



Hanna Suchnicka

Miejsce geotechniki w nauce?

What is the place of geotechnics in the science?

Streszczenie: Opracowanie dotyczy nowej specjalności, jaką jest *geotechnika*, której znaczenie wzrasta zarówno ze względu na rozwój budownictwa, jak i wymagania stawiane przez Międzynarodową Organizację Standaryzacji (ISO). Ponieważ zakres badań geotechniki obejmuje poza szczegółowym rozpoznaniem właściwości materiału (gruntu) również rozwiązywanie zadań (projektowanie geotechniczne), naturalne wydaje się, że do zajmowania się taką problematyką predysponowane są głównie osoby o wykształceniu technicznym. W związku z tym zwraca się uwagę na brak w tej kwestii jasnych, potwierdzonych ustawą przepisów, co bywa powodem różnych nieporozumień.

Słowa kluczowe: polemika, rozpoznanie podłoża, geotechnika

Abstract: This paper presents a new discipline – *geotechnics*. The subject of geotechnical research is a detailed recognition of soil properties in relation to the utilization of soil as structure foundations as well as geotechnical design. This need results from soil peculiar characteristics such as multicomponent and granulated material. Therefore, a geotechnical engineer should be familiar with both the knowledge of soil properties and geotechnical design. This opinion has been accepted by the European Union. The differences between recognition of the soil mass performed by geologists and geotechnical engineers have been emphasized. In the first case, it is a general description of the region and, in the second case it is only the foundation area. The paper also draws attention to the fact that clear regulations concerning geotechnics are still lacking which often leads to misunderstandings.

Key words: polemics, ground recognition, geotechnics

Wprowadzenie

Wśród wielu nowych dyscyplin, jakie powstały wraz z rozwojem nauki i przemysłu znalazła się również *geotechnika*. Nauka, która łączy wiedzę o zachowaniu się w procesach termodynamicznych materiału tworzącego *skorupę ziemską*, tj. *geomechanikę*,

z wykorzystaniem tej wiedzy w technice, co można by nazwać *geoinżynierią*. Wprawdzie *geo* – oznaczające Ziemię – dotyczy zarówno skał litych (zwięzłych), jak i rozdrobnionych, nazywanych gruntami, to jednak geotechnikę zazwyczaj łączy się z wykorzystaniem gruntów: początkowo głównie w budownictwie, a w ostatnich latach również w górnictwie odkrywkowym i ochronie środowiska. Te właśnie praktyczne aspekty oraz wspomniany rozwój gospodarczy sprawiły, że w środowisku inżynierów budowlanych zainteresowanie gruntami wzrosło, a prace badawcze przez nich prowadzone przyczyniły się do znacznego rozwoju *mechaniki gruntów*, w górnictwie natomiast – *mechaniki skał*. Nie oznacza to, że tematyka ta nie pociąga również innych osób, w tym geologów. Co więcej, przez długi okres to oni właśnie byli jedynymi badaczami zarówno historii, jak i budowy Ziemi. Dotyczyło to głównie opisów jakościowych, natomiast w mniejszym stopniu ocen ilościowych, co przede wszystkim interesuje inżynierów konstruktorów. Zmiany zachodzące w pierwszej połowie ubiegłego wieku w gospodarce spowodowały wydzielenie się kierunku *geologii inżynierskiej*, ale wymusiły też zainteresowanie *mechaniką gruntów*. Początkowo zmuszeni byli do tego głównie projektanci – bowiem trudno było racjonalnie rozwiązywać konkretne problemy bez znajomości właściwości i zachowania się materiału przejmującego obciążenia z realizowanych budowli. By mogło to nastąpić, wcześniej musieli przeprowadzić wiele eksperymentów na gruntach – nawet tych dostarczanych im przez geologów lub uzyskanych we własnym zakresie – tym bardziej że miały one służyć jedynie do przygotowania tzw. *gruntu rekonstruowanego*, z którego formowane były próbki do badań. Z upływem czasu wprowadzone zostały do programów szkół inżynierskich nowe przedmioty, takie jak *mechanika gruntów* i *fundamentowanie*. Do rozwoju tego kierunku przyczyniły się też wojny światowe, i to nie wyłącznie z powodu wywołanych zniszczeń, ale prowadzonych wówczas na dużą skalę robót ziemnych. Działo się tak głównie w krajach zachodnioeuropejskich i USA. Tam też zaczęto posługiwać się terminem *geotechnika*. Ostatecznie objęła ona zagadnienia nie tylko związane z identyfikacją rozdrobnionych, wieloskładnikowych i wielofazowych materiałów, jakimi są grunty, ale również grunty *antropogeniczne* („sztuczne”), jak nazwano odpady przemysłowe: popioły, żużle, a także ziarniste produkty przemysłu rolniczego. Rozwiązanie tego rodzaju problemów (zadań inżynierskich) wymagało od zainteresowanych dużej wiedzy o fizycznych cechach materiału, a przede wszystkim o jego zachowaniu się pod obciążeniem, tj. w procesie dynamicznym, bowiem podłoże, przejmując obciążenia od budowli lub tworząc *budowlę ziemną*, tym samym staje się fragmentem konstrukcji inżynierskiej. Autorów rozwiązań zadań dotyczących reakcji podłoża na zmianę obciążenia można śmiało nazwać *geotechnikami*. W związku z tym nasuwa się pytanie: jakie winno być wykształcenie i przygotowanie do zawodu geotechnika, by dobrze mógł spełniać wymienione zadania. Odpowiedzi na nie poszukuje się w tym opracowaniu. Dobrze będzie jednak rozpocząć od przypomnienia niektórych faktów i postaci poprzedzających „narodziny” i rozwój tego kierunku w nauce.

