

Problemy projektowe modernizacji linii kolejowych na przykładzie linii nr 311 na odcinku Jelenia Góra – Szklarska Poręba

Sławomir Adamczyk Damian Kosicki

Artykuł przedstawia najczęściej spotykane problemy projektowe w procesie modernizacji linii kolejowych w Polsce, w ostatnich kilku latach. Autorzy wprowadzają klasyfikację problemów projektowych w oparciu o źródło problemu. Podano przykłady problemów dla modernizacji linii kolejowej nr 311 na odcinku Jelenia Góra – Szklarska Poręba Górna. Zwrócono uwagę na wpływ obowiązujących przepisów na efektywność modernizacji linii kolejowych. Zauważono także, że ograniczenia kontraktowe mogą prowadzić do konieczności wprowadzenia niekorzystnych zmian układu torowego.



mgr inż.
Sławomir Adamczyk
projektant linii, stacji i węzłów kolejowych
BBF Spółka z o.o.
s.adamczyk@bbf.pl



mgr inż.
Damian Kosicki
Zakład Budowy Mostów i Dróg Kolejowych, Politechnika Poznańska,
damian.kosicki@put.poznan.pl

Wstęp

Modernizacja linii kolejowych pod względem technicznym często jest zadaniem trudniejszym od budowy od podstaw nowej linii. Liczba elementów ograniczających swobodę projektanta w dążeniu do realizacji założonych celów modernizacji jest bardzo duża. W niniejszym artykule, na podstawie doświadczeń autorów przy realizacji kilku projektów modernizacyjnych prowadzonych w ostatnich latach na sieci PKP PLK S.A., podjęto próbę sklasyfikowania problemów, z jakimi spotyka się projektant podczas modernizacji linii kolejowej. Podano przykłady problemów projektowych przy modernizacji linii kolejowej nr 311 na odcinku Jelenia Góra – Szklarska Poręba Górna.

Klasyfikacja problemów projektowych

Zadania Projektanta w procesie modernizacji linii kolejowych najczęściej obejmują:

- opracowanie dokumentacji projektowej,
- uzyskanie kompletu decyzji administra-

cyjnych, niezbędnych do prowadzenia robót,

- prowadzenie nadzoru autorskiego,
- przygotowanie dokumentacji powykonawczej.

Autorzy zauważają, że choć każdy kontrakt modernizacyjny charakteryzuje się swoją specyfiką, to jednak w ramach różnych zadań spotyka się podobne problemy, które można zaklasyfikować do jednej z trzech grup:

- problemy formalno-prawne,
- problemy kontraktowe,
- problemy techniczne.

W pierwszej grupie zawiera się m.in. szerokie spektrum zagadnień związanych z administracyjną ścieżką prowadzenia inwestycji (problemy podczas uzyskiwania decyzji środowiskowej, lokalizacyjnej, pozwolenia na budowę, nieuregulowany stan prawny nieruchomości). Ten etap inwestycji jest niezwykle istotny i często decyduje o terminowości realizacji kontraktu. Są to jednak zagadnienia z pogranicza inżyniersko – prawnego i w dalszej części artykułu zdecydowano się ich szerzej nie omawiać. Do pierwszej grupy zaliczono także problemy wynikające z niezgodności pomiędzy niektórymi zapisami obowiązujących projektanta aktów prawnych, instrukcji i innych przepisów.

Do problemów drugiej kategorii zaliczono wszystkie zagadnienia wynikające z warunków kontraktu, postawionych przez Zamawiającego. W tej grupie najczęstszym problemem jest niemożność zrealizowania celów modernizacji, z uwagi na zbyt wąski zakres robót przewidziany do wykonania przez Zamawiającego. Na etapie przedprojektowym bardzo trudno jest bowiem rozpoznać w sposób szczegółowy i ostateczny niezbędny zakres robót do realizacji założonych celów inwestycji.

Wreszcie w trzeciej grupie znajdują się problemy związane ściśle ze sztuką budowlaną. Podczas modernizacji linii kolejowych

dotyczą one najczęściej: projektowania układu geometrycznego w planie i profilu, projektowania wzmocnienia i odwodnienia podtorza (właściwe rozpoznanie stanu podtorza, przyczyn złego stanu podtorza i podjęcie odpowiednich środków zaradczych), a także projektowania przebudowy urządzeń towarzyszących (urządzenia srk, sieć trakcyjna) tam, gdzie ingeruje się w istniejące systemy, bez ich kompleksowej wymiany.

