

ALGORYTM POSTĘPOWANIA W PRZYPADKU BRAKU PEŁNYCH EFEKTÓW WZMOCNIENIA PODTORZA WARSTWĄ OCHRONNĄ¹

Łucjan Siewczyński

dr hab. inż. em. prof. n. PP, Politechnika Poznańska, Instytut Inżynierii Lądowej, Zakład Budowy Mostów i Dróg Kolejowych, ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań, tel.: 61 665 2431, lucjan.siewczyński@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, michal.pawlowski@put.poznan.pl

Streszczenie. W artykule przedstawiono najczęstsze przyczyny występowania braku pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną czyli niedoboru wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych podtorza (modułów odkształcenia i wskaźników zagęszczenia). Omówiono sposoby rozpoznawania tych przyczyn i metody ich eliminacji. Zaprezentowano autorski algorytm umożliwiający szybkie zdiagnozowanie przyczyn występowania deficytu wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych podtorza oraz dobór i wdrożenie odpowiednich działań naprawczych.

Słowa kluczowe: droga kolejowa; podtorze kolejowe; warstwa ochronna

1. Wstęp

Podstawowymi zabiegami modernizacyjnymi lub naprawczymi podtorza, mającymi na celu przede wszystkim usunięcie skutków wieloletniej eksploatacji i dostosowanie podtorza do nowych warunków eksploatacyjnych, są: polepszenie współpracy podtorza z nawierzchnią oraz poprawa warunków odwodnienia. Polepszenie warunków współpracy podtorza z nawierzchnią przede wszystkim uzyskuje się poprzez wbudowanie warstwy ochronnej. Warstwa ochronna budowana jest na stosownie przygotowanym podtorzu i zastępuje zużyte materiały oraz grunty stanowiące dotychczasową górną strefę podtorza. Warstwa ochronna konstruowana jest z kamienia łamanego lub gruntów naturalnych i w razie konieczności zawiera geokompozyty. W przypadku występowania w czasie eksploatacji podtorza oznak jego niestateczności lub gdy przebudowa podtorza wiąże się ze zmianą układu geometrycznego drogi zabiegi modernizacyjne lub naprawcze obejmują nie tylko górną strefę podtorza, ale większy jego obszar.

W czasie konstruowania warstwy ochronnej wykonywane są kontrolne i odbiorcze badania geotechniczne mające na celu kontrolę jakości wbudowywanych kruszyw i gruntów oraz realizowanych robót, a także weryfikację projektu wzmocnienia podtorza w rzeczywistych warunkach. Na podstawie wyników ba-

¹ Wkład procentowy poszczególnych autorów: Siewczyński Ł.: 25 %, Pawłowski M.: 75 %

dań kontrolnych, wykonywanych na poziomie posadowienia warstwy ochronnej, następuje weryfikacja projektu poprzez porównanie wartości parametrów gruntów przyjętych w projekcie z rzeczywistymi ich wartościami określonymi w badaniach. W przypadku rozbieżności projektowych i rzeczywistych wartości parametrów gruntów, dla osiągnięcia założonej nośności układu podtorze – warstwa ochronna, może być konieczne zastosowanie równoważnej konstrukcji wzmacniającej [12] lub poprawa właściwości gruntów podtorza, np. poprzez ich stabilizację spoiwami hydraulicznymi [11]. Po zakończeniu robót związanych z budową warstwy ochronnej przeprowadza się badania odbiorcze podtorza, w których wyznacza się wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych, tj. wtórnego modułu odkształcenia podtorza określonego na torowisku oraz wskaźnika zagęszczenia (najczęściej szacowanej na podstawie wartości wskaźnika odkształcenia). Następnie dokonuje się oceny efektów wzmocnienia podtorza i jakości robót poprzez porównanie wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych z ich wymaganymi wartościami określonymi w przepisach [2] i dokumentacji projektowej.

