

Wprowadzenie do problematyki badania i rozpoznania podłoża budowlanego inwestycji kolejowych



tekst: dr EDYTA MAJER, mgr ADAM ROGUSKI, dr MARTA SOKOŁOWSKA,
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

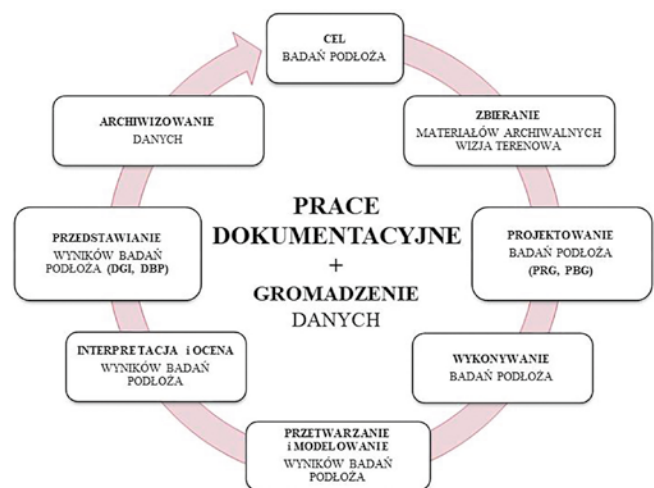
Badania podłoża budowlanego są podstawą projektowania obiektów budowlanych. Od tego, jak dobrze i jak dokładnie zostanie rozpoznane podłoże budowlane, zależy nie tylko bezpieczeństwo, ale także czas realizacji inwestycji budowlanej oraz koszty jej budowy i utrzymania. Wychodząc naprzeciw tym założeniom oraz w celu optymalizacji zakresu badań podłoża i standaryzacji procesu ich dokumentowania, opracowano wytyczne metodyczne, które są stosowane przez spółkę PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. oraz spółkę Centralny Port Komunikacyjny Sp. z o.o. W artykule przedstawiono główne założenia procesu dokumentowania podłoża budowlanego na różnych etapach procesu inwestycyjnego na potrzeby realizacji inwestycji kolejowych.

Wprowadzenie

W świetle obowiązujących przepisów proces dokumentowania przebiega na podstawie dwóch aktów prawnych: Prawa geologicznego i górniczego (dokumentowanie geologiczno-inżynierskie) [1] oraz Prawa budowlanego (dokumentowanie geotechniczne) [2].

Ustawy definiują, jakie dokumenty powstają podczas dokumentowania badań podłoża. W przypadku ustawy Prawo geologiczne [1] i górnicze są to: projekt robót geologicznych (PRG) i dokumentacja geologiczno-inżynierska (DGI), natomiast w świetle ustawy Prawo budowlane [2] oraz normy PN-EN 1997-2:2009 (część druga Eurokodu 7) [3] są to: program badań geotechnicznych (PBG) oraz dokumentacja badań podłoża (DBP).

Niezależnie od przepisów prawa prace dokumentacyjne rozpoczynają się od określenia celu badań podłoża. Następnie konieczne jest zebranie dostępnych danych archiwalnych oraz przeprowadzenie wizji terenowej. Posiadając informacje o celu badań oraz archiwalne dane dotyczące budowy geologicznej i zagospodarowania terenu, można odpowiednio zaprojektować badania podłoża, w tym dobrać optymalną metodę (metody) badań, technikę badań, zakres i metodykę. Efekty tych prac przedstawia się w projektach robót geologicznych lub programach badań geotechnicznych i na ich podstawie wykonuje badania geologiczno-inżynierskie lub badania geotechniczne w terenie (badania terenowe). Po etapie projektowo-wyko-



Ryc. 1. Proces dokumentowania badań podłoża budowlanego [4, 5]

nawczym przystępuje się do przetwarzania, modelowania, interpretacji i oceny wyników badań podłoża, które umieszcza się w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej lub dokumentacji badań podłoża. Wszystkie efekty prac dokumentacyjnych w celu przyszłego dostępu archiwizuje się i gromadzi w odpowiednio do tego przygotowanym miejscu. Schemat dokumentowania badań podłoża na potrzeby realizacji inwestycji kolejowych pokazano na rycinie 1.

