

przegląd komunikacyjny

10
2018
rocznik LXXIII
cena 25,00 zł
w tym 5% VAT



UKAZUJE SIĘ OD 1945 ROKU

Projektowanie, budowa i utrzymanie infrastruktury w transporcie szynowym



2018 rokiem
Ernesta Malinowskiego

eISSN
2544-6037

ISSN
0033-22-32

Wpływ nacisku koła pojazdu i powstających imperfekcji podparcia bezстыkowego toru kolejowego na jego pracę podczas eksploatacji. Rozprzestrzenianie się w podtorzu skutków katastrof kolejowych z udziałem materiałów niebezpiecznych. Problemy na styku podtorzy torów tramwajowych i konstrukcji jezdni drogowych. Sposoby rozpoznawania przyczyn braku pełnych efektów zastosowania warstwy ochronnej. Wpływ sposobu ograniczenia ruchu pociągów na czas realizacji robót podtorzowych. Budowlane obciążenia podatnych obiektów inżynierskich

Podstawowe informacje dla Autorów artykułów

„Przegląd Komunikacyjny” publikuje artykuły związane z szeroko rozumianym transportem oraz infrastrukturą transportu. Obejmuje to zagadnienia techniczne, ekonomiczne i prawne. Akceptowane są także materiały związane z geografią, historią i socjologią transportu.

Artykuły publikowane w „Przeglądzie Komunikacyjnym” dzieli się na: „wnoszące wkład naukowy w dziedzinę transportu i infrastruktury transportu” oraz „pozostałe”. Prosimy Autorów o deklarację (w zgłoszeniu), do której grupy zaliczyć ich prace.

Materiały do publikacji: zgłoszenie, artykuł oraz oświadczenie Autora, należy przysyłać w formie elektronicznej na adres redakcji:

artykuly@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

W zgłoszeniu należy podać: imię i nazwisko autora, adres mailowy oraz adres do tradycyjnej korespondencji, miejsce zatrudnienia, zdjęcie, tytuł artykułu oraz streszczenie (po polsku i po angielsku) i słowa kluczowe (po polsku i po angielsku). Szczegóły przygotowania materiałów oraz wzory załączników dostępne są na stronie:

www.przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

W celu usprawnienia i przyspieszenia procesu publikacji prosimy o zastosowanie się do poniższych wymagań dotyczących nadsyłanego materiału:

1. Tekst artykułu powinien być napisany w jednym z ogólnodostępnych programów (np. Microsoft Word). Wzory i opisy wzorów powinny być wkomponowane w tekst. Tabele należy zestawić po zakończeniu tekstu. Ilustracje (rysunki, fotografie, wykresy) najlepiej dołączyć jako oddzielne pliki. Można je także wstawić do pliku z tekstem po zakończeniu tekstu. Możliwe jest oznaczenie miejsc w tekście, w których autor sugeruje wstawienie stosownej ilustracji lub tabeli. Obowiązuje odrębna numeracja ilustracji (bez rozróżniania na rysunki, fotografie itp.) oraz tabel.
2. Całość materiału nie powinna przekraczać 12 stron w formacie Word (zalecane jest 8 stron). Do limitu stron wlicza się ilustracje załączane w odrębnych plikach (przy założeniu że 1 ilustracja = ½ strony).
3. Format tekstu powinien być jak najprostszy (nie stosować zróżnicowanych stylów, wcięć, podwójnych i wielokrotnych spacji itp.). Dopuszczalne jest pogrubienie, podkreślenie i oznaczenie kursywą istotnych części tekstu, a także indeksy górne i dolne. **Nie stosować przypisów.**
4. Nawiązania do pozycji zewnętrznych - cytaty (dotyczy również podpisów ilustracji i tabel) oznacza się numeracją w nawiasach kwadratowych [...]. Numerację należy zestawić na końcu artykułu (jako „Materiały źródłowe”). Zestawienie powinno być ułożone alfabetycznie.
5. Jeżeli Autor wykorzystuje materiały objęte nie swoim prawem autorskim, powinien uzyskać pisemną zgodę właściciela tych praw do publikacji (niezależnie od podania źródła). Kopie takiej zgody należy przesłać Redakcji.

Artykuły wnoszące wkład naukowy podlegają procedurom recenzji merytorycznych zgodnie z wytycznymi MNiSW, co pozwala zaliczyć je, po opublikowaniu, do dorobku naukowego (z punktacją przyznawaną w toku oceny czasopism naukowych – aktualnie jest to **8 punktów**).

Do oceny każdej publikacji powołuje się co najmniej dwóch niezależnych recenzentów spoza jednostki. Zasady kwalifikowania lub odrzucenia publikacji i ewentualny formularz recenzentki są podane do publicznej wiadomości na stronie internetowej czasopisma lub w każdym numerze czasopisma. Nazwiska recenzentów poszczególnych publikacji/numerów nie są ujawniane; raz w roku (w ostatnim numerze oraz na stronie internetowej) czasopismo podaje do publicznej wiadomości listę recenzentów współpracujących.

Przygotowany materiał powinien obrazować własny wkład badawczy autora. Redakcja wdrożyła procedurę zapobiegania zjawisku Ghostwriting (z „ghostwriting” mamy do czynienia wówczas, gdy ktoś wniósł istotny wkład w powstanie publikacji, bez ujawnienia swojego udziału jako jeden z autorów lub bez wymienienia jego roli w podziękowaniach zamieszczonych w publikacji). Tekst i ilustracje muszą być oryginalne i niepublikowane w innych miejscach (w tym w internecie). Możliwe jest zamieszczanie artykułów, które ukazały się w materiałach konferencyjnych i podobnych (na prawach rękopisu) z zaznaczeniem tego faktu i po przystosowaniu do wymogów publikacyjnych „Przeglądu Komunikacyjnego”.

Korespondencję inną niż artykuły do recenzji prosimy kierować na adres: **listy@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl**

Redakcja pisma oferuje objęcie patronatem medialnym konferencji, debat, seminariów itp. Szczegóły na: <http://przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl/patron.html>
Ceny są negocjowane indywidualnie w zależności od zakresu zlecenia. Możliwe są atrakcyjne upusty. Patronat obejmuje:

- ogłaszanie przedmiotowych inicjatyw na łamach pisma,
- zamieszczanie wybranych referatów / wystąpień po dostosowaniu ich do wymogów redakcyjnych,
- publikację informacji końcowych (podsumowania, apele, wnioski),
- kolportaż powyższych informacji do wskazanych adresatów.

www.przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

Ramowa oferta dla „Sponsora strategicznego” czasopisma Przegląd Komunikacyjny

Sponsor strategiczny zawiera umowę z wydawcą czasopisma na okres roku kalendarzowego z możliwością przedłużenia na kolejne lata. Uprawnienia wydawcy do zawierania umów posiada SITK O. Wrocław.

Przegląd Komunikacyjny oferuje dla sponsora strategicznego następujące świadczenia:

- zamieszczenie logo sponsora w każdym numerze,
- zamieszczenie reklamy sponsora w jednym, kilku lub we wszystkich numerach,
- publikacja jednego lub kilku artykułów sponsorowanych,
- publikacja innych materiałów dotyczących sponsora,
- zniżki przy zamówieniu prenumeraty czasopisma.

Możliwe jest także zamieszczenie materiałów od sponsora na stronie internetowej czasopisma.

Przegląd Komunikacyjny ukazuje się jako miesięcznik.

Szczegółowy zakres świadczeń oraz detale techniczne (formaty, sposób i terminy przekazania) są uzgadniane indywidualnie z Pełnomocnikiem ZO Wrocław SITK.

Prosimy o kontakt z: dr hab. inż. Maciej Kruszyna na adres mailowy: **redakcja@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl**

Cena za świadczenia na rzecz sponsora uzależniana jest od uzgodnionych szczegółów współpracy. Zapłata może być dokonana jednorazowo lub w kilku ratach (na przykład kwartalnych). Część zapłaty może być w formie zamówienia określonej liczby prenumerat czasopisma.





Na okładce: . rozjazd, fot. Igor Gisterek

Drodzy Czytelnicy!

W numerze październikowym zamieszczamy sześć artykułów z zakresu projektowania, budowy i utrzymania infrastruktury w transporcie szynowym. W pierwszym artykule opisano analizę wybranych zagadnień wpływu nacisku koła pojazdu i powstających imperfekcji w torze na jego pracę podczas eksploatacji. Analizowano występujące zmiany sztywności pomiędzy zróżnicowanymi konstrukcjami. Opisano też negatywne skutki znacznej zmiany kontaktu i podparcia z podłożem szynowym. Drugi artykuł dotyczy rozprzestrzeniania się w podtorzu skutków katastrof kolejowych z udziałem materiałów niebezpiecznych. Właściwości zjawisk towarzyszących analizowanym katastrofom dobrze oddają ich modele matematyczne liniowe lub nieliniowe analizowane z wykorzystaniem różnych metod operacyjnych.

W trzecim artykule odniesiono się do problemu braku możliwości niezależnego projektowania i budowania konstrukcji podtorzy torów tramwajowych i jezdni drogowych, w przypadku torowisk wbudowanych w jezdnie oraz poprzecznych przejazdów ruchu kołowego przez torowiska. Zwrócono uwagę na odmienną terminologiczną stosowaną w branży drogowej i torowej oraz zaproponowano sposoby rozwiązywania zdefiniowanych problemów. W kolejnym artykule przedstawiono najczęstsze przyczyny występowania problemów z uzyskaniem wymaganych wartości parametrów odbiorczych podtorza z warstwą ochronną. Zaprezentowano metody eliminacji ograniczeń i niepowodzeń umożliwiające uzyskanie pełnych efektów wzmocnienia. Następny artykuł zawiera wyniki analizy wpływu sposobu ograniczenia ruchu pociągów na czas realizacji przebudowy podtorza. Przedstawiono uwarunkowania prowadzenia robót przy każdym z rodzaju zamknięć i wykazano wpływ sposobu prowadzenia robót na czas ich realizacji.

Ostatnia pozycja dotyczy budowlanych obciążeń podatnych obiektów inżynierskich. Charakterystyczną cechą konstrukcji gruntowo - powłokowych, w odróżnieniu od klasycznych mostów, jest duży wpływ zasyпки gruntu i nawierzchni jezdni jako elementów nośnych obiektu. W pracy podano algorytm, w którym na podstawie odczytów jednostkowych określa się siły wewnętrzne w powłoce a stąd oddziaływania kontaktowe. W rozwiązywaniu wykorzystuje się warunek zgodności wzajemnych oddziaływań pomiędzy gruntem a powłoką. W analizie zwrócono uwagę na minimalne grubości naziomu bezpieczne dla obciążeń budowlanych. Powyższy materiał uzupełniają zwyczajowe aktualności (mini przegląd komunikacyjny) oraz informacje SITK.

**Życzę miłej lektury:
Maciej Kruszyna
(z-ca red. nacz. PK)**

W numerze

Wpływ nacisku koła pojazdu i powstających imperfekcji podparcia bezстыkowego toru kolejowego na jego pracę podczas eksploatacji

Włodzimierz Andrzej Bednarek

2

Rozprzestrzenianie się w podtorzu skutków katastrof kolejowych z udziałem materiałów niebezpiecznych

Eligiusz Mieloszyk, Sławomir Grulkowski, Anita Milewska

9

Problemy na styku podtorzy torów tramwajowych i konstrukcji jezdni drogowych

Jacek Makuch

14

Sposoby rozpoznawania przyczyn braku pełnych efektów zastosowania warstwy ochronnej

Łucjan Siewczyński, Michał Pawłowski

19

Wpływ sposobu ograniczenia ruchu pociągów na czas realizacji robót podtorzowych

Michał Pawłowski, Kamil Protosawicki, Wojciech Straszewski

25

Budowlane obciążenia podatnych obiektów inżynierskich

Czesław Machelski

30

Wydawca:

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników
Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej
00-043 Warszawa, ul. Czackiego 3/5
www.sitk-rp.org.pl

Redaktor Naczelny:

Antoni Szydło

Redakcja:

Krzysztof Gasz, Igor Gisterek, Bartłomiej Krawczyk,
Maciej Kruszyna (Z-ca Redaktora Naczelnego),
Agnieszka Kuniczuk - Trzcinowicz (Redaktor językowy),
Piotr Mackiewicz (Sekretarz), Wojciech Puła (Redaktor
statystyczny), Wiesław Spuziak, Robert Wardęga,
Czesław Wolek

Adres redakcji do korespondencji:

Poczta elektroniczna:
redakcja@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

Poczta „tradycyjna”:

Piotr Mackiewicz, Maciej Kruszyna
Politechnika Wrocławska,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
Faks: 71 320 45 39

Rada naukowa:

Marek Ciesielski (Poznań), Antanas Klibavičius (Wilno), Jozef Komačka (Žilina), Elżbieta Marciszewska (Warszawa), Bohuslav Novotny (Praga), Andrzej S. Nowak (Lincoln, Nebraska), Tomasz Nowakowski (Wrocław), Victor V. Rybkin (Dniepropietrowsk), Marek Sitarz (Katowice), Wiesław Starowicz (Kraków), Hans-Christoph Thiel (Cottbus), Krystyna Wojewódzka-Król (Gdańsk), Elżbieta Załoga (Szczecin), Andrea Zuzulova (Bratysława)

Rada programowa:

Mirosław Antonowicz, Dominik Borowski, Leszek Krawczyk, Marek Krużyński, Leszek W. Mindur, Andrzej Żurkowski

Deklaracja o wersji pierwotnej czasopisma

Główną wersją czasopisma jest wersja elektroniczna. Na stronie internetowej czasopisma dostępne są pełne wersje artykułów oraz streszczenia w języku polskim (od 2010) i angielskim (od 2016).

Czasopismo jest umieszczone na liście Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (8 pkt. za artykuł recenzowany).

Redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania zmian w materiałach nie podlegających recenzji.

Artykuły opublikowane w „Przeglądzie Komunikacyjnym” są dostępne w bazach danych 20 bibliotek technicznych oraz są indeksowane w bazach:
BAZTECH: <http://baztech.icm.edu.pl>
Index Copernicus: <http://indexcopernicus.com>

Prenumerata:

Szczegóły i formularz zamówienia na stronie:

www.przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

Obecna Redakcja dysponuje numerami archiwalnymi począwszy od 4/2010.

Numery archiwalne z lat 2004-2009 można zamawiać w Oddziale krakowskim SITK,
ul. Siostrzana 11, 30-804 Kraków,
tel./faks 12 658 93 74, mrowinska@sitk.org.pl

Druk:

HARDY Design, 52-131 Wrocław, ul. Buforowa 34a
Przemysław Wolczuk, przemo@dodo.pl

Reklama:

Dział Marketingu: sitk.baza@gmail.com

Nakład: 800 egz.

Wpływ nacisku koła pojazdu i powstających imperfekcji podparcia bezстыkowego toru kolejowego na jego pracę podczas eksploatacji

Influence of train wheel load and arising support imperfections of railway jointless track on its work during operating



Włodzimierz Bednarek

Dr hab. inż.

Politechnika Poznańska
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Zakład Budowy Mostów i Dróg Kolejowych

wlodzimierz.bednarek@put.poznan.pl

Streszczenie: W pracy zamieszczono analizę wybranych zagadnień wpływu nacisku koła pojazdu i powstających imperfekcji w torze na jego pracę podczas eksploatacji. Przedstawiono typowy podział imperfekcji powstających w torze kolejowym (na podstawie przeglądu publikacji oraz własnych badań i analiz autora). Opisano występujące zmiany sztywności pomiędzy zróżnicowanymi konstrukcjami (np. tor – most, tor – przejazd kolejowy) w literaturze określane jako zjawisko *efektu progowego*. Podano przykład analizy wywołanej, zamierzonej imperfekcji w torze kolejowym wraz z wynikami badań terenowych i teoretycznych obliczeń autora. Zwrócono uwagę na znaczenie płaskiego miejsca na kole jako źródło do postępującej degradacji nawierzchni *od góry* oraz dodatkowej siły obciążającej tor kolejowy. W pracy opisano negatywne skutki znacznej zmiany kontaktu i podparcia z podłożem szynowym.

Słowa kluczowe: Imperfekcje w torze; Symulowanie nierówności; Płaskie miejsce na kole

Abstract: In the paper an analyses of chosen problems of influence of train wheel load and arising imperfections in jointless track on its work during operating are presented. A typical classification of arising imperfections in railway track is shown (on the basis of publications analysis and author's personal researches and analyses). In the paper appearing changes of stiffness between varied constructions (e.g. track-bridge, track-railway crossing) which in literature is defined as threshold effect are presented. An example of analyses of induced and intended imperfection in railway track with field investigations results and author's theoretical calculations are given. It is stated, that special attention shall be paid to wheel flat place significance as the source of following track structure degradation „from the top” and additional force loading railway track. In the paper a negative effects of considerable change of contact and support with rail roadbed are described.

Keywords: Track's imperfections; Unevenness simulation; Flat place on wheel

Podczas eksploatacji bezстыkowego toru kolejowego dochodzi do powstawania różnej postaci kontaktu koła z szyną, podkładu z podłożem podsypkowym czy niekorzystnych, niezamierzonych imperfekcji kontaktu toru z podłożem gruntowym. Imperfekcja rozumiana jest w pracy jako niedoskonałość, odchyłka geometrii lub wyidealizowanych właściwości i cech (w drogach kolejowych utożsamiana najczęściej z nierównością toru lub podłoża szynowego) [6-8,10]. Pod wpływem przejeżdżających pociągów powstają imperfekcje koła oraz podłoża szynowego, które obniżają trwałość nawierzchni kolejowej (rys. 1).

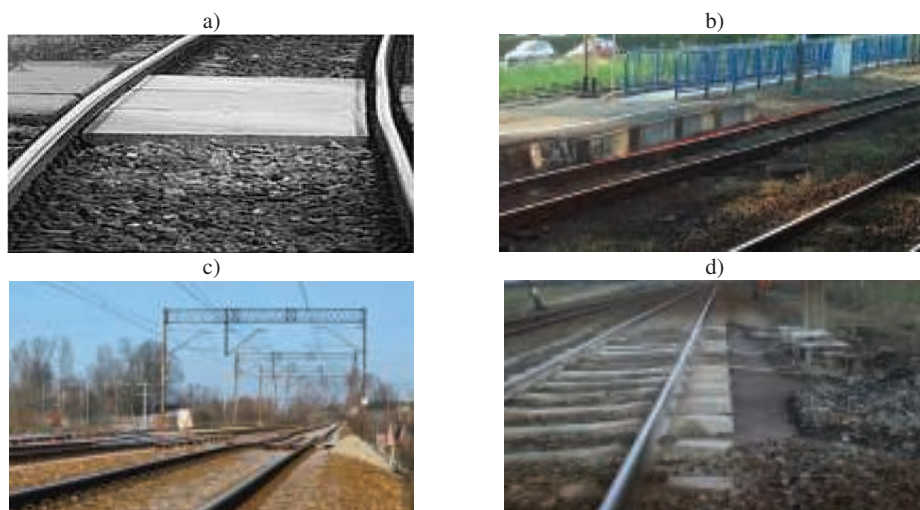
Istnienie imperfekcji w torze kolejowym prowadzi do postępującej degradacji nawierzchni kolejowej, a także do zwiększonych kosztów utrzymania.

Zmniejsza się również bezpieczeństwo ruchu i komfort podróży, dlatego kluczowym jest poznanie występujących imperfekcji (występujących w podłożu lub na kole taboru) oraz przede wszystkim poznanie znaczenia ich ewentualnych skutków.

Typowy podział imperfekcji powstających w torze można przedstawić w następujący sposób (po analizie pozycji literaturowych i własnych doświadczeń autora) [1,2,5,6,10,17,18,21]:

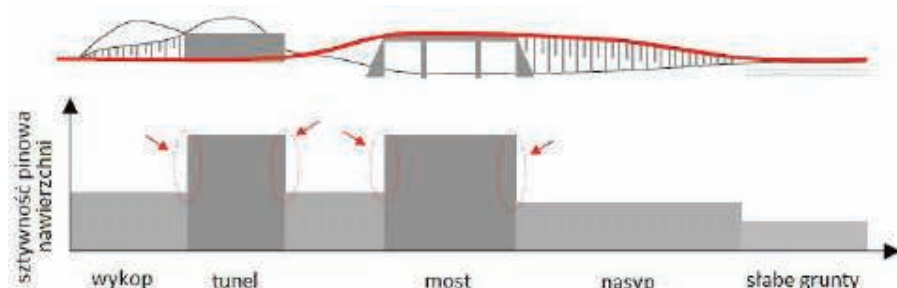
- imperfekcje wynikające ze specyfiki drogi kolejowej (pokazane na rys. 2);
- imperfekcje wynikające z błędów człowieka;
- o powstające z błędów przy projektowaniu;
- o powstające z nieodpowiedniej technologii budowy;

- o powstające z błędnej lub niedostatecznej diagnostyki;
- o powstające z nieodpowiedniej naprawy toru kolejowego;
- imperfekcje geometryczne w torze kolejowym;
- o nierówności pionowe i poziome;
- o wichrowatość toru;
- o zmiana szerokości toru;
- o różnica wysokości toków szynowych;
- imperfekcje szyn
- o uszkodzenia zmęczeniowo-kontaktowe;
- o wady wewnętrzne;
- o zużycie przekroju poprzecznego;
- imperfekcje podkładów kolejowych:
- o imperfekcje podkładów drewnianych (np. pęknięcia, uszkodzenia podkładek, przekładek i wkrętów);

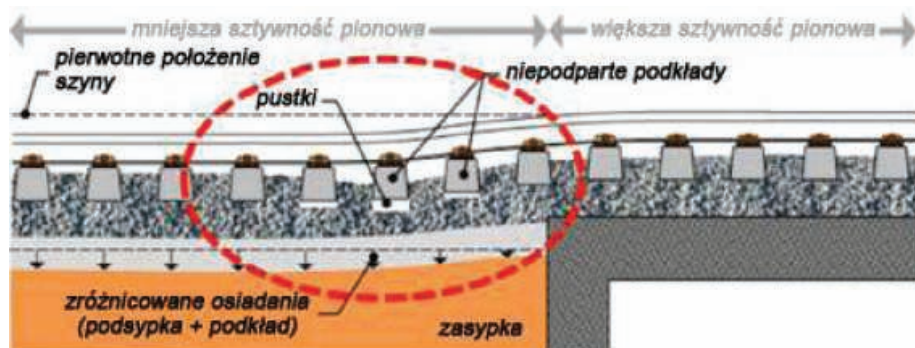


1. Przykłady powstających imperfekcji w torze kolejowym [21]

a) nierówności toru w strefie przejścia kolejowego; b) deformacje w obrębie przejścia podziemnego (nierównomierne podparcia toru kolejowego; kolorem czerwonym zaznaczono pierwotne położenie toru); c) nierówność podczas budowy przepustu; d) odsłonięcie czoł podkładów kolejowych



2. Typowa zmiana podparcia toru kolejowego na długości drogi kolejowej [21]



3. Schematyczny profil tor - obiekt mostowy [21]

- o imperfekcje podkładów betonowych (np. rysy, pęknięcia, złamanie, zgniot przekładek);
- imperfekcje podsypki;
- imperfekcje koła taboru kolejowego;
- o imperfekcje powierzchni tocznej koła;
- o imperfekcje powierzchni obrzeża koła;
- o nieprawidłowe wyważenie i owalizacja koła;
- imperfekcje podłoża toru kolejowego;
- o skokowa zmiana podatności podłoża;
- o lokalne nierówności podłoża;
- o degradacja podłoża.
- imperfekcje powstające w podtorzu kolejowym;
- imperfekcje wynikające z błędów człowieka;
- inne imperfekcje (np. szkody górnicze).

W pracy podjęto analizę wybranych zagadnień powstających imperfekcji w torze:

- zagadnienie skokowej zmiany sztywności nawierzchni oraz wy-

nikającego z niej efektu progowego;

- analiza i wyniki autorskich badań wywoływania zamierzonych imperfekcji w torze kolejowym [16];
- zagadnienie współpracy koła pojazdu z szyną bezстыkowego toru kolejowego.

Wybrane niekorzystne zjawiska występujące w nawierzchni kolejowej podczas eksploatacji

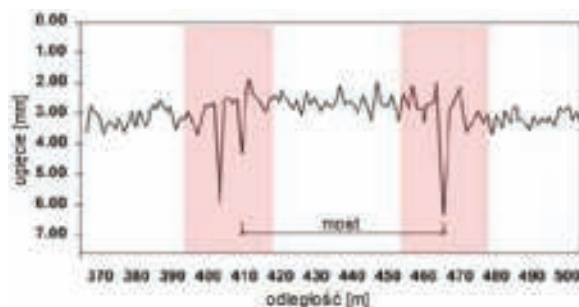
Na długości drogi kolejowej występują rzeczywiste odcinki linii kolejowych o zróżnicowanych rozwiązaniach konstrukcyjnych nawierzchni oraz podtorza kolejowego, a także specjalne budynki, obiekty inżynierskie i urządzenia przeznaczone do prowadzenia ruchu kolejowego [7,8,21]. Skutkiem zmieniającej się konstrukcji nawierzchni kolejowej na długości linii kolejowej jest niekorzystne zaburzenie jednorodności podłoża, prowadzące do zmiany sposobu współpracy toru bezстыkowego z tym podłożem oraz możliwe powstanie np. tzw. efektu progowego, czyli zbioru niepożądanych i niekorzystnych zjawisk zachodzących w nawierzchni kolejowej [12,15,16]. Schemat niejednorodności konstrukcji drogi kolejowej (na styku tor-obiekt inżynierski) przedstawiono na rys. 2.

Na styku toru położonego na podłożu gruntowym a np. na obiekcie mostowym, dochodzi do znacznej zmiany sztywności podparcia – efekt progowy (rys. 3).

Definiowany jest jako zespół niekorzystnych zjawisk w postaci nadmiernych deformacji i oddziaływań dynamicznych, występujących w miejscach łączenia różnych typów nawierzchni, lub przy połączeniu nawierzchni ułożonych na różnych podłożach np. podtorze – obiekt inżynierski [12,15,16].

Efekt progowy powstający ze zmiennego podparcia toru

Duża liczba istniejących rozwiązań konstrukcyjnych stref przejściowych, minimalizujących niepożądane skutki



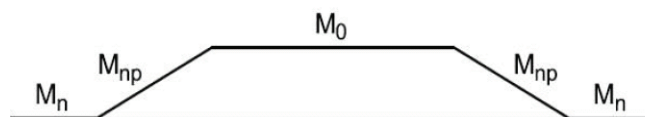
4. Profil ugięcia toru kolejowego na obiekcie mostowym i przyległych odcinkach pod obciążeniem [21]

występowania licznych niejednorodności konstrukcyjnych oraz zmiennych warunków gruntowych, wynika bezpośrednio z ich specyficznego charakteru oraz braku przyjęcia jednolitych standardów konstrukcyjnych. Poszczególne kraje posiadają swoje preferowane rozwiązania, które z czasem są udoskonalane. Wszelkie zjawiska zachodzące w czasie pracy toru kolejowego, mogące mieć wpływ na bezpieczeństwo pasażerów oraz prowadzenie ruchu, powinny być diagnozowane i kontrolowane [4,9]. Wykonywanie badań drgań pojazdów podczas przejazdu przez nierówność progową, kontrolowanie współczynnika wykolejenia oraz okresowe naprawy wpływają nie tylko na wzrost bezpieczeństwa, ale przede wszystkim na komfort jazdy pasażerów.

Przyczyną odnotowanych zwiększonych osiadań (rys. 4) jest nie tylko sama konstrukcja drogi kolejowej poza obiektami inżynierskimi (uzależniona od parametrów geotechnicznych podłoża czy odwodnienia), ale także dodatkowe obciążenia dynamiczne od przejeżdżających z coraz większymi prędkościami pojazdów.