Początki przyszłej geotechniki

Przez bardzo długi okres przy wznoszeniu budowli opierano się jedynie na doświadczeniu poprzedników i własnej intuicji. Dopiero Leonardo da Vinci, a następnie Galileusz, podjęli próby nie tylko badań, ale i obliczania sił wewnętrznych. Podstawowe znaczenie w rozwoju mechaniki ciała sprężystego odegrały jednak prace teoretyczne Newtona oraz ustalenia Hooke'a. Powstały warunki do przeprowadzania ocen wartości przenoszonych przez konstrukcję obciążeń i jej stanu bezpieczeństwa. Sięga to XVIII w., a autorami takich rozwiązań byli absolwenci szkół wojskowych i oczywiście uczeni zainteresowani rozwijającą się wówczas teorią sprężystości. Jeżeli chodzi o grunty to próby pierwszych rozwiązań zadań inżynierskich podjęli Francuzi (Belidor, Coulomb) już w XVIII w. Szczególne zasługi położył Ch.A. Coulomb, usiłując ustalić wielkość parcia lub odporu gruntu na ścianę oporową. Zaproponował postać *hipotezy wytrzymałościowej*, która przetrwała do czasów współczesnych. Kolejnymi (XIX w) autorami rozwiązań zadań, wprost lub pośrednio dotyczących mechaniki gruntów, również nie byli geolodzy, lecz „technicy”, jak np.: Rankin, Mohr, Boussinesq, Reynolds i wielu innych. Za twórcę mechaniki gruntów należy niewątpliwie uznać Terzaghiego (inżyniera lądowego), który w 1925 r. opublikował podręcznik, przedstawiając w nim zarówno sposoby postępowania w celu identyfikacji fizycznego stanu materiału, jak i opis jego reakcji na zmianę obciążenia. On też w latach 1925–1929 stworzył podwaliny tej nauki na terenie USA, tak skutecznie, że została ona uznana za ważny dział *nauk inżynierskich*. W roku 1938 został zaproszony do poprowadzenia na uniwersytecie w Harvardzie, na kierunku geologii inżynierskiej, wykładów na ten temat. Współpracowali z nim i rozwijali mechanikę gruntów w Ameryce inni absolwenci studiów politechnicznych: Casagrande i Peck; w Europie natomiast, poza Terzaghim, mechaniką gruntów i jej zadaniami zajmowali się Taylor, Haefeli, Rutledge, Hvorslev, Skempton, Bishop, Henkel, Bjerrum, Roscoe, Schofield, Wroth, Bjarez, Burland czy Biot; w Rosji byli to: Cytowicz, Giersiewanow, Fłorin, Wasiljew, Sokołowski, Masłow, Kandaurow, Wiałow itd.; a w Polsce – z nieżyjących już: Wiłun, Huckel, Rosiński, Kisiel, nie wspominając osób wciąż prowadzących prace badawcze. W ogromnej większości byli to absolwenci uczelni kształcących na kierunku inżynierii lądowej, którzy czerpali inspiracje do tych badań z praktyki inżynierskiej. Połączenie tych zainteresowań pozwalało im uwzględniać w rozwiązaniach specyfikę materiału i tak projektować niezbędne badania, by charakterystyki materiału w nich ustalone najlepiej odpowiadały warunkom, jakie mogą wystąpić w naturze po zakłóceniu stanu równowagi.

