

Karolina Gorska

Geotechniczne uwarunkowania realizacji inwestycji we Wrocławiu

Geotechnical conditions of the construction implementation in Wrocław

Streszczenie: W pracy przedstawiono geotechniczne uwarunkowania realizacji inwestycji związanych z koniecznością zabezpieczenia głębokich wykopów bądź też wzmocnienia gruntu w rejonie placu Grunwaldzkiego we Wrocławiu. Nieregularne występowanie warstw namulów i bardzo luźnych gruntów niespoistych, bruk morenowy zalegający na stropie gruntów spoistych oraz wysoki poziom wód gruntowych stanowią istotne utrudnienia dla projektowania i wykonawstwa robót geotechnicznych. Przedstawione inwestycje pokazują zastosowanie szerokiego spektrum technologii oraz odpowiedź nadzoru budowlanego na problemy ujawnione podczas ich realizacji.

Słowa kluczowe: geotechnika, głębokie wykopy, wzmocnianie gruntu

Abstract: The paper focuses on the presentation of geotechnical conditions of the construction implementation in Wrocław, which were connected to protection of the deep excavations, controlling of the water table and water flow, protection of the slope stability or soil improvement at the Grunwaldzki Square in Wrocław. An irregular occurrence of mud stratum silt and very dispersed incohesive soil, moraine paving disposed on a cohesive soil and a high level of the ground water determine designing and construction implementation groundwork. Presented building sites shows the implementation of a wide spectrum of technologies and the answer of a geotechnical supervision for problems which occurred during construction works.

Key words: geotechnics, deep excavations, soil improvement

Wprowadzenie

Ze względu na obecny intensywny rozwój sektora budowlanego i związany z tym szeroko pojęty rozwój samej infrastruktury nadziemnej i podziemnej powstaje coraz więcej budowli użyteczności publicznej oraz komercyjnych. Wrocław przeżywa

bardzo intensywny boom pod względem ilości inwestycji dopiero co zakończonych, kończących się, rozpoczynających się oraz tych będących dopiero w fazie planowania. Na terenie miasta rozmieszczone są szeroko rozumiane place budowy. Jest to konkretne wyzwanie nie tylko dla konstruktorów oraz wykonawców, ale również niemałe dla mieszkańców. Pierwsza i druga grupa muszą mieć świadomość zagrożeń dla prowadzonych robót i otoczenia, jakie stwarzają warunki geotechniczne.

Obecnie tendencję stanowi jak najefektywniejsze wykorzystanie każdego skrawka i tak już nietaniej ziemi. Dlatego też przeznaczane pod zabudowę są tereny, które wymagają szczególnych prac fundamentowych – wzmocnienie. Wzrasta również głębokość realizowanych wykopów. Związane jest to z koniecznością zlokalizowania garaży w części podziemnej (co podyktowane jest warunkami zabudowy – koniecznością zapewnienia odpowiedniej liczby miejsc parkingowych).

Budowa geotechniczna

W rejonie placu Grunwaldzkiego od powierzchni terenu do głębokości ok. 2–5 m występują grunty antropogeniczne. Pod nasypami zalega kompleks czwartorzędowych osadów akumulacji rzecznej. W partiach stropowych są to nieskonsolidowane namuły gliniaste w stanie od twaroplastycznego do miękkoplastycznego. Maksymalna głębokość zalegania namulów wynosi 6,8 m poniżej powierzchni terenu. Pod gruntami spoiistymi występują grunty bardzo przepuszczalne, piaszczysto-żwirowe – piaski średnie ze żwirem oraz żwiry i pospółki. Zagęszczenie gruntów niespoistych rośnie z głębokością i zmienia się od $I_D=0,40$ do $I_D=0,70$. Na głębokości 13–15 m są grunty nieprzepuszczalne – gliny zwałowe w stanie twaroplastycznym i półwartym. Lokalnie strop tej warstwy obniża się na głębokość przekraczającą 20 m. Charakterystyczne jest występowanie na warstwie spoiestej „bruku morenowego”.

Swobodne zwierciadło wody gruntowej występuje na głębokości 1–5 m. Wody gruntowe mają kontakt hydrauliczny z rzeką Odrą i jej kanałami, gdzie aktualny poziom piętrzenia wody jest wyższy o około 1m w stosunku do stanu z okresu przedwojennego.

Na terenie tym bardzo istotną przeszkodą jest obecność pozostałości starej zabudowy w postaci fundamentów i ścian piwnicznych budynków, które uległy zniszczeniu w wyniku działań wojennych. Szczególnie „kłopotliwe” są pale i ruszty drewniane. Występuje również duże nasycenie siecią infrastruktury podziemnej.

