

Analiza usterek występujących podczas budowy linii kolejowych

mgr inż. Filip Janowiec, dr hab. inż. Agnieszka Leśniak, prof. PK, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska, mgr inż. Radosław Ćwiertnia, PRK Wrocław sp. z o.o.

1. Wprowadzenie

Prawidłowa realizacja programów inwestycyjnych na polskiej sieci kolejowej wymaga od wszystkich uczestników budowlanego procesu inwestycyjnego odpowiednich działań, zmierzających do terminowego zakończenia zaplanowanych przedsięwzięć budowlanych. Jednym z głównych etapów inwestycji budowlanej, który może generować najwięcej niepożądanych skutków (opóźnienia, dodatkowe koszty itp.) jest etap budowy [1]. Wynika to m.in. z dużego skomplikowania procesów budowlanych, technologiczności prac czy też zaangażowania wielu podmiotów (podwykonawców, dostawców) [2]. W celu minimalizacji potencjalnych nieprawidłowości podejmowane są różne działania zapobiegawcze, a także opracowywane są procedury optymalizujące występujące procesy [3]. Pomimo stosowania różnych narzędzi wspomagających planowanie i projektowanie robót budowlanych często dochodzi do przekroczenia założonego czasu lub budżetu inwestycji [4, 5].

Wykonywanie obiektów budowlanych, niezależnie od ich kategorii, typu bądź uwarunkowań lokalnych, wiąże się z podobnymi ryzykami [6]. Jednym z nich jest prawidłowe wykonanie robót i przeprowadzenie poprawnie procedury odbiorowej [7]. Wraz ze zbliżaniem się terminu oddania obiektu budowlanego do eksploatacji narastają problemy, których efektem mogą być nieprawidłowo realizowane prace budowlano-montażowe. Niedbałość wykonania może prowadzić do dalszych konsekwencji związanych z powstawaniem zagrożeń, awarii czy też katastrof budowlanych, zarówno na etapie budowy, jak i eksploatacji obiektu budowlanego [8].

W literaturze polskiej można odnaleźć szereg publikacji dotyczących wad i usterek w budownictwie mieszkaniowym [9, 10, 11]. Podobne nieprawidłowości mogą wystąpić podczas realizacji przedsięwzięć budowy infrastruktury kolejowej w Polsce [12, 13]. Należy zatem umiejętnie zarządzać jakością robót budowlanych,

uwzględniając założony harmonogram prac. Równie ważna jest znajomość obowiązujących przepisów oraz procedur odbiorowych, które wpływają na formalne zakończenie prac, co w konsekwencji nie tylko potwierdza zgodność wykonania prac według rozwiązań projektowych, jak również stanowi o jakości zrealizowanych robót.

W obszarze obowiązujących przepisów prawa odnaleźć można definicję wady. Zgodnie z definicją Kodeksu cywilnego [14] Art. 556¹.§1. wada fizyczna polega na niezgodności rzeczy sprzedanej z umową. W obszarze budownictwa wada definiowana jest jako każda niekorzystna, niezamierzona właściwość wybudowanego obiektu, która utrudnia korzystanie z niego lub jego części zgodnie z przeznaczeniem, utrudnia konserwację, obniża estetykę bądź komfort użytkownika, a która jest możliwa do wyeliminowania przy użyciu współcześnie dostępnych technik budowlanych [15]. Warto zwrócić uwagę, że prawo nie zna pojęcia usterki czy „niedoróbki” w robotach budowlanych, a zwroty te stosowane są jako synonimy drobnych wad, których usunięcie nie wymaga nadmiernych nakładów finansowych i czasu [16]. Podając za [17] pod pojęciem usterki budowlanej można rozumieć każdą niekorzystną właściwość obiektu budowlanego lub jej brak, utrudniającą zgodne z przeznaczeniem korzystanie z niego lub obniżającą jego estetykę albo komfort użytkowników, która nie jest niedopuszczalną zmianą w porównaniu do jej docelowego stanu.

