

mgr inż. Artur Jaroń
Zakład Robót Inżynieryjnych Henryk
Chrobok i Hubert Chrobok Sp. j.



Fot. 1. | Iniekcja wysokociśnieniowa jet-grouting w celu wykonania pionowej przesłony przeciwfiltracyjnej wzdłuż istniejącego szybu, wiertnica Atlas Copco



Fot. 2. | Montaż zbrojenia sztywnego w palach $\phi 800$



Fot. 3. | Komora z grodziec GU16-400 wraz z rozparciem

Szerokie spektrum możliwości na przykładzie LW BOGDANKA

Wykonanie fundamentu dla wieży szybu istniejącego już od lat 70. Fundament ten składał się z posadowienia pośredniego w postaci pali oraz oczepu żelbetowego, który został zaprojektowany na poziomie 12,4 m p.p.t.

W czerwcu 2010 r. ZRI Chrobok przystąpił do robót geotechnicznych w ramach zadania p.n.: „Wykonanie projektów wykonawczych, budowlano-wykonawczych, budowy wieży szybu 2.1., budynku nadszybia szybu 2.1., fundamentów wciągarki B-1100A, fundamentów windy frakcyjnej EPR 1000, kanału wentylacyjnego, dróg, placów, torów, oświetlenia terenu w LW „Bogdanka” SA pole Stefanów”. Inwestorem był Lubelski Węgiel „BOGDANKA” SA, natomiast Zleceniodawcą robót konsorcjum firm Budus SA i Pemug SA z Katowic.

Zadanie dotyczyło wykonania fundamentu dla wieży istniejącego już od lat 70. szybu nr 2.1. Fundament ten składał się z posadowienia pośredniego w postaci pali oraz oczepu żelbetowego, który został zaprojektowany na poziomie 12,4 m p.p.t. Ze względu na głębokość posadowienia, warunki gruntowo-

wodne oraz teren przemysłowy, na którym istnieje szereg budowli związanych z istniejącym szybem, konieczne było kompleksowe zaprojektowanie sposobu wykonania pali fundamentowych oraz zabezpieczenia głębokiego wy-

kopu dla wykonania żelbetowej płyty na palach.

Na podstawie archiwalnych dokumentacji geologicznych, jak i dodatkowej dokumentacji, sporządzonej w lutym 2009 r., stwierdzono w budowie geologicznej badanego terenu utworzy czwartorzędowe, plejstoceńskie osady lodowcowo-jeziorne oraz osady rzeczne. W obrębie osadów lodowcowo-jeziornych wyróżniono gliny pylaste, pyły i pyły piaszczyste oraz piaski pylaste drobno- i średnioziarniste. Zasięg tych warstw wyznaczyła warstwa namulów organicznych na głębokości około 9 m p.p.t. Poniżej występują osady rzeczne wykształcone jako piaski średnioziarniste. Miąższość tych warstw wynosiła około 40 m i składały się na nią piaski średnie, wilgotne i mokre w stanie zagęszczonym o uogólnionym stopniu zagęszczenia $I_D = 0,7$, który został określony na podstawie sondowań udarowych

SD-10 i wyników badań archiwalnych. Generalny układ warstw kształtował się następująco: warstwa nasypu, następnie gliny pylaste i pyły o $I_L = 0,1$, pyły i pyły piaszczyste o $I_L = 0,3$, piaski drobne i pylaste o $I_D = 0,55$ oraz warstwa, w której zostały wykonane pale, tj. piaski średnie o $I_D = 0,7$ – warstwa IV. Ponadto stwierdzono występowanie dwóch poziomów wodonośnych, tj. wód zawieszonych na stropie gruntów pylastych na głębokości 2,6÷2,8, oraz wód o zwierciadle napiętym, nawierconym na głębokości 3,8 m÷4,8 m p.p.t. Poziom ten stabilizował się na głębokości 3,0÷3,8 m p.p.t.

