

Problemy projektowania i wykonywania badań geologiczno-inżynierskich w Polsce

Michał Grela¹, Krzysztof Traczyński²



M. Grela



K. Traczyński

Problems of designing and performing geological engineering site investigation in Poland. Prz. Geol., 62: 579–583.

A b s t r a c t. The article describes particular stages of investigation on foundation soil in Poland and current legal situation on documenting results of subsoil tests and procedures for approving geological engineering documentation. Quality of performed tests in compliance with assumed geological structure of region was described. Issues on selection of investigation points placement for completion of linear structures and constructions with deep foundations were also raised. Moreover, geotechnical risks arising from imprecisely performed tests on geological engineering were characterized. The article describes the current legal situation concerning research documenting the subsoil and procedures for the approval of geological and engineering.

Keywords: geological engineering site investigation, locations of investigation points, geotechnical risk

Głównym czynnikiem determinującym wykonanie każdej inwestycji budowlanej zgodnie z zaplanowanym harmonogramem czasowym i finansowym jest właściwe wykonanie projektu budowlanego, w tym projektu posadowienia. Aby dobrze wykonać te prace, niezbędne są rzetelne wyniki badań geologiczno-inżynierskich, które pozwolą nie tylko na optymalizację projektowania, ale również na zdefiniowanie i ocenę ryzyka geotechnicznego. Każda inwestycja budowlana jest ingerencją w podłoże gruntowe. Zachodzące w nim zmiany podczas prac ziemnych czy wykonywania specjalistycznych robót geotechnicznych są procesami geodynamicznymi zachodzącymi w bardzo małej skali, ale w bardzo szybkim tempie i mogą być przyczynami problemów na palcu budowy. Potencjalne zagrożenia należy zatem szczegółowo rozpoznać na etapie badań geologiczno-inżynierskich, zrozumieć, a następnie im przeciwdziałać właściwie zaprojektowanymi rozwiązaniami technicznymi.

ETAPY PRZEPROWADZANIA BADAŃ GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH

Dla dużych inwestycji budowlanych w Polsce badania geologiczne wykonywane są zazwyczaj wieloetapowo. W zależności od rodzaju projektu pierwszy etap stanowi rozpoznanie dla opracowania programu funkcjonalno-użytkowego (PFU) planu zagospodarowania przestrzennego czy koncepcji projektowej, w których głównie bazuje się na danych archiwalnych i kilku czy kilkunastu punktach badawczych. W tym etapie dokonuje się również analizy map zarówno geologicznych, jak i topograficznych, w szczególności przy projektowaniu obiektów liniowych.

Drugi etap badań jest najważniejszy, obejmuje on wykonanie prac terenowych, laboratoryjnych oraz kameralnych, w tym opracowanie szeregu dokumentacji dla uzyskania pozwolenia na budowę. Należy jednocześnie nadmienić, że w ogólnym poszukiwaniu oszczędności przy realizacji różnego typu inwestycji budowlanych zarówno

w sektorze prywatnym, jak i publicznym, tak wykonawca badań, jak i projektant bardzo często przegrywają w negocjacjach z inwestorem, a program badawczy przeważnie obejmuje minimum wymagane przez urzędy zatwierdzające dokumentację geologiczno-inżynierską. Inwestor lub działające na jego zlecenie biuro projektowe chcą przeważnie otrzymać dokument najtańszy, rezygnując często z jakości, którą zazwyczaj determinuje liczba przeprowadzonych testów, ich rodzaj i dobór do warunków lokalnych oraz doświadczenie wykonującego badania. Bardzo często po wykonaniu dwóch sąsiadujących ze sobą wierceń, konieczne jest wywiercenie otworu pośrodku dla uszczegółowienia przebiegu warstw geologicznych. Zasadne zatem jest analizowanie uzyskiwanych wyników jeszcze w trakcie prowadzenia prac terenowych. W razie potrzeby wykonanie dodatkowego rozpoznania będzie szybsze (nie tracimy czasu m.in. na mobilizację sprzętu i ludzi) i tańsze. Badając obszar punktowo, pomimo zachowania wszystkich zasad właściwej praktyki, można pominąć istotne dla projektu posadowienia struktury geologiczne.