Spośród wielu wad mogących występować podczas budowy elementów konstrukcyjnych nawierzchni kolejowej najbardziej liczną grupą są usterki, zwane również wadami nieistotnymi [18]. Powstawanie usterek, zarówno podczas realizacji prac, jak i eksploatacji, może wpływać bezpośrednio na bezpieczeństwo użytkownika bądź na funkcjonowanie ruchu kolejowego, powodując opóźnienia w ruchu pociągów [19]. Celem podjętych badań jest próba zidentyfikowania najczęściej występujących usterek podczas realizacji inwestycji kolejowych oraz sposobów ich napraw.

2. Procedura odbioru robót budowlanych na sieci kolejowej

Prawo budowlane [20] jest podstawowym aktem prawnym regulującym proces budowlany w Polsce, w tym stanowi o przepisach odbioru robót budowlanych. Zgodnie z treścią ustawy głównym obowiązkiem kierownika budowy lub kierownika robót jest prowadzenie prac budowlanych zgodnie z zatwierdzoną dokumentacją projektową, przy uwzględnieniu własnego doświadczenia oraz dostępnej wiedzy technicznej. Kontrolę nad jakością prac oraz zgodnością wykonania robót z projektem sprawuje inspektor nadzoru inwestorskiego, którego ustanowienie wymagają roboty budowlane związane z inwestycjami kolejowymi. Po wykonaniu robót budowlanych kierownik zgłasza gotowość do odbioru, co w przypadku braku przeciwskazań potwierdza inspektor nadzoru inwestorskiego. Wszystkie czynności powinny być udokumentowane w dokumentacji budowy lub za pomocą odpowiednich wpisów w dzienniku budowy. Po zakończeniu wszelkich przewidzianych prac dokonuje się wpisu w dziennik budowy potwierdzający gotowość obiektu budowlanego do odbioru. Wraz z wpisem przekazuje się inwestorowi oświadczenie kierownika budowy o zgodności wykonania obiektu budowlanego oraz o doprowadzeniu do należytego stanu i porządku. W przypadku braku stwierdzenia wad lub innych nieprawidłowości następują dalsze czynności administracyjne prowadzące do uzyskania pozwolenia na użytkowanie, a roboty budowlane zostają zakończone.

Wraz z coraz większym udziałem zamówień publicznych w inwestycjach budowlanych pojawiało się wiele problemów z należytyym określeniem przedmiotu zamówienia publicznego [21]. Generowało to liczne spory oraz unieważnienia postępowań przetargowych na roboty budowlane [7]. Rozwiązaniem tego problemu miało być ogłoszone w dniu 2 września 2004 roku Rozporządzenie Ministra Infrastruktury [22], wraz z późniejszym rozporządzeniem zmieniającym [23] wprowadzające m.in. szczegółowy zakres i formę specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych (dalej STWiORB lub specyfikacje). Zgodnie z treścią rozporządzenia, STWiORB miały w sposób precyzyjny określać wszelkie prace, które są wymagane do zrealizowania poszczególnych obiektów budowlanych wraz ze wskazaniem kluczowych parametrów technicznych, jakie powinny zostać osiągnięte w celu odbioru robót budowlanych. Specyfikacje powinny również opisywać wymagania dotyczące jakości wyrobów budowlanych i materiałów, użytego sprzętu

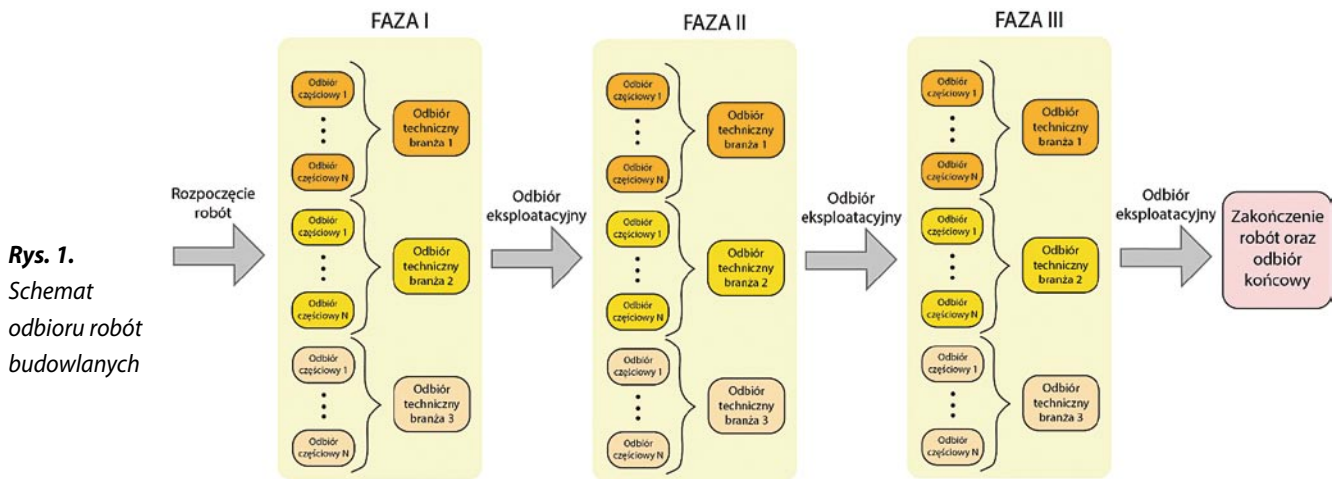
oraz maszyn, a także przedstawiać sposób odbioru robót budowlanych.