Powstałe deformacje nie są jedynie skutkiem zmieniającej się konstrukcji drogi kolejowej. Intensywność efektu

progowego na dojeździe do obiektu inżynierskiego zależy również od wielu czynników np. od rodzaju obiektu (most, przepust, tunel), jego wymiarów oraz materiału konstrukcyjnego [15,16]. Znaczenie ma także rodzaj i stan nawierzchni na analizowanym obiekcie oraz w otoczeniu obiektu, szczególnie stan zagęszczenia sąsiadujących nasypów oraz rodzaj podłoża [16]. Zwiększenie powstających osiadań wynika również ze zmieniających się warunków atmosferycznych (temperaturowych oraz wilgotnościowych). Skala wielkości tego efektu zależy ponadto od rodzaju i stanu technicznego taboru, prędkości z jaką prowadzony jest ruch, a także od kierunku i sposobu jazdy (hamowanie lub przyspieszanie) [16]. Wraz ze wzrostem prędkości pojazdów przejeżdżających przez strefę łączenia konstrukcji zwiększa się strefa niekorzystnych efektów dynamicznych [9]. Ważnym czynnikiem jest ponadto jakość i dokładność wykonania połączenia konstrukcji oraz prawidłowe jego utrzymanie. W celu zminimalizowania niekorzystnych zjawisk i powiązanych z nimi zwiększonych kosztów utrzymaniowych, konieczne jest zastosowanie odpowiednich konstrukcji stref przejściowych. Biorąc pod uwagę



5. Przykładowa zmiana sztywności podbudowy drogi kolejowej w strefie przejściowej nasyp – most zalecany przebieg zmian sztywności: M_n – moduł sztywności podłoża toru w nasypie, M_{np} – moduł sztywności liniowo zmienny, M_0 – moduł sztywności podbudowy toru na moście [21]

indywidualny charakter warunków, w jakich dochodzi do efektu progowego, niemożliwe jest zdefiniowanie jednego uniwersalnego rozwiązania konstrukcyjnego wykonania stosownego połączenia. Wszystkie zaproponowane rozwiązania technologiczne oparte są głównie na zasadzie stopniowej modyfikacji sztywności elementów drogi kolejowej oraz ograniczaniu ich osiadań (rys. 5) [21].

Analiza wywołanych zamierzonych imperfekcji w torze

W celu przeprowadzenia analizy pracy obciążonych elementów toru na zamierzonej i wymuszonej lokalnej, nierówności, wykonano badania terenowe (na stacji kolejowej Poznań-Franowo) [6]. Celem badań było wywołanie i analiza zamierzonego odkształcenia w torze kolejowym poprzez symulowanie nierówności w podparciu toru w dwóch następujących postaciach:

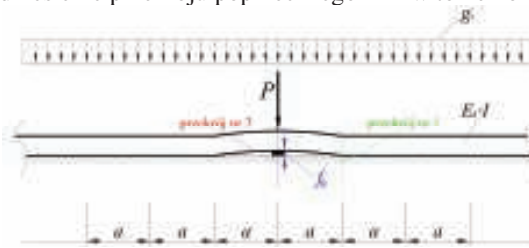
- obniżenia jednego przekroju poprzecznego w badanym torze kolejowym,
- podniesienia jednego przekroju poprzecznego w badanym torze kolejowym.

Przyjęto następujące schematy po-

a) obniżenie przekroju poprzecznego nr 2 w torze kolejowym



b) podniesienie przekroju poprzecznego nr 2 w torze kolejowym

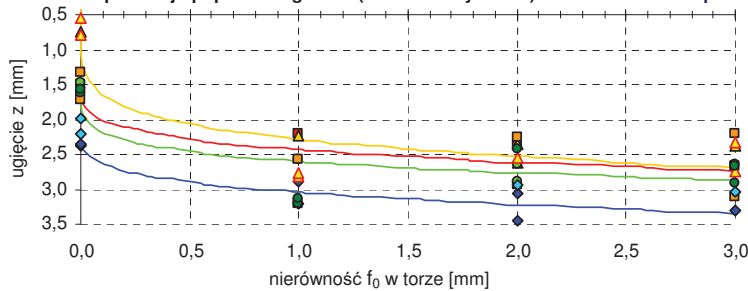


6. Schematy wywołanych nierówności w torze kolejowym [6]

gdzie: f_0 – nierówność wywołana w torze kolejowym [mm]; P – przyłożona siła [MN];

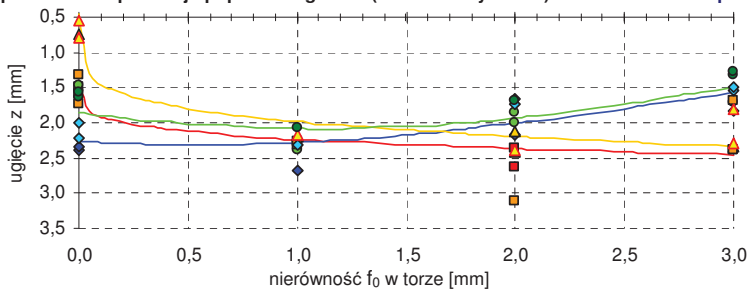
$E_s I$ – sztywność toru w płaszczyźnie pionowej [MNm²]; g_t – ciężar toru [MN/m]; a – rozstaw podkładów [m].

a) obniżenie przekroju poprzecznego nr 2 (schemat z rys. 2.5a) - nacisk osi nr 2 w przekroju nr 2



- ugięcie szyny w przekroju nr 1: $z_1^{sz}(f_0) = 1,0323 \cdot (f_0)^{0,2319} + 1,4024$
- ugięcie szyny w przekroju nr 2: $z_2^{sz}(f_0) = 0,8888 \cdot (f_0)^{0,2669} + 2,1549$
- ugięcie podkładu w przekroju nr 1: $z_1^{pod}(f_0) = 1,9002 \cdot (f_0)^{0,1771} + 0,3868$
- ugięcie podkładu w przekroju nr 2: $z_2^{pod}(f_0) = 1,1621 \cdot (f_0)^{0,1925} + 1,4373$

b) podniesienie przekroju poprzecznego nr 2 (schemat z rys. 2.5b) - nacisk osi nr 2 w przekroju nr 2

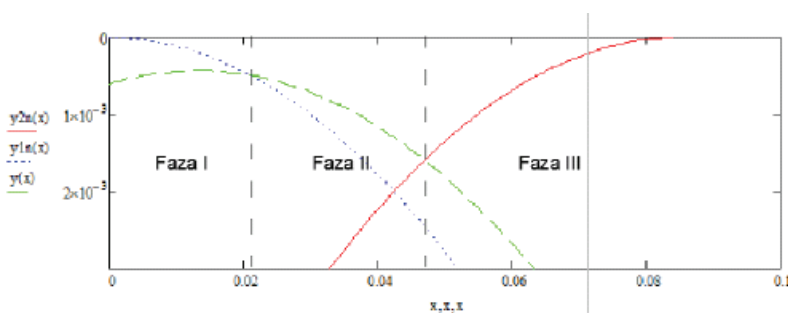


- ugięcie szyny w przekroju nr 1: $z_1^{sz}(f_0) = 0,8104 \cdot (f_0)^{0,2201} + 1,4239$
- ugięcie szyny w przekroju nr 2: $z_2^{sz}(f_0) = e^{0,81939 + 0,07137 \cdot f_0 - 0,06591 \cdot (f_0)^2}$
- ugięcie podkładu w przekroju nr 1: $z_1^{pod}(f_0) = 1,5453 \cdot (f_0)^{0,1857} + 0,4396$
- ugięcie podkładu w przekroju nr 2: $z_2^{pod}(f_0) = e^{0,61767 + 0,21025 \cdot f_0 - 0,09416 \cdot (f_0)^2}$

7. Ugięcie szyny i podkładu wskutek wywołanej nierówności w torze kolejowym (nacisk 90 kN/koło); szyna 49E1; U=22,836 [MPa]; a=0,6 [m]



8. Płaskie miejsce na kole [13,19], a) schemat koła z płaskim miejscem; b) ruch koła z płaskim miejscem – przypadek z oderwaniem od szyny



9. Krzywe ruchu środka ciężkości koła [13]

miarowe – rys. 6: W torze wywołano zamierzone, lokalne odkształcenie poprzez obniżenie oraz podniesienie toru o określoną wartość (parametr f_0 na rys. 6). Odkształcenie toru uzyskano przez odkręcenie przytwierdzeń,

podniesienie toru podnośnikiem (bez naruszania stateczności toru bezstykowego w płaszczyźnie poziomej, zgodnie z obowiązującymi przepisami), a następnie umieszczenie metalowych płytek pomiędzy szyną a

podkładką, opuszczenie szyny na podkładkę oraz ponowne przytwierdzenie szyn do podkładów.

Ciekawych poznawczo spostrzeżeń dostarcza analiza otrzymanych wykresów ugięcia szyny i podkładu w rozpatrywanym przekroju nr 2 (rys. 7).

I tak dla schematu a) z rys. 6 otrzymano wyniki przedstawione na rys. 7a, a dla schematu b) z rys. 6 wyniki przedstawione na rys. 7b.

Jak widać na zamieszczonych rysunkach, strzałki nierówności f_0 wywołane w torze zmieniają w znaczący sposób pracę obciążonych elementów nawierzchni kolejowej. Zwłaszcza w rozpatrywanym przekroju nr 2, można zaobserwować duży wpływ tych nierówności na pracę toru kolejowego. I tak odpowiednio otrzymujemy [6]:

- dla schematu z rys. 6a, przy braku odkształcenia w torze ($f_0=0$ [mm]), ugięcia szyny wynoszą około 2 [mm] (dokładna wartość 1,996 [mm]). Natomiast przy $f_0=3$ [mm] ugięcie szyny wzrasta do wartości 3,537 [mm], czyli o 77,2%, a ugięcie podkładu zwiększa się z 1,437 [mm] do 2,873 [mm], czyli aż o 99,89 %. Zwiększenie ugięcia szyny i podkładu wyraźnie widać na rys. 7a.

- dla schematu z rys. 6b obserwujemy zmniejszenie ugięcia szyny pod osi nr 2 lokomotywy z 2,269 [mm] do 1,553 [mm] zależnie od wielkości wywołanego w torze odkształcenia f_0 . Zmniejszenie ugięcia szyny w tym przypadku wynosi 31,55% (w odniesieniu do toru bez wstępnych nierówności). Zmniejsza się również ugięcie podkładu z 1,864 [mm] do 1,481 [mm], czyli o 20,56 % (w stosunku do toru bez wstępnych nierówności). Zmniejszenie ugięcia szyny i podkładu wyraźnie widać na rys. 7b. Opisane zmiany ugięcia prowadzą do odpowiedniej zmiany naprężeń w szynie.

Wpływ płaskiego miejsca na kole na dodatkowe ugięcia szyny

Ruch koła z płaskim miejscem może odbywać się bez oderwania po-

wierzchni obręczy od szyny lub z jej oderwaniem [11,13,19,20].

Drugi przypadek zachodzi w momencie przekroczenia przez poruszający się wagon prędkości krytycznej. Z uwagi na dane zjawisko ruch środka ciężkości koła można podzielić na 3 fazy (rys. 8) [18]:

- faza I – trwa od momentu, gdy krawędź A miejsca płaskiego staje się środkiem chwilowego obrotu koła do chwili oderwania się koła od szyny;
- faza II – trwa od chwili oderwania się koła do jego uderzenia o szynę;
- faza III – trwa od momentu uderzenia w szynę krawędź B do początku toczenia się koła poza obrębem miejsca płaskiego.

Przykładowy wykres ruchu środka ciężkości we wszystkich fazach przedstawiono na wykresie (rys. 9) [13].

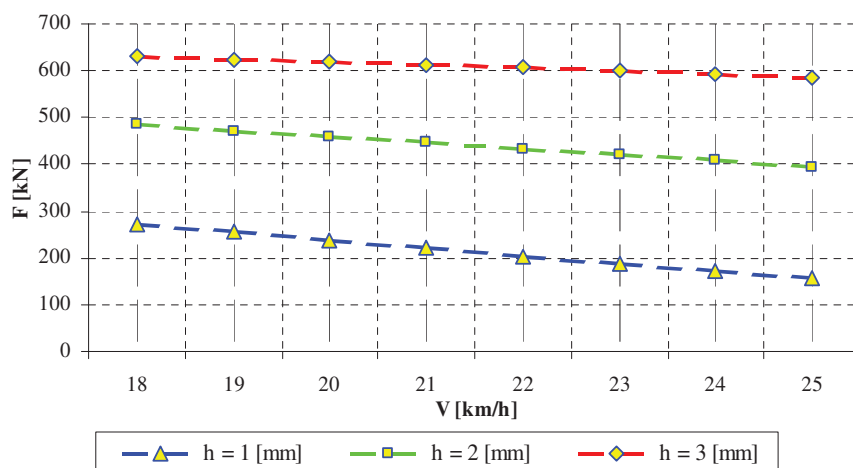
W przypadku przekroczenia prędkości krytycznej [13], trajektoria ruchu w fazie drugiej odbywa się po zielonej przerywanej linii. Wraz ze zwiększaniem prędkości pociągu ponad prędkość krytyczną, moment oderwania się koła od szyny następuje wcześniej, natomiast uderzenie w główkę szyny później. Jeżeli prędkość nie przekracza prędkości krytycznej, ruch odbywa się tylko po krzywej czerwonej i niebieskiej.

Dodatkowa siła wynikająca z płaskiego miejsca na kole

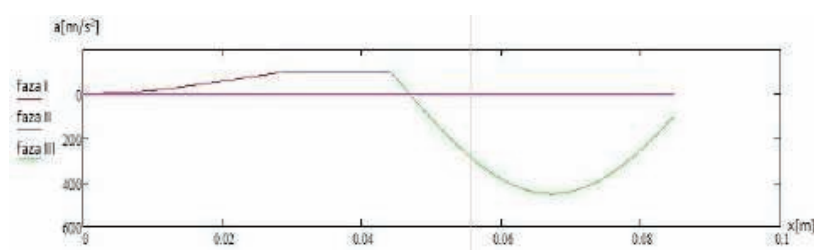
W przypadku wystąpienia płaskiego miejsca na kole najniekorzystniejszą prędkością pociągu, która wywołuje największe przyspieszenia przeciągające, jest prędkość nie przekraczająca wartości $V=25$ [km/h] [13]. Do obliczeń przyjęto miejsca płaskie o głębokości kolejno $h=1, 2$ i 3 [mm] (rys. 8a). Przyjęto współczynnik podatności podłoża równy $96,5$ [MN/m³], obciążenie statyczne na oś równe 100 [kN], nieodsprężynowany ciężar równy 10 [kN], a średnica koła $0,9$ [m] [13].

Na rys. 10 przedstawiono wartości siły powstałej w wyniku płaskiego miejsca na kole dla różnych prędkości.

Siła uzyskuje największą wartość w momencie przekroczenia prędkości



10. Wartości dodatkowej siły F w zależności od głębokości płaskiego miejsca na kole oraz od prędkości poruszania się pociągu [13]



11. Przebieg zmiany przyspieszenia dla $h=2$ [mm] oraz $V=20$ [km/h] [13]



12. Podstawowy podział przyczyn i skutków powstawania imperfekcji w torze kolejowym [2]



13. Wychłapki w torze kolejowym [21]

kości krytycznej, po czym następuje stopniowe obniżenie się wartości siły (głównie ze względu na zmniejszanie się długości wznoszącej się części nierówności pokonywanej przez koło) [13]. Przykładowy przebieg zmian przyspieszeń przedstawiono na rys. 11 [13].

Powstająca dodatkowa siła F w sposób naturalny powoduje dodatkowe ugięcie szyny (wynikające z istnienia płaskiego miejsca na kole).

Niepożądane skutki powstających imperfekcji w podłożu i eksploatacyjnym torze kolejowym

Pod wpływem eksploatacji linii kolejowej powstają imperfekcje, które negatywnie wpływają na pracę toru kolejowego. Niektóre z nich są wynikiem błędów człowieka, inne są niezależne od człowieka, a jeszcze inne wynikają z przebiegu linii kolejowej. Podział przyczyn i skutków powstawania imperfekcji w torze kolejowym przedstawiono na rys. 12 [2].

Na rys. 12 wyraźnie widać ciąg przyczynowo-skutkowy (w kolejności niekorzystny czynnik–niekorzystne zjawisko) powodujący postępującą degradację nawierzchni kolejowej oraz obniżający jej trwałość i niezawodność.

Dodatkowo należy pamiętać o innych wadach czy imperfekcjach, przyspieszających degradację nawierzchni kolejowej i obniżających jego trwałość [14]:

- niedrożne odwodnienie lub jego brak (rys. 13);
- zniszczona warstwa filtracyjna lub jej brak;
- osuwiska;
- osiadania nasypów;
- niewystarczająca nośność podtorza w stosunku do dopuszczalnych prędkości i obciążeń;
- postępująca degradacja podsypki i podtorza;
- niezachowanie wymagań i standardów zapisanych w normach, instrukcjach i przepisach [3];
- szkody górnicze.

Wnioski końcowe

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że:

1. W pracy podano typowy podział imperfekcji powstających w bezstykowym torze kolejowym (po analizie pozycji literaturowych i własnych doświadczeń autora).
2. Stwierdzono, że wywołane odkształcenia o strzałce nierówności f_0 w torze zmieniają w znaczący sposób pracę obciążonych elementów nawierzchni kolejowej (rys. 7). Podobna postać odkształcenia w torze (nierówności pionowe) powstaje podczas jego eksploatacji.
3. Zaproponowana metoda wywoływania odkształceń, jest metodą nieniszczącą i nienaruszającą pierwotnego kontaktu szyny i podkładu z podłożem. Prezentowana metoda jest szczególnie przydatna w badaniach zmian podparcia toru i może być właściwym narzędziem służącym ocenie pracy obciążonych elementów toru kolejowego.
4. Płaskie miejsca na kole powodują bardzo poważny wzrost obciążeń przy niskich prędkościach pojazdu. Z przeprowadzonej analizy wynika, że najważniejszy wpływ na wielkość dodatkowej siły pionowej ma głębokość płaskiego miejsca, prędkość pociągu oraz parametry podłoża. Dodatkowo stwierdzono, że ciężar nieodsprężynowany nie ma większego wpływu na wielkość obciążeń (jedynie na prędkości, przy których one zachodzą).
5. Rozpatrywane w pracy zagadnienia, uzyskane wyniki analiz teoretycznych i pomiarów doświadczalnych, posiadają aspekt praktyczny opisując pracę elementów bezstykowego toru kolejowego w płaszczyźnie pionowej przy występujących nierównościach eksploatacyjnych toru oraz prac związanych z utrzymaniem toru.
6. W pracy podano przykładowe niekorzystne skutki powstających imperfekcji czy niepożądanych

zjawisk zachodzących w torze kolejowym (pokazane na rys. 1 oraz 12). ◀

Materiały źródłowe

- [1] Bałuch H.: Znaczenie początkowej dokładności toru kolejowego. Konferencja Naukowo-Techniczna "Problemy modernizacji linii kolejowej E-30", Zamek Kliczków 2007,
- [2] Bałuch H.: Zagrożenia w nawierzchni kolejowej – badania i przeciwdziałanie. Problemy Kolejnictwa, Zeszyt 158, 2013,
- [3] Bałuch H.: Determinanty wymian nawierzchni kolejowej. Problemy Kolejnictwa, Zeszyt 175, 2017,
- [4] Bałuch H.: Skojarzone wartości graniczne w diagnostyce nawierzchni kolejowej. Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej (Archives of Institute of Civil Engineering), nr 25, 2017,
- [5] Bednarek Wł.: Local subgrade unevenness of lengthwise profile influence on work conditions of CWR track. Foundations of Civil and Environmental Engineering, 15, 2012,
- [6] Bednarek Wł.: Wpływ pionowych odkształceń nawierzchni i podtorza na pracę toru bezstykowego. Seria Rozprawy Nr 506, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2013,
- [7] Bednarek Wł.: Zagadnienia powstających pionowych nierówności w eksploataowanym torze kolejowym. Przegląd Komunikacyjny nr 2, 2016,
- [8] Bednarek Wł.: Analiza wpływu wybranych imperfekcji podłoża szynowego na ugięcia szyny bezstykowego toru kolejowego. Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej (Archives of Institute of Civil Engineering), nr 25, 2017,
- [9] Bryja D., Popiołek A.: Analiza drgań pojazdów kolejowych w trakcie ich przejazdu przez nierówność progową toru. Przegląd Komunikacyjny, nr 9, 2015,
- [10] Czyczuła Wł.: Wpływ niejednorodności podłoża szynowego na dodatkowe ugięcia szyny pod obciążeniem użytkowym. Drogi Kolejowe, nr 5, 1991,

- [11] Lesiak, Podsiadło: Symulacyjne badania dynamicznego oddziaływania koła z płaskim miejscem na szynę w środowisku UNIVERSAL MECHANIZM LOCO. Logistyka, 6, 2011,
- [12] Paixao A.: Transition Zones – Backfill construction, dynamic track characterization and in service field measurements (prezentacja), RTSE: International Workshop, Ballast Issues and Challenges, UIC Paris, 5-6 Dec. 2013,
- [13] Politański W.: Wpływ wybranych imperfekcji koła i podłoża szynowego na dodatkowe ugięcie szyny pod przyłożonym obciążeniem w płaszczyźnie pionowej. Praca magisterska (pod kierunkiem Wł. Bednarka), Poznań 2017 (maszynopis),
- [14] Siewczyński Ł., Pawłowski M.: Przyczyny utrudnień w osiągnięciu peł-

nych efektów wzmocnienia podłoża warstwą ochronną. Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej (Archives of Institute of Civil Engineering), nr 25, 2017,

- [15] Smart Maintenance, Analysis and Remediation of Transport Infrastructure – Deliverable 3.2 Rehabilitation of Open Tracks and Transition Zones, Project funded by EU and 7th Framework Programme, The SMARTAIL Consortium 2014,
- [16] Sołkowski J.: Efekt progowy w nawierzchniach szynowych. Seria Inżynieria Lądowa, Monografia 435, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2013,
- [17] Szumierz W.: Wpływ nierówności profilu na stateczność toru bezstykowego. Przegląd Kolejowy, nr 5, 1993,

[18] Szumierz W., Stefanek J.: Model współdziałania mostu z torem bezstykowym w warunkach zmian temperatury. Drogi i Mosty, nr 2, 2004,

[19] Towpik K.: Oddziaływanie dynamiczne koła z miejscem płaskim na tor. Przegląd Kolejowy Drogowy, nr 9, 1968,

[20] Towpik K.: Obliczanie dynamicznych charakterystyk nawierzchni z uwzględnieniem zmiennych warunków podparcia toru. Drogi Kolejowe, nr 4, 1982,

[21] Zydorek M.: Analiza wybranych zagadnień współpracy bezstykowego toru kolejowego podczas znacznej zmiany jego kontaktu i podparcia z podłożem podsypkowym. Praca magisterska (pod kierunkiem Wł. Bednarka), Poznań 2016 (maszynopis).

Ruszyły prace przy budowie pieszej kładki nad Motławą. Połączy Długie Pobrzeże z Wyspą Spichrzów.

To projekt minimalistyczny

MP, Dziennik Bałtycki, 22.05.2018

Druga po kładce na Ołowiankę przeprawa nad Motławą ma połączyć Długie Pobrzeże z północnym cyplem Wyspy Spichrzów na wysokości ulicy Św. Ducha. Trwa budowa bazy na której usadowiona będzie obrotowa konstrukcja. Pierwsze prace potrwać do połowy czerwca, potem zostaną zawieszane do jesieni ze względu na okres żeglugowy na Motławie. Przypominamy, że kładka jest "publicznym" elementem w ramach partnerstwa jakie z miastem podjął inwestor zabudowy północnego cypla Wyspy Spichrzów - Granaria. Część nawodna ma ważyć 100 ton (...).

Metro na Śląsku? Budowa dwóch linii metra byłaby optymalna.

Termin krótki dzięki technologii

Olga Krzyżyk, Dziennik Zachodni, 24.05.2018

Alstom Konstal Chorzów zaprezentował nowoczesne rozwiązania dla budowy metra w aglomeracji śląskiej. Metro to byłoby w pełni zautomatyzowane, o przepustowości od 10 do 45 tys. pasażerów na godzinę w każdym z kierunków. System lekkiego metra poprowadziłby wagony metra na wiaduktach lub linią na poziomie jezdni, bez konieczności schodzenia pod ziemię. Termin budowy to zaledwie 3-4 lata - jak wyliczyli specjaliści. Alstom rozpoczyna dyskusję o systemie metra w naszej aglomeracji (...).

Nowy Sącz. Wybrano firmę, która przygotuje koncepcję trzeciego mostu na Dunajcu

Janusz Bobrek, Gazeta Krakowska, 28.05.2018

Za blisko 795 tys. zł konsorcjum firm EKKOM Kraków – Pracownia Projektowa Mostopol Opole zaprojektuje połączenie drogi krajowej nr 87 w Nowym Sączu z drogą wojewódzką nr 969 wraz z budową mostu na Dunajcu na wysokości ul. Piramowicza. Wykonawcę wybrano dopiero po drugim przetargu. Poprzedni przetarg zakończył się fiaskiem, ponieważ oferty odbiegały od przeznaczonej na ten cel kwoty. Tym razem Zarząd Województwa Małopolskiego wraz z miastem Nowy Sącz i gminą Chelmeć przeznaczyli na ten cel 800 tys. zł. Konsorcjum firm EKKOM Kraków – Pracownia Projektowa Mostopol Opole zaproponowało najkorzystniejszą ofertę. Do jej zadania będzie należało m.in.: przedstawienie trzech wariantów przebiegu połączenia DK 87 z DW 969 (...).

Powstanie nowy most na Odrze. Tuż przy granicy Opolszczyzny ze Śląskiem

Tomasz Kapica, nto.pl, 26.05.2018

Rząd zapowiada odbudowę mostu Ciechowice-Grzegorzowice. Będzie się znajdował zaledwie dwa kilometry od granicy powiatu kędzierzyńsko-kozielskiego i posłuży także jego mieszkańcom. Premier Mateusz Morawiecki zapowiedział program budowy 22 nowych przepraw przez rzeki. Program budowy mostów, czyli tzw. Mosty Plus, to jedna z obietnic, którą szef rządu złożył podczas marcowej konwencji PiS w Przysusze. Na spotkaniu polityków partii rządzącej Morawiecki nie ukrywał, że jedną z przepraw, która ma zostać wybudowana, jest ta łącząca gminy Rudnik oraz Nędzia, a konkretnie Ciechowice z Grzegorzowicami (...).

W centrum Ozimka powstały dwa nowe ronda. "Jest bezpieczniej"

Sławomir Draguła, nto.pl, 25.05.2018

Zarząd Dróg Wojewódzkich w Opolu przebudował dwa ważne skrzyżowania w Ozimku: ulicy Wyzwolenia z Opolską i znajdujące się kilkadziesiąt metrów dalej Powstańców Śląskich z Częstochowską w ciągu drogi wojewódzkiej 463. W obu miejscach powstały ronda, wymieniona została również nawierzchnia jezdni. Koszt prac to około 700 tysięcy złotych. Pieniądze na wykonanie przebudowy pochodziły w całości z budżetu województwa. - Ta inwestycja jest przykładem naszych konsekwentnych i konkretnych działań w celu poprawy bezpieczeństwa mieszkańców i estetyki ich najbliższego otoczenia – mówił podczas odbioru skrzyżowań członek zarządu województwa opolskiego, Szymon Ogłaza.