Niedoskonałości te powinny zostać wykryte w trzecim etapie badań geologicznych, którego zadaniem jest weryfikacja dokumentacji projektowej. Zazwyczaj takie badanie wykonuje generalny wykonawca tuż przed przystąpieniem lub w trakcie trwania prac budowlanych. Znamienny jest przykład mostu Marii Skłodowskiej-Curie (powszechnie nazywanego Północnym) w Warszawie, gdzie przed przystąpieniem do realizacji inwestycji wykonano szereg weryfikujących badań i pod jedną z podpór stwierdzono glaci-tektonicznie zdeformowane podłoże nieznanne w momencie opracowywania projektu budowlanego. Wymusiło to częściową zmianę technologii prac i zwiększenie ilości pali fundamentowych (Grela & Traczyński, 2012). W przypadku oszczędności na dodatkowych badaniach podłoża eksploatacja tej ważnej przeprawy mostowej mogła być zagrożona w przyszłości i wymagać bardzo kosztownych i czasochłonnych napraw.

¹ Zakład Badań Geotechnicznych Geotest; ul. Wita Stwosza 23, 02-661 Warszawa; michal.grela@geotest.pl.

² Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska, al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa; krzysztof.traczynski@gmail.com.

W przypadku mniejszych inwestycji, nie ma konieczności dodatkowych weryfikacji, o ile osoba pełniąca nadzór geotechniczny na budowie nie stwierdzi takiej konieczności (Grela, 2013). Wieloetapowe wykonywanie badań geologicznych powinno być powszechną praktyką dla dużych inwestycji infrastrukturalnych. W przypadku niewielkich projektów budowlanych zazwyczaj wystarcza jeden etap badań.

DOKUMENTOWANIE BADAŃ PODŁOŻA GRUNTOWEGO

Opisany powyżej przebieg prac mających na celu rozpoznanie warunków wodno-gruntowych jest praktyczny, jednak opiera się na nie do końca spójnych ze sobą ustawach – Prawie Budowlanym oraz Prawie geologicznym i górniczym. Pomimo kolejnych nowelizacji dokumenty wciąż nie przedstawiają jednego wspólnego kryterium oceny podłoża gruntowego. Również Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych, które umocowało w Polskim prawodawstwie zapisy Eurokodu 7, nie przyniosło zamierzonych efektów. W rozporządzeniu pojawiły się zupełnie nowe rodzaje opracowań, do których wykonywania rościły sobie prawo dwie grupy zawodowe: geolodzy inżynierzy oraz geotechnicy. Powstały nawet próby rozdzielania konkretnych opracowań pomiędzy obie grupy specjalistów. Ostatecznie mechanizmy zdrowej konkurencji zwyciężyły i aktualnie badania podłoża gruntowego, jak i opracowania, wymienione w rozporządzeniu, wykonują zarówno geotechnicy, jak i geolodzy, dyskutować natomiast można z jakością wykonywanych dokumentacji. Wciąż można spotkać słabo wykonane dokumentacje badań podłoża gruntowego, opinie oraz projekty geotechniczne, niezależnie od kierunku wykształcenia autora. W świetle wytycznych wspomnianego wcześniej rozporządzenia dla uzyskania pozwolenia na budowę należy aktualnie przedstawić: opinię geotechniczną (dla obiektów I kategorii geotechnicznej), dokumentację badań podłoża gruntowego i projekt geotechniczny (dla obiektów II i III kategorii geotechnicznej). Ponadto dla budowli III oraz II kategorii geotechnicznej w złożonych warunkach gruntowych konieczne jest opracowanie i urzędowe zatwierdzenie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.