W praktyce realizacji wzmocnień podtorza warstwą ochronną zachodzą przypadki, w których, mimo realizacji robót zgodnie ze sztuką budowlaną i projektem, utrudnione lub wręcz niemożliwe jest uzyskanie wymaganych wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych podtorza. Problemy te w większości przypadków dotyczą tylko niektórych punktów lub krótkich odcinków przebudowywanego podtorza. W przypadku zaistnienia sytuacji, w której wartości jednego lub obu geotechnicznych parametrów odbiorczych nie spełniają założeń projektowych, czyli występuje stan braku pełnych efektów wzmocnienia podtorza, należy podjąć stosowne kroki dla rozpoznania przyczyn takiego stanu oraz doboru i wdrożenia niezbędnych działań naprawczych. Taki sposób postępowania umożliwi uzyskanie podtorza charakteryzującego się odpowiednimi wartościami parametrów odbiorczych [8].

2. Przyczyny braku pełnych efektów wzmocnienia podtorza

Na podstawie doświadczeń własnych zdobytych w czasie przebudowy podtorzy różnych linii kolejowych podczas ich modernizacji [11,13], sklasyfikowano różnorodne czynniki mające wpływ na występowanie niepełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną. Wydzielono cztery grupy przyczyn, zawierające łącznie dwadzieścia odmiennych czynników [7]:

- *pogorszenie warunków gruntowo-wodnych*: wystąpienie niesprzyjających warunków atmosferycznych, destrukcyjne oddziaływanie poruszającego się sprzętu budowlanego po podtorzu, destrukcyjne oddziaływanie maszyn zagęszczających, brak drożności ciągów odwodnieniowych w czasie prowadzenia robót,
- *błędy projektowe*: błędne lub w ograniczonym zakresie rozpoznanie właściwości gruntów podtorza i układów ich warstw, przyjęcie błędnych założeń

projektowych, niedostosowanie grubości warstwy ochronnej do rzeczywistych warunków gruntowo-wodnych podtorza, zaprojektowanie zbyt małych grubości warstwy,

- *błędy wykonawcze*: błędy pomiarowe prowadzące do uzyskania warstwy ochronnej o zbyt małej grubości, brak uwzględnienia zmiany grubości warstwy podczas jej zagęszczania, nierównomierne zagęszczenie gruntów podtorza i kruszywa warstwy ochronnej (na długości warstwy), zastosowanie do budowy warstwy kruszywa o nieodpowiednich właściwościach, niedostateczny stan zagęszczenia kruszywa warstwy (na grubości warstwy),
- *ograniczenia konstrukcyjno-wykonawcze*: błędy wynikające z dokładności realizowanych robót, brak kontroli stanu jednorodności podtorza w części punktów odbioru podtorza z warstwą ochronną, wzmocnienia o dużej grubości, warstwy zbudowane z subwarstw z różnych kruszyw, wzmocnienia zawierające geowłókniny, ograniczenia pociągu do napraw podtorza, brak efektów stabilizacji chemicznej podtorza ze względu na skład mieszanek lub zbyt wczesne oczekiwanie jej skutków.

Poszukiwanie bezpośrednich przyczyn problemów z uzyskaniem wymaganych wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych podtorza najczęściej prowadzi do wniosku, że nie można jednoznacznie wskazać pojedynczego czynnika powodującego taki stan. W większości przypadków zachodzi bowiem splot wielu odmiennych przyczyn, które samodzielnie mogłyby nie mieć wpływu na wartości parametrów odbiorczych, lecz ich współwystępowanie prowadzi do niekorzystnych dla podtorza okoliczności. W celu wskazania ewentualnej odpowiedzialności uczestników procesu budowlanego za zaistniały stan braku pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną konieczne jest kompleksowe rozpoznanie przyczyn tego stanu. Dla zachowania ciągłości procesu budowlanego i możliwości dotrzymania terminów realizacji inwestycji, ważniejszym od wskazania bezpośrednich przyczyn i odpowiedzialnych za ten stan podmiotów, może okazać się szybkie zdiagnozowanie problemu oraz dobór i wdrożenie stosownych działań naprawczych. Zauważono [8], że występowanie pojedynczych lub splotu różnorodnych czynników, mających wpływ na rezultat wzmocnienia podtorza warstwą ochronną, w efekcie sprowadza się do sytuacji w której:

- wystąpiły niekorzystne okoliczności mające wpływ na wartości parametrów odbiorczych,
- konstrukcja warstwy ochronnej jest o budowie nieadekwatnej do rzeczywistości warunków gruntowo-wodnych,
- warstwa ochronna uformowana jest z materiałów o nieprawidłowych właściwościach,
- podtorze z warstwą ochronną charakteryzuje się właściwościami (np. wilgotność, stan zagęszczenia) uniemożliwiającymi uzyskanie wymaganych wartości parametrów odbiorczych.

3. Sposoby rozpoznawania przyczyn i środki zaradcze w problemach z odbiorem podtorza z warstwą ochronną

Kompleksowe rozpoznanie przyczyn braku pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną, w zależności od zaistniałych okoliczności, potrzeb wynikających z warunków miejscowych oraz wartości deficytu wartości parametrów odbiorczych powinno zawierać [10]:

- analizę projektu wzmocnienia podtorza i dokumentacji geotechnicznej,
- wywiad z kierownictwem budowy i analizę zapisów w Dzienniku Budowy dotyczących przeprowadzonych robót ziemnych oraz sposobów budowy warstwy ochronnej,
- wykonanie poprzecznego przekopu kontrolnego dla sprawdzenia konstrukcji i grubości warstwy oraz makroskopowej oceny właściwości materiałów warstwy oraz gruntów podtorza,
- pomiar modułów odkształcenia podtorza na poziomie robót ziemnych w przekopie kontrolnym,
- laboratoryjną kontrolę właściwości kruszyw warstwy i gruntów podtorza z wykorzystaniem próbek pobranych z przekopu kontrolnego,
- ocenę odkształcalności zastosowanej geowłókniny pod obciążeniem,
- ponowny pomiar odkształcalności podtorza z warstwą ochronną w sąsiedniej lokalizacji.

Rozpoznanie przyczyn problemów z uzyskaniem wymaganych wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych podtorza, z wykorzystaniem wskazanych wyżej metod, umożliwia dobór i wdrożenie odpowiednich działań naprawczych mających na celu uzyskanie projektowych stanów odkształcenia i zagęszczania podtorza. Najczęściej, w zależności od rozmiaru deficytu wartości parametrów odbiorczych, rodzaju zdiagnozowanych przyczyn, możliwości technicznych wykonawcy robót i dostępności niezbędnych materiałów budowlanych, stosuje się jeden lub równocześnie kilka z poniższych sposobów działań na poprawę właściwości podtorza [9,11,12]:

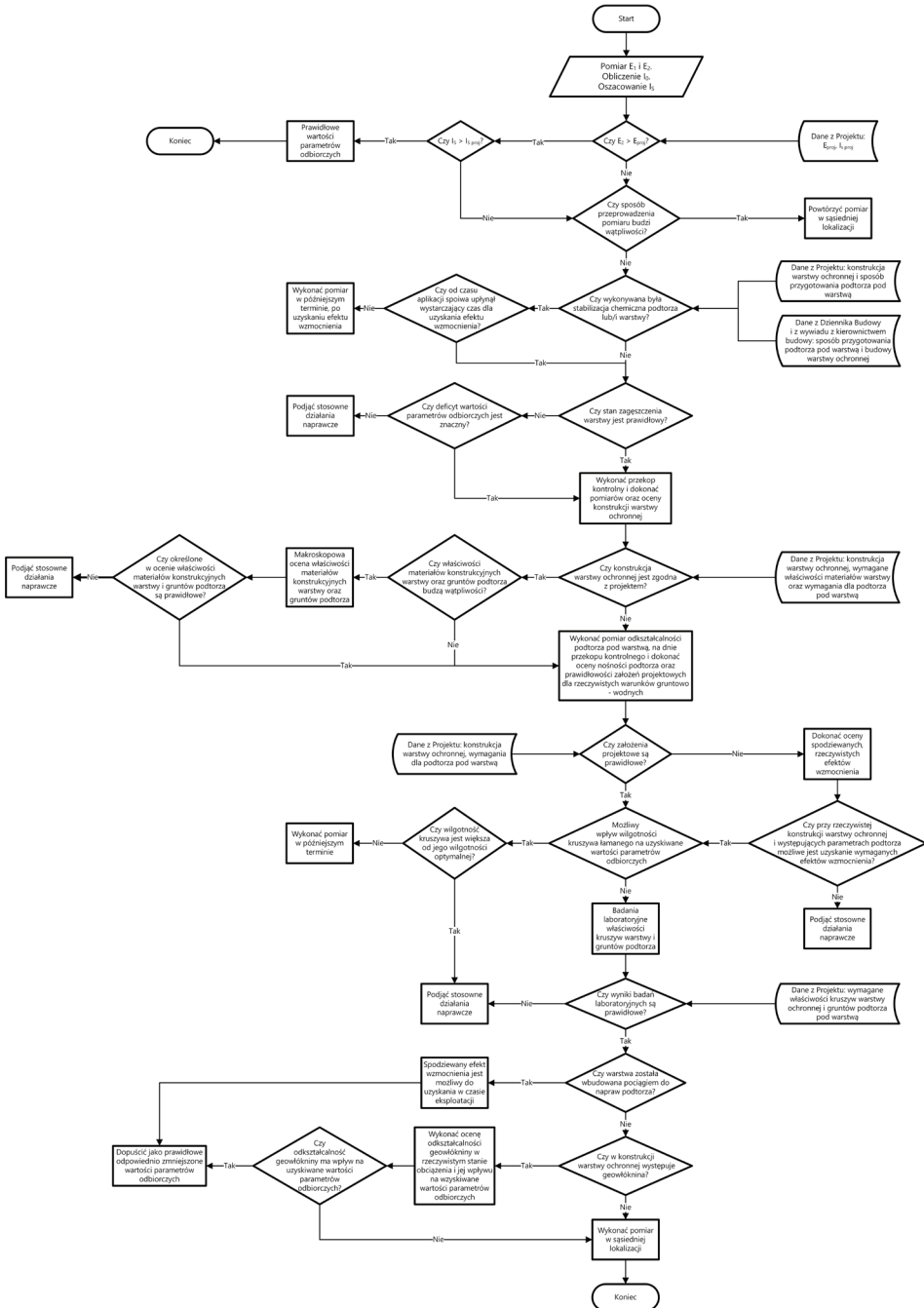
- dogęszczenie podtorza,
- poprawa warunków odwodnienia podtorza,
- stabilizacja kruszywa warstwy ochronnej spoiwami hydraulicznymi,
- wymiana kruszywa warstwy ochronnej,
- zmiana konstrukcji warstwy ochronnej,
- naprawa podtorza pod warstwą.

4. Algorytm postępowania w przypadkach braku pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną

Dla zachowania ciągłości procesu budowlanego i wykluczenia niebezpieczeństwa przekroczenia terminów realizacji inwestycji, ważnym jest szybkie zdiagnozowanie przyczyn występowania deficytu wartości geotechnicznych parametrów

odbiorczych podtorza oraz dobór i wdrożenie odpowiednich działań naprawczych. W tym celu można posłużyć się autorskim algorytmem (rys. 1), zawierającym ciąg zdefiniowanych czynności prowadzących do rozwiązania problemu braku pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną, opracowanym z wykorzystaniem wcześniejszych analiz [8]:

