

PRZYCZYNY UTRUDNIENÍ W OSIĄGANIU PEŁNYCH EFEKTÓW WZMOCNIENIA PODTORZA WARSTWĄ OCHRONNĄ¹

Łucjan SIEWCZYŃSKI, Michał PAWŁOWSKI
Politechnika Poznańska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

W artykule opisano najczęstsze przyczyny występowania problemów z uzyskaniem wartości parametrów odbiorczych podtorza z warstwą ochronną. Dokonano próby klasyfikacji przyczyn z wydzieleniem czterech ich zbiorów: pogorszenie warunków gruntowowodnych, błędy projektowe, błędy wykonawcze oraz ograniczenia konstrukcyjno-wykonawcze. Podano sposoby rozpoznawania przyczyn i wskazano zalecenia wykonawcze umożliwiające zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia niekorzystnych zjawisk mających wpływ na stan odkształcalności i zagęszczenia podtorza z warstwą ochronną.

Słowa kluczowe: droga kolejowa, podtorze kolejowe, badania odkształcalności podtorza.

1. WSTĘP

W praktyce wykonawczej wzmocnień podtorza warstwą ochronną zdarzają się przypadki, gdy mimo realizacji robót zgodnie z projektem i sztuką budowlaną utrudnione jest lub wręcz niemożliwe uzyskanie wymaganych wartości modułów odkształcenia mierzonych na torowisku oraz wskaźników zagęszczenia kruszywa warstwy (geotechnicznych parametrów odbiorczych podtorza z warstwą ochronną). Ustalenie powodów takiego stanu rzeczy pozwala podjąć stosowne działania w celu ich wyeliminowania i uzyskania podtorza o żądanych właściwościach. W analizie problemu najczęściej okazuje się, że nastąpił splot wielu drobnych przyczyn, które samodzielnie mogły nie powodować komplikacji, jednak skumulowane doprowadziły do niekorzystnych okoliczności, w których utrudnione lub wręcz niemożliwe jest uzyskanie wymaganego stanu odkształcalności i zagęszczenia podtorza.

¹ DOI 10.21008/j.1897-4007.2017.25.27

2. PRÓBA KLASYFIKACJI PRZYCZYN PROBLEMÓW Z UZYSKANIEM WYMAGANYCH WARTOŚCI GEOTECHNICZNYCH PARAMETRÓW ODBIORCZYCH PODTORZA Z WARSTWĄ OCHRONNĄ

Przedstawiona próba klasyfikacji przyczyn problemów z uzyskaniem geotechnicznych parametrów odbiorczych podtorza z warstwą ochronną oparta jest na analizie wielu rzeczywistych przypadków przebiegu przebudowy podtorza [1, 4, 5, 6, 9]. Do najczęstszych przyczyn braku możliwości uzyskania wymaganych wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych podtorza z warstwą ochronną należą: pogorszenie warunków gruntowo-wodnych, błędy projektowe i wykonawcze oraz ograniczenia konstrukcyjno-wykonawcze (rys. 1., tabela 1., kol. 1. i 2.).

2.1. Pogorszenie warunków gruntowo-wodnych

Roboty budowlane polegające na przygotowaniu podtorza do wbudowania warstwy ochronnej oraz budowanie samej warstwy ochronnej wykonywane są w różnych warunkach atmosferycznych. Dodatkowo zdarza się, że w wyniku organizacji robót dostosowanej do możliwości transportowych oraz wykorzystania nocnych zamknięć torowych, kruszywo warstwy ochronnej dostarczane jest do miejsca wbudowania nie bezpośrednio po odbiorze robót ziemnych lecz z pewnym opóźnieniem. W tym czasie może nastąpić pogorszenie warunków atmosferycznych, np. intensywne opady deszczu, które mogą spowodować zawilgocenie gruntów podtorza, a przez to pogorszenie ich właściwości mechanicznych w stosunku do określonych w projekcie i zbadanych w trakcie odbioru robót ziemnych (przyczyna 1.1). Zjawisko to można ograniczyć poprzez osłonięcie gruntów podtorza geowłókniną stanowiącą część konstrukcji górnej strefy podtorza.