Obwodnica Niemodlina. Dziś w opolskim urzędzie wojewódzkim podpisano umowę na budowę

Sławomir Draguła, nto.pl, 24.05.2018

Zanim jednak prace budowlane rozpoczną się, musi minąć jeszcze trochę czasu. Inwestycja zrealizowana będzie bowiem w formule „Projektuj i buduj”. - Najpierw wykonawca zrobi więc całą dokumentację, a potem zbuduje drogę - wyjaśnia Małgorzata Kordek z opolskiego oddziału Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. W czwartek w opolskim urzędzie wojewódzkim podpisano umowę z wykonawcą inwestycji, konsorcjum firm Mota-Engil Central Europe S.A. Kraków oraz Himmel i Papesch z Opola. Koszt inwestycji to ponad 264,162 mln zł. Termin realizacji - 24 listopada 2021 roku. Budowa obwodnicy ma być współfinansowana z funduszy z Unii Europejskiej (...).

Rozprzestrzenianie się w podtorzu skutków katastrof kolejowych z udziałem materiałów niebezpiecznych

Hazardous material-related propagation of the effects of train accidents in the trackbed



Eligiusz Mieloszyk

Prof. Dr hab. inż.

Politechnika Gdańska, Wydział
Inżynierii Lądowej i Środowiska

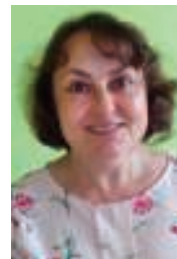


Sławomir Grulkowski

Dr inż.

Politechnika Gdańska, Wydział
Inżynierii Lądowej i Środowiska

slawi@pg.edu.pl



Anita Milewska

Dr

Politechnika Gdańska, Wydział
Inżynierii Lądowej i Środowiska

Streszczenie: Duża część przewozów materiałów niebezpiecznych prowadzona jest koleją. W związku z tym bezpieczeństwo tych przewozów nabiera coraz większego znaczenia. Każda katastrofa z udziałem materiałów niebezpiecznych ma negatywny wpływ na uczestników tego zdarzenia oraz na otaczające środowisko, bowiem jej zasięg na ogół nie jest lokalny. Z tego wynika, że w przypadku zaistnienia katastrofy należy minimalizować jej skutki oraz w dalszych działaniach uwzględnić remediację. Ten cały proces minimalizacji jest możliwy tylko wtedy, gdy poznamy mechanizm rozprzestrzeniania się skutków katastrofy z udziałem materiałów niebezpiecznych w torowisku, podtorzu i podłożu gruntowym. Należy pamiętać, że w skrajnym przypadku katastrofa z udziałem materiałów niebezpiecznych może nawet prowadzić do powstania katastrofy ekologicznej. Do opisu mechanizmu rozprzestrzeniania się katastrofy można wykorzystać układy dynamiczne, szczególnie o parametrach rozłożonych. Właściwości zjawisk towarzyszących analizowanym katastrofom dobrze oddają ich modele matematyczne liniowe lub nieliniowe analizowane z wykorzystaniem różnych metod operatorowych.

Słowa kluczowe: *Katastrofy kolejowe; Materiały niebezpieczne; Skutki katastrof*

Abstract: A large part of the transport of hazardous materials is carried out by rail. Therefore, the security of these transports is becoming increasingly important. Every catastrophe involving dangerous materials has a negative impact on the participants of the incident and the surrounding environment, because its range is generally not local. It follows that in the event of a catastrophe, its effects should be minimized and remediation should be considered in further actions. This whole process of minimization is possible only when we know the mechanism of spreading the effects of a catastrophe involving hazardous materials in the track, subgrade and ground. It should be remembered that in an extreme case, a catastrophe involving hazardous materials may even lead to an ecological disaster. Dynamic systems, especially those with distributed parameters, can be used to describe the mechanism of the disaster's spread. Properties of phenomena accompanying the analyzed catastrophes are well reflected in their linear or non-linear mathematical models analyzed using various operator methods.

Keywords: *Railway disasters; Dangerous materials; The effects of disasters*

Celem artykułu nie jest zajmowanie się warunkami jakim powinien podlegać przewóz materiałów niebezpiecznych, bowiem to regulują stosowne przepisy. Tego rodzaju przewozy muszą spełniać bardzo surowe wymagania w zakresie bezpieczeństwa. Jednak często dochodzi z różnych względów do zagrożeń związanych z przewozem ładunków niebezpiecznych. Nie chodzi tu tylko o przewóz niebezpiecznych substancji chemicznych, ale także materiałów wybuchowych, gazów technicznych, materiałów wytwarzających w zetknięciu z wodą gazy zapalne itp. Te niebezpieczne substancje stwarzają zagrożenie dla życia ludzi, zwierząt i środowiska. Transport dużych ilości tych materiałów jest problemem, na

przykład transportuje się duże ilości kwasu siarkowego H_2SO_4 , a także legalnie lub nielegalnie szczególnie z zagranicy różnego rodzaju niewiadomego pochodzenia śmieci. W wyniku niekontrolowanego uwolnienia znacznych ilości substancji niebez-

piecznych o właściwościach utleniających, palnych, toksycznych itp. do otoczenia (wyciek podczas zderzenia – kolizji, wykołowania, rozszczelnienia się cysterny podczas transportu itp.) może wystąpić ryzyko katastrofy ekologicznej.



1. Katastrofy kolejowe: a) w kanadyjskiej prowincji Saskatchewan 7.10.2014; b) w Wydminach 2.01.2016. Źródła: YouTube

Ze wspomnianymi tu sytuacjami najczęściej mamy do czynienia w przypadku wykolejenia lub kolizji (rys. 1).

Wszystkie te zdarzenia mają negatywny wpływ na podtorze kolejowe (rys. 2).

Na wszelkie kolizje i wykolejenia należy też patrzeć następująco: A co by było, gdyby w składzie pociągu były ładunki niebezpieczne?

Katastrofie kolejowej na ogół towarzyszą [5]:

- wyciek materiałów ropopochodnych z cystern – bez pożaru (negatywny wpływ związków ropopochodnych na podtorze)
- wyciek materiałów ropopochodnych z cystern połączony z pożarem (dodatkowo negatywny wpływ temperatury na podtorze)
- wyciek innych materiałów niebezpiecznych (np. chlor, kwas siarkowy H_2SO_4 – negatywny wpływ związków chemicznych na podtorze)
- rozprzestrzenianie się niebezpiecznych związków lotnych, itp.

Wszystkie te materiały mają negatywny wpływ na podtorze i jego elementy, np. pod ich wpływem zmieniają się podstawowe właściwości geosyntetyków stosowanych w konstrukcjach podtorza (np. nasypy, wykopy) w zakresie ich przepuszczalności, wytrzymałości i odkształcenia. Powszechne wykorzystanie geosyntetyków do zbrojenia gruntu w podtorzu i związanych z nim konstrukcjach oporowych, czy wzmacnianie za pomocą geosyntetyków lokalnych kawern powoduje ich mobilizację na rozciąganie. W tych nowych warunkach zmienia się charakter współpracy grunt – geosyntetyk. Zmieniają się charakterystyki materiałowe wywołane wysokimi temperaturami i czynnikami chemicznymi, a dalej zmieniają się charakterystyki i parametry opisujące zachowanie się strefy kontaktowej. Są one inne niż przyjęte w projektowaniu lub badaniach teoretycznych zależności współpracy (grunt – geosyntetyk lub grunt – geosyntetyk – grunt itp.) i fakt ten należy uwzględnić przy remediacji [4].



2. Negatywny wpływ katastrofy kolejowej na podtorze. Katastrofa w Szczegłowicach 23.05.2002 [10]

Współpracę między geosyntetykiem a elementami podtorza kolejowego można opisać z wykorzystaniem operatora d'Alemberta oznaczanego symbolem $\square$. Prowadzi to do równania różniczkowego cząstkowego

$\square u = f(x, y, z, t)$. W równaniu tym $f(x, y, z, t)$ charakteryzuje ciągłe obciążenie zastępcze, x, y, z są współrzędnymi punktu $P \in \Omega$ w chwili t , a u jest funkcją odpowiedniej klasy w zbiorze $\Omega \times (0, \infty)$ i oznacza ugięcie (przemieszczenie, zmianę położenia punktów P geosyntetyku i jego otoczenia).

Korzystając z metod nieklasycznego rachunku operatorów możemy zapisać:

$$\begin{aligned} u(x, y, z, t) = u(P, t) = & \left\{ \frac{1}{4\pi} \iint_{\sigma} \left[\frac{1}{d(P, P_0)} A \left(\frac{\partial u}{\partial n} \right) - A u \frac{\partial}{\partial n} \left(\frac{1}{d(P, P_0)} \right) \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{1}{ad(P, P_0)} A \left(\frac{\partial u}{\partial t} \right) \frac{\partial d(P, P_0)}{\partial n} \right] d\sigma \right\} + \left\{ -\frac{1}{4\pi} \iiint_{\Omega} \frac{Af(P_0, t)}{d(P, P_0)} d\Omega \right\} \end{aligned}$$

W ostatnim wzorze przyjęto oznaczenia jak w [4]. Wzór ten opisuje współpracę w warunkach typowych (bez uwzględnienia wpływu materiałów niebezpiecznych). Ich wpływ w tym wzorze można uwzględnić poprzez identyfikację modelu ze względu na istniejący we wzorze parametr a z wykorzystaniem wielowymiarowych modelowych badań laboratoryjnych współpracy grunt – geosyntetyk.

Wyciek materiałów niebezpiecznych ma też wpływ na zmianę stabilizacji mieszanin np. popiołowo – żużło-

wych stosowanych między innymi do budowy nasypów. Wykorzystywane tu mogą być spoiwa hydrauliczne, takie jak wapno, cement, Terramix, Solitex itp.

W przypadku katastrofy z udziałem cystern z substancjami niebezpiecznymi i w przypadku ich rozszczelnienia rozprzestrzenienia się skażenia (zanieczyszczenie) w powietrzu i gruncie podtorza. W przypadku gruntów wiadomo, że zmiana czynników środowiskowych (termicznych, chemicznych, biologicznych) wpływa na mechaniczno – wytrzymałościowe zachowanie się podtorza.

Przepływ rowami odpływowymi płynnych materiałów niebezpiecz-

nych powoduje, że też tą drogą przenikają w głąb gruntu, przedostając się do wód gruntowych oraz dodatkowo w pewnych niekorzystnych przypadkach mogą dotrzeć do rzek lub zbiorników wodnych. W każdym z tych przypadków są one źródłem niebezpiecznych zanieczyszczeń.

Skażenie wód gruntowych ze strefy nienasyconej (wód glebowych, wód błonkowych, wód kapilarnych) i wody gruntowej zasadniczej ze strefy nasyconej oraz wód z przepływem otwar-

tym (ze swobodną powierzchnią) jest niebezpieczne z punktu widzenia zagrożeń dla środowiska naturalnego [8].

Wszystkie te zjawiska są procesami dynamicznymi [7], które szczególnie w początkowej fazie są niesterowalne i należy dążyć do tego, aby w jak najkrótszym czasie możliwe było przejście do sterowania tymi procesami ponieważ wówczas można ograniczyć skutki katastrofy szczególnie w odniesieniu do podtorza oraz będzie ułatwiona i mniej kosztowna jego remediacja [5, 6].

O modelowaniu skutków katastrofy

Ogólne można przyjąć, że skutki katastrofy kolejowej rozprzestrzeniają się według zasady, którą dobrze opisują rozwiązania równania różniczkowego cząstkowego

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial u}{\partial x} \right) = \frac{\partial u}{\partial t} \quad (1)$$

ze stałą D charakteryzującą analizowany proces przy danym warunku

$$u(x, 0) = \varphi(x)$$

Każde rozwiązanie tego problemu różniczkowego jest niezerowe natychmiast po rozpoczęciu procesu i świadczy o szybkim rozprzestrzenianiu się skutków katastrofy.

Rozwiązaniem problemu jest też funkcja opisująca rozwój zjawiska w zależności od x (położenia) i t (czasu) dla bardzo niegładkiego warunku początkowego, czyli dla $\varphi(x)$ określonego dystrybucją Diraca. Odzwierciedla to przypadek bardzo „gwałtownego” pojawienia się zjawiska negatywnego towarzyszącego katastrofom z udziałem materiałów niebezpiecznych w chwili $t=0$ (rys. 3).

Funkcja ta też pokazuje, że zjawisko towarzyszące katastrofie z czasem zanika, aż w ostateczności zniknie.

Emisja skutków katastrofy w gruncie [6]

Zanieczyszczenia powstałe przy katastrofie mogą rozpuszczać się w wodzie lub poruszać się z nią w postaci zawiesiny. W przypadku katastrofy z

udziałem materiałów niebezpiecznych istotne jest modelowanie rozchodzenia się zanieczyszczeń wód podziemnych. Związki ropopochodne przedostają się do gruntu nie tylko w przypadku kolizji, czy wykołowania, ale także w wyniku przypadkowych wylewów w czasie transportu, napełniania, przelewania itp. Zawierają one takie związki toksyczne jak benzen, toluen, czy ksyleny. W niesprzyjających warunkach mogą one migrować na znaczne odległości, a oczyszczanie wód podziemnych wiąże się z dużymi kosztami. Ocena wpływu tych i innych zanieczyszczeń na jakość wód podziemnych, a szczególnie zaprojektowanie środków minimalizujących negatywne skutki powstałego skażenia wymaga tworzenia modeli, które pozwolą na jakościowe i ilościowe przewidywanie migrowania zanieczyszczeń w gruncie podtorza, w tym zbrojonego geosyntetykami. Migracje te zależą od właściwości hydrogeologicznych gruntu. Zanieczyszczenia, które dostają się do gruntu, wpływają w dół pod wpływem sił grawitacji i dzięki przepuszczalności ośrodka trafiają do zalegającej pod ziemią wody. Ten przepływ przez ośrodek porowaty opisuje prawo Darcy'ego [1]

$$q = -K \Delta \varnothing / L$$

gdzie q jest przepływem wody przez wycinek ośrodka o jednostkowej powierzchni przekroju poprzecznego i miąższości L w jednostce czasu przy spadku hydraulicznym $\Delta \varnothing$. K jest współczynnikiem przewodności hydraulicznej, a znak minus oznacza, że kierunek przepływu jest przeciwny do kierunku wzrostu potencjału.

Jeżeli $\vec{q}$ jest wektorowym przepływem jednostkowym, to dla izotropowego ośrodka, czyli dla ośrodka, w którym przepuszczalność nie zależy od kierunku prawo Darcy'ego ma postać

$$\vec{q}(\vec{x}, t) = -K(\vec{x}) \text{grad} \varnothing(\vec{x}, t)$$

Dla ośrodka anizotropowego, w którym przepuszczalność zależy od kierunku, przewodność hydrauliczna jest tensorem reprezentowanym przez macierz symetryczną postaci

$$K = \begin{bmatrix} K_{xx} & K_{xy} & K_{xz} \\ K_{yx} & K_{yy} & K_{yz} \\ K_{zx} & K_{zy} & K_{zz} \end{bmatrix}$$

którą po wprowadzeniu odpowiedniego układu współrzędnych można sprowadzić do postaci diagonalnej

$$K = \begin{bmatrix} K_x & 0 & 0 \\ 0 & K_y & 0 \\ 0 & 0 & K_z \end{bmatrix}$$

Równanie zachowania masy przy stałej gęstości wody jest postaci [2]

$$-\text{div} \vec{q} = \frac{1}{V_0} \frac{\partial V_w}{\partial t}$$

Skoro

$$\frac{1}{V_0} \frac{\partial V_w}{\partial t} = \frac{1}{V_0} \frac{\partial V_w}{\partial \varnothing} \frac{\partial \varnothing}{\partial t},$$

więc wykorzystując odsączalność sprężystą S_0 , która jest określona wzorem

$$S_0 = \frac{1}{V_0} \frac{\partial V_w}{\partial \varnothing},$$

gdzie V_0 i V_w oznaczają odpowiednio objętość ośrodka i objętość wody można zapisać korzystając z równania Darcy'ego

$$\text{div}(K(\vec{x}) \text{grad} \varnothing) = S_0 \frac{\partial \varnothing}{\partial t} \quad (2)$$

W ostatnim równaniu występuje wielkość $\varnothing$, której wyznaczenie pozwala określić przepływ jednostkowy i jest to podstawowe równanie opisujące ruch wody, która jest medium odpowiedzialnym za rozprzestrzenianie się skażeń, zanieczyszczeń w podtorzu.

Jeżeli przyjmujemy układ współrzędnych tak, że tensor K będzie tensorem diagonalnym, wtedy ostatnie równanie uprości się i przyjmie postać

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial \varnothing}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial \varnothing}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial \varnothing}{\partial z} \right) = S_0 \frac{\partial \varnothing}{\partial t}$$

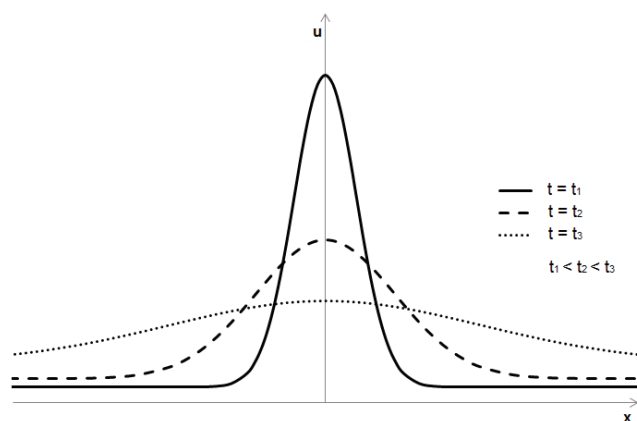
W przypadku ośrodka jednorodnego, izotropowego ostatnie równanie różniczkowe przyjmie postać

$$K \left(\frac{\partial^2 \varnothing}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varnothing}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varnothing}{\partial z^2} \right) = S_0 \frac{\partial \varnothing}{\partial t},$$

$$K = K_x = K_y = K_z.$$

Jeżeli przepływ jest stacjonarny, wtedy dla $\varnothing$ otrzymamy równanie Laplace'a postaci

$$\frac{\partial^2 \varnothing}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varnothing}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varnothing}{\partial z^2} = 0.$$



3. Rozprzestrzenianie się zjawiska w czasie przy gwałtownym jego pojawieniu się w chwili początkowej w postaci dystrybucji

Równanie to można rozwiązywać z wykorzystaniem nieklasycznego rachunku operatorów z wieloma pochodnymi lub poprzez aproksymację laplasjanu z wykorzystaniem przepływu w rurce o średnicy δ [7].

Jeżeli zanieczyszczenie zmienia gęstość wody, tzn. $\rho = \rho(c)$, gdzie c oznacza stężenie zanieczyszczenia wtedy równanie zachowania masy przyjmie postać [9]

$$-\text{div} \rho \vec{q} = \frac{1}{V_0} \frac{\partial(\rho V_w)}{\partial t}$$

Obliczmy $\frac{\partial(\rho V_w)}{\partial t}$ oraz skorzystajmy ze wzoru $\text{div} \rho \vec{q} = \vec{q} \text{grad} \rho + \rho \text{div} \vec{q}$ z teorii pola.

Otrzymamy

$$\frac{\partial(\rho V_w)}{\partial t} = V_w \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \frac{\partial V_w}{\partial t}$$

więc

$$\begin{aligned} \frac{1}{V_0} \frac{\partial(\rho V_w)}{\partial t} &= \frac{V_w}{V_0} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\rho}{V_0} \frac{\partial V_w}{\partial t} = \\ &= -\vec{q} \text{grad} \rho - \rho \text{div} \vec{q} \end{aligned}$$

czyli

$$-\vec{q} \text{grad} \rho - \rho \text{div} \vec{q} = \frac{V_w}{V_0} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho S_0 \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

Przyjmując, że $P = \frac{V_w}{V_0}$ jest porowatością ośrodka ostatnią zależność można zapisać w postaci

$$-\vec{q} \text{grad} \rho - \rho \text{div} \vec{q} = P \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho S_0 \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

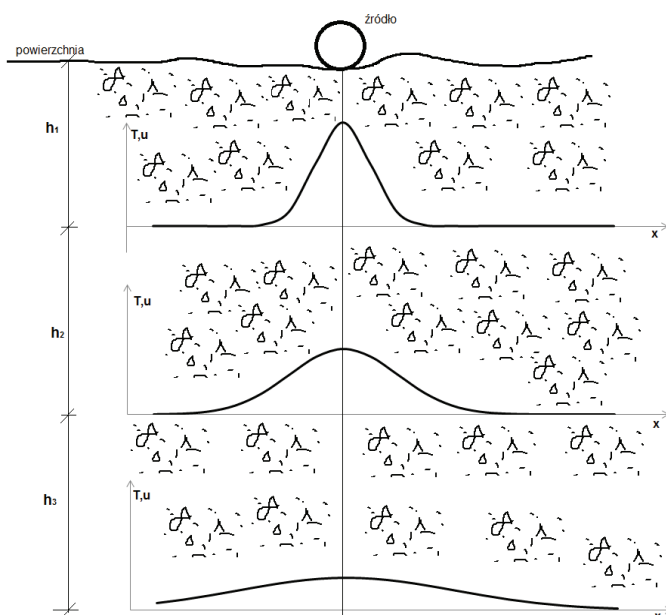
Przy małych zmianach gęstości można przyjąć, że pierwsze składniki po obu stronach ostatniej równości są dostatecznie małe i mogą zostać pominięte. Po uwzględnieniu tego faktu w tym przypadku też otrzymamy równanie postaci (2). To znaczy, że w kolej-

nym modelu otrzymujemy takie samo równanie opisujące dany problem. Z tego wynika, że rozprzestrzeniania się związków niebezpiecznych w gruncie spowodowane katastrofą kolejową na ogół może być opisywane równaniem (2) i wykorzystane w praktyce do ograniczenia jej negatywnych skutków, w tym w odniesieniu do podtorza.

Jak wspomniano, katastrofie kolejowej z udziałem materiałów niebezpiecznych może towarzyszyć pożar. Jest on dodatkowo niebezpieczny, jeżeli w pobliżu przebiega np. gazociąg. Wtedy taki niekontrolowany wzrost temperatury podtorza może dodatkowo doprowadzić do wybuchu gazu i spowodować kolejne straty. Ta zmiana temperatury ma też negatywny wpływ na stosowane mieszanki do budowy podtorza, a także zastosowane zbrojenia geosyntetykami. W takim przypadku istotne znaczenie ma opis pionowych zmian temperatury w gruncie. Można je wyznaczyć z równania

$$\frac{\partial(cT)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K \frac{\partial T}{\partial z} \right),$$

w którym T oznacza temperaturę, c jest pojemnością cieplną jednostki objętości gruntu, a K jest przewodnością cieplną gruntu. Korzystając z tego równania można wyznaczyć rozkład temperatury w zależności od czasu i głębokości (rys. 4), a dołączając do nie-



4. Zmiana temperatury i innych skutków katastrofy w podtorzu wraz ze zmianą głębokości

go składnik $f(z,t)$ charakteryzujący źródło temperatury można dodatkowo uwzględnić wpływ źródła emisji ciepła. Ostatnie równanie różniczkowe jest analogiczne do równania (1) mimo, że opisuje inne zjawisko przebiegające w podtorzu, jednak z matematycznego punktu widzenia ma te same właściwości co (1) [3]. Wygaszanie się zmian wywołanych katastrofą, a dokładniej jej skutków zgodnie z ostatnim równaniem odbywa się w czasie (rys. 3), a także wraz ze wzrostem głębokości (rys. 4). Dotyczy to też rozchodzenia się drgań np. od wybuchu.

Z tego wynika, że negatywne skutki katastrofy z punktu widzenia ich przebiegu zachowują się, jak przedstawione wyniki na rys. 3 i 4, o ile tylko zlikwidujemy źródło lub ograniczymy (zmniejszymy) jego działanie. W związku z tym, aby ograniczyć negatywne skutki katastrofy kolejowej należy w krótkim czasie wyeliminować ich źródło (wyciek, wybuch, pożar) lub przynajmniej zmniejszyć jego zasięg. Przez takie działanie można też ograniczyć jej negatywny wpływ między innymi na podtorze kolejowe.

Podsumowanie

Liczba przewozów towarów niebezpiecznych ciągle rośnie, a wśród nich przewozy tych materiałów drogami

kolejowymi. W wyniku katastrof kolejowych z udziałem materiałów niebezpiecznych może dochodzić np. do pożarów, do skażenia powietrza, podtorza, a dalej podłoża gruntowego, wody.

Katastrofy z udziałem materiałów niebezpiecznych są przyczyną wielu nieszczęść, śmiertelnych zatruć, poparzeń itp. Mają negatywny wpływ na środowisko.

W przypadku katastrofy należy minimalizować jej negatywne skutki i przeprowadzić remediację.

Znajomość właściwości i przebieg zjawisk towarzyszących katastrofom kolejowym z udziałem materiałów niebezpiecznych powoduje ograniczeniu ich skutków i ułatwia remediację.

Właściwości zjawisk towarzyszących analizowanym katastrofom dobrze oddają ich modele matematyczne odnoszące się do przepływów w powietrzu, wodzie i gruncie, łącznie z przepływem ciepła.

Zjawiska towarzyszące analizowanym katastrofom mogą być badane z wykorzystaniem metod operatorowych, a uzyskane wyniki zastosowane w praktyce.

Negatywny wpływ katastrofy kolejowej na podtorze wiąże się też z jego konstrukcją, w której mogą być stosowane geosyntetyki, mieszaniny itp. wrażliwe na oddziaływania różnych związków chemicznych lub temperatury. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Eagleson P. S., Hydrologia dynamiczna, Państwowe Wydaw. Naukowe, Warszawa, 1978.
- [2] Holnicki P., Nahorski Z., Żochowski A., Modelowanie procesów środowiska naturalnego, Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania, Warszawa, 2000
- [3] Lawrence C. Evans, Partial Differential Equations, American Mathematical Society, 2002
- [4] Mieloszyk E., Grulkowski S., Generalized Taylor formula and shell structures for the analysis of the interaction between geosynthe-

tics and engineering structures of transportation lines, Shell Structures: Theory and Applications, vol. 4/ ed. Wojciech Pietraszkiewicz & Wojciech Witkowski Londyn: Taylor & Francis, 2018, s.561-564.

- [5] Mieloszyk E., Milewska A., Grulkowski S., Rozprzestrzenianie się skutków dużych katastrof kolejowych, Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej, Poznań, iss. 25 (2017), s.301-310.
- [6] Mieloszyk E., Milewska A., Risks associated with the transportation of hazardous materials on public roads, XII Międzynarodowa Konferencja Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego Gambit 2018, Politechnika Gdańska, 12-13 kwietnia 2018

- [7] Mieloszyk E., Nieklasyczny rachunek operatorów w zastosowaniu do uogólnionych układów dynamicznych. Gdańsk: IMP PAN, 2008.
- [8] Świdziński W., Mierczyński J., Badania laboratoryjne zjawiska podatności cyklicznej w nawodnionym, Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 4/2009, 271-280
- [9] Tihonow A. N., Samarski A. A., Równania fizyki matematycznej, PWN, 1963
- [10] Węsierski T., Nagrodzka M., Wypadek kolejowy w Szczygłowicach. Przebieg zdarzenia oraz analiza zagrożeń rzeczywistych oraz potencjalnych, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, 2012, nr 1, 113-120

Są pieniądze na S1. Przetarg na budowę najdłuższego odcinka Mysłowice - Bielsko-Biała w lutym 2019 roku

Anna Dziedzic, Dziennik Zachodni, 5.06.2018

W lutym 2019 roku ma zostać ogłoszony przetarg na najdłuższy odcinek nowej trasy S1 od Mysłowic (węzeł Kosztowy) do Bielska-Białej. Termin ten potwierdził, podczas ostatniego spotkania w Urzędzie Wojewódzkim Michał Mendrok, dyrektor katowickiego oddziału Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. Odbędzie się to w ramach wyjazdowego posiedzenia członków Komisji Infrastruktury z parlamentarzystami ze Słowacji (...). Na razie możemy korzystać jedynie z 85 kilometrów drogi ekspresowej S1. Po ukończeniu jej budowy, ma to być komfortowa dla kierowców droga o długości ok. 142 kilometrów. Według planów przedstawionych w grudniu 2017 roku przez ministra Adamczyka, najpóźniej w 2023 roku trasa S1 ma być jednolitą, przyjazną i komfortową drogą, dzięki której kierowcy mogą z Łodzi w Pyrzowicach pokonać trasę do Zwardonia i dalej pomknąć na południe Europy słowacką autostradą D3 (...).

