

Czesław Rybak, Jarosław Rybak

Badania podłoża gruntowego w świetle potrzeb projektowania geotechnicznego

Geotechnical surveys from the point of view of geotechnical design

Streszczenie: Problem zapewnienia jakości dokumentacji geologicznych lub geotechnicznych wykonywanych dla potrzeb projektowania budowlanego rzadko podnoszony jest w dyskusjach na temat bezpieczeństwa i jakości projektowania. Wadliwie wykonana dokumentacja geotechniczna może owocować wieloma problemami natury organizacyjnej, ale też powodować opóźnienia w cyklu realizacyjnym budowy i generować nieprzewidziane koszty. W pracy przedstawiono przykłady takich błędów oraz ich skutki. Przemyślenia zawarte w pracy są owocem doświadczeń autorów, którzy czerpią je z codziennej praktyki doradczej i projektowej.

Słowa kluczowe: badania podłoża, projektowanie geotechniczne

Abstract: The quality assurance for geological and geotechnical surveys undertaken for the sake of the building industry rarely plays an important rule in discussions about safety and quality. The deficiently prepared geotechnical survey may result in many problems from the point of view of organization; secondly, delay and additional costs. Several case studies of mistakes have been presented in the paper as well as the analysis of their causes. The considerations included in this work necessarily reflect the actual experience of the authors, who take advantage of geotechnical documentation on everyday basis.

Key words: geotechnical survey, geotechnical design

Wprowadzenie i aktualne uwarunkowania

Niniejszy artykuł adresowany jest do środowisk związanych z przygotowaniem inwestycji budowlanych:

- inwestorów i konstruktorów pracujących w biurach projektów (którzy powinni być odpowiedzialni za określenie zakresu czynności niezbędnych do przeprowadzenia rozpoznania podłoża),

- generalnych wykonawców (którzy decydują o rozdziale środków pomiędzy poszczególne branże i etapy inwestycji),
- geologów inżynierskich i geotechników bezpośrednio odpowiedzialnych za jakość prowadzonych badań.

Tryb zlecenia rozpoznania podłoża gruntowego (z reguły przez biura architektoniczne lub konstrukcyjne w ramach opracowywanego projektu) niesie niebezpieczeństwo wyboru najtańszego wykonawcy badań. Zakres badań uwarunkowany możliwościami najtańszego wykonawcy (sprzęt do wierceń i badań in-situ, baza laboratoryjna) nie odpowiada wtedy potrzebom rozwiązywanych problemów geotechnicznych. Odrębnym problemem jest tzw. „specyfika lokalna”, na terenach, gdzie występują grunty o specyficznych właściwościach (grunty ekspansywne, zaburzone glacictonicznie, tereny osuwiskowe, grunty lessowe o właściwościach zapadowych).

Tekst, w zamierzeniu autorów, stanowić ma głos w dyskusji o tym, czy przy określaniu zakresu i rodzaju rozpoznania podłoża konieczny jest udział geotechnika oraz jakie są przyczyny tego, że rozpoznanie geotechniczne podłoża nie odpowiada często potrzebom wynikającym ze specyfiki inwestycji.

Dyskusja zainicjowana przez Brzoskę i Janusza (2004) o zastosowaniach technik specjalnych w fundamentowaniu oraz własne doświadczenia autorów stanowią główną motywację do spisania niniejszych uwag. Zagadnienie jakości prac geologicznych (badań geotechnicznych), które wykonywane są na potrzeby inwestycji budowlanych realizowanych w Polsce, rzadko poruszane jest w literaturze.

Ostatnia dekada charakteryzuje się burzliwym rozwojem nowoczesnych technologii w budownictwie, zwłaszcza zaś w dziedzinie geoinżynierii. Wynika to ze zmian ustrojowych, reguł gospodarki rynkowej i wejścia na polski rynek wielu zachodnich firm poprzez „spółki córki”. Gospodarka rynkowa sprawia, że buduje się nie tam, gdzie budowa nie sprawia kłopotów, lecz tam, gdzie ma to uzasadnienie ekonomiczne. Centra handlowo-usługowe powstają tam, gdzie jest miejsce na duże parkingi i są wygodne drogi dojazdowe.