Dokumentacja geologiczno-inżynierska jest najbardziej zaawansowanym i obszernym opracowaniem dotyczącym dokumentowania warunków podłoża inwestycji budowlanej. Jej treść w znacznej części pokrywa się z treścią dokumentacji badań podłoża gruntowego, jednak odmienny i dużo bardziej złożony jest sposób jej powstawania. Przed przystąpieniem do badań należy opracować i złożyć do właściwego organu administracji państwowej projekt robót geologicznych. W momencie opracowywania projektu wykonawca badań powinien znaleźć czas na analizę geologicznych oraz kartograficznych materiałów archiwalnych. Bardzo często niezbędna jest również wizja terenowa. Zazwyczaj projekt robót geologicznych jest zatwierdzany po około 30 dniach, o ile nie występują problemy natury własnościowej gruntów pod teren przyszłej

inwestycji, co jest często spotykane w przypadku realizacji powstających w centrach dużych miast. Uprawnoczenie decyzji zatwierdzającej projekt robót oraz czas potrzebny do wykonania prac terenowych i laboratoryjnych wydłużają okres zatwierdzenia dokumentacji geologiczno-inżynierskiej do około 100 dni. Zdaniem inwestorów czas ten należałoby skrócić, ponieważ przeciąga się znacznie przygotowanie projektu budowlanego i zmniejsza się konkurencyjność Polski jako lokalizacji przyszłych inwestycji budowlanych. W praktyce, przy odpowiednio wcześniej zleconych badaniach geotechnicznych, dobrze zorganizowane biuro projektowe w te 100 dni oczekiwania na zatwierdzoną dokumentację geologiczno-inżynierską potrafi opracować wszystkie inne niezbędne dokumenty do uzyskania pozwolenia na budowę.

Istotna jest zatem kolejność wykonywania poszczególnych etapów projektu budowlanego, wówczas nie narazimy się na niepotrzebne oczekiwanie, z drugiej jednak strony sama procedura powinna zostać zdecydowanie uproszczona i obejmować więcej aspektów wpływających na poprawę jakości opracowywanych dokumentacji geologiczno-inżynierskich.

DOSTOSOWANIE BADAŃ DO WARUNKÓW LOKALNYCH

Rozpoznanie musi być dostosowane do warunków panujących lokalnie w danym rejonie, ponieważ nawet na terenie tego samego miasta istnieją duże odstępstwa w budowie geologicznej, czego przykładem może być dzielnica Śródmieście w Warszawie. Pomimo jej stosunkowo niewielkiej powierzchni (15 km²) i szerokości około 3 km, położona jest na terenach różnych jednostek morfogenetycznych z różnymi gruntami w podłożu. Część zachodnią stanowi fragment Równiny Warszawskiej, zbudowany z piasków i glin pochodzenia lodowcowego, lokalnie zaburzony procesami glacytektonicznymi. Część wschodnią stanowi natomiast Dolina Wisły, a ściślej taras zalewowy zbudowany z piasków rzecznych oraz gruntów zastoiskowych, w tym organicznych. Granica pomiędzy jednostkami przebiega wzdłuż Skarpy Warszawskiej, charakteryzującej się aktywnymi procesami zboczowymi, dodatkowo komplikującymi budowę geologiczną regionu.

W przypadku realizacji inwestycji budowlanej w warunkach skomplikowanego układu warstw geologicznych nie należy oszczędzać na badaniach geotechnicznych w fazie projektowej. Doświadczenia z placów budowy pokazują, że koszty poniesione na dodatkowe rozpoznanie gruntowe zwracają się wielokrotnie, a realizacja prac przebiega bezproblemowo i bezstresowo zarówno dla wykonawców, jak i mieszkańców, bez ponoszenia bardzo często olbrzymich kosztów społecznych i narażania niejednokrotnie na utratę reputacji marki inwestora lub generalnego wykonawcy.

Nie bez znaczenia jest również technika wiercenia lub sondowania i ich dobór do budowy geologicznej regionu oraz do konkretnego celu naszego rozpoznania. Jeżeli budowa geologiczna jest skomplikowana lub chcemy dokładniej zbadać przebieg warstw o niewielkiej miąższości, wówczas najlepszym rozwiązaniem będą wiercenia rdzeniowane. W zależności od rodzaju sprzętu, przy odpo-

