

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



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 miejsca 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).

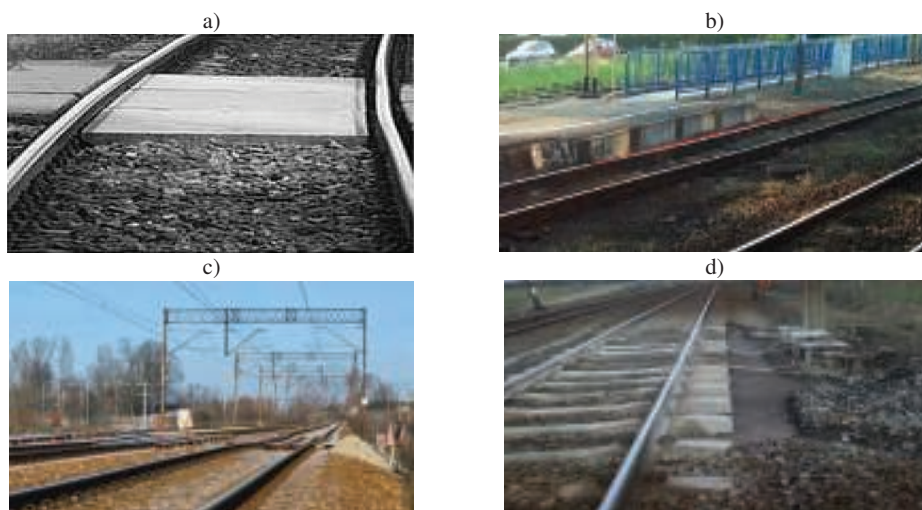
Istnienie imperfekcji w torze kolejowym prowadzi do postępującej degradacji nawierzchni kolejowej, a także do zwiększonych kosztów utrzymania.

Zmniejsza się również bezpieczeństwo ruchu i komfort podróżnych, 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]:

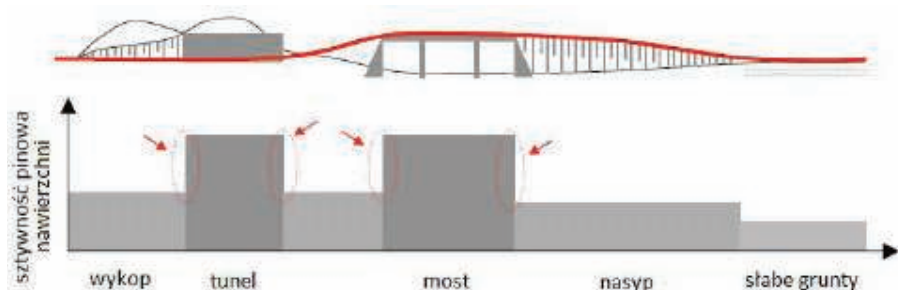
- imperfekcje wynikające ze specyfiki drogi kolejowej (pokazane na rys. 2);
- imperfekcje wynikające z błędów człowieka;
- o powstające z błędów przy projektowaniu;
- o powstające z nieodpowiedniej technologii budowy;

- 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);

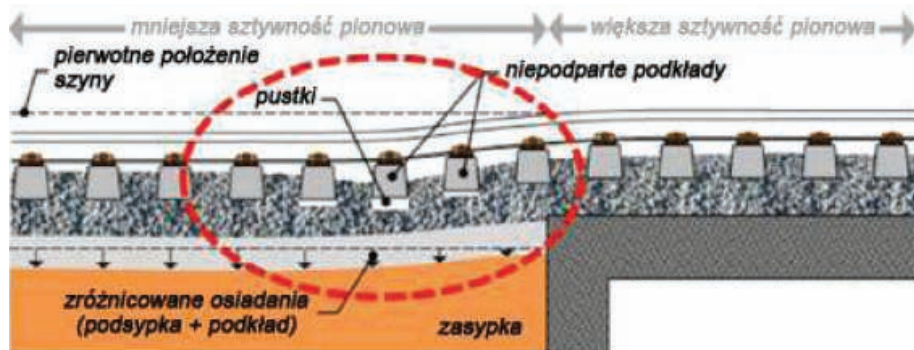


1. Przykłady powstających imperfekcji w torze kolejowym [21]

a) nierówności toru w strefie przejazdu kolejowego; b) deformacje w obrębie przejścia podziemnego (nierównomierne podparcia toru kolejowego; kolorem czerwonym zaznaczono pierwotne położenie toru); c) nierówność podczas budowy przepustu; d) odślonięcie 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, złamania, 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 pod-

- łoża;
- 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

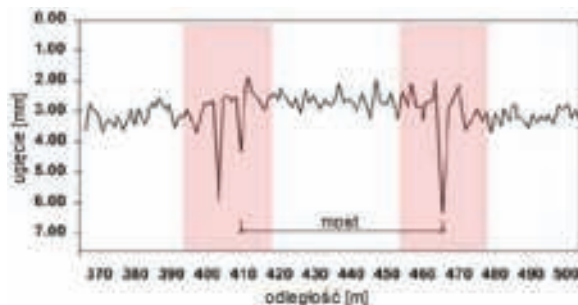
Na długości drogi kolejowej występują rzeczywiste odcinki linii kolejowych o zróżnicowanych rozwiązaniach konstrukcyjnych nawierzchni oraz podtorza kolejowego, a także specjalne budynki, obiekty inżynierskie i urządzenia przeznaczone do prowadzenia ruchu kolejowego [7,8,21]. Skutkiem zmieniającej się 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



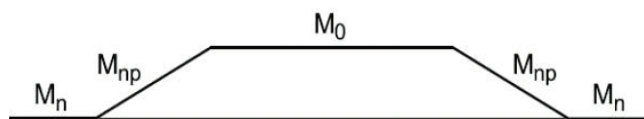
4. Profil ugięcia toru kolejowego na obiekcie mostowym i przyległych odcinkach pod obciążeniem [21]

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:

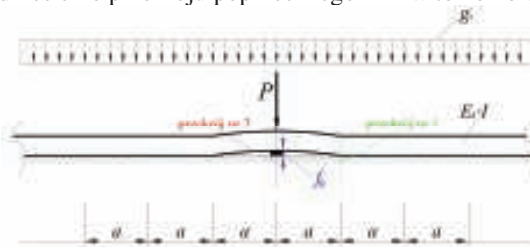
- obniżenia jednego przekroju poprzecznego w badanym torze kolejowym,
- podniesienia jednego przekroju poprzecznