

Kolumny DSM jako palisada zabezpieczająca wykop

Zabezpieczenie wykopu pod budynkiem sali koncertowej Akademii Muzycznej w Poznaniu

Fot. 1. Odkopana palisada z kolumn DSM

Budynek sali koncertowej Akademii Muzycznej im. I. J. Paderewskiego w Poznaniu zaprojektowano jako obiekt pięciokondygnacyjny, z jedną kondygnacją podziemną, usytuowany w bezpośrednim sąsiedztwie budynku dydaktycznego Akademii Muzycznej oraz skrzyżowania bardzo ruchliwych ulic: św. Marcina i alei Niepodległości, naprzeciw placu Mickiewicza.

Posadowienie obiektu przewidziano na płycie fundamentowej grubości 80 cm, która wraz ze ścianami zewnętrznymi i stropami tworzy „skrzynię fundamentową”. Najniższy poziom posadowienia tej płyty znajduje się 6,70 m poniżej poziomu terenu. Projektowany obiekt zlokalizowano w odległości 8 m od istniejącego budynku dydaktycznego Akademii Muzycznej oraz w „ostrej” granicy działki od strony południowej.

W projekcie budowlanym przewidziano obudowę wykopu budowlanego w formie wspornikowej ścianki szczelnej z profili G-62, o głębokości 12 m p.p.t. Projektanci ścianki szczelnej uznali jednak, że przy projektowanej głębokości wykopu nie może ona pracować jako wspornik i musi być podparta. Na etapie projektu budowlanego przewidziano więc jej zakotwienie za pomocą tymczasowych kotwi iniekcyjnych.

Ze względu na wysokie koszty podparcia ścianki od wewnątrz wykopu oraz brak zgody właściciela sąsiedniej działki na tego rodzaju prace poszukiwano innej metody zabezpieczenia ścian wykopu budowlanego, stawiając następujące wymagania:

- wyeliminowanie konieczności kotwienia,
- wyeliminowanie ryzyka braku możliwości wprowadzenia ścianek szczelnych w warstwę półzwałej gliny piaszczystej,
- koszt rozwiązania mniejszy lub co najwyżej równy kosztowi zaprojektowanej ścianki szczelnej,
- rozwiązanie zabezpieczające wykop przed napływem wody gruntowej, wymagające co najwyżej powierzchniowego odwodnienia dna wykopu.



Fot. 2. Palisada przygotowana do wykonania oczepu żelbetowego



Fot. 3. Gotowa palisada z kolumn DSM

Zespół firmy Keller Polska, wspólnie z geotechnikami z poznańskiej firmy GT Projekt, opracował koncepcję wykonania obudowy wykopu w postaci palisady ze zbrojonych kolumn DSM (Deep Soil Mixing).

Ze względu na projektowanie kondygnacji podziemnej pod całym rzutem budynku sali koncertowej, poniżej zwierciadła wody gruntowej, w nowym rozwiązaniu przewidziano wykonanie palisady z kolumn DSM wokół całej projektowanej części podziemnej obiektu. Zaprojektowano ją z kolumn DSM średnicy 70 cm, rozstawionych osiowo co 55 cm, co drugą kolumnę zazbrojono kształtownikiem stalowym IPE 300 (fot. 2). Rozstaw taki został zaprojektowany w celu uzyskania możliwie dużej szczelności palisady, co wynikało z wysokiego poziomu wody gruntowej (około 3 m powyżej dna wykopu budowlanego). Głębokość wykonania kolumn DSM była dostosowana do przebiegu warstw geologicznych; poszczególne kolumny zostały zagłębione około 1 m w grunty nieprzepuszczalne, które stanowiły głównie gliny piaszczyste. Taka palisada stanowi pionową obudowę wykopu budowlanego oraz zabezpieczenie przed napływem wody gruntowej (fot. 1).

Układ kolumn w planie jest zgodny z geometrią rzutu obiektu, opartą na dwóch współśrodkowych łukach o promieniach około 18 i 23 m. Rozwiązanie takie eliminuje konieczność prowadzenia odwodnienia, co zabezpiecza sąsiednie budynki przed wynikającymi z tego osiadaniem i jednocześnie ogranicza powierzchnię wykopu.

