

GRANICE PRZYDATNOŚCI STOSOWANIA MODUŁÓW ODKSZTAŁCENIA W PROCESIE PRZEBUDOWY PODTORZA¹

Łucjan Siewczyński

dr hab. inż., prof. n. PR, prof. n. PWSZ w Gnieźnie, Politechnika Poznańska, Instytut Inżynierii Lądowej, Zakład Budowy Mostów i Dróg Kolejowych, ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań, tel.: 61 665 2431, e-mail: lucjan.siewczynski@put.poznan.pl

Michał Pawłowski

dr inż., Politechnika Poznańska, Instytut Inżynierii Lądowej, Zakład Budowy Mostów i Dróg Kolejowych, ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań, tel.: 61 665 2407, e-mail: michal.pawlowski@put.poznan.pl

Streszczenie. Artykuł o znaczeniu wartości wtórnych modułów odkształcenia podtorza w procesie jego modernizacji, o przyczynach ograniczeń ich stosowania i o poprawności rozumienia próbnych obciążeń podtorza. Na dwóch przykładach wskazano ograniczony zakres stosowania testu odkształcalności podtorza, w przypadku występowania w podłożu gruntów o małej wytrzymałości oraz niestateczności nasypu.

Słowa kluczowe: droga kolejowa; podtorze kolejowe; badania odkształcalności podtorza

1. Wstęp

W projektowaniu stosowane są dwa sposoby obliczania grubości warstw ochronnych. Z założenia obydwa sposoby oparte są o uwzględnianie właściwości gruntów podtorza w obliczeniach. Pierwszy na podstawie uwzględniania parametrów wytrzymałości gruntów (tarcie, spójność) w obliczaniu obciążeń dopuszczalnych na torowisko (na grunty podtorza), od którego obciążenie przekazywane przez nawierzchnię powinno być mniejsze. W drugim odkształcalność podtorza z warstwą ochronną powinna być mniejsza lub równa odkształcalności wzorcowej.

W praktyce projektowej częściej stosowany jest sposób z uwzględnieniem odkształcalności podtorza określanej (ocenianej) na podstawie modułu wtórnego odkształcenia lub też obydwa sposoby stosowane są jednocześnie dla uwzględnienia konstrukcji lepszej dla podtorza. Właściwości gruntów podtorza (ką tarcia wewnętrzne, spójność, moduł odkształcenia) pochodzą z badań geotechnicznych, lub z badań i z norm, i powinny być osiągnane w procesie modernizacji.

Analizy postępowania przygotowawczego do projektów modernizacji podtorza, przebiegu projektów, wykonawstwa i odbiorów robót modernizacyjnych stanowią podstawę do wykreślenia z Warunków jakie powinny spełniać budowle kolejowe

¹ Wkład autorów w publikację: Siewczyński Ł.: 50 %, Pawłowski M.: 50 %

[3], zestawienia wymaganych wartości modułów odkształcenia odnoszących się do torowiska i górnej strefy podtorza.

Bardziej szczegółowo przyczyny wykreślenia można przedstawić następująco:

- wymagane wartości wtórnego modułu odkształcenia (gruntów, podtorza z warstwą) stały się głównym, a nawet jedynym warunkiem egzekwowanym w modernizacji i odbiorach robót,
- możliwość spełnienia (osiągnięcia) wartości wymaganych na torowisku z jednoczesnym brakiem przydatności całego podtorza do użytkowania,
- działania dla zmniejszenia znaczenia modułu odkształcenia w całym procesie modernizacji podtorza,
- utrudnienia osiągnięcia wymaganych wartości, gdy w podtorzu zastosowane są geokompozyty.