W maju br. ZRI Chrobok przystąpiło do analizy możliwych wariantów wykonania zabezpieczenia wykopu oraz palowania. Analiza dotyczyła takich zagadnień, jak:

- możliwość maksymalnego wstępnego obniżenia terenu, gdzie ograniczeniem był poziom wód gruntowych oraz sąsiednie obiekty;
- technologia wykonania pali o przyjętej średnicy $\phi 800$, gdzie głowica pała powinna być na rzędnej -12,4 m p.p.t., a podstawa najdłuższych pali na rzędnej -26,5 m p.p.t.;
- sposób zabezpieczenia ścian wykopu oraz przestrzeni pod „kołnierzem” istniejącego szybu, który miał średnicę zewnętrzną około 13 m, podczas gdy średnica zewnętrzna szybu poniżej „kołnierza”, tj. od rzędnej około 6 m p.p.t. wynosi około 8,5 m. Taka konstrukcja szybu uniemożliwiła wbijanie grodzic stalowych pod poszerzeniem szybu, co zmusiło nas do szukania innych rozwiązań w celu zapewnienia szczelności obudowy;
- sposób zabezpieczenia wykopu przed oddolnym dopływem wód gruntowych.

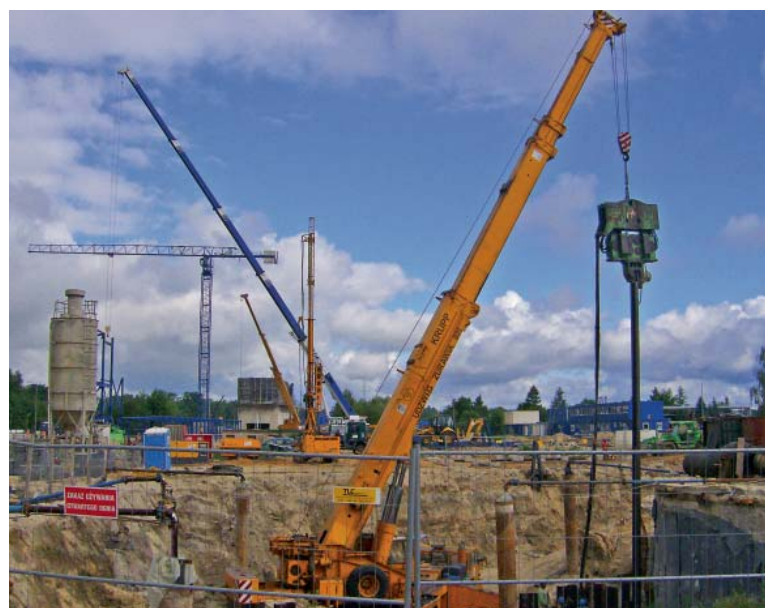
W pierwszej fazie obliczeń przyjęto wstępne obniżenie terenu o 4 m wraz z pozostawieniem poziomej półki szerokości 1 m za obudową z grodzic. Następnie pograżenie ścianki z grodzic długości 12 m z trzech stron i wykonanie pali CFA o średnicy $\phi 800$ i długości około 9÷12 m wraz z betonowaniem do poziomu płyty fundamentowej oraz montażem zbrojenia sztywnego. Przyjęto wykonanie pali z poziomu 4 m p.p.t. Po wykonaniu pali CFA zakładano wykonanie poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej, ograniczającej napływ wody do wykopu w poziomie poniżej płyty fundamentowej oraz przesłony pionowej, uszczelniającej przestrzeń pomiędzy grodzicami stalowymi a istniejącym szybem. Ze względu na wysokie zwierciadło wód gruntowych przyjęto, że pale będące pośrednim posadowieniem fundamentu w fazie wykonywania wykopu pełniłyby rolę zakotwienia przesłony jet-grouting. Po wykonaniu przesłony przyjęto odpompowanie wody uwięzionej wewnątrz komory oraz wykonanie robót ziemnych. Ze wzglę-

du na głębokość wykopu konieczne było wykonanie podparcia pośredniego ścianki z grodzic. W przypadku tej realizacji wymiary komory umożliwiły montaż rozparcia wewnętrznego obudowy z wykorzystaniem istniejącego szybu o bardzo dużej sztywności. Roboty ziemne z założenia powinny być zgrane z robotami naszej firmy, polegającymi na montażu podłużnic i ram rozpierających wg wstępnych założeń w trzech poziomach. Po osiągnięciu rzędnej 12,4 m p.p.t. założono przystąpienie do robót żelbetowych. Następnie zasypanie i zagęszczenie wykopu wraz z sukcesywnym demontażem rozparcia. Tego typu schemat zabezpieczenia gwarantował jego szczelność oraz stabilność pod względem stateczności.