wiednio dobranej gęstości płuczki i doświadczeniu ekipy wiercącej możemy uzyskać nawet 100% kompletny rdzeń i dokładnie centymetr po centymetrze sprawdzić profil gruntowy. Oczywiście taki rodzaj wiercenia ze względu na wysokie koszty i czasochłonność nie jest uzasadniony w przypadku prostych warunków gruntowych. Również dobór rodzaju sondowania musi być racjonalny. W Polsce najpopularniejsze są sondowania dynamiczne (DPL, DPSH) oraz statyczne (CPT, CPTU). Te drugie powstały w Holandii w celu badania słabonośnych gruntów zastoiskowych i organicznych. W Polsce przyjęło się stosować badania CPTU dla potwierdzania parametrów geotechnicznych zagęszczonych piasków lub zwartych glin, w których znajdują się liczne głązy narzutowe, stanowiące przyczynę awarii stożków pomiarowych. Wówczas zasadnym jest wykonanie sondowania CPT z użyciem, zapomnianego już w wielu krajach stożka mechanicznego Begemanna, który jednak w gruntach silnie skonsolidowanych wciąż znajduje swoje zastosowanie, o ile uzyskane w tych badaniach informacje będą wystarczające dla projektanta.

JAKOŚĆ PRZEPROWADZANYCH BADAŃ GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH

Zazwyczaj jakość samych wykonywanych badań (wierceń, sondowań itp.) jest dobra, częściej można znaleźć błędy metodyczne (nieprawidłowo pobrane lub zabezpieczone próby do badań laboratoryjnych), interpretacyjne (niewłaściwe zastosowanie lub dobranie do lokalnych warunków formuł obliczeniowych), brak analizy danych archiwalnych i map geologicznych, brak studium nad przeszłością terenu (głównie w badaniach geośrodowiskowych nad skażeniem gruntu i wody gruntowej), brak dopracowania dokumentacji na skutek presji czasowej oraz ostatecznie brak optymalnie zaprojektowanych badań w dopasowaniu do budowy geologicznej oraz rodzaju inwestycji budowlanej.

Ponadto bardzo istotne jest zachowanie pewnego standardu jakości podczas wykonywanych badań. W przypadku sondowań statycznych dla zachowania powtarzalności wyników konieczna jest m.in. okresowa kalibracja stożka pomiarowego. Na wyniki ciśnienia porowego w sondowaniu CPTU znacząco wpływa sposób saturacji stożka i rodzaj użytego materiału wypełniającego, a nawet rodzaj użytego sprzętu (Młynarek, 2013). Dla bardziej zaawansowanych projektów budowlanych bardzo często konieczne jest podanie wartości konkretnego parametru, dla którego oceny wykonujemy poza wierceniem i sondowaniem szeregu innych niestandardowych testów wymagających spełnienia wielu kryteriów jakościowych podczas prowadzenia tych badań.

W Polsce brak jest jednoznacznych przepisów odnośnie wykonywania badań podłoża gruntowego, dlatego obserwujemy znaczną dysproporcję w jakości wykonywanych badań i opracowywanych dokumentacji. Nawet narzucające pewne wytyczne Eurokod 7 oraz Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. nie spowodowały poprawy tej sytuacji. Miejmy nadzieję, że w ciągu najbliższych lat mechanizmy działania gospodarki rynkowej spowodują korzystne zmiany w tej dziedzinie.