Realizowane inwestycje

1. Biblioteka Uniwersytetu Wrocławskiego (2003 r.)

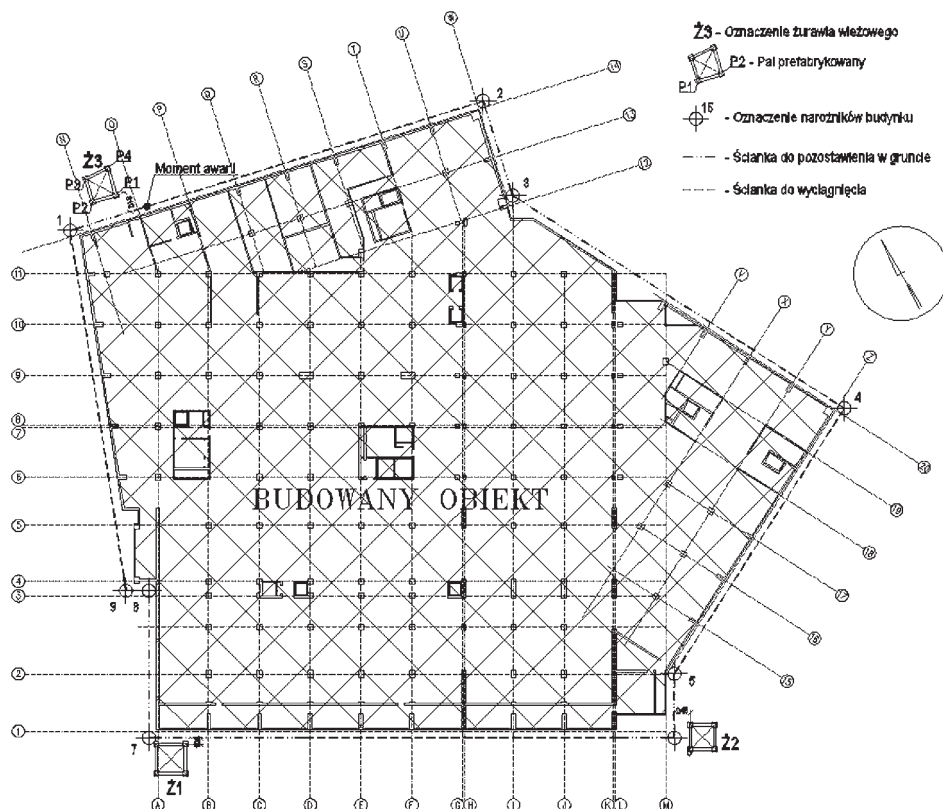
Budynek ten zrealizowano w bliskim sąsiedztwie rzeki Odry oraz wykonanej wcześniej współczesnej zabudowy. Posiada on dwie kondygnacje podziemne. Zabezpieczenie ścian wykopu (o głębokości 8 m) zostało wykonane w postaci ścianki

szczelnej z grodziec stalowych, pograżanych w grunt za pomocą wibratora nierezynansowego. Brusy miały długość od 16 do 17,5 m. Ścianka podparta była jednym rzędem kotew gruntowych o długości od 13 do 16 m i nachyleniu 20–25°.

Przed rozpoczęciem prac związanych z wykonaniem głębokiego wykopu konieczne było przełożenie kolektora kanalizacyjnego. Trasa nowego kolektora przebiega w pobliżu ściany zabezpieczającej wykop w obrębie klina odłamu. W trakcie wwbrowywania grodziec uległy uszkodzeniu studzienki i rozszczelniony został nowy kolektor kanalizacyjny.

Lokalnie stwierdzono również niedostateczne nośności zakotwień. Wynikało to z dużej zmienności zagęszczenia gruntów rodzimych oraz małej dokładności rozpoznania geotechnicznego poza obrysem wykonywanego wykopu. W obrębie tym wykonano dodatkowe zakotwienia.

