

Jerzy PAWLICKI  
Jaroslav BROUL  
Libor IŽVOLT

## METODYKA BADAŃ GEOTECHNICZNYCH DLA POTRZEB MODERNIZACJI DRÓG ŻELAZNYCH

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono metodę oraz zakres prac geotechnicznych i geologiczno-inżynierskich rozpoznania podłoża linii kolejowych przewidzianych do modernizacji. Wyniki badań dostarczają pełnego zbioru danych przydatnych do opracowywania dokumentacji projektowej przy rekonstrukcjach, naprawach lub rozbudowie odcinka linii.

## METHODOLOGY OF GEOTECHNICS RESEARCH FOR RAILWAY LINES MODERNIZATION

**Summary.** In the paper there are described the principles of the geotechnics research and methods of a closed research (dynamical penetration, kernel drills, loading tests, pattern design). Requested results of the geotechnics research are also published here.

### 1. WPROWADZENIE

W ostatnich latach na wielu odcinkach sieci kolejowej ŽSR i ČD były prowadzone, w ramach modernizacji linii dużych prędkości, szczegółowe badania geotechniczne. W Polsce takie badania wykonuje się na linii E 20 i na północnym fragmencie linii E 65.

Badania geotechniczne dróg żelaznych stanowią dziś jednolity system licznych prac, które obejmuje tzw. wielostopniowa diagnostyka podłoża podkładów. Badania szczegółowe dla celów odnowy lub rekonstrukcji mogą być realizowane jednostopniowo lub dwustopniowo (w przypadku konieczności rozszerzenia obserwacji). Ich zadaniem jest ocena jakości nawierzchni, podłoża, obiektów inżynierskich i wyodrębnienie tzw. miejsc problemowych, które wymagają wykonania dodatkowych czynności pomiarowych lub

naprawczych. W efekcie otrzymuje się pełne informacje o podłożu, podtorzu i nawierzchni, które umożliwią podjęcie decyzji inwestycyjnych [3,4,5,8].

Program badań geotechnicznych jest przygotowany w taki sposób, aby wyniki pomiarów pozwoliły na stworzenie pełnego obrazu stosunków geologiczno-inżynierskich badanego terenu oraz własności miejscowych gruntów.

## 2. OGÓLNE ZASADY BADAŃ GEOTECHNICZNYCH

### 2.1. Uwagi wstępne

Na zakres badań składają się między innymi [1,6]:

- sprawdzenie istniejącej konstrukcji podłoża podkładów,
- opracowanie opisu morfologicznego trasy, geologicznego opisu uwarstwienia oraz poznanie warunków wodnych,
- ocena stanu podsypki, zalecenie recykacji,
- ocena poziomu, stanu i jakości budowli ziemnej,
- sprawdzenie charakterystyk geotechnicznych podłoża gruntowego (uziarnienia, masy objętościowej, wilgotności, stopnia zagęszczenia, konsystencji, klasy gruntów),
- ustalenie składu chemicznego podtorza gruntowego (zawartości lignitu, wapnia),
- określenie modułu odkształcenia i zredukowanego modułu deformacji podtorza,
- ocena warunków wodnych podtorza i mrozoodporności,
- wydzielenie charakterystycznych odcinków linii na podstawie uzyskanych wyników,
- orientacyjna ocena przydatności gruntów do stabilizacji włącznie z zaleceniem odpowiedniej metody,
- ocena podstawowych warunków wybranych obiektów podtorza,
- ocena stanu konstrukcji obiektów,
- ocena składu chemicznego wód znajdujących się w otoczeniu obiektów,
- przewidzenie możliwych trudności przy budowie,
- zaproponowanie dodatkowych badań.

Zakres badań może być zmieniony zależnie od oczekiwań inwestora. Zwykle jednak zakres ten wynika ze wstępnej (zgrubej) fazy badań geotechnicznych. Najczęściej testowane miejsca są oddalone od siebie o 150 - 200 m dla każdego terenu oddzielnie z uwzględnieniem konfiguracji terenu i zauważonych miejsc charakterystycznych. Głębokość sond powinna być taka, aby można było sprawdzić wszystkie obciążone warstwy, skutki dynamicznych

naprężeń lub inne wpływy. Minimalną głębokość w nasypach określają warstwy, których osiadanie i brak stabilności jest znaczący. Granicę stanowi 10% udział całkowitego osiadania budowli ziemnej.