Projekt i budowa modernizacyjnych wzmocnień podtorza poprzedzane są stosownymi badaniami geotechnicznymi z zastosowaniem bezpośrednich metod badań, a ostatnio także z uwzględnieniem badań metodami pośrednimi (radarowymi). Miejsca badań metodami bezpośrednimi odległe są od siebie zwykle 100–300 m. Zmiany rodzajów gruntów i ich właściwości przyjmowane są według prostej interpretacji geotechnicznych przekrojów podłużnych i poprzecznych podtorza, ewentualnie z uwzględnieniem wyników ciągłych badań radarowych. W modernizacyjnych przebudowach i naprawach podtorza, jeśli nie wykazuje ono ogólnej niestateczności i nie następuje zmiana trasy w planie lub w profilu, głównie wzmocniana jest górna strefa podtorza pod torowiskiem, przez wbudowanie warstwy ochronnej. Dotychczasowa górna strefa podtorza zostaje zastąpiona nową konstrukcją, którą tworzą subwarstwy z materiałów ziarnistych naturalnych (grunty niespoiste) lub z kamienia łamanego (niesorty, grysy, klince), w razie potrzeby zawierające geokompozyty (geowłókniny, geotkaniny, geosiatki, geokraty przestrzenne). Warstwy ochronne budowane są na stosownie przygotowanych gruntach podtorza lub podłoża. Często przygotowanie to polega na zastosowaniu stabilizacji gruntów spoiwami budowlanymi (wapnem, cementem lub ich mieszaniną).

W procesie projektowania modernizacji (ulepszenia) podtorza określone są potrzebne materiały i wzajemne ich ułożenie dla osiągnięcia zaplanowanej konstrukcji górnej strefy i warstwy ochronnej podtorza. Materiały te cechują się właściwościami fizycznymi (np. uziarnienie), mechanicznymi (np. moduł odkształcenia), a ich układ i następstwo w konstrukcji są zwymiarowane w projekcie. Podczas realizacji projektu na budowie powinny być ściśle kontrolowane właściwości stosowanych materiałów i parametry geometryczne subwarstw i całej konstrukcji; kontrola powinna także dotyczyć efektów osiąganych w kolejnych etapach budowanej konstrukcji (np. pomiar modułów odkształcenia na stropach kolejnych subwarstw). W ten sposób pomiary modułów odkształcenia na gotowym torowisku nie powinny być jedynymi superparametrami, lecz ostatnimi parametrami sprawdzanymi na gotowej budowli (konstrukcji) podtorza.

2. Badania odkształcalności

Miarą odkształcalności jest stosunek jednostkowego obciążenia elementu obciążającego do jego osiadania pod tym obciążeniem z uwzględnieniem geometrycznych i fizycznych warunków pomiaru. Dla potrzeb podtorza wykonuje się próbne obciążenia stalową płytą o średnicy 30 cm w celu oznaczenia modułu pierwotnego (ogólnego) odkształcenia gruntu (materiału) podtorza oraz quasi sprężystego modułu z drugiego obciążenia. Warunki próbnych obciążeń można analizować uwzględniając wartości parametrów opisujących proces badań i obliczeń.

Obecnie uwzględnione jest założenie o sztywności płyty i równanie [1]:

$$E = \frac{3}{4} \cdot \frac{D \cdot \Delta p}{\Delta y} \quad (1)$$

gdzie:

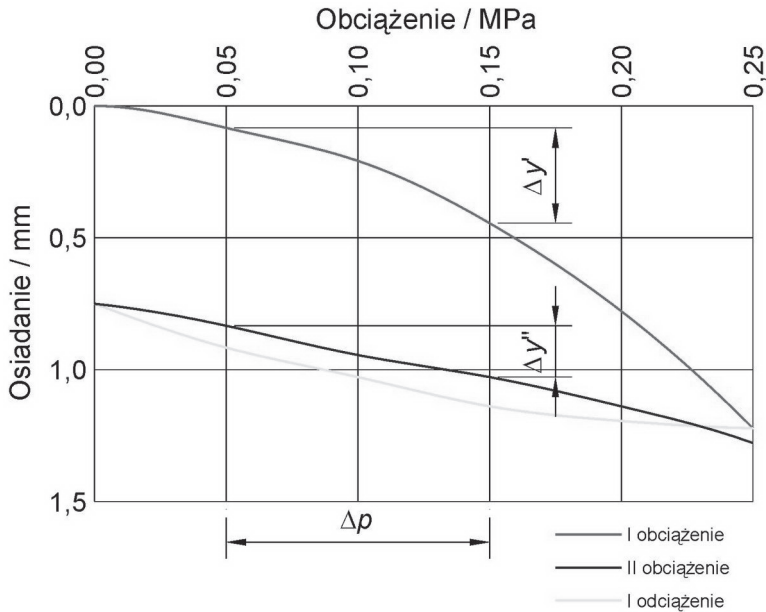
D - średnica płyty [mm],

Δp - przedział obciążeń przyjęty do obliczeń modułu [MPa],

Δy - osiadanie płyty w przyjętym przedziale obciążeń [mm].