Pogorszenie właściwości gruntów podtorza może zaistnieć także w wyniku oddziaływania poruszającego się sprzętu budowlanego po podtorzu przygotowanym do budowania warstwy lub po zbyt cienkiej warstwie kruszywa w trakcie jego rozścielania podczas budowy warstwy ochronnej (przyczyna 1.2). Najbardziej niekorzystny wpływ mają maszyny budowlane i środki transportowe na podwoziu kołowym, po przejeździe których mogą tworzyć się koleiny. Nieumiejętne przywrócenie stanu pierwotnego lub wręcz pozostawienie uszkodzonego podtorza może mieć negatywny wpływ na uzyskiwane wyniki badań odbiorczych podtorza.

Niesprzyjający wpływ na uzyskiwane parametry odbiorcze podtorza może mieć również nieodpowiednio dostosowany sprzęt wykorzystywany w procesie zagęszczania kruszywa warstwy ochronnej lub nieodpowiednio dobrane parametry procesu zagęszczania (częstotliwość i amplituda drgań) (przyczyna 1.3). Destrukcyjne oddziaływanie maszyn zagęszczających może sięgać wrażliwych na drgania gruntów podtorza w efekcie czego może dojść do ich uplastycznienia, a tym samym do pogorszenia ich właściwości, już po odbiorze robót ziemnych.

W trakcie prowadzenia robót podtorzowych niezmiernie ważnym jest utrzymanie drożności istniejących, tymczasowych lub docelowych ciągów odwodnieniowych, które zapewniają szybkie odprowadzenie wód opadowych i utrzymanie gruntów podtorza w możliwie suchym stanie. Zaniedbanie tej zasady może przyczynić się do zmiany warunków gruntowo-wodnych podtorza, a w efekcie wystąpienie problemów z uzyskaniem podtorza z warstwą ochronną o wymaganych parametrach wytrzymałościowych (przyczyna **1.4**).

2.2. Błędy projektowe

Projekt wzmocnienia podtorza powinien opierać się na wynikach badań geotechnicznych, przeprowadzonych w możliwie najmniej sprzyjających warunkach pracy podtorza (po zimowych roztopach lub w okresie jesiennym) oraz pozwalających w jak najlepszy sposób odwzorować stan podtorza przed przebudową. Kulminacja robót naprawczych powodująca rygorystyczne limity czasowe na przygotowanie dokumentacji projektowej wymusza prowadzenie badań wstępnych podtorza w ciągu całego roku i ograniczenie liczby punktów badawczych. Okoliczności te powodują, że rozpoznane właściwości gruntów podtorza i układów ich warstw odbiegają od rzeczywistości (przyczyna **2.1**). Wykonanie projektu wzmocnienia podtorza warstwą ochronną w oparciu o taką dokumentację geotechniczną może prowadzić do przyjęcia błędnych założeń projektowych (przyczyna **2.2**), niedostosowania grubości warstwy ochronnej do rzeczywiście występujących warunków gruntowo-wodnych podtorza (przyczyna **2.3**) i w efekcie do zaprojektowania zbyt dużych lub zbyt małych grubości warstwy (przyczyna **2.4**). Efekt wpływu błędnego rozpoznania podtorza na projekt jego wzmocnienia można zminimalizować poprzez zastosowanie odpowiednich współczynników zapasu technicznego korygujących parametry gruntów podtorza. Zaprojektowanie zbyt dużych grubości warstwy ochronnej, w stosunku do wymaganych, powoduje zwiększenie kosztów przebudowy podtorza, ale nie powinno mieć jednak wpływu na możliwość osiągnięcia wymaganego stanu podtorza w badaniach odbiorczych. Przyjęcie zbyt małych grubości warstwy ochronnej może prowadzić do problemów z osiągnięciem oczekiwanego stanu podtorza przy odbiorze. Błąd ten najczęściej udaje się wyeliminować w trakcie realizacji robót poprzez odpowiednią korektę założeń projektowych (zmiana grubości lub konstrukcji warstwy, ewentualnie wzmocnienie gruntów podtorza poprzez stabilizacje spoiwami hydraulicznymi) [7]. W przypadku realizacji robót w sprzyjających warunkach pracy podtorza, przy małej wilgotności gruntów i tym samym przy korzystniejszych ich cechach wytrzymałościowych (np. w okresie upałów) błędu tego nie da się wychwycić. W takim przypadku zbyt mała grubość warstwy ochronnej może prowadzić, w trakcie eksploatacji i przy mniej korzystnych warunkach pracy podtorza, do powstawania lokalnych nierówności toru.

