



# Baaardzo głębokie wykopy cz. 1

Obudowa głębokiego wykopu na budowie SkyTower we Wrocławiu

Fot. 1. Wiertnica ze świdrem ciągłym i wibromłot w trakcie pracy

Obudowy głębokich wykopów to jeden z najpopularniejszych w Polsce obszarów wykorzystania grodzic. Niniejszy artykuł w całości poświęcony jest zabezpieczeniu wykopu pod budowany we Wrocławiu budynek „SkyTower”. Do zabezpieczenia wykopu pod tą inwestycję wykorzystano grodzice AZ20-700 firmy ArcelorMittal. Natomiast w kolejnym wydaniu kwartalnika „Geoinżynieria drogi mosty tunele” opowiemy o obudowie wykopu pod zespół obiektów budowanych w samym sercu Sopotu.

Obiekt, pod budowę którego wykonywana jest opisana w tym artykule obudowa głębokiego wykopu, powstaje na południe od centrum Wrocławia w kwartale ulic Powstańców Śląskich, Wielkiej, Gwieździstej i Szczęśliwej, na działce, na której znajduje się rozbierny obecnie budynek „Poltegoru”. Obiekt ten będzie składał się z 6 budynków, spośród których najwyższy ma mieć ok. 220 m wysokości. Na terenie wykonywanej inwestycji zaplanowane są nie tylko przestrzenie biurowe i handlowe, ale również mieszkalne. Apartamenty znajdą się również w najwyższym budynku kompleksu, dzięki czemu będzie on nosił miano najwyższego apartamentowca w Polsce. Inwestorem, wykonawcą oraz zarządcą powstającego obiektu jest, należąca do wrocławianina Leszka Czarnieckiego, firma LC Corp.

Znaczenie symboliczne ma fakt, że w miejscu dotychczas istniejącego budynku „Poltegoru”, który był najwyższym i jednym z najlepiej rozpoznawalnych budynków we Wrocławiu, powstanie obiekt, który będzie wizytówką tego prężnie rozwijającego się miasta.

W tym roku rozpoczęły się prace przy realizacji projektu. Cała

inwestycja ma zostać ukończona w roku 2010. Kompleks Sky-Tower (fot. 3) zajmie działkę o powierzchni 2,2 ha i na całym tym obszarze znajdzie się pod nim 3-poziomowy parking podziemny.

W celu maksymalnego wykorzystania dostępnej powierzchni oraz odciążenia dopływu wody do wykopu zdecydowano się na wykonanie obudowy z grodzic stalowych.

Pierwotne rozpoznanie geotechniczne opierało się na 20 odwiertach do głębokości 20 m. Na ich podstawie ustalono, że podłoże rodzime w obszarze projektowanych prac budują osady wodnolodowcowe z soczewkami i płatami pospótek oraz żwirów, które wypełniają zagłębienia erozyjne i rynny subglacialne w twar doplastycznych glinach zwałowych. W większości otworów nawiercano 3 warstwy wodonośne o charakterze napiętym, które stabilizowały się na głębokości od 1,5 do 3,0 m poniżej poziomu terenu.

W celu zaprojektowania najbardziej ekonomicznej obudowy zlecono przygotowanie dodatkowej i dokładniejszej dokumentacji geotechnicznej. Wykonano uzupełniające odwierty, z których pobierano próbki gruntu typu NN, NW i NSS do szczegółowych badań laboratoryjnych. Przeprowadzono także badania sondami CPT i SPT. W laboratorium wykonano między innymi analizy sitowe i areometryczne oraz badania w aparacie trójosiowym na próbkach gruntu z próbnika Shelby.