Uzupełnieniem specyfikacji są wewnętrzne regulacje spółki PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. (dalej PKP PLK) narodowego zarządcy infrastruktury kolejowej w Polsce, z których nadrzędnym są „Warunki i zasady odbiorów robót budowlanych na liniach kolejowych” (dalej Warunki) [18]. Uwzględniają one specyfikę realizacji robót podczas inwestycji kolejowych, która zakłada fazowanie prac. Polega ono na tym, iż nadrzędnym celem robót budowlanych na liniach kolejowych jest utrzymanie przejezdności przez przebudowywane stacje lub szlaki kolejowe. W tym celu etapuje się prace, dzieląc je na mniejsze części, które mogą zapewnić prawidłowe funkcjonowanie ruchu kolejowego oraz eksploatację wybudowanych obiektów budowlanych.

Ze względu na odbierany zakres robót budowlanych „wytyczne” wyróżniają 5 rodzajów odbiorów [18]:

- częściowe (związane z wykonaniem elementów konstrukcyjnych lub ich części, w tym roboty zakryte);
- techniczne (związane z odbiorem ogółu prac objętych fazą dla danej branży, np. branży torowej);
- eksploatacyjne (potwierdzające umożliwienie prawidłowego użytkowania wykonanych robót i rozpoczęcie kolejnej fazy prac);
- końcowe (potwierdzające zakończenie ogółu prac i umożliwienie uzyskania decyzji pozwolenie na użytkowanie);
- gwarancyjne i pogwarancyjne (związane z przeglądem lub ostateczną wizją w celu sprawdzenia gwarantowanej trwałości obiektów budowlanych).

Wykonanie każdego elementu konstrukcyjnego lub większej części konstrukcji nawierzchni szynowej powinno zostać zgłoszone oraz odebrane. Zgodnie z „wytycznymi” odbiór należy przeprowadzić w obecności komisji składającej się z kierownika robót (budowy), inspektora nadzoru inwestorskiego oraz użytkownika (przedstawiciela PKP PLK odpowiedzialnego za utrzymanie danej infrastruktury). W celu sprawdzenia jakości oraz poprawności wykonania robót stosuje się dedykowane załączniki, stanowiące karty pomiarowe, wyniki sprawdzeń lub protokoły odbioru, odpowiednie dla każdego asortymentu prac. Podobne wzory oraz zakresy dokumentacji wy-specyfikowane są dla każdego z 5 rodzajów odbiorów. Uwzględniając wszystkie obowiązujące uwarunkowania prawne, a także bazując na schemacie fazowania prac, można sporządzić schemat odbiorów robót budowlanych na sieci kolejowej zarządzanej przez PKP PLK. Schemat przedstawiono na rysunku 1. W przypadku inwestycji kolejowych o większej liczbie faz schemat może ulec niewielkiej korekcie.