Wynik takiego badania odkształcalności stanowi jedyny syntetyczny miernik bezpośredniego pochodzenia do oceny nośności budowli gruntowej współpracującej z nawierzchnią drogi, bez pobierania próbek z naruszeniem ich struktury w każdym przypadku i bez konieczności wykonywania badań laboratoryjnych. Syntetyczny wynik pochodzi z umownego, ale jednakowego testu we wszystkich miejscach pomiarowych, przy zastosowaniu takiego samego narzędzia, postępowania i analizy pomiaru.

W geotechnice podtorza, moduł odkształcalności zajął ważne miejsce wśród parametrów charakteryzujących stan podtorza, a nawet stał się niezbędnie potrzebną właściwością, gdy przy jego zastosowaniu przeprowadzono udane próby dopasowania warstwowych konstrukcji wzmocnienia podtorza o stwierdzonej zbyt dużej odkształcalności, do wymagań trwałości podtorza i nawierzchni, a więc ich współpracy bez zwiększonych trwałych odkształceń. Potwierdzeniem znaczenia, przede wszystkim modułu wtórnego odkształcenia, było ustanowienie tak zwanych minimalnych wartości modułu odkształcenia podtorza mierzonego w torowisku [3]. W ten sposób przyjęto wzorzec odkształcalności (nośności) podtorza, z którym należy porównywać rzeczywiste podtorze dróg, w celu identyfikacji jego stanu, określenia potrzeb naprawczych, obliczenia konstrukcji wzmocnienia, i na tej podstawie sprawdzenia procesu przebudowy podtorza (to jest jakości i skuteczności wbudowywanych subwarstw konstrukcji) i końcowego efektu przebudowy-wzmocnienia. Przebieg badań i analizy pokazany jest na rys. 1.



Rys. 1. Wykresy osiadań płyty próbnej i sposób ich opracowania [4]

Podczas sprawdzania robót podtorzowych wartość wtórnego modułu E_2 jest więc porównywana z wartością wymaganą E_{min} ; powinien być spełniony warunek:

$$E_2 \geq E_{min} \quad (2)$$

Z wyników badań wyznaczany jest także iloraz wartości obu modułów, nazywany wskaźnikiem odkształcenia, który w rzeczywistości jest ilorazem osiadań w miarodajnym przedziale obciążeń Δp podczas pierwszego i drugiego obciążenia:

$$I_0 = \frac{E_2}{E_1} = \frac{\Delta y_1}{\Delta y_2} \quad (3)$$

Wskaźnik ten charakteryzuje zagęszczenie gruntów podtorza i warstw wzmocniających i powinien pozostawać w określonych granicach wartości [2]. Norma [2] oraz przepisy [1] określają szczegółowe wymagania odnośnie wartości wskaźników zagęszczenia i wskaźników odkształcenia, które powinny być stosowane w ocenie przebudowy modernizacyjnej podtorza.

Do oceny podtorza wzmocnionego stosowane są więc wartości pomierzonych modułów wtórnego odkształcenia z żądaniem spełnienia warunku (2) oraz wartości wskaźników odkształcenia, które powinny spełniać określone wymagania [2]. Dla poszczególnych odcinków podtorza otrzymuje się zbiory wartości, które można statystycznie badać w celu określenia jakości (jednorodności) odkształcalności i zagęszczenia podtorza, jako miary jakości robót. [2, 5].

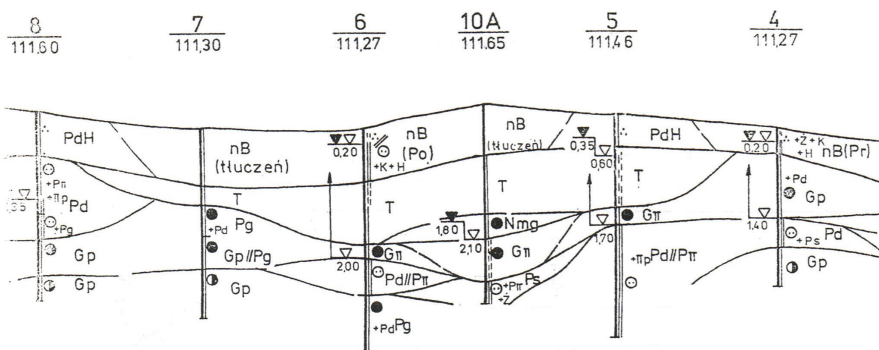
Wykazano [4], że płyta o średnicy $D = 30$ cm oddziałuje do głębokości około $4D$ od torowiska. Głębokość ta jest znacznie większa od grubości warstw ochronnych stosowanych do wzmocnienia podtorza, które wynoszą zwykle $15 \div 50$ cm, a w przypadku stosowania maszyny AHM największa grubość warstwy osiąga 40 cm.