- Poprzez porównanie uzyskanych z pomiaru wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych z ich wartościami projektowymi, dokonuje się oceny efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną. W przypadku gdy wartości ocenianych parametrów są nie mniejsze niż ich założone wartości projektowe, wówczas przy spełnieniu innych wymaganych przepisami [2] i Projektem warunków, można dokonać odbioru podtorza z warstwą ochronną i przystąpić do dalszych prac. W przypadku gdy wartości jednego lub obu parametrów odbiorczych nie spełniają założeń projektowych przystępuje się do rozpoznania przyczyn zaistnienia tej niekorzystnej sytuacji oraz doboru i wdrożenia stosownych zabiegów naprawczych. Działania te mają na celu uzyskanie podtorza z warstwą ochronną charakteryzującego się nie mniejszymi niż wymagane wartościami parametrów odbiorczych.
- W pierwszej kolejności poszukiwań przyczyn braku spodziewanych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną należy ocenić poprawność uzyskanych wyników pomiarów parametrów odbiorczych. Podczas wykonywania pomiarów mogą bowiem wystąpić niesprzyjające okoliczności mające wpływ na wartości wyników. Do okoliczności tych można zaliczyć np. problemy techniczne z aparaturą badawczą lub pomyłki podczas dokonywania odczytów z czujników pomiarowych. W przypadku gdy sposób przeprowadzenia pomiaru lub jego wyniki budzą wątpliwości zaleca się przeprowadzenie powtórnego pomiaru parametrów odbiorczych podtorza w sąsiedniej lokalizacji.
- Na podstawie danych o sposobie przygotowania podtorza pod warstwą, przebiegu procesów budowy warstwy oraz konstrukcji wzmocnienia podtorza, pozyskanych z Projektu, Dziennika Budowy i z wywiadu z kierownictwem budowy, należy sprawdzić czy wykonywana była stabilizacja chemiczna podtorza pod warstwą lub kruszywa warstwy. Zbyt wczesne oczekiwanie pozytywnych skutków przeprowadzenia zabiegów stabilizacji chemicznej podtorza pod warstwą lub kruszywa warstwy spoiwami hydraulicznymi może bowiem skutkować uzyskaniem zbyt małych wartości parametrów odbiorczych [11]. Jeżeli od aplikacji spoiwa minął niewystarczający czas dla uzyskania efektów wzmocnienia podtorza należy przeprowadzić pomiary w późniejszym terminie.
- Kolejnym etapem poszukiwania przyczyn uzyskania zbyt małych wartości parametrów odbiorczych jest ocena stanu zagęszczenia podtorza z warstwą ochronną. Niedostateczny stan zagęszczenia warstwy, przy małym niedomiarze wartości modułu odkształcenia, może wskazywać na możliwość poprawy wartości obu parametrów odbiorczych poprzez przeprowadzenie dodatkowych procesów zagęszczania podtorza z warstwą ochronną.



Rys. 1. Algorytm służący do oceny efektów wzmocnienia podłoża warstwą ochronną i określenia przyczyn niedoboru wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych

- W przypadku występowania znacznego niedomiaru obu parametrów odbiorczych należy wykonać przekopy kontrolny i zdiagnozować rzeczywistą

konstrukcję warstwy ochronnej. Powinno się określić rodzaje, układ oraz grubości poszczególnych subwarstw znajdujących się w konstrukcji warstwy oraz występujących w niej geosyntetyków. W czasie kontroli warto zwrócić uwagę na jednorodność uziarnienia kruszywa w przekroju poprzecznym warstwy, gdyż jego niejednorodność może być jedną z przyczyn niedostatku nośności podtorza.

