

Metody pomiarów nawierzchni kolejowej wykorzystywane przy ocenie jej trwałości

Grzegorz STENCEL¹

Streszczenie

Artykuł przedstawia możliwości wykonywania pomiarów służących do oceny trwałości nawierzchni kolejowej. Opisano metody pomiarów układów geometrycznych torów i rozjazdów oraz możliwości badania elementów nawierzchni. Przedstawiono możliwości pomiarów szyn uwzględniające zarówno badania parametrów geometrycznych, jak i badania nieniszczące. W zakresie pomiarów systemów przytwierdzeń opisano nowatorski przyrząd do pomiaru w torze siły docisku łapki sprężystej. Zaprezentowano wyniki badań rozjazdu z zastosowaniem przyrządu umożliwiającego ciągły pomiar żłobków w krzyżownicy. Dla wybranych przyrządów pomiarowych zaprezentowano przykładowe wyniki pomiarów. Podkreślono konieczność znajomości technik pomiarowych przez osoby oceniające wyniki pomiarów. Znaczenie tej wiedzy i umiejętności przedstawiono na przykładzie pomiarów przekroju poprzecznego iglic. W podsumowaniu oceniono przydatność stosowanych metod pomiarowych i ich znaczenie w analizie trwałości nawierzchni kolejowej.

Słowa kluczowe: nawierzchnia kolejowa, trwałość, metoda pomiarów

1. Wstęp

Pomiary nawierzchni kolejowej wykonuje się w celu uzyskania informacji na temat jej stanu technicznego. Wyniki pomiarów są nieocenionym źródłem informacji niezbędnych w prowadzeniu diagnostyki nawierzchni, a także w procesach poznawczych, służących zgłębianiu wiedzy na temat eksploatacji drogi kolejowej.

Rozwój technik pomiarowych warunkuje poszerzanie wiedzy na temat trwałości nawierzchni kolejowej, gdyż coraz więcej przyrządów pomiarowych umożliwia cyfrowy zapis danych pomiarowych. Zaletą większości z nich jest ciągły pomiar, co pozwala na przykład uzyskać kształt przekroju poprzecznego szyny co 0,5 m lub częściej, lub też pomiar parametrów geometrycznych toru co kilkadziesiąt milimetrów.

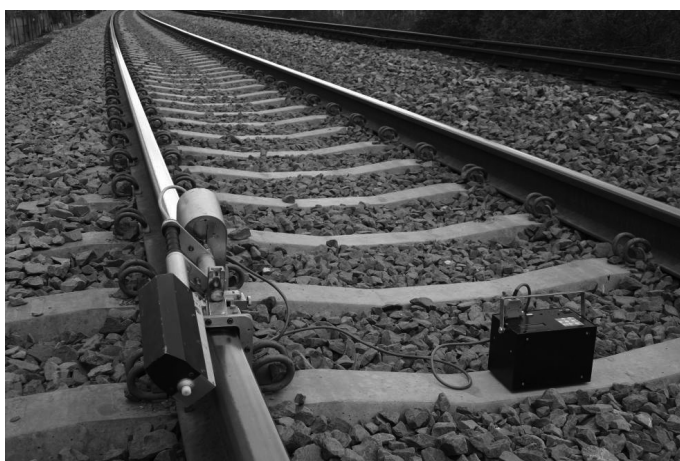
¹ Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa; e-mail: gstencil@ikolej.pl.

Coraz większa ilość informacji, które można uzyskać dzięki stosowaniu cyfrowych technik rejestracji jest szansą na zdobycie nowych doświadczeń badawczych. Jednocześnie nie lada wyzwaniem dla programistów jest umożliwienie użytkownikom programu sprawnego pozyskiwania kluczowych informacji. Zbyt duża liczba danych pomiarowych może się okazać zupełnie bezużyteczna, jeśli osoby zajmujące się interpretacją wyników nie będą miały wystarczających umiejętności, aby uzyskać i wyodrębnić informacje najbardziej istotne z punktu widzenia eksploatacji nawierzchni kolejowej.

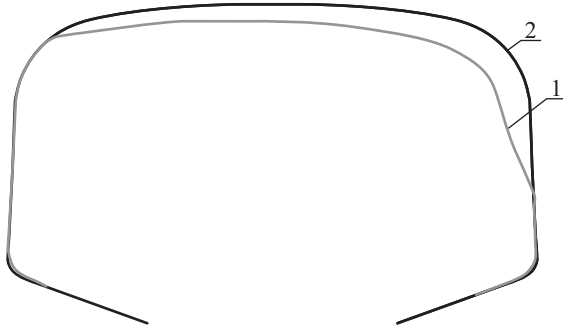
2. Metody pomiarów szyn

Pomiary najbardziej istotnego elementu drogi kolejowej wykonuje się zarówno przez sprawdzenie wymiarów szyny, jak i przez wykrywanie wad wewnętrznych specjalistycznymi metodami defektoskopowymi.

Przekrój poprzeczny szyny można zmierzyć za pomocą przyrządów laserowych. Przykład takiego przyrządu starszego typu, a także przykładowe wyniki pomiarów przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Pomimo że jest to przyrząd przenośny, ma on pewne niedoskonałości. W trakcie pomiaru przyrząd powinien być przymocowany zaciskiem śrubowym do główki szyny, co w przypadku wykonywania pomiarów w torze czynnym wymaga od pracowników zachowania szczególnych środków bezpieczeństwa. Dodatkowym ograniczeniem jest niezbyt duża pamięć przyrządu jak na nieustannie rosnące potrzeby w tym zakresie. Przykład przekroju poprzecznego główki szyny z widocznym zużyciem w porównaniu z przekrojem nominalnym przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Profilomierz laserowy



Rys. 2. Przykładowy wynik pomiaru profilomierzem laserowym:
1) przekrój zużyty, 2) przekrój nominalny

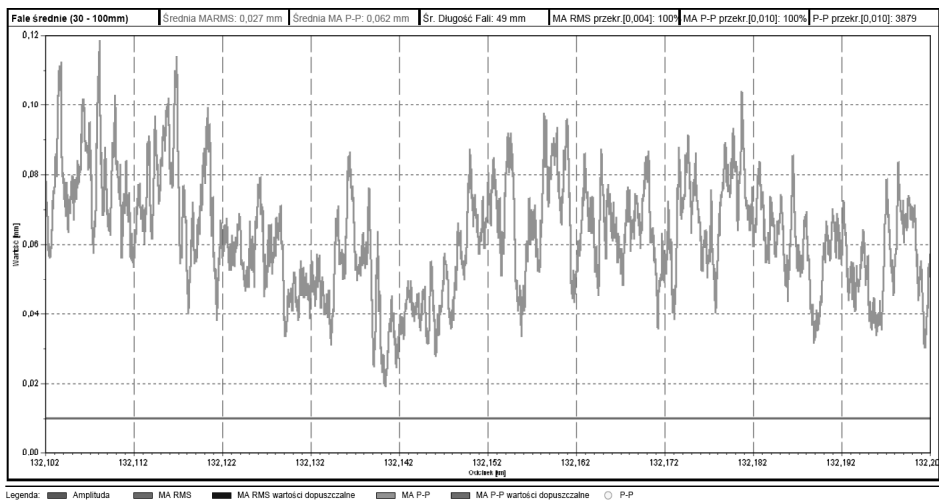
Obecnie konstruuje się przyrządy laserowe umożliwiające pomiar ciągły z krokiem pomiarowym wynoszącym nawet 1 mm. Przyrządy te są montowane na wózkach pomiarowych umożliwiając swobodną pracę, nie powodującą ograniczeń ruchowych na linii, albo na specjalistycznych drezynach pomiarowych. Rzetelne pomiary przyrządami laserowymi mogą być niekiedy trudne do wykonania, gdyż padające promienie słoneczne potrafią zakłócić sygnał w trakcie pomiarów, co powoduje uzyskanie zniekształconego profilu. W przypadku drezyn pomiarowych, rozwiązaniem może być wykonywanie badań w porze nocnej. W przypadku wózków pomiarowych jest wskazane zastosowanie głowic laserowych odpornych na działanie promieni słonecznych, umożliwiającą pomiar w dzień.

Przekrój podłużny szyn można kontrolować za pomocą miernika falistego zużycia. Przykład takiego miernika, a także przykładowe wyniki pomiarów przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Przyrządy do pomiarów przekroju podłużnego są montowane na większości maszyn służących do profilowania szyn. Jest to również standardowe wyposażenie nowoczesnych drezyn pomiarowych. Pomiar wykonuje się zazwyczaj z krokiem pomiarowym wynoszącym 1 mm. Wyniki prezentuje się najczęściej w postaci wykresów fal o długości w zakresach 10÷30, 30÷100, 100÷300, 300÷1000 mm. Z punktu widzenia problemów eksploatacyjnych związanych z falistym zużyciem szyn, najbardziej pomocne do oceny są wykresy fal z zakresu 30÷100 mm. Parametrem decydującym o konieczności profilowania szyn na danym odcinku, a także służącym do prognozy zakresu prac (np. liczby przejść szlifierki), jest średnia głębokość fal w tym zakresie. W nomenklaturze stosowanej w normach europejskich [4] zamiast o średniej głębokości fal, mówi się o średniej wartości *peak-to-peak* (P-P). Na rysunku 4 przedstawiono przykładowe wyniki pomiarów dużego zużycia falistego szyn. Średnia głębokość fali (oznaczona na wykresie jako średnia MA P-P) dla fal o długościach 30÷100 mm wynosi ponad 0,06 mm. Maksymalne głębokości fal z tego

zakresu przekraczają 0,1 mm. Tak duże zużycie faliste powoduje wyraźnie większy hałas od przejeżdżających pojazdów szynowych i powinno być usunięte przez profilowanie szyn.



Rys. 3. Miernik zużycia faliste szyn



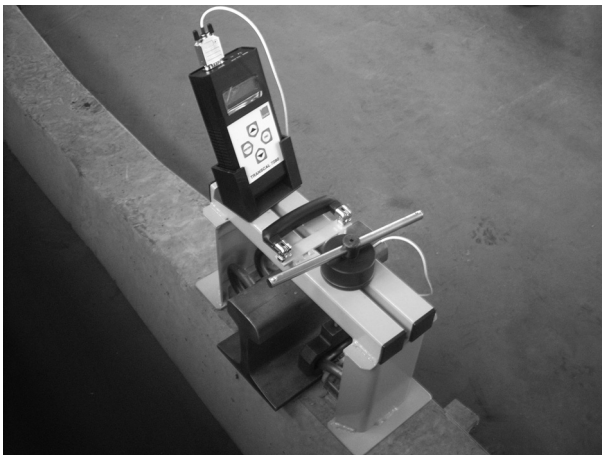
Rys. 4. Przykładowe wyniki pomiarów zużycia faliste szyn

Wykrywanie wad wewnętrznych w szynach dokonuje się za pomocą defektoskopów ultradźwiękowych i indukcyjnych, a także za pomocą metod penetracyjnych. Metody te są stosowane w hutach produkujących szyny, gdzie takim badaniom podlega 100% wyprodukowanych wyrobów. W diagnostyce nawierzchni najbardziej rozpowszechnione są badania ultradźwiękowe, które wykonuje się za pomocą poręcznych przyrządów przenośnych, przyrządów do pomiaru ciągłego

(np. jednotokowych) oraz przyrządów montowanych na wagonach pomiarowych. Metoda indukcyjna nie jest jeszcze w Polsce stosowana, choć biorąc pod uwagę skalę problemów związanych z wadami kontaktowo-zmęczeniowymi, na pewno byłaby przydatna. Defektoskopy indukcyjne będą prawdopodobnie elementem wyposażenia nowej drezyny pomiarowej, która ma być zakupiona przez PKP PLK S.A. Obecnie żaden z polskich producentów nie oferuje tego typu urządzeń, a urządzenia produkowane za granicą kosztują kilkadziesiąt tysięcy euro, co prawdopodobnie jest główną przyczyną małej popularności metody indukcyjnej w Polsce.

3. Metody pomiarów systemów przytwierdzeń

Możliwości pomiarów systemów przytwierdzeń w trakcie eksploatacji są ograniczone. Istnieje wiele znormalizowanych metod badawczych dotyczących systemów przytwierdzeń, ale niemalże wszystkie przewidują wykonywanie pomiarów w warunkach laboratoryjnych. Stan systemów przytwierdzeń w trakcie eksploatacji można sprawdzić przede wszystkim wizualnie oraz przez wymontowanie części składowych przytwierdzeń z nawierzchni i sprawdzenie w laboratorium [1], a także przez pomiary pośrednie (np. szerokość toru, pełzanie szyn). W ostatnich latach pojawiła się dodatkowa możliwość sprawdzenia systemów przytwierdzeń bezpośrednio w torze za pomocą przyrządu przedstawionego na rysunku 5. Wspomniana metoda pozwala na pomiar siły docisku. Nie należy jej utożsamiać wprost z metodą opisaną w normie [3], gdyż procedura badawcza jest nieco inna. Można jednak na podstawie takich pomiarów sprawdzać okresowo zmianę jednej z kluczowych właściwości systemu przytwierdzeń.



Rys. 5. Przyrząd do pomiaru w torze siły docisku łapki sprężystej

Pomiar polega na uniesieniu łapki sprężystej z jednoczesnym zanotowaniem potrzebnej do tego siły, która jest mierzona dynamometrem pierścieniowym. Uniesienie łapki sprawdza się przez pomiar szczeliny pomiędzy stopką szyny a elementem dociskającym (rys. 6). Przeprowadzone pomiary wskazują na skuteczność tej metody w ocenie trwałości przytwierdzeń. Sprawdzenie siły docisku pozwala na ocenę stopnia degradacji systemu przytwierdzeń. Analiza wyników wykazała, że w przypadku zużycia przekładek podszynowych objawiającym się zmniejszeniem ich grubości, siła docisku ulega zmniejszeniu.



Rys. 6. Sposób pomiaru w torze siły docisku łapki sprężystej

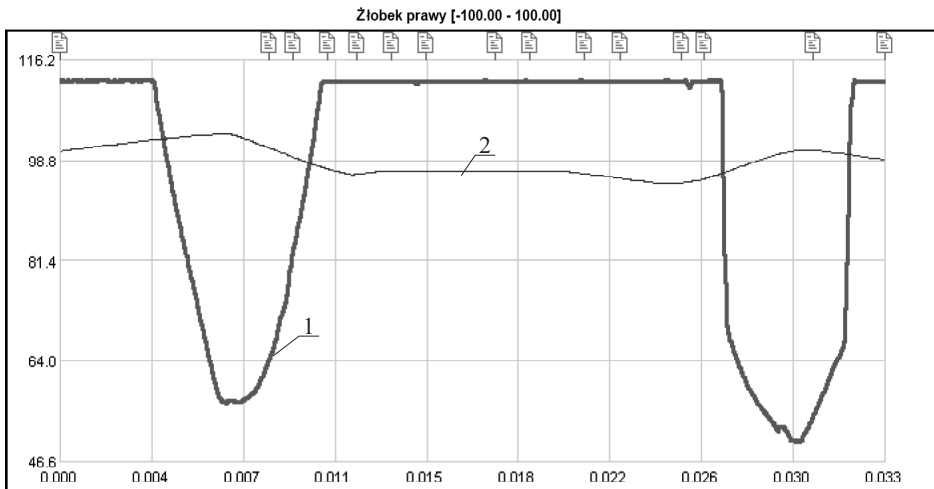
4. Metody pomiarów podkładów

Podobnie jak w przypadku systemów przytwierdzeń, ocena podkładów w eksploatacji odbywa się przede wszystkim przez obserwacje, a także pomiary pośrednie (np. szerokość toru). Szerokość toru i przechyłkę można mierzyć toromierzami ręcznymi, a także toromierzami samorejestrującymi i drezynami pomiarowymi, które pozwalają na pomiar ciągły. Urządzenia z możliwością pomiaru ciągłego można również wykorzystać do sprawdzenia nierówności pionowych i poziomych toków szynowych.

5. Metody pomiarów rozjazdów

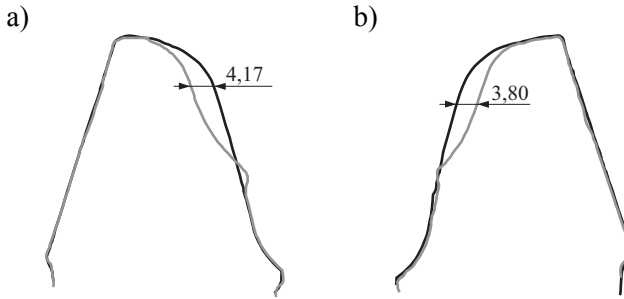
W pomiarach rozjazdów wykorzystuje się praktycznie wszystkie wcześniej opisane metody [5]. Ze względu na konstrukcję rozjazdów, dodatkowo wykonuje się wiele pomiarów geometrycznych, takich jak pomiary żłobków, odlegania iglic od

opornic, opórek i siodełek, a także pomiary zamknięć nastawczych. Pomiary żłobków również można wykonywać w sposób ciągły, za pomocą toromierza elektronicznego. Przykład wyników pomiarów przedstawiono na rysunku 7. Na osi pionowej można odczytać szerokość żłobka w milimetrach (linia 1), natomiast na osi poziomej kilometrąż rozjazdu. Pomiar przeprowadzono w rozjeździe o promieniu 215 m. Szerokość żłobka w okolicach 7 m jest równa odleganiu iglicy od opornicy. Zmiana wykresu w okolicy 30 m oznacza żłobek w urządzeniu kierownicy. Linia 2 na wykresie pokazuje linię trendu, prostokąty na górze wykresu oznaczają miejsca, w których dokonano również pomiaru szerokości.



Rys. 7. Wyniki pomiarów żłobków w rozjeździe:
1) szerokość żłobka, 2) linia trendu

Pomiary przekrojów poprzecznych części rozjazdów wykonuje się suwmiarkami rozjazdowymi lub profilografami mechanicznymi i mechaniczno-elektronicznymi. W ostatnim czasie są dostępne również przyrządy laserowe. Przykład wyników pomiarów profilografem mechaniczno-elektronicznym przedstawia rysunek 8, na którym zaprezentowano iglice łukowe dwóch rozjazdów zwyczajnych, wykonane ze stali gatunku R 260, po półrocznej eksploatacji. Pomimo tak krótkiego okresu eksploatacji, zużycie boczne osiąga 4 mm. Rozjazdy zabudowano podczas modernizacji stacji i przyległych do niej odcinków linii. Szacowane obciążenie tych rozjazdów w okresie półrocznej eksploatacji mogło wynieść nawet 20 Tg. Można się domyślić, że jazda po tych rozjazdach odbywała się przeważnie w kierunku zwrotnym, co wynikało z harmonogramu robót [6].



Rys. 8. Wyniki pomiarów przekroju poprzecznego iglic łukowych:
a) rozjazd X, b) rozjazd Y

6. Analiza i interpretacja wyników

Nawet najdokładniejsze wyniki będą bezużyteczne, jeśli diagnosta nie będzie miał niezbędnej wiedzy na temat metody pomiarowej oraz zjawisk zachodzących w eksploatowanej nawierzchni. Na przykład w wyniku pomiaru danego toru zwykłym toromierzem można uzyskać wartości przechyłki i szerokości różniące się o 1 lub nawet o 2 mm. Wynik jest uzależniony od biegłości pomiarowej osoby dokonującej pomiaru, precyzji ustawienia toromierza w torze, precyzji ustawienia libelli, czy wreszcie dokładności toromierza (nie wspominając o właściwym jego wzorcowaniu). Zatem wyciąganie zbyt pochopnych wniosków na podstawie pomiarów wykonanych toromierzem w danym odstępnie czasu, w przypadku niewielkich różnic w wynikach pomiarów będzie co najmniej nierozsądne.

7. Podsumowanie

Pomimo wielu zmian, jakim jest poddawana konstrukcja nawierzchni, podstawy pomiarów nawierzchni kolejowej opisane w [2] są do dziś z powodzeniem stosowane. Sprzęt pomiarowy obecnie stosowany pozwala na uzyskanie coraz dokładniejszych wyników w krótszym czasie, a także umożliwia ich cyfrową rejestrację. Dla mniej doświadczonych inżynierów jedynym problemem jest odpowiedni dobór wykorzystywanych wyników pomiarów i właściwa ich interpretacja.

Literatura

1. Antolik Ł.: *Przydatność eksploatacyjna przekładek podszytowych a wymagania norm europejskich*, Problemy Kolejnictwa, z. 152, Warszawa 2011, s. 9–19.
2. Bałuch H.: *Trwałość i niezawodność eksploatacyjna nawierzchni kolejowej*, WKiŁ, Warszawa, 1980.
3. PN-EN 13146-7:2012: Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 7: Określenie siły docisku.
4. PN-EN 13231-3:2012 Kolejnictwo – Tor – Odbiór prac – Część 3: Odbiór reprofilowanych szyn w torze.
5. Stencel G.: *Badania rozjazdów kolejowych przystosowanych do dużych prędkości, wykonywane przez IK*, Problemy Kolejnictwa, z. 153, Warszawa 2011, s. 147–158.
6. Stencel G.: *Dobór składników nawierzchni kolejowej ze względu na jej trwałość*, Inżynier Budownictwa nr 2/2013, s. 113–116.

Measurement Methods of Railway Track Used in the Estimation of its Durability

Summary

The paper presents the possibility of measurement used to estimation the durability of the railway track. Measurement methods of geometry track and switches, as well as research opportunities of railway track elements were described. The possibilities of measurements both rail geometric parameters as well as non-destructive testing were presented. In the field of measurement fastening systems a novel instrument for measuring the contact force of elastic clamp in track. The results of a switch study using a system with capable of measuring continuous flange in the crossing were presented. For the selected measuring instruments examples of the results of measurements were presented. Article draws attention to the need for knowledge of measurement techniques for assessing the results of those measurements. The importance of such knowledge and skills are shown by way of example. In summary assesses the usefulness of the measurement methods and their importance in the analysis of the durability of the railway track.

Keywords: railway track, durability, measuring method