Z przedstawionej analizy wynika, że zgodnie z definicją modułu odkształcenia oraz przebiegiem i analizą wyników badań płytą oraz z głębokością jej oddziaływania, omawiany test charakteryzuje stan gruntów (materiałów) o ograniczonej grubości (głębokości). Ten sposób pomiaru stanu jest wystarczająco dokładny dla oceny np. górnej strefy podtorza (warstwy ochronnej, podtorza bezpośrednio pod tą warstwą). Uzyskany wynik nie dotyczy głębszego środowiska gruntowego, na którym warstwa spoczywa i z którym współpracuje. Tak należało rozumieć proces badań odkształcalności podtorza i jego znaczenie dla wszystkich etapów modernizacji podtorza. Stąd wynikło także założenie, już wyżej cytowane, że w modernizacyjnych przebudowach i naprawach podtorza, jeśli nie wykazuje ono ogólnej niestateczności i nie następuje zmiana przebiegu trasy w profilu lub w planie, głównie wzmocniana jest górna strefa podtorza pod torowiskiem przez wbudowanie warstwy ochronnej. Wbudowanie warstwy ochronnej na podtorzu niestatecznym w zasadzie nie zmienia jego niestateczności. Niewłaściwym postępowaniem jest ocena podtorza (jego odkształcalności) bez przeprowadzenia ogólnych badań geotechnicznych.

W artykule przedstawione są dwa przykłady przebudów podtorza koniecznych, mimo uzyskania wystarczająco dużej wartości modułu odkształcenia pomierzonego na torowisku.

3. Przykłady

Przebudowa podtorza na słabym podłożu



Rys. 2. Podłużny przekrój geotechniczny słabego podtorza odcinka szlaku od km 272.300 do km 272.500 linii E-20 (7)

Dla wstępnych badań podtorza (1993 r.) rutynowo wyznaczony otwór o głębokości 2.0 m w km 272.500 linii E-20 wykazał zaleganie torfu bezpośrednio pod

nawierzchnią (rys. 2, otwór 10A). W wyniku próbnego obciążenia torowiska płytą określono wtórny moduł odkształcenia podtorza równy 115 MPa przy wymaganej wartości 120 MPa.

Dla wyjaśnienia budowy podtorza w tym miejscu wykonano szczegółowsze badania przy zastosowaniu 11 otworów wiertniczych o głębokościach do 4.5 m z makroskopowym i laboratoryjnym badaniem próbek gruntów. Badania przeprowadzono na odcinku od km 272.300 do km 272.700 na szlaku od p.o. Nekla do stacji Kostrzyn Wlkp. Na odcinku tym znajduje się w planie drogi łuk, który został przebudowany w ramach modernizacji.

Pod względem morfologicznym podtorze w tym miejscu znajduje się na obszarze denno-morenowej równiny średzkiej. Torowisko jest w poziomie terenu, a ponadto na długości ok. 100 m jest w płytkim przekopie.

