

Zabezpieczenie wykopu przy budowie Filharmonii w Szczecinie

Dr inż. Tomasz Kozłowski

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Architektury

Od zakończenia II wojny światowej mieszkańcy Szczecina czekali na nowy budynek filharmonii. Dawny, przedwojenny budynek Konzerthausu, w którym odbywały się filharmoniczne koncerty, na skutek poważnych uszkodzeń doznanych podczas działań wojennych, został rozebrany w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku. Od 1948 roku Filharmonia im. Mieczysława Karłowicza funkcjonuje w reprezentacyjnej Sali Urzędu Miejskiego w Szczecinie. W 2006 roku Gmina Miasto Szczecin, wychodząc naprzeciw oczekiwaniom mieszkańców, ogłosiła kon-

kurs architektoniczny na projekt koncepcyjny nowego budynku Filharmonii. W czerwcu 2007 roku jury konkursu przyznało I nagrodę dla zespołu Estudio Barozzi Veiga z Barcelony i na podstawie przygotowanej przez zwycięzcę konkursu architektonicznego wielobranżowej dokumentacji budowlano-wykonawczej Gmina Miasto Szczecin w 2010 roku ogłosiła przetarg na wykonawcę nowej siedziby Filharmonii. W 2011 roku wyłoniono wykonawcę inwestycji, który w dniu 14 marca 2011r. przejął plac budowy przy ul. Małopolskiej w Szczecinie.



Rys. 1. Widok zewnętrznej bryły projektowanej Filharmonii Szczecińskiej [4]



Rys. 2. Widok pracującego chwytaka do wykonywania ścian szczelinowych wraz z elementami rozdzielczymi przy budowie Filharmonii Szczecińskiej

Nowa Filharmonia zaprojektowana została jako pięciokondygnacyjny budynek wraz z dwiema kondygnacjami podziemnych parkingów. Jego zwieńczenie stanowić będzie kilkanaście szpiczastych dachów. Charakterystyczna strzelista forma obiektu podkreślana będzie pełnym oświetleniem fasad i połączy dachowych. W budynku Filharmonii zaprojektowano dwie sale koncertowe: dużą z miejscami dla 953 osób i małą dla 192 osób. Kondygnacje podziemne przeznaczono zasadniczo na pomieszczenia techniczne oraz parking na 157 miejsc. Kubatura budynku wynosi 98 200 m³, a powierzchnia zabudowy – 3234 m². Budowa nowego gmachu Filharmonii powinna zostać zakończona do połowy 2013 roku. Inwestycja ta współfinansowana jest przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Zachodniopomorskiego na lata 2007-2013 oraz budżetu państwa.

OBUDOWY GŁĘBOKICH WYKOPÓW

Ze względu na szerokość wykopy dzieli się na szerokoprzestrzenne i wąskoprzestrzenne. Do wykopów fundamentowych wąskoprzestrzennych zaliczane są wykopy, których szerokość jest większa od ich głębokości. W praktyce wykopy fundamentowe o szerokości ponad 5 metrów zalicza się do wykopów szerokoprzestrzennych. Pod względem głębokości wykopy dzieli się również na płytkie (do głębokości 1 m), średniogłębokie i głębokie (o głębokości większej od 3 metrów) [2].

Ze względu na sposób zabezpieczenia otwarte wykopy dzielimy na wykopy nieobudowane (wykopy nieobudowane ze skarpami, wykopy o ścianach pionowych bez obudowy) oraz wykopy obudowane. Główne rodzaje obudów wykopów to: ścianka szczelinowa, obudowa berlińska, ścianka z grodzic stalowych, palisada z pali (np. CFA) lub mikropali, ściany z kolumn wykonanych metodą iniekcji strumieniowej, technologie mieszane (np. ściana szczelinowa i obudowa berlińska) [1]. Stateczność obudowy głębokich wykopów wykonanych jedną z powyższych technologii zapewniają rozpory, kotwy gruntowe, stropy kondygnacji podziemnych, przypory z gruntu rodzimego wewnątrz wykopu lub ukośne zastrzały. Wybierając rodzaj obudowy wy-