Obwodnica Raciborza: wojewoda śląski dał zielone światło na budowę. Budowa ma zezwolenie na Realizację Inwestycji Drogowej

Arkadiusz Biernat, Dziennik Zachodni, 28.06.2018

Jeszcze tylko przetarg związany z wyborem wykonawcy inwestycji i prace przy raciborskiej obwodnicy za 200 mln zł ruszą pełną parą. W przyszłości ma ona połączyć Racibórz z auto-

stradą A1 (...). Mijały kolejne tygodnie, miesiące, a postępów w sprawie budowy drogi regionalnej Racibórz - Pszczyna nie było. Kierowcy musieli wierzyć prezydentowi Mirosławowi Lenkowi na słowo, który ciągle powtarzał, że inwestycja nie jest zagrożona, a urzędnicy oczekują na długo zapowiadane dokumenty. I wreszcie mamy dobre wiadomości. Miasto Racibórz uzyskało we wtorek Zezwolenie na Realizację Inwestycji Drogowej (ZRID) na budowę naszego odcinka Regionalnej Drogi Racibórz - Pszczyna (...).

Ruda Śląska: Trasa N-S będzie przedłużona. Obwodnica dzielnic Orzegów, Ruda i Goduła jest potrzebna

Arkadiusz Nauka, Dziennik Zachodni, 25.06.2018

Władze Rudy Śląskiej chcą wybudować obwodnicę dzielnic: Goduła, Orzegów i Ruda. Jej funkcję mogłoby przejąć północne przedłużenie budowanej właśnie trasy N-S. Przygotowano już trzy warianty przebiegu tego fragmentu trasy. Rudzkie władze zorganizowały spotkanie z mieszkańcami Rudy Śląskiej, na którym zaprezentowano, w jaki sposób przebiegać będzie północny odcinek budowanej właśnie trasy N-S. Ten odcinek nie tylko przejąłby ruch tranzytowy w tym rejonie, ale także uwolniłby kolejne tereny pod inwestycje. - Głównym celem trasy N-S jest połączenie autostrady A4 z Drogową Trasą Średnicową i taki był początkowy zakres tej inwestycji. Uznaliśmy jednak, że warto przedłużyć ją na północ, aby zmniejszyć natężenie ruchu na ulicach Goduli, Piastowskiej i Wolności oraz ograniczyć ruch tranzytowy w środku miasta - mówi Grażyna Dziedzic, prezydent Rudy Śląskiej (...).

Problemy na styku podtorzy torów tramwajowych i konstrukcji jezdni drogowych

Problems on the edge of tram track subgrade and road street construction



Jacek Makuch

Dr inż.

Politechnika Wrocławska, Wydział
Budownictwa Lądowego i
Wodnego; Katedra Mostów i Kolei

jacek.makuch@pwr.edu.pl

Streszczenie: W artykule odniesiono się do problemu braku możliwości niezależnego projektowania i budowania konstrukcji podtorzy torów tramwajowych i jezdni drogowych, w przypadku torowisk wbudowanych w jezdnie oraz poprzecznych przejazdów ruchu kołowego przez torowiska. Zwrócono uwagę na odmienną terminologiczną stosowaną w branży drogowej i torowej. Zdefiniowano rodzaje problemów występujących na styku tych branż. Dokonano przeglądu i analizy rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w przypadku podtorzy nowobudowanych lub modernizowanych torów tramwajowych we Wrocławiu na przestrzeni ostatnich 25 lat. Zaproponowano sposoby rozwiązywania zdefiniowanych problemów. W podsumowaniu podkreślono wagę analizowanych zagadnień oraz wykazano potrzebę nowelizacji przepisów.

Słowa kluczowe: Tor tramwajowy; Podtorze

Abstract: In article the problem of independent tram track subgrade and road street design and construction in case of tram tracks integrated with streets pavement and track-road level crossings was concerned. Terminological dissimilarity applied in road and railway branches was pointed out. Types of problems performed on the edge of this branches were defined. Review and analysis of tram track subgrade constructional solutions used in Wrocław during last 25 years were made. Manners of solution defined problems were proposed. In summary importance of analyzed problems were highlighted and the necessity of obligatory rules revision was demonstrated.

Keywords: Tram track; Subgrade

Trasy tramwajowe w większości przypadków przebiegają równolegle do jezdni ruchu kołowego. Torowiska umieszczane są w środku albo z boku przekroju ulicy. Korzystniejszym rozwiązaniem z punktu widzenia warunków ruchu jest prowadzenie linii tramwajowych po torowiskach wydzielonych. Mogą być one wtedy oddzielone od sąsiadujących z nimi jezdni pasami zieleni. W takim wypadku konstrukcje podtorzy torów tramwajowych i jezdni drogowych nie stykają się ze sobą - można je projektować, a przy odpowiednio dużej szerokości pasa zieleni również budować wręcz niezależnie od siebie.

Zupełnie inaczej sytuacja wygląda, gdy torowisko sąsiaduje bezpośrednio z jezdnią i pomiędzy dwoma tymi przestrzeniami znajduje się:

- wysoki krawężnik - oddzielający jezdnię od torowiska nieudostęp-

nionego dla ruchu innych pojazdów,

- obniżony krawężnik - oddzielający jezdnię od zabudowanego torowiska udostępnionego dla ruchu innych pojazdów (służb ratowniczych, autobusów miejskich, taksówek, samochodów elektrycznych),
- brak jakiegokolwiek elementu konstrukcyjnego, czyli płynne przejście nawierzchni jezdni drogowej w nawierzchnię zabudowanego torowiska.

Ostatnie z wymienionych rozwiązań wystąpić może w dwóch następujących przypadkach:

- pasy ruchu kołowego prowadzone wspólnie z ruchem tramwajów - tzw. torowiska „niewydzielone”,
- poprzeczne (prostokątne albo ukośne) przejazdy dla ruchu kołowego przez torowisko.

W tych przypadkach konstrukcje podtorzy torów tramwajowych i jezdni drogowych stykają się ze sobą - nie jest wtedy możliwe ich zupełnie niezależne projektowanie oraz budowanie.

Odmienność terminologiczna

W rozdziale tym rozwiązania drogowe zostaną porównane z kolejowymi, a nie tramwajowymi - gdyż te ostatnie są znacznie gorzej „umocowane legislacyjnie”. Odwołując się do analizy terminu jakim jest „podtorze” - zapisy dotyczące tego elementu pojawiają się w rozporządzeniach „kolejowych” [1 i 2], ponadto PKP posiada własną instrukcję [3] poświęconą wyłącznie zagadnieniom podtorza. W przypadku infrastruktury tras tramwajowych sytuacja jest diametralnie odmienna. Wytyczne „tramwajowe” [4] i tramwajowa norma „odbiorowa” [5] zawierają

jedynie krótkie zapisy dotyczące nasypów, przekopów, drenaży i warstw filtracyjnych. Bardzo rzadko używa się w nich określenia „podtorze” jako autonomicznego terminu, brak jest jego jednoznacznej definicji. Co prawda autor artykułu na poprzedniej konferencji podtorzowej zaproponował swoją własną definicję terminu „podtorze torów tramwajowych” [6], niestety oficjalnie - nic takiego nie obowiązuje.

W inżynierii dróg kolejowych obowiązuje bardzo klarowny podział elementów konstrukcji toru na:

- nawierzchnię (rozdział 4 rozporządzenia [1]) - czyli: szyny, przytwierdzenia, podkłady i podsypka,
- podtorze (rozdział 3 rozporządzenia [1] oraz cała instrukcja [3]) - czyli wszystkie elementy znajdujące się pod podsypką: warstwy (pokrycia) ochronne, nasypy albo przekopy, przypory, urządzenia odwadniające i zabezpieczające oraz podłoże.

Sytuacja nieco się komplikuje w przypadku jeśli tor nie posiada konstrukcji klasycznej lecz niekonwencjonalną (bezpodsypkową) - wtedy za „początek” podtorza przyjmuje się najczęściej spód płyty betonowej, zastępującej w tego typu nawierzchni podkłady i podsypkę.

W inżynierii dróg kołowych [7] nawierzchnia to:

- warstwy górne: ścieralna, wiążąca, podbudowa zasadnicza górna i dolna,
- warstwy dolne: podbudowa pomocnicza i warstwa mrozochronna.

Pod nawierzchnią występuje zaś „podłoże gruntowe nawierzchni”, na które składają się:

- warstwa ulepszanego podłoża,
- grunt rodzimy - w przypadku przekopu albo grunt nasypowy - w przypadku nasypu.

Kolejowemu „podtorzu” odpowiada więc drogowe „podłoże gruntowe nawierzchni”, a bardziej szczegółowo: kolejowym „warstwom (pokryciom) ochronnym” odpowiadają drogowe „warstwy ulepszanego podłoża”, choć również „warstwa mrozochronna” z nawierzchni (!), a kolejowemu „podło-

żu” - drogowy „grunt rodzimy”.

Jedynie w przypadku warstw gruntu, z których budowane są nasypy - w drogach i na kolei mamy zgodność terminologii. Poza tym występują duże rozbieżności w stosowanym nazywaniu. Również granica pomiędzy nawierzchnią, a tym co pod nią, wypada w przypadku obu branż nieco gdzie indziej.

Problem styku branż

W projektach branży drogowej i torowej (tramwajowej) opracowywane są razem albo osobno - w zależności od:

- etapu projektowania - dla KPP najczęściej razem, natomiast dla PB albo PW najczęściej już osobno,
- lokalnych uwarunkowań - jak zażyczy sobie tego zamawiający (w OPZ).

Oczywiście większe prawdopodobieństwo pojawienia się problemów na styku obu branż występuje w przypadku opracowań osobnych.

Głównym (najczęściej występującym) rodzajem problemu jest niezgodność przedstawianych rozwiązań. Branżysta torowy na swoich przekrojach konstrukcyjnych rysuje szczegółowo rozwiązania torowe natomiast konstrukcję sąsiadującą z torem jezdni przedstawia w sposób uproszczony, opatrując najczęściej komentarzem „według opracowania drogowego”. Analogicznie postępuje branżysta drogowy - tworząc swoją część projektu. Niestety często zdarza się, że ustalone początkowo rozwiązania konstrukcyjne podlegają w trakcie uzgadniania projektów różnego rodzaju modyfikacjom, o czym branżysty zapominają się już nawzajem poinformować i w efekcie końcowym w projekcie torowym jest poprawnie przedstawiona konstrukcja toru, a sąsiadującej z nim jezdni - już niekoniecznie, a w projekcie drogowym - na odwrót.

Opisane powyżej problemy, mimo iż uciążliwe - gdyż wprowadzają w błąd, na szczęście są jeszcze „do wyprostowania”. Gorzej, jeśli oba rozwiązania konstrukcyjne: drogowe i torowe - po prostu do siebie nie pasują.

W większości przypadków procesów inwestycyjnych, zamawiane są projekty przebudowy ulic traktowanych jako jedna całość. Do przetargów przystępują najczęściej drogowe biura projektów, które później dobierają sobie do współpracy innych branżystów: przebudowy sieci (energetycznych, kanalizacyjnych, wodociągowych, gazowych, teletechnicznych i innych) oraz branżystę torowego - jeśli planowaną do przebudowy ulicą prowadzi linia tramwajowa. W takim wypadku, już na początku projektowania należy ustalić jego „kolejność”. Najczęściej branżystą wiodącym zostaje w takim wypadku „drogowiec”. To on przygotowuje pierwszą wersję rozwiązania w planie, profilach i przekrojach konstrukcyjnych, a „torowiec” i „instalatorzy” niejako się do niego „dopasowują”, zgłaszając oczywiście konieczność korekt - w miejscach tego wymagających. Niestety zdarza się, że współpraca nie układa się tak jak powinna.

Autor artykułu rozpoczynał swoją karierę zawodową (ponad 20 lat temu) w dużym państwowym biurze projektów, w którym w kolejnych pokojach tego samego budynku pracowali różni branżyści. Żargonowe „dogadanie” pewnego szczegółu projektu wymagało wzięcia ze sobą rysunki i spaceru do sąsiedniego pomieszczenia. Współcześnie, pomimo możliwości wykorzystywania dobrodziejstw nowoczesności takich jak telefony komórkowe czy poczta elektroniczna, takie „dogadanie” w opinii autora artykułu wydaje się być trudniejsze i mniej precyzyjne.

W zakończeniu niniejszego rozdziału należy wspomnieć, że teoretycznie problem współpracy „drogowca” z „torowcem tramwajowym” nie powinien w ogóle mieć miejsca, gdyż w świetle obowiązujących w naszym kraju przepisów, do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych projektanta lub kierownika robót budowlanych w zakresie torowisk tramwajowych - upoważnione są osoby posiadające uprawnienia budowlane w specjalności drogowej. Teoretycznie więc, projektant drogowy powinien posiadać umiejętność zaprojektowania torów

tramwajowych. Praktyka pokazuje jednak, że zdarza się to rzadko i najczęściej projektanci drogowi posiłkują się w takich sytuacjach projektantami, ale uwaga! nie tramwajowymi tylko kolejowymi, gdyż nie ma w obowiązujących przepisach osobnej kategorii uprawnień - tylko na tory tramwajowe.

Odmienność stosowanych miar zagęszczenia

Dość kłopotliwą praktyką jest używanie w projektach i na budowach różnych miar zagęszczenia podłoża i wbudowywanych warstw.

W budownictwie drogowym najczęściej stosowane są:

- wskaźnik zagęszczenia I_s - według wycofanej w 2015 roku normy [8],
- wtórny moduł odkształcenia E_2 mierzony płytą o średnicy 30cm - według obowiązującej normy [9],
- kalifornijski wskaźnik nośności CBR - według normy jak wyżej,
- grupy nośności podłoża G_i (i od 1 do 4) - według załącznika 4 rozporządzenia „drogowego” [10].

W budownictwie kolejowym obecnie również wykorzystuje się wskaźnik zagęszczenia i wtórny moduł odkształcenia, tyle tylko że określone według załączników kolejowej instrukcji „podtorzowej” [3] (odpowiednio trzeciego i drugiego).

W budownictwie tramwajowym, w „starych” wytycznych z 1983 roku [4] podana jest minimalna wartość wskaźnika zagęszczenia podłoża (gruntu na dnie koryta), określonego według metody normalnej, ale jeszcze poprzedniej wersji normy [7] - równa 0,95 zagęszczenia maksymalnego. Informacja ta jest powtórzona w nieco nowszej tramwajowej normie „odbiorowej” [3] z 1998 roku, tym razem z odwołaniem do aktualnej na tamte czasy wersji normy [7].

Co prawda w fachowej literaturze podane są wzory, tabele bądź nomogramy umożliwiające przeliczanie jednych miar zagęszczenia na drugie, twórcy tych metod zaznaczają jednak ich przybliżony charakter.

Załączniki wspomnianej kolejowej

instrukcji podtorzowej [3] powołują się co prawda na normy geotechniczne i drogowe [8, 9], występują jednak między nimi subtelne różnice.

Definicje niektórych z rozważanych miar zmieniały się też na przestrzeni lat albo były przenoszone do innych dokumentów. Od roku 1998 do wzoru na moduł odkształcenia wprowadzono mnożnik $3/4$. W opublikowanym w styczniu 2016 roku nowym tekście jednolitym rozporządzenia drogowego [11] nie znajdziemy już załącznika 4 - definiującego grupy nośności podłoża G_i oraz odwołujący się do wskaźnika nośności CBR, informacje te z drobnymi zmianami przeniesiono do wydanego wcześniej katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych [7].

Analiza rozwiązań stosowanych we Wrocławiu

Autor artykułu przeprowadził przegląd rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w przypadku podtorzy nowobudowanych lub modernizowanych torów tramwajowych we Wrocławiu na przestrzeni ostatnich 25 lat. W porównaniu do podobnego przeglądu wykonanego 2 lata wcześniej [6], tym razem ograniczył się jedynie do przypadków zabudowanych torowisk tramwajowych sąsiadujących bezpośrednio z jezdniami ruchu kołowego.

W historii rozwoju rozwiązań konstrukcji torów tramwajowych wbudowanych w jezdnie ulic można wyróżnić następujące dwa okresy:

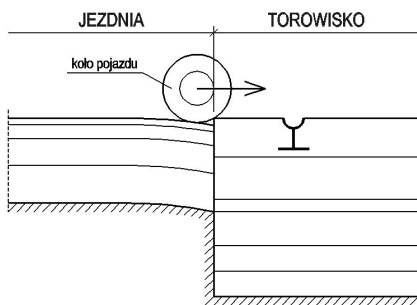
- początkowo stosowano tory według rozwiązania klasycznego (szyny na poprzecznych podkładach i podsypce) nazywane „konwencjonalnymi” albo „podsypkowymi”, które zabudowywano kostką brukową (później również żelbetowymi płytami) albo warstwami betonu asfaltowego bądź cementowego - podstawową wadą takiego rozwiązania były jednak różnice ugięć szyny w stosunku do sąsiadującej z nią zabudowy drogowej, co przyczyniało się do szybkiej degradacji tak

- skonstruowanej nawierzchni,
- w późniejszym okresie opracowano szereg nowych rozwiązań nazywanych „niekonwencjonalnymi” albo „bezpodsypkowymi”, u których w zakresie podparcia i zamocowania szyny nastąpiło odejście od klasycznego kolejowego rusztu (szyn na poprzecznych podkładach) i zastosowanie rozwiązań zaczerpniętych z innych dziedzin budownictwa (np. fundamenty pod maszyny, mocowanie szyn suwnic) albo też zupełnie nowych, niestosowanych dotąd pomysłów, natomiast w zakresie zabudowy, podbudowy i odwodnienia nastąpiło upodobnienie do rozwiązań stosowanych w drogownictwie.

We Wrocławiu zabudowane tory podsypkowe występują już w niewielu miejscach. Ostatnia ich „współczesna” realizacja, to odcinek pomiędzy Rondem Reagana a mostem Szczytnickim (rok 2001). Zdecydowana większość torów zabudowanych posiada konstrukcje bezpodsypkowe - bardziej zbliżone układem zastosowanych warstw do rozwiązań stosowanych w drogownictwie.

Konstrukcje tych torów oczywiście różnią się od konstrukcji jezdni drogowych, gdyż niejako „z definicji” w transporcie drogowym ogumione koło styka się z nawierzchnią jezdni znacznie większą powierzchnią, niż stalowe koło ze stalową szyną w transporcie kolejowym. W efekcie, aby uzyskać porównywalną wartość nacisku rozłożonego na powierzchnię, konstrukcje torowe „potrzebują” większej wysokości niż drogowe.

Zbyt duże jednak zróżnicowanie ich wysokości może skutkować uzyskaniem odmiennych sztywności nawierzchni zabudowanego torowiska w stosunku do sąsiadującej z nim jezdni, a co za tym idzie - występowania różnych wartości ugięć nawierzchni pod obciążeniem od koła tego samego pojazdu drogowego przejeżdżającego pomiędzy jezdnią a torowiskiem. Może to być powodem efektu „progu” (rys. 1) - podobnego do występującego w drogowych nawierzchniach sztywnych, kiedy to dwie sąsiadujące



1. Efekt „progu” przy zbyt dużych różnicach sztywności jezdni oraz sąsiadującego z nią torowiska

ze sobą płyty betonowe posadowione na podatnej podbudowie, nie zostaną w miejscu dylatacji (koniecznej ze względu na skurcz występujący w betonie cementowym) połączone dylatami.

Należy jednakże zaznaczyć, że w prowadzonych rozważaniach nie tyle sam „próg” jest tu problemem - po pierwsze różnica wysokości do pokonania przez najjeżdżące koło pojazdu drogowego jest niewielka, a po drugie w przypadku oddzielenia torowiska zabudowanego od jezdni obniżonym krawężnikiem, koło i tak musi pokonać pewną różnicę wysokości. Problemem w tym wypadku okazuje się być utrata ciągłości nawierzchni (pęknięcie, szczelina) pojawiająca się w miejscu wystąpienia owego „progu”, gdyż może ona stać się załącznikiem procesu degradacji całej konstrukcji przekroju jezdni z wbudowanym torem tramwajowym. Co prawda nie dotyczy to rozwiązań, w których z definicji zaprojektowano taką szczelinę (dylatację) i przewidziano jej wypełnienie materiałem o odpowiedniej elastyczności oraz szczelności. Jednakże jak pokazuje praktyka, po rozwiązaniu tego typu projektanci sięgają stosunkowo rzadko.

Analiza zastosowanych we Wrocławiu rozwiązań, z punktu widzenia zróżnicowania sztywności torowisk w stosunku do sąsiadujących z nimi

stępujących trzech typów rozwiązań (rys. 2), które zdaniem autora artykułu należy uznać za niekorzystne:

- zbyt duża różnica wysokości konstrukcji jezdni i torowiska (a),
- krawężnik (na ławie z oporem) pomiędzy jezdnią a torowiskiem - ze znacznie słabszym „podparciem” w stosunku do jezdni i torowiska (b),
- jak wyżej, ale dodatkowo z wąskim pasem nawierzchni zabudowanego torowiska (c).

Jako formy przeciwdziałania wystąpieniu efektu „progu” możliwe są do zastosowania następujące trzy typy rozwiązań (rys. 3):

- dyblowanie stykających się ze sobą warstw nawierzchni,
- schodkowanie dolnych warstw konstrukcji torowiska,
- zmienna grubość dolnych warstw konstrukcji jezdni na zasadzie strefy przejściowej.

Rozwiązanie polegające na dyblowaniu stykających się ze sobą warstw nawierzchni jest możliwe do zastosowania jedynie w przypadku, gdy są to warstwy z betonu cementowego - co w jezdniach ulic miejskich i zabudowanych torowiskach występuje dość rzadko. Z kolei rozwiązanie polegające na schodkowaniu dolnych warstw konstrukcji torowiska może budzić obawy o przenoszenie spękań odbitych na warstwy nawierzchni od miejsc „zakończeń” schodków.

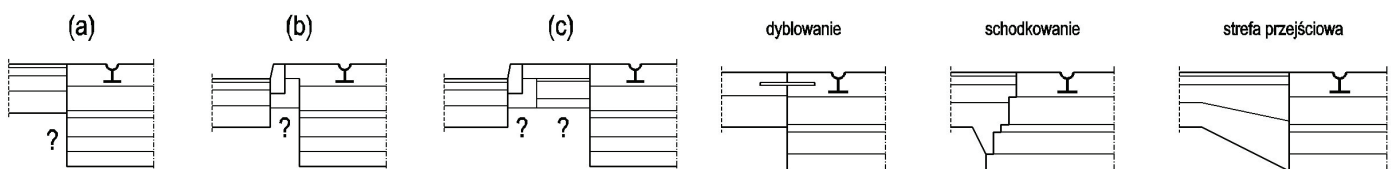
Zdaniem autora artykułu najkorzystniejsza wydaje się być ostatnia z przedstawionych propozycji - nawiązująca do idei odcinków przejściowych stosowanych wzdłuż podtorzy torów kolejowych [3] w miejscach zmian ich sztywności (przy obiektach inżynierskich, przy zmianach konstrukcji toru z podsypkowej na bezpodsypkową).

Podsumowanie

Analizowane zagadnienia są zdaniem autora artykułu problemami dużej wagi, gdyż źle zaprojektowany styk konstrukcji podbudowy toru tramwajowego i podłoża nawierzchni jezdni staje się najczęściej powodem zainicjowania pęknięcia jej nawierzchni, które okazuje się później załącznikiem procesu degradacji całej konstrukcji przekroju jezdni z wbudowanym torem tramwajowym, w postaci sekwencji następujących po sobie zdarzeń: infiltracja wody, zamarzanie i rozmrażanie, propagacja spękań, utrata ciągłości tworzywa, przedostawanie się zanieczyszczeń, korozja, wychłapy, ubytki i wykruszenia, zapadnięcia.

Jeszcze 30 lat temu wydawało się, problemy poruszone w niniejszym artykule, dzięki sukcesywnemu wydzielaniu torowisk tramwajowych z jezdni ruchu ogólnego, z czasem coraz mniej będą „dawały się we znaki” projektantom oraz budowniczym, aż zupełnie zanikną. Historia potoczyła się jednak nieco inaczej - obecnie obserwujemy powrót do rozwiązań polegających na wbudowywaniu torów tramwajowych w konstrukcje jezdni. Przyczyn tego jest co najmniej kilka:

- zabudowywanie torowisk tramwajowych dla umożliwienia przejazdu pojazdów służb ratowniczych (tak zwane „pasy życia”) i autobusów (tak zwane „PAT-y”) dzięki czemu mogą one omijać korki,
- wprowadzanie tras tramwajowych do stref ruchu uspokojonego, a nawet zamieszkania,
- estetyka wyglądu ulic - opór architektów miejskich oraz konserwatorów zabytków przeciw stosowaniu torów podsypkowych w obszarach staromiejskiej zabudowy,
- przeciwdziałanie aktom wandalii-



jezdni, pozwoliła na określenie na-

2. Rozwiązania niekorzystne (opis w tekście)

3. Propozycje przeciwdziałania wystąpieniu efektu „progu” (opis w tekście)

- zmu - poprzez przykrycie tłucznią,
- ułatwienie procesu utrzymania czystości torowisk w miastach
- dzięki gładkim, równym powierzchniom,
- wyciszenie torowisk - zabudowane szyjki szyn nie emitują dodatkowego hałasu.

Na przestrzeni ostatnich 25 lat obserwujemy ponadto wzrost różnorodności rozwiązań stosowanych w konstrukcjach podtorzy torów tramwajowych, przyczyny tego procesu opisano szczegółowo w [6]. Ma to swoje przełożenie w postaci liczby pojawiających się w projektach odmiennych względem siebie nowych sposobów rozwiązania styku podtorzy torów tramwajowych i konstrukcji jezdni drogowych. Niestety przegląd rozwiązań przeprowadzony przez autora artykułu uwidacznia, że nie wszystkie z nich należy uznać za korzystne.

W wypracowaniu i rozpropagowaniu nowych poprawnych rozwiązań podstawową przeszkodą stają się stare, nieaktualne i niespójne przepisy i dokumenty normatywne. Podnoszona od wielu lat potrzeba opracowania nowej wersji wytycznych projektowania, budowy i utrzymania torów tramwajowych powinna w znacznie szerszym zakresie uwzględniać zagadnienia podtorzowe, niż to jest zawarte w dotychczasowej ich formie [4].