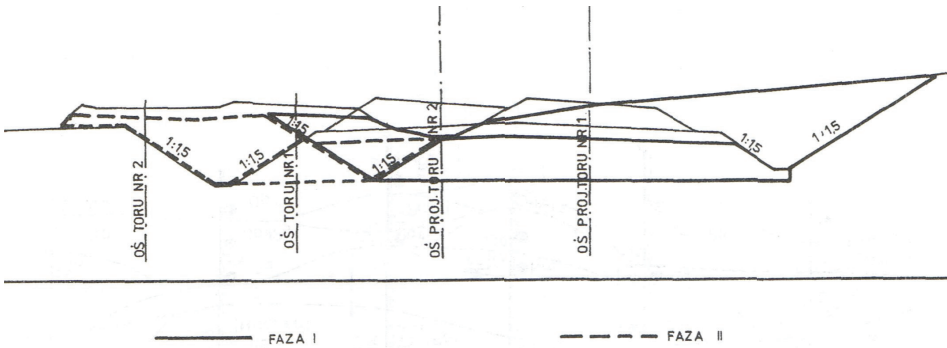
W wyniku badań stwierdzono, że głębsze podłoże stanowią gliny zwałowe bezpośredniej akumulacji lodowca zlodowacenia północno-polskiego (gliny piaszczyste i pylaste oraz piaski gliniaste), na których zalegają osady wodnolodowcowe (pyły, piaski, pospółki) oraz osady akumulacji rzecznej (torf, namuły, gliny pylaste) związane z działalnością akumulacyjną rzek Maskawa i Cybina. W czasie badań stwierdzono występowanie wody gruntowej o swobodnym zwierciadle i pod ciśnieniem około 1.8 m słupa wody; woda stabilizowała się na głębokości od 0.15 m do 1.8 m od torowiska.

Podtorze gruntowe na odcinku jest w postaci nasypów zbudowanych głównie z gruntów niespoistych (pospółek, piasków), o wysokości około 0.5 m. W kilku otworach stwierdzono, że nawierzchnia zbudowana jest na powierzchni podłoża kolejowego.

W podłożu, a nawet w nasypach, na dość małej głębokości występowała woda gruntowa. Charakterystyczne i zwracające uwagę są otwory 5, 10A, 6 i 7 w podłożu kolejowym, wykazujące grunty organiczne i mineralne słabe bezpośrednio pod nawierzchnią kolejową, w obecności wody gruntowej.

Z przeprowadzonego rozpoznania geotechnicznego wynikał wniosek, że z powodu występowania w podłożu gruntów o małej wytrzymałości (organicznych i mineralnych), należy zaprojektować wymianę tych gruntów na grunty niespoiste. Mięszczość gruntów słabych była największa w otworze 10A i wynosiła ok. 1.0 m.

Wymiana gruntów słabych nastąpiła jednocześnie z przesunięciem łuku w ramach modernizacji trasy. Zaprojektowano wymianę gruntów nieodpowiednich do głębokości ich występowania. Przebudowę zaplanowano wykonać w dwóch fazach, bez wstrzymania ruchu pociągów, ale przy zmniejszonej ich prędkości. W I fazie czynny był istniejący (stary) tor nr 2, tor nr 1 został zamknięty i rozebrany. Grunt organiczny wybrano tak, aby można było zbudować nasyp pod tor nr 1 (rys. 3).



Rys. 3. Przekrój poprzeczny przebudowanego podtorza {7}

Roboty wykonywano odcinkami o długości około 15.0 m. W II fazie robót czynny był nowy tor nr 1, natomiast stary tor nr 2 zamknięto i rozebrano. Wybrany został grunt dla umożliwienia zbudowania nasypu pod nowy tor nr 2. Przed rozpoczęciem przebudowy, grunty do budowy nowego podtorza zostały w całości zgromadzone w pobliżu miejsca robót, dla sprawnego przebiegu prac i dla uniknięcia dynamicznych oddziaływań związanych z ich wyładunkiem.

Po przeprowadzeniu wyżej opisanej przebudowy podtorza zbudowano warstwę ochronną o minimalnej grubości, jako ostatni etap modernizacji podtorza. W wyniku badań odbiorczych podtorza na torowisku uzyskano wartości modułów wtórnych modułów odkształcenia większe od wymaganych.

Wzmocnienie nasypu w dolinie Nysy Łużyckiej

Podczas modernizacji odcinka Węgliniec-Bielawa Dolna-Granica Państwa linii kolejowej E-30, uruchomiono osuwiskową skarpe nasypu w dolinie Nysy w pobliżu mostu granicznego przy Granicy Państwa. Osuwisko wystąpiło w miejscu starej strefy osuwiskowej skarpy, która okazała aktywność około 25 - 35 lat wcześniej. Aktywność starego osuwiska została wówczas zminimalizowana przez zastosowanie stosu podkładów betonowych w podstawie skarpy. Tor nr 2, przy górnej krawędzi niestatecznej skarpy, od tego czasu nie był użytkowany, a ruch pociągów odbywał się tylko po jednym torze – nr 1.