Rzędne spodu przyszłego fundamentu oraz jego wymiary narzuciły konieczność zaprojektowania i wykonania obudowy wykopu o obwodzie około 590 m i uskuoku naziomu od 8,6 do 12,6 metra (rys. 1). Ze względu na duże zróżnicowanie warunków



ków gruntowych oraz zmienność rzędnych terenu i projektowanego dna wykopu obliczenia statyczne wykonano dla kilkunastu charakterystycznych sytuacji projektowych. Dokonano ich zgodnie z niemiecką normą DIN 1054 (1976) przy wykorzystaniu programu DC-Baugrube, zakładając różne, w zależności od fazy pracy konstrukcji, schematy podparcia ścianki w gruncie i ilości poziomów kotwienia. Przyjęto obciążenie naziomu o wartości 30 kPa. Parcie czynne i odpór gruntu wyznaczono zgodnie z E DIN 4085:2002-12 Baugrund – Berechnung des Erd-drucks (Grunty budowlane – obliczenia parć). Na odcinkach ścianki, na których ze względu na trudne warunki pogrążania planowano rozwiercanie gruntu świdrem ciągłym lub podplukiwanie grodzic, uwzględniono w trakcie obliczeń zmniejszenie kąta tarcia pomiędzy ośrodkiem gruntowym a grodzicą.

Zdecydowano się na zastosowanie grodzic AZ20-700 firmy ArcelorMittal, wykonanych ze stali o gatunku S355GP. Grodzice AZ20-700 to grodzice typu Z o  $W_x$  wynoszącym 1945 cm<sup>3</sup>/mb ściany. Metr kwadratowy ścianki z tych grodzic waży 119 kg, a szerokość pojedynczej grodzicy wynosi 700 mm. Ścianka została zaprojektowana jako zakotwiona kotwami iniekcyjnymi na trzech poziomach. O wyborze grodzic AZ20-700, znajdujących się w programie sprzedaży firmy ArcelorMittal od sierpnia 2006 r., zadecydowały: jej ekonomiczność, czyli dobry stosunek wskaźnika wytrzymałości jednego metra bieżącego ściany do masy jednego metra kwadratowego, oraz duża szerokość pojedynczego brusa, mająca wpływ na szybkość pogrążania (mniej elementów = mniej operacji do wykonania).

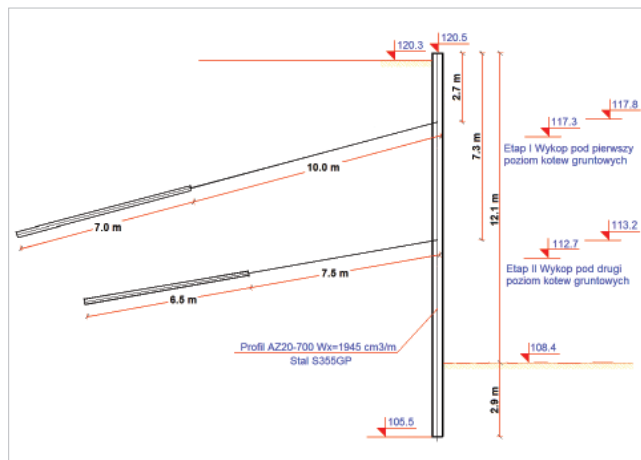
Autorami projektu są dr inż. Czesław Rybak z Biura Usług Geotechnicznych „GEOTECH” oraz mgr inż. Rafał Sosnał z firmy Gollwitzer Polska sp. z o.o.

## Pogrążanie grodzic

Za pogrążanie grodzic i wykonanie obudowy wykopu odpowiedzialna była firma Gollwitzer Polska sp. z o.o. z siedzibą we Wrocławiu. Prace przy pogrążaniu elementów stalowej ścianki szczelnej rozpoczęły się w czerwcu i trwały do połowy września tego roku. Ze względu na bardzo trudne warunki gruntowe (twardoplastyczne gliny zwałowe m.in. z domieszką frakcji żwirowej o spójności dochodzącej do  $c = 180$  kPa oraz grunty niespoiste od piasków drobnych aż do pospółek o  $I_d$  dochodzącym aż do 0,9) na niektórych odcinkach ścianki zaistniała potrzeba rozwiercania gruntu przed pogrążaniem grodzic lub ich podplukiwania w trakcie wprowadzania w grunt.