Autor artykułu pragnie również zgłosić postulat uregulowania sprawy uprawnień w zakresie projektowania i budowy torów tramwajowych - poprzez dopuszczenie do tego zakresu działań również projektantów z uprawnieniami kolejowymi. Może to pozwoli zakończyć bardzo niesprawiedliwy zdaniem autora artykułu proceder polegający na tym, że projektant z uprawnieniami kolejowymi, jeśli jest właściwym autorem projektu toru tramwajowego, nie może swojego dzieła firmować nazwiskiem i uprawnieniami i figuruje jedynie jako asystent projektanta, natomiast czyni to projektant z uprawnieniami drogowymi, który tak na prawdę tylko przysłowiowo „przybija pieczęć” i składa podpis. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowlę kolejowe i ich usytuowanie, DzU RP Nr 151 z 15.12.1998, pozycja 987
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowlę kolejowe i ich usytuowanie, DzU RP z 30.06.2014, pozycja 867
- [3] Id-3 (D-4) Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego, PKP PLK Warszawa 2009
- [4] Wytyczne techniczne projektowania, budowy i utrzymania torów tramwajowych, MAGTiOŚ 1983
- [5] PN-K-92011: 1998 Torowiska tramwajowe. Wymagania i badania.
- [6] Makuch J.: Podtorza wrocławskich torów tramwajowych, VIII Konferencja Naukowo-Techniczna: Problemy budowy i naprawy podtorza kolejowego, Jelenia Góra 13-14.10.2016 oraz Przegląd Komunikacyjny nr 11 2016
- [7] Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, Załącznik do zarządzenia Nr 31 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014
- [8] PN-B-04481:1988 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
- [9] PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania
- [10] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, DzU RP Nr 43 z 14.05.1999, pozycja 430
- [11] Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, DzU RP z 29.01.2016, poz. 124

Pod koniec roku rozpocznie się budowa nowej linii tramwajowej na Górkę Narodową

Arkadiusz Maciejowski, Gazeta Krakowska, 4.07.2018

- Pod koniec roku rozpoczną się prace przy budowie nowej linii tramwajowej na Górkę Narodową. Równocześnie w przygotowaniu są kolejne odcinki: z Kurdwanowa do ulicy Zakopiańskiej, z Krowodrzy Górki na Azory i przez ulice Meissnera i Dobrego Pasterza do Mistrzejowic - informują urzędnicy z Zarządu Infrastruktury Komunalnej i Transportu. W ZIKiT przekonują, że przygotowania do budowy linii na Górkę Narodową są już na ostatniej prostej. - W połowie maja projektanci mieli już gotowy projekt i mogli złożyć dokumenty potrzebne do uzyskania najważniejszej decyzji - zezwolenia na realizację inwestycji drogowej. Rozpoczęcie prac jest planowane na czwarty kwartał tego roku - zaznaczają urzędnicy. W ramach inwestycji powstanie torowisko o długości ok. 5,5 kilometra (...).

Trwa wielka kolejowa inwestycja w Krakowie. Rozpoczęła się budowa mostów na Wiśle

Arkadiusz Maciejowski, Gazeta Krakowska, 3.07.2018

Kolejarze z PKP PLK rozpoczęli budowę dwóch nowych mostów na Wiśle. Powstaną między mostem Powstańców Śląskich a mostem Kotlarskim. Cały czas przebudowują również m.in. wiadukt kolejowy w rejonie Hali Targowej. Obecnie - między mostem Powstańców Śląskich a mostem Kotlarskim - znajduje się jeden, stary most kolejowy łączący Zabłocie z Kazimierzem. Jak już informowaliśmy, po lewej i prawej stronie tego obiektu, powstaną właśnie dwie nowe konstrukcje, na których ułożone zostaną tory. Roboty te są jednym z elementów prowadzonej właśnie przez kolejarzy w Krakowie gigantycznej inwestycji, polegającej na dobudowie dodatkowych torów dla Szybkiej Kolei Aglomeracyjnej. Łącznie - między Płaszowem a centrum Krakowa - funkcjonować mają cztery tory (obecnie są dwa), dlatego na Wiśle potrzebne są nowe mosty (...).

W Oleśnie do końca roku powstanie największe rondo. Inwestycje będą o wiele droższe, niż zakładano

Mirosław Dragon, nto.pl, 13.07.2018

Do końca grudnia ma zostać przebudowana droga wylotowa z Olesna w kierunku Częstochowy. Na ul. Częstochowskiej powstanie największe rondo w Oleśnie. Zarząd Dróg Wojewódzkich w Opolu do końca roku chce wyremontować ponad kilometrowy odcinek drogi wojewódzkiej nr 494 z Olesna do Świercza (jest to droga wyjazdowa w kierunku Częstochowy). Władze województwa zdecydowały się na tę inwestycję, mimo iż w dwóch kolejnych przetargach oferty znacząco przekraczały kwoty z kosztorysów (...).

Sposoby rozpoznawania przyczyn braku pełnych efektów zastosowania warstwy ochronnej

Ways of identifying the reasons for the lack of full protective layer application effects



Łucjan Siewczyński

Dr hab. inż. em. prof. PP

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Gnieźnie, Zakład Budowy Mostów i Dróg Kolejowych, Instytut Inżynierii Lądowej, Politechnika Poznańska

lucjan.siewczynski@put.poznan.pl



Michał Pawłowski

Dr inż.

Zakład Budowy Mostów i Dróg Kolejowych, Instytut Inżynierii Lądowej, Politechnika Poznańska

lmichal.pawlowski@put.poznan.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono najczęstsze przyczyny występowania problemów z uzyskaniem wymaganych wartości parametrów odbiorczych podtorza z warstwą ochronną (modułów odkształcenia i wskaźników zagęszczenia). Szczegółowo omówiono różne sposoby ich rozpoznawania. Wskazano ograniczenia i uwarunkowania badań dla rozpoznania przyczyn braku efektu wzmocnienia podtorza warstwą ochronną. Zaprezentowano metody eliminacji ograniczeń i niepowodzeń umożliwiające uzyskanie pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną.

Słowa kluczowe: Droga kolejowa; Podtorze kolejowe; Warstwa ochronna

Abstract: The article presents the most common causes of problems with obtaining the required parameter values of a subgrade with a protective layer during the technical acceptance (the module of base deformation and the density rate). There were discussed in detail various methods of recognition. Pointed the limitations and determinants of the research to recognize the reasons for the lack of the reinforcement effect of the subgrade with the protective layer. Presented methods that eliminates the limitations and problems allowing to obtain full effects of the subgrade reinforcement with the protective layer.

Keywords: Railroad; Subgrade; Protective layer

Podczas przebudowy podtorza dróg kolejowych prowadzonej w ramach jego modernizacji lub naprawy, z uwzględnieniem aktualnych wymagań zawartych w przepisach i normach oraz przy zastosowaniu nowych sposobów i technologii robót osiąga się trzy główne cele: polepszenie stanu drogi powstałej w przeszłości z uwzględnieniem ówczesnie znanych metod budowy i obowiązujących przepisów, usunięcie skutków wieloletniej eksploatacji oraz dostosowanie podtorza do nowych warunków eksploatacyjnych (większych prędkości, nacisków osiowych i przewozów, zmian układu geometrycznego drogi, itp.).

Podstawowym zabiegiem modernizacyjnym lub naprawczym podtorza, jeśli w eksploatacji nie wykazuje oznak niestateczności i gdy nie następuje zmiana układu geometrycznego drogi, jest wzmocnienie jego górnej strefy poprzez zastosowanie warstwy

ochronnej i poprawę warunków odwodnienia. W większości przypadków wbudowanie warstwy ochronnej jest wymianą zużytych materiałów i gruntów stanowiących górną strefę podtorza przed przebudową. Nowa konstrukcja, którą tworzą subwarstwy z materiałów naturalnych lub kamienia łamanego, w razie potrzeby zawierająca również geokompozyty, zastępuje dotychczasową górną strefę podtorza. Warstwy ochronne wykonywane są na odpowiednio przygotowanych gruntach podtorza lub podłoża. W szczególnych przypadkach przygotowanie to wymaga zastosowania stabilizacji gruntów spoiwami budowlanymi [10]

W procesie badań geotechnicznych, przy zastosowaniu podstawowych metod bezpośrednich – otworów wiertniczych i badań próbek gruntów oraz badań pomocniczych – sondowań i obciążeń próbnych, rozpoznawany jest stan istniejącego podtorza. Jako uzupełniające stosowane są także

pośrednie geofizyczne metody badań podtorza, np. radarowa.

Na podstawie wyników badań geotechnicznych, to jest rodzajów i właściwości gruntów sporządza się projekt przebudowy podtorza zawierający rodzaj i grubość konstrukcji wzmocnienia oraz wymagany stan podtorza w czasie i po zakończeniu prac.

Podczas prac modernizacyjnych lub naprawczych, z uwzględnieniem wyników badań geotechnicznych wykonywanych po usunięciu części istniejącego podtorza, na poziomie posadowienia warstwy ochronnej, następuje weryfikacja projektu konstrukcji warstwy poprzez porównanie parametrów gruntów przyjętych do projektu z rzeczywistymi parametrami gruntów podtorza przebudowywanego. W przypadku rozbieżności, dla osiągnięcia wymaganej nośności całego nowego układu podtorza – warstwy ochronna może być konieczna korekta zaprojektowanej grubości war-

Tab. 1. Sposoby rozpoznania, przyczyny [8] i sposoby eliminacji [9] problemów z uzyskaniem pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną

Grupa	Nr	Przyczyna	Sposób rozpoznania	Metody zaradcze
(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)	Poprawa warunków odwodnienia podtorza. Naprawa podtorza pod warstwą
	1.2	Destrukcyjne oddziaływanie poruszającego się sprzętu budowlanego po podtorzu		
	1.3	Destrukcyjne oddziaływanie maszyn zagęszczających		
	1.4	Brak drożności ciągów odwodnieniowych w czasie 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 podczas realizacji robót. Powtórny pomiar modułów odkształcenia podtorza na poziomie robót ziemnych	Stabilizacja kruszywa warstwy spoiwami hydraulicznymi. Zmiana konstrukcji warstwy ochronnej. Naprawa podtorza pod warstwą
	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	Zmiana konstrukcji warstwy ochronnej
	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	Dogęszczenie podtorza
	3.4	Zastosowanie do budowy warstwy kruszywa o nieodpowiednich właściwościach	Wykonanie przekopu kontrolnego i kontrola właściwości kruszywa	Stabilizacja kruszywa warstwy spoiwami hydraulicznymi. Wymiana kruszywa warstwy
	3.5	Niedostateczny stan zagęszczenia kruszywa warstwy (na grubości warstwy)	Punktowa ocena stanu zagęszczenia warstwy. Wykonanie przekopu kontrolnego i pomiar grubości warstwy	Dogęszczenie podtorza
(4) Przyczyny konstrukcyjno-wykonawcze	4.1	Dokładność realizowanych robót	Wykonanie przekopu kontrolnego i kontrola konstrukcji warstwy	Stabilizacja kruszywa warstwy spoiwami hydraulicznymi. Zmiana konstrukcji warstwy ochronnej
	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	Dogęszczenie podtorza
	4.4	Warstwy zbudowane z subwarstw z różnych kruszyw	Wykonanie przekopu kontrolnego i kontrola konstrukcji warstwy	Stabilizacja kruszywa warstwy spoiwami hydraulicznymi. Zmiana konstrukcji warstwy ochronnej
	4.5	Wzmocnienia zawierające geowłókniny	Wykonanie przekopu kontrolnego i ocena odkształcalności geowłókniny pod obciążeniem	Dogęszczenie podtorza
	4.6	Zastosowanie pociągu do napraw podtorza	Kontrola zapisów w Dzienniku Budowy	Dogęszczenie podtorza
	4.7	Brak efektów stabilizacji chemicznej podtorza ze względu na skład mieszanki lub zbyt wczesne oczekiwanie jej skutków	Wykonanie przekopu kontrolnego i kontrola jakości wykonanej stabilizacji	Zmiana konstrukcji warstwy ochronnej

stwy [11]

Prace budowlane wykonywane są z zastosowaniem typowych technologii i ogólnobudowlanych maszyn do robót ziemnych lub pociągami do napraw podtorza. Podczas prac trudne lub niemożliwe jest usunięcie niektórych stanów i wad z okresu budowy podtorza powstałych np. w wyniku zastosowania niewłaściwych gruntów,

nieodpowiedniego ich rozmieszczenia w przekroju poprzecznym podtorza, małego zagęszczenia gruntów w nasypach, itp.

W wyniku przeprowadzonych prac podtorze powinno charakteryzować się wymaganą nośnością oraz stosownym stanem zagęszczenia kruszyw i gruntów. Dlatego po zakończeniu przebudowy wykonuje się geotech-

niczne badania odbiorcze, w których kontrolowane są stany odkształcenia i zagęszczenia podtorza określone odpowiednio wartościami wtórnego modułu odkształcenia mierzonego na torowisku i wskaźnika zagęszczenia kruszywa warstwy ochronnej. Wyniki badań odbiorczych porównywane są z wymaganymi wartościami parametrów określonymi w przepisach [3] i dokumentacji projektowej. Wartości modułów odkształcenia wtórnego i wskaźnika zagęszczenia są przez to głównymi, ale nie jedynymi, parametrami odbiorczymi podtorza po przebudowie. W praktyce wykonywania warstw ochronnych zachodzą przypadki, w których mimo realizacji robót zgodnie z projektem i sztuką budowlaną problematyczne lub wręcz niemożliwe jest uzyskanie podtorza charakteryzującego się wymaganymi wartościami modułów odkształcenia mierzonych na torowisku oraz wskaźników zagęszczenia kruszywa warstwy (geotechnicznych parametrów odbiorczych podtorza). Problemy te najczęściej dotyczą tylko niektórych punktów lub odcinków przebudowywanego podtorza. Ustalenie przyczyn takiej niekorzystnej sytuacji umożliwia podjęcie stosownych działań mających na celu ich wyeliminowanie i w efekcie uzyskanie podtorza o żądanych właściwościach. W rozpoznaniu problemu najczęściej okazuje się, że nastąpił splot wielu drobnych przyczyn, które samodzielnie mogłyby nie powodować komplikacji, lecz łączne ich oddziaływanie doprowadza do niekorzystnych okoliczności, w których utrudnione lub wręcz niemożliwe jest uzyskanie wymaganych parametrów odbiorczych a tym samym oczekiwanych stanów odkształcenia i zagęszczenia.

Przyczyny braku pełnych efektów wzmocnienia podtorza

Na podstawie własnych doświadczeń zdobytych podczas modernizacji linii kolejowych E20, E30 i LK nr 1 [4, 5, 10, 12], których jednym z elementów była przebudowa górnej strefy podtorza, podjęto próbę sklasyfikowania przyczyn nieuzyskiwania pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą

ochronną. Wydzielono i opisano dwa-
dzieścia przyczyn, które podzielono na
cztery zbiory [8]:

- *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*: 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, zastosowanie pociągu do napraw podtorza, brak efektów stabilizacji chemicznej podtorza ze względu na skład mieszanki lub zbyt wczesne oczekiwanie jej skutków.

Zestawienie przyczyn problemów z odbiorem wzmocnień podtorza z podziałem na wydzielone ich zbiory przedstawiono w tabeli 1.

Sposoby rozpoznawania przyczyn braku efektu wzmocnienia podtorza

Podczas rozpoznawania przyczyn problemów z uzyskaniem wymaganych wartości parametrów odbiorczych podtorza niejednokrotnie stwierdza się, że nie można jednoznacznie wskazać jednego powodu takiego stanu. Konieczne jest zatem kompleksowe określenie przyczyn zaistniałej niekorzystnej sytuacji by było możliwe:

- podjęcie stosownych kroków w celu ich wyeliminowania,
- przeprowadzenie dodatkowych procesów poprawiających właściwości podtorza,
- uzyskanie podtorza charakteryzującego się wymaganymi parametrami,
- wskazanie potencjalnej odpowiedzialności uczestników procesu budowlanego za zaistniały stan.

W celu rozpoznania przyczyn problemów z uzyskaniem wymaganych wartości parametrów odbiorczych podtorza z warstwą ochronną zaleca się:

- analizę projektu wzmocnienia podtorza i dokumentacji geotechnicznej,
- przeprowadzenie wywiadu z kierownictwem budowy i analizę zapisów w Dzienniku Budowy dotyczących przeprowadzonych robót ziemnych oraz sposobów budowy warstwy ochronnej,
- ponowny pomiar odkształcalności podtorza z warstwą ochronną w bliskiej odległości od miejsca poprzednich pomiarów,
- wykonanie przekopu kontrolnego dla sprawdzenia konstrukcji i grubości warstwy oraz makroskopowej oceny właściwości gruntów podtorza,
- wykonać pomiar modułów odkształcenia podtorza na poziomie robót ziemnych (w przekopie kontrolnym),
- na pobranych próbkach przeprowadzić kontrolę właściwości kruszywa warstwy,
- ocenę odkształcalności pod obciążeniem zastosowanej geowłókniny.

Wymienione wyżej sposoby rozpoznania przyczyn braku pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą

ochronną szczegółowo opisano poniżej. Dodatkowo zostały one zawarte w tabeli 1, gdzie wskazano jakie przyczyny można rozpoznać przy ich pomocy.

Ponowny pomiar

W przypadku stwierdzenia jednocześnie zbyt małych wartości modułów odkształcenia podtorza z warstwą ochronną i szacowanej na ich podstawie wartości wskaźnika zagęszczenia lub jednego z tych parametrów i w razie wątpliwości co do poprawności uzyskanych wyników, jako pierwszą czynność zaleca się przeprowadzenie powtórnego pomiaru odkształcalności podtorza w sąsiedniej lokalizacji. Podczas wykonywania pomiarów mogą bowiem zaistnieć okoliczności prowadzące do uzyskania niewłaściwych, błędnych wyników. Do okoliczności tych można zaliczyć np. niewłaściwy sposób przeprowadzenia oznaczeń, problemy techniczne z aparaturą badawczą czy też dokonanie błędnych odczytów z czujników pomiarowych. Należy również mieć na uwadze, że doświadczeniom towarzyszą niepewności pomiarowe, których wartości uzależnione są od dokładności zastosowanej aparatury pomiarowej [2], a jako wynik pomiaru uzyskuje się przedziały wartości, w których z określonym prawdopodobieństwem zawierają się wartości prawdziwe.

W przypadku oszacowania pośrednio z wyników pomiarów odkształcalności podtorza (na podstawie wartości wskaźnika odkształcenia) zbyt małych wartości wskaźnika zagęszczenia, można określić jego wartość metodą bezpośrednią, np. z wykorzystaniem objętościomierza piaskowego lub wodnego.

Uzyskanie ponownie zbyt małych wartości parametrów odbiorczych podtorza w wyniku dodatkowego pomiaru w sąsiedniej lokalizacji wymaga podjęcia dalszych czynności mających na celu określenie przyczyn tej sytuacji.

Przekop kontrolny

Gdy wyniki przeprowadzonych pomiarów odkształcalności podtorza są wiarygodne i jednoznacznie wskazują, że podtorze z warstwą ochronną charakteryzuje się zbyt dużą odkształcal-

nością lub niewłaściwym stanem zagęszczenia, to przyczyny wystąpienia tego stanu można najlepiej określić w badaniach niszczących polegających na wykonaniu przekopu kontrolnego. Wykonując przekop kontrolny należy starannie oddzielić kruszywa poszczególnych subwarstw warstwy ochronnej oraz zwrócić uwagę by nie naruszyć gruntów podtorza, a w razie konieczności również należy usunąć fragmenty geosyntetyków występujących w konstrukcji warstwy ochronnej. W zależności od potrzeb rozmiar przekopu kontrolnego powinien umożliwiać dokonanie oceny wzrokowej i niezbędnych pomiarów geometrycznych warstwy ochronnej, pomiar odkształcalności podtorza, ocenę właściwości kruszywa warstwy i gruntów podtorza oraz pobranie próbek kruszyw i gruntów.

Po wykonaniu przekopu kontrolnego można ocenić zgodność konstrukcji warstwy ochronnej z projektem poprzez ocenę rodzaju i układu poszczególnych subwarstw zastosowanych kruszyw i geosyntetyków. Ocena zgodności konstrukcji warstwy ochronnej z projektem powinna również zawierać określenie grubości poszczególnych subwarstw. Dokonując wzrokowej oceny konstrukcji warstwy ochronnej warto zwrócić uwagę na jednorodność uziarnienia kruszywa w przekroju poprzecznym warstwy. Niejednorodność uziarnienia kruszywa może być jedną z przyczyn niedostatku nośności podtorza.

Kolejnym etapem rozpoznania przyczyn braku wymaganych wartości parametrów odbiorczych podtorza powinna być makroskopowa ocena właściwości gruntów podtorza i kruszyw warstwy ochronnej. W badaniach tych można określić rodzaj, wilgotność oraz stan występujących w podtorzu gruntów i zastosowanych na warstwę ochronną kruszyw. Uzyskane wyniki można porównać z założeniami projektowymi. Właściwości gruntów i kruszyw podtorza gorsze od założonych w projekcie mogą wskazywać na potencjalną przyczynę kłopotów z odbiorem podtorza z warstwą ochronną.

Następnie można przystąpić do wykonania pomiaru odkształcalności podtorza w przekopie kontrolnym.

Dzięki przeprowadzeniu pomiaru modułów odkształcenia podtorza możliwa będzie ocena nośności podtorza, a tym samym ocena czy zastosowana konstrukcja warstwy ochronnej jest wystarczająca dla uzyskania spodziewanych efektów wzmocnienia podtorza. Płyta pomiarowa powinna być posadowiona na dnie przekopu kontrolnego – na odkrytych, ale o nienaruszonej strukturze – gruntach podtorza. W przypadku warstw ochronnych o znacznych grubościach wykonanie pomiaru może wymagać zastosowania odpowiednio dostosowanej aparatury pomiarowej lub zwiększenia rozmiaru przekopu kontrolnego. Uzyskane wyniki pomiaru można porównać z wynikami pomiarów przeprowadzonymi przed wbudowaniem warstwy. Dodatkowo z uwzględnieniem zastanej grubości warstwy ochronnej wartość wtórnego modułu odkształcenia podtorza pod warstwą można wykorzystać do sprawdzenia poprawności założeń projektowych lub wyznaczenia spodziewanych rzeczywistych efektów wzmocnienia. W tym celu można posłużyć się stosownymi wykresami [6, 7]

Po wykonaniu pomiaru odkształcalności podtorza można pobrać próbki gruntów oraz kruszyw warstwy umożliwiających dokonanie oceny ich właściwości w badaniach laboratoryjnych. Minimalny zakres badań laboratoryjnych powinien obejmować określenie rodzaju, stanu oraz uziarnienia występujących w podtorzu gruntów i kruszyw. Dla pełnej oceny możliwych przyczyn braku efektu wzmocnienia podtorza warstwą ochronną koniecznym może być wykonanie badań gruntów podtorza z określeniem ich rodzaju, wilgotności i stanu nie tylko w przypowierzchniowej części podtorza lecz również w głębszych jego partiach.

Na stan odkształcenia podtorza z warstwą ochronną negatywny wpływ mogą mieć również zastosowane w konstrukcji warstwy ochronnej geosyntetyki. Stosowanie grubych geowłóknin o znacznej odkształcalności może niekorzystnie wpływać na uzyskiwane na torowisku wartości modułów odkształcenia podtorza [1]. W razie wątpliwości można ocenić

wpływ zastosowanych geosyntetyków w konstrukcji warstwy ochronnej na uzyskiwane wartości parametrów odbiorczych podtorza poprzez ocenę ich odkształcalności w rzeczywistym stanie obciążenia.

Ocena dokumentacji

W celu określenia nie tylko bezpośrednich, ale również pośrednich przyczyn braku spodziewanego efektu wzmocnienia podtorza warstwą ochronną, i potencjalnej odpowiedzialności uczestników procesu budowlanego, dodatkowo zaleca się skontrolować dokumentację projektową i geotechniczną oraz przeprowadzić wywiad z kierownictwem budowy i zapoznać się z zapisami w Dzienniku Budowy dotyczącymi realizacji robót ziemnych i konstruowania warstwy ochronnej.

Ważnym etapem poszukiwania przyczyn braku pełnego efektu wzmocnienia podtorza jest kontrola dokumentacji projektowej i geotechnicznej. O ile jest to możliwe należy skontrolować poprawność założeń projektowych i przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych. W celu uzyskania projektowych wartości parametrów odbiorczych podtorza z warstwą ochronną niezbędne jest bowiem przyjęcie stosownej konstrukcji warstwy ochronnej składającej się z subwarstw o określonych grubościach i właściwościach oraz należyte przygotowanie podtorza jako podłoża warstwy. W projekcie powinny być zatem zawarte informacje na temat wymaganych wartości modułów odkształcenia i wskaźników zagęszczenia podtorza przed budową warstwy, konstrukcja warstwy ochronnej oraz rodzaj i właściwości jej części składowych oraz wymagania odbiorcze, które musi spełniać podtorze z warstwą ochronną. W wywiadzie z kierownictwem budowy i podczas kontroli Dziennika Budowy szczególną uwagę należy zwrócić na:

- występowanie w czasie realizacji prac niesprzyjających warunków atmosferycznych mogących mieć wpływ na właściwości gruntów podtorza i stosowanych materiałów budowlanych (upał, mróz, intensywne opady),
- sposoby wykonywania robót ziemnych i warstwy ochronnej, w tym na wykorzystywany sprzęt

i technologię zagęszczania, mogące mieć negatywny wpływ na właściwości gruntów podtorza i kruszyw warstwy ochronnej.

Środki zaradcze w problemach z odbiorem podtorza z warstwą ochronną

Rozpoznanie przyczyn problemów z uzyskaniem wymaganych wartości parametrów odbiorczych podtorza umożliwia podjęcie stosownych działań mających na celu osiągnięcie wymaganych stanów podtorza z warstwą ochronną. Wydzielono i opisano sześć najczęściej wykorzystywanych sposobów na poprawę właściwości podtorza w takich przypadkach [9-11]. Wyróżniono następujące metody:

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

Dobór odpowiedniej metody powinien być podyktowany: rodzajem rozpoznanych przyczyn braku efektu wzmocnienia podtorza warstwą ochronną, rozmiarem deficytu wartości parametrów odbiorczych podtorza oraz dostępnością środków technicznych. Należy również uwzględnić, że problemy z uzyskaniem wymaganych wartości parametrów odbiorczych podtorza z warstwą ochronną najczęściej wynikają ze splotu kilku przyczyn, w związku z czym ich eliminacja może wymagać zastosowania kilku metod zaradczych.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy przyczyn występowania problemów z uzyskaniem wymaganych wartości geotechnicznych parametrów odbiorczych po wbudowaniu warstwy ochronnej, sposobów ich rozpoznania i eliminacji, 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.

- Wskazanie jednej bezpośredniej przyczyny i odpowiedzialnego za nią podmiotu w większości przypadków nie jest możliwe ze względu na występowanie splotu różnych okoliczności.
- Prawidłowe rozpoznanie i ocena niepełnych efektów przebudowy podtorza pozwala na zastosowanie stosownych środków zaradczych zweryfikowanych konstrukcji równoważnych. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Pawłowski M.: Odształcalność górnej strefy podtorza z geowłókniną. Przegląd Komunikacyjny 11/2016, s. 15-19.
- [2] Pawłowski M.: Próba oszacowania niepewności pomiarowych w badaniach odształcalności podtorza. Przegląd Komunikacyjny 10/2014, s. 18-20.
- [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.: Projektowanie wzmocnień podtorza według jego właściwości. Przegląd Komunikacyjny 10/2014, s. 24-28.
- [7] Siewczyński Ł., Pawłowski M.: Projektowanie wzmocnień podtorza z wykorzystaniem wykresów. Zeszy-

ty 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.