Głębokości kolumn zaprojektowano, przyjmując ich schemat w postaci palisady utwierdzonej w gruncie, podpartej w poziomie górnej krawędzi.

Palisadę wykonano ze wstępnego wykopu do poziomu 75,50 m n.p.m. (rys. 2 – przekrój). Stopę kolumn osadzono w glinach półzwartych na poziomie:

- a) 67,80 m n.p.m. w przypadku kolumn DSM zbrojonych (7,70 m poniżej poziomu platformy roboczej; por. fot. 1),
- b) 68,20 m n.p.m. w przypadku kolumn DSM bez zbrojenia (7,30 m poniżej poziomu platformy roboczej).

Jako podparcie palisady zaprojektowano oczep (wieńiec) żelbetowy o przekroju 80 × 80 cm, wykonany z betonu klasy B37 (obecnie klasy C30/37), zbrojony prętami ze stali BSt500. Kształt wieńca przyjęto zgodnie z kształtem rzutu obiektu, odpowiadającym dwóm współśrodkowym okręgom, z trójkątnymi węzłami w miejscach zmiany promienia okręgów. Węzły te przenoszą siły pomiędzy dwoma półokręgami oczepu różnej średnicy. Przyjęto,

że przeciwprostokątna węzłów zostanie usunięta po wykonaniu konstrukcji części podziemnej obiektu (rys. 1 – rzut).

W oczepie zabetonowano wystające zbrojenie kolumn palisady DSM w postaci kształtowników stalowych IPE 300. Zbrojenie główne oczepu stanowią 4 pręty ϕ 25 mm od strony wykopu i naziomu. W miejscach występowania dużych sił wewnętrznych (momentów zginających oraz sił poprzecznych) zaprojektowano zbrojenie dodatkowe z 3 prętów ϕ 32 mm. Jako zbrojenie rozdzielcze przyjęto pręty ϕ 12 mm. Zbrojenie na ścinanie stanowią strzemiona czteroramienne z prętów ϕ 12 mm.

Podczas projektowania wykorzystano korzystny kształt rzutu obiektu. Oczep zaprojektowano jako obciążony siłą przekazywaną przez kształtowniki osadzone w palisadzie. Statycznie praca oczepu jest podobna do pracy klasycznego sklepienia romańskiego. Obciążony jest on siłą prostopadłą do stycznej okręgu, jaki stanowi oczep (fot. 3).

Rozwiązanie takie umożliwiło:

- rezygnację z kotwienia na rzecz wykonania wieńca w układzie „sklepieniowym”,
- zmniejszenie kosztów tymczasowego zabezpieczenia ściany wykopu budowlanego,
- zapewnienie ograniczenia napływu wody gruntowej do wykopu, a więc spełnienie wymagań postawionych przez zamawiającego.

Projekt wykonawczy został opracowany w pracowni projektowej Przedsiębiorstwa Projektowo-Consultingowego „GT Projekt” w Poznaniu.

Realizację palisady rozpoczęto 5 kwietnia 2005 roku. Wykonano 248 kolumn DSM, w tym 124 zbrojone dwuteownikami IPE 300. Podczas realizacji kolumn stwierdzono występowanie w podłożu istotnych przeszkód w pracach wierniczych, w postaci jednej, a lokalnie nawet dwóch warstw kamieni występujących na poziomie 5,5 i 7,0 m poniżej poziomu platformy roboczej. W trakcie robót ziemnych stwierdzono, że kamienie te miały średnicę 30 - 50 cm. Innym istotnym czynnikiem wpływającym na tempo robót była konieczność bardzo dokładnego wymieszania gruntu z zaczynem cementowym, tak aby umożliwić precyzyjne wprowadzenie dwuteowników w kolumny DSM pomimo występujących w podłożu przeszkód. Do realizacji kolumn DSM wykorzystano cementy CEM III A 32,5 i CEM II B-S 32,5.

Po zakończeniu realizacji palisady kolumn DSM przystąpiono do wykonywania oczepu (wieńca).