3. Usterki pojawiające się podczas realizacji inwestycji kolejowych

Za prawidłową realizację robót budowlanych jest odpowiedzialny kierownik robót oraz kierownik budowy. Na inspektorze nadzoru inwestorskiego ciąży obowiązek kontroli nad pracami, a także potwierdzanie odbioru wykonanych robót budowlanych. W celu zminimalizowania ryzyka błędów wykonawczych, jako osoba z funkcją doradczą, oddelegowany jest do odbioru robót miejscowy przedstawiciel użytkownika, który po zakończeniu inwestycji będzie eksploatował budowaną infrastrukturę kolejową.

Pomimo stworzenia kompletnej procedury odbiorowej nie sposób wyeliminować wszelkich błędów realizacyjnych. Podczas każdego z wymienionych odbiorów robót mogą pojawić się różne nieprawidłowości, nazywane powszechnie usterkami [24]. W odniesieniu do wewnętrznych przepisów PKP PLK, usterki dzieli się na [18]:

- wady nieistotne – wszelkie odchylenia od normy w zakresie wymiarów elementów konstrukcyjnych, błędnie wykonane prace bądź nieosiągnięcie wymaganych parametrów mechanicznych odbieranych robót, niewarunkujące bezpiecznej eksploatacji linii kolejowej;
- wady istotne – wszystkie wady, które nie pozwalają na bezpieczną eksploatację linii kolejowej.

Naprawa usterek powinna nastąpić bezpośrednio po ich stwierdzeniu, jednak w przypadku wad nieistotnych może ona się odbywać równolegle do kolejnych prac, nie zaburzając ciągu technologicznego wykonywanego obiektu lub elementu konstrukcyjnego. Poprawa robót budowlanych ze stwierdzoną wadą istotną wymaga większego nakładu pracy i czasu, a w przypadku dużych nieprawidłowości może wpływać na harmonogram rzeczowo-finansowy obecnie realizowanej

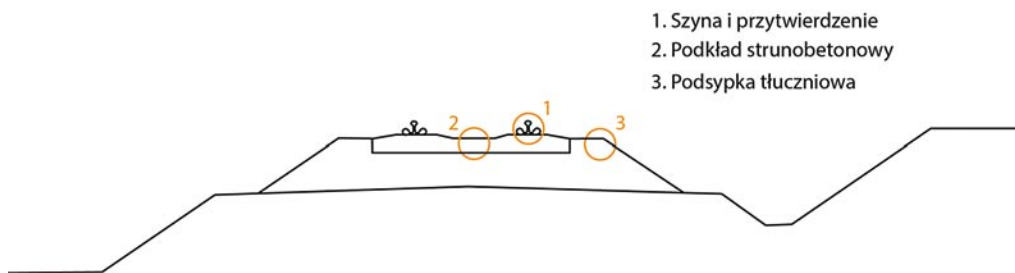
fazy. Specyfika prac kolejowych generuje ryzyko zaangażowania dedykowanego sprzętu budowlanego, który może nie być dostępny obecnie na budowie lub realizować inny, leżący na ścieżce krytycznej element konstrukcyjny. Ważne jest zatem, aby poznać możliwe do wystąpienia wady istotne, a także zidentyfikować powszechnie występujące usterki budowlane podczas budowy linii kolejowych.

Stwierdzenie usterki podczas prowadzonego odbioru robót wymaga jej odnotowania w tworzonym protokole odbiorowym. Równocześnie wskazuje się termin usunięcia wady wraz z określeniem daty ponownego odbioru prac. Ponadto, zgodnie z przepisami ustawy [20], każdy element konstrukcyjny (lub jego część) należy zgłosić do odbioru odpowiednim wpisem kierownika robót (budowy) do dziennika budowy. Potwierdzenie odbioru przez inspektora nadzoru inwestorskiego powinno być odpowiednio odnotowane w dzienniku budowy po skutecznym (bezusterkowym) odbiorze robót budowlanych. Stwierdzenie wady istotnej podczas odbioru eksploatacyjnego uniemożliwia odbiór prac i rozpoczęcie kolejnej fazy.

4. Typowe usterki oraz sposób ich naprawy

Typ oraz konstrukcja drogi kolejowej jest uzależniona od rodzaju linii kolejowych. Na polskiej sieci kolejowej można rozróżnić kilkanaście typowych wariantów, m.in. linie jednotorowe oraz dwutorowe, zelektryfikowane i nieelektryfikowane, a także różniące się konstrukcją drogi kolejowej (magistralne, pierwszorzędne, drugorzędne etc.) [24]. Niezależnie od rodzaju linii kolejowych ich konstrukcja składa się z kilku standardowych elementów, do których można zaliczyć: podtorze, pryzmę tłuczniową oraz nawierzchnię torową składającą się z podkładów, przytwierdzeń oraz szyn [25].