Wspomniani badacze podchodzili do zagadnienia w sposób *fenomenologiczny*, tj. bez odwoływania się do struktury materiału. Tą z kolei problematyką – *gruntoznawstwem* – zajmowali się i zajmują przede wszystkim mineralodzy i chemicy. Przykładem może tu być Grim (1953) i napisana przez niego monografia dotycząca *minerałów ilastych*, oczywiście poza licznymi innymi badaczami. Dostarczyli oni, i wciąż dostarczają, niezmiernie ważnych informacji o materiale i jego strukturze, zwracając uwagę na niemechaniczne czynniki (pęcznienie, ekspansywność, zapa-

dowość, stan nienasycenia gruntu itp.), mogące wpływać na przebieg procesu termodynamicznego, a więc i na jego odwzorowanie, zatem również na metodykę badania parametrów materiałowych oraz prawidłowy dobór modelu ciała reologicznego (związku konstytutywnego). W żadnym przypadku nie oznacza to jednak, by właśnie oni mieli zajmować się oceną wartości parametrów materiałowych w związkach konstytutywnych i określeniem metodyki takich badań. Jest to bez wątpienia domeną autorów tych opisów (matematycznych modeli materiału). Co więcej, nie wydaje się nawet, by w ogóle możliwe było dzielenie w geomechanice problemów na dotyczące samego materiału i samych rozwiązań – niezależnie od siebie. Nie oznacza to, że każdy geotechnik musi zajmować się badaniami terenowymi i je organizować – szczególnie gdy dotyczy to identyfikacji materiału dla celów praktycznych. W dobie ścisłej specjalizacji, jak też niejednokrotnie bardzo „wyrafinowanych” metod badawczych, opartych na precyzyjnych technikach pomiarowych oraz konieczności wykonania niekiedy badań na rozległym terenie, sięgających znacznych głębokości, prac tego rodzaju nie mogą prowadzić osoby nie mające odpowiednich uprawnień – nawet wówczas gdy są doskonałymi fachowcami: geotechnikami czy geologami. Nie znaczy to jednak, że trzeba ich pozbawić prawa zdobywania takich uprawnień; należałoby sprawdzać ich umiejętności co do fachowości operowania sprzętem, prawidłowej jego obsługi, poprawnej rejestracji wyników itp. Trzeba też pamiętać, by prace te zawsze prowadzić w ścisłej współpracy z osobą odpowiedzialną za sporządzenie projektu geotechnicznego, często – jeżeli zakres przedsięwzięcia tego wymaga – współpracującą z konstruktorem (projektantem); jeżeli przewidywane są badania laboratoryjne to – według uzgodnionego programu – należy zlecać je uprawnionym laboratoriom.