Na długości około 220 m, licząc po obwodzie wykopu, przewidziano odzysk grodziec po zakończeniu robót. W trakcie prowadzenia tych robót nastąpiła awaria jednego z żurawi. Awaria miała przebieg bardzo szybki, była słyszalna i wystąpiła w postaci trzeszczenia konstrukcji żurawia. Front robót został zatrzymany ok. 4 m od żurawia, który uległ awarii. Przeprowadzono pomiary geodezyjne. Okazało się,



Ryc. 1. Rzut obiektu wraz z lokalizacją żurawi i miejsca awarii

Fig. 1. View of excavation with localisation of crane and place of failure

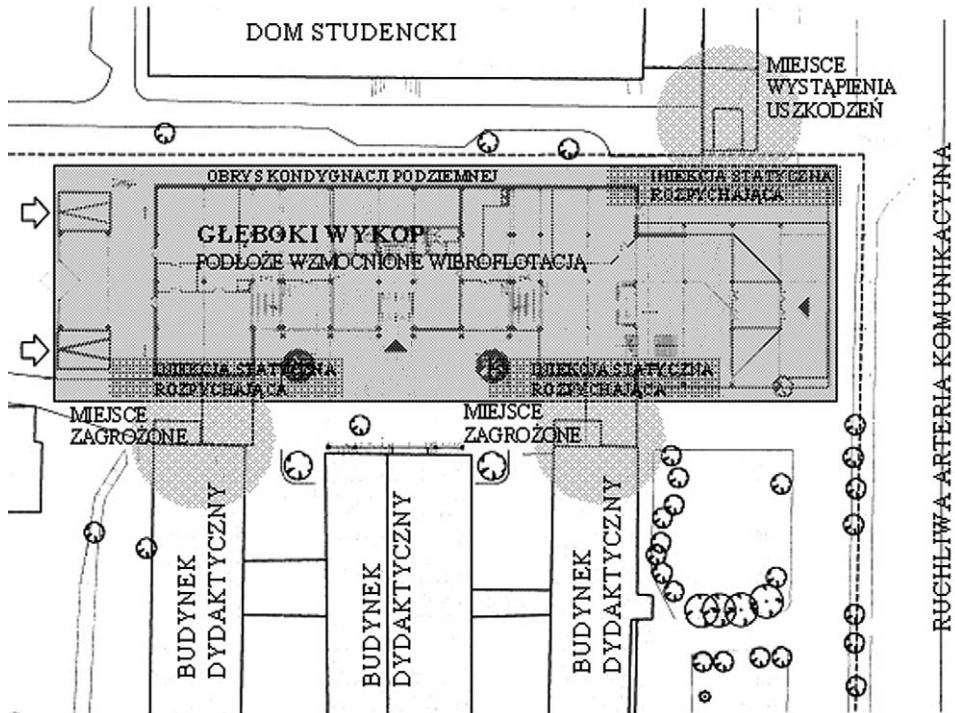
że nastąpiło osiadanie pali, na których był on posadowiony. Pale będące w pierwszej linii od linii ścianki osiadły o 47 mm (pał zlokalizowany najbliżej wyciąganych grodzic) oraz o 11 mm, a pale w drugiej linii odpowiednio o 0 mm i 5 mm (ryc. 1).

Rozpatrzono dwa możliwe wytłumaczenia tego zjawiska:

- wibracje przekazywane na grunt podczas demontażu ścianki spowodowały dołączenie warstw gruntu niespoistego i ich osiadanie,
- mogły one również spowodować chwilowe upłynnienie warstwy gruntu niespoistego (zjawisko wibrolepkości gruntu), co także może prowadzić do zmniejszenia nośności pała i w konsekwencji jego osiadania.

2. Instytut Informatyki Uniwersytetu Wrocławskiego (2003 r.)

Budynek ten znajduje się w bliskim sąsiedztwie Biblioteki Uniwersytetu Wrocławskiego. Został zrealizowany bez kondygnacji podziemnej. Z uwagi na warstwę namulów występujących w podłożu projektanci musieli wybrać sposób wzmocnienia gruntu. Ponieważ pod warstwą namulów zalegał żwir, konieczne było albo dokonanie wymiany gruntu pod projektowaną konstrukcją (co, ze względu na występowanie namulów poniżej zwierciadła wody gruntowej, wymagałoby wygradzenia terenu budowy ściankami szczelnymi), albo wykonanie pali fundamentowych. Ten drugi sposób został przyjęty jako rozwiązanie projektowe. Wykonano pale w technologii CFA o średnicy 60 i 80 cm.



Ryc. 2. Rzut obiektu z pokazaniem miejsca awarii
Fig. 2. View excavation localization of place of failure

3. Budynek Centrum Naukowo-Badawczego Wydziału Elektrycznego PWr. (2003 r.)

Obiekt zlokalizowany w bezpośrednim sąsiedztwie wysokiego budynku mieszkalnego, szkoły i budynków dydaktycznych Politechniki Wrocławskiej. Mając na uwadze konieczność ochrony infrastruktury, głównie przy budynku mieszkalnym, na fragmencie obudowy wykopu wykonano ściankę wciskaną, na pozostałej części wwibrowywaną. Ściankę zaprojektowano jako wspornikową we wstępnie wykonanym wykopie o naturalnym nachyleniu skarp.