Rys. 2. Typowa konstrukcja drogi kolejowej wraz z elementami narażonymi na wystąpienie usterek



Zarządcy linii kolejowych w ramach bieżącego utrzymania infrastruktury prowadzą rejestr wad oraz usterek występujących podczas jej eksploatacji. Realizacja inwestycji budowlanej charakteryzuje się odmiennymi uwarunkowaniami, wobec czego nie są prowadzone podobne zestawienia, a usterki identyfikują na bieżąco przedstawiciele nadzoru inwestorskiego lub inwestora podczas prac. Mając na uwadze powyższe, można przyjąć, iż najczęściej pojawiającymi się wadami podczas robót budowlanych będą te związane z powszechnie występującymi warstwami konstrukcyjnymi drogi kolejowej. Analizując szczegółowo, zakres ten można zawęzić do pryzmy tłuczniowej, podkładów oraz przytwierdzeń i szyn. Typową konstrukcją drogi kolejowej wraz z zaznaczeniem elementów, które będą omawiane w kontekście usterek, pojawiających się podczas robót budowlanych przy realizacji inwestycji kolejowych przedstawiono na rysunku 2. Dla każdej z wymienionych warstw konstrukcyjnych można wyspecyfikować kilkanaście typów nieprawidłowości. Dotychczasowe doświadczenia własne autorów wskazują, iż dla określonych elementów drogi kolejowej, najczęściej występującymi usterkami są następujące błędy wykonawcze:

- brak zachowania wymaganych wymiarów geometrycznych pryzmy tłucznia (niedostateczna szerokość pryzmy od czoła podkładów, ubytki w przestrzeniach między podkładami, nieprawidłowy skos pryzmy itp.);
 - uszkodzenia mechaniczne podkładów kolejowych (strunobetonowych) na skutek nieprawidłowo realizowanych prac budowlanych;
 - przekroczenie dopuszczalnych odchyłek kluczowych parametrów niweleta toru (np. wichrowatość toru).
- Wymienione usterki zostaną krótko scharakteryzowane wraz z omówieniem powodu ich występowania. Dodatkowo zostaną zaprezentowane konsekwencje stwierdzonych nieprawidłowości, a także sposoby naprawy przed dopuszczeniem linii kolejowej do eksploatacji.

4.1. Wady pryzmy tłucznia

Główną funkcją pryzmy tłuczniowej jest stanowienie podparcia dla nawierzchni szynowej oraz przekazywanie obciążeń pochodzących od eksploatowanego

toru równomiernie na podłoże gruntowe – podtorze. W tym celu pryzma musi zachowywać odpowiednie wymiary geometryczne, a także charakteryzować się odpowiednim stopniem zagęszczenia tłucznia, z którego jest wykonana. Szczegółowe wymagania konstrukcyjne dla pryzmy określa rozporządzenie [26], a także wewnętrzne regulacje PKP PLK [25].

Powodem wad pryzmy tłucznia są przede wszystkim nieprawidłowo zaplanowane roboty budowlane. Formowanie pryzmy tłuczniowej wiąże się z zastosowaniem podbijarek torowych, które po wprowadzeniu do systemu danych projektowanych (niweleta toru, przechyłki, łuki poziome itp.) kształtują układ geometryczny toru. Aby proces ten przebiegał prawidłowo, należy z wyprzedzeniem obsypać tor tłuczniem na odpowiednią wysokość, a po podbiciu nadmiar podсыpki usunąć (ręcznie lub przy użyciu sprzętu zmechanizowanego). Gdy nie zostanie dochowana należyta staranność lub ilość wysypanego przed podbiciem tłucznia będzie za mała, to pryzma nie będzie miała odpowiednich wymiarów geometrycznych. Rzadziej powodem wad są prace budowlane, wykonywane bezpośrednio po podbiciu toru. Jedną z takich nieprawidłowości (powstałą na skutek rolowania szyn) przedstawia rysunek 3.