Grunt rozwiercano (fot. 1) m.in. na odcinku ścianki równoległej do ul. Gwiaździstej, przy której, w odległości kilkunastu metrów od wykopu, znajduje się budynek szpitala (fot. 2). Do rozluźniania gruntu stosowano wiercenie świdrem ciągłym w osłonie rurowej (średnicy 500 mm) z prowadzeniem produkcji firmy Liebherr typ DBA 80. Prowadzenie świdra dawało gwarancję pionowości strefy rozluźnionego gruntu.

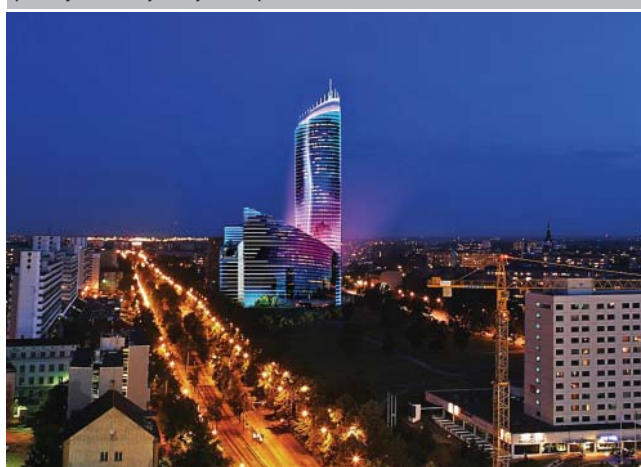
Na odcinkach, na których występowały łatwiejsze, ale wciąż bardzo trudne warunki gruntowe, decydowano się na podplukiwanie grodzic przy użyciu płuczki wodnej. Podawano ją pod ciśnieniem 40 atmosfer do 4 rur wykonanych ze stali lub z bardzo twardego PCV. Rury te były umieszczane przy załamaniach sparowanej grodzicy AZ20-700 (fot. 5). Podplukiwanie grodzic ułatwia ich pogrążanie dzięki dwóm procesom. Po pierwsze podawana pod ciśnieniem płuczka rozluźnia grunt pod podstawą grodzicy, a po drugie, gdy wypływa do góry wzdłuż pobocznicy, zmniejsza tarcie pomiędzy gruntem i grodzicą. Oczywiście im mniejszy współczynnik wodoprzepuszczalności gruntu, tym więcej płuczki wypływa wzdłuż pobocznicy i tym mniejsze tarcie gruntu o nią. Warto w tym miejscu dodać, że podplukiwanie



Rys. 1. Przykładowy przekrój przez obudowę wykopu



Fot. 2. Obudowa wykopu z grodzic AZ20-700 wzdłuż ul. Gwiaździstej. Po prawej widoczny budynek szpitala.



Fot. 3. Wizualizacja kompleksu SkyTower



Fot. 4. Pierwszy rząd kotew gruntowych



zmniejsza, choć w jednych gruntach mniej, a w innych bardziej, drgania gruntu wywoływane przez wibromłot.

Grodzice pogrążano przy użyciu wibromłota oraz urządzenia do statycznego wciskania grodzic. Ze względu na komfort pacjentów wspomnianego już wcześniej szpitala przy ul. Gwiazdzistej zdecydowano się na wciskanie grodzic na odcinku linii pogrążania ścianki oddalonej o nie więcej niż 15 m od budynku szpitala. Na pozostałym odcinku przyszłej obudowy wykopu pogrążano grodzice przy użyciu bezrezonansowego wibromłota. Przy czym, zgodę na zastosowanie wibromłota w odległości od 15 do 30 m od szpitala uzależniono od pozytywnych rezultatów próbnego pogrążania grodzic z pomiarem drgań na budynku szpitala.