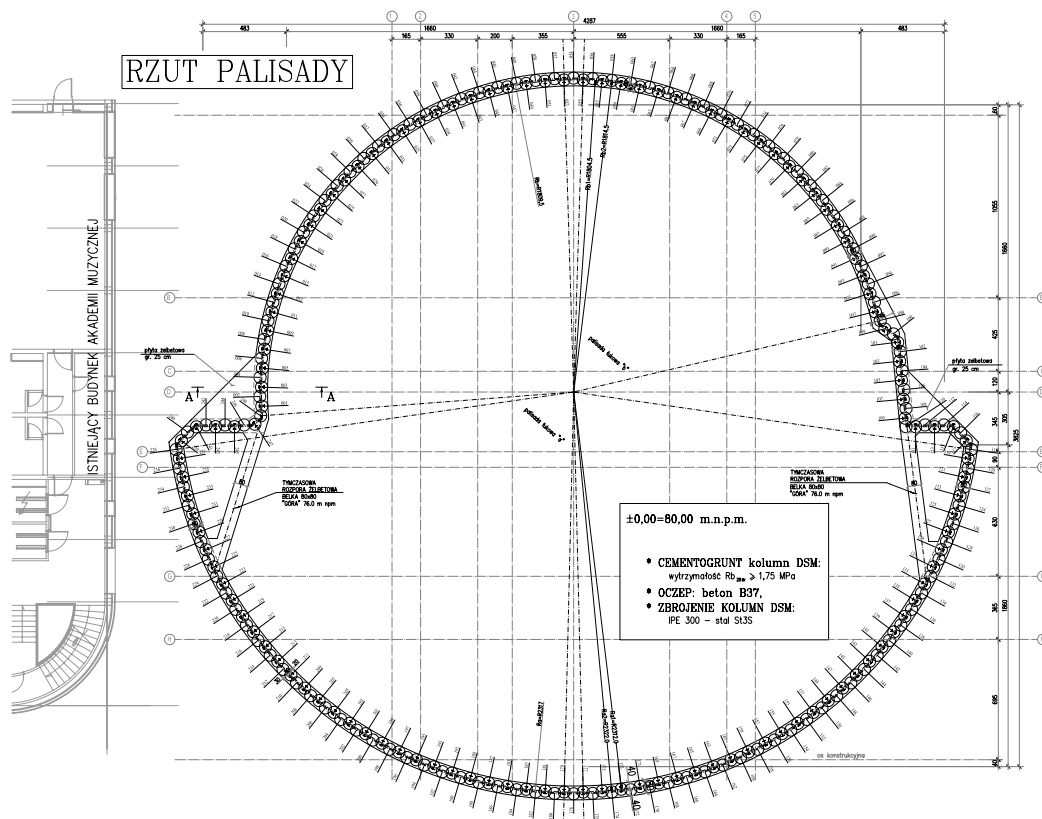


Keller Polska Sp. z o.o. jest przedsiębiorstwem należącym do grupy przedsiębiorstw Keller Group plc w Londynie. Naszym wyzwaniem jest rozwiązywanie kompleksowych zadań z zakresu geotechniki, stosując własne rozwiązania projektowe oraz różnorodne technologie, od wibroflotacji i wibrowymiany, poprzez infekcje klasyczne, strumieniowe i rozpychające, kolumny cementowo-wapienne i betonowe, do mikropali i pali wierconych oraz gwoździowania gruntu włącznie.

Z naszej centrali oraz biur w Gdyni, Krakowie, Poznaniu i Wrocławiu realizujemy zlecenia na terenie całego kraju. Biuro Keller Ukraina Sp. z o.o. realizuje zlecenia na terenie krajów byłego ZSSR.

