

Zabezpieczenie skarp głębokich wykopów

# Iniekcja wysokociśnieniowa i gwoździowanie

mgr inż. Tomasz Stanisławek, Keller Polska Sp. z o.o.

Duża konkurencja na rynku deweloperskim zmusza do inwestowania w najatrakcyjniejszych miejscach aglomeracji, nawet w przypadku bardzo trudnych warunków gruntowych. Jedna z firm deweloperskich postanowiła wznieść nowoczesny budynek mieszkalno-usługowy w atrakcyjnej części Lublina. Budynek ten został wkomponowany między już istniejące objekty. Od strony zachodniej sąsiaduje z nim szkoła gastronomiczna (ok. 15 m od wykopu), od strony wschodniej dwa pięciokondygnacyjne budynki mieszkalne (w odległości ok. 10 m od wykopu), od północy – ul. Czechowska, a od południa – ul. Spokojna.

Problem stanowiło zabezpieczenie zarówno skarp przyszłego ponad 7,5-metrowego wykopu, jak i istniejącego żelbetowego muru oporowego. Opracowano zabezpieczenie skarp wykopu metodą gwoździowania w technice top-down, tzn. od korony skarpy do jej podstawy w pasach o wysokości 1,5 m.

W oparciu o wyniki badań geotechnicznych oraz stwierdzenie występowania w podłożu utworów lessowych, których parametry mechaniczne w znacznym stopniu zależą od stanu ich zawilgocenia, w obliczeniach statycznych przyjęto odpowiedni współczynnik bezpieczeństwa przy określaniu parametrów geotechnicznych warstwy nasypów i lessów. Podjęto decyzję o zastosowaniu jednego typu żerdzi wiertniczej z powiększoną koronką wiertniczą.

Podczas robót nie występowały opady, a odkryte lessy nie zmieniały swych właściwości. W tych warunkach, po odkrywaniu poszczególnych pasów 15-metrowej wysokości, następowało bezpośrednie gwoździowanie skarpy. Przyjęto układ gwoździ o siatce co 2,0 m.

W tak dobranej technologii prowadzono jednofazowe wiercenie z uwagi na zastosowanie kanału iniekcyjnego wewnątrz żerdzi oraz systemową końcówkę wiertniczą wyposażoną w podwójną dyszę, przez którą podawano iniekt cementowy o gęstości  $1,2 \div 1,4 \text{ kg/dm}^3$  i ciśnieniu  $0,6 \div 2,0 \text{ MPa}$ . Po odczekaniu ok. trzech godzin, w celu poprawy połączenia nowej struktury z gruntem, prowadzono iniekcję cementową (insekt o gęstości  $1,75 \text{ kg/dm}^3$  i ciśnieniu  $8,0 \text{ MPa}$ ).

Dodatkowe zastosowanie systemowych rozwiązań w postaci elementów centrujących żerdzi dało pewność dokładnego „otulenia” gwoźdźmi zaczynem cementowym.

Z uwagi na modułowe długości żerdzi (2,0 i 3,0 m) zastosowano gwoździe o łącznych długościach 6,0; 8,0 i 10,0 m i zaprojektowanym nachyleniu  $10^\circ$  i  $15^\circ$ . Dzięki systemowym łącznikom zapewniona została pełna nośność danego gwoźdźca.

Dla sprawdzenia założeń projektowych oraz kontroli wykonania, przeprowadzono trzy badania nośności zewnętrznej osadzonych gwoździ poprzez wykonanie prób na wyciąganie. Wszystkie próby potwierdziły wysoką jakość prac oraz przyjęte założenia projektowe.

Po wykonaniu partii gwoździ przystępowano do wykonywania 15-centymetrowej warstwy betonu natryskowego (torkretu) klasy C30/37 (fGc, cube = 37 MPa) zbrojonego dwiema warstwami siatek (o oczkach  $10 \times 10$  i  $15 \times 15$  cm) z prętów żebrowa-

nych średnicy 8 mm ze stali klasy A-IIIN (fyk = 500 MPa, ftk = 550 MPa). Wymagany zakład siatek wyniósł 20,0 cm.