Już w początkowej fazie wykonywania obudowy wykopu nastąpiło poważne zagrożenie spowodowane rozszczelnieniem przyłącza gazu do budynku mieszkalnego. Awaria spowodowana została przemieszczeniami skarpy wykopu w wyniku wwibrowywania ścianki na odcinku, gdzie zaprojektowano jej wciskanie.

4. Centrum Naukowo-Dydaktyczne Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (2004 r.)

Centrum Naukowo-Dydaktyczne zostało zlokalizowane w bezpośrednim sąsiedztwie budynku Wydziału Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego oraz akademików Politechniki Wrocławskiej i Uniwersytetu Wrocławskiego. Ze względu na projektowane posadowienie budynku na płycie fundamentowej, zasięg wpływów oddziaływania sięgał znajdujących się na większej głębokości warstw gruntów niespoistych w stanie luźnym. Dlatego też zastosowano wzmocnienie podłoża kolumnami kamiennymi wykonywanymi metodą wibroflotacji, a w bezpośrednim sąsiedztwie budynków iniekcją impregnująco-rozpychającą. Maksymalne wykorzystanie terenu działki wymagało wykonania na jej obwodzie ścianek szczelnych (kottwionych). Prace związane z zapuszczaniem grodzic stalowych wykonywano wibratorem bezrezonansowym, prowadząc jednocześnie ciągły monitoring vibracji przekazywanych na sąsiednie obiekty. Nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych amplitud prędkości i przyspieszeń drgań przenoszonych na otoczenie.

W trakcie prowadzonych robót stwierdzono jednak znaczne (7 cm) osiadanie fragmentu budynku przylegającego bezpośrednio do wykopu. Przyczyną osiadania było zagęszczanie się gruntu poniżej posadowienia tego budynku. Dla zapewnienia bezpieczeństwa i ciągłości eksploatacji zagrożonego obiektu podchwycono jego fundamenty za pomocą mikrofal, a fragment ściany zabezpieczającej wykop wykonano jako palisadę z pali wierconych.

5. Pasaż Grunwaldzki (2006 r.)

Zabezpieczony wykop znajduje się w rejonie, w którym wyburzono fragment miasta podczas budowy lotniska dla Festung Breslau. Zaprojektowany obiekt usługowo-handlowy ma 2 kondygnacje podziemne. Wykop miał głębokość ok. 8,0 m. Obudowę wykopu zaprojektowano w postaci ścianek szczelnych wwibrowywanych. Jedynie na odcinku przy kolektorze ciepłowniczym i przy stacji benzynowej przewidywano pogrążanie grodzic metodą wciskania. Grodzice pogrążono na głębokość ok. 15 m, co pozwala odciąć napływ wody pod ścianką. Na przeważającej części wykopu schemat statyczny ściany zakładał jej jednokrotne kotwienie. Ze względu na brak zgody na wykonanie kotwienia dla fragmentu obudowy wykopu zastosowano rozwiązanie z tymczasową przyporą ziemną i późniejszym podpar-

ciem ściany zastrzałami przekazującymi obciążenia na uprzednio wykonane fragmenty płyty fundamentowej. Mimo zastosowania w rejonie stacji benzynowej wciśnięcia grodzic doszło do czasowego wyłączenia jej z eksploatacji i nastąpiła konieczność remontu pawilonu handlowo-socjalnego. Budynek stacji, który w części niepodpiwniczonej, dobudowanej w okresie powojennym, posadowiony został na luźnych nasypach gruzowych, doznał spękań wymagających naprawy. Wystąpiły straty materialne, nie było zagrożenia dla życia ludzi i skażenia środowiska (czasowo opróżniono zbiorniki z paliwem). Uszkodzenia zostały naprawione, stacja jest nadal eksploatowana.

6. Przejście podziemne (2006 r.)

W ramach przebudowy placu Grunwaldzkiego powstanie rondo, w którego centralnej części zatrzymywac się będą środki komunikacji miejskiej. Ponieważ jest to kluczowe skrzyżowanie na trasie wyjazdowej z Wrocławia w kierunku Warszawy, zdecydowano się na budowę przejścia podziemnego pozwalającego na bezkolizyjne przejście z ulicy Skłodowskiej-Curie oraz sprzed nowo budowanego Pasażu Grunwaldzkiego na przystanki komunikacji miejskiej.