Podobnie jest w przypadku lokalizacji stref przemysłowych, uwarunkowanych infrastrukturą (drogi-dojazd, parkingi, kanalizacja, reklama). Obiekty administracyjne – biurowce – wznoszone są w centrach miast. W ich kondygnacjach podziemnych lokalizowane są pomieszczenia techniczne, garaże, gastronomia itd. W pierwszym przypadku wybiera się często tereny uważane dotychczas za nie nadające się do zabudowy (wysypiska śmieci, hałdy przemysłowe, doliny rzek, tereny podmokłe). W przypadku drugim, w warunkach śródmiejskich, z istniejącymi ulicami i sąsiednimi obiektami, wznoszone, często wysokie obiekty zarówno ze względów konstrukcyjnych, jak i ekonomicznych (zapewnienie miejsc parkingowych) posadawiane są głęboko. Sąsiedztwo obiektów zabytkowych wymusza ochronę sąsiedniej zabudowy już na etapie prowadzenia ratowniczych prac archeologicznych.

Z nieco odmiennymi problemami spotykamy się w budownictwie związanym z modernizowaną infrastrukturą (obwodnice miast, wiadukty, mosty, tunele, przejścia podziemne).

Inżynierowie budowlani mają duże możliwości optymalnego doboru technologii fundamentowych w każdym rozpatrywanym przypadku. Grunty słabe można wzmocnić przez: konsolidację dynamiczną, zastosowanie nasypów przeciążających z użyciem geodrenów, wibroflotację, wibrowymianę, wglębne mieszanie gruntów (DSM), iniekcje klasyczne, wysokociśnieniową iniekcję strumieniową czy wreszcie przez zastosowanie szerokiej gamy geosyntetyków.

Nowe fundamenty można posadawiać na palach. Fundamenty istniejące można wzmocnić, stosując mikropale, wysokociśnieniową iniekcję strumieniową i iniekcje klasyczne. Różnorodność dostępnych na rynku technologii pozwala dobrać właściwe rozwiązania w każdym przypadku. Obiekty wysokie posadawiane głęboko (niezależnie od tego, czy posadawiane są bezpośrednio na płycie czy na palach) wymagają zabezpieczeń wykopów. Istnieją i są dostępne i stosowane na rynku metody zabezpieczeń: ścianki szczelne stalowe, ściany szczelinowe, palisady wykonywane tradycyjnie lub technikami mieszanymi (pale wiercone + jet grounding) oraz ścianki berlińskie.

Można stwierdzić, że w ostatnich latach nastąpiły w sektorze budowlanym istotne zmiany jakościowe związane z postępem technologicznym. W ślad za tym nie nastąpił niestety istotny postęp w zakresie prowadzonych badań podłoża gruntowego.

Potrzeby i błędy rozpoznania podłoża – z doświadczenia projektanta

Ogólnie w zagadnieniach projektowania najistotniejsze są: określenie właściwych schematów obliczeniowych, wiarygodne dane dotyczące obciążeń i charakterystyk materiałowych materiałów konstrukcyjnych i ośrodka gruntowego. Ośrodek gruntowy w miejscu budowy jest zdeterminowany i jest czynnikiem niezależnym od projektanta. Projektant musi się do niego dostosować. Do tytułu artykułu „Budowa tak dobra jak jej fundamenty” (Brzosko i Janusz, 2004) należałoby dodać: „a fundamenty tak dobre jak opis geotechniczny podłoża”. W tym zakresie istnieją największe zaniedbania, zaś ranga problemu jest ogromna.

Szczegółowość badań geotechnicznych powinna wynikać z celów, jakim mają służyć. Zakres rozpoznania regulowało rozporządzenie MSWiA (1998) wprowadzające pojęcie kategorii geotechnicznej.