Grodzice wciskano statycznie urządzeniem firmy Bauer typ MPZ-630 (fot. 6), które jest przystosowane do statycznego wciskania grodzic typu Z, o szerokości pojedynczej grodzicy równej nawet 700 mm. Urządzenie to było zamontowane na podwoziu z maszem prowadzącym firmy Liebherr typ LRB-125 XL. Zasada pracy maszyny do statycznego wciskania grodzic firmy Bauer jest bardzo prosta. Urządzenie wyposażone jest w 4 siłowniki. Każdy z nich z osobną przytrzymuje jedną grodzicę. Brusy przed przystąpieniem do ich wciskania są ze sobą łączone w zamkach. Taki panel, złożony z 4 grodzic, jest ustawiany pionowo i rozpoczyna się ich wciskanie. Wciskana jest tylko jedna grodzica, podczas gdy 3 pozostałe są dla niej, wraz z ciężarem urządzenia, przeciwwagą. Po pogrążeniu jednej grodzicy na głębokość skoku siłownika (ok. 40 cm), w ten sam sposób poostępuje się z pozostałymi grodzicami. Po pogrążeniu wszystkich 4 grodzic na głębokość równą skokowi siłowników urządzenie jest obniżane i cały cykl wciskania rozpoczyna się od początku.

Natomiast do wwbrowywania grodzic zastosowano bezrezonansowy wibromłot o wysokiej częstotliwości drgań produkcji firmy ICE typ 32RF, który również montowany był na maszcie kafara LRB-125 XL firmy Liebherr. Za pomocą tego wibromłota pogrążano grodzice sparowane z zaciśniętymi zamkami. Dzięki zamontowaniu wibromłota na maszcie można pogrążyć elementy stalowej ścianki szczelnej z dużą dokładnością bez konieczności stosowania czasochłonnych kleszczy prowadzących. Można sobie łatwo wyobrazić, ile czasu udaje się zaoszczędzić dzięki pogrążaniu elementów o szerokości 1400 mm.

Wzdłuż już pogrążonych elementów stalowej ścianki szczelnej przystępowano do prac ziemnych, obniżając teren do głębokości umożliwiającej wykonanie pierwszego, a po kolejnych pracach ziemnych, drugiego poziomu kotwienia. W zależności od występujących warunków gruntowych i głębokości wykopu kotwy będą rozmieszczone co dwa (1400 mm) lub co jeden (700 mm) brus. Obciążenie z grodzic jest przekazywane bezpośrednio na kotwy za pomocą głowic stalowych (fot. 7).

Przez cały okres trwania inwestycji koncern hutniczy ArcelorMittal sukcesywnie dostarczał na plac budowy ponad 1000 t grodzic AZ20-700. Zdecydowana większość z nich była dostarczona jako sparowana. Grodzice, które miały być wwbrowywane, posiadały zaciśnięte zamki. Natomiast te przewidziane do wciskania były dostarczone jako sparowane, ale bez zaciśniętych zamków.

Realizowane przez firmę Gollwitzer Polska sp. z o.o. zabezpieczenie wykopu pod budowę budynku SkyTower zasługuje na uwagę nie tylko ze względu na duże rozmiary wykopu (2,2 ha) czy ogrom prac ziemnych (300 000 m<sup>3</sup>), ale głównie ze względu na szeroki wachlarz nowoczesnych technologii, jakie zastosowano w trakcie pogrążania grodzic. Inwestycja ta była okazją do zademonstrowania najnowszych technologii



Fot. 5 Grodzica z przymocowanymi rurami wykonanymi z twardego PCV przygotowana do pogrążania z podpiukiwaniem



Fot. 6. Urządzenie do statycznego wciskania grodzic na budowie SkyTower



Fot. 7. Siły z kotew przekazywane są na AZ20-700 za pomocą głowic stalowych

i do udowodnienia, że posiadając odpowiedni sprzęt oraz zespół doświadczonych pracowników, można, nawet w bardzo trudnych warunkach gruntowych, pogrążyć elementy o szerokości dochodzącej do 1400 mm. Cieszy też fakt, że coraz szersze i bardziej ekonomiczne profile, takie jak np. AZ20-700, znajdują swe uznanie wśród projektantów i wykonawców.

*Serdecznie dziękuję firmie Gollwitzer Polska sp. z o.o. za otrzymane informacje, materiały i fotografie, bez których napisanie tego artykułu byłoby niemożliwe, oraz firmie LC CORP SA za przekazanie wizualizacji wieżowca SkyTower.* ■

**mgr inż. Paweł Kwarciański**  
ArcelorMittal Commercial Long Polska sp. z o.o.