

Badania trwałości rozjazdów kolejowych z podkładkami pod podkładowymi (ppp) w podrozjazdnicach strunobetonowych

Research quality railroad crossings with under sleepers pad



Ewelina Kwiatkowska

Dr inż.

Politechnika Wroclawska Katedra
Mostów i Kolei

kwiatkowskae@interia.pl

Streszczenie: Niniejsza praca poświęcona jest zagadnieniu jakości nawierzchni rozjazdów kolejowych. W referacie przedstawiono zagadnienie jakości nawierzchni kolejowej w aspekcie rozjazdów kolejowych z podkładkami pod podkładowymi. Przedstawiono wyniki badań z odcinak badawczego z rozjazdami z materiałami wibroizolacyjnymi w podrozjazdnicach zlokalizowanego na stacji Siedlce. W pracy przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych, numerycznych i terenowych obrazujące wpływ podkładek pod podkładowych na trwałość rozjazdu.

Słowa kluczowe: Rozjazd kolejowy; Wibroizolacja; Jakość toru

Abstract: Research quality railroad crossings with under sleeper pad. The quality of the railway track is influenced by a number of factors, such as durability, reliability, swelling and cost. The article made use of impact assessment under sleepers pad (USP) on the quality of rail track. The author has presented laboratory research, computer research and dynamic study of turnouts with USP. The impact of the USP on the quality of turnouts was assessed. Research results have shown an increase in the quality of turnouts with USP.

Keywords: Railway turnout; Vibration isolation; Track quality

Nawierzchnia kolejowa ma na celu prowadzenie ruchu kolejowego z zapewnieniem bezpieczeństwa, ciągłego i regularnego ruchu pociągów. Ciągłość ruchu wymaga eksploatacji nawierzchni, obejmujące jej użytkowanie i odnawianie. Należy przyjąć, że linie kolejowe znajdują się w stanie użytkowania lub odnawiania, w szczególnych przypadkach linia może znajdować się jednocześnie w stanie użytkowania lub odnawiania. Nawierzchnia kolejowa może znajdować się w jednym z trzech stanów: pełnej, ograniczonej zdolności eksploatacyjnej i niezdatnej eksploatacyjnie. Użytkowanie może odbywać się przy pełnej zdolności eksploatacyjnej, czyli stanie normalnego utrzymywania nawierzchni kolejowej lub w ograniczonym stanie, jeżeli ruch pociągów i odbywa się z prędkościami mniejszymi od maksymalnej przewidzianej dla danej linii. Stany odnawiania nawierzchni kolejowej występują podczas planowanych zamknięć technologicznych, nieplanowanych zamknięć i zamknięć technologicznych. O jakości eksploatowanej (J) nawierzchni kolejowej decyduje zespół cech takich jak: charakterystyka niezawodności (N) i trwałości (T) eksploatacyjnej, podatności utrzymaniowo-naprawczej (P) oraz charakterystyka ekonomiczna (E) eksploatacji

nawierzchni, opisane wzorem (1) gdzie, a_{1-4} to współczynniki wag, w to charakterystyka nawierzchni wzorcowej.

$$J = a_1 \frac{N_w}{N} + a_2 \frac{T}{T_w} + a_3 \frac{P}{P_w} + a_4 \frac{E_w}{E} \quad (1)$$

$$N = \beta \frac{n}{lq} \quad (2)$$

gdzie n to liczba nieplanowanych i awaryjnych zamknięć torowych w ciągu roku na długości linii l , q to natężenie przewozami, β to współczynnik prędkości $\beta = 1,4 - 0,004 V_{\max}$.

Eksploatacyjna trwałość nawierzchni to obciążenie Q przy którym całkowita liczba pojedynczych wymian szyn na długości 1 km nie przekracza k metrów. Podatność utrzymaniowo-naprawcza to długość toru na którym wykonuje się naprawy bieżące w ciągu 1 godziny zamknięcia. [1]

Trwałość i niezawodność rozjazdów

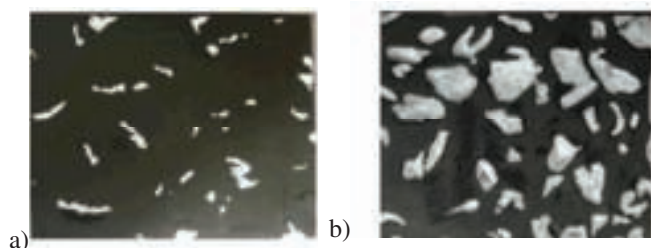
Uszkodzenia nawierzchni kolejowej na rozjeździe są bardziej złożone niż uszkodzenia na odcinkach toru i przebiegają znacznie szybciej. Rozjazd kolejowy jest elementem linii kolejowej, którego trwałość i niezawodność zapewnia bezpieczeństwo prowadzenia ruchu kolejowego.

Szybszy proces degradacji rozjazdu

spowodowany jest większymi oddziaływaniami dynamicznymi pojazdów szynowych w miejscach nieciągłości toków na krzyżownicy i zwrotnicy i twardością stali konstrukcyjnej zwrotnicy i krzyżownicy. W części zwrotnicowej najbardziej niebezpieczne uszkodzenia to nieprzyleganie iglicy do opornicy, wykruszenia na powierzchni tocznej iglicy i opornicy. W części krzyżownicowej wady i uszkodzenia rozjazdu powodujące konieczność ograniczonej eksploatacji to: zgniecenie dzioba krzyżownicy, pęknięcie krzyżownicy, wpływ w żłobkach szyn skrzydełkowych. Podrozjazdnice w części krzyżownicowej poddawane są nierównomiernemu obciążeniu dynamicznemu, powodującemu pęknięcia poprzeczne podrozjazdnic strunobetonowych.

Wymagania techniczne dla rozjazdów

Zgonie z Listą Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego w sprawach właściwych krajowych specyfikacji technicznych i dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie umożliwi spełnienia zasadniczych wymagań dotyczących interoperacyjności systemu kolei z dnia 19 stycznia 2017 r. w zakresie podsystemu infrastruktura wskazano zamkniętą listę składników wymagających rozwią-



1. Powierzchnia kontaktu podrozdniczcy z tłucznem, a- podrozdznica bez podkładki pod podkładowej kontakt wynosi 5%, b- podrozdznica z podkładką pod podkładową kontakt wynosi 20%



3. Stanowisko badawcze oporu porzecznego w podrozdniczcy z PPP w korycie balastowym



2. Stanowisko badawcze powierzchni kontaktu podrozdniczcy z ziarnami tłuczni

zań technicznych dla których konieczne jest uzyskanie świadectwa dopuszczenia do eksploatacji typu budowli kolejowej przeznaczonej do prowadzenia ruchu kolejowego. Wśród składników wymagających świadectwa dopuszczenia do eksplantacji wymieniono dla nawierzchni klasycznej: podrozdznice, rozjazd kolejowy i system przytwierdzenia szyn. [2] Zgodnie z Technicznymi specyfikacjami interoperacyjności dla podsystemu infrastruktura [2] charakterystyki techniczne rozjazdów muszą być zgodne z wartościami eksploatacyjnymi: maksymalna wartość szerokości prowadzenia w zwrotnicznych wynosi 1380 mm, minimalna wartość szerokości prowadzenia w krzyżownicach zwichajnych wynosi 1392 mm. [3]

Zgodnie z szczegółowymi warunkami technicznymi dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem) TOM I – rozjazdy, zalecane jest stosowanie podrozdznicy betonowych. Na liniach kolejowych poddanych modernizacjom lub budowie dopuszczalne jest zastosowanie

odmiany konstrukcyjnej rozjazdu przewidzianej dla linii wyższego typu pod warunkiem, że ich zastosowanie nie prowadzi do znacznego wzrostu kosztów inwestycji. Jednak w przypadku kwalifikacji całej stacji do typu o szczelbel niższy w ramach modernizacji lub budowy do danego typu należy w rozjazdach stosować standard wyższy. A w przypadku kwalifikacji całej stacji do typu niższego o dwa lub więcej szczelbeli, rozjazdy należy stosować w standardzie o szczelbel wyższy, zapewniając wydłużoną zdolność eksploatacyjną. [4]

Zgodnie z Instrukcją o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów Id-4 PKP PLK z 2015 badania techniczne rozjazdów dla maksymalnej prędkości powyżej 120 km/h wykonuje się co 3 miesiące, a dla prędkości powyżej 160 km/h co 2 miesiące. Badania mają na celu sprawdzenie trwałości eksploatacyjnej. Dopuszczalne zużycie pionowe iglice, opornicy, szyn skrzydełkowych, dziobu krzyżownicy, szyn łączących wynosi 8 mm dla prędkości powyżej 120 km/h. Dopuszczalne zużycie boczne kwalifikujące iglice, opornice i krzyżownice do wymiany wynosi 10 mm, a odchylenie powierzchni zużycia od osi pionowej szyny wynosi 30 ° dla ruchu powyżej 120 km/h, przy dopuszczalnym bocznym zużyciu kierownicy wynoszącym 4 mm. W czasie codziennych oględzin i okresowych badań rozjazdów następuje ocena zdolności eksploatacyjnej i w wyniku podejmowanych prac utrzymaniowych i naprawczych utrzymywana jest pełna jakość eksploatacyjna rozjazd. [5]

Badania trwałości rozjazdów z podkładkami pod podkładowymi w podrozdniczcy

W celu wydłużenia trwałości i niezawodności rozjazdów stosowane są podkładki pod podkładowe (PPP) w podrozdniczcy strunobetonowych.

Zastosowanie sprężystych materiałów wibroizolacyjnych w podrozdniczcy redukuje efekt progowy wywołany zmianą sztywności nawierzchni toru przed rozjazdem i na rozjeździe.

W wyniku zastosowania PPP następuje zmniejszenie oddziaływań dynamicznych w strefie krzyżownicowej w podrozdniczcy, ponieważ następuje zwiększenie powierzchni kontaktu podrozdniczcy z tłucznem. Zwiększenie powierzchni kontaktu podrozdniczcy z tłucznem następuje w wyniku zagłębienia się ziaren podsypki w sprężystą warstwę PPP. Powierzchnia kontaktu podrozdniczcy z tłucznem wynosi 5%, przy zastosowaniu PPP powierzchnia kontaktu podrozdniczcy z tłucznem wynosi 20%. Na rys.1 przedstawiono powierzchnie kontaktu tłuczni z podrozdznicy z PPP produkcji Getzner i bez wibroizolacji. Badanie powierzchni kontaktu przeprowadzono na pomalowanej na czarno spodniej powierzchni podkładu bez PPP i z PPP oraz na biało pomalowanym tłuczniu, podrozdznica została ułożonym w korycie balastowym z tłucznem i poddana obciążeniu 112 kN. [6]. W wyniku zastosowania podkładek pod podkładowych w podrozdniczcy następuje zwiększenie oporu na przesuw poprzeczny. Zwiększenie oporu na przesuw poprzeczny w rozjeździe jest szczególnie ważne w części krzyżownicowej rozjazdu. Przy zmianie kierunku na tor zwrotny siły dynamiczne są największe. Na rys. 3 przedstawiono stanowisko badawcze do pomiaru oporu na przesuw poprzeczny przeprowadzony przy zastosowaniu podkładek pod podkładowych w podrozdniczcy i bez PPP [6].

Badanie przeprowadzono na dwóch typach podkładów, pierwszy typ to podkłady strunobetonowe bez wibroizolacji (bez PPP), drugi typ to podkłady z izolacją antywibracyjną typu G04 V05 (z PPP). Badanie porównawcze miało na celu określenie wielkości średniej i siły wymuszającej przesuw, badanie

przeprowadzono dla dwóch badanych podkładów przy przesuwie o 2 mm, siłą poziomą 97 kN z częstotliwością 4 Hz, siłą docisku podkładu 8 kN, wyniki pomiarów zestawiono w tablicy 1 [6].

Zwiększenie powierzchni kontaktu podrozdniczcy z tłuczniem w wyniku zagłębienia się ziaren z sprężystą warstw podkładki pod podkładowej powoduje wzrost oporu na przesuw porzecznicy. Zastosowanie PPP w rozjeździe redukuje deformacje pionowe i poziome w rozjeździe wywołanych ruchem eksploatacyjnym, utrzymując pełną zdolność eksploatacyjną wynikającą ze wzrostu trwałości konstrukcji.

Podczas eksploatacji rozjazdu następuje nierównomierne zużywanie się części rozjazdu, powodujące konieczność prowadzenia prac utrzymaniowych ograniczających zdolność eksploatacyjną. Wielkość obciążeń dynamicznych w strefie krzyżownicowej jest największa, wynikająca z utraty kontaktu koła zestawu przejazdu przez krzyż i niesymetrycznego obciążenia podrozdnicznic. Nierównomierne zużywanie się rozjazdu eliminuje stosowanie PPP w rozjazdach o różnej sztywności statycznej i dynamicznej. Na rys. 4 przedstawiano wyniki symulacji numerycznych obrazujących przyrost deformacji pionowych na długości rozjazdu bez PPP kolor czarny, z PPP o jednej sztywności kolor niebieski oraz rozjazd z PPP o różnej sztywności statycznej i dynamicznej materiału PPP na długości

rozjazdu [6].

Wyniki badań (rys. 4) wykazały, że zastosowanie PPP o różnej sztywności ogranicza wzrost deformacji pionowych w część krzyżownicowej rozjazdu. Redukcja wzrostu skokowego deformacji pionowych w krzyżownicy zmniejsza oddziaływania dynamiczne wywołane przez przejeżdżający pociąg poprawiając jakość eksploatacji poprzez wydłużenie trwałości.

Badanie rozjazdów z PPP na sieci PKP PLK

W celu oceny wpływu zastosowania PPP w rozjazdach na eksploatowanej sieci PKP PLK autorka rozpoczęła w 2016 roku program badań eksploatacyjnych rozjazdów z podkładkami pod podkładowymi na Politechnice Wrocławskiej w Katedrze Mostów i Kolei.

Program badań ma na celu ocenę wpływu zastosowania PPP w rozjeździe na jakość eksploatowanej nawierzchni kolejowej, charakterystykę niezawodności i trwałości eksploatacyjnej, podatność utrzymaniowo-naprawczą oraz charakterystykę ekonomiczną.

Poligon badawczy zlokalizowano na zmodernizowanej w 2014 r. stacji Siedlce w woj. Mazowieckim na dwóch rozjazdach produkcji Track Tec KolTram. Pierwszy rozjazd typu Rzl 1:12-500-60E1 z PPP, drugi rozjazd typu Rzp 1:12-500-60E1 bez PPP z krzyżownicami z wkładką manganową typu insert.

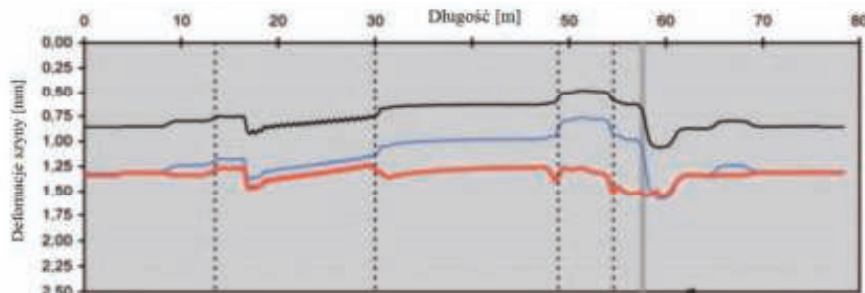
Tab. 1. Wyniki badań oporu na przesuw poprzeczny podkładu z PPP i bez PPP

Typ podkładów	Wskaźnik przesuwu podkładu o 2 mm, wartość średnia [kN]
Strunobetonowe B70 bez PPP	6,4
Strunobetonowe B70 z PPP typu G04 V05	8,3

Badania rozjazdów podzielono na trzy części. Pierwszy etap obejmował badania skanerem laserowym produkcji Graw typu Skorpion profilu 3D krzyżownicy (rys. 5) i iglicy (rys. 6), Badanie skanerem zostało przeprowadzone na stacji Siedlce na rozjeździe z PPP i bez PPP w lutym 2016r. oraz u producenta w wytwórni w Zawadzkiem na nowych iglicach i krzyżownicach (rys. 7) w kwietniu 2016r. Badanie miało na celu ocenę zużycia profilu krzyżownicy i iglicy w czasie eksploatacji.

W drugiej części przeprowadzono badania propagacji drgań wywołanych przejazdem pociągu z prędkością 70 km/h w stacji Siedlce na rozjeździe z PPP i bez PPP. Badania miały na celu ocenę poziomu drgań wywołanych przejazdem pociągu na konstrukcję rozjazdu i podtorza w wyniku zastosowania podkładek pod podkładowych w podrozdnicznicach. Badanie przeprowadzono w sierpniu 2016 r.

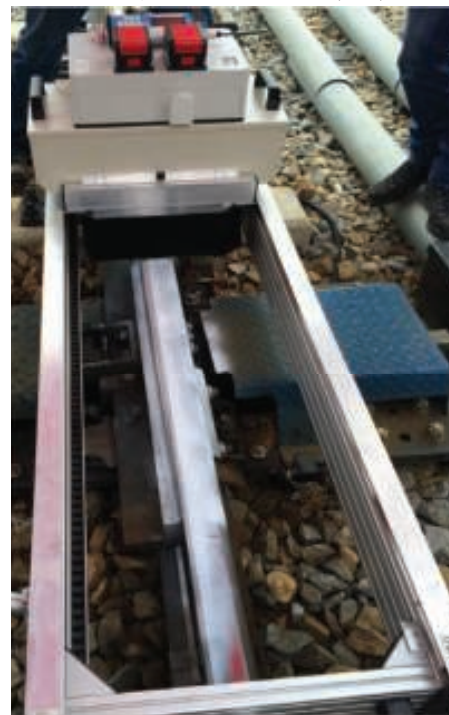
Trzecia część badań obejmuje pomiary diagnostyczne wykonane w czterech seriach pomiarowych co 3 miesiące od stycznia 2016 na rozjeździe z PPP i bez PPP na stacji Siedlce, pomiary wykona-



4. Wyniki badań deformacji pionowych na długości rozjazdu, linia czarna rozjazd bez PPP, linia niebieska rozjazd z jednym typem PPP, linia czerwona rozjazd z PPP o różnej sztywności PPP



5. Pomiar skanerem 3D Skorpion krzyżownicy w rozjeździe z PPP na stacji Siedlce, luty 2016



6. Pomiar skanerem 3D Skorpion iglicy w rozjeździe z PPP na stacji Siedlce, luty 2016



7. Pomiar skanerem Skorpion nowej iglicy w Track Tec Koltram Zawadzkie, kwiecień 2016

ne zgodnie z instrukcją Id4, nie zostały przedstawione w niniejszej publikacji.

Wyniki pomiaru profilu iglicy i krzyżownicy przedstawiono na rys. 8. Porównanie wyników pomiarów dla rozjazdu z PPP i bez PPP oraz elementów nowych wykazały zużycie na dziobie krzyżownicy w rozjeździe bez PPP wynoszące 0,52 mm, a w rozjeździe z PPP 0,35 mm w porównaniu z nową krzyżownicą. Przy pomiarze iglicy w rozjeździe bez PPP wyniosło 0,32 mm, a w rozjeździe z PPP 0,28 mm w porównaniu z nową iglicą. Przykładowy obraz ze skanera przedstawiono na rys. 8. Badanie oddziaływań dynamicznych przeprowadzono w wykorzystaniu aparatury pomiarowej typu Photon Brüel & Kjaer. Badanie przeprowadzono na stacji Siedlce przy przejeździe pociągu z prędkością 70 km/h w kierunku zasadniczym na rozjeździe z PPP i bez PPP. Czujniki pomiarowe ułożono na szynie, podrozjezdniczy w strefie zwrotnicowej i w podtorzu w odległości 5 m od osi toru (rys. 9). Przeprowadzone pomiary poddano analizie częstotliwościowej w zakresie porównawczym dla rozjazdu z PPP i bez PPP. W wyniku zastosowania



a)



b)

8. Obraz z skanera 3D typu Skorpion, a – iglica, b – krzyżownica

podkładek pod podkładowych w podrozjazdnicach nastąpiła w porównaniu z rozjazdem bez PPP redukcja wibracji w szynie o 20 %, w podrozjezdniczy o 30 %, a w podtorzu o 40 % w zakresie częstotliwości od 5 do 40 Hz. W zakresie częstotliwości od 40 do 240 Hz nastąpiła redukcja wibracji w szynie o 25 %, w podrozjezdniczy o 35 %, a w podtorzu o 60 % w rozjeździe z podkładkami pod podkładowymi w porównaniu do rozjazdu bez PPP.

Podsumowanie

W niniejszym artykule przedstawiono zagadnienie jakości eksploatacyjnej nawierzchni kolejowej na którą wpływa zespół cech takich jak: charakterystyka niezawodności i trwałości eksploatacyjnej, podatności utrzymaniowo-naprawczej oraz charakterystyka ekonomiczna eksploatacji nawierzchni. Następnie przedstawiono wyniki prac badawczych podkładek pod podkładowych mających na celu poprawę jakości eksploatacyjnej nawierzchni kolejowej przez zwiększenie niezawodności i trwałości rozjazdów.

Przedstawione badanie wykazują zmniejszone zużycie elementów rozjazdu z podkładkami pod podkładowymi w podrozjazdnicach, poprzez zwiększenie powierzchni kontaktu z podrozjezdniczy z tłuczniem, zwiększenie oporu na przesuw poprzeczny, zmniejszenie różnicy deformacji pionowych i profili szyn oraz redukcji wibracji. Zagadnienie wpływu podkładek pod podkładowych w rozjazdach będzie rozwijane przez

autorkę w dalszych pracach badawczych. ◀

Materiały źródłowe

- [1] H. Bałuch Trwałość i niezawodności eksploatacyjna nawierzchni kolejowej WKiŁ, Warszawa 1980 r.
- [2] Lista Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego w sprawach właściwych krajowych specyfikacji technicznych i dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie umożliwia spełnienia zasadniczych wymagań dotyczących interoperacyjności systemu kolei z dnia 19 stycznia 2017 r.
- [3] Rozporządzenie Komisji Europejskiej (UE) nr 1299/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. dotyczące technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Infrastruktura” systemu kolei w Unii Europejskiej
- [4] Standardy techniczne PKP PLK szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem) TOM I – rozjazdy
- [5] Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów Id-4 PKP PLK z 2015
- [6] E. Kwiatkowska: Wpływ wibroizolacji podkładów strunobetonowych na pracę podtorza kolejowego, Raport serii PRE nr 8 /2015, Politechnika Wrocławska



a)



b)



c)

9. Aparatura pomiarowa i lokalizacja czujników pomiarowych w rozjeździe, a- czujniki na szynie i podrozjezdniczy, b- czujnik w podtorzu, c- aparatura pomiarowa, Siedlce sierpień 2016r.