## 2.2. Badanie podłoża podkładów

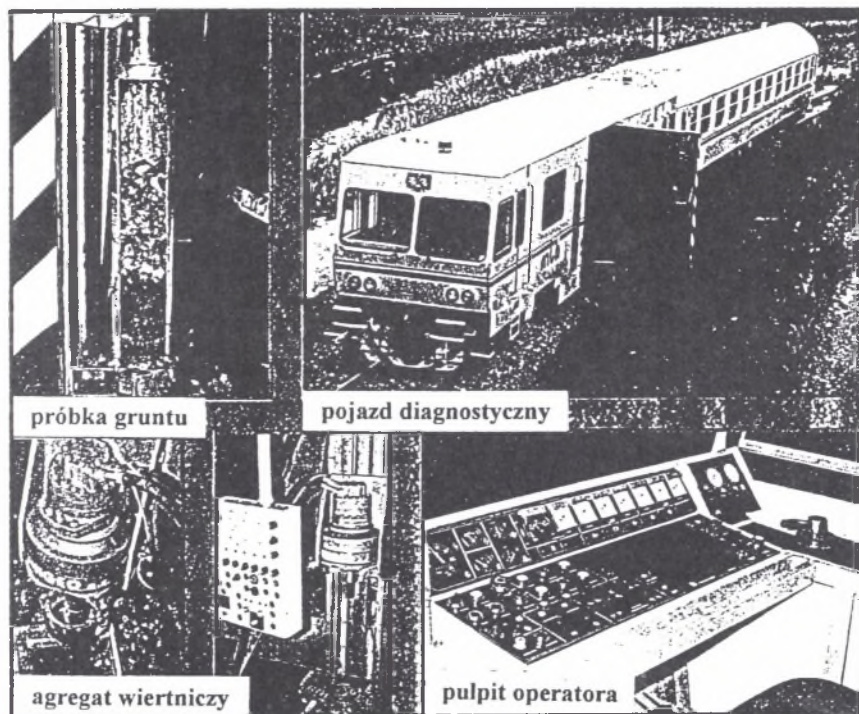
Badania w podłożu podkładów „in situ” są realizowane tzw. metodą kombinowaną, która polega na wykonaniu sond penetracyjnych, wierceń rdzeniowych, szybków wraz ze statycznymi i dynamicznymi testami obciążeniowymi, pobieraniem próbek z podłoża podkładów i podłoża gruntowego. Odwierty i próbki wykonane za pomocą jednostki do diagnostyki podtorza (DSŽS) umożliwiają wykorzystanie wyników dynamicznych badań penetracyjnych; statyczne i dynamiczne badania obciążeniowe pozwalają utworzyć bazę danych dynamicznych modułów penetracji i statycznych (dynamicznych) modułów deformacji, przydatnych do określenia zależności korelacyjnych między tymi charakterystykami dynamicznymi. Efektem jest możliwość oceny i wymiarowania podłoża podkładów [1,7].

## 2.3. Penetracja dynamiczna

Dynamiczne sondy penetracyjne, które są umieszczone między podkładami w środku toru, badają podsypkę i podłoże gruntowe, czym uzupełnia się jakościową ocenę materiałów w aktywnej strefie podłoża podkładów. Testowane miejsca należy wybrać w projekcie na podstawie rozpoznania (wywiadu) terenowego całego odcinka.

Po wstępnej ocenie prób penetracji dynamicznej (jej zaletą jest szybkie dostarczenie wyników), przy której można określić grubość warstwy podsypki, warstw konstrukcyjnych, jakość podłoża ziemnego, obecność wód gruntowych, przystępuje się do dokładnego ustalenia miejsc wykonywania prób obciążeniowych, wierceń rdzeniowych - usytuowanych poza zewnętrznym torem w odległości około 1,05 m od osi toru. Można także respektować miejsca testowania przewidziane w projekcie. Otrzymane z prób penetracyjnych wartości mają znaczenie nie tylko przy określaniu charakterystyki typu odkształcenia podłoża podkładów, ale także przy wyborze właściwego sposobu sanacji podłoża podkładów.

Dynamiczne sondy penetracyjne są wykonywane za pomocą dynamicznego penetracyjnego urządzenia, w które wyposażona jest jednostka DSŽS. Urządzenie to odpowiada wymaganiom DIN 4094 [1,2].