Rola nauk technicznych w rozwoju geotechniki

Przedstawione fakty, tj. konieczność każdorazowych (zazwyczaj) badań materiału, a nade wszystko oryginalnego – dotyczącego indywidualnego problemu – wykorzystania tych informacji w ilościowym opisie procesu dynamicznego (rozwiązywaniu zadania) oznacza, że osoba zajmująca się tymi problemami musi mieć dobre przygotowanie zarówno z mechaniki ciągłego ciała odkształcalnego, jak i mechaniki gruntów. Potrzeba znajomości mechaniki wynika nie tylko z faktu opisywania materiału, w odwzorowaniach procesu termodynamicznego, modelem kontinuum materialne, ale też z konieczności uwzględnienia oddziaływań między budowlą i podłożem, natomiast znajomość mechaniki gruntów – z konieczności przystosowania rozwiązań uzyskanych dla ośrodka ciągłego do warunków materiału rozdrobnionego i wielofazowego – również wieloskładnikowego. Wiadomo, że wciąż jeszcze dyskutowane są nie tylko kryteria zniszczenia i hipotezy wytrzymałościowe, ale nade wszystko opis odkształcalności tych materiałów. Badania tego rodzaju wykonywane są głównie z inspiracji środowisk związanych z inżynierią lądową, a konkretnie – **geotechników**, taka bowiem specjalizacja już jest faktem. Wydaje się też, że postęp w tej dziedzinie, zarówno w zakresie badań teoretycznych, jak i praktyce inżynierskiej, jest niepodważalną zasługą tych właśnie osób. Przykładami tego

mogą być: liczne adaptacje rozwiązań zadań teorii sprężystości i plastyczności do potrzeb geoinżynierii, opracowanie teorii stanu krytycznego, prace nad gruntami zbrojonymi, opracowanie wielu technologii wzmocnienia i odwodnienia podłoża przy użyciu geomateriałów, również pale gruntowe, badania dotyczące warstw izolacyjnych wyścielających składowiska odpadów, ekrany wodoszczelne, warstwy filtracyjne itp., wszystko to dokonuje się dzięki inwencji geotechników. Badacze ci, by weryfikować swe pomysły, muszą prowadzić różnorodne eksperymenty na samym materiale oraz na modelach obiektów inżynierskich (w różnych skalach) – zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i polowych, w czym nie należałoby im stawiać przeszkód.

Wymienione obszary działalności, zdaniem autorki, wydają się wskazywać, iż właściwym miejscem podstawowego kształcenia przyszłych geotechników (nie geologów inżynierskich) powinny być uczelnie techniczne, przygotowujące studentów do rozwiązywania zadań dotyczących konstrukcji inżynierskich. Kierunkiem, na którym się tego uczy, jest budownictwo; w pewnym zakresie również górnictwo, lecz gdy chodzi o geotechnikę, to głównie – odkrywkowe. Za takim właśnie rozwiązaniem przemawia dotychczasowe doświadczenie.

Jest też oczywiste, że w zakresie zainteresowań i badań geologów inżynierskich (w powiązaniu z innymi działami geologii) znajduje się rozpoznawanie i przeprowadzanie ogólnych podziałów i identyfikacji utworów zalegających w przypowierzchniowej strefie skorupy ziemskiej. Bardzo klarownie propozycje podziału tych utworów przedstawione zostały w materiałach biuletynu IAEG (1981). Wychodząc od najbardziej ogólnych odwzorowań, podziały te dotyczą: serii, zespołów i warstw litologicznych. Jako jednostkę o najwyższym stopniu szczegółowości rozpoznania wyróżniono warstwę geologiczno-inżynierską, którą można uznać za odpowiednik warstwy geotechnicznej. W omawianym opracowaniu dość szczegółowo został określony zakres rozpoznania, jaki należałoby dla każdego z przedstawionych wydziałów zrealizować, w tym również dla „warstwy geologiczno-inżynierskiej”. W tym przypadku w dużej części pokrywa się on z informacjami zawartymi w Eurokodzie 7, dokumencie przygotowanym przez Europejski Komitet Normalizacyjny dla krajów Wspólnoty Europejskiej, w związku z kompletowaniem europejskich norm projektowania. Dokument ten pełną identyfikację gruntu jako materiału stanowiącego część realizowanej budowli powierza geotechnikom. Podejście takie obowiązuje już od wielu lat w krajach zachodnich i USA; przewiduje się też, że w krajach Wspólnoty Europejskiej zostanie ono wprowadzone do roku 2010. Mimo tak bliskiego terminu krajowe dokumenty prawne tylko częściowo porządkują te sprawy. Wciąż tłumaczone są i przystosowywane odpowiednie normy. Co gorsze, najistotniejsze postanowienia w kwestii ogólnych zasad postępowania, zawarte w „Prawie geologicznym i górniczym” – w zasadzie – nie uległy zmianie, jeżeli chodzi o projektowanie i dokumentację geotechniczną; to właśnie wyjaśnia wcześniejszą uwagę o utrudnieniach czynionych geotechnikom z dyplodem inżyniera budowlanego.