Może to być wstępne badanie w celu rozpoznania przyszłych kosztów posadowienia przed decyzją o zakupie terenu pod zabudowę. Kluczowe dla zaprojektowania konstrukcji obiektu i zaprojektowania jego realizacji są badania szczegółowe. Wreszcie warto zwrócić uwagę na badania podłoża gruntowego i formowanych nasypów w trakcie budowy (monitoring geotechniczny). Zasadnicze mankamenty dokumentacji geotechnicznych wynikają z błędów już na etapie ich programowania oraz błędów przy ich realizacji.

Niewłaściwie zaprogramowane badania prowadzą do:

- ograniczenia do minimum zakresu prac terenowych, czego konsekwencją jest nadinterpretacja uzyskanych informacji i przeoczenia geotechniczne,
- wykonywania dużej liczby płytkich otworów (nie przydatnych np. pod fundamenty palowe),
- złego rozplanowania otworów na rzucie projektowanej budowy (np. pominięcie w badaniach terenu na zewnątrz wykopu, gdzie będą wykonywane zakotwienia gruntowe),
- pomijania w badaniach gruntów traktowanych jako nienośne, dla których nie podaje się szczegółowego opisu i nie ustala się parametrów geotechnicznych. Błędy w realizacji badań terenowych to z reguły:
 - niewłaściwy sposób wykonania otworów badawczych, wykonywanie wierceń bez orurowania, co daje zafałszowany obraz stosunków wodnych i stanu gruntów (zwłaszcza spoistych),
 - kurczowe trzymanie się ustalonego umową zakresu robót, co często ogranicza możliwość precyzyjnego określenia zasięgu gruntów słabych w planie i z głębokością,
 - kończenie wierceń w gruntach nienośnych, co czyni badania nieprzydatnymi do projektowania bądź prowadzi do znacznego przewymiarowania elementów posadowienia,
 - kończenie wierceń na głębokościach, które pozwalają na obliczenie nośności pojedynczego pała, ale nie pozwalają na obliczenie osiadań dużych grup palowych.
- Błędy powstałe na etapie badań laboratoryjnych i prac kameralnych wynikają z:
 - wykonywania badań laboratoryjnych, które nie odpowiadają potrzebom norm,
 - niewykonywania badań granicy skurczalności dla gruntów w stanie półzwartym, co uniemożliwia właściwe projektowanie według normy „palowej” (PN-83/B-02482),
 - pomijania wyznaczania cech dla gruntów uznanych za nienośne: nasypów, namulów, torfów, co uniemożliwia projektowanie ich wzmacniania i obliczanie parć przy projektowaniu zabezpieczeń wykopów,
 - niestosowania zaawansowanych metod badawczych,
 - braku możliwości bezpośredniego wykorzystania wyników badań dylatometrycznych, presjometrycznych i badań sondą statyczną CPT dla projektowania np. fundamentów palowych.

Przypadki „złudnych oszczędności” w przygotowaniu inwestycji

1. Centrum Logistyczne we Wrocławiu (błędy w badaniach laboratoryjnych)

Dokumentacja wykonana dla centrum logistycznego, w tym budowy hali o wymiarach w rzucie 180 na 200 m (z planowaną rozbudową), wskazywała na konieczność wzmacniania podłoża. Niewłaściwie przeprowadzono badania dotyczące ścisłości gruntu. Moduły uzyskane z badań były do 10 razy mniejsze od podanych w nor-

nie regulującej obliczanie posadowień bezpośrednich (PN-81/B-03020). Prognozowany koszt wzmocnienia podłoża rzędu 2,5 miliona złotych. Po kontrolnych badaniach dylatometrycznych modułów podłoża, gdy uzyskano wartości modułów zbieżne z podanymi w normie (PN-81/B-03020), wykluczono konieczność wzmocnienia podłoża i ograniczono prace ziemne jedynie do wykonania nasypów wynikających ze względów technologicznych (ukształtowanie terenu).