kopu i technologię jej wykonania, należy uwzględnić warunki geotechniczne i hydrogeologiczne oraz głębokość wykopu i otaczającą zabudowę (budynki i infrastrukturę). Rodzaj obudowy, przyjęty sposób zapewnienia stateczności obudowy oraz przyjęta technologia wykonywania mają wpływ na przemieszczenia obudowy oraz otaczającego gruntu wraz z obiektami.

Wykopy pod budynki należą do wykopów szerokoprzestrzennych – bywa, że ich szerokość przekracza kilkadziesiąt metrów. W wykopach o dużych wymiarach najdogodniejszym sposobem podparcia obudowy są kotwy gruntowe. Wnętrze wykopu jest wówczas wolne od elementów rozpięających i podpierających obudowę. Ułatwia to znacznie prowadzenie wewnątrz wykopu robót ziemnych, zbrojarskich i betonowania konstrukcji. Wadą kotew jest ich długość, powodująca wychodzenie poza granice działki budowlanej. Zastosowanie kotew gruntowych do podparcia obudowy wymaga zatem uzyskania zgody sąsiednich właścicieli. Mankamentem kotwienia jest również możliwość kolizji z podziemnymi sieciami, których obecność może uniemożliwić drążenie otworów. Dlatego też, projektując kotwienie budowli należy dokładnie zapoznać się z infrastrukturą podziemną terenu i dostosować do niej lokalizację kotew. W przypadku braku możliwości wykonania kotew gruntowych w wykopach głębokich obudowę wykopu rozpięra się rozporami stalowymi – najczęściej z dwuteowników (od 300 mm do 500 mm) lub rur o średnicy od 500 mm do 800 mm [1]. W przypadku większych rozpiętości wykopów zachodzi konieczność budowy podpór pośrednich, podpierających rozpory.