- Ocena zgodności rzeczywistej konstrukcji warstwy ochronnej z założeniami projektowymi jest kolejnym etapem poszukiwań przyczyn występowania zbyt małych wartości parametrów odbiorczych. W przypadku gdy warstwa ochronna ma projektową konstrukcję dalszych przyczyn braku efektów wzmocnienia podtorza należy poszukiwać w wadliwych właściwościach materiałów konstrukcyjnych warstwy lub mniej korzystnych niż przyjętych w projekcie parametrach podtorza pod warstwą.
- Nieodpowiednie właściwości materiałów konstrukcyjnych warstwy lub mniej korzystne niż założone w projekcie parametry podtorza pod warstwą wstępnie identyfikuje się w badaniach makroskopowych. W badaniach tych można określić rodzaj, wilgotność i stany występujących w podtorzu gruntów oraz kruszyw warstwy. Uzyskane wyniki należy porównać z założeniami projektowymi. Jeżeli rzeczywiste właściwości gruntów podtorza i kruszyw warstwy są gorsze od założonych w projekcie, należy podjąć stosowne działania naprawcze, których rodzaj i zakres uzależniony jest od rodzaju i wartości nieprawidłowości ocenianych parametrów gruntów i kruszyw.
- Zgodność rzeczywistej konstrukcji warstwy i właściwości jej materiałów konstrukcyjnych z założeniami projektowymi może być niewystarczającym warunkiem uzyskania prawidłowych wartości parametrów odbiorczych. Przyczyną takiego stanu mogą być np. błędy w projekcie lub występujące w terenie, gorsze od założonych, warunki gruntowo – wodne, których nie można było zidentyfikować we wstępnych badaniach makroskopowych. W dalszym etapie dociekań przyczyn braku pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną przeprowadza się pomiar odkształcalności podtorza pod warstwą, na dnie przekopu kontrolnego. Pomiar modułów odkształcenia podtorza umożliwia ocenę nośności podtorza, a tym samym kontrolę czy rzeczywista konstrukcja warstwy ochronnej jest dostateczna dla uzyskania spodziewanych efektów wzmocnienia podtorza. Dodatkowo, z uwzględnieniem zastanej grubości warstwy ochronnej, wartość wtórnego modułu odkształcenia podtorza pod warstwą wykorzystuje się do sprawdzenia poprawności założeń projektowych i do wyznaczenia spodziewanych rzeczywistych efektów wzmocnienia. W tym celu można posłużyć się stosownymi wykresami [5,6]. Jeżeli przy rzeczywistej konstrukcji warstwy ochronnej i występujących parametrach podtorza nie jest możliwe uzyskanie wymaganych wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych należy podjąć stosowne działania naprawcze, których rodzaj i zakres uzależniony jest m. in. od wartości niedomiaru grubości warstwy ochronnej i dostępności środków technicznych [9,11,12]. Prawidłowość założeń projektowych

i adekwatność konstrukcji warstwy ochronnej do rzeczywistych warunków gruntowo-wodnych stwarza konieczność poszukiwania przyczyn braku pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną w innych przyczynach.

- Procesy zagęszczania warstwy ochronnej, dla uzyskania wymaganych wartości wskaźnika zagęszczenia, powinny odbywać się przy dochowaniu odpowiednich właściwości kruszyw, tj. przy należywym ich uziarnieniu oraz wilgotności zbliżonej do optymalnej. W praktyce modernizacji podtorza zauważono, że przy takiej wilgotności warstwy ochronne z mieszanek kruszyw łamanych (niesortu kamiennego) charakteryzują się zwiększoną odkształcalnością [3]. W zależności od relacji wilgotności kruszywa warstwy do jego wilgotności optymalnej można podjąć stosowne działania naprawcze polegające np. na zmniejszeniu wilgotności kruszywa poprzez jego stabilizację spoiwami hydraulicznymi lub wykonać pomiar parametrów odbiorczych w późniejszym czasie, gdy kruszywo zmniejszy swoją wilgotność w naturalny sposób.
- Kolejnym etapem poszukiwania przyczyn uzyskania zbyt małych wartości parametrów odbiorczych są badania laboratoryjne gruntów podtorza i kruszyw warstwy, wykonywane na próbkach pobranych z przekopu kontrolnego. Badania laboratoryjne powinny swym zakresem obejmować: określenie rodzaju, wilgotności, stanu oraz uziarnienia występujących w podtorzu gruntów i kruszyw. W szczególnych przypadkach dla dokonania oceny możliwych przyczyn deficytu wartości parametrów odbiorczych podtorza niezbędne może być wykonanie badań gruntów podtorza z określeniem ich właściwości nie tylko na próbkach pobranych z przypowierzchniowej części podtorza lecz również z głębszych jego partii. Analogicznie jak w przypadku wstępnych badań makroskopowych uzyskane wyniki badań laboratoryjnych należy porównać z założeniami projektowymi. Jeżeli rzeczywiste właściwości gruntów podtorza i kruszyw warstwy są gorsze od założonych w projekcie należy podjąć stosowne działania naprawcze, których rodzaj i zakres uzależniony jest od rodzaju i wartości nieprawidłowości ocenianych parametrów gruntów i kruszyw.
- Zgodność właściwości materiałów konstrukcyjnych i gruntów podtorza z założeniami projektowymi może być niewystarczającym warunkiem uzyskania prawidłowych wartości parametrów odbiorczych. Konstruowanie warstw ochronnych pociąganiem do napraw podtorza wiąże się z pewnymi dodatkowymi wymaganiami [2] i ograniczeniami [1]. Z tego względu bezpośrednio po zakończeniu robót nie zawsze jest możliwe uzyskanie podtorza z warstwą ochronną o odpowiednich właściwościach. Badania parametrów odbiorczych po pewnym czasie eksploatacji [1] wskazują, że wówczas możliwe jest uzyskanie ich prawidłowych wartości. Jeżeli są spełnione pozostałe, wcześniej analizowane warunki, można dopuścić jako prawidłowe odpowiednio zmniejszone wartości parametrów odbiorczych.

- Negatywny wpływ na odkształcalność podtorza z warstwą ochronną mogą mieć także występujące w konstrukcji warstwy ochronnej geosyntetyki. Sprawa ta dotyczy zwłaszcza stosowanych grubych geowłóknin o znacznej odkształcalności, które mają niekorzystny wpływ na uzyskiwane na torowisku wartości modułów odkształcenia podtorza [4]. W razie wątpliwości można ocenić wpływ zastosowanych geosyntetyków w konstrukcji warstwy ochronnej na uzyskiwane wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych podtorza poprzez ocenę ich odkształcalności w rzeczywistym stanie obciążenia. Jednym ze sposobów wykonania takiej oceny jest porównanie wartości parametrów odbiorczych dwóch różnych konstrukcji warstwy ochronnej o takiej samej grubości lecz z zastosowaniem i bez zastosowania geosyntetyku. Próbne konstrukcje warstw ochronnych można skonstruować na poletku doświadczalnym. Jeżeli w taki sposób jest dowiedziony wpływ występującego w konstrukcji warstwy ochronnej geosyntetyku na wartości parametrów odbiorczych, to wówczas można dopuścić jako prawidłowe - wykazane w badaniach - odpowiednio zmniejszone wartości parametrów odbiorczych.
- W przypadku gdy powyższe sposoby określenia przyczyn braku pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną nie umożliwiły ich rozpoznania zaleca się, o ile nie wykonano tego wcześniej, przeprowadzenie ponownego pomiaru geotechnicznych parametrów odbiorczych w sąsiedniej lokalizacji, by definitywnie wykluczyć ewentualne omyłki i błędy pomiarowe.

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych analiz sposobu rozpoznania, ustalenia i eliminacji przyczyn występowania problemów z uzyskaniem wymaganych wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych po wbudowaniu warstwy ochronnej, można sformułować następujące wnioski:

- Zabiegi modernizacyjne lub naprawcze podtorza, polegające na zastosowaniu warstw ochronnych, doznają trudności na każdym etapie ich realizacji: w badaniach przedprojektowych, podczas prac projektowych i w czasie trwania procesu budowlanego.
- Dla zachowania ciągłości procesu budowlanego i wykluczenia niebezpieczeństwa przekroczenia terminów realizacji inwestycji, ważnym jest szybkie zdiagnozowanie przyczyn występowania deficytu wartości parametrów odbiorczych podtorza oraz dobór i wdrożenie odpowiednich działań naprawczych, np. zweryfikowanych konstrukcji równoważnych.
- Posługiwanie się autorskim algorytmem do rozwiązywania problemów braku pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną umożliwia szybkie zdiagnozowanie przyczyn występowania deficytu wartości geotech-

- nicznych parametrów odbiorczych podtorza oraz dobór i wdrożenie odpowiednich działań naprawczych.
- Mimo napotykanych trudności i ograniczeń w procesie budowy oraz odbioru prac w końcowym ich efekcie można uzyskać podtorze z warstwą ochronną charakteryzujące się wymaganymi wartościami geotechnicznych parametrów odbiorczych.

Bibliografia

- [1] Krużyński M., Piotrowski A., Badania warstw ochronnych zabudowanych maszyną AHM800R PL. XII Konferencja Naukowo-Techniczna „Drogi kolejowe 2003” Gdańsk-Sobiszewo 15-17 października 2003, str. 205-214.
- [2] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Id-3. Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego. 2009.
- [3] Pawłowski M., Badania modeli podtorza z warstwą ochronną. Przegląd Komunikacyjny 11/2012, s. 32-35.
- [4] Pawłowski M., Odkształcalność górnej strefy podtorza z geowłókniną. Przegląd Komunikacyjny 11/2016, s. 15-19.
- [5] Siewczyński Ł., Pawłowski M., Projektowanie wzmocnień podtorza według jego właściwości. Przegląd Komunikacyjny 10/2014, s. 24-28.
- [6] Siewczyński Ł., Pawłowski M., Projektowanie wzmocnień podtorza z wykorzystaniem wykresów. Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne. Rok 2014, nr 2 (104), „Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w transporcie szynowym”, s. 337-343.
- [7] Siewczyński Ł., Pawłowski M., Przyczyny utrudnień w osiągnięciu pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną. Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej nr 25/2017. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2017, s. 357-366.
- [8] Siewczyński Ł., Pawłowski M., Sposoby postępowania w przypadku braku pełnych efektów zastosowania warstwy ochronnej podtorza. Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne. Rok 2018, nr 1 (115), „Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w transporcie szynowym” cz. I. Droga kolejowa, s. 75-86.
- [9] Siewczyński Ł., Pawłowski M., Sposoby powiększania efektów zastosowania warstwy ochronnej. Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne. Rok 2017, nr 1 (112), „Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w transporcie szynowym” cz. I. Droga kolejowa, s. 145-154.

-
- [10] Siewczyński Ł., Pawłowski M., Sposoby rozpoznawania przyczyn braku pełnych efektów zastosowania warstwy ochronnej. *Przegląd Komunikacyjny* 10/2018, s. 19-23.
- [11] Siewczyński Ł., Pawłowski M., Stabilizacja podtorza dla budowy warstwy ochronnej. *Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Nowoczesne metody stabilizacji podłoża pod nawierzchnie drogowe i kolejowe”*, Żmigród-Węglewo 22-23.10.2009 r., s. 111-117.
- [12] Siewczyński Ł., Pawłowski M., Stosowanie równoważnych konstrukcji wzmocnień górnej strefy podtorza. *Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne. Rok 2016, nr 2 (109)*, „Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w transporcie szynowym” cz. I. Droga kolejowa, s. 137-146.
- [13] Siewczyński Ł., Pawłowski M., Wymagane i osiągnięte wartości wskaźnika odkształcenia modernizowanego podtorza. *Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne. Rok 2005, nr 73, z. 124* „Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w transporcie szynowym”, str. 245-264.