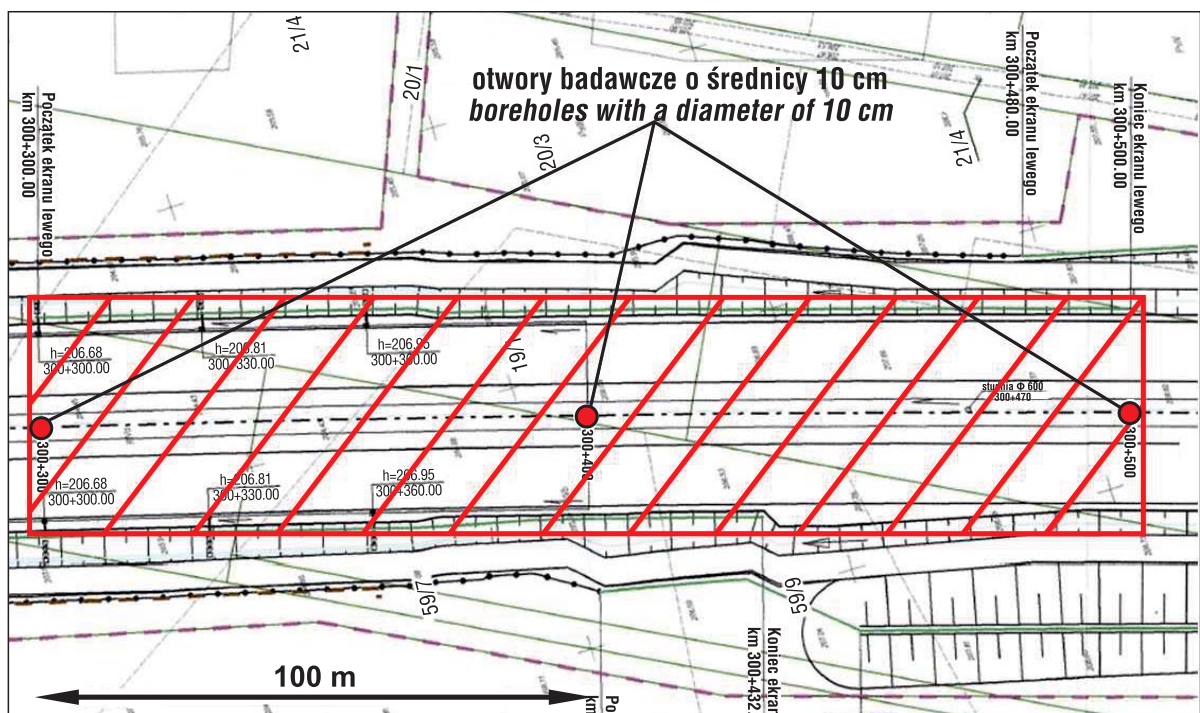
SIATKA WIERCEŃ

Często przywoływane są problemy na budowach wynikające ze zbyt ubożego rozpoznania, czyli z niewystarczającej liczby punktów badawczych, które zazwyczaj należy zagęścić. Mówiąc o zwiększeniu liczby punktów badawczych, trzeba mieć na uwadze optymalizację efektu projektowania. Bezmyślne zagęszczanie wierceń lub sondowań może wpłynąć jedynie na zwiększenie kosztów przygotowania projektu budowlanego, a niekoniecznie na poprawę jakości rozpoznania warunków gruntowo-wodnych podłoża pod przyszłą inwestycję. Optymalizacja projektowania w połączeniu z doświadczeniem geologa wykonującego badania i szeroko rozumianą logiką daje niejednokrotnie lepsze efekty niż kurczowe trzymanie się zasad określonych w zapisach normowych i różnego rodzaju wytycznych. Przykładem jest praktyka wykonywania badań geotechnicznych dla obiektów liniowych takich jak autostrady, gdzie otwory badawcze o średnicy 10 cm wykonywane w normowo ustalonych odstępach co 100 m, dają nam obraz jedynie 0,2% podłoża pod przyszłą drogę (ryc. 1).