Na brak precyzji i niespójność aktów prawnych autorka zwracała uwagę już we wcześniejszych opracowaniach, np. Suchnicka (2006, 2007). Potwierdzeniem jej zastrzeżeń wydawały się próby wprowadzenia do przepisów pewnych zmian, nie-

stety nie tylko nie wyjaśniających do końca spornych kwestii, ale, co gorsza, konsekwentnie usuwanych z tekstu przy kolejnych nowelizacjach „Prawa geologicznego i górniczego” (1994). Częstotliwość dokonywanych korekt (27.07.2001, 1.01.2004, 22.04.2005, 1.01.2006) jest tak duża, że trudno by było nawet je omawiać, jako że cykl opublikowania artykułu jest znacznie dłuższy od kolejnej aktualizacji wspomnianego prawa. Niemniej przypomnijmy niektóre z wcześniej wprowadzonych, **logicznych** postanowień, np. odnośnie do definicji **roboty geologicznej** (art. 6, p. 3); wyłączono z niej wówczas *prace dotyczące ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych* lub art. 4, objaśniającego, do czego ustawy **nie należy stosować** (p. 4), a mianowicie: *ustalania przydatności gruntów dla potrzeb budownictwa (ale) bez wykonywania robót geologicznych*, którymi jednak **nie musiały być** *wszelkie czynności poniżej powierzchni ziemi* – niestety postanowienia te zostały później wycofane.

W sytuacji, jaka powstała, należałoby więc zastanowić się, czy właściwe jest, by rozpoznanie podłoża (górotworu) w zakresie potrzeb budownictwa – ogólnie potraktowanego – stanowiące **dokumentację geotechniczną**, było regulowane przez „Prawo geologiczne i górnicze”. Niewątpliwym potwierdzeniem tej wątpliwości było rozporządzenie w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia... ogłoszone w 1998 r. W sposób sensowny i „nowoczesny”, a najważniejsze – zwięzły, porządkuje ono sprawy dotyczące rozpoznania i dokumentacji geotechnicznej dla potrzeb budownictwa. Niestety, przez umieszczenie w nim art. 8.2 nadzieje związane z tym dokumentem okazały się złudą. Wymienione w podanym punkcie zagadnienia, do jakich miałyby się sprowadzać oceny geotechnicznych warunków posadowienia, zawężyły problematykę do najprostszych przypadków inżynierskich, których rozwiązanie można by oprzeć na doświadczeniu porównywalnym, nie wymagającym prawie żadnych badań.

Można przypuszczać, że wprowadzenie w roku 2001 poprawek do „Prawa geologicznego i górniczego”, z czego niestety następnie się wycofano, wynikało z uzmysłowienia sobie różnic między pracami dotyczącymi ogólnych podziałów i identyfikacji materiału stanowiącego skorupę ziemską, zwłaszcza zaś poszukiwania złóż minerałów i surowców, a rozpoznaniem tego materiału w związku z przejmowaniem przez niego obciążeń od budowli. Do tego właśnie przypadku odnosi się ustalanie właściwości geotechnicznych podłoża i – wobec traktowania go jako część budowli – potrzeba sporządzania dokumentacji geotechnicznej, będącej integralną częścią projektu budowlanego (podobnie zresztą jak przy dokumentacji hydrogeologicznej). Dokumentacji geotechnicznej, w której należy rozważyć, ocenić i ustosunkować się do bardzo wielu elementów, by było możliwe nie tylko wprowadzenie odpowiednich podziałów na quasi- jednorodne warstwy gruntowe (zgodnie z sugestiami projektanta geotechnika), ale też oszacowanie dla nich wartości parametrów charakterystycznych i obliczeniowych (zgodnie z opracowanym programem badań), jak również prognozowanie skutków, jakich należy oczekiwać podczas eksploatacji budowli.

Podsumowanie

Przedstawione fakty wydają się dość wyraźnie wskazywać na ścisły związek geotechniki z budownictwem (ogólnie pojmowanym); wydzielenie się jej w niezależną specjalność spowodowane zostało specyfiką materiału, jakim jest grunt.