Przegląd literatury

Wytyczne PKP zostały opracowane na zlecenie spółki PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. w 2015 r. przez trzy jednostki naukowe: Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Instytut Techniki Budowlanej oraz Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Po roku użytkowania dokument został zaktualizowany do obecnie wymaganej wersji wytycznych PKP z 2016 r. [6] (ryc. 2, po lewej). Wytyczne CPK [4] zostały opracowane w 2021 r. na zlecenie spółki CPK przez Państwowy Instytut Geologiczny – PIB (ryc. 2, po prawej). Wytyczne [4, 6] zostały wdrożone przez spółki do stosowania w ich działalności i są dostępne na stronach internetowych. Na podstawie wytycznych [4, 6] projektuje się i wykonuje badania podłoża budowlanego dla inwestycji kolejowych, które realizują obydwa podmioty w ramach programów krajowych.



Ryc. 2. Krajowe wytyczne dotyczące rozpoznania podłoża budowlanego na potrzeby inwestycji kolejowych [4, 6]

Wytyczne [4, 6] stanowią zbiór wymagań, zasad i zaleceń określających sposób postępowania podczas dokumentowania badań podłoża budowlanego dla inwestycji kolejowych. W wytycznych opisano proces dokumentowania badań podłoża budowlanego, w tym projektowania i wykonywania badań, w sposób dostosowany do etapu inwestycji kolejowej.

Proces dokumentowania badań podłoża

Chcąc rzetelnie rozpoznać podłoża budowlane, zidentyfikować zjawiska i procesy geologiczne, które mogą niekorzystnie wpłynąć na budowę i eksploatację obiektu budowlanego, prowadzi się prace dokumentacyjne. Pierwsze etapy dokumentowania obejmują określenie celu badań, zbieranie i analizowanie danych archiwalnych oraz przeprowadzenie wizji terenowej.

Kolejnym etapem dokumentowania jest projektowanie badań. Polega ono na ustaleniu zakresu, metodyki oraz lokalizacji badań podłoża. Zakres i rodzaj badań powinien umożliwić rozpoznanie podłoża budowlanego w stopniu pozwalającym na bezpieczne zaprojektowanie posadowienia obiektu budowlanego. Zakres projektowanych badań powinien być również dostosowany do przewidywanej budowy geologicznej i jej skomplikowania. Szczegółowy zakres projektowanych badań zamieszcza się w projekcie robót geologicznych (PRG) lub programie badań geotechnicznych (PBG).

Rozpoznanie podłoża budowlanego rozpoczyna kartowanie geologiczno-inżynierskie lub dla mniejszych inwestycji wizja lokalna, następnie lub równocześnie wykonywane są badania geofizyczne, wiercenia, sondowania i pomiary geodezyjne.

Kartowanie geologiczno-inżynierskie obejmuje prowadzenie obserwacji terenowych w celu zebrania informacji o zagospodarowaniu terenu, występujących na terenie badań formach geomorfologicznych oraz o zjawiskach i procesach geologicznych, geodynamicznych, antropogenicznych. Wyniki kartowania przedstawiane są w formie kart obserwacji terenowych, map tematycznych, dokumentacji fotograficznej, zestawień tabelarycznych i zamieszczane w dokumentacjach.

Po etapie kartowania wykonywane są właściwe badania podłoża. Badania coraz częściej rozpoczynają badania geofizyczne. Najczęściej wykorzystywane są metody z zakresu geofizyki inżynierskiej, które umożliwiają określenie niektórych właściwości fizyczno-mechanicznych ośrodka gruntowo-skalnego, a także wykrycie infrastruktury podziemnej i innych zagrożeń dla inwestycji, np. niewybuchów, pustek. Metody geofizyczne mają zastosowanie na każdym etapie procesu inwestycyjnego, począwszy od etapu przygotowania inwestycji, a skończywszy na etapie likwidacji. Głównymi czynnikami, które decydują o atrakcyjności badań geofizycznych, są szybkość wykonania badań oraz ich bezinwazyjność – badania te nie powodują zmian na powierzchni terenu, nie ingerują w podłoża budowlane, są neutralne dla środowiska. Wyniki badań geofizycznych korelowane są z wynikami punktowych badań podłoża (badań inwazyjnych, np. wiercenia, sondowania). Metody geofizyczne dobiera się w zależności od celu badań oraz regionalnych warunków geologicznych. Wyodróżniono następujące metody geofizyczne: elektrooporowe, elektromagnetyczne, sejsmiczne (ryc. 3), georadarowe, magnetometryczne, gravimetryczne.



