzędzia wiertnicze**  
**Głowice do wiercenia w skałach**  
**Systemy mieszalnicze płuczki**  
**Przyrządy do sterowania i kontroli**  
**Kraking**

[www.bh-ruda.pl](http://www.bh-ruda.pl)