ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1999
Seria: TRANSPORT z. 38 Nr kol. 1433

Jerzy PAWLICKI
Libor IŽVOLT

METODY DIAGNOSTYKI PODTORZA

Streszczenie. W artykule przedstawiono sprawdzone w praktyce metody diagnostyki podtorza, którego odporność na różnego rodzaju odkształcenia powinna być przedmiotem stałych obserwacji, pomiarów i testów badawczych. Określenie stanu podtorza okazało się niezbędne w procesie modernizacji dróg kolejowych dla potrzeb ruchu ciężkich i szybkich pociągów.

METHODS OF RAILWAY SUBGRADE DIAGNOSTICS

Summary. The determination oh the railway subgrade condition and its load support is a necessary part of railway modernization process of the Slovak Railways. Because of great amount of necessary work and time limitation, the optimal diagnostic system and the appropriate method are needed to select. In the paper, there is described system and some diagnostic methods from the point of view of obtaining the precise data to judge the load support and compaction quality of the subgrade construction layers with the consideration of the costs minimization.

1. WPROWADZENIE

Obecny system diagnostyki podtorza jest niezadowalający z ekonomicznego punktu widzenia. Nie spełnia również wymagań projektowo - eksploatacyjnych ze względu na jakość rozpoznania warunków geotechnicznych, stopień rozpoznania warunków gruntowo - wodnych, zmiany tych warunków i wpływu oddziaływań klimatycznych.

Tradycyjne metody diagnostyczne, jak np. prowadzenie badań za pomocą odkrywek, dołów próbnych, otworów mierniczych z kombinacją statycznych testów obciążeniowych okazały się niewystarczające. Stosowane bowiem były zbyt późno, gdy naruszenie stateczności konstrukcji podtorza zagrażało bezpieczeństwu prowadzenia ruchu. Nie dotyczy to wprawdzie badań prowadzonych podczas modernizacji linii kolejowej, jednak i w tej sytuacji występują ograni-

czenia finansowo - techniczne. Od wielu lat (w Polsce od niedawna) wzrosły wymagania dotyczące obiektywizmu i dokładności wyników badań diagnostycznych. Inwestorzy poszukują takich jednostek badawczych (laboratoriów) oraz wykonawców urządzeń pomiarowych, którzy posiadają akredytację (laboratoria), certyfikat zgodności lub audit jakości.

2. METODOLOGIA BADAŃ DIAGNOSTYCZNYCH

Jedną z metod oceny stanu podtorza rekomendowaną przez autorów [1,2] jest tzw. wielostopniowa diagnostyka fazowa, którą stosują między innymi koleje niemieckie DB AG.

W pierwszej fazie - pierwszy etap diagnostyki (badanie wstępne, tzw. zgrubna diagnostyka) dokonuje się ciągłego rozpoznania warstw podtorza metodami nieniszczącymi. Otrzymane wyniki dostarczają informacji o wystąpieniu odkształceń lub o możliwości ich wystąpienia ze wskazaniem miejsc o jednorodnych charakterystykach geotechnicznych. Zebrane dane o podtorzu umożliwiają w miarę precyzyjne określenie punktów, w których należałoby wykonać niewielką liczbę nawierceń rdzeniowych.

W drugiej fazie - drugi etap diagnostyki (badanie szczegółowe, tzw. delikatna diagnostyka) - zidentyfikowane miejsca są przedmiotem dokładniejszych badań. Ponieważ wyniki pierwszej fazy diagnostyki nie dostarczają danych o fizycznych, mechanicznych i chemicznych właściwościach materiałów, z których zbudowane są warstwy podtorza, może być ona stosowana w połączeniu z klasycznymi metodami destrukcyjnymi (sondy, odwierty, pobieranie próbek, testy laboratoryjne, penetracyjne i obciążeniowe).

Kolejna faza obejmuje uzupełniające badania geologiczne [2]. Na ich podstawie poddaje się analizie zachowanie konstrukcji toru w konkretnych warunkach geologiczno - inżynierskich (obserwacje obszarów znacznych uszkodzeń, określenie granic poszczególnych części podtorza o jednorodnej budowie itp.)[2].