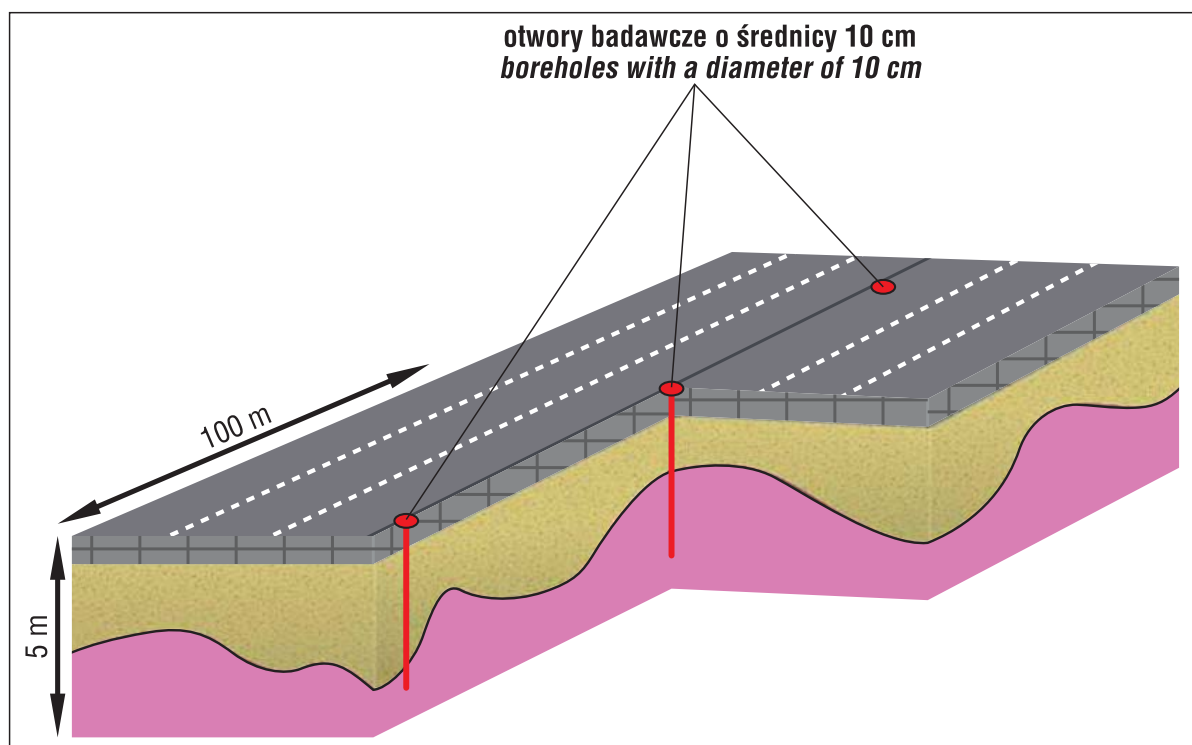
Jeżeli natomiast inwestycję drogową potraktujemy jako obiekt powierzchniowy, ponieważ szerokość autostrady to przecież około 20 metrów (przy 200-metrowym fragmencie drogi jej powierzchnia wynosi 4000 m²), na takim obszarze wykonywane są 3 punkty badawcze. Wówczas rozpoznane mamy jedynie ułamki promila (0,000588%) powierzchni terenu budowy. Najwłaściwsze wydaje się jednak potraktowanie podłoża budowlanego jako przestrzeni (ryc. 2), w przypadku rozpatrywanego odcinka drogi podłoże stanowi 20 000 m³, natomiast objętość gruntu rzeczywiście sprawdzonego (objętość otworów badawczych) to jedynie 0,1 m³, zatem niezależnie czy podłoże pod inwestycję drogową potraktujemy jako powierzchnię czy też jako przestrzeń niepewność wynikająca z obliczeń czysto statystycznych jest bardzo duża. Należy mieć świadomość, że badania podłoża gruntowego wykonane nawet w bardzo rzetelny sposób zgodnie z przyjętymi normami pozwalają na rozpoznanie dziesiątych części procenta gruntu pod przyszłą inwestycję, na podstawie których przyjmuje się pozostałe 99,9% gruntów zalegających w podłożu.

LOKALIZACJA PUNKTÓW BADAWCZYCH

Skoro rozpoznanie jest tak skromne, lokalizacja punktów badawczych nie może być przypadkowa! Dla właściwego wykonania badań podłoża konieczne jest odpowiednie zaplanowanie i rozmieszczenie wierceń i sondowań w miejscach reprezentatywnych w dopasowaniu do spodziewanej budowy geologicznej i istniejącej dostępności terenu do wykonania badań, jak również do wyników otrzymywanych na bieżąco. Drogi, bądź linie kolejowe często przebiegają przez tereny trudno dostępne, takie jak bagna, lasy czy masywy górskie; w takich przypadkach wytyczenie punktów badawczych musi być po pierwsze precyzyjne (niezbędne jest wykorzystanie sprzętu GPS o wysokiej dokładności), po drugie potwierdzone przez geologa dokumentującego wyniki prac (pozostawienie wyboru lokalizacji punktu badawczego np. ekipie wiercącej lub firmie podwykonawczej jest niewłaściwe).