Wady pryzmy tłucznia mogą prowadzić do poważnych konsekwencji w funkcjonowaniu całej konstrukcji układu torowego. Spektrum następstw jest bardzo duże, począwszy od drobnych nieprawidłowości powodujących



Rys. 3. Usterka pryzmy tłucznia na skutek rolowania szyn

powstawanie miejscowych wychlapów, aż do katastrofy budowlanej w postaci wybożenia toru w płaszczyźnie pionowej lub poziomej [25].

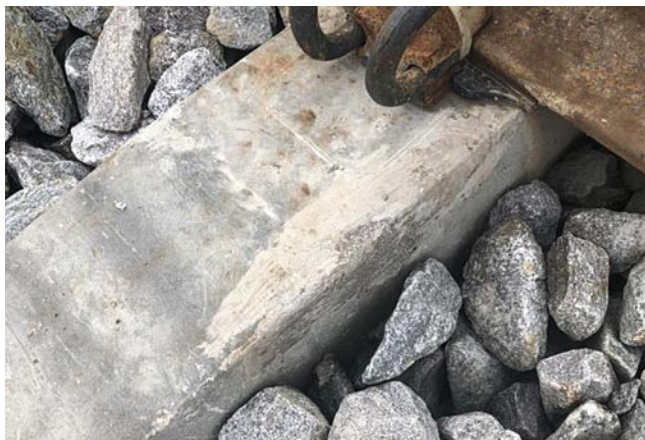
Naprawa usterek powstałych w pryzmie tłuczniowej wiąże się z doprowadzeniem jej do projektowanego kształtu. Nadmiar tłucznia należy wybrać, natomiast w przypadku zbyt małej ilości podsypki należy ją uzupełnić. Finalny kształt pryzmy wykonuje się ręcznie lub przy użyciu sprzętu mechanicznego, nadając odpowiednie spadki. Gdy usterki są znaczne (duży niedobór tłucznia) lub występują na całej długości modernizowanego toru, należy powtórzyć ciąg technologiczny z użyciem maszyn torowych.

4.2. Usterki podkładów

Na polskiej sieci kolejowej spotykane są dwa główne typy podkładów: drewniane i strunobetonowe. Podczas realizacji inwestycji z obecnego programu wieloletniego [27] używane są częściej podkłady strunobetonowe. Wynika to z wielu różnych aspektów, m.in. ze względu na łatwość przytwierdzenia szyn do podkładu.

Podczas montażu nawierzchni kolejowej podkłady są wielokrotnie transportowane: od producenta na plac budowy, z placu budowy rozwożone w miejsce planowego zabudowania, a następnie montowane na przygotowanej subwarstwie tłucznia. Podobnie wygląda proces w przypadku użycia maszyn torowych wysokowydajnych. Istnieje zatem wiele okoliczności, aby podkłady zostały obite, wyszczerbione, złamane lub w inny sposób uszkodzone na skutek realizacji robót. Dodatkowo podczas podbijania toru istnieje możliwość zniszczenia podkładów poprzez agregaty podbijające, które zostały źle zaprogramowane podczas programowania sprzętu.

Do usterek podkładów zalicza się drobne wady na powierzchni betonu (niewymagające napraw) oraz poważne powodujące nieprawidłową pracę tego elementu



Rys. 4. Naprawiony podkład strunobetonowy

konstrukcyjnego. W przypadku znacznych zniszczeń podkłady należy wymienić na nowe, natomiast pozostałe usterki wymagają zastosowania programu naprawczego. Odpryski lub wyszczerbienie powierzchni podkładów uzupełnia się za pomocą dedykowanej mieszanki mineralnej, którą następnie należy dopasować do oryginalnego kształtu podkładu. Głównym celem programu naprawczego, oprócz oceny wizualnej, jest zminimalizowanie ryzyka przedostania się wody do stalowego zbrojenia znajdującego się wewnątrz podkładu, które może prowadzić do korozji, a następnie dalszej degradacji. Przykładowy podkład strunobetonowy po zastosowaniu programu naprawczego przedstawia rysunek 4.