Realizacja robót rozpoczęła się w maju 2005 r. na podstawie dokumentacji, która nie obejmowała naprawy osuwiska od km 13.010 do km 13.350 przy torze nr 2. Projekt wykonawczy na zabezpieczenia osuwiska przekazano budowie z początkiem grudnia 2005 r. Odbiór częściowy robót modernizacyjnych z przekazaniem do eksploatacji przebudowanego toru nr 2 nastąpił z końcem grudnia 2005 r. Trudne warunki klimatyczne uniemożliwiły naprawę osuwiska. W dniu 01.04.2006 r. w km 13.120-13.150, w skarpie o wysokości 11 m nasypu i jego podłoża oraz w górnej strefie nasypu pod torem nr 2 nastąpiło osuwisko gruntów, w związku z czym wstrzymany został ruch pociągów na tym torze.



Rys. 4. Skarpa nasypu w stanie osuwiskowym {6}



Rys. 5. Nasyp w stanie osuwiskowym {6}

Stan nasypu po uaktywnieniu się osuwiska przedstawiony jest na rys. 4 i 5. Powierzchnię odkształconej skarpy pokazuje rys. 4. Na rys. 5 pokazana jest zniszczona górna strefa podtorza na długości osuwiska oraz osunięta ława i skarpa przy

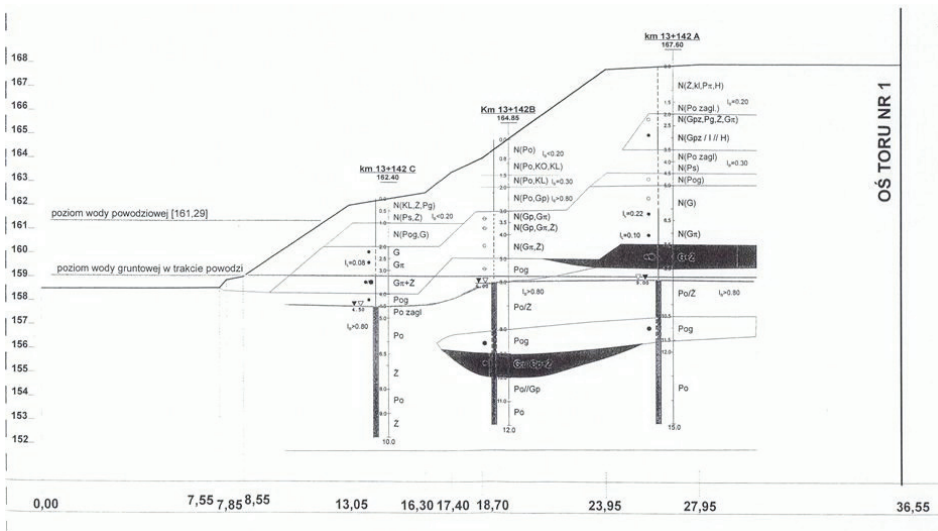
krawędzi ławy. Zwraca uwagę zniszczona konstrukcja wzmocnienia górnej strefy podtorza oraz elementy tej konstrukcji.

Modernizacja górnej strefy podtorza i toru nr 2 została wykonana zgodnie z projektem, a pomierzone na nowym torowisku wartości modułów odkształceń wtórnych wynosiły od 125-160 MPa, wobec wymaganej wartości 120 MPa. Górną strefę podtorza wzmocniono przez wbudowanie warstwy ochronnej o konstrukcji składającej się z następujących subwarstw (elementów) – na podtorzu geowłókna, subwarstwa piasku średnioziarnistego o grubości 5 cm, krata przestrzenna (GEOWEB) o grubości 20 cm wypełniona pospółką, subwarstwa piasku o grubości 5 cm, subwarstwa niesortu kamiennego o grubości 30 cm zbrojona geosiatką.

Projekt stabilizacji osuwiska przewidywał zastosowanie gabionów u podstawy skarpy, równoważących ciężar jej gruntów i taboru oraz zmniejszonego pochylenia skarpy.

Projekty wzmocnienia górnej strefy podtorza pod nawierzchnią oraz stabilizacji osuwiska były opracowane na podstawie uproszczonych badań geotechnicznych nasypu i podłoża; na podstawie wyników tych badań w projekcie dokonano oceny stateczności.