Ryc. 3. Badania sejsmiczne na dnie wykopu, fot. M. Szlasa

Wykonywanie wierceń i sondowań to kolejny etap rozpoznania podłoża. Podczas wiercenia w podłożu budowlanym drążony jest cylindryczny otwór. W zależności od przewidywanej budowy geologicznej, celu wiercenia oraz kategorii i klasy jakości prób gruntów i skał zaplanowanych do pobrania w trakcie wiercenia dobiera się odpowiednie techniki i narzędzia wiertnicze, które podzielono na wiercenia mechaniczne, ręczne, udarowe, obrotowe, okrętne, wibracyjne, suche, płuczkowe, rdzeniowe, kierunkowe i inne.

W trakcie wierceń ustala się profil litologiczny, czyli jakie grunty lub skały występują w jakich przedziałach głębokościowych, oznacza się i opisuje przewiercane warstwy gruntów i skał, ustala się głębokość występowania poziomu wód podziemnych oraz za pomocą narzędzi wiertniczych lub próbników pobiera się próby gruntów i skał do badań laboratoryjnych. W otworach



Ryc. 4. Sondowanie dylatometryczne, fot. M. Szlasa

wiertniczych czasem wykonuje się inne badania, np. otworowe badania geofizyczne lub sondowania.

Sondowania wykonywane są w odpowiedniej odległości od wierceń i umożliwiają pomiar parametrów fizyczno-mechanicznych bezpośrednio w podłożu budowlanym. Sondowania polegają na zagłębianiu końcówki sondy w podłoże budowlane z jednoczesnym pomiarem parametrów kolejnych warstw (ryc. 4). Wyróżniono następujące sondowania: statyczne, dynamiczne, dylatometryczne, presjometryczne i inne.

Sondowania dobierane są w zależności od rodzaju gruntów i skał. Pomierzone w trakcie sondowań parametry korelowane są z parametrami fizycznymi i mechanicznymi, które następnie wykorzystywane są do obliczeń projektowych. Dobór korelacji jest bardzo istotny, gdyż może prowadzić do błędnego oszacowania parametrów fizyczno-mechanicznych gruntów i skał, a w konsekwencji do błędów projektowych.

Z uwagi na transformację energetyczną coraz częściej wykonywane są badania termiczne. Umożliwiają one określenie właściwości cieplnych gruntów i skał na potrzeby optymalnego zaprojektowania sieci elektroenergetycznych.

Podczas badań terenowych prowadzi się pomiary geodezyjne w celu ustalenia współrzędnych płaskich i rzędnej lokalizacji prowadzonych badań lub obserwacji. Pomiary wykonywane są zgodnie ze standardami stosowanymi w geodezji.

Pobierane podczas wierceń próby gruntów i skał odpowiednio się zabezpiecza, przechowuje w celu zachowania własności fizycznych i mechanicznych i najlepiej na bieżąco przekazuje do laboratorium. Na próbkach gruntów i skał w warunkach



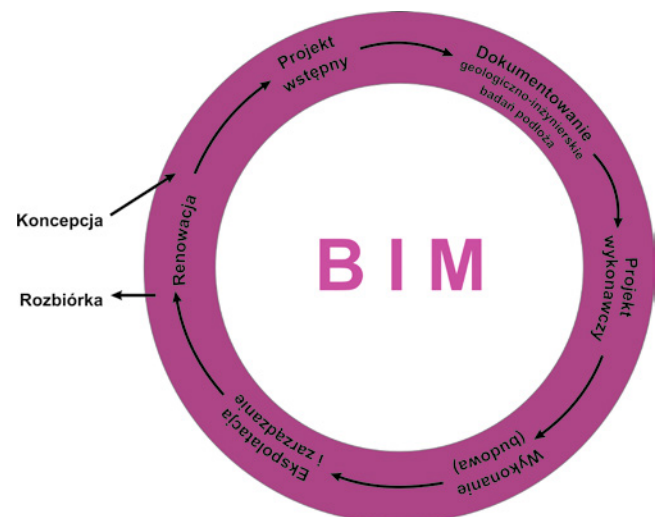
Ryc. 5. Badania w aparacie trójosiowym, fot. M. Szlasa