4.3. Nieprawidłowa geometria toru

Jednym z kluczowych parametrów pozwalających na prawidłowe poruszanie się taboru kolejowej jest zachowanie parametrów geometrycznych kinematycznych toru [28]. Kluczową charakterystyką, która nie może zostać przekroczona, jest wichrowatość toru. Przedstawia ona różnicę pomiędzy dwoma tokami szynowymi, mierzona na stałej bazie pomiarowej. Dodatkowo wraz z wichrowatością toru mierzy się pomocnicze wielkości, które dopełniają wiedzę o bieżącym stanie nawierzchni. O ile parametry te wraz z eksploatacją toru mogą ulegać pogorszeniu, o tyle podczas budowy nowej nawierzchni muszą się mieścić w zakładanej tolerancji. Niezwykle ważne jest zatem, aby nie spowodować ich pogorszenia.

Etap kształtowania geometrii toru wiąże się z odpowiednim procesem podbijania, który został już zaprezentowany podczas omawiania wcześniejszych wad. Istnieją jednak pewne okoliczności, które oprócz jakości prac maszyn torowych mogą wpłynąć na usterki geometrii podczas pozostałych robót budowlanych. Najczęściej są one powodem niezamierzonych działań lub wcześniej niespodziewanych zjawisk. Jednym z tego typu incydentów może być nieprawidłowa praca układu torowego w rejonie tzw. stref przejściowych (odcinków o zmiennej sztywności nawierzchni), znajdujących się najczęściej przed obiektami inżynierskimi. Na skutek wielokrotnego przejeżdżania pociągami roboczymi z tłuczniem mogą się pojawić miejscowe zagłębienia, wpływające na wykonaną geometrię toru i uniemożliwiającą prawidłową eksploatację. Podobną sytuację przedstawiono na rysunku 5. Dla lepszej widoczności usterki wrysowano kolorem niebieskim linię pomocniczą, a samą nieprawidłowość zaznaczono czerwonym okręgiem.

Zniwelowanie niepoprawnej geometrii toru wiąże się z ponownym uzupełnieniem podsypki tłuczniowej



Rys. 5. Miejscowe załamanie niwelety toru na skutek jazdy pociągów roboczych

i przeprowadzeniem podbicia przy użyciu maszyn torowych. Daje to gwarancję poprawności wykonania prac, a także minimalizuje ryzyko dalszej degradacji nawierzchni torowej. W przypadku usterek tego typu zastosowanie rozwiązań doraźnych, stosowanych podczas eksploatacji toru (nasuwanie, zastosowanie ręcznych podbijaków torowych, etc.) nie jest zalecane. Oprócz wcześniej wspomnianego wykolejenia taboru kolejowego nieprawidłowa geometria toru może prowadzić do szeregu usterek szyn, złączek, a także podkładów [25]. Do najważniejszych z nich można zaliczyć m.in. nadmierne zużycie szyn, luzowanie się elementów złączek, czy pojawienie się rys lub uszkodzeń na powierzchni podkładów strunobetonowych.

5. Podsumowanie

Prawidłowa realizacja inwestycji kolejowych wiąże się ze skutecznym wykonaniem oraz odbiorem robót budowlanych. Jednym z powodów mogącym zaburzyć ten proces jest występowanie usterek, zwanych też, przez PKP PLK, wadami. Jest wiele typów wad oraz przyczyn ich powstawania. W niniejszym artykule przedstawiono te, które mogą pojawić się najczęściej, a tym samym mieć największy wpływ na dopuszczenie linii kolejowej do eksploatacji. Niezwykle ważne jest zatem, aby znać ich przyczyny oraz potrafić dokonać ich bezzwłocznej naprawy.

BIBLIOGRAFIA

[1] Połoński, M. (Ed.), *Proces inwestycyjny i eksploatacja obiektów budowlanych*, Warszawa: Wydawnictwo SGGW, 2008
 [2] Biliński T., *Cechy charakterystyczne współczesnego procesu inwestycyjno-budowlanego*. *Wiadomości Projektanta Budownictwa* 8/2010, str. 17–19
 [3] Obolewicz J., *Koordinacja budowlanego procesu inwestycyjnego*. *Budownictwo i Inżynieria Środowiska* 7(3)2016, str. 153–163
 [4] Anysz H., *Wpływ opóźnień w realizacji kontraktu budowlanego na wzrost kosztów jego obsługi logistycznej*, *Logistyka* 3/2012, str. 15–21