- [8] Siewczyński Ł., Pawłowski M.: Przyczyny utrudnień w osiąganiu pełnych efektów wzmocnienia podtorza warstwą ochronną. Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej nr 25/2017. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2017, s. 357-366.
- [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.: 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.
- [11] 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.
- [12] Siewczyński Ł., Pawłowski M.: Wymagane i osiągnięte wartości wskaźnika odształcenia 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.

Szybciej dojedziemy do Krakowa. Będzie remont DK94 w Olkuszu. Ministerstwo ogłosiło przetarg

tos/inf.prasowe, Dziennik Zachodni, 31.07.2018

Dzięki tej inwestycji usprawnić ma się przejazd odcinkiem DK94 ze Śląska i Zagłębia do Krakowa. Minister infrastruktury Andrzej Adamczyk poinformował w poniedziałek, 30 lipca, w Olkuszu o ogłoszeniu przetargu na rozbudowę odcinka tej trasy w tym mieście. Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju przypomina, że odcinek DK94 przebiegający przez Olkusz jest drogą dwujezdniową o dużym natężeniu ruchu. - Dzięki inwestycji na odcinku 4,4 km zostanie podniesiona nośność jezdni oraz poprawi się bezpieczeństwo i płynność ruchu. Przebudowanych zostanie m.in. 6 skrzyżowań, 5 przepustów, wybudowane będą ciągi pieszo-rowerowe, zatoki autobusowe, a ekrany akustyczne poprawią komfort życia mieszkańców Olkusza - informuje Ministerstwo (...).

MPK Poznań będzie miało nowe autobusy. W sierpniu pojawiają się ekologiczne solarisy. Kiedy autobusy elektryczne będą wozić poznaniaków?

Grzegorz Okoński, Głos Wielkopolski, 13.07.2018

W sierpniu MPK Poznań będzie witało pasażerów w nowych autobusach: rozpoczną się dostawy 37 niskopodłogowych, proekologicznych autobusów solaris. Jednocześnie miejski przewoźnik zapowiada wprowadzenie 21 autobusów bezemisyjnych – choć nie rozstrzygnięto jeszcze przetargu, w którym wziął udział tylko jeden oferent. MPK Poznań zamówiło we wrześniu ubiegłego roku 37 niskopodłogowych autobusów solaris urbino 12 i 18. Dziewiętnaście z nich to pojazdy o długości 12 metrów, a osiem-

naście – to przegubowe 18-metrowe. Wojciech Tulibacki, prezes zarządu MPK Poznań Sp. z o.o. wypowiadał się o nich z uznaniem, jako o super-nowoczesnych autobusach najnowszej generacji, które będą przyjazne dla mieszkańców – pojazdach napędzanych silnikami spełniającymi bardzo restrykcyjną normę emisji spalin Euro6, które zastąpią w poznańskiej flocie najbardziej wyeksploatowane pojazdy (...).

W powiecie opolskim rusza wielka budowa ścieżek rowerowych

Sławomir Draguła, nto.pl, 10.07.2018

- Dzięki nim szybko i bezpiecznie dojedziemy między innymi do turystycznych zakątków powiatu - mówi w Gościu nto Szymon Ogłaza, członek zarządu województwa opolskiego. Powiat opolski i Lewin Brzeski wzbogacą się o ponad 30 km ścieżek pieszo-rowerowych, sześć parkingów Bike&Ride (zostaw rower i jedź!) oraz cztery Park&Ride (zostaw samochód i jedź!). W Opolskim Urzędzie Marszałkowskim wręczone zostały umowy w sprawie dofinansowania inwestycji. Chodzi o 40 mln zł z Unii Europejskiej (...).

To Chińczycy wybudują nową zakopiankę z Rdzawki do Nowego Targu

Łukasz Bobek, Gazeta Krakowska, 13.07.2018

Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad rozstrzygnęła przetarg na budowę kolejnego odcinka zakopianki - z Rdzawki do Nowego Targu. Wybrano ofertę złożoną przez firmę Stecol Corporation z Chin. Koszt zadania wyceniony przez tego wykonawcę wynosi 706 mln 244 tys. zł a czas realizacji inwestycji 49 miesięcy. W ramach inwestycji powstanie dwujezdniowa droga klasy GP, o długości 16,1 km, z czterema pasami (po dwa każdym kierunkiem, o szerokości

jezdni 2x3,50 metra). Na nowo wybudowanej trasie powstaną cztery węzły drogowe: Obidowa, Klikuszowa, Nowy Targ Zachód, Nowy Targ Południe oraz 22 obiekty inżynierskie - mosty, wiadukty, estakady (...).

MPK Łódź. Po Łodzi będą jeździć autobusy jak w Barcelonie, Hamburgu, Mediolanie. MPK wynajmuje 46 Solarisów

Alicja Zboińska, Dziennik Łódzki, 13.08.2018

Od przyszłego roku Łódź wzbogaci się o 46 nowych, niskopodłogowych, klimatyzowanych autobusów marki Solaris. Takimi podróżują mieszkańcy i turyści w Hamburgu, Mediolanie i Barcelonie. Wczoraj została podpisana umowa na dziesięcioletni najem autobusów. Wartość kontraktu to ponad 125 mln zł brutto. Do podpisania umowy doszło w poniedziałkowy poranek w zajezdni na Nowych Sadach. Do Łodzi trafi 20 wydłużonych autobusów i 26 standardowych. W pierwszym mieści się 135 pasażerów, z których 38 może siedzieć, w drugim miejsc jest natomiast 85, z czego 26 siedzących (...).

Wiadukt nad linią kolejową w Gogolinie. Rusza przygotowanie dokumentacji

Sławomir Draguła, nto.pl, 13.08.2018

Od wielu lat przejazd drogowo-kolejowy w centrum Gogolina powoduje problemy komunikacyjne. Kierowcy co chwilę muszą czekać przed zamkniętymi zaporami, szczególnie niebezpieczne jest to w sytuacji jadących z pomocą służb ratowniczych. - Oprócz tego przebudowana zostanie droga wojewódzka 409 przebiegająca w okolicy przejazdu kolejowego - informuje Violetta Ruszczewska z opolskiego urzędu marszałkowskiego (...). Wiadukt ma być gotowy w 2021 roku.



Generalna Dyrekcja
Dróg Krajowych i Autostrad



Stowarzyszenie Inżynierów
i Techników Komunikacji RP
- Oddział we Wrocławiu



Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Zakład Dróg i Lotnisk



INSTYTUT TECHNICZNY WOJSK LOTNICZYCH
ULEPSZAMY KAŻDĄ TECHNOLOGIĘ



Konferencja naukowo-techniczna

PROJEKTOWANIE, BUDOWA I UTRZYMANIE AUTOSTRAD, DRÓG EKSPRESOWYCH I LOTNISK

Jelenia Góra, 15 – 16 listopada 2018 r.

Celem konferencji jest przedstawienie dotychczasowych polskich doświadczeń z zakresu projektowania, budowy i utrzymania autostrad, dróg ekspresowych i lotnisk ze szczególnym zwróceniem uwagi na stosowane systemy: „projektuj – buduj” oraz „utrzymaj standard”. Konferencja odbywa się w pobliżu realizowanych odcinków dróg ekspresowych S3 i S5. Jak również wybudowanych autostrad A4 i A18.

Zapraszamy autorów do przygotowania referatów zgodnie z w/w tematyką. Referaty należy przygotować w języku polskim. Referaty będą publikowane w Przeglądzie Komunikacyjnym (wg listy B - MNiSzW – 8 pkt). Warunkiem publikacji referatu jest uzyskanie pozytywnej recenzji Komitetu Naukowego oraz Recenzentów czasopisma.

Zgłaszanie referatów

SITK RP O/Wrocław, ul. M.J. Piłsudskiego 74, 50-020 Wrocław, tel.: 48 71 343 18 74, kom. 575 799 133,
e-mail: wroclaw@sitkrp.org.pl www.wroclaw.sitkrp.org.pl

Patronat Medialny:



Wpływ sposobu ograniczenia ruchu pociągów na czas realizacji robót podtorzowych

Impact ways of limiting train traffic for the duration of subgrade works



Michał Pawłowski

Dr inż.

Zakład Budowy Mostów i Dróg Kolejowych, Instytut Inżynierii Lądowej, Politechnika Poznańska

lmichal.pawlowski@put.poznan.pl



Kamil Protosawicki

Mgr inż.

Intercor Sp. z o.o.

kprotosawicki@o2.pl



Wojciech Straszewski

Mgr inż.

Zakład Budowy Mostów i Dróg Kolejowych, Instytut Inżynierii Lądowej, Politechnika Poznańska

lmichal.pawlowski@put.poznan.pl

Streszczenie: Artykuł zawiera wyniki analizy wpływu sposobu ograniczenia ruchu pociągów na czas realizacji przebudowy podtorza na podstawie doświadczeń z modernizacji fragmentu linii kolejowej nr 6. Opisano rodzaje zamknięć torowych mających wpływ na skalę ograniczenia ruchu pociągów, stosowanych przy realizacji robót naprawczych i modernizacyjnych podtorza. Przedstawiono uwarunkowania prowadzenia robót przy każdym z rodzaju zamknięć. Wykazano wpływ sposobu prowadzenia robót na czas ich realizacji.

Słowa kluczowe: Podtorze kolejowe; Zamknięcia torowe; Roboty podtorzowe

Abstract: The article contains the results of the analysis of the method of limiting train traffic for the duration of the reconstruction of the subgrade based on the experience of modernization of the fragment of the railway line No. 6. Described the track closures types influencing the scale of train movement limitation, used in the repair and modernization subgrade works. Presented the conditions of conducting works at each type of closures.

Keywords: Subgrade, Subgrade works; Track closures

W okresie wzmożonych prac naprawczych i modernizacyjnych wykonywanych w ramach Krajowego Programu Kolejowego na sieci linii kolejowych w Polsce inwestycje na liniach dwu- i wielotorowych realizowane są przy częściowym i całkowitym wstrzymaniu ruchu pociągów na przebudowywanych odcinkach. W pierwszym przypadku zachowuje się przejezdność linii, roboty wykonywane są w niesprzyjających warunkach, a ruch pociągów prowadzony jest z pewnymi utrudnieniami i ograniczeniami. W drugim przypadku, gdy roboty realizowane są przy całkowitym wstrzymaniu ruchu, powstają znaczne utrudnienia w ruchu pasażerskim oraz istotne dla ruchu towarowego ograniczenie przepustowości sieci kolejowej. Dla zachowania ciągłości ruchu wymagane jest trasowanie pociągów towarowych i dalekobieżnych pasażerskich po liniach objazdowych oraz zastosowanie zastępczej komunikacji autobusowej w lokalnym ruchu pasażerskim. Całkowite zamknięcie odcinków linii ma jednak ułatwić pracę wykonawcom, umożliwić lepszą

koordynację międzybranżową robót oraz znacząco skrócić czas realizacji inwestycji. Dobór sposobu realizacji prac jest uzależniony od wielu czynników, z których najważniejsze to: możliwość trasowania ruchu pociągów po liniach objazdowych, korzystny układ sieci drogowej dla możliwości prowadzenia zastępczej komunikacji autobusowej, długość modernizowanych odcinków linii, zakres prac, dostępność materiałów budowlanych i środków technicznych. W historii wykonywania modernizacji linii kolejowych w Polsce pierwszy przypadek wstrzymania ruchu na linii dwutorowej w czasie realizacji robót miał miejsce na fragmencie linii kolejowej nr 6, stanowiącej I Pańneuropejski korytarz E-75, na odcinku Tłuszcz – Łochów o długości 18 km. W czasie trwania robót budowlanych w trybie zamknięcia jednotorowego Zarządca zdecydował się na całkowite zamknięcie linii dla ruchu pociągów oraz wprowadzenie zastępczej komunikacji autobusowej w ruchu pasażerskim oraz prowadzenie ruchu towarowego po liniach objazdowych. Wedle założeń

Zamawiającego takie rozwiązanie miało skrócić czas realizacji inwestycji o 10 miesięcy. Celem modernizacji linii nr 6 na odcinku Tłuszcz – Łochów była poprawa jej stanu technicznego, zgodnie z wymogami umów międzynarodowych, umożliwiającą zwiększenie prędkości pociągów do 160km/h w ruchu pasażerskim i do 120km/h w ruchu towarowym. Przebudowa polegała m. in. na wymianie nawierzchni torowej oraz wzmocnieniu podtorza. Nowa konstrukcja nawierzchni składa się z szyn 60E1, podkładów PS-93 oraz podsypki tłuczniowej. Wzmocnienie podtorza obejmowało stosowne przygotowanie podłoża polegające m.in. na stabilizacji gruntów spoiwami hydraulicznymi oraz wbudowanie warstwy ochronnej. Podczas trwających 25 miesięcy robót wybudowano 36 km pojedynczego toru, 10 peronów, a część skrzyżowań jednopoziomowych z drogami samochodowymi zastąpiono skrzyżowaniami bezkolizyjnymi [4].

Specyficzny sposób prowadzenia prac na wskazanym odcinku linii kolejowej nr 6 umożliwił przeprowadzenie

analizy porównawczej dwóch trybów realizacji robót przy częściowym i całkowitym wstrzymaniu ruchu i określenie wpływu sposobu ograniczenia ruchu pociągów na czas realizacji przebudowy podtorza.

Rodzaje zamknięć stosowane w robotach podtorzowych

Roboty podtorzowe, w zależności od zakresu i technologii ich wykonania, na liniach dwutorowych mogą być prowadzone z częściowym lub całkowitym wstrzymaniem ruchu pociągów przy zastosowaniu następujących założeń organizacyjnych:

- realizacja prac przy ograniczeniu prędkości jazdy pociągów bez konieczności wprowadzania zamknięć torów,
- zamknięcie jednego z torów w ustalonych w rozkładzie jazdy przerwach między pociągami,
- zamknięcie dla ruchu pociągów jednego z torów i prowadzenie ruchu pociągów po drugim czynnym torze w obu kierunkach (zamknięcie jednotorowe),
- zamknięcie obu torów w czasie wykonywania robót powodujące przerwę w ruchu pociągów (*zamknięcie dwutorowe*) [1, 3].

Zamknięcia jednotorowe są najczęstszą praktyką podczas realizacji prac, wymagających ze względu na swój zakres wstrzymania ruchu pociągów. Potwierdzeniem tego jest fakt, że w latach 2013-2015, na liniach dwutorowych, roboty budowlane w ramach remontów i modernizacji były prowadzone w przeważającej większości w trakcie zamknięć jednotorowych [2]. Przy zamknięciu jednotorowym w czasie trwania procesu budowlanego ruchu pociągów prowadzony może być dwukierunkowo po czynnym torze, zachowana jest przejezdność linii oraz minimalizuje się utrudnienia dla pasażerów. Zamknięcia dwutorowe stosowane są sporadycznie, przede wszystkim przy realizacji inwestycji o dużym zakresie prac, znacznej długości przebudowywanych odcinków oraz gdy czas realizacji musi być możliwie jak najkrótszy. Przy całkowitym wstrzymaniu ruchu pociągów dochodzi do niebagatelnie- go utrudnienia ruchu pasażerskiego

oraz do istotnego dla ruchu towarowego ograniczenia przepustowości sieci kolejowej. W celu zachowania ciągłości ruchu, pociągi towarowe i dalekobieżne pasażerskie trasuje się po liniach objazdowych oraz w lokalnym ruchu pasażerskim stosuje się zastępczą komunikację autobusową.

Uwarunkowania prowadzenia robót w zależności od rodzaju zamknięcia

Głównym czynnikiem decydującym o sposobie, tempie i bezpieczeństwie wykonywanych prac naprawczych lub modernizacyjnych podtorza jest sposób ograniczenia ruchu pociągów w czasie ich trwania. Zachowanie lub wstrzymanie ruchu pociągów podczas realizacji procesów budowlanych powoduje zatem różne uwarunkowania realizacyjne.

Niezależnie od rodzaju stosowanych zamknięć torowych dla zmniejszenia ich liczby i czasu trwania wykonywane prace powinny być odpowiednio skoordynowane oraz prowadzone możliwie przy jak największej koncentracji sił i środków technicznych [1]. Przy organizacji i realizacji robót, należy brać pod uwagę m. in. rodzaj i zakres prac, czas trwania zamknięcia, długość zamkniętych odcinków linii, długość frontu robót dla poszczególnych zespołów roboczych, maszyn i sprzętu mechanicznego [3], możliwości transportu materiałów w obrębie wykonywanych prac.

Realizowanie wzmocnień podtorza poprzez wbudowywanie warstw ochronnych w jego górną strefę wiąże się z wykonywaniem robót ziemnych o znacznych objętościach. Wynika to z konieczności odspajania gruntów podtorza dla możliwości posadowienia warstw o wymaganej grubości oraz wbudowywania materiałów i kruszyw niezbędnych dla uzyskania warstw o zaprojektowanej konstrukcji. Występujące znaczne objętości robót ziemnych wymagają wykorzystania stosownego rodzaju i liczby środków transportowych niezbędnych do realizacji zadania. Dobór rodzaju środków transportu uzależniony jest także od sposobu ograniczenia ruchu pociągów w czasie realizacji prac.

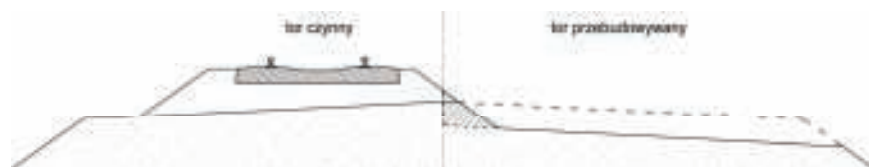
Zamknięcia jednotorowe

Podczas wykonywania prac przy zamknięciach jednotorowych konieczne jest zachowanie szczególnej ostrożności w sąsiedztwie czynnego toru i sieci trakcyjnej pod napięciem. W zależności od sposobu zabezpieczenia miejsca robót ich realizacja, przy zachowaniu ciągłości ruchu pociągów, może wymagać nadzoru sygnalistów dbających o bezpieczeństwo ruchu pociągów i pracowników pracujących w torze. Dla zachowania bezpieczeństwa pracownicy powinni zachować szczególną ostrożność, zwłaszcza w czasie przejazdu pociągów, a operatorzy maszyn budowlanych ponadto powinni pamiętać o nienaruszaniu skrajni czynnego toru ruchomymi elementami obsługiwanych maszyn, a także o wstrzymywaniu pracy maszyny na czas przejazdu pociągu po czynnym torze. Na czynnym torze należy ograniczyć prędkość pociągów szczególnie gdy w torze przebudowywanym używa się ciężkich maszyn torowych. Z doświadczeń osób odpowiedzialnych za bezpieczeństwo pracy ludzi i sprzętu na budowie wynika, że każdorazowe wdrażanie nowego operatora maszyn budowlanych do pracy w obrębie torów czynnych, mimo przeprowadzanych szkoleń z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy pociąga za sobą ryzyko zaistnienia stanu zwiększonego zagrożenia czy wręcz wypadku.

W sprzyjających warunkach, w trakcie realizacji robót podtorzowych, podczas zamknięć jednotorowych, wywóz urobku z miejsca budowy najczęściej odbywa się z wykorzystaniem samochodów ciężarowych, a dostarczanie kruszyw na warstwy ochronne z użyciem wagonów samowyładowczych poruszających się po sąsiednim, czynnym torze w ustalonych w rozkładzie jazdy przerwach między pociągami. W przypadku realizacji prac szczególnie w głębokich i stosunkowo długich przekopach zastosowanie samochodów ciężarowych do wywozu urobku wiąże się ze znacznym ograniczeniem wydajności i wydłużeniem czasu wykonywania prac ze względu na brak możliwości zorganizowania mijanek. W tym przypadku korzystniejsze jest zastosowanie do wywozu urobku transportu kolejowego odbywającego się po sąsiednim

torze w ustalonych w rozkładzie jazdy przerwach między kolejnymi pociągami. Gdy prace odbywają się na liniach znaczenie obciążonych ruchem ustalonych przerw między pociągami są krótkie i z reguły wynoszą tylko kilka godzin w ciągu doby, zwłaszcza w porze nocnej. Takie krótkie zamknięcia czynnego toru często są niewystarczające dla możliwości realizowania prac z założoną wydajnością. W przypadku przebudowy podtorza wykonywanej na szlaku o znacznej długości dostarczanie materiałów na warstwę ochronną transportem kolejowym po czynnym torze w czasie przerwy między pociągami, szczególnie gdy zaplecze budowy znajduje się na jednym z końców przebudowywanego odcinka, napotyka na spore dodatkowe utrudnienia. Wynikają one z konieczności pokonywania dużych odległości przez pociąg roboczy poruszający się z niezbyt dużą prędkością. Przez to czas przerwy między kolejnymi rozkładowymi pociągami, w głównej mierze, zostaje spożytkowany na jazdę pociągu roboczego do docelowego miejsca rozładunku i jego powrót na stację macierzystą. Pozostały czas z przerwy między pociągami może być niewystarczający dla dokonania wyładunku niezbędnej, dla zachowania założonej wydajności, objętości materiałów konstruowanych warstw ochronnych.

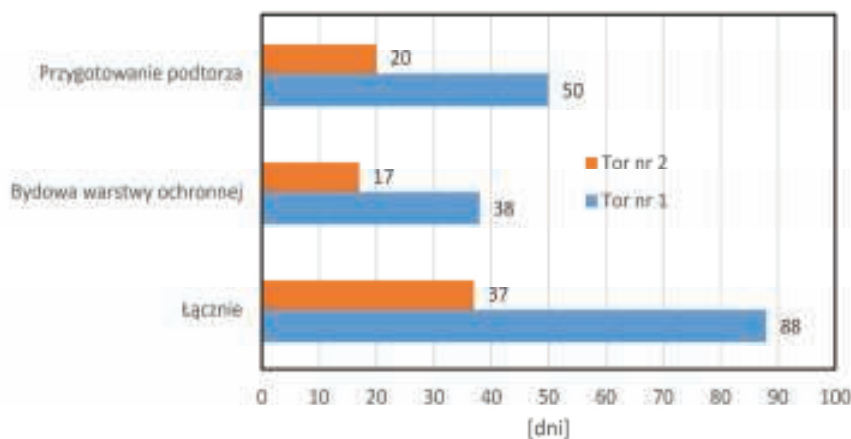
W trakcie budowy warstw ochronnych podtorza przy zamknięciu jednotorowym często dochodzi do sytuacji, w której utrudnione lub niemożliwe jest wbudowanie warstwy ochronnej o zaprojektowanej konstrukcji w sąsiedztwie osi torowiska. Problem ten występuje przede wszystkim przy rozstawie torów nie przekraczającym 4,0 m [4]. Podczas realizacji prac usunięcie zbyt dużej objętości podsypki od czoła podkładów czynnego toru może doprowadzić do naruszenia jego stateczności, a w skrajnie niekorzystnych warunkach nawet do jego wybożenia. Konieczne jest zatem pozostawienie nienaruszonego fragmentu torowiska pod przebudowywanym torem (rys. 1). W związku z tym w sąsiedztwie osi torowiska pozostaje obszar, w którym warstwa ochronna jest o innej niż zaprojektowana konstrukcji czy wręcz nie występuje (rys. 2). Przy kompleksowej



1. Ograniczenie możliwości przebudowy podtorza na całej szerokości torowiska w trybie zamknięcia jednotorowych wynikające z konieczności zachowania stateczności toru czynnego. Oznaczono obszar podsypki i podtorza niepodlegający wymianie



2. Kształt warstwy ochronnej podtorza uzyskany po przebudowie realizowanej w trybie zamknięcia jednotorowych. 1 – Obszar braku warstwy ochronnej. 2 – Obszar nienaruszonej istniejącej podsypki



3. Czas realizacji robót podtorzowych w trakcie przebudowy torów nr 1 i 2 na analizowanym odcinku linii kolejowej nr 6

naprawie podtorza pod dwoma torami i realizacji prac osobno pod każdym z torów dodatkowo w osi torowiska może pozostać nienaruszony obszar istniejącej podsypki o szerokości około 0,3 do 0,4 m (rys. 2), który może mieć negatywny wpływ, poprzez zmniejszenie przepuszczalności podsypki, na stan torów w trakcie późniejszej eksploatacji. Powyższe problemy można minimalizować poprzez stosowanie dodatkowych rozwiązań technicznych co jednak zwiększa koszt i wydłuża czas realizacji robót.

Zamknięcia dwutorowe

Realizacja prac przy zamknięciu dwutorowym minimalizuje ryzyko zaistnienia zdarzeń wynikających z występowania w sąsiedztwie przebudowywanego podtorza czynnego toru, na którym odbywa się zwiększony ruch pociągów. Na placu budowy odbywa się ruch pociągów roboczych poruszających się z ograniczoną prędkością, a w związku z tym charakteryzujący się krótką drogą hamowania. Przy stosownym nadzorze nad przejazdem pociągów roboczych

minimalizuje się ryzyko wystąpienia zdarzeń, a w przypadku ich zaistnienia straty bywają niewielkie.

Prowadzenie robót przy zamknięciu dwutorowym daje wykonawcy większą swobodę realizacji prac. Znacznie ułatwiona jest koordynacja międzybranżowa oraz możliwe jest wykonywanie prac równoległe na sąsiednich torach. Przy zamknięciu jednotorowym praktycznie niezbędne jest wykonanie wszystkich prac w torze przed udostępnieniem go do pracy branży sieciowej. Spowodowane jest to zajęciem toru zazwyczaj na całym odcinku bez możliwości manewrów pomiędzy pociągami sieciowymi. Przy możliwości korzystania z obu torów istnieje możliwość wykonania robót przy założeniu, że każda z branż wybiera jeden z nich. Znacznie przyspiesza to prace, a przy dobrej koordynacji możliwe jest wykonanie prac obu branż niemal jednocześnie [4].

Jednym z największych atutów wykonywania przebudowy podtorza w czasie zamknięcia dwutorowego jest możliwość wykorzystania jednego z

torów do transportu urobku oraz przewożenia materiałów warstw ochronnych w dowolnym czasie. W tym przypadku na ograniczenie wydajności robót mogą mieć wpływ: dostępność miejsc składowania urobku i materiałów budowlanych oraz wydajność sprzętu przeładunkowego.

Przy wykonywaniu prac budowlanych w czasie zamknięcia dwutorowego przebudowa obiektów inżynierskich odbywa się od razu pod dwoma torami. W przypadku występowania kilku dużych obiektów inżynierskich na przebudowywanym odcinku linii może utrudniać lub wręcz uniemożliwiać swobodny przewóz materiałów z wykorzystaniem transportu kolejowego. W zamknięciu dwutorowym, możliwe jest wykonanie robót torowych z większą dokładnością, np. poprzez poprawne wykonanie połączeń konstrukcji warstw ochronnych podtorza oraz nawierzchni obu torów w osi torowiska. W zależności od przyjętej technologii robót różnie ten problem jest rozwiązywany. W przypadku przebudowy każdego z torów oddzielnie można po wykonaniu subwarstwy podsypki i ułożeniu na niej podkładów i szyn w jednym z torów rozpocząć roboty ziemne i budowę warstwy ochronnej w torze sąsiednim. Przy takim sposobie realizacji prac możliwe jest stosowne połączenie elementów podtorza, warstw ochronnych i subwarstw podsypki w obu torach.

Wpływ rodzaju zamknięć na czas realizacji robót podtorzowych

Wpływ sposobu ograniczenia ruchu pociągów na czas realizacji robót przeanalizowano na podstawie zdobytych doświadczeń z przebudowy 18 km odcinka linii kolejowej nr 6 [4]. Przebudowa ta realizowana była przy zamknięciu jedno- i dwutorowym. Tor nr 1 przebudowywany był w trybie zamknięć jednotorowych. Tor nr 2 przebudowano w trybie zamknięcia dwutorowego. Realizowanie tych samych robót, na jednym odcinku, przy dwóch różnych trybach zamknięć torowych, dało możliwość oceny wpływu rodzaju zastosowanego sposobu zamknięcia torów na czas wykonania czynności przebudowy podtorza analizowanego fragmentu linii kolejowej.