Z uwagi na przyjętą średnicę gwoździ, zastosowanie powtórnej iniekcji, a także wysokiej klasy betonu natryskowego było możliwe przystępowanie do wykonania kolejnych etapów wykopu już następnego dnia.

Pomimo bardzo ograniczonego pola działania (wykop zamknięty trzema płaszczyznami, gdzie odległość dwóch przeciwnych wynosiła jedynie 11,50 m), dzięki zastosowanym technikom oraz reżimowi pracy zakres zabezpieczenia wykopu o głębokości docelowej 7,70 m i kącie nachylenia  $84^\circ$  zakończono w ciągu trzech tygodni. Wykonano 136 gwoździ o łącznej długości 1180 m oraz  $298,5 \text{ m}^2$  ściany torkteowej.

Kolejnym etapem było zabezpieczenie istniejącego żelbetowego muru oporowego od wschodniej strony budowy. W celu wyeliminowania kosztownej rozbiórki, a przede wszystkim ryzyka obsunięcia się blisko stojących budynków pięciokondygnacyjnych, zaproponowano „wykorzystanie” istniejącego muru oporowego i zabezpieczenie go metodą gwoździowania oraz podchwycenia metodą iniekcji wysokociśnieniowej Soilcrete®.





Widok na skarpię

Iniekcja strumieniowa Soilcrete® polega na wykonaniu pod fundamentem budowli zeskalanej bryły cementowo-gruntowej, która przenosi obciążenia na niżej położone i nośne warstwy podłoża. Wydzielone lub połączone ze sobą bryły cementogruntu, o gabarytach dostosowanych do wymagań statycznych, wykonuje się przez wprowadzenie w podłoże rury wiertniczej zakończonej tzw. monitorem. Z dyszy monitora wydostaje się pod bardzo dużym ciśnieniem, ok. od 30 do 40 MPa, strumień wody. Dzięki wysokiej energii strumienia dochodzi do rozluźnienia struktury gruntu. Przez dodatkową dyszę, znajdującą się poniżej dyszy wodnej, jest podawany jednocześnie zaczyn cementowy pod ciśnieniem ok. 1,5 MPa. Przy udziale turbulencji

zaczyn cementowy miesza się z resztkami gruntu i doprowadza do zeskalania gruntu. Kontrolując w precyzyjny sposób ruchy rury wiertniczej (prędkość podciągania i obrót), uzyskuje się pożądaną kształt i zasięg zeskalania.