Ostatecznie, po analizie wszystkich technicznych możliwości wykonania powyższych robót, przyjęto następujące założenia. Odstąpiono od wykonania poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej na korzyść skutecznej próby tymczasowego obniżenia zwierciadła wody gruntowej do stale utrzymującego się poziomu wody 16 m p.p.t. Plan ten zrealizowało Przedsiębiorstwo Wielobranżowe WODREX sp. z o.o. z Lublina oraz Zakład Robót Geologiczno-Wiertniczo-Górnictwowych GEOWIERT S.C. Stanisław Pawlik, Michał Tabor również z Lublina. Cel został osiągnięty przy zastosowaniu 6 studni głębokości 25 m w pierwszym etapie oraz dodatkowo 2 studni głębokości 16 m w drugim etapie. Średnica założonego filtra dla każdej studni wynosiła 270 mm, a pompy zostały zapuszczone około 1 m powyżej dna studni, pompując łącznie około 300 m³/godz. Ze studni o głębokości 25 m pompowane jest około 40 m³/godz., a ze studni o głębokości 16 m po około 30 m³/godz. Głębokość zwierciadła wody gruntowej z początkowego poziomu 3 m p.p.t. została obniżona do poziomu 16 m p.p.t. mierzonego w miejscu studni. Pompowanie wody zostało rozpoczęte na kilkanaście dni przed rozpoczęciem robót ziemnych.

Obniżenie ZWG umożliwiło wykonanie głębszego wykopu wstępnego niż planowano pierwotnie i ostatecznie grodzice zostały zabite z poziomu 6 m p.p.t. i przy założeniu dwóch rzędów rozparć. Jednakże brak poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej uniemożliwił poziome rozparcie grodzic w dolnej partii. Ponadto, w celu wydłużenia drogi filtracji dla wody gruntowej podjęto ostatecznie decyzję o wbiciu grodzic GU16-400 długości 14 m.

Podczas wstępnych robót ziemnych okazało się, że w gruncie pozostawiono stare orurowanie, wykonane w celu zamro-



Fot. 4a, b. | Wbijanie grodzic GU16-400 wibromłotem wysokich częstotliwości drgań – ICE 28 Rf

Fot. 5. | Wykonanie pali jet-grouting $\phi 800$, wiertnica MDT

zenia gruntu dla potrzeb wykonania szybu kopalni w latach 70. Ilość orurowania i wysokie prawdopodobieństwo kolizji spowodowały zmianę technologii wykonawstwa fundamentów pośrednich z CFA na jet-grouting. Technologia jet-grouting, gdzie odwiert wykonuje się żerdzią o średnicy około 100 mm, umożliwiła skuteczne omińnięcie uzbrojenia podziemnego, co mogłoby okazać się niemożliwe dla wiertła o docelowej średnicy pala $\phi 800$ w przypadku technologii CFA.

Pale jet-grouting zostały zazbrojone kształtownikiem stalowym IPE 300 i HEB200. W celu pograżenia zbrojenia wykorzystano przedłużenie z profilu IPE180. Zbrojenie było pograżane przy pomocy wibromłota z poziomu platformy, z której wykonywano iniekcję wysokociśnieniową. Kształtownik IPE 180 został usunięty podczas wykonywania robót ziemnych. Ze względu na zmianę technologii z CFA na jet-grouting, w celu sprawdzenia założeń projektowych, wykonano badania próbek na ściskanie zarówno z wydostającej się na zewnątrz wypływki (badanie po 28 dniach), jak i dodatkowo pobrano próbki rdzeniowe i wykonano badanie po 56 dniach. Wszystkie wyniki spełniły nasze oczekiwania, a wytrzymałości próbek okazały się znacznie większe od minimalnych, dopuszczalnych wartości. Dodatkowo, po wykonaniu wykopu przystąpiono do próby obciążenia pali zgodnie z Polską Normą PN-83/B-B02482. Do badań wytypowano kolumny długości 11 m w ilości 2 szt. Próbne obciążenie zostało przeprowadzone przez firmę PILETEST z Bielska-Białej.