2.3. Błędy wykonawcze

Mimo realizacji robót zgodnie z projektem i sztuką budowlaną w procesie tym zdarzają się uchybienia i błędy mające wpływ na finalny efekt wzmocnienia podtorza warstwą ochronną. Jednym z nich są błędy pomiarowe prowadzące do uzyskania warstwy ochronnej o zbyt małej grubości (przyczyna **3.1**). Pomyłki pomiarowe mogą wystąpić w trakcie wyznaczania poziomu robót ziemnych oraz określania docelowego poziomu torowiska. W pierwszym przypadku zbyt mała grubość warstwy ochronnej wystąpi gdy poziom robót ziemnych zostanie wyznaczony i zrealizowany wyżej niż projektowany. W drugim przypadku warstwa ochronna o zbyt małej grubości zostanie wykonana, gdy docelowy poziom torowiska zostanie wyznaczony niżej niż projektowany. Podobna sytuacja ma miejsce gdy w trakcie wykonywania warstwy ochronnej w niewłaściwy sposób zostanie uwzględniona konsolidacja kruszywa warstwy zachodząca w trakcie jego zagęszczania (przyczyna **3.2**).

Kolejnym błędem wykonawczym jest nierównomierne zagęszczenie gruntów podtorza i kruszywa warstwy ochronnej (przyczyna **3.3**). Efekt taki może wystąpić w przypadku występowania lokalnych zmian budowy podtorza, np. z uwagi na niekorzystne zmiany jego właściwości w trakcie realizacji robót (przyczyny 1.2, 1.3, 1.4) lub wbudowania kruszywa o niejednorodnych właściwościach. Nierównomierne zagęszczenie gruntów podtorza i kruszywa warstwy ochronnej wystąpi również w przypadku "przygotowania" podtorza do pomiarów odbiorczych w spodziewanych lokalizacjach punktów pomiarów odbiorczych z "oszczędnym" zagęszczaniem pozostałych odcinków podtorza.

Błędem wykonawczym jest również zastosowanie do budowy warstwy kruszywa o nieodpowiednich właściwościach (przyczyna **3.4**). Kruszywo o zbyt małym wskaźniku uziarnienia, o nieodpowiedniej wilgotności (znacznie różniącej się od wilgotności optymalnej) jest trudno zagęścić, a tym samym uzyskać wymagane wartości wskaźnika zagęszczenia. Zbyt małe wartości modułów odkształcenia określone na torowisku po zakończeniu robót mogą być efektem zastosowania kruszywa o mniejszym niż przyjęto w projekcie module sprężystości.

W przepisach o podtorzu kolejowym [3] dopuszczono możliwość odbioru wykonanej warstwy ochronnej podtorza linii modernizowanych i przebudowywanych gdy w występujących warunkach gruntowo-wodnych osiągnię się wymaganą stosownie mniejszą od projektowanej (o około 33 do 50% w zależności od kategorii linii i obciążenia przewozami) wartość modułu odkształcenia podtorza mierzoną na torowisku. Należy zauważyć, że podtorze z warstwą ochronną o module odkształcenia o wartości wymaganej (nie projektowanej) może charakteryzować się również wskaźnikiem zagęszczenia o wartości mniejszej niż wymagana (przyczyna **3.5**), a tym samym niespełniającej warunku odbiorczego [8].

2.4 Przyczyny konstrukcyjno-wykonawcze

Niezależnie od jakości badań geotechnicznych, projektu i robót budowlanych przyczyn braku możliwości uzyskania wymaganych wartości geotechnicznych

parametrów odbiorczych należy upatrywać w ograniczeniach wynikających z dokładności wykonywanych prac, niejednorodności istniejącego podtorza, przyjętej w projekcie konstrukcji warstwy ochronnej czy możliwości zastosowanego sprzętu.