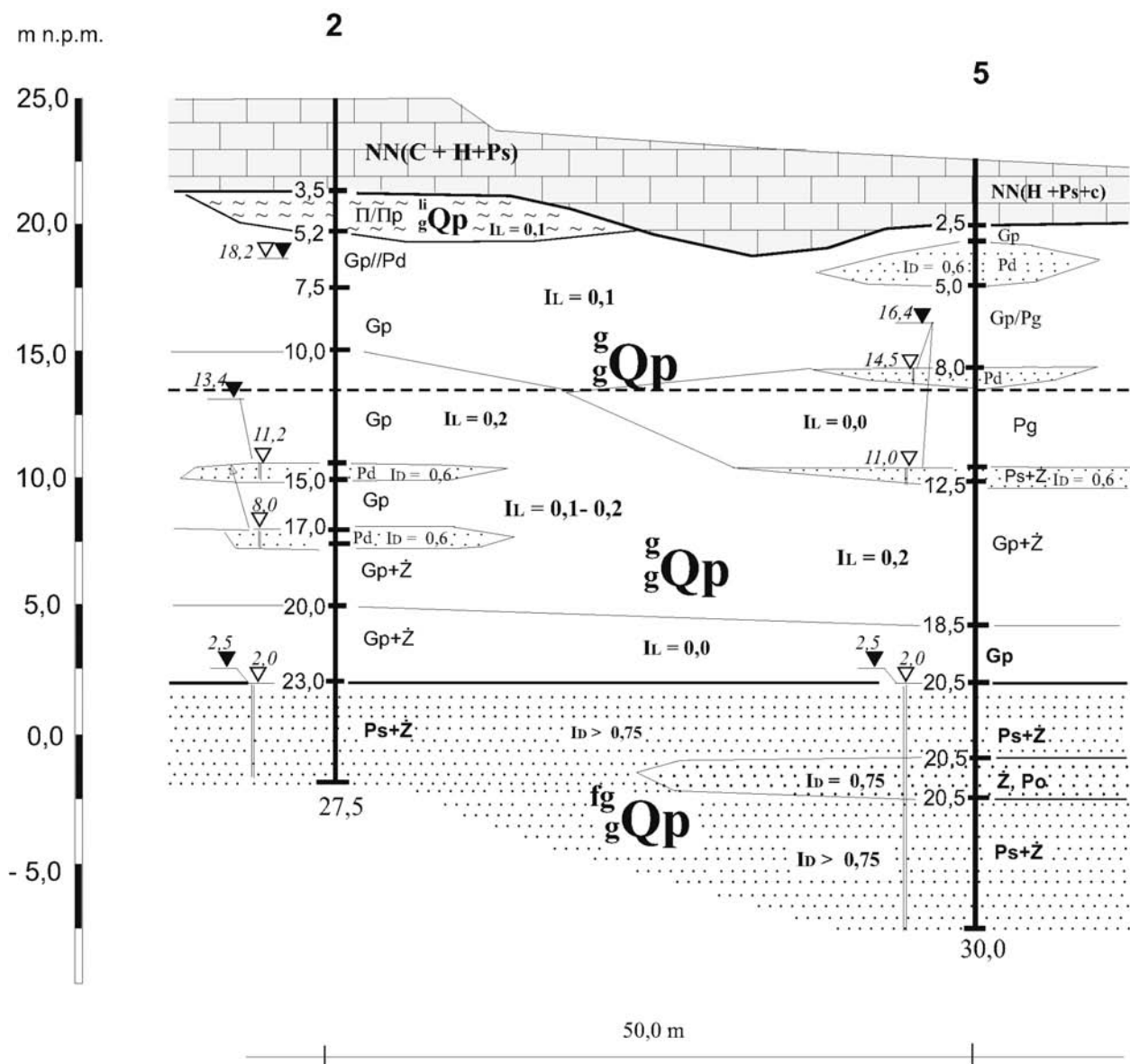
ZABEZPIECZENIE WYKOPU PRZY BUDOWIE FILHARMONII W SZCZECINIE

Zaprojektowany budynek Filharmonii Szczecińskiej, z wielopoziomową konstrukcją części nadziemnej o wysokości 25 m i dwukondygnacyjną podziemną, posadowiono na płycie fundamentowej o grubości 80 cm, na głębokości 9,36 m poniżej przyjętego poziomu „0” (poziom parteru). Zewnętrzne ściany fundamentowe zaprojektowano jako żelbetowe ściany szczelinowe o grubości 60 cm, które będą stanowić stałą część konstrukcji podziemnej projektowanego budynku.



Rys. 3. Pracująca wiertnica do drążenia otworów pod kotwy gruntowe

W podłożu projektowanego budynku występują złożone warunki gruntowe (rys. 4). Na powierzchni terenu zasadniczo występują nasypy niekontrolowane gruzowo-mineralne, o zmiennej miąższości od 1,5 do 5 m. Poniżej występują czwartorzędowe plejstoceny osady o genezie zastoiskowej, zwałowej i wodnolodowcowej. Najstarszymi osadami są zagęszczone wodnolodowcowe piaski średnie, żwiry i pospółki, zalegające od głębokości 19,5 m poniżej powierzchni terenu. Dominującymi w podłożu są osady zwałowe (o miąższości od około 17 m do 20 m), zalegające na stopie osadów o genezie wodnolodowcowej. Są to przeważnie gliny piaszczyste, gliny piaszczyste związane, piaski gliniaste z domieszkami żwiru i przewarstwieniami piaszczystymi. Grunty spoiste w utworach zwałowych występują w stanie twardoplastycznym i plastycznym. W obrębie tej warstwy występują na zmiennych głębokościach soczewki piasków i żwirów śródglinowych w stanie średniozagęszczonym. Utwory zastoiskowe zalegają tylko lokalnie pod nasypami i reprezentują