Ryc. 1. Dwustumetrowy odcinek typowej, projektowanej autostrady w Polsce. Jego powierzchnia całkowita to 4000 m²
 Fig. 1. Two hundred meter section of a typical planned motorway in Poland. Its total area is 4000 m²



Ryc. 2. Przestrzeń gruntowa w obrębie dwustumetrowego odcinka typowej, projektowanej autostrady w Polsce jest zazwyczaj rozpoznawana w mniej niż 0,1 % (na podstawie stosunku objętości otworów badawczych do objętości podłoża pod inwestycją)
 Fig. 2. Soil substrate within two hundred meter section of a typical planned motorway in Poland is usually diagnosed in less than 0.1% (on the basis of the volume of test holes to the volume of the substrate under the investment)

Jeszcze trudniej jest zaplanować i wykonać wiercenia np. na potrzeby budowy metra zlokalizowanego zazwyczaj w silnie zurbanizowanych obszarach miast. Wykonanie głębokich wierceń wymaga dostępności terenu, który w centrach miast pokryty jest zabudową oraz liczną infra-

strukturą podziemną. Wolny skwer przy drodze może okazać się naszpikowany podziemnym uzbrojeniem. Niekiedy nawet zajęcie pasa drogowego lub chodnika bywa bardzo utrudnione lub zgoda na takie prace nie jest w ogóle wyrażana. Należy pamiętać, że dla właściwego wykonania

otworu badawczego rzędu 50 m głębokości konieczny jest obszar około 15×15 m, przy czym teren musi być również dostępny dla drugiego pojazdu ciężarowego obsługującego wiertnicę. Wówczas otwory badawcze dopasowuje się nie tylko do budowy geologicznej, ale także do istniejącej infrastruktury.

Dla budowy stacji metra lub części podziemnych budynków (głównie wielopoziomowych garaży) poniżej poziomu wody gruntowej, dodatkowo w zwartej zabudowie miejskiej, gdzie nie można zastosować odwodnienia dla właściwego zaprojektowania obudowy wykopu i fazowania robót, szczególnie istotne jest precyzyjne określenie położenia stropu gruntów nieprzepuszczalnych, na podstawie odpowiednio gęsto zlokalizowanych punktów badawczych.

RYZIKO GEOTECHNICZNE

W przypadku badań geologicznych ograniczonych do minimum projektant musi przewidzieć odpowiedni zakres bezpieczeństwa. Przykładem może być projektowanie ściany szczelinowej dla odcięcia dopływu wody gruntowej do wnętrza wykopu. Wrysowane granice na przekrojach geologiczno-inżynierskich są interpolowane według danych uzyskanych z punktów badawczych oddalonych od siebie o kilkadziesiąt metrów (często ponad 50 m). Zakładając na tej podstawie określoną długość ściany szczelinowej, narażamy się na niepotrzebne ryzyko. Układ wrysowany na przekroju może znacznie odbiegać od rzeczywistego przebiegu warstw. Rzeczywisty układ odsłania się dopiero w momencie wykonania wykopu fundamentowego. Wnikliwa obserwacja ścian wykopu daje prawdziwy przebieg warstw geologicznych, często, a nawet bardzo często, odmienny od tego wrysowanego na podstawie wykonanych otworów badawczych. Tę problematykę szerzej przedstawił prof. Wysokiński w swoim artykule (Wysokiński, 2007). Dużo bardziej wiarygodne będą dane geotechniczne niezbędne do projektu, jeśli otwory badawcze będą wykonywane w niewielkich odległościach (15–20 m). Zazwyczaj ostateczną weryfikację układu warstw geologicznych przeprowadza się podczas wykonywania poszczególnych sekcji ścian szczelinowych. Uprawniony geolog potwierdza zagłębienie każdego panelu poniżej stropu gruntu nieprzepuszczalnego. Jednak w przypadku głębokich ścian szczelinowych lub zlokalizowanych w obszarach skomplikowanej budowy geologicznej, gdy granice warstw przebiegają nawet pionowo, precyzyjne określenie rodzaju gruntu znajdującego się w podstawie ściany szczelinowej jest obarczone błędem lub jest w ogóle niemożliwe.