laboratoryjnych oznacza się cechy fizyczne, chemiczne i mechaniczne (ryc. 5). Badania wykonuje się zgodnie z aktualnymi normami lub procedurami badawczymi. Zakres i metodykę badań laboratoryjnych dostosowuje się do rodzaju gruntów i skał, ale również do rodzaju projektowanego obiektu budowlanego i skały inwestycji.

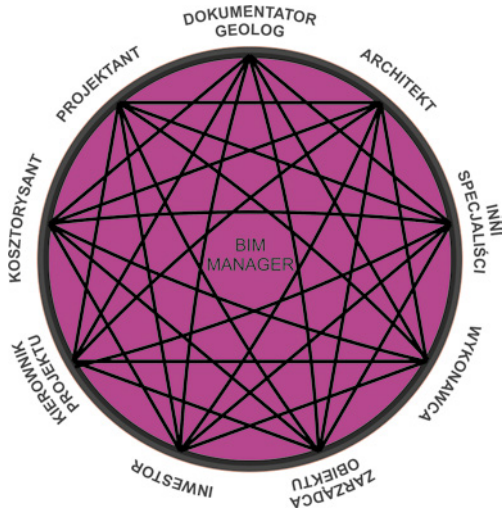
Wyniki badań terenowych oraz laboratoryjnych podlegają interpretacji i analizie. Proces ten polega na ustaleniu zależności pomiędzy wynikami badań terenowych i oznaczeń laboratoryjnych. Efektem interpretacji i analizy wyników są mapy, przekroje, modele, wykresy, zestawienia tabelaryczne. Tak opracowane wyniki badań podłoża ocenia się, a wynikiem oceny jest określenie złożoności warunków geomorfologicznych, geologicznych, hydrogeologicznych, geotechnicznych oraz identyfikacja zagrożeń geologicznych. Ocena wyników badań jest podstawą wnioskowania i stanowi najważniejszy element procesu rozpoznania podłoża. Prawidłowa ocena wyników badań ma bezpośredni wpływ na bezpieczne zaprojektowanie, wykonanie i eksploatację obiektu budowlanego. Ocenę powinni przeprowadzać dokumentatorzy z odpowiednią wiedzą i doświadczeniem, dzięki czemu można ograniczyć błędy w dokumentowaniu.

Efektem wszystkich prac geologiczno-inżynierskich jest dokumentacja geologiczno-inżynierska, zaś prac geotechnicznych – dokumentacja badań podłoża. Dokumentacje zawierają m.in. załączniki graficzne w postaci zbiorów cyfrowych map, opracowywanych zwykle w systemie GIS. Pozwala to na zobrazowanie istotnych elementów inwestycji w odpowiedniej skali. Wytyczne CPK [4] określają, jakiego rodzaju dane cyfrowe (wektorowe i rastrowe) należy zgromadzić, przetworzyć i wytworzyć w trakcie procesu dokumentowania w zależności od etapu inwestycji. Takie podejście umożliwiło zestandaryzowanie wszystkich gromadzonych i wytwarzanych warstw na poszczególnych etapach procesu inwestycyjnego, tak aby z różnych odcinków na każdym etapie inwestycji i w każdym momencie można było w prosty sposób wykorzystać je zarówno do opracowania kompozycji mapowych, jak i do analiz przestrzennych [4].

Wytyczne CPK [4] zakładają, że wyniki rozpoznania i badań podłoża opracowuje się i przekazuje zamawiającemu w formie umożliwiającej wykorzystanie metodyki BIM (ryc. 6). Wyniki



Ryc. 6. Miejsce dokumentowania podłoża budowlanego w procesie BIM



Ryc. 7. Relacje między uczestnikami procesu inwestycyjnego w procesie BIM

badan podłoża budowlanego stanowią w procesie realizacji inwestycji CPK podstawę do dalszego projektowania. Wymusza to gromadzenie danych, które nadają się do przetwarzania, udostępniania i wymiany między wszystkimi uczestnikami procesu inwestycyjnego (ryc. 7).