Rys. 4. Schematyczny przekrój geotechniczny wzdłuż budynku sąsiadującego z budową Filharmonii Szczecińskiej

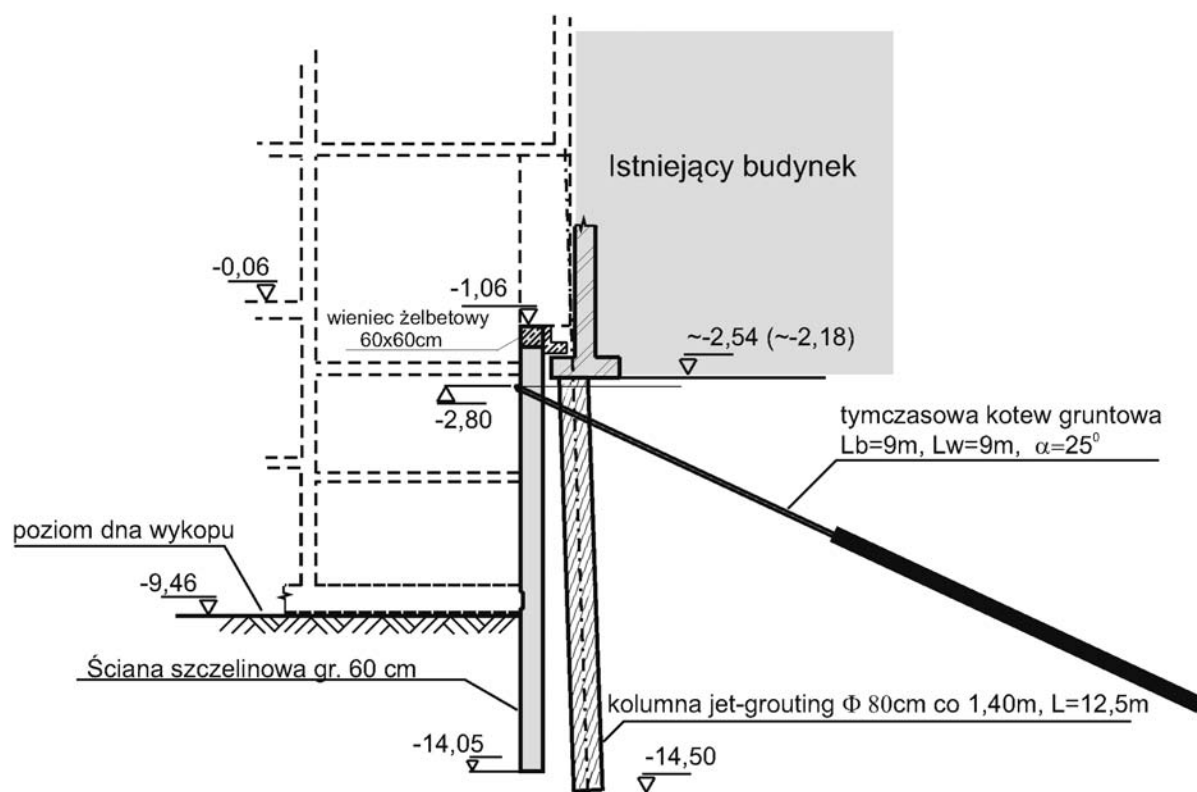
owane są przez pyły piaszczyste, pyły i gliny pylaste w stanie twardoplastycznym. Zasadniczy poziom wodonośny znajduje się w piaskach, pospółkach i żwirach wodolodowcowych, których strop znajduje się na głębokości od 20,3 do 22,8 m (rzędne 0,16-2,96 m n.p.m.). Grunty te prowadzą wodę o zwierciadle lekko napiętym w kierunku rzeki Odry. W glinach zwałowych woda występuje w obrębie soczewek piaszczystych, tworząc przeważnie napięte zwierciadło. W warstwie glin zwałowych można wyróżnić dwa poziomy występowania wód gruntowych: górny, którego zwierciadło stabilizuje się od około 17,5 do 19 m n.p.m. i dolny o rzędnej stabilizacji 14 m n.p.m.

