



pieczenia istniejących stóp fundamentowych zaprojektowano niezbrojone pale o średnicy 50 cm, które przeniosły obciążenia poniżej dna wykopu oraz odciążyły palisadę oporową.

Ze względu na złożony charakter zadania prace prowadzone były etapowo. Przystąpienie do kolejnej fazy było możliwe jedynie po wykonaniu prac przewidzianych w ramach poprzedniego etapu. Całość tego procesu przebiegała w następującej kolejności:

1. Lokalizacja i utrwalenie w terenie przebiegu sieci uzbrojenia.

2. Wykonanie palisady kształtowanej z pali iniekcyjnych *jet grouting* o średnicy 50 cm, zbrojonych rurą grubościenną lub kształtownikiem stalowym, oraz dodatkowych pali niezbrojonych pod istniejącymi stopami fundamentowymi.

3. Po odczekaniu minimum siedmiu dni od formowania pali wykonanie wstępnego wykopu dla wiercenia kotew gruntowych.

4. Wykonanie kotew gruntowych i zwieńczenie ich belką oczepową.

5. Po odczekaniu minimum siedmiu dni od wykonania oczepu zwieńczającego kotwy gruntowe przystąpienie do wykonywania docelowego wykopu.

Ze względu na założony termin ukończenia oraz miejsce (w sąsiedztwie istniejących budynków) wykonywanych prac zaprojektowano system samowiercących iniekcyjnych kotew gruntowych (np. Titan Ischebeck), charakteryzujących się szybkim i prostym montażem z jednoczesnym prowadzeniem wiercenia i iniekcji, bez konieczności stosowania rur osłonowych. Dodatkowo bardzo ważną zaletą tej technologii jest zarówno brak wibracji, jak i niski poziom hałasu podczas montażu. Można stwierdzić, że z powodzeniem na szeroką skalę w budownictwie system ten sprawdza się już prawie od 30 lat.

Geometria pali (średnica, długość) i kotew gruntowych dla omawianego zadania została dobrana w odniesieniu do panujących warunków gruntowych na obszarze projektowanej inwestycji, na terenie której w podłożu gruntowym wydzielono pięć warstw geotechnicznych. Górna warstwa podłoża gruntowego, zbudowana z utworów nasypowych powstałych w trakcie wcześniejszych prac budowlanych, zalegała praktycznie na terenie całej inwestycji i miała miąższość od 0,50 m do 1,50 m. Tworzyły ją głównie z piasków, żużla, gruzu betonowego oraz łupka pogórniczego. Lokalnie w warstwie tej stwierdzono również występowanie warstwy mułu o miąższości ok. 30 cm. Poniżej warstwy nasypów zalegały warstwy piasków pylastych i drobnych w stanie średniozagęszczonym (o stopniu zagęszczenia  $ID = 0,37$ ) oraz warstwy pyłów piaszczystych i pyłów w stanie półzwałtym ( $IL = 0,00$ ). Poniżej tych warstw stwierdzono występowanie żółtych pyłów w stanie od plastycznego ( $IL = 0,25$ ) do półzwałtowanego ( $IL = 0,00$ ). Poniżej warstwy pyłów stwierdzono występowanie glin pylastych w stanie twaroplastycznym o  $IL = 0,21$ . Spągu warstwy glin pylastych nie przewiercono.

Dodatkowo na etapie wykonywania wykopów stwierdzono lokalne występowanie gruntów w stanie plastycznym i miękkoplastycznym w poziomie dna wykopu. W celu wymiany gruntu konieczna była dodatkowa analiza stateczności wykonanej palisady w rzeczywistych warunkach gruntowych, uwzględniająca także wykonanie lokalnych przegłębień dna wykopu w sąsiedztwie istniejącej palisady. Pracownia Projektowa Zakładu Inżynierskiego Georem Sp. z o.o. wykonała powyższą analizę i przekazała zamawiającemu wytyczne dla wykonawcy robót ziemnych.

Podsumowując, podczas realizacji zadania dla całego zakresu prac dotyczących wykonania kotwionej palisady oporowej wykonano łącznie 246 pali iniekcyjnych o średnicy 50 cm,



Kotwiona palisada oporowa zwieńczona belką oczepową



Palisada *jet grouting* po wykonaniu docelowego wykopu

długości 5,0–7,0 m, zbrojonych kształtownikiem stalowym lub rurą stalową. Dodatkowo w celu kotwienia palisady wykonano łącznie 39 samowiercących kotew gruntowych o długościach 9,0 i 12,0 m.

Palisady oporowe formowane w technologii iniekcji strumieniowej *jet grouting* to jedna z wielu metod zabezpieczania głębokich wykopów i budynków znajdujących się w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Pod względem ekonomicznym nie należy do najtańszych, ale z całą pewnością jest jedną z najbezpieczniejszych form zabezpieczania głębokich wykopów w miastach, gdzie zawsze w rejonie projektowanej inwestycji występują obiekty budowlane narażone na zbyt intensywne drgania. Zastosowanie w takiej sytuacji technologii generującej nadmierne wibracje podczas prowadzenia robót przyczynia się bezpośrednio do zarysowań, spękań budynków, a nawet do przekroczenia ich stanu granicznego użytkowania. W związku z powyższym można uznać, że w dalszym ciągu iniekcja strumieniowa będzie znajdowała swoje zastosowanie nie tylko dla nowo projektowanych inwestycji, lecz przede wszystkim w celu modernizowania, przebudowywania, a także zabezpieczania zarówno starych, jak i nowych budynków i obiektów inżynierskich.

ZDJĘCIA: ZAKŁAD INŻYNIERYJNY GEOREM SP. Z O.O.