Podsumowanie

Efektom wdrożenia wytycznych [4, 6] jest zwiększenie roli badań podłoża w procesie inwestycyjnym, standaryzacja badań i procesu dokumentowania podłoża budowlanego, wprowadzenie do stosowania narzędzi typu GIS oraz BIM, a także opracowanie dokumentacji w formie dokumentu elektronicznego.

REKLAMA

Dzięki stosowaniu wytycznych inwestorzy (PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. i CPK Sp. z o.o.) ograniczają ryzyko inwestycyjne w zakresie nieodpowiedniego rozpoznania podłoża budowlanego i zmniejszają liczbę roszczeń z uwagi na stwierdzenie nieprzewidywanych warunków gruntowo-wodnych.

Literatura

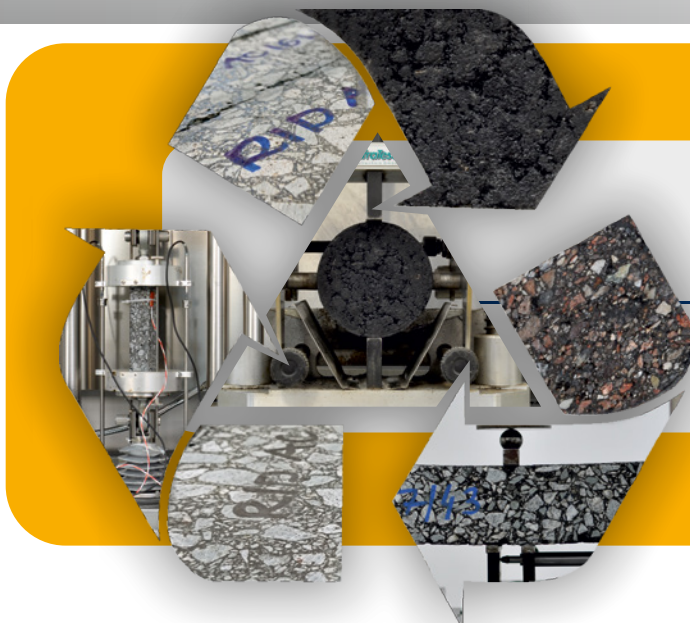
- [1] Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze. Dz.U. 2022, poz. 1072 z późn. zm.
- [2] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane. Dz.U. 2021, poz. 2351 z późn. zm.
- [3] PN-EN 1997-2:2009 Eurokod 7. *Projektowanie geotechniczne. Cz. 2. Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.*
- [4] Majer E., Sokołowska M. (red.), Frankowski Z., Ryżyński G., Majer K., Pacanowski G., Lasocki M., Roguski A., Piechota A., Czarniak P., Wasilewski K., Barański M., Jaros M., Szlasa M., Judkowiak M., Ostrowski S., Cyglicki M.: *Wytyczne rozpoznania i badań podłoża budowlanego dla inwestycji kolejowych dużych prędkości.* Wydawnictwa PIG-PIB. Warszawa 2021. Dostępny w Internecie: <https://cpk.pl/pl/aktualnosci-2/spolka-cpk-przedstawila-wytyczne-badan-podloza-budowlanego-dla-kdp> (dostęp 3 listopada 2022).
- [5] *Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskiego.* Red. E. Majer, M. Sokołowska, Z. Frankowski. Wydawnictwa PIG-PIB. Warszawa 2018.
- [6] *Wytyczne badań podłoża gruntowego dla potrzeb budowy i modernizacji infrastruktury kolejowej.* PKP PLK S.A. Warszawa 2016.



Czytaj więcej

MRP'23

Warszawa, 18 października 2023



KONFERENCJA

Nowoczesne nawierzchnie drogowe
Recykling w konstrukcjach nawierzchni drogowych

CONFERENCE

Modern road pavements
Recycling in road pavement structures