W celu wybudowania dwóch kondygnacji podziemnych i posadowienia budynku Filharmonii na płycie fundamentowej należało przyjąć sposób zabezpieczenia wykopu o wymiarach 68x53 m i głębokości 9,51 m. Przy projektowaniu należało również wziąć pod uwagę wpływ wykopu na sąsiadujące budynki oraz infrastrukturę zewnętrzną (rys. 5).

W tym celu wykop fundamentowy postanowiono zabezpieczyć za pomocą ścian szczelinowych, stanowiących docelową obudowę części podziemnej projektowanego obiektu. Zastosowanie ścian szczelinowych pozwoliło również odciąć dopływ do wykopu wód gruntowych, znajdujących się w soczewkach glin zwałowych. Zastosowano ściany szczelinowe złożone z 98 sekcji o łącznej długości 245 m, grubości 0,60 m i wysokości od 11,5 do 12,95 m. Ściany wykonano z betonu C30/37 W6. Na etapie realizacji budowy wykonawca, po uzyskaniu zgody sąsiednich właścicieli terenu, zaproponował jednokrotne podparcie obudowy wykopu za pomocą 93 tymczasowych kotew gruntu-

towych. Całkowita długość pojedynczej kotwy wynosiła 17 m, przy długości buławy 9 m i nachyleniu $20 \div 25^\circ$. Nośność kotwy wynosiła od 480 kN do 620 kN. W sześciu narożnikach wewnątrz wykopu obudowę podparto rozporami z kształtowników HEB 400 i z rur stalowych $\phi 500/12,5$ mm. Przed przystąpieniem do wykonywania ścian szczelinowych wzmocniono podłoże gruntowe pod ścianami istniejących budynków Komendy Wojewódzkiej Policji w Szczecinie, bezpośrednio przylegających do budynku Filharmonii. W tym celu wykonano w technologii jet-grouting 53 kolumny z odchyleniem od pionu o kąt około 3° , w rozstawie co 1,4 m i średnicy 0,80 m oraz długości 12 m lub 12,5 m. Kolumny iniekcyjne wykonywano naprzemiennie tak, aby odstęp między kolejnymi odwiertami był nie mniejszy niż 7,0 m. Maksymalnie w ciągu dnia wykonywano 7 kolumn. Kolumny cementowe wykonywano wiertnicą Casagrande C-6 na podwoziu gąsienicowym, przystosowaną do wykonywania kolumn iniekcyjnych. W pierwszym etapie wykonywania kolumn iniekcyjnych wwiercano żerdź na projektowaną głębokość w otoczeniu płuczki cementowej, a następnie tworzone kolumnę poprzez powolne wyciąganie żerdzi i podawanie zaczynu. Zaczyn cementowy (wykonany z cementu portlandzkiego CEM II 32 R) przeznaczony do iniekcji był podawany przewodem ciśnieniowym łączącym wiertnicę z pompą do podawania zaczynu pod ciśnieniem 350 barów. Tłoczenie zaczynu odbywało się przez dysze iniekcyjne umieszczone na końcu żerdzi.