2. Centrum Dydaktyczno-Naukowe we Wrocławiu (brak wstępnych badań)

Przetarg na budowę obiektu przeprowadzono razem z projektem (w tym z badaniami geotechnicznymi podłoża). Przed przetargiem nie przewidziano możliwości komplikacji z posadowieniem przez analogię do znajdujących się w sąsiedztwie obiektów o podobnej liczbie kondygnacji. Nie dostrzeżono różnicy między sposobem posadowienia budynków istniejących i projektowanego. Budynki istniejące posadowione są na gruntach rodzimych, na głębokościach do 4,0 m na stopach i ławach fundamentowych powyżej zwierciadła wody gruntowej. Zasięg stref aktywnych pod pojedynczymi fundamentami jest niewielki. Nowy budynek zaprojektowano z kondygnacją garaży podziemnych, z posadowieniem już poniżej zwierciadła wody gruntowej, na gruntach wykazujących do znacznej głębokości małe zagęszczenia $I_D=0,15-0,30$. Strefy rozluźnionego gruntu sięgały na głębokość kilkunastu metrów. Bezpieczne posadowienie nowego obiektu na płycie fundamentowej wymagało wzmocnienia podłoża w warunkach zagrożenia dla sąsiedniej zabudowy. Konieczna była wibroflotacja, iniekcja rozpychająca, wzmocnianie mikropalami fundamentów sąsiedniego obiektu. Wszystkie te roboty nie były pierwotnie ujęte w kosztach planowanej budowy.

3. Centrum Usługowo-Handlowe w Bydgoszczy (grunty ekspansywne)

Badania podłoża przeprowadzone przez firmę z Warszawy nie uwzględniały specyfiki lokalnej. Odległości między otworami badawczymi sięgały nawet 60 m. Przy tak dużych odległościach możliwe są tzw. przeoczenia geotechniczne polegające na niewykazaniu przewarstwień lub soczewek (co zresztą miało miejsce w sąsiedztwie szczególnie zagrożonego budynku przy głębokim wykopie). Dokumentacja geotechniczna nie zawierała prognoz odnośnie do wpływów: odciążenia gruntów na skutek prowadzonych wykopów i przemarzania gruntów (w tym przemarzania gruntów za grodzicami ścianki szczelnej zabezpieczającej wykonany wykop w fazie realizacji). Już w trakcie robót zabezpieczających głęboki wykop zaszła konieczność wykonania dodatkowych badań podłoża. Ze względu na wykazaną ekspansywność gruntów stwierdzanych w podłożu, dokumentacja taka powinna posiadać opinię specjalisty (uwzględniającą lokalne doświadczenia) odnośnie do: określania parametrów fizycznych i mechanicznych gruntów (wartości kątów tarcia wewnętrznego i spójności, jakie należy przyjmować do wyliczeń) oraz wpływ stosowania określonej technologii prowadzenia robót ziemnych i fundamentowych (w tym zabezpieczenia wykopu) na zjawiska zachodzące w gruncie. Nie jest to sprawa przepisów normowych, a jedynie „zdrowego rozsądku”.

4. Centrum Handlowe w Raciborzu (występowanie „słabych” przewarstwień)

Badania podłoża wykonane na terenie zasypanego stawu wykonano w zakresie, który w pełni satysfakcjonował projektantów (liczba i głębokość otworów). Metoda badania – sonda żłobkowa – nie wychwytiła jednak występowania w obrębie zagęszczonych żwirów licznych przewarstwień słabych pyłów. Dla posadowienia fundamentów obiektu i posadek zaprojektowano ponad 2400 pali. Przeprowadzono cztery próbne obciążenia statyczne, których wynik był w każdym przypadku jednoznacznie negatywny. Ze względu na rozpoczętą budowę zaistniała konieczność wykonania powtórnych badań (wiercenia i sondowania CPT). Na ich podstawie opracowano nowy projekt palowania, którego poprawność potwierdziło kolejne 7 próbnych obciążeń statycznych pali (z wynikiem pozytywnym) i duża liczba testów dynamicznych. Co ciekawe, palowanie zaprojektowane i wykonane w oparciu o bardzo szczegółowe badania sondą statyczną nie było istotnie droższe od wariantu zakwestionowanego.