3. CHARAKTERYSTYKA PIERWSZEJ FAZY METOD DIAGNOSTYCZNYCH

W tej fazie zalecane są metody nieniszczące, oparte na prawach geofizycznych. Do metod tych należą między innymi: radar, metody sejsmiczne, geoelektryczne, grawitacyjne oraz pomiary geodezyjne pojazdami pomiarowymi.

Testowania georadaru przeprowadzane w latach 80. w USA, Francji, Szwecji i Niemczech wykazały jego przydatność w badaniach geotechnicznych. Działanie georadaru polega na transmisji fal elektromagnetycznych do warstw podtorza, nie niszcząc jego struktury. Pozwala to określić następujące właściwości podtorza:

- grubość, stopień zagęszczenia i zanieczyszczenie warstwy,
- kształt torowiska,
- obecność wody (powiększające się worki wodno - żwirowe),
- położenie w planie i profilu (osiadanie).

Ponieważ silne zanieczyszczenia oraz nadmierne zawilgocenie materiału (powyżej 20%) ograniczają zakres stosowania georadaru, w celu otrzymania pełnego obrazu stanu podtorza stosuje się ponadto dynamiczne sondy penetracyjne.

4. CHARAKTERYSTYKA DRUGIEJ FAZY METOD DIAGNOSTYCZNYCH

Wartość statycznego modułu deformacji w różnych płaszczyznach warstw wykonuje się za pomocą statycznych testów obciążeniowych. Praktyka wykazała, że wadami tej metody są: duża czasochłonność, stosowalność w ograniczonych warunkach oraz relatywnie wysoki koszt. Inne metody (dynamiczne obciążeniowe i penetracyjne) stają się bardziej przydatne w ocenach stanu podtorza i konsolidacji warstw konstrukcyjnych.

Długotrwałe testy wykonane w TU Monachium, doświadczenia zdobyte przy budowie linii dużych prędkości oraz w projekcie Deutsche Einheit zadecydowały o dopuszczeniu przez koleje DB AG możliwości stosowania dynamicznych testów obciążeniowych zamiast testów statycznych, umieszczając je w standardzie DB AG do prowadzenia robót ziemnych (DS 836).

Dynamiczny moduł odkształcenia oblicza się ze wzoru [3]:

$$E_{vd} = 1{,}5 \cdot r \cdot \sigma / s \text{ , } [\mathrm{Nmm^{-2}}], \qquad (1)$$

gdzie:

r - promień płyty do próbnych obciążeń, [mm],

σ - naprężenie rozciągające pod płytą, [$\mathrm{N \cdot mm^{-2}}$],

s - odkształcenie udarowe (średnia wartość z trzech doświadczeń) [mm], przy czym

$r = 300$ mm,

$\sigma = 0{,}1\ \mathrm{N \cdot mm^{-2}}$.

Statyczne i dynamiczne moduły deformacji stosuje się zamiennie. Oszacowanie statycznego modułu deformacji (moduł statyczny w drugim cyklu obciążeniowym) oblicza się z zależności [3]:

$$E_{v2} = 2E_{vd}\ ,\ [N \cdot mm^{-2}] \tag{2}$$

Wzór (2) można zastosować przy następujących założeniach:

- znany jest współczynnik korelacji,
- grunt jest jednorodny,
- przeprowadzono wystarczającą liczbę testów.

Dynamiczne testy penetracyjne są skuteczne przy modernizacjach toru. Obszar zastosowań został znacząco rozszerzony w wyniku udoskonalenia urządzeń, ustanowienia unormowań prawnych w zakresie metodologii, przepisów wykonawczych i metod obliczeniowych.

Moduł deformacji oblicza się w zależności od oporów penetracji wg wzoru:

$$E_{def} = n \cdot q_{dyn}\ ,\ [kPa], \tag{3}$$

gdzie n - wartość współczynnika korelacji zależna od rodzaju gruntu.