Po wystąpieniu ruchu osuwiskowego w kwietniu 2006 r. w granicach osuwiska przeprowadzono sprawdzające badania geotechniczne. W podłożu naturalnym nasypu w kolejności nawiercenia stwierdzono gliny piaszczyste i piaski gliniaste; pospółki gliniaste, żwiry gliniaste, gliny pylaste; pospółki i żwiry (rys. 6).



Rys. 6. Przekrój geotechniczny w km 13.142 z badań w 2006r. {6}

Wyniki badań w tych samych miejscach, ale z różnych okresów, są sprzeczne z sobą.

Wody gruntowe stwierdzono tylko w podłożu w km 13,0 – 13,4, blisko koryta rzeki Nysy Łużyckiej na głębokości 0,50 m poniżej powierzchni podłoża przy kra-

wędzi nasypu. Okresowo powierzchnia podłoża nasypu w tym miejscu zalewana jest przez rzekę (wody powodziowe).

Badania wykonane po wznowieniu się osuwiska w kwietniu 2006 r. (rys. 5), dokumentują szczegółowej warunki geotechniczne w nasypie, niż przyjęte do opracowania projektu wzmocnienia skarpy nasypu. Na przekrojach można wykazać powierzchnie ograniczające grunty rdzenia nasypu, jako równoległe do powierzchni skarpy, a więc tworzące dogodne warunki do powstania konsekwentnych powierzchni osuwiskowych – osuwania się gruntów niespoistych po powierzchni (skarpie) rdzenia (jądra) nasypu z gruntów spoistych.

Grunty spoiste w podstawie nasypu rozpoznane zostały albo jako grunty w stanie naturalnym (km 13.142) albo jako nasypowe (km 13.150). Grunty te miały kontakt z wodą gruntową, a także mogły być pod działaniem wody powierzchniowej podczas powodzi.

Zwykle nie można wskazać jednej istotnej przyczyny ruchu osuwiskowego, w związku z czym wyróżnia się zespół czynników osuwiskowych działających jednocześnie, wśród których należy doszukiwać się czynnika katastrofalnie dopełniającego znaczenie (działanie), czynników pozostałych (innych). W tym przypadku czynnikami usuwiskowymi mogły być:

1. Warunki geotechniczne w podłożu nasypu (grunty spoiste w stanach od półzwartego do miękkoplastycznego w górnej strefie podłoża pod nasypem, wysoki stan wody gruntowej, ukop u podstawy uszkodzonej skarpy nasypu), a w nasypie glin pylastych i piaszczystych tworzących rdzeń nasypu i występujących także w skarpie nasypu.
2. Pogorszenie stanu stateczności budowli, przez jednoczesną przebudowę (wzmocnienie) górnej strefy podtorza, budowanie nawierzchni i wznowienie ruchu na nieczynnym przez 20 lat torze nr 2 oraz przebudowę (wzmocnienie) skarpy nasypu przy tym torze.
3. Projekt przebudowy skarpy słuszny pod względem merytorycznym, nie ustalił kolejności postępu prac, przez co roboty przygotowawcze wywołały zmniejszenie sił utrzymujących skarpe w równowadze (rozbiórka przypory) i zwiększenie sił niszczących równowagę (grunt u góry skarpy, wznowienie ruchu pociągów).
4. Obciążenie nasypu ruchem pociągów ponownie po 20 latach przerwy w ruchu, przez co nasyp i skarpa znalazły się w nowych warunkach równowagi, szczególnie po odmarznięciu nasypu i podłoża, co nastąpiło jednocześnie z wystąpieniem stanu powodziowego w otoczeniu nasypu.
5. Przebudowa (modernizacja) podtorza spowodowała zwiększenie wrażliwości budowli na wpływ oddziaływań środowiska gruntowo-wodnego i klimatu na zmiany stanu stateczności, jednak nagle pogorszenie tego stanu nastąpiło pod wpływem oddziaływania wody powodziowej na podtorze gruntowe z gruntów spoistych znajdujące się w stanie budowlanym.

W tym przypadku należy analizować proces osuwiskowy, uwzględniając jego historię i historię podtorza, sposób użytkowania nasypu, stosowane środki dla utrzymania stateczności skarpy i całego nasypu, wykonane badania geotechniczne,

proces przeprowadzanej modernizacji podtorza – to jest jego etapy projektowania i wykonawstwa, a także wpływ środowiska gruntowo-wodnego nasypu oraz zjawisk klimatycznych.