Przygotowanie podtorza polegające na wybraniu warstwy górnej strefy podtorza o stosownej grubości, dla umożliwienia wbudowania warstwy ochronnej o zaprojektowanej konstrukcji, wykonywane było w obu torach przez zespoły robocze składające się z pracowników oraz koparek, spycharek i samochodów ciężarowych. W razie konieczności wzmacniano podtorze poprzez wymianę gruntu lub jego stabilizację cementem. Do wywozu urobku podczas przygotowania podtorza toru nr 2 wykorzystano również transport kolejowy, który odbywał się po sąsiednim torze [4].

Budowa warstwy ochronnej odbywała się z dostarczaniem kruszywa za pomocą transportu kolejowego po sąsiednim torze oraz z zespołów roboczych składających się z pracowników, koparek, spycharek i walców [4].

W torze nr 1 przygotowanie podtorza oraz budowa warstwy ochronnej przebiegała znacznie wolniej niż w torze nr 2. Powodem takiego stanu rzeczy była przede wszystkim ograniczona możliwość wykorzystania sąsiedniego, czynnego toru do transportu odspożonych gruntów i kruszyw warstw ochronnych. W trybie zamknięcia jednotorowego sąsiedni tor był dostępny jedynie w czasie pojedynczego 3-godzinnego zamknięcia w ciągu doby. W trybie zamknięcia dwutorowego wykonawca miał nieograniczony dostęp do sąsiedniego toru. Wynika z tego, że w trakcie realizowanych prac podtorzowych wydajność środków transportowych miała decydujący wpływ na łączny czas wykonania zadania [4].

Na rysunku 3 zastawiono i porównano czasy realizacji poszczególnych czynności przebudowy podtorza torów nr 1 i 2 na analizowanym odcinku linii kolejowej nr 6.

Czas wykonania prac polegających na przygotowaniu podtorza i budowie warstwy ochronnej przy realizacji robót podtorzowych w torze nr 1, w trybie zamknięć jednotorowych, wynosił łącznie 88 dni. W czasie 50 dni zrealizowano prace ziemne, a 38 dni potrzebowano na budowę warstwy ochronnej. Czas wykonania analogicznych prac przy przebudowie podtorza toru nr 2 wynosił łącznie 37 dni. W czasie 20 dni zrealizowano prace ziemne, a 17 dni potrzebowano na budowę warstwy

ochronnej [4]. Nieograniczony dostęp do sąsiedniego czynnego toru w trybie zamknięcia dwutorowego umożliwił skrócenie czasu realizacji prac ziemnych 2,5 krotnie, a czasu wykonania warstwy ochronnej 2,2 krotnie. Sumaryczny czas wzmocnienia podtorza dzięki realizacji prac w trybie zamknięcia dwutorowego był prawie 2,4 krotnie krótszy. W trakcie realizacji prac przy zachowaniu ciągłości ruchu pociągów na sąsiednim torze uzyskano wydajności prac przygotowania podtorza około 360 mb/dobę i budowy warstwy ochronnej około 475 mb/dobę. W czasie realizacji prac po wstrzymaniu ruchu pociągów uzyskano wydajności prac przygotowania podtorza 900 mb/dobę i budowy warstwy ochronnej około 1050 mb/dobę.

Podsumowanie i wnioski

Wpływ sposobu ograniczenia ruchu pociągów na czas realizacji robót podtorzowych przeanalizowano na podstawie doświadczeń z przebudowy wybranego odcinka linii kolejowej nr 6. Prace odbywały się w specyficznych dla tego odcinka warunkach terenowo-organizacyjnych determinujących m. in. zastosowaną technologię oraz liczbę i skład zespołów roboczych. Z tego względu nie jest możliwe bezpośrednie zastosowanie uzyskanego w tym przypadku skrócenia czasu realizacji robót podtorzowych, w wyniku wdrożenia zamknięcia dwutorowego, do innych przypadków. Na całkowity czas realizacji prac ma bowiem wpływ wiele czynników, a sposób ograniczenia ruchu pociągów podczas trwania procesu budowlanego jest tylko jednym z nich. W innych warunkach terenowo-organizacyjnych wpływ rodzaju zastosowanych zamknięć torowych na czas realizacji robót mógłby być inny. Celowym jest zatem prowadzenie dalszych badań nad wpływem rodzaju stosowanych zamknięć torowych na czas wykonywania prac.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wpływu rodzaju zamknięć torowych na czas realizacji przebudowy podtorza na przykładzie modernizacji fragmentu linii kolejowej nr 6 można sformułować następujące wnioski:

- Decyzja o częściowym lub całkowitym zamknięciu linii powinna być

podejmowana z uwzględnieniem rodzaju, zakresu i przewidzianego czasu planowanych robót oraz skali występujących w trakcie realizacji prac utrudnień w ruchu pasażerskim i towarowym.

- Wykonywanie robót naprawczych i modernizacyjnych podtorza w trybie zamknięcia dwutorowego umożliwi m. in.: zachowanie większego bezpieczeństwa prowadzonych prac, uzyskanie większej dokładności robót, lepszą koordynację międzybranżową robót oraz znaczne skrócenie czasu realizacji inwestycji.
- Możliwość swobodnego dysponowania o wykorzystaniu sąsiedniego toru przez wykonawcę podczas prowadzenia prac ma decydujący wpływ na czas realizacji robót podtorzowych.
- Czas wykonywania robót, polegających na przygotowaniu podtorza i budowie warstwy ochronnej, na analizowanym odcinku, był prawie 2,4 krotnie krótszy w trybie zamknięcia dwutorowego od czasu realizacji tych samych robót w trybie zamknięć jednotorowych. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Bogdaniuk B., Towpik K.: Budowa, modernizacja i naprawy dróg kolejowych. PKP Polskie Linie Kolejowe, Warszawa, 2010.
- [2] Kosicki D.: Zamknięcia torowe na sieci PKP PLK S.A. dla potrzeb wykonywania kolejowych robót budowlanych, Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej nr 25/2017. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2017, s. 209-220.
- [3] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Zasady organizacji i udzielania zamknięć torowych Ir-19, Załącznik do zarządzenia Nr 36/2015 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 28 lipca 2015 r.
- [4] Protosawicki K.: Wpływ zamknięć torów na czas realizacji robót na podstawie doświadczeń z przebudowy szlaku Tłuszcz – Łochów linii kolejowej nr 6. Praca magisterska. Politechnika Poznańska, Poznań 2015.

Obwodnica Kluczborka. W piątek gmina podpisała umowę z wykonawcą ostatniego odcinka drogi

Sławomir Draguła, nto.pl, 10.08.2018

Jeszcze w sierpniu rusza budowa kolejnego, ostatniego już etapu obwodnicy Kluczborka. Dziś gmina podpisała umowę z wykonawcą drogi. - Odcinek ten połączy rondo w Smardach z rondem przy ul. Byczyńskiej w Kluczborku - informuje Jarosław Kielar, burmistrz Kluczborka. - Chcę zaznaczyć, że umowę na ostatni etap podpisujemy dokładnie w dzień siągnięcia rocznicy oddania do użytku pierwszego odcinka obwodnicy. Kluczbork jest jednym z niewielu miast w Polsce, które realizuje tak wielką inwestycję z własnego budżetu. Łączne wydatki na budowę wszystkich odcinków obwodnicy wyniosą ponad 52 mln zł, z czego 40 procent to dotacje z programów unijnych i krajowych (...).

Rower miejski w Rybniku wypożyczono 1639 razy w ciągu pierwszego miesiąca

AK, UM, Dziennik Zachodni, 23.08.2018

Rowerzy miejskie czwartej generacji na ulicach Rybnika jeżdżą już ponad miesiąc. - Mieszkańcy chętnie korzystają z dostępnych jednośladów, które tworzą wygodną sieć dojazdów z centrum do każdej dzielnicy miasta - informują urzędnicy z Rybnika. 80 rowerów, 1639 wypożyczeń, 2771 zarejestrowanych użytkowników w aplikacji i 670 użytkowników korzystających z rowerów - tak przedstawiają się statystyki po miesiącu od uruchomienia w Rybniku systemu rowerów miejskich w oparciu o aplikację GeoVelo (stan na 19 sierpnia) (...).

Gdów. Koniec budowy obwodnicy. Otwarcie trasy za miesiąc

Jolanta Białek, Gazeta Krakowska, 27.08. 2018

Droga warta w sumie 64 mln zł jest gotowa. Samochody pojadą nowym szlakiem komunikacyjnym najpóźniej pod koniec września Obwodnica Gdowa będzie nowym odcinkiem drogi wojewódzkiej. Jej budowa (II etap) ruszyła jesienią 2017 roku, z dziesięciomiesięcznym opóźnieniem w stosunku do planów. Jednak wykonawcy robót (firma Strabag) udało się zakończyć inwestycję w terminie (...). - Obwodnica połączy drogi 966 i 967, uporządkuje ruch i przyczyni się do rozwoju gospodarczego regionu. Na tę trasę czekają nie tylko mieszkańcy gminy Gdów, ale całej Małopolski - mówił marszałek Małopolski Jacek Krupa w marcu 2016 roku, gdy podpisywano umowę na dokończenie obwodnicy.

Rower metropolitalny na Śląsku i w Zagłębiu. Będzie jeździł po GZM

Anna Dziedzic, Dziennik Zachodni, 6.09.2018

Studium tras rowerowych dla metropolii jest niemal gotowe. Dziś w siedzibie GZM odbędzie się ostatnie spotkanie z przedstawicielami organizacji pozarządowych i mieszkańcami, zainteresowanymi tematyką rowerową. To ostatnia szansa na to, by zgłosić uwagi do tego projektu. A jest o czym myśleć, bo chodzi o ok. 1500 km dróg rowerowych na terenie metropolii. W dodatku bardzo przydatnych, gdy planuje się wprowadzenie w 41 gminach wspólnego roweru metropolitalnego (...).

Katowice: pierwsze centrum przesiadkowe już gotowe

LOTA, Dziennik Zachodni, 4.09.2018

Centrum przesiadkowe w Ligocie jest już gotowe. Na miejscu wciąż trwają prace porządkowe, ale już w piątek ruszają odbiory inwestycji. Węzeł będzie pierwszym centrum przesiadkowym w Katowicach. Ma zostać udostępniony mieszkańcom na przełomie października i września. Centrum przesiadkowe w Ligocie będzie pierwszym katowickim węzłem przesiadkowym. Wybudowano je naprzeciw dworca kolejowego u zbiegu ulic Panewnickiej i Franciszkańskiej. Realizacja kosztowała około 9,1 mln zł. W ramach tej inwestycji powstał parking naziemny ze 110 miejscami, natomiast naprzeciw dworca kolejowego zadaszone perony autobusowe oraz miejsca oczekiwania. Jest tu też duży parking dla rowerów. Centrum przesiadkowe w Ligocie jest dedykowane dla połączeń: autobus - pociąg - komunikacja indywidualna (...).

W Siewierzu powstało centrum przesiadkowe z dworcem autobusowym

Sauer, Dziennik Zachodni, 4.09.2018

W ramach budowy Zintegrowanego Punktu Przesiadkowego przy placu Wojska Polskiego w Siewierzu powstał dworzec autobusowy z wiatą przystankowo-rowerową. Oprócz tego powstał parking z miejscami dla osób niepełnosprawnych czyli park & ride, stanowiska przystankowe i miejsca parkingowe dla autobusów. Dworzec autobusowy wyposażony został w monitoring i ogólnodostępny Internet bezprzewodowy. Łącznie w ramach projektu zrealizowano trzy zintegrowane węzły przesiadkowe, w Siewierzu (autobus, rower, samochód) oraz w Kuźnicy Warężyńskiej i Wojkowicach Kościelnych (autobus, rower). Inwestycja ma na celu rozwój transportu publicznego oraz promowanie mobilności miejskiej, zgodnej z zasadami zrównoważonego transportu (...).

Budowlane obciążenia podatnych obiektów inżynierskich

Construction loads of the soil-steel structures



Czesław Machelski

Prof. dr hab. inż.

Politechnika Wrocławska, Wydział
Budownictwa Lądowego i
Wodnego; Katedra Mostów i Kolei

czeslaw.machelski@pwr.edu.pl

Streszczenie: Charakterystyczną cechą konstrukcji gruntowo-powłokowych, w odróżnieniu od klasycznych mostów, jest duży wpływ zasyпки gruntowej i nawierzchni jezdni jako elementów nośnych obiektu. W modelu obiektu gruntowo-powłokowego wyróżnia się dwa podukłady konstrukcyjne: powłokę z blachy falistej oraz zasypkę gruntową z warstwami nawierzchni. Współdziałanie pomiędzy nimi modeluje się jako oddziaływanie kontaktowe, czyli siły o kierunku normalnym i stycznym do powierzchni powłoki. W pracy podano algorytm, w którym na podstawie odkształceń jednostkowych określa się siły wewnętrzne w powłoce a stąd oddziaływania kontaktowe. W rozwiązaniu wykorzystuje się warunek zgodności wzajemnych oddziaływań pomiędzy gruntem a powłoką. Dopuszcza się powstawanie poślizgu w styku tych podukładów. W analizie zwrócono uwagę na minimalne grubości naziomu bezpieczne dla obciążeń budowlanych.

Słowa kluczowe: Konstrukcje gruntowo-powłokowe; Oddziaływanie gruntu na powłokę; Minimalne grubości naziomu; Obciążenia budowlane

Abstract: A characteristic feature of the soil-steel structure, unlike conventional bridges, is greatly influenced by the backfill ground and the road surface as a load-bearing elements. In the model of soil-steel structure there are two structural parts: steel shell with corrugated pates and backfilling ground with road surface. The interaction between them is modelled as an contact interaction (interface), which is a normal and tangential force to the surface of the shell. The paper provides an algorithm in which the internal forces in the shell are determined on the basis of unit deformations and hence contact effects. The solution uses the condition of compatibility of contact between the soil and the shell and it is allowed to slip at the interface between these two structural parts. In the analysis, attention was paid to the minimum backfilling cover thickness above the shell crown that is safe for construction loads.

Keywords: Soil-steel structures; The backfilling ground impact of the shell; Minimum backfilling cover depth; Construction loads

W pracy analizuje się podatne konstrukcje inżynierskie na przykładzie mostowych obiektów gruntowo-powłokowych. Ich charakterystyczną cechą w odróżnieniu od klasycznych mostów, jest duży wpływ zasyпки gruntowej i nawierzchni jezdni jako elementów nośnych obiektu [1, 2]. W pracy rozpatruje się fazę budowlaną obiektu gdy występuje minimalna grubość naziomu (zasyпки nad powłoką) i brak jest nawierzchni. Wynikami analiz - skutków przejazdu pojazdów budowlanych są oddziaływania gruntu (naziomu) na konstrukcję oraz siły wewnętrzne w powłoce.

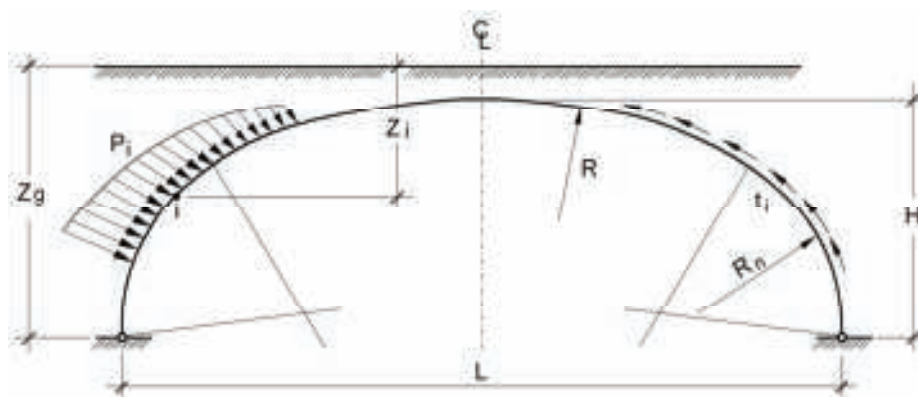
W początkowej fazie budowy nośność samej powłoki w obiekcie inżynierskim jest niewielka. Podczas układania zasyпки powłoka podlega znacznej deformacji bowiem jest ona geometryczną formą ograniczającą grunt w

budowanym obiekcie [1]. Stąd powłoka podczas budowy przejmuje parcie gruntu podobnie jak ściana oporowa (ale podatna). Dopiero w otoczeniu zasyпки gruntowej powłoka współpracująca z naziemem staje się efektywnym elementem konstrukcji pozwalającym na przenoszenie znacznych obciążeń budowlanych, jak na rysunku 1. Podczas modernizacji nawierzchni tak jak w końcowej fazie budowy obiektu po

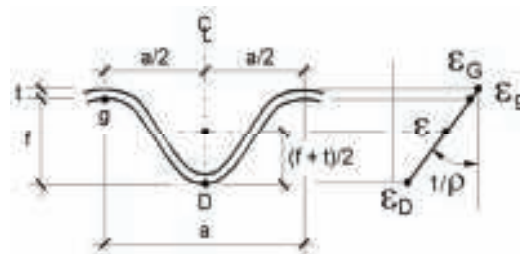
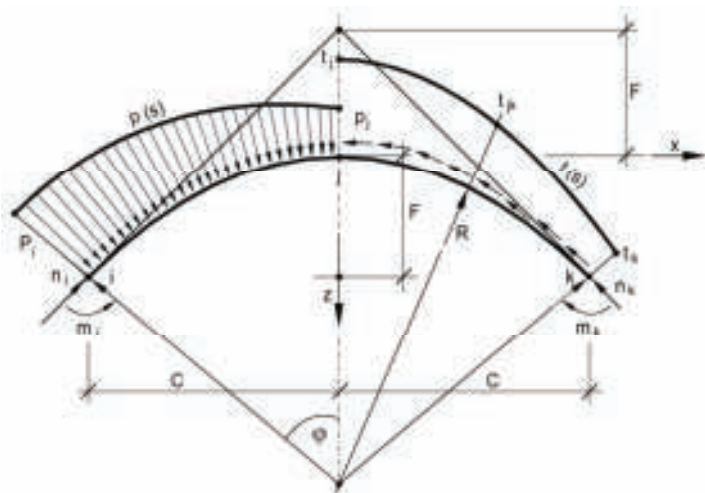
naziomie, nad powłoką przejeżdżają pojazdy transportowe o dużych ciężarach i naciskach na koła. Wywołują one większe oddziaływania na podatne obiekty inżynierskie niż w przypadku eksploatowanego obiektu bowiem nie występuje rozkład obciążenia przez nawierzchnię. Ważne znaczenie dla bezpieczeństwa obiektu ma grubość zasyпки nad powłoką (naziom).



1. Przykład obciążenia budowlanego



2. Schemat sił oddziaływania gruntu na powłokę w obiekcie



3. Oznaczenia sił wewnętrznych i oddziaływań kontaktowych oraz odkształceń w powłoce

Zależność odkształcenie powłoki – oddziaływanie gruntu

W modelach obiektów gruntowo-powłokowych wyróżnia się dwa podukłady konstrukcyjne [1, 2, 3, 4]: powłoka oraz pozostała część w postaci zasyпки gruntu (oraz nawierzchnia z podbudową jezdni). Współdziałanie pomiędzy nimi modeluje się jako oddziaływanie kontaktowe (interface) w postaci sił powierzchniowych, rozkładanych z reguły na dwie składowe: normalną p i styczną t , jak na rysunku 2.

W pracy analizuje się górną część powłoki gdzie promień krzywizny wynosi R . Ta część powłoki podlega największym oddziaływaniom pochodzącym od pojazdów użytkowych. Efekty wynikające z oddziaływań gruntu na powłokę powstałe w trakcie budowy i podczas eksploatacji są sumowane ze skutkami obciążeń ruchomych obiektu mostowego. Zatem w modelu MES, w którym analizuje się siły w ośrodku gruntowym niezbędne jest odwzorowanie ich stanu z okresu budowy obiektu [1, 4].

W badaniach sił wewnętrznych w powłokach z blachy falistej wykorzystuje się bazę pomiarową utworzoną z tensometrów. Na wybranym środkowym paśmie obwodowym obiektu nakleja się na dostępnej od wewnątrz powierzchni blachy tensometry elektrooporowe. W każdym punkcie pomiarowym czujniki rozmieszcza się parami, w wierzchołku i dolinie korugacji, usytuowane w kierunku pasma obwodowego powłoki, jak na rysunku 3.

Bliźniaczy układ czujników, przy przyjęciu zasady płaskich przekrojów, umożliwia wyznaczenie odkształceń w osi bezwładności przekroju poprzecznego blachy falistej jak w zależności

$$\varepsilon(s) = \frac{\varepsilon_D(f-g) + \varepsilon_g(f+g)}{2f} \quad (1)$$

We wzorze (1) ujęta jest geometria blachy falistej np. SC $a \times f \times g$ (o długości fali a , jej wysokości f i grubości blachy g). Do określenia zmiany promienia krzywizny powłoki p można wykorzystać zależności geometryczne blachy oraz ε_D i ε_g jak w równaniu

$$\kappa(s) = \frac{1}{\rho} = \frac{\varepsilon_g - \varepsilon_D}{f} \quad (2)$$

Wyznaczone we wzorach (1) i (2) wielkości geometryczne wykorzystuje się do określenia sił wewnętrznych w powłoce: siły osiowej

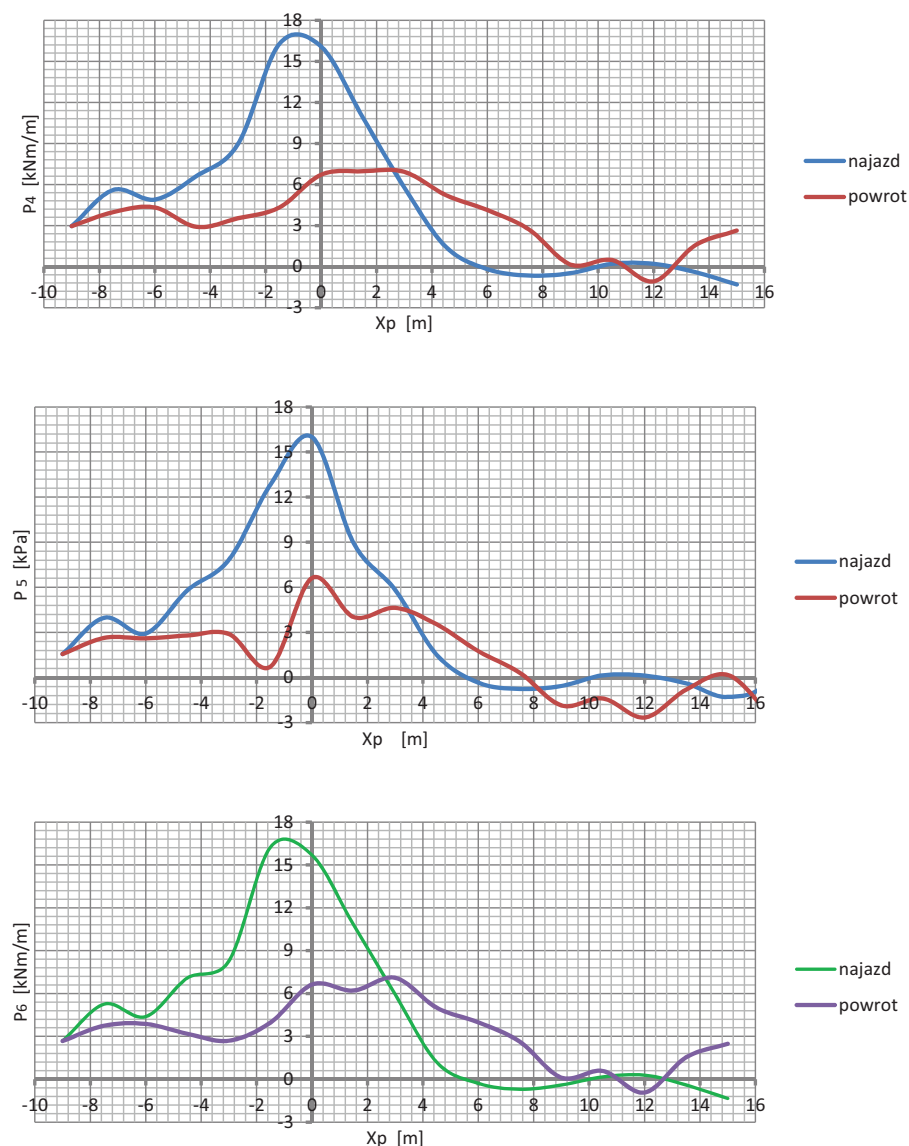
$$n(s) = \frac{E \cdot A}{a} \varepsilon(s) \quad (3)$$

oraz momentu zginającego

$$m(s) = \frac{E \cdot I}{a} \kappa(s) \quad (4)$$

gdzie: $A/a = 9,81 \text{ mm}^2/\text{mm}$ i $I/a = 24165 \text{ mm}^4/\text{mm}$ są charakterystykami geometrycznymi przekroju poprzecznego blachy falistej SC 381×140×7 (o długości fali $a = 381 \text{ mm}$) natomiast $E = 205000 \text{ MPa}$ jest cechą wytrzymałościową materiału (stali).

Z zależności statycznych sił wewnętrznych $n(s)$ i $m(s)$ jako funkcji odniesionej do osi biegnącej wzdłuż pasma obwodowego powłoki s otrzymuje się w ujęciu różnicowym oddziaływania normalne



4. Oddziaływania normalne w obszarze klucza pasma obwodowego powłoki

$$p_j = \frac{m_i - 2m_j + m_k}{b^2} + \frac{n_j}{R} \quad (5)$$

oraz styczne

$$t_{jk} = \frac{n_j - n_k}{b} + \frac{m_j - m_k}{b \cdot R} \quad (6)$$

Odległości pomiędzy punktami i, j, k są wycinkiem koła, jak na rysunku 3, o długości łuku b . Wartość p_j obliczana jest w punkcie pomiarowym powłoki j , natomiast siły t_{jk} pomiędzy punktami j oraz k , jak na rysunku 3.

Oddziaływania kontaktowe

Jako przykład realizacji badań z użyciem tensometrii elektrooporowej przedstawiono w pracy wyniki pomiarów obiektu testowego wybudowanego w Rydzynie [1] o rekordowej rozpiętości $L = 17,594$ m z blachy SC

381×140×7, bez nakładek. Parametry geometryczne pasma obwodowego powłoki odniesione do osi bezwładności blachy falistej to: jej wysokość $H = 5,459$ m i promień krzywizny w kluczu $R = 13,735$ m. Grubość naziomu nad powłoką wynosiła $h = 1,12$ m. Długości łuku pomiędzy punktami pomiarowymi wynoszą $b = 1,2$ m.