Po wykonaniu wszystkich sekcji ścian szczelinowych wykonano wieniec żelbetowy wokół ścian. Następnie, w celu wykonania tymczasowych stalowych rozpor i kotew gruntowych, wy-



Rys. 5. Schemat wzmocnienia podłoża gruntowego pod istniejącym budynkiem kolumnami jet-grouting wraz z ścianą szczelinową z tymczasowym kotwieniem

konano wykop do poziomu kotwienia. Wiercenie otworów dla kotew wykonywano wiertnicą gąsienicową Klemm KR 806-5D, w rurach osłonowych o średnicy zewnętrznej ϕ 133 mm przy udziale żerdzi ślimakowych ϕ 105 mm. Każdy otwór po wywierceniu wypełniano zaczynem cementowym (włewką), do



Rys. 6. Widok na obudowę wykopu z ścianek szczelinowych kotwionych wraz z rozporami w narożnikach



Rys 7. Widok pracującej wiertnicy przy wzmocnieniu podłoża gruntowego w technologii kolumn jet-grouting pod fundamentem budynku sąsiadującego z budową Filharmonii Szczecińskiej

którego następnie wprowadzono przygotowaną w wytwórni kotwę. Kolejnym etapem wykonywania kotwy, było formowanie buławy poprzez iniekcję, a po minimum 7 dniach następowało – sprężanie, założenie głowicy i blokowanie kotwy przy naciągu 80% siły projektowej. Podczas sprężania na wszystkich kotwach przeprowadzane były badania odbiorcze zgodnie z PN-EN 1537, a na trzech wskazanych kotwach przeprowadzono badanie przydatności. Po wykonaniu rozpór i kotew gruntowych, wykonano wykop do poziomu projektowanego dna. Dopiero wówczas można było przystąpić do prac związanych z wykonywaniem warstw podkładowych i izolacyjnych oraz betonowania płyty fundamentowej o grubości 80 cm. W dniu 15 kwietnia 2011 r. rozpoczęto roboty budowlane przy budowie pierwszej kolumny wzmacniającej pod budynek Komendy Wojewódzkiej Policji, a do dnia 19 października 2011 r. wykonawca budowy Filharmonii szczecińskiej wybudował wszystkie ścianki szczelinowe, kotwy i rozpory oraz zakończył roboty przy budowie płyty fundamentowej (poziom -2). Do końca 2011 roku wybudowano wszystkie kondygnacje podziemne wraz z konstrukcjami wewnętrznymi do poziomu stropu „0”. Pozwoliło to po osiągnięciu odpowiedniej wytrzymałości przez beton na zwolnienie tymczasowych kotew gruntowych, co nastąpiło w styczniu 2012 roku. Na podstawie wyników przeprowadzanego stałego geodezyjnego monitoringu podczas wykonywania wykopu, stwierdzono, że nie doszło do żadnych przemieszczeń budynków graniczących z wykopem fundamentowym. Charakterystyczne etapy wykonawstwa przedstawiono na rys. 6 i 7.

WNIOSKI

Rozwój technologii zabezpieczania wykopów umożliwia bezpieczne budowanie kondygnacji podziemnych, ograniczając do minimum lub nie dopuszczając do niekorzystnego oddziaływania wykopu na sąsiednie obiekty budowlane.

Do budowy obudowy wykopu projektant wraz z wykonawcą opisywanej inwestycji, prawidłowo przyjęli rozwiązanie projektowe, jak i technologie prowadzenia robót fundamentowych. Potwierdzono to brakiem przemieszczeń budynku sąsiedniego, istniejącego w bezpośrednim sąsiedztwie wykopu.

Przy projektowaniu, budowaniu i doborze optymalnej technologii zabezpieczenia wykopów szczególny nacisk należy położyć na badania geotechniczne i inwentaryzację urządzeń podziemnych.

LITERATURA

1. Siemińska-Lewandowska A.: Głębokie wykopy, projektowanie i wykonawstwo. WKŁ, Warszawa 2010
2. Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej, Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych, Część A Roboty ziemne i konstrukcyjne, zeszyt 1. Nr 427/2007, Warszawa 2007
3. PN-EN 1537 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych - Kotwy Gruntowe
4. Dokumentacja budowlana budynku Nowej Filharmonii przy ulicy Małopolskiej w Szczecinie, Architekt Prowadzący Estudio Barozzi Veiga S.L.