Korzyści ze stosowania dynamicznych metod penetracyjnych polegają nie tylko na określeniu charakterystyk deformacji gruntu, lecz są wygodne ze względu na:

- wyodrębnienie warstw o bardzo zróżnicowanych charakterystykach stateczności i odkształcalności,
- ustalenie położenia i zróżnicowania grubości obciążonych i nieobciążonych nośnych warstw konstrukcji toru,
- określenie miąższości stref nieskonsolidowanych i homogeniczności podtorza.

Wyniki dynamicznych testów penetracyjnych charakteryzują nie tylko typ odkształceń podtorza, ale również umożliwiają prowadzenie miejscowych prac wiertniczych oraz innych, bardziej racjonalnych testów, ułatwiając dokonanie wyboru technologii rekonstrukcji podtorza.

5. PODSUMOWANIE

Diagnostyka podtorza stanowi niezbędną część każdej pracy modernizacyjnej drogi kolejowej. Stosowanie metod destrukcyjnych nie zawsze jest uzasadnione metodologicznie i ekonomicznie ze względu na: pracochłonność realizacji pomiarów i opracowania wyników, skutki trwałego uszkodzenia torowiska i podtorza, zamknięcia torowe na czas prowadzenia badań, możliwość otrzymania błędnych interpretacji danych pomiarowych. Bardzo przydatna może okazać się w pierwszym etapie rozpoznania przyczyn odkształceń i stanu podtorza jedna z metod niedestrukcyjnych. Wprawdzie jest to sposób wymagający specjalistycznego przygotowania fachowego zespołów wykonujących pomiary oraz sprzętu wysokiej jakości technicznej, dostarcza jednak informacji o konsolidacji gruntu i profilu podtorza szybko, dane obejmują odpowiednio duży obszar drogi kolejowej, są ponadto mniej kosztowne. Badania niedestrukcyjne nie zastępują klasycznych badań za pomocą sondowań i wierceń, stanowią jednak ich celowe uzupełnienie. Preferowane ostatnio metody dynamiczne umożliwiają otrzymanie szybko i łatwo dostosowującej się metodologii diagnostyki dróg kolejowych.

Literatura

1. Iżvolt L.:System and methods afa railway subgarde diagnistics in the process of the Slovak Railways modernisation. 10th International Scientific Conference „Communications on the edge of the millenniums", Žilina, 9-11 September 1998, p. 133-136.
2. Pawlicki J., Iżvolt L. Slepecky J.: Metodyka rozpoznawania przyczyn i klasyfikacja odkształceń podtorza na modernizowanych drogach kolejowych ŽSR i PKP. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 29, Gliwice 1997, s. 83-91.
3. Richtlinie für die Anwendung des Leichten Fallgewichsgerätes im Eisenbahnbau. DB NGD 39, Stand 01.02.1997.

Recenzent: Doc. dr inż. Zbigniew Ginalski

Wpłynęło do Redakcji 15.10.1999 r.

Abstract

The subgrade, res. substructure diagnostics must precede each repair work, that is the aim of planned and prepared railway modernization. In many cases PKP and ŽSR have little substructure load support and this fact leads to necessity of raising the repair work number.

Application of the georadar in the preliminary investigation the geotechnics reliability and results objectivity raised. The profit of the method consists in a higher reliability oh the type of needed reconstruction, though the finance costs are similar. Meantime this method and instruments has improved to way to presuppose the georadar standard use for objective definition of subgrade condition.

The application of the SDA plays the important role in the field of subgrade investigation and dynamic penetration sounds evaluation to find the layers position and homogeneity of subgrade construction out.

In the latest years, the preference of dynamic load method in comparison of the static one in railway is evident and advantages above all in the railway building are maintainable. With application of the dynamic method we can obtain quick and flexible methodology of railway diagnostics with manual dynamic instrument. In comparison with the static method the number of diagnosticated spots can be higher.