Rys.1. Pojazd diagnostyczny do badań geotechnicznych podtorza

Fig.1. The diagnostic vehicle for subgrade geotechnics research

## 2.4. Wiercenie rdzeniowe

Urządzeniem wiertniczym, w jakie wyposażona jest jednostka DSŽS (rys. 1), można realizować wiercenia na maksymalną głębokość ok. 15 m, wyjątkowo do 18 m. Odwierty rdzeniowe o minimalnej średnicy 110 mm są wykonywane w odległości 0,7-1,2 m od skrajnego toru. Ich celem jest sprawdzenie materiałów podsypki, podtorza lub podłoża.

Wiercenia w obiektach podtorza wykonuje się w celu sprawdzenia ich stanu i są realizowane za pomocą przenośnych urządzeń wiertniczych o średnicy min 45 mm.

Z odwiertów można otrzymać próbki skał, muru, gruntów, wody podziemnej w celu sprawdzenia ich fizykomechanicznych parametrów i składu chemicznego. Po zakończeniu prac wiertniczych odwierty rdzeniowe likwiduje się przez zasypanie piaskiem. Torowisko po likwidacji otworu jest zagęszczane.

## 2.5. Pomiar statycznego modułu odkształcenia $E_0$

Statyczny moduł odkształcenia można mierzyć w punktach ustalonych w projekcie lub na podstawie dynamicznej penetracji. Badania są realizowane za pomocą urządzenia typu EUROPAQ, który odpowiada kryterium ISO 9000. Do wykonania pomiaru wykorzystana jest sztywna płyta o średnicy 300 mm. Właściwy pomiar wykonywany jest w dwóch cyklach obciążeniowych, zawsze z odciążeniem do zera.

Statyczny moduł deformacji jest mierzony w szybiku na odkrytym torowisku. Z tego typu sondy można otrzymać nie tylko próbki podtorza, ale również próbki skał lub wód podziemnych. Profile geologiczne z szybików są opisane z taką samą dokładnością jak z wierceń rdzeniowych. Wadą szybików jest znaczna pracochłonność i czasochłonność.

## 2.6. Pobieranie próbek

Z wierceń rdzeniowych i szybików można otrzymać próbki skalne, muru, gruntów do analiz laboratoryjnych, których celem jest ustalenie parametrów fizykomechanicznych i współczynnika poprawkowego „z”. Analizę próbek wykonuje się wyłącznie w akredytowanych laboratoriach.

## 2.7. Wyniki badania geotechnicznego

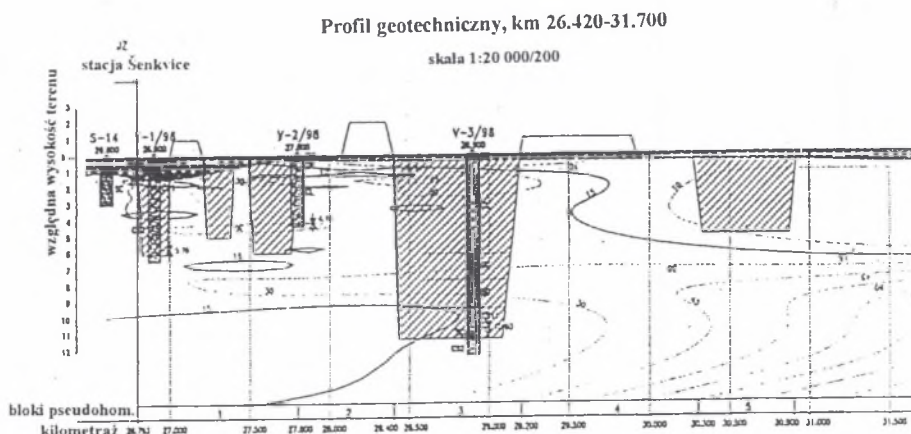
Struktura sprawdzanych czynników i wielkości (wspomnianych wyżej) jest dobierana w taki sposób, aby wyniki dostarczyły z wymaganą dokładnością i obiektywizmem wszystkie niezbędne informacje dla potrzeb opracowania dokumentacji projektowej.

Badania geotechniczne dostarczają o każdym torze następujących informacji (rys. 2):

- skład konstrukcji podtorza,
- skład podsypki i stopień jej zanieczyszczenia,
- geotechniczne parametry warstw konstrukcyjnych,
- dane wysokościowe torowiska, jego stan i przebieg,
- indeksowe i odkształceniowe charakterystyki materiałów torowiska,
- współczynnik poprawkowy „z”,
- mrozoodporność i przepuszczalność torowiska,
- stan obiektów w podtorzu,



- granice pseudohomogenicznych bloków badanego odcinka linii kolejowej dla każdego toru oddzielnie,
- określenie miejsc, w których niezbędne jest przeprowadzenie uzupełniających badań.