Obciążenie pali było zwiększone stopniami o wartości $1/8 P_{max}$. Po osiągnięciu 100% zakładanego obciążenia, pale zostały odciążone i zarejestrowano przemieszczenia trwałe. Następnie przystąpiono do drugiego cyklu badania, polegającego na obciążeniu pali kolejnymi stopniami siły, aż do $150\% P_{max}$. Ze względu na wytrzymałość cementogruntu oraz obciążenia o bardzo dużych wartościach, na głowicy pali wykonano walce betonowe o średnicy $\phi 800$ i wysokości 0,5 m (fot. 1.). Walec ten miał na celu przekazanie obciążeń z siłownika na pal

z zapewnieniem udziału całej podstawy. Ze względu jednak na krótki czas dojrzenia betonu, przy jednej z prób obciążeniowych na walcu betonowym pojawiły się rysy i obciążenie zostało przerwane na etapie $137,5\% P_{max}$. W kolejnej próbie została osiągnięta wartość $150\% P_{max}$. Wyniki próbnych obciążeń oraz wyniki wytrzymałościowe próbek cementogruntu potwierdziły nasze założenia co do sposobu posadowienia wieży i nie pozostawiają wątpliwości względem możliwości zastosowania technologii jet-grouting w gruntach niespoistych nie tylko jako wzmocnienia podłoża czy technologicznych przesłon przeciwfiltracyjnych, ale również jako posadowienia pośredniego obiektów nawet przy sporych wartościach obciążeń.

Po raz kolejny firma ZRI Chrobok miała przyjemność opisać na łamach czasopisma „Geoinżynieria drogi mosty tunele” realizację zadania wymagającego wyspecjalizowanego i różnorodnego sprzętu oraz doświadczenia w różnych dziedzinach geotechniki. Zakład Robót Inżynieryjnych Henryk Chrobok i Hubert Chrobok jako jedyna firma w Polsce łączy tak szerokie spektrum wyspecjalizowanych robót geotechnicznych, co umożliwiło skuteczne podjęcie rozwiązań najtrudniejszych realizacji w sposób kompleksowy – od fazy analizy i projektu do fazy wykonawczej z możliwością zmian rozwiązań i technologii podczas realizacji. Oferta naszej firmy, zarówno w zakresie zabezpieczeń głębokich wykopów, jak i wzmocnienia podłoża, umożliwiła w elastyczny sposób wprowadzenie wielu koncepcji projektowych i wykonawczych nawet w fazie realizacyjnej, kiedy może zdarzyć się zmiana warunków wyjściowych, jak w przypadku niniejszego zadania.

Na łamach niniejszego artykułu składamy podziękowania za owocną współpracę następującym partnerom: Biuro Projektowo-Usługowe Bartosz Mrówka, Jan Jasica, firma PILETEST sp. z o.o., Przedsiębiorstwo Wielobranżowe WODREX sp. z o.o. z Lublina oraz Zakład Robót Geologiczno-Wiertniczo-Górnictwowych GEOWIERT S. C. Stanisław Pawlik, Michał Tabor. ■



Zakład Robót Inżynieryjnych Henryk Chrobok i Hubert Chrobok Sp.J.

43-220 Bojszowy Nowe
ul. Gościnna 101, woj. śląskie
tel. +48 32 218 90 00
fax +48 32 328 92 91

info@firma-chrobok.pl

www.firma-chrobok.pl

Inżynieria bezwykopowa

- przeciski
- mikrotuneling
- przewiertki sterowane
- czyszczenie i cementowanie istniejących rurociągów
- relining
- kraking

- ścianki z grodzic stalowych
- ścianki berlińskie
- wbijanie rur i kształtowników stalowych

Zabezpieczenia wykopów



Wzmocnienia gruntu

- iniekcja jet-grouting
- pale CFA
- kolumny DSM
- pale VIBREX
- pale przemieszczeniowe
- kolumny żwirowe
- mikropale
- kotwy gruntowe
- gwoździe gruntowe