Przemyślenia projektanta

Właściwie wykonane badania geotechniczne są tak samo ważne dla obiektów małych, jak i bardzo dużych. Inaczej jednak powinno się programować badania dla obiektów posadowionych płytko, inaczej w przypadku posadowionych głęboko, a jeszcze inaczej przy posadowieniach pośrednich.

W obrębie głębokich wykopów badania podłoża w partii środkowej, do głębokości posadowienia, można ograniczyć do ustalenia kategorii gruntu ze względu na roboty ziemne. Szczegółowe rozpoznanie powinno dotyczyć obrysu wykopu, gdzie projektuje się zabezpieczenie i ewentualnie zakotwienia (dla ustalenia cech wytrzymałościowych gruntu oraz reżimu wód gruntowych, co ma wpływ na wybór technologii i schematów statycznych), oraz głębokiego podłoża w zasięgu stref aktywnych pod fundamentami budynku.

Projektowanie pali i zakotwień gruntowych przez ekstrapolację warunków gruntowych prowadzi do:

- nawiercenia nawodnionych warstw lub soczewek i rozluźnienia gruntu w otoczeniu pala (w przypadku pali wierconych),
- braku możliwości wbicia na projektowaną głębokość bądź niezyskania wymaganej projektem nośności (w przypadku pali prefabrykowanych),
- niezyskania wymaganej nośności (w przypadku zakotwień gruntowych).

Błędem jest powszechne stosowanie normowej metody B określania parametrów geotechnicznych na podstawie parametrów wodących (I_L lub I_D). Jest to szczególnie istotne dla cech gruntu na dużych głębokościach, np. w przypadku projektowania obudów głębokich wykopów lub dużych fundamentów płytowych i płytowo-palowych (zwłaszcza w kontekście II stanu granicznego).

Projektant konstrukcji nie ma możliwości (a często wystarczających kwalifikacji) do weryfikacji dostarczonych badań. Stwarza to dla niego dyskomfort, gdyż może go spotkać zarzut „złego projektowania”.

Konieczność wykonywania dodatkowych badań kontrolnych przed rozpoczęciem budowy i w trakcie realizacji traktowana jest przez inwestorów jako próba naciągania na dodatkowe koszty albo próba uzasadnienia opóźnienia w cyklu projektowania lub realizacji budowy.

Podsumowanie

Planowanie inwestycji, przetargi na prace geotechniczne, prowadzenie badań polowych, opracowywanie dokumentacji geotechnicznych do projektowania i monitoring geotechniczny wymagają kompetentnego nadzoru geotechnicznego.

Szczególnie ważne wydaje się wyłączenie opracowania dokumentacji geotechnicznej z przetargów na opracowanie dokumentacji projektowej i budowę obiektu.

W związku z dużą wagą podejmowanych decyzji wynikających z badań geotechnicznych (zarówno w aspekcie technicznym, jak i finansowym) narzuca się pytanie o kontekst prawny. Uprawniony inżynier konstruktor jest ubezpieczony przez Izbę Inżynierów Budownictwa i odpowiada dyscyplinarnie oraz zawodowo przed Izbą. Uprawniony architekt odpowiada przed swoją Izbą. Trudno w dzisiejszym stanie prawnym ustalić, przed kim zawodowo (i finansowo, gdy wyłączyć żmudną drogę w sądach cywilnych) odpowiada podmiot wykonujący dokumentacje geologiczno-inżynierskie i geotechniczne.

I wreszcie na koniec, co istotne, kompetencje geotechnika powinny być potwierdzone nie tylko formalnymi „uprawnieniami i certyfikatami”.

Literatura

- Brzosko R., Janusz D., 2004. Budowa tak dobra jak jej fundamenty. Geoinżynieria i Tunelowanie 02.
- PN-81/B-03020. Posadowienie bezpośrednie. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
- Rozporządzenie MSWiA z dnia 24.09.1998 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. Dz. U. nr 126, poz. 839.