Dla odbudowy, odcinek osuwiskowej skarpy w projektowaniu podzielono na trzy części – część środkowa, wykazująca największe uszkodzenia (największa niestateczność) wymagała wzmocnienia większego i droższego niż części skrajne odcinka. W części środkowej przewidziano jako obudowę skarpy o pochyleniu 1 : 2,3, podpartą w podstawie murem oporowym z trzech warstw trójkomorowych koszy gabionowych o wymiarach 1 x 2 x 3 m, wypełnionych otoczakami z kamienia ciężkiego o średnicy większej od 80 mm; ciężar kosza wypełnionego większy od 17 kN/m³. Na skrajnych częściach uszkodzonej skarpy przewidziano jej uzupełnienie piaskiem średnim do pochylenia 1 : 1,8 i ułożenie mat Tensar 400. W dolnej części skarpy do wysokości 2.0 m ponad teren przewidywano zabezpieczenie skarpy materacami kamiennymi o grubości 25 cm. Dokumentacja fotograficzna wykonawstwa elementów obudowy pokazana jest na rys. 7. i 8.



Rys. 7. Dokumentacja fotograficzna obudowy uszkodzonego nasypu {6}

Przedstawione przykłady pokazują, że osiągnięcie pozytywnego wyniku badania odkształcalności na torowisku nie wystarcza dla pozytywnej kwalifikacji całego podtorza – decydująca jest ocena na podstawie łącznych badań odkształcalności górnej strefy i stanu podtorza poniżej tej strefy.



Rys. 8. Dokumentacja fotograficzna obudowy uszkodzonego nasypu {6}

4. Wnioski

1. Wartości modułów odkształcenia uzyskuje się na podstawie próbných obciążeń podtorza według jednakowego testu we wszystkich miejscach, co do aparatury, przebiegu próby i analizy wyników pomiarów.
2. Stosowalność wartości modułów jest ograniczona ze względu na zastosowaną aparaturę i przebieg badania.
3. Badania próbne nie powinny być samodzielnym badaniem, lecz powinny stanowić element badań geotechnicznych.
4. Uzyskany wynik próbnego obciążenia (moduł odkształcenia) nie jest jedynym (lecz ostatnim) warunkiem egzekwowanym w odbiorach końcowych prac, ponieważ wcześniej przeprowadzane są odbiory częściowe etapów prac na podstawie innych parametrów, które muszą być spełnione; tworzy on także następne parametry, np. wskaźnik odkształcenia.
5. Stosowanie warstwy ochronnej na nieznanym podtorzu bez badań geotechnicznych nie jest poprawnym postępowaniem.

Bibliografia

- [1] Id-3. Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2009 r.

-
- [2] PN-S-02205 Drogi samochodowe - Roboty ziemne - Wymagania i badania. PKN Warszawa 1998.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 5 czerwca 2014 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz.U. 2014 nr 0 poz. 867).
- [4] Siewczyński Ł., Pawłowski M., Analiza współpracy próbnych płyt z podtorzem. XIV Konferencja Naukowo-Techniczna „Drogi Kolejowe 2007”. Poznań-Rosnówko, 19-20 października 2007 r., Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej nr 3/2007, Poznań, WPP 2007 r., str. 285 – 296.
- [5] Siewczyński Ł., Pawłowski M., Wymagane i osiągnięte wartości wskaźnika odkształcenia modernizowanego podtorza. Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Nowoczesne Technologie i Systemy Zarządzania w Kolejnictwie”, Ryto 16-18 listopada 2005r. s. 245-264.
- [6] Siewczyński Ł., „Budowlane i klimatyczne czynniki w procesie osuwiskowym podtorza w Dolinie Nysy”. XIX Konferencja „Ekologia a budownictwo”. Bielsko-Biała 2009.
- [7] Siewczyński Ł., Przykłady projektowanych sposobów wzmocnienia podtorza na linii kolejowej E-20. Materiały Konferencji naukowo-technicznej „Modernizacja podtorza dla linii o zwiększonych prędkościach”, Poznań 1994, str. 102-113.
- [8] Siewczyński Ł., Pawłowski M., Stosowalność wyników badań odkształcalności podtorza. Przegląd Komunikacyjny 9/2015, s. 126-128.