Wzmocnienie podtorza warstwą ochronną jest realizowane z użyciem maszyn budowlanych o pewnych ograniczeniach wykonawczych wpływających na dokładność robót (przyczyna 4.1). Dokładność tą uwzględniono w wartościach dopuszczalnych odchyłek pomiarowych. Położenie niwelety robót ziemnych w stosunku do projektowanej może różnić się o ± 2 cm. Położenie niwelety torowiska w stosunku do projektowanej może różnić się o ± 1 cm. Odchyłki grubości wbudowanej warstwy ochronnej od grubości projektowanej nie powinny przekraczać $\pm 5\%$ lecz nie więcej niż o minus 3 cm [3]. Zaistnienie jednocześnie maksymalnych, niekorzystnych odchyłek może powodować występowanie warstwy ochronnej o grubości do 3 cm mniejszej od wymaganej. W projektowaniu wzmocnień podtorza stosuje się zaokrąglenia grubości warstw w górę do pełnych 5 cm, jednak przy projektowaniu "na styk" wbudowanie warstwy ochronnej o grubości mniejszej od zaprojektowanej o 3 cm może mieć znaczenie dla uzyskiwanych wartości modułów odkształcenia mierzonych na torowisku.

Badania odbiorcze robót ziemnych, przed wbudowaniem warstwy ochronnej, najczęściej wykonywane są w punktach oddalonych od siebie o 100 m. Badania odbiorcze warstwy ochronnej zazwyczaj wykonywane są w odstępach co 50 m. Gęstsza siatka badań odbiorczych podtorza z warstwą ochronną, w stosunku do siatki analogicznych badań odbiorczych robót ziemnych, powoduje brak kontroli stanu jednorodności podtorza w części punktów odbioru podtorza z warstwą ochronną (przyczyna 4.2). Te niekorzystne okoliczności mogą prowadzić do problemów z uzyskaniem wymaganych wartości modułów odkształcenia podtorza oznaczanych na torowisku oraz wskaźników zagęszczenia kruszywa warstwy.

Różnorodnej budowy podtorze, składające się z warstw gruntów o różnorodnych właściwościach i układach, wymaga stosowania rozlicznych konstrukcji warstw je wzmacniających. Niektóre z nich nie powodują większych problemów wykonawczych, inne zaś wymagają stosowania większego nakładu pracy i środków do ich wykonania. Do drugiej grupy konstrukcji warstw ochronnych należą wzmocnienia o dużej grubości (przyczyna 4.3), zbudowane z różnych kruszyw (przyczyna 4.4), zawierające geosyntetyki (przyczyna 4.5).

Wzmocnienia o dużej grubości wymagają stosowania ciężkiego sprzętu zagęszczającego lub zagęszczania w cieńszych warstwach. Użycie ciężkiego sprzętu zagęszczającego może przyczynić się do powstania niekorzystnych zmian właściwości gruntów podtorza pod warstwą (przyczyna 1.3). Budowanie wzmocnień w warstwach nie tylko zwielokrotnia nakłady na dostarczenie kruszywa do miejsca wbudowania, jego rozścielenie i zagęszczenie, ale również, w przypadku niewłaściwego dobrania grubości poszczególnych warstw do możliwości sprzętu zagęszczającego, może powodować uzyskanie warstwy ochronnej o niejednorodnym i niedostatecznym stanie zagęszczenia całej konstrukcji wielowarstwowego wzmocnienia.

Konstrukcja wzmocnienia górnej strefy podtorza składająca się z subwarstw z różnych kruszyw, oprócz niedogodności wykonawczych związanych z koniecznością zagęszczania w kilku warstwach, może powodować problemy z zagęszczeniem kruszywa w górnej subwarstwie o minimalnej grubości konstrukcyjnej. Dodatkowym utrudnieniem jest stosowanie na tą subwarstwę kłińca o jednorodnym uziarnieniu. W przypadku stosowania wzmocnień składających się z subwarstw z różnych kruszyw mogą pojawić się również usterki objawiające się zamianą kolejności ułożenia poszczególnych subwarstw.

Trudności z przygotowaniem podtorza charakteryzującego się wymaganymi wartościami geotechnicznych parametrów odbiorczych mogą wystąpić także gdy w konstrukcji górnej strefy podtorza znajdują się geosyntetyki, a zwłaszcza geowłókniny separacyjne i separacyjno-dreńjące. Przyczynę takiego stanu rzeczy upatruje się w zmianie grubości geowłóknin pod obciążeniem oraz pochłanianie energii w trakcie zagęszczania warstwy [2].