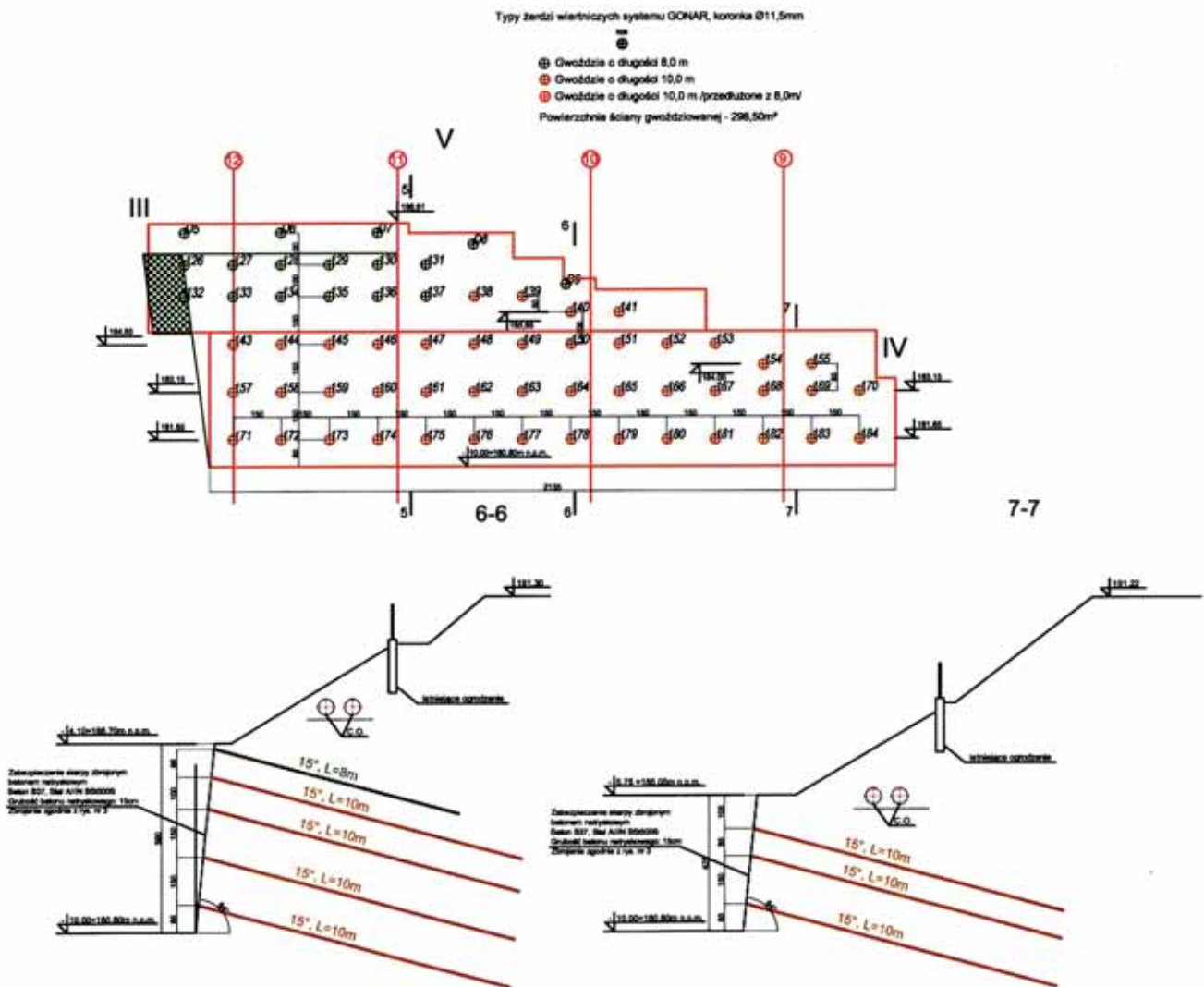
Wykonywanie zeskalanej bryły pod fundamentem odbywa się praktycznie bez wstrząsów. Przy zachowaniu odpowiedniego nadciśnienia hydrostatycznego metoda Soilcrete® zapewnia bardzo dobre podparcie fundamentu, nawet o nierównej powierzchni podstawy (pewność kontaktu). Ogranicza to do minimum osiadania powstające przy przejmowaniu obciążenia przez nowy fundament.

W celu zabezpieczenia fundamentów muru oporowego zaprojektowano i wykonano:

- bryłę podchwytną fundament, tworzoną przez dwie jednocześnie wykonane kolumny o długości od 4,40 do 7,15 m;
- kotwienie istniejącego muru oporowego na dwóch poziomach dostosowanych do poziomu posadowienia muru oporowego (w celu zapewnienia stateczności „nowej” ściany oporowej) oraz kotwienie wykonanego podchwycenia na jednym poziomie;
- kotwy gruntowe o długości 6,0 i 8,0 m, rozstawione co ok. 2,0 m, które ostatecznie zostały „spięte” belką stalową ceową.

Łącznie wykonano 79 kolumn Soilcrete® o długości 473,5 m oraz 45 gwoździ gruntowych.

Opisane zabezpieczenie głębokiego wykopu w trudnych i specyficznych warunkach zostało wykonane terminowo i zgodnie z życzeniami inwestora. Osiągnięte założenia mogą potwierdzić zasadność przyjętych rozwiązań, a tym samym skłonić projektantów do ich stosowania, szczególnie w warunkach zwartej zabudowy.



Przekroje zabezpieczenia ściany