[5] Leśniak A., Plebankiewicz E., *Opóźnienia w robotach budowlanych*, *Zeszyty Naukowe, Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych*, 2010, str. 332–339
 [6] Górski M., Skorupka D., *Wybrane metody identyfikacji czynników ryzyka na tle cyklu życia projektu i budowlanego procesu inwestycyjnego*, *Zeszyty Naukowe, Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych*, 2011, str. 307–324
 [7] Grzyl B., *Ryzyko wykonawcy robót budowlanych w zamówieniach publicznych*, *Inżynieria i Budownictwo* 11/2014, str. 644–646
 [8] Runkiewicz L., *Przyczyny powstawania zagrożeń, awarii i katastrof obiektów budowlanych*, *Przegląd Budowlany* 5/2020, str. 15–19
 [9] Dubas S., Nowotarski P., Milwicz R., *Najczęstsze ustereki budowlane wykrywane w trakcie odbiorów końcowych mieszkań*, *Materiały Budowlane* 6/2016, str. 166–167
 [10] Hoła B., Pochybełko K., *Analiza usterek w wybranych budynkach mieszkalnych*, *Builder* 8/2021, str. 64–67
 [11] Plebankiewicz E., Zima K., Malara J., Biel S., *Analiza statystyczna usterek w budynkach mieszkalnych*, *Materiały Budowlane* 10/2018, str. 43–46
 [12] Leśniak A., Janowiec F., *Analysis of additional works in completed railway construction projects*, *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences* 28(3)2019, str. 366–376
 [13] Kowalski J., Połoński M., Lendo-Siwicka M., *Risk factors for delays in rail investments implemented in the Design & Build contracts*. In *MATEC Web of Conferences* 2019 (Vol. 262, p. 07007). EDP Sciences
 [14] Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. – *Kodeks cywilny* (Dz.U. 1964 nr 16, poz. 93 z późn. zm.)
 [15] Chrabczyński G., Heine A., *Definicja wady budowlanej*, *Inżynier Budownictwa* 3/2006, str. 10–11
 [16] Orłowski H. J., *Wady (ustereki, niedoróbki) w robotach budowlanych*, *Buduj z głową – poradnik kosztorysanta*. <https://www.bzg.pl/node/1668>
 [17] Zima K., Biel S., *The concept of method of detecting and analyzing construction defects in residential buildings*. *Archives of Civil Engineering* 65(4)2019, str. 81–95
 [18] Uchwała Nr 268/2020 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 20 kwietnia 2020 r. zmieniająca uchwałę w sprawie wprowadzenia regulacji wewnętrznych *Warunki i zasady odbiorów robót budowlanych na liniach kolejowych*
 [19] Kruk R., Piwowar B., Brona P., Ochociński K., *Kryteria wyboru lokalizacji projektów inwestycyjnych budowy nowych lub modernizacji istniejących terminali intermodalnych przewidzianych do dofinansowania w przyszłej perspektywie finansowej UE*. *Przegląd Komunikacyjny* 74/2019, str. 8–11
 [20] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. *Prawo budowlane* (Dz. U. 2022, poz. 88)
 [21] Ustawa z dnia 11 września 2019 r. *Prawo zamówień publicznych* (Dz.U. 2022, poz. 25)
 [22] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego
 [23] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego
 [24] Uchwała nr 263/2010 Zarządu PKP PLK Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 14 czerwca 2010 r. w sprawie przyjęcia do stosowania w PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Standardów technicznych – szczegółowych warunków technicznych dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) i 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem)
 [25] *Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1*, Załącznik do zarządzenia Nr 14/2005 z dnia 18 maja 2005 r. z późniejszymi zmianami, Zarząd PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
 [26] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 czerwca 2018 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie
 [27] Uchwała Rady Ministrów 86/2021 z dnia 20 lipca 2021 r. w sprawie przyjęcia sprawozdania z wykonania planu realizacji Krajowego Programu Kolejowego do 2023 roku za rok 2020
 [28] Kędra Z., *Graniczna wichrowatość toru kolejowego*, *Przegląd Komunikacyjny* 9/2015, str. 49–52