Keller Polska Sp. z o.o.
ul. Poznańska 172
05-850 Ożarów Mazowiecki
Tel. : 022 733 82 70
Fax.: 022 733 82 80
keller-polska@keller.com.pl

www.keller.com.pl



Rys. 1. Rzut palisady

Dwa tygodnie po wykonaniu wieńca rozpoczęto wykonywanie wykopu budowlanego. Realizowano go w dwóch etapach: pierwszym – do poziomu około 50 cm ponad projektowany poziom spodu chudego betonu i drugim – do poziomu projektowanego dna wykopu. Po osiągnięciu dna wykopu tego samego dnia układano warstwę chudego betonu, zabezpieczając podłoże (dno wykopu budowlanego) przed wpływem warunków atmosferycznych.

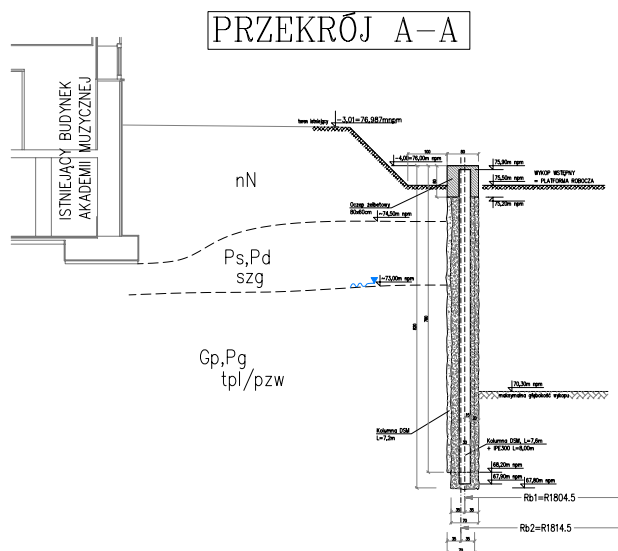
W celu weryfikacji założeń projektowych wykonano pomiary odkształceń oczepu żelbetowego zwińczęjącego palisadę. Maksymalne odkształcenia po osiągnięciu dna wykopu fundamentowego wyniosły 15 mm w kierunku środka wykopu, wobec przewidzianych w projekcie 23 mm.

Wykonana palisada spełniła zadanie jako tymczasowa obudowa głębokiego wykopu fundamentowego realizowanego w centrum miasta. Rozwiązanie techniczne pozwoliło na wykorzystanie kołowej geometrii obiektu do umożliwienia podparcia palisady oczepem zwińczęjącym, bez konieczności stosowania kotwi. Szczelność palisady okazała się zadowalającą.

Wykonanie palisady: Keller Polska Sp. z o.o. Kierownik budów: mgr inż. Piotr Nowacki.

Projekt: GT Projekt, mgr inż. Paweł Łęcki; rysunki: Paweł Dojcz z GT Projekt.

Technologia DSM, czyli wgłębne mieszanie gruntu systemem Kellera (DSM – Deep Soil Mixing), polega na wprowadzeniu w podłoże specjalnego mieszadła, składającego się z żerdzi wiertniczej, belek poprzecznych i końcówki spiralnego świdra. Wiercenie odbywa się bez wstrząsów i wibracji. Jest wspomagane wpływem zaczynu cementowego z tzw. monitora, znajdującego się na końcu żerdzi wiertniczej. Po osiągnięciu głębokości założonej w projekcie następuje faza formowania kolumn DSM, których średnica wynosi najczęściej od 60 do 100 cm. W tym czasie obracane i podciągane do góry mieszadło za-



Rys. 2. Przekrój palisady

pewnia równomierne wymieszanie zaczynu z gruntem. Skład i ilość pompowanego zaczynu dostosowuje się do wymaganych właściwości cementogruntu, biorąc pod uwagę zakładane funkcje wytrzymałościowe i/lub uszczelniające. Podwyższoną szczelność osiąga się przez dodanie do zaczynu np. bentonitu. Technologia DSM jest „przyjazna” w odniesieniu do środowiska ze względu na stosowanie nieszkodliwych materiałów oraz wyróżnia się bardzo małymi ilościami urobku (w odróżnieniu np. od pali wierconych CFA lub iniekcji wysokociśnieniowej – jet grouting).

autor
mgr inż. Piotr Nowacki
Keller Polska Sp. z o.o.
mgr inż. Paweł Łęcki
GT Projekt Poznań