Właśnie ta specyfika materiału sprawia, iż nie da się oddzielić rozwiązania zadania (praktyki inżynierskiej) od dobrej znajomości samego materiału, dlatego też geotechnikami są zwykle inżynierowie budowlani.

Konieczne staje się potwierdzenie takiego właśnie stanu rzeczy odpowiednimi przepisami, w których w sposób jednoznaczny zostałyby określone (w duchu unijnych postanowień) czynności związane z projektowaniem geotechnicznym oraz dotyczące geologicznej identyfikacji podłoża (udokumentowanej odpowiednimi mapami). Pozwoliłoby to na wyraźne rozdzielenie prac wykonywanych dla potrzeb geologii i planów przestrzennej rozbudowy terenu od prac wykonywanych dla budownictwa, ze wskazaniem, że dokumentacja geotechniczna stanowi najbardziej szczegółowy (generalnie biorąc) opis podłoża. Jej zakres określa kategoria geotechniczna, do jakiej zaliczone zostało zadanie projektowe.

Niezbędna jest redefinicja pojęcia robota geologiczna. Jak wiadomo, metodyka i urządzenia do wykonywania prac terenowych uległy radykalnej zmianie i dla ich realizacji konieczna jest przede wszystkim znajomość mechaniki i elektroniki. Odpowiednie uprawnienia winny zatem posiadać ekipy wykonujące te „roboty”, oczywiście przy udziale geologa czy geotechnika realizujących (każdy w zakresie swoich kompetencji) program przewidziany w projekcie.

Należałoby wnieść poprawki odnośnie do punktu określającego osoby mogące ubiegać się o pozwolenie na wykonywanie robót geologicznych, najlepiej byłoby wydzielić z nich prace związane z ustalaniem geotechnicznych warunków posadawiania (obecnie przepisy wykluczają z ich prowadzenia geotechników o wykształceniu budowlanym). Za takim rozwiązaniem przemawia możliwość wykorzystywania do badań terenowych, szczególnie przy głębokościach nie przekraczających 10 m, nowoczesnego, lekkiego, zautomatyzowanego sprzętu pomiarowego, którym może dysponować zarówno geolog, jak i geotechnik.

Co do nieporozumień, a nawet sporów, jakie toczono w kwestii, kto winien zajmować się rozpoznaniem gruntu w strefie jego współdziałania z konstrukcją inżynierską, to wydają się one wynikać z dwu powodów:

- braku akceptacji dla zachodzących zmian w związku z rozwojem nauki i techniki,
- niekompetencji osób odpowiedzialnych za opracowanie odpowiednich przepisów – jednoznacznych i spójnych oraz dostosowanych do aktualnego poziomu cywilizacyjnego.

Wypracowanie rozwiązań co do wymienionych kwestii wymaga niewątpliwie wspólnej, życzliwej dyskusji. Nie chodzi bowiem o wyeliminowanie – na wstępie – jakichś grup osób z możliwości ubiegania się o odpowiednie uprawnienia w zakresie geotechniki, ale o opracowanie przemyślanych i rozsądnych rozwiązań.

Literatura

- Bulletin of the IAEG, 1981. Symposium on Engineering Geological Problems of Construction on Soluble Rocks 24: 235–255.
- EN 1997 Eurokode 7, Geotechnical design, part 1 EN 1997 – 1: 2004–09.
- Grim R.E., 1953. Clay mineralogy. Mc Graw-Hill.
- Prawo geologiczne i górnicze (ustawa z 4.02.1994). Dz. U. 94.27.96 oraz późniejsze redakcje. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji, w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. Dz. U. nr 126, poz. 839, 1998.
- Suchnicka H.B., 2006. O niespójności przepisów prawnych dotyczących sporządzania dokumentacji geotechnicznej. Inżynieria i Budownictwo 6: 343–345.
- Suchnicka H.B., 2007. Geotechnika w górnictwie odkrywkowym. Górnictwo Odkrywkowe 1–2: 5–10.
- Terzaghi K., 1925. Erdbautechnik auf bodenphysikalischer Grundlage. F. Deuticke, Wien.