W ryzyku geotechnicznym oprócz zagrożeń wynikających bezpośrednio z niedostatecznego rozpoznania warunków wodno-gruntowych, błędnej interpretacji lub metodyki badań, błędów projektowych lub błędnie prowadzonych prac budowlanych, należy uwzględnić przeszkody naturalne takie jak głązy narzutowe czy pnie drzew oraz antropogeniczne, np. stare studnie, stare otwory wiertnicze, szyby górnicze itp., które mogą być źródłem niespodziewanych problemów na placu budowy. W tych aspektach pomocne powinny być wyniki badań podłoża gruntowego oparte o analizę map historycznych, w tym geologicznych,

z uwzględnieniem ogólnej znajomości terenu, w tym historii jego użytkowania.

Projektant specjalistycznych robót geotechnicznych, takich jak ściany szczelinowe, ścianki szczelne czy iniekcje strumieniowe, powinien swoje zamierzenia projektowe skonsultować z doświadczonym specjalistą, znającym przeszłość geologiczną regionu oraz lokalne zaburzenia w budowie podłoża gruntowego i wówczas przyjąć odpowiedni zapas bezpieczeństwa. Współpraca taka pozwala na prowadzenie prac budowlanych poniżej powierzchni terenu, z zachowaniem należytej pewności, a wszystko dzięki wiarygodnej ocenie ryzyka geotechnicznego.

WNIOSKI

Właściwie zaprojektowane i wykonane badania geotechniczne są podstawą do rzetelnego opracowania projektu konstrukcji podziemnej każdej budowli, z zachowaniem bezpieczeństwa prowadzonych prac.

Dla budownictwa podziemnego, takiego jak metro, tunele, wielokondygnacyjne garaże podziemne, odpowiednie rozpoznanie warunków wodno-gruntowych jest szczególnie istotne, a punkty badawcze powinny być zagęszczone.

Projektowanie specjalistycznych robót geotechnicznych powinno odbywać się w konsultacji z doświadczonym geologiem inżynierskim z zachowaniem odpowiedniego zapasu bezpieczeństwa.

Jak pokazują doświadczenia z budów, im większa znajomość budowy geologicznej podłoża pod przyszłą inwestycję budowlaną, tym mniejsze prawdopodobieństwo wystąpienia nieprzewidzianych sytuacji na placu budowy.

Słuszna wydaje się potrzeba szerszej edukacji dotyczącej ryzyka geotechnicznego i geozagrożeń w procesie budowlanym.

Należy wymagać większej elastyczności w zakresie zaprojektowanych badań podłoża w stosunku do rzeczywistych warunków gruntowo-wodnych, w czym pomagać mogą m.in. technologie śledzenia wyników badań geotechnicznych w czasie rzeczywistym.

W przyszłości badania geologiczne muszą być bardziej wydajne poprzez wprowadzenie nowych technologii, np. dla budownictwa tunelowego oprócz tradycyjnych wierceń standardem stanie się wykonywanie otworów poziomych.

LITERATURA

- GRELA M. 2013 – O konieczności profesjonalnego wykonywania badań. Inż. i Budow., 11: 578–579.
- GRELA M. & TRACZYŃSKI K. 2012 – Badania geotechniczne dla obiektów mostowych i ich analiza na przykładzie mostu Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie. Prz. Komun., 9: 28–30.
- MLYNAREK Z. 2013 – Metody i ograniczenia w wyznaczaniu parametrów geotechnicznych gruntów w badaniach in situ. Materiały z XXVIII Ogólnopolskich Warsztatów Pracy Projektanta Konstrukcji, Wisła 5–8 marca 2013 r.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U. nr 81, poz. 463).
- WYSOKIŃSKI L. 2007 – Błędy systematyczne w rozpoznawaniu geotechnicznym i ich wpływ na projektowanie budowlane. Materiały XXIII konferencji naukowo-technicznej Awarie Budowlane 2007, Szczecin-Międzyzdroje 23–26 maja 2007 r.