Rys. 2. Przykład geotechnicznego profilu linii kolejowej  
Fig. 2. Example of railway line geotechnics profil

### 3. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonej na kolejach ČD i ŽSR wizualnej oceny stanu wszystkich składników oraz wykonanych badań geotechnicznych i geologiczno-inżynierskich można wysunąć następujące ogólne wnioski:

- Odcinki linii kolejowych są przeważnie prowadzone na nasypach (tereny nizinne), w przekopach i nasypach o wysokości 6 m (tereny piaszczyste), z częstymi zmianami wysokości nasypów i głębokości przekopów -  $h > 6$  m (tereny podgórskie i górskie).
- System odwadniania nie spełnia swej funkcji przeważnie w przekopach, niezależnie od konfiguracji terenu.
- Występują bardzo niekorzystne warunki hydrogeologiczne (tereny nizinne), zróżnicowane z przewagą niekorzystnych (tereny piaszczyste).
- Grunty podtorza są słabo odporne lub nieodporne na działanie mrozu (tereny nizinne) oraz częściowo mrozo odporne (tereny piaszczyste).
- Nasypy zbudowane są przeważnie z gruntów piaszczysto-gliniastych.

- Grubość warstwy podłoża podkładów często (tereny nizinne), na ogół (tereny piaszczyste) lub rzadko przewyższa 1 m. Stopień zanieczyszczenia podsypki drobnymi frakcjami wynosi od około 20% (tereny nizinne) do 60% (tereny piaszczyste).
- Moduł odkształcenia podłoża podkładów tylko na terenach podgórskich i górskich odpowiada wymaganiom normy.
- Charakterystyki odkształcenia podtorza nie spełniają wymogów normy.

## Literatura

1. Broul J., Ižvolt L., Ryšávka J.: Metodika geotechnického prieskumu pre modernizáciu tratí. X. medzinárodná konferencia „Vysokorychlostné trate”, Žilinská univerzita, Žilina 7.10.1999, s.87-94.
2. Ižvolt L., Pawlicki J.: Metody wzmocnienia podtorza dróg kolejowych ŻSR i ČD. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z.30, Gliwice 1998, s.97-107.
3. Kresta F.: Geotechnické průzkumy pražského podloží ve II. železničním koridoru. Sborník referátů Medzinárodní konference a odborná výstava „Železniční koridory 2000”, VŠB – Technická univerzita, Ostrava, 14-17.06.2000, s. 82-88.
4. Mikšik M.: Využitie druhotných materiálov v konštrukcii drážneho telesa. Sborník referátů Medzinárodní konference a odborná výstava „Železniční koridory 2000”, VŠB – Technická univerzita, Ostrava, 14-17.06.2000, s. 89-94.
5. Mynář J., Nejezchleb M.: Problematika železničního spodku na II. železničním koridoru. Sborník referátů Medzinárodní konference a odborná výstava „Železniční koridory 2000”, VŠB – Technická univerzita, Ostrava, 14-17.06.2000, s. 95-100.
6. Pawlicki J., Ižvolt L., Slepecky J.: Metodyka rozpoznawania przyczyn i klasyfikacja odkształceń podtorza na modernizowanych drogach kolejowych ŻSR i PKP. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z.29, Gliwice 1997, s.83-91.
7. Pawlicki J., Ižvolt L.: Metody diagnostyki podtorza. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 38, Gliwice 1999, s. 55-60.

8. Ryšávk J.: Monitoring železničního spodku po modernizaci. Sborník referátů Medzinárodni konference a odborná výstava „Železniční koridory 2000“, VŠB – Technická univerzita, Ostrava, 14-17.06.2000, s. 101-105.

Recenzent: Doc. dr inž. Zbigniew Ginalski

### Abstract

Concerning a railway modernization of both the Czech Railways and the Slovak Railways and a building of high speed corridors, methodology of geotechnics research is presented in the article. There are described the principles of the geotechnics research and methods of a closed research (dynamical penetration, kernel drills, loading tests, pattern design). Requested results of the geotechnics research are also published here.