Przykłady problemów formalno-prawnych

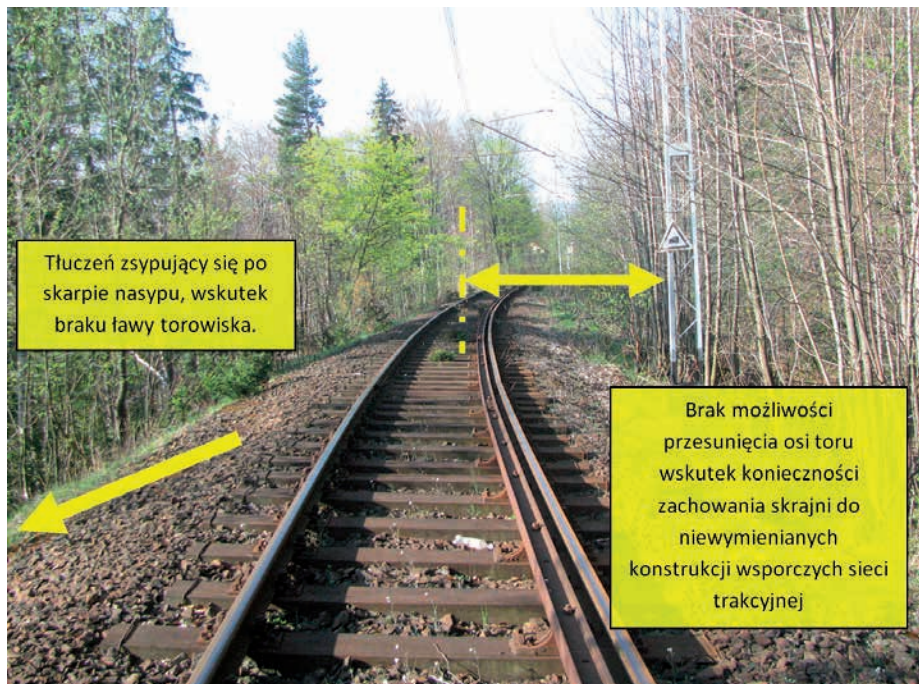
Projektant branży linii, stacji i węzłów kolejowych podczas przygotowywania dokumentacji projektowej powinien kierować się m.in. następującymi dokumentami:

- krajowe akty prawne w randze rozporządzenia,
- unijne akty prawne,
- instrukcje wewnętrzne przedsiębiorstwa PKP PLK S.A.,
- standardy techniczne obowiązujące na sieci PKP PLK S.A.

Powyższe dokumenty w niektórych aspektach różnią się między sobą, a różnice te mogą mieć istotny wpływ na zakres i koszty robót modernizacyjnych. I tak na przykład szerokość ławy torowiska dla linii znaczenia miejscowego powinna wynosić:

- wg rozporządzenia [6]: 0,60 m,
- wg instrukcji Id-1 [8]: 0,25 m,
- wg instrukcji Id-3 [9]: 0,60 m dla podtorza modernizowanego i 0,35 m dla podtorza eksploatowanego (dla prędkości $v_{\max} \leq 80$ km/h).

Jeżeli w stanie istniejącym szerokość ławy torowiska jest zbyt mała, to konieczne może okazać się poszerzenie istniejących nasypów i przekopów. Powyższe rozwiązanie może mieć zastosowanie dla linii położonych w terenach nizinnych, jednak dla linii typowo górskich, jak linia 311, poszerzenie nasypów wysokości nawet kilkunastu metrów, czy równie głębokich przekopów, wykutych w gruntach skalistych, byłoby rozwiązaniem