Położenie pojazdu określano na rysunkach względem klucza powłoki jako współrzędną x_p . Przejazd ładowarki odbywał się wzdłuż pasma obwodowego powłoki, w sposób kroczący o $\Delta x_p = 1,5$ m. Naciski na osie w ładowarce (bez urobku) były zbliżone: $P_1 = 114,3$ kN (oś referencyjna) i $P_2 = 104,7$ kN. Rozstaw osi (liczony wzdłuż pasma powłoki) wynosił 3,4 m. Położenie kół pojazdu było symetryczne względem analizowanego pasma pomiarowego powłoki.

ki. Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono zmiany składowych oddziaływań kontaktowych: normalnych p i stycznych t . Określenie dodatnich wartości p i t jako oddziaływań gruntu na powłokę podano na rysunkach 2 i 3. Na osi poziomej tych wykresów podano wartość x_p jako odległość siły P_1 od klucza powłoki. W legendzie rysunków oznaczono wykres powstały w trakcie przejazdu pierwotnego oraz z przejazdu powrotnego. W obydwu przejazdach położenie pojazdu jest identyczne, w każdym ustawieniu oznaczonym jako x_p . Rozpoczęcie i zakończenie pomiarów odbywało się gdy $x_p = 21$ m. Gdy $x_p = -9$ m wystąpiła zmiana kierunku przejazdu. Szczególne położenia pojazdu to:

$x_p < L/4 = 4,4$ m gdy narastają oddziaływania kontaktowe;
 $x_p = 0$ gdy oś P_1 ładowarki znajduje się nad kluczem;
 $x_p = -1,7$ m gdy osie P_1 i P_2 pojazdu są w równej odległości od klucza;
 $x_p = -3,4$ m gdy oś P_2 znajduje się nad kluczem.

Do określenia analizowanych punktów powłoki na rysunkach 4 i 5 wykorzystano oznaczenia położenia punktów pomiarowych: $x_4 = 1,2$ m $x_5 = 0$ (klucz) $x_6 = -1,2$ m. Wykresy podane na rysunku 4 są bardzo podobne co do kształtu ale ze znacznymi różnicami wartości podczas przejazdu pierwotnego i wtórnego. Zbliżone maksymalne wartości p w punktach 4, 5, 6 oznaczają, że w obszarze klucza powłoki występują zbliżone parcia od ciężaru ładowarki. Podczas przejazdu pierwotnego nie występuje druga fala o ekstremalnej wartości gdy nad analizowanym punktem znajduje się druga oś ładowarki P_2 . Takie ekstremum są widoczne przy przejeździe wtórnym. Wniosek z tych wyników analizy to istotna redukcja oddziaływań p w trakcie powrotu pojazdu do stanu wyjściowego. Zatem występuje pętla histerezy w przypadku parcia gruntu [5,6].

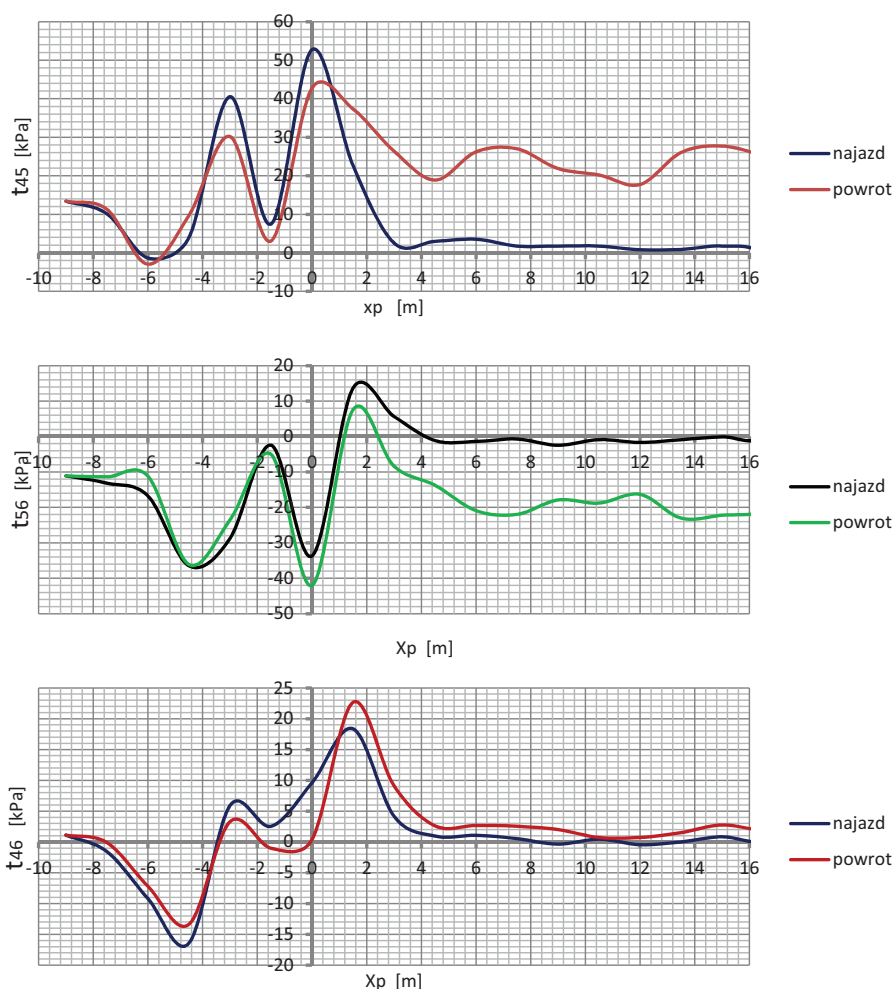
Na rysunku 5 przedstawiono wykresy oddziaływań stycznych. Z uwagi na sposób ich obliczania według wzoru (6) są to wartości średnie pomiędzy punktami pomiarowymi z lewej i prawej strony pasma obwodowego. Siły styczne t_{45} są skierowane zgodnie (zwroty) do t_{56} . Siły styczne t_{46} można uważać za wartości w kluczu powłoki

tylko, że obliczane są na podstawie odległych od siebie punktów 4 i 6 (czyli $b = 2,4$ m) podczas gdy dwa poprzednie wykresy uzyskane są z przedziału krótszego bo $b = 1,2$ m. Zasadniczą różnicą wartości t w odniesieniu do parcia jest to, że podczas przejazdu pierwotnego i wtórnego funkcje $t(x_p)$ są podobne.

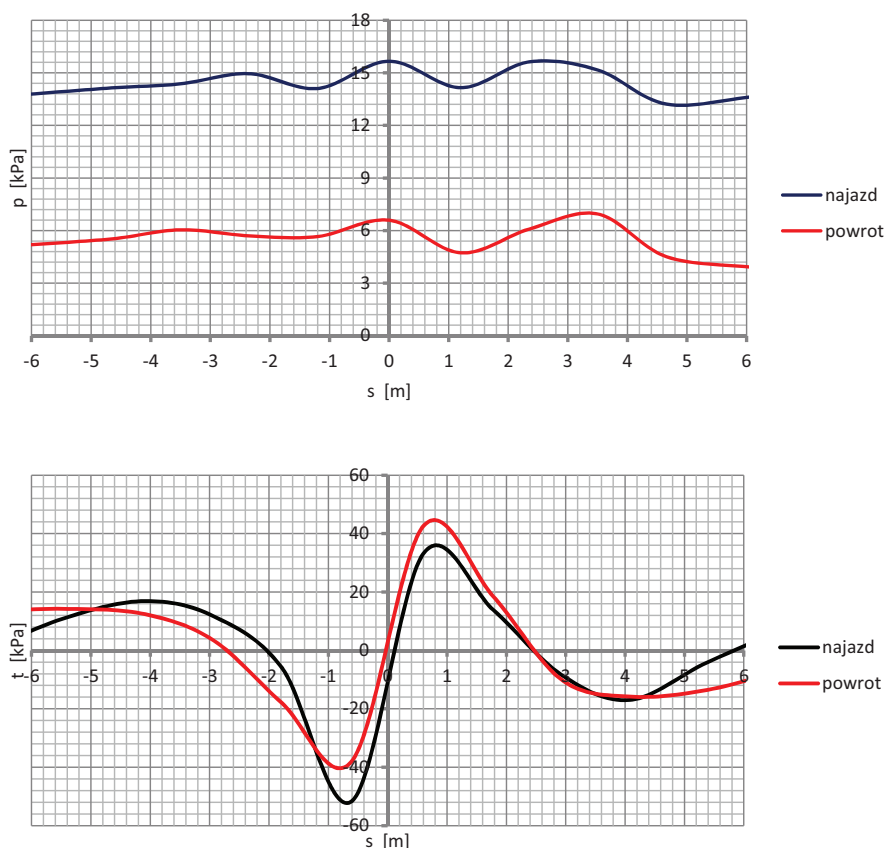
Istotne znaczenie mają duże wartości siły t powstające w trakcie powrotu pojazdu do stanu wyjściowego. Takie same wykresy uzyskano również w przypadku punktów położonych dalej od klucza ale po przeciwnej stronie osi symetrii powłoki. Zatem nie powstaje pętla histerezy w przypadku sił stycznych. Zupełnie inny wykres uzyskuje się w przypadku sił stycznych w kluczu powłoki t_{46} . W tym przypadku po zjeździe pojazdu powstaje zrównoważony układ sił zatem siły t_{45} i t_{56} są zbliżone co do wartości lecz przeciwnie skierowane.

Na rysunku 6 przedstawiono wykresy oddziaływań normalnych i stycznych z jednego, szczególnego położenia pojazdu gdy $x_p = 0$, czyli gdy siła P_1 znajduje się nad kluczem powłoki. Na osi poziomej wykresu podano odległości analizowanych punktów od klucza powłoki s ale liczonych po łuku o promieniu R . Najazd na powłokę odbywa się od strony dodatnich wartości s a powrót w przeciwną stronę (ustawienia pojazdu są identyczne) a oś P_2 znajduje się nad dodatnimi rzędnym. Z wykresu parć widoczne jest położenie obydwu osi na obiekcie – bardzo podobne podczas najazdu i powrotu ale z dużą różnicą wartości.

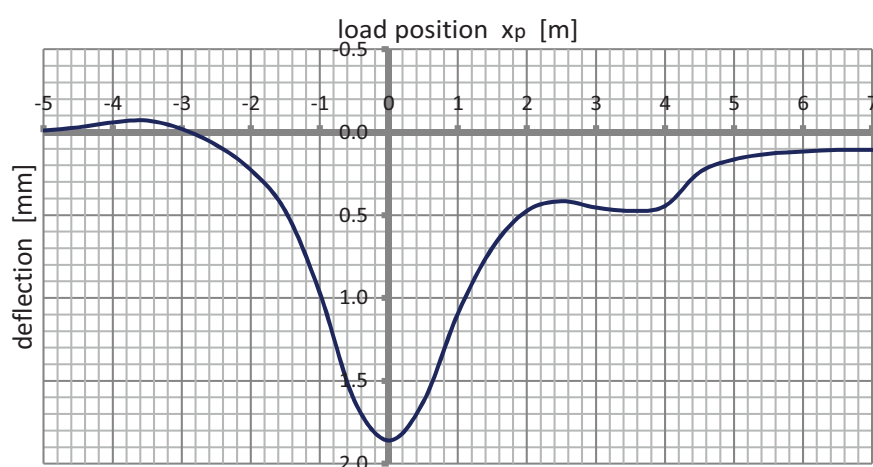
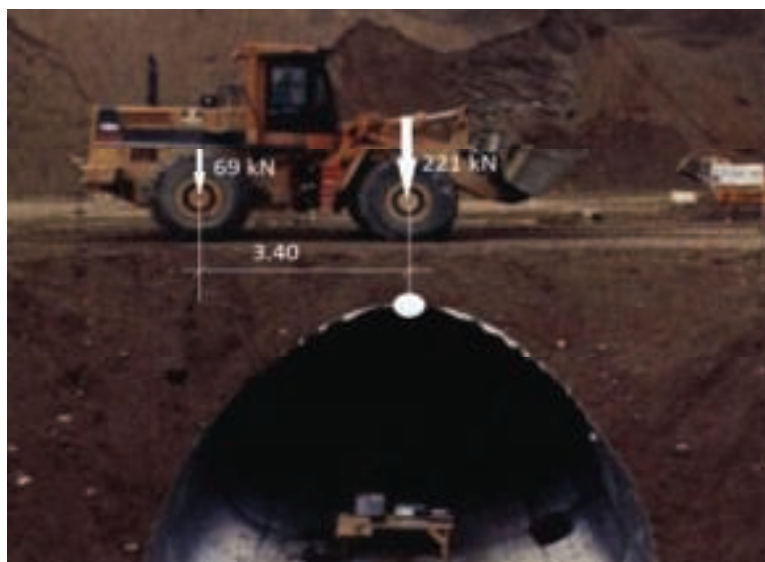
W przypadku sił stycznych widoczny jest układ asymetryczny wykresu $t(s)$ co oznacza odwrotny zwrot siły stycznej w odniesieniu do klucza powłoki. Wyniki te potwierdzają wykresy t_{46} podane na rysunku 5. Bardzo duże wartości $t(s)$ w odniesieniu do $p(s)$ nie są w tym przypadku błędem algorytmu obliczeń (i pomiarów). W proporcji t/p – nieprzekraczającej, z założenia, współczynnik tarcia w wartościach p dawanych w pracy nie uwzględniono efektów oddziaływań od ciężaru zasypki gruntowej (efektów powstałych podczas budowy). Na dodatek w wartości t w blaskie falistej powinny być zmniejszone o $\pi/2$ z uwagi na faktyczną powierzchnię oddziaływania sił stycznych.



5. Oddziaływania styczne w obszarze klucza pasma obwodowego powłoki



6. Zmiany parcia gruntu w paśmie obwodowym powłoki w położeniu obciążenia $x_p = 0$



7. Zmiany ugięcie klucza powłoki podczas przejazdu ładowarki [7]

W analizowanym przykładzie obiektu maksymalne naprężenie w blasze falistej osiągało wartość

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = 205000 \cdot 184 \cdot 10^{-6} = 37,7 \text{ MPa}$$

Współpraca naziomu z powłoką

Jako przykład realizacji badań skuteczności współpracy naziomu z powłoką z użyciem obciążeń budowlanych przedstawiono w pracy wyniki pomiarów obiektu testowego wybudowanego w Szwecji [7]. Wyniki analiz służyły do opracowania wytycznych projektowania konstrukcji gruntowo-powłokowych z blach falistych. Zastosowano w obiekcie powłokę o kształcie zamkniętym, jak na rysunku 7, z blachy o niskim profilu MP 200×55×2,93. Parametry geometryczne pasma obwodowego powłoki odniesione do osi bezwładności blachy falistej to: rozpiętość $L = 6,04$ m jej wysokość $H = 4,55$ m i promień krzywizny w kluczu $R = 3,052$ m. Zmiennym parametrem w tych bada-

niach była grubość naziomu nad powłoką o wartościach zestawionych w tab. 1.

W badaniach realizowano przejazd ładowarki po obiekcie bez nawierzchni co ma odpowiadać sytuacji budowlanej. Przejazd pojazdu, jak na rysunku 7 odbywał się wzdłuż pasma obwodowego powłoki, w sposób kroczący o $\Delta x_p = 0,5$ m. Położenie pojazdu określano na rysunkach względem klucza powłoki jako współrzędną x_p . Naciski na osie w ładowarce (z urobkiem) były zróżnicowane: $P_1 = 221$ kN (oś referencyjna) i $P_2 = 69$ kN. Rozstaw osi (liczony wzdłuż pasma powłoki) wynosił 3,4 m. Bazę pomiarową stanowiły czujniki przemieszczeń oraz tensometry elektrooporowe.

Na rysunku 7 przedstawiono przebieg ugięcia klucza powłoki w podczas przejazdu ładowarki gdy grubość naziomu wynosiła $h = 1,5$ m. Na wykresie tym widoczny jest efekt różnicy nacisków na osie. Gdy $x_p = 0$ nad kluczem powłoki znajdowała się siła P_1 i

Tab. 1. Maksymalne wartości ugięcia i sił wewnętrznych w kluczu powłoki w funkcji grubości naziomu

Analizowana wielkość	Grubość naziomu h [m]			
	0,75	0,90	1,20	1,50
w [mm]	6,77	4,22	2,97	1,86
n [kN/m]	121,4	80,4	57,0	43,0
m [kNm/m]	6,93	3,70	1,85	1,10
σ [MPa]	187,8	104,0	56,81	36,36

wystąpiło ugięcie maksymalne. Gdy $x_p = 3,4$ m pojawił się efekt oddziaływania siły P_2 a ugięcie jest proporcjonalnie do sił mniejsze. W tab. 1 zestawiono maksymalne wartości ugięć w oraz sił wewnętrznych w kluczu powłoki uzyskane z pomiarów. Z analizy tych wielkości jako funkcji grubości naziomu wynika ograniczenie wartości obciążeń budowlanych. Gdy $h < 0,75$ m bardzo szybko wzrastają naprężenia normalne w powłoce. Na podstawie danych zamieszczonych w tab. 1 można utworzyć zależność naprężeń

$$\sigma(h) = \left(\frac{17}{4 \cdot h} \right)^3 \text{ MPa}, \quad (7)$$

a stąd gdy $h = 0,5$ m otrzymuje się z (7) $\sigma = 614$ MPa. Zatem przy małych grubościach naziomu h obciążenia budowlane stwarzają niebezpieczeństwo wywołania trwałych deformacji powłoki. W przypadku wybudowanych obiektów – z nawierzchnią występuje znaczna redukcja ugięć i sił wewnętrznych [1, 8].

Podsumowanie

W pracy rozpatruje się sytuację budowlaną gdy w obiekcie występuje minimalna grubość naziomu (zasyпки nad powłoką) i brak jest nawierzchni. Dotyczy to sytuacji modernizacji nawierzchni od dawna eksploatowanego obiektu jak również końcowej fazy budowy. W takiej sytuacji podczas przejazdu pojazdów transportowych o dużych ciężarach i naciskach na koła występują większe oddziaływania na podatne konstrukcje inżynierskie niż w eksploatowanym obiekcie. W pracy podano wyniki analiz oddziaływania gruntu na konstrukcję oraz przemieszczenia i siły wewnętrzne w powłoce jako skutki przejazdu pojazdu budowlanego – ładowarki. W przykładzie wskazano na minimalne grubości naziomu nie-

zbędne do przejazdów ciężkich pojazdów budowlanych. Zbyt małe grubości mogą być powodem postawiania trwałych (polastycznych) deformacji powłoki.

W pracy szczegółowo omówiono algorytm wyznaczania oddziaływań kontaktowych gruntu na powłokę w postaci składowych normalnych p i stycznych t . W rozpięzaniu wykorzystuje się warunek zgodności oddziaływań kontaktowych pomiędzy gruntem a powłoką. Nie uwzględnia się zasady zgodności przemieszczeń czyli dopuszcza się powstawanie poślizgu w styku tych podukładów. Jest to ważną zaletą algorytmu. Określenie funkcji $p(s)$ i $t(s)$ umożliwia oddzielną analizę powłoki jako wydzielonego podukładu – podatnego obiektu inżynierskiego. W obiektach gruntowo-powłokowych oddziaływania obciążeń ruchomych (zmieniających położenie) jest odrębnym zagadnieniem [6, 8, 9]. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Machelski C.: Budowa konstrukcji gruntowo-powłokowych. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2013.
- [2] Machelski C, Janusz L.: Application of Results of Test in Developing 2D Model for Soil-Steel Railway Bridges. Journal of the Transportation Research Board. Solid Mechanics, 1/2017 pp. 70-75.
- [3] Machelski C.: Szacowanie oddziaływania zasyпки na powłokę w obiekcie gruntowo-powłokowym na podstawie deformacji powłoki. Przegląd Komunikacyjny 11/2016
- [4] Szajna W.S. Numerical model for the analysis of construction process of soil-steel culverts. Archives of Institute of Civil Engineering. No 1/2007 p. 215-223.
- [5] Sielver M L, Seed H B.: Changes in Sands during Cyclic Loading. ASCE Soil Mechanics and Foundations Division Vol. 97, No SM9, September 1971.
- [6] Sobótka M.: Numerical simulation of hysteretic live load effect in soil-steel bridge. Studia Geotechnica et Mechanica. 36.1 (2014) pp. 103-109.
- [7] Pettersson L.: Full Scale Tests and Structural Evaluation of Soil Steel Flexible Culverts with low High of Cover. Doctoral Thesis in Civil and Architectural Engineering Stockholm, 2007.
- [8] Machelski C.: Dependence of deformation of soil-shell structure on the direction of load passage. Bridge and Road 13 (2014), pp. 223-233.
- [9] White K, Sargand S, Massada T.: Evaluation of load rating procedure for metal culverts under shallow soil covers. Archives of Institute of Civil Engineering 23/2017 pp. 311-323.



- Rury stalowe spiralnie karbowane
- Konstrukcje ze stalowych blach falistych
- Rury przepustowe z PP i HDPE
- System kanalizacji deszczowej i sanitarnej
- Ściany oporowe z gruntu zbrojonego
- Zbiorniki retencyjne
- Geosyntetyki
- Mosty kratowe
- Gabiony
- Konstrukcje inżynierskie z żelbetowych elementów prefabrykowanych
- Płotki ochronno-naprowadzające dla pławów

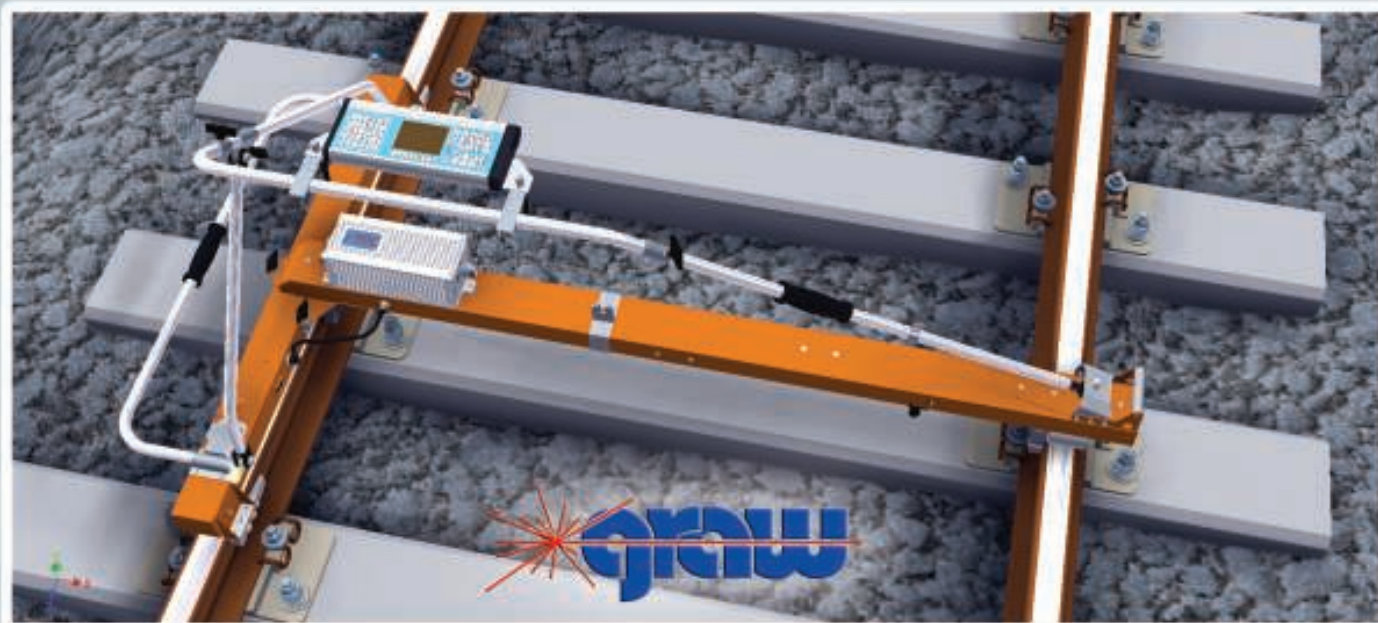
ViaCon Polska Sp. z o.o.

ul. Przemysłowa 6
64-130 Rydzyna
tel.: +48 65 525 45 45
fax: +48 65 525 45 55
office@viacon.pl

www.viacon.pl

TOROMIERZ INERCYJNY iTEC

Dokładny pomiar strzałek



www.graw.com

REKLAMA



CZAS NA INNOWACYJNE BUDOWNICTWO

Oferujemy profesjonalne usługi z zakresu:

- budowy infrastruktury komunikacyjnej, sieci instalacyjnych i obiektów hydrotechnicznych,
- wykonywania pomiarów geodezyjnych, tworzenia map do celów projektowych, wytyczenia budynku i sieci.



**W BUDOWNICTWIE WYBIERZ FIRME,
KTÓREJ MOŻESZ ZAUFAĆ**

Zobacz, co już wybudowaliśmy
i dla kogo pracowaliśmy:
www.gm-roads.pl

Biuro:

ul. Krzemieniecka 47,
54-613 Wrocław

Budownictwo inżynieryjne:

tel.: (71) 300 12 40
e-mail: info@gm-roads.pl

Geodezja:

tel.: 697 660 932
e-mail: m.wozniak@gm-roads.com

Siedziba firmy:

ul. Wrocławska 41, Łażany
58-130 Żarów

przy udziale:

- Politechniki Krakowskiej: Katedra Systemów Transportowych i Katedra Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu
- Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Krakowie
- Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad Oddział w Krakowie
- Zarządu Dróg Wojewódzkich w Krakowie

zaprasza do udziału w Konferencji Naukowo-Technicznej:

NOWOCZESNE TECHNOLOGIE W PROJEKTOWANIU, BUDOWIE I EKSPLOATACJI INFRASTRUKTURY DROGOWEJ MIAST, METROPOLII I REGIONÓW NOVDROG'19

28 marca – 29 marca 2019 r., Hotel Nawigator w Szczawnicy

TEMATYKA KONFERENCJI

1. Problemy projektowania, budowy i eksploatacji dróg i ulic.
2. Problemy projektowania, budowy i eksploatacji parkingów kubaturowych oraz parkingów P+R.
3. Problemy projektowania, budowy i eksploatacji infrastruktury rowerowej.
4. Ocena uwarunkowań technicznych, ekonomicznych i prawnych w realizacji inwestycji w trybie "zaprojektuj i wybuduj".
5. Miejsce PPP w budownictwie infrastrukturalnym.
6. Nowe technologie w drogownictwie, w tym BIM.
7. Zagadnienia transportu drogowego i drogownictwa w kształceniu na uczelniach technicznych.

PATRONAT HONOROWY

Andrzej Adamczyk – Minister Infrastruktury*

Piotr Cwik – Wojewoda Małopolski*

Jacek Krupa – Marszałek Województwa Małopolskiego

Janusz Dyduch – Prezes Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji RP

Jacek Gryga – p.o. Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad

Jan Kazior – Rektor Politechniki Krakowskiej

Leszek Rafalski – Dyrektor Naczelny Instytutu Badawczego Dróg i Mostów

*Organizatorzy wystąpili o objęcie patronatem honorowym

PARTNER KONFERENCJI



Miasto Kraków

PATRONAT MEDIALNY



Adres do korespondencji
SITK RP Oddział w Krakowie
ul. Siostrzana 11, 30-804 Kraków
e-mail: anna.bujak@sitkrp.org.pl

Informacja telefoniczna
tel: 12 658-93-72



REKMA Sp. z o.o.

ul. Szlachecka 7

32-080 Brzeziny

tel. +48 12/633 59 22

fax +48 12/397 52 20

www.rekma.pl

- Dylatacje bitumiczne EMD typ Rekma
- Dylatacje mechaniczno-asfaltowe SILENT-JOINT^{RESA}
- Szczeliny dylatacyjne w nawierzchniach betonowych i asfaltowych
- Naprawa spękań nawierzchni
- Specjalistyczne cięcie nawierzchni betonowych i asfaltowych
- Wypełnianie szczelin dylatacyjnych w torowiskach tramwajowych
- Natrysk środkami hydrofobowymi i hydrofilowymi
- Rowkowanie (grooving) nawierzchni
- Specjalistyczne wiercenie otworów pod kotwy i dyble
- Kruszenie nawierzchni betonowych metodą ultradźwiękową – RMI



SPECJALISTYCZNE PRACE DROGOWE



PN-EN ISO 9001:2009