Przejście podziemne jest wykonywane metodą stropową. Obudowę wykopu, jak również konstrukcję nośną tunelu stanowią ściany szczelinowe. Szerokość przejścia wynosi 8 m, a jego długość 54 m. Poziom płyty dennej znajduje się na głębokości 5,4 m p.p.t. Grubość ścian wynosi 60 cm i jest stała w całym obrysie. Głębokość jest zależna od głębokości zalegania warstwy nieprzepuszczalnej. W obrębie klatek schodowych wykonano membranę o grubości 40 cm, a same ściany szczelinowe skrócono.

W rejonie wykonywanego przejścia podziemnego na placu Grunwaldzkim wystąpiła ogromna kumulacja istniejących przewodów infrastruktury podziemnej. Konieczne było więc tymczasowe (na okres wykonywanych prac) oraz trwałe przełożenie niektórych przewodów sieci infrastruktury podziemnej. Ponieważ prace te postępowały z różnym nasileniem, niezbędne było dostosowanie tempa oraz kolejności wykonywania poszczególnych sekcji. Przedłużający się termin wykonania jednego z obojętów zmusił wykonawcę do przerwania robót na miesiąc.

7. Centrum Grunwaldzkie (2007 r.)

W rejonie skrzyżowania ulic Skłodowskiej-Curie, Norwida i osi Grunwaldzkiej powstaje budynek biurowy. Obecnie prowadzone są prace związane z zabezpieczeniem wykopu ścianką szczelną. Specyfika tej inwestycji wynika z konieczności zastosowania kombinowanej technologii zabezpieczenia wykopu. Długość grodzic wynosi 14–18 m. W narożu północnym działki, ze względu na konieczność zapewnienia szczelności obudowy wykopu, wykonano palisadę z kolumn iniekcyjnych w technologii soilcrete (jet-grouting).

Podsumowanie

Wybór technologii prowadzonych robót fundamentowych (posadowienie, zabezpieczenie wykopu) musi być uwarunkowany aspektami technicznymi i ekonomicznymi.

nymi oraz świadomością potencjalnych zagrożeń. Z przedstawionych przykładów widać, że istnieją firmy, które są w stanie takiego zadania się podjąć, zarówno projektowe, jak i wykonawcze. Każdorazowo prowadzenie poważnych projektów geotechnicznych wymaga jednak współdziałania geotechników z doświadczeniem lokalnym, na każdym etapie przygotowania i realizacji inwestycji. Nawet w warunkach geotechnicznych określanych jako trudne istnieje możliwość przeprowadzenia planowanej inwestycji. Jest to dodatkowy atut dla potencjalnego inwestora, który wykląda niemałe pieniądze na zakup i tak już nietanich działek, w szczególności w centrach wielkich miast. Podczas trwania robót fundamentowych, jak również po ich zakończeniu, należy prowadzić stały monitoring, którego wyniki powinny być sukcesywnie interpretowane przez doświadczonego geotechnika.

Poprawne rozwiązanie geotechniczne wymaga jednak bardzo szczegółowego opisu podłoża, również poza obrysem działki przeznaczonej pod zabudowę. Właściwa interpretacja cech podłoża gruntowego pozwala na bezpieczne zaprojektowanie zakotwień obudowy wykopu oraz identyfikację możliwych zagrożeń dla sąsiednich obiektów.

Literatura

- Kłosiński B., 2002. Projektowanie obudów głębokich wykopów. Materiały z seminarium: „Głębokie wykopy na terenach wielkomiejskich”, IBDiM i IDiM PW, Warszawa 2002.
- Rybak Cz., Rybak J., Sobala D., 2001. O zastosowaniu stalowych wciskanych ścianek szczelnych. *Inżynieria i Budownictwo* 12: 709–712.
- Rybak Cz., Rybak J., Sahajda K., 2004. Zagrożenia posadowień i konstrukcji istniejących obiektów związane z realizacją głębokich wykopów. *Inżynieria i Budownictwo*.
- Rybak Cz., Rybak J., Sahajda K., 2005. Zabezpieczanie grodzicami głębokich wykopów. Doświadczenia z realizacji na terenie Wrocławia. Obudowa głębokich wykopów. Kurs dla projektantów i nadzoru budowlanego. TROTECH Warszawa, Warszawa–Miedzeszyn, listopad 2005.
- Wysokiński L., Kotlicki W., 2001. Zagrożenie awarią budynków usytuowanych w sąsiedztwie głębokich wykopów. *Mat. X Konferencji Naukowo-Technicznej: „Awarie budowlane”*, Szczecin 2001.
- Projekty techniczne zabezpieczeń wykopów realizowanych w rejonie placu Grunwaldzkiego.