1. Linia kolejowa nr 311, szlak Piechowice – Szklarska Poręba Górna - brak możliwości poszerzenia ławy torowiska bez poszerzenia nasypu

nie tylko bardzo trudnym technicznie, ale wątpliwym ekonomicznie. W niektórych przekrojach pewną możliwość poszerzenia ławy torowiska może dać przesunięcie osi toru, jednak takie rozwiązanie w przypadku linii 311 również nie mogło być zastosowane z uwagi na pozostawienie istniejących konstrukcji wsporczy sieci trakcyjnej (rys. 1). Ponadto w przekrojach przekopowych próba poszerzenia ławy torowiska, połączona z ukształtowaniem rowu bocznego na rzędnych wynikających z grubości projektowanej warstwy ochronnej (zazwyczaj: pogłębienie rowu bocznego) grozi niebezpieczeństwem utraty stateczności skarpy przekopu. Osta-

ecznie w projekcie wykonawczym [4] przyjęto minimalną szerokość ławy torowiska równą 0,25 m, zgodną z zapisami instrukcji Id-1. Przykładowy przekrój poprzeczny na szlaku Piechowice – Szklarska Poręba Górna, obrazujący konsekwencje przyjęcia różnych szerokości ławy torowiska przedstawiono na rysunku 2.

Odpowiedzią m. in. na powyższy problem jest projekt rozporządzenia zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie [5]. Projekt ten przewiduje, że ustawodawca w ogóle nie będzie określał przekrojów nor-

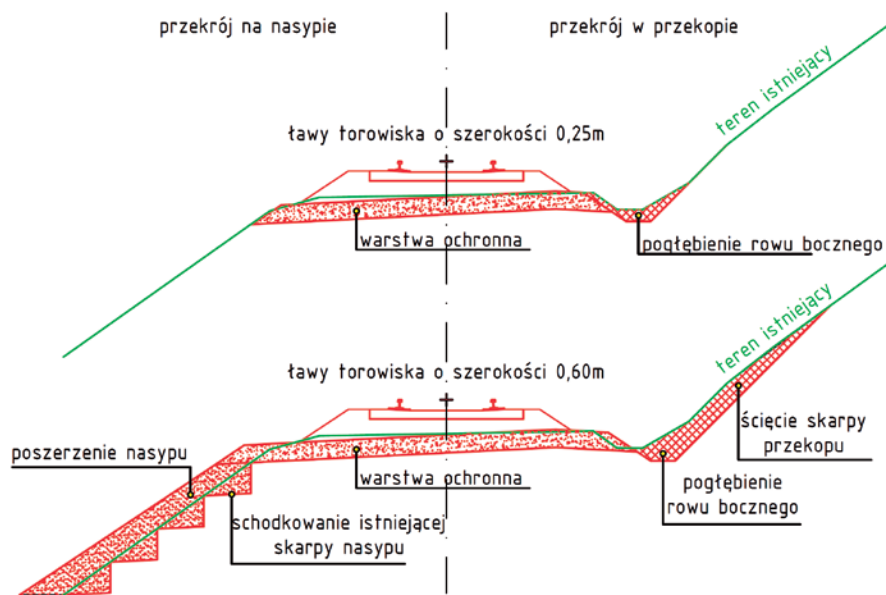
malnych linii kolejowej, ponieważ „wymagania co do przekroju toru powinny wynikać zawsze z warunków terenowych” [5].

Uchwalenie powyższego projektu rozporządzenia rozwiąże również problemy związane z niezgodnością przepisów polskich z przepisami europejskimi, a także może wpłynąć realnie na efektywność modernizacji linii kolejowych. Na przykład przepisy polskie [6,8] dopuszczają maksymalną prędkość podnoszenia koła na rampie przechyłkowej równą 35 mm/s, podczas gdy Techniczna Specyfikacja Interoperacyjności podsystemu „Infrastruktura” dla systemu kolei konwencjonalnych [1], a także norma europejska [2] dopuszczają wartość aż dwukrotnie większą (70 mm/s). Projekt rozporządzenia [5] przewiduje ostrożnie wprowadzenie wartości dopuszczalnej równej 50 mm/s. Podobnie inne wartości parametrów dopuszczalnych zostały przyjęte z pewnym marginesem bezpieczeństwa w stosunku do zapisów normy europejskiej [2].

Dla modernizowanego odcinka linii nr 311 przeprowadzono obliczenia maksymalnej prędkości w zależności od przyjętych dopuszczalnych wartości parametrów kinematycznych i dopuszczalnego pochylenia rampy przechyłkowej (wartości przyjęte wg [2], [5] oraz [6]). Warto zwrócić uwagę, że dla niskich prędkości ($v_{max} \leq 50$ km/h) obliczenia wg wszystkich trzech aktów prawnych dają niemal identyczne wyniki, ponieważ o prędkości maksymalnej decyduje wartość przechyłki ograniczona dopuszczalnym pochyleniem rampy przechyłkowej (projekt zmiany rozporządzenia [5] daje nawet gorsze wyniki w stosunku do aktualnie obowiązujących przepisów [6], wskutek obniżenia dopuszczalnej wartości pochylenia rampy przechyłkowej z 2,5‰ do 2,0‰, niezależnie od prędkości).

Warto zwrócić uwagę, że dla $v_{max} > 50$ km/h dopiero zastosowanie dokładnie wartości z normy europejskiej [2] pozwoliłoby uzyskać zwiększenie prędkości maksymalnej w stosunku do obowiązujących przepisów w każdym analizowanym przedziale. Wskutek przyjętego marginesu bezpieczeństwa w [5], nie zawsze zmiana przepisów umożliwi zwiększenie prędkości.

Linia kolejowa nr 311 charakteryzuje się znacznymi pochyleniami podłużnymi. Na odcinku pomiędzy stacją Piechowice a Szklarską Porębą Górą dla pokonania różnicy rzędnych około 315 m zastosowane zostały rozwinięcia trasy w serpentynę i w dolinach bocznych, dające współczynnik rozwinięcia trasy równy około 2,8 (rys. 4). Oznacza to, że linia kolejowa na tym odcinku jest niemal trzykrotnie dłuższa, niż gdyby łączyła linią prostą oba punkty. Pomimo tego maksymalne pochylenia miarodajne



2. Przykładowe przekroje poprzeczne linii nr 311 na szlaku Piechowice – Szklarska Poręba Górna, wraz z konsekwencjami przyjęcia różnych szerokości ławy torowiska. Kolorem czerwonym zaznaczono zakres robót modernizacyjnych

sięgają 28%, co znacznie przekracza wartość dopuszczalną dla linii znaczenia miejscowego, równą 20% [6]. Dostosowanie profilu podłużnego do wymagań obowiązujących przepisów w ramach modernizacji było oczywiście niemożliwe, oznaczałoby to konieczność budowy praktycznie nowej linii kolejowej. Należy wyróżnić zrozumienie tego problemu w Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności [1], która nie podaje żadnych wartości pochylenia maksymalnych dla linii modernizowanych, „gdyż pochylenia wymuszone są oryginalną konstrukcją rozpatrywanej linii” [1].

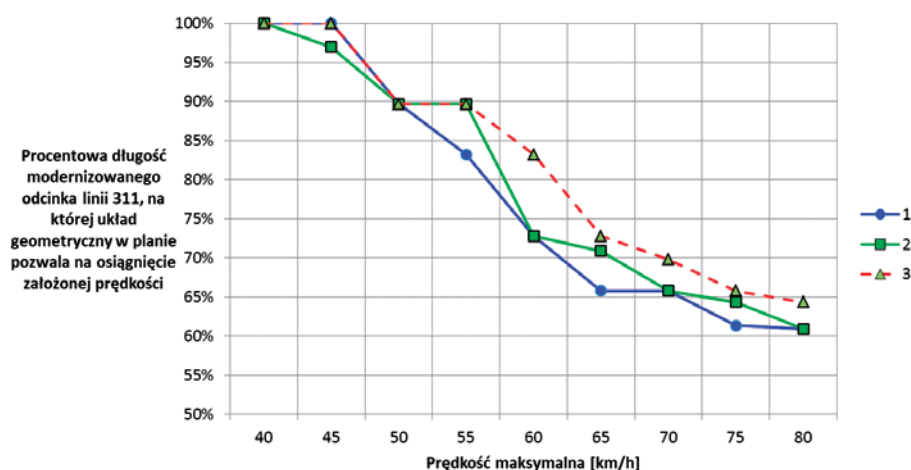
Przykłady problemów kontraktowych

Charakterystycznym problemem wynikającym z warunków kontraktu jest brak możliwości dostosowania stanu istniejącego do obowiązujących przepisów ze względu na ograniczony zakres robót zleconych w kontrakcie. Najczęściej występujące na modernizowanych liniach kolejowych niezgodności stanu istniejącego z aktualnie obowiązującymi przepisami przedstawiono w tabeli 1. Podano również niezbędny do wykonania zakres robót dodatkowych dla spełnienia wymagań przepisów, bez zmiany układu geometrycznego linii kolejowej.

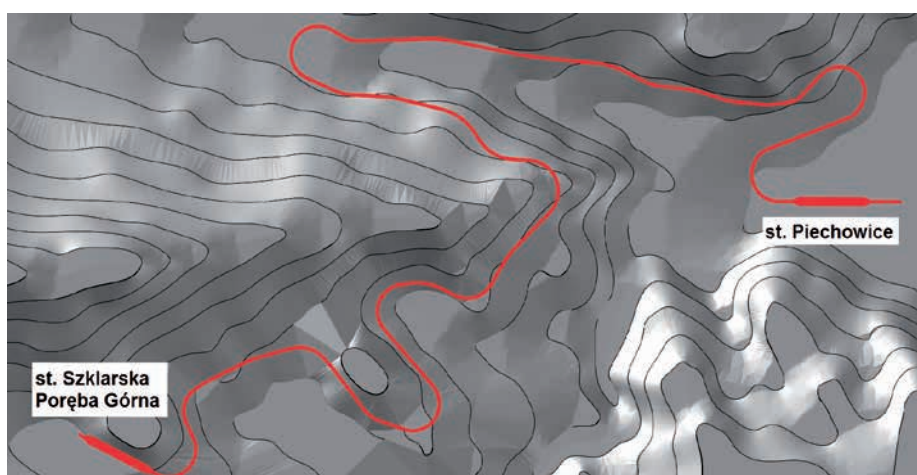
Jeżeli nie ma możliwości zwiększenia zakresu inwestycji o roboty wymienione w kolumnie 2, to niezbędne jest takie zaprojektowanie układu geometrycznego w planie i profilu, aby spełnić wymagania istniejących przepisów. Na przykład jeżeli ścianka peronowa nie podlegająca wymianie znajduje się w obrysie skrajni budowlanej, to konieczne jest odsunięcie osi toru. W skrajnie niekorzystnym przypadku, jeżeli peron zlokalizowany jest na prostej, wiąże się to z koniecznością zaprojektowania układu dwóch łuków odwrotnych z każdej strony peronu. Należy zwrócić w tym miejscu uwagę, że to układ torowy jest elementem nadrzędnym, a obiekty takie jak perony, słupy sieci trakcyjnej, czy sygnalizatory są elementami podrzędnymi, pełniącymi niejako funkcję służebną w stosunku do układu torowego. Dlatego też dostosowywanie elementu nadrzędnego do obiektów podrzędnych powinno być stosowane tylko w wyjątkowych przypadkach i tylko jako rozwiązanie tymczasowe, do momentu przebudowy elementów towarzyszących.

Przykłady problemów technicznych

Częstymi problemami technicznymi, z jakimi spotyka się projektant podczas modernizacji linii kolejowych, są zagadnienia związane z podtorzem kolejowym. Właściwe rozpoznanie stanu podtorza i konieczności



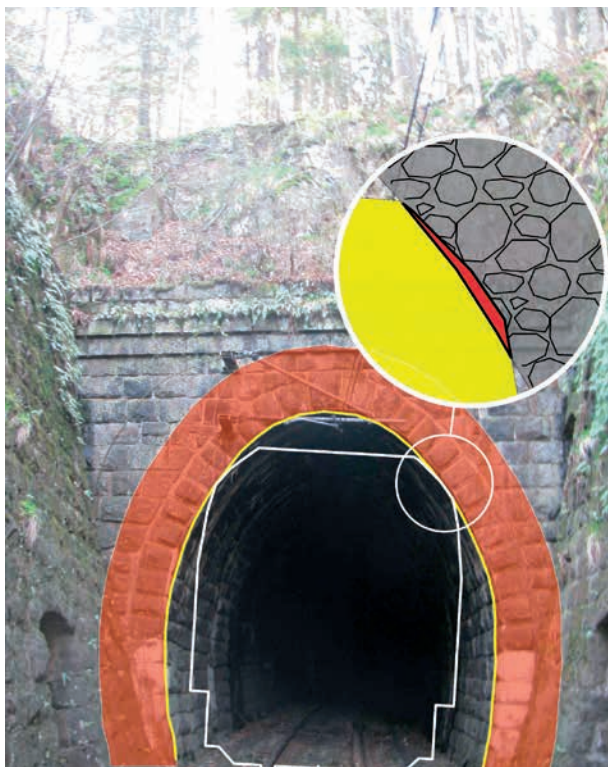
3. Wartości dopuszczalne parametrów kinematycznych i pochylenia rampy przechyłkowej a prędkość maksymalna na linii 311. Kolorem niebieskim (1) zaznaczono wyniki obliczeń dla rozporządzenia [6], kolorem zielonym (2) – z uwzględnieniem projektu zmiany rozporządzenia [5], a kolorem czerwonym (3) – wg normy europejskiej [2], za wyjątkiem dopuszczalnego niezerównowanego przyspieszenia bocznego, którego wartość przyjęto jak w [5]



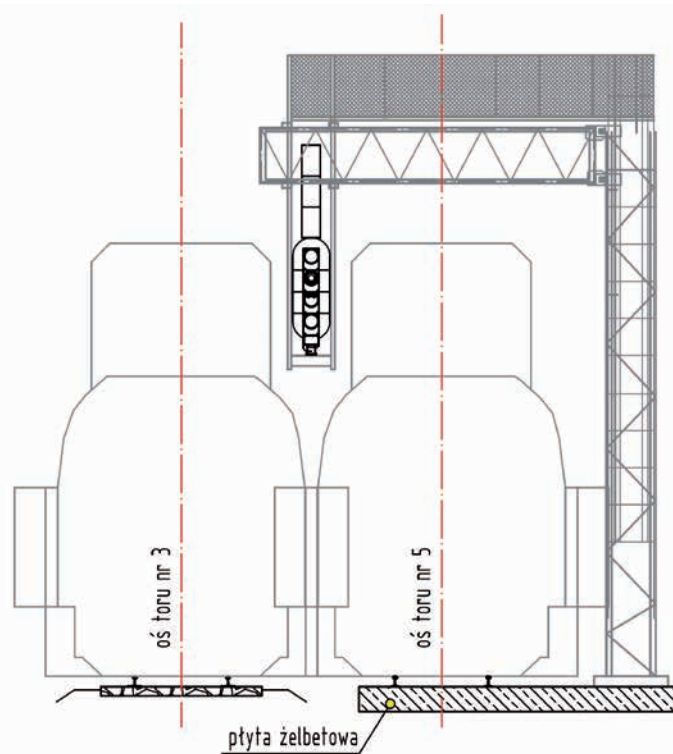
4. Rozwinięcia trasy kolejowej na odcinku Piechowice – Szklarska Poręba Górna

Tabela 1. Przykłady problemów kontraktowych

Niezgodność stanu istniejącego z obowiązującymi przepisami	Zakres robót dodatkowych, niezbędnych dla spełnienia wymagań przepisów, bez zmiany układu geometrycznego linii kolejowej	Komentarz
Odległość od osi toru szlakowego lub głównego zasadniczego do przytorowej krawędzi słupa sieci trakcyjnej lub sygnalizatora mniejsza niż 2,50 m [6].	Wymiana konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej i/lub sygnalizatorów. W przypadku małych międzytorzy konieczność budowy bramek trakcyjnych lub semaforowych.	Problem występuje najczęściej na dużych stacjach, na analizowanym odcinku linii występował sporadycznie. Zdaniem autorów przepisy powinny dopuszczać pozostawienie niewymienianych słupów sieci trakcyjnej i semaforów, o ile nie znajdują się one bliżej toru niż 2,20 m + ew. poszerzenie skrajni, a korekta układu geometrycznego nie pogarsza stanu istniejącego.
Brak skrajni na/w istniejących obiektach inżynierskich.	Konieczność przebudowy obiektu.	Problem wystąpił w tunelu przed p.o. Szklarska Poręba Dolna, zlokalizowanym na łuku o promieniu ok. 230 m. Ze względu na duże trudności ewentualnej przebudowy obiektu, zachowanie skrajni uzyskano poprzez dobór odpowiedniej wartości przechytki (rys. 5).
Niewłaściwa wysokość i odległość istniejącej krawędzi peronowej od osi toru.	Konieczność przebudowy ścianki peronowej.	Problem wystąpił na p.o. Górzyniec. Ponieważ przystanek osobowy zlokalizowany jest na długości łuku, odpowiedni dobór jego promienia, długości krzywej przejściowej i stycznej pozwolił na zachowanie skrajni budowlanej do istniejącej krawędzi peronowej.
Brak odpowiedniego pochylenia podłużnego drogi na dojeździe do przejazdu kolejowego i/lub w obrębie przejazdu (dotyczy linii dwutorowych).	Konieczność przebudowy układu drogowego.	Ponieważ zakres robót drogowych na przejazdach był ograniczony, minimalizowano podniesienia niwelety toru w ich obrębie.



5. Tunel na szlaku Piechowice – Szklarska Poręba Górna. Przyjęta pierwotnie na podstawie obliczeń kinematycznych przechyłka równa 110 mm, z powodu problemów skrajniowych została ograniczona do 90 mm, co nie spowodowało jednak zmniejszenia prędkości maksymalnej



6. Bramka semaforowa posadowiona na płycie żelbetowej na stacji Szklarska Poręba Górna. Źródło: [4]

jego ewentualnego wzmocnienia jest decydujące dla trwałości zmodernizowanej budowli. W przypadku linii nr 311 badania geotechniczne wykazały dobry stan podtorza. Zaprojektowana na niektórych odcinkach warstwa ochronna nie wynikała z niewystarczających parametrów wytrzymałościowych gruntu, ale z występowania w podłożu gruntów wysadzinowych powyżej granicy przemarzania. Dobre parametry podtorza były jednak rezultatem płytko zalegających

warstw gruntów skalistych, co z kolei spowodowało problem z posadowieniem fundamentu projektowanego semafora na stacji Szklarska Poręba Górna.

Dla modernizacji peronu nr 2 na tej stacji niezbędne okazało się poszerzenie międzytorza nr 1 i 3, co w konsekwencji doprowadziło do konieczności likwidacji semafora znajdującego się na kolejnym międzytorzu (3 i 5) i umieszczenia go na bramce semaforowej. Grunty skaliste w podtorzu stały się

przeszkodą dla zaprojektowania głębokiego fundamentu, standardowego dla tego typu konstrukcji. Zdecydowano się wykonać niestandardowe rozwiązanie posadowienia bramki na płycie żelbetowej, częściowo zlokalizowanej pod torem, z wykonaniem przytwierdzenia szyn do płyty (rys. 6).

Linia kolejowa nr 311 na odcinku Jelenia Góra – Szklarska Poręba Górna charakteryzuje się dużym udziałem łuków poziomych o małych promieniach. Długość toru w łukach o promieniach mniejszych niż 300 m stanowi aż 21% całkowitej długości odcinka [7]. W łukach o tak małych promieniach stosuje się prowadnicę, której zadaniem jest ograniczenie zużycia główki szyny zewnętrznej, ochrona przed wykolejeniem, oraz zwiększenie stabilności toru [3]. Z uwagi na dostępność materiałów najprostszym rozwiązaniem wykonania prowadnicy (i często spotykanym) jest zastosowanie szyny starożytecznej mocowanej do podkładki żebrowej. Na linii 311, przed modernizacją, zastosowane było jednak inne rozwiązanie (rys. 7): prowadnica ułożona „na płask” na specjalnej podkładce, nazywanej potocznie „gajcówką” (od Jerzego Gajcy, autora wzoru użytkowego). Taka konstrukcja charakteryzuje się istotną zaletą w stosunku do rozwiązań wcześniej wymienionych: w przestrzeni pomiędzy prowadnicą a szyną nie gromadzi się śnieg, który następnie mógłby prowadzić do oblodzenia żłobka prowadnicy i stwarzać



7. Różne sposoby wykonania w torze prowadnicy – na zdjęciu z lewej strony mocowanie prowadnicy ułożonej „na płask” do gajcówek na linii 311, w środku i z prawej rozwiązania części spotykane: prowadnica z szyny starożytecznej, mocowana do podkładki żebrowej

nawet zagrożenie wykolejenia. Biorąc pod uwagę względy bezpieczeństwa, a także łatwiejsze zimowe utrzymanie linii, na etapie projektu budowlanego i wykonawczego zdecydowano się zmienić rozwiązanie proponowane w Studium Wykonalności [2]. Zamiast standardowego rozwiązania mocowania przewodnicy na podkładce żebrowej zaprojektowano przewodnicę wykonaną z szyny S42 mocowanej do „gajcówek”. Ponieważ podkładki typu „gajcówki” nie są oferowane przez producentów nawierzchni kolejowej, wykorzystano materiał z demontażu. Takie rozwiązanie było źródłem problemów na etapie wykonawstwa (m. in. trudności z pozyskaniem szyny S42), ale zdaniem autorów będzie ono korzystniejsze dla zarządcy infrastruktury na etapie eksploatacji.

Podsumowanie

- Problemy projektowe spotykane przy modernizacjach linii kolejowych autorzy klasyfikują do jednej z trzech grup: problemy formalno-prawne, kontraktowe i techniczne.
- Wśród problemów formalno-prawnych bardzo istotny jest problem sprzeczności niektórych zapisów poszczególnych aktów prawnych, których powinien przestrzegać projektant. Ponadto modernizacja linii górskich, takich jak linia 311, wymaga indywidualnego podejścia projektowego, będącego pewnym kompromisem pomiędzy wymaganiami obowiązujących przepisów a rachunkiem ekonomicznym. Zdaniem

autorów dla linii modernizowanych i rewitalizowanych przepisy powinny dawać projektantowi, pełniącemu samodzielną funkcję techniczną w budownictwie, większą swobodę działania. Częściową realizacją tego postulatu jest projekt zmiany rozporządzenia [5].

- Ograniczony zakres robót, przewidzianych do realizacji w ramach kontraktu, często skutkuje koniecznością dostosowania elementu nadrzędnego, jakim jest układ torowy, do niewymienianych elementów towarzyszących. Takie rozwiązanie powinno być stosowane tylko wyjątkowo i tymczasowo.
- Spośród problemów zaliczanych do grupy technicznych podczas modernizacji linii 311 pojawił się m.in. problem sposobu wykonania przewodnic. Względy użytkowe zdecydowały o odtworzeniu istniejącego sposobu mocowania przewodnicy na „gajcówkach”, zamiast łatwiejszego w wykonawstwie rozwiązania z mocowaniem przewodnicy do podkładki żebrowej. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Decyzja Komisji z dnia 26 kwietnia 2011 r. dotycząca technicznej specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Infrastruktura” transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych. 2011/275/UE. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L126/53. Bruksela 2011.
- [2] EN 13803-1. Railway applications – Track – Track alignment design parameters –

Track gauges 1435 mm and wider – Part 1: Plain line. 2010.

- [3] Kiewlicz S., Łączyński J., Pelc S.: Nawierzchnia kolejowa typu S60, S49, S42. WKiŁ, Warszawa 1974.
- [4] Modernizacja regionalnej linii kolejowej nr 311 Jelenia Góra – Szklarska Poręba Górna. Projekt Wykonawczy. Biuro Projektów Komunikacyjnych w Poznaniu Sp. z o.o., Poznań 2011.
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie. Projekt z dnia 7 stycznia 2014 r.
- [6] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz.U. 1998 nr 151 poz. 987).
- [7] Studium Wykonalności i dokumentacji przygotowawczej (przedprojektowej) linii 311 Jelenia Góra – Szklarska Poręba dla przedsięwzięcia inwestycyjnego pn. „Modernizacja regionalnej linii kolejowej nr 311 Jelenia Góra – Szklarska Poręba Górna”. MGGP S.A. 2010.
- [8] Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1. PKP PLK S.A., Warszawa 2005.
- [9] Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego Id-3. PKP PLK S.A., Warszawa 2009.

W najbliższych numerach Przeglądu Komunikacyjnego planujemy wyeksponować tematykę kolejową, organizację transportu w miastach i aglomeracjach oraz zagadnienia geotechniczno-nawierzchniowe.

Zapraszamy do nadsyłania artykułów powiązanych tematycznie z:

- różnego typu kolejami (w tym wiszącymi),
- projektowaniem nasypów, nawierzchni drogowych i kolejowych, podtorzy i podbudów;
- dostępnością w transporcie kolejowym;
- systemowym sterowaniem ruchem (ITS);
- koleją w aglomeracjach.

Artykuły w wyróżnionej wyżej tematyce będą miały pierwszeństwo publikacji (zgodnie z zasadą kompilacji numerów tematycznych) po przejściu przez procedurę recenzji.