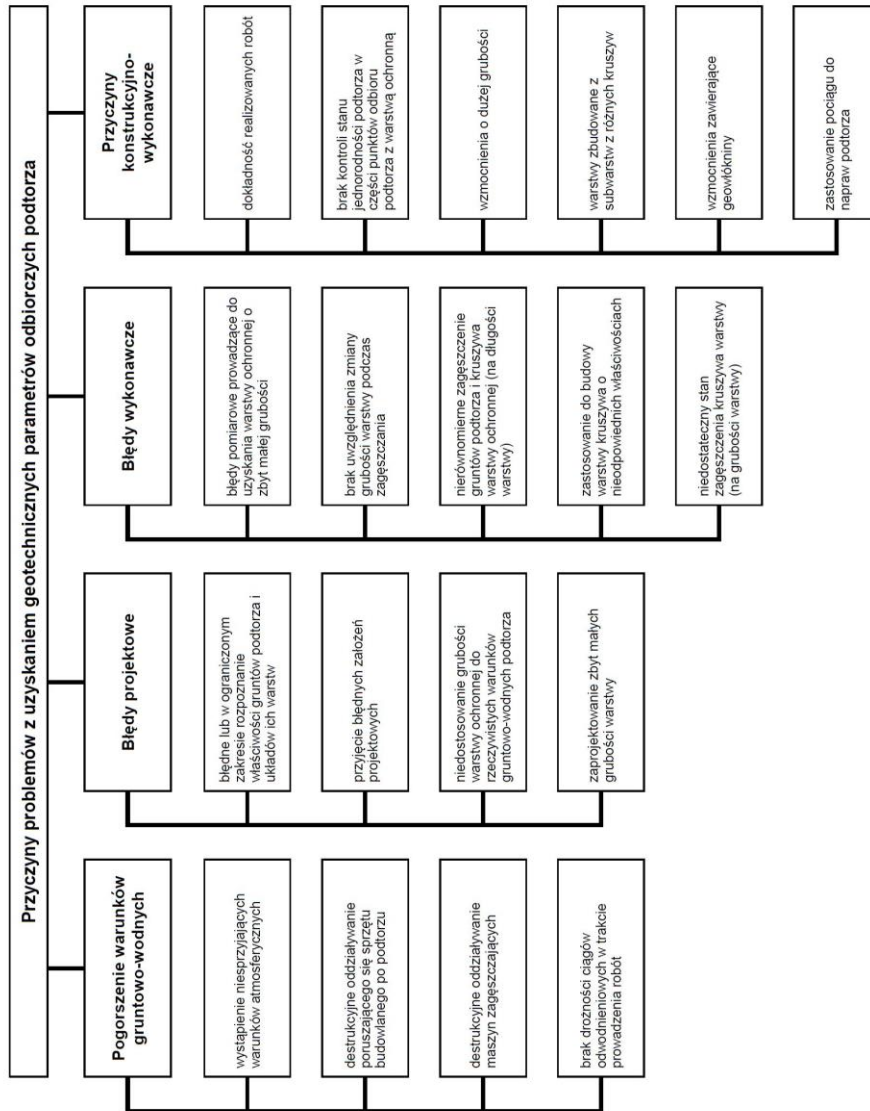
Na uzyskiwane stany odkształcalności i zagęszczenia podtorza ma również wpływ rodzaj zastosowanej technologii robót. W przypadku zastosowania maszyn ogólnobudowlanych można stosować różnorakie wzmocnienia gruntów podtorza oraz różnorodne konstrukcje warstw ochronnych, nawet o dużych grubościach. W przypadku zastosowania pociągu do napraw podtorza (przyczyna 4.6), w którym wiodącą maszyną jest AHM-800R, oprócz przeszkód związanych z limitem wbudowywania w jednym przejeździe warstw o grubości do 0,4 m, w wyniku ograniczonych możliwości agregatów zagęszczających pojawiają się również problemy z uzyskaniem wymaganych wartości modułów odkształcenia mierzonych na torowisku i wskaźników zagęszczenia kruszywa warstwy.

3. SPOSÓB ROZPOZNANIA PRZYCZYN PROBLEMÓW Z ODBIOREM WZMOCNIEŃ PODTORZA

W celu rozpoznania przyczyn problemów z uzyskaniem wymaganych wartości modułów odkształcenia mierzonych na torowisku i wskaźników zagęszczenia kruszywa warstwy należy:

- zapoznać się z projektem wzmocnienia podtorza i dokumentacją geotechniczną,
- skontrolować zapisy w Dzienniku Budowy dotyczące przeprowadzonych robót ziemnych oraz procesu budowy warstwy ochronnej,
- wykonać przekop kontrolny oraz przeprowadzić ocenę konstrukcji i grubości warstwy, przeprowadzić makroskopową ocenę właściwości gruntów podtorza,
- wykonać pomiar modułów odkształcenia podtorza na poziomie robót ziemnych (w przekopie kontrolnym),
- na pobranych próbkach przeprowadzić kontrolę właściwości kruszywa warstwy,
- dokonać oceny odkształcalności zastosowanej geowłókniny pod obciążeniem.

Zestawienie sposobów rozpoznania przyczyn problemów z odbiorem wzmocnień podtorza zawarto w kolumnie 3 tabeli 1.



Rys. 1. Próba klasyfikacji przyczyn problemów z uzyskaniem wymaganych wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych podtorza z warstwą ochronną

Tab. 1. Przyczyny problemów z odbiorem wzmocnień podtorza warstwą ochronną i sposoby ich rozpoznania

Grupa 1	Przyczyna 2		Sposób rozpoznania 3
(1) Pogorszenie warunków gruntowo-wodnych	1.1	Wystąpienie niesprzyjających warunków atmosferycznych	Wykonanie przekopu kontrolnego i makroskopowa ocena właściwości gruntów podtorza. Powtórny pomiar modułów odkształcenia podtorza na poziomie robót ziemnych (w przekopie kontrolnym).
	1.2	Destrukcyjne oddziaływanie poruszającego się sprzętu budowlanego po podtorzu	
	1.3	Destrukcyjne oddziaływanie maszyn zagęszczających	
	1.4	Brak drożności ciągów odwodnieniowych w trakcie prowadzenia robót	
(2) Błędy projektowe	2.1	Błędne lub w ograniczonym zakresie rozpoznanie właściwości gruntów podtorza i układów ich warstw	Bieżąca kontrola właściwości gruntów podtorza w trakcie realizacji robót. Powtórny pomiar modułów odkształcenia podtorza na poziomie robót ziemnych.
	2.2	Przyjęcie błędnych założeń projektowych	
	2.3	Niedostosowanie grubości warstwy ochronnej do rzeczywistych warunków gruntowo-wodnych podtorza	
	2.4	Zaprojektowanie zbyt małych grubości warstwy	
(3) Błędy wykonawcze	3.1	Błędy pomiarowe prowadzące do uzyskania warstwy ochronnej o zbyt małej grubości	Wykonanie przekopu kontrolnego i pomiar grubości warstwy.
	3.2	Brak uwzględnienia zmiany grubości warstwy podczas jej zagęszczania	
	3.3	Nierównomierne zagęszczenie gruntów podtorza i kruszywa warstwy ochronnej (na długości warstwy)	Badania wskaźników zagęszczenia podtorza w różnych lokalizacjach.
	3.4	Zastosowanie do budowy warstwy kruszywa o nieodpowiednich właściwościach	Wykonanie przekopu kontrolnego i kontrola właściwości kruszywa.
	3.5	Niedostateczny stan zagęszczenia kruszywa warstwy (na grubości warstwy)	Punktowa ocena stanu zagęszczenia warstwy. Wykonanie przekopu kontrolnego.
(4) Przyczyny konstrukcyjno-wykonawcze	4.1	Dokładność realizowanych robót	Wykonanie przekopu kontrolnego i pomiar grubości warstwy.
	4.2	Brak kontroli stanu jednorodności podtorza w części punktów odbioru podtorza z warstwą ochronną	Wykonanie przekopu kontrolnego i pomiar modułów odkształcenia podtorza na poziomie robót ziemnych.
	4.3	Wzmocnienia o dużej grubości	Punktowa ocena stanu zagęszczenia warstwy. Wykonanie przekopu kontrolnego.
	4.4	Warstwy zbudowane z subwarstw z różnych kruszyw	Wykonanie przekopu kontrolnego i kontrola konstrukcji warstwy.
	4.5	Wzmocnienia zawierające geowłókniny	Wykonanie przekopu kontrolnego i ocena odkształcalności geowłókniny pod obciążeniem.
	4.6	Zastosowanie pociągu do napraw podtorza	

4. ZALECENIA WYKONAWCZE

W trakcie realizacji robót, w celu zwiększenia prawdopodobieństwa uzyskania podtorza z warstwą ochronną o wymaganych parametrach zaleca się:

- dbać o należyty stan odwodnienia podtorza w trakcie realizacji robót i eksploatacji,
- prowadzić bieżącą kontrolę właściwości gruntów podtorza i jakości wbudowanego kruszywa,
- przy każdorazowej zmianie kruszywa lub sprzętu zagęszczającego wykonać próbne zagęszczenie i ocenę jego jakości na poletku doświadczalnym.

5. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy przyczyn występowania problemów z uzyskaniem wymaganych wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych po wbudowaniu warstwy ochronnej można sformułować następujące wnioski:

- Wzmacnianie podtorza systemem warstw ochronnych napotyka na utrudnienia na każdym etapie realizacji: zbierania informacji o podtorzu, sporządzania programu badań i jego przeprowadzania, wykonywania projektu wzmocnienia i procesu budowania warstwy;
- Przedstawiona próba klasyfikacji przyczyn problemów z uzyskaniem geotechnicznych parametrów odbiorczych podtorza z warstwą ochronną oparta jest na analizie wielu rzeczywistych przypadków przebiegu przebudowy podtorza;
- Prawidłowe rozpoznanie i ocena niepełnych efektów przebudowy podtorza pozwala na zastosowanie stosownych środków zaradczych (zweryfikowanych konstrukcji równoważnych).

LITERATURA

- [1] Dokumentacje geotechniczne z realizacji wzmocnień podtorza warstwą ochronną. Instytut Inżynierii Lądowej. Politechnika Poznańska. Poznań, 1993 - 2007.
- [2] Pawłowski M.: Odształcalność górnej strefy podtorza z geowłókniną. Przegląd Komunikacyjny 11/2016, s. 15-19.
- [3] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Id-3. Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego. 2009.
- [4] Siewczyński Ł.: 10 lat modernizacji podtorza w PKP. Materiały sesyjne z Sesji Naukowej „Nawierzchnie kolejowe dla dużych prędkości” z okazji 45. lecia pracy naukowej oraz 70. lecia urodzin Prof. dr hab. inż. H. Bałucha, Gdańsk 25.10.2002, str. 133-142.
- [5] Siewczyński Ł.: Problemy modernizacji podtorza odcinka lubuskiego linii kolejowej E20. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej SITK Poznań „Nowoczesne technologie i inżynieria finansowania modernizacji linii kolejowych” Słubice 2003 r., str. 37-51.
- [6] 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, s. 111-117.

- [7] 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.
- [8] Siewczyński Ł., Pawłowski M.: Wpływ zmian w przepisach o podtorzu na jego modernizację. III Konferencja Naukowo-Techniczna „Projektowanie, budowa i utrzymanie infrastruktury w transporcie szynowym INFRASZYN 2010”, Zakopane 14-16 kwietnia 2010r. s. 190-210.
- [9] 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.

SOURCES OF OBSTACLES BLOCKING FULL EFFECTS OF SUBGRADE STRENGTHENING BY A PROTECTIVE LAYER

Summary

The article presents the most common causes of problems with acquiring expected parameters of a subgrade with a protective layer. A classification attempt was made by extracting four sets of the causes: a decrease of soil and water conditions, errors done at design, errors at construction site and technological limitations. Methods for inquiring about the problems' causes are given, together with recommendations for the subgrade and the protective layer construction. The recommendations aim to minimise an occurrence probability of adverse phenomena influencing deflection and compactness state of the subgrade and the protective layer.

Keywords: railroad, subgrade, research on subgrade's deflection.

Dane autorów:

Dr hab. inż. Łucjan Siewczyński, em. prof. nadzw. PP
Politechnika Poznańska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Instytut Inżynierii Lądowej, Zakład Budowy Mostów i Dróg Kolejowych
e-mail: lucjan.siewczynski@put.poznan.pl
telefon: +48 61 665 2431

Dr inż. Michał Pawłowski
Politechnika Poznańska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Instytut Inżynierii Lądowej, Zakład Budowy Mostów i Dróg Kolejowych
e-mail: michal.pawlowski@put.poznan.pl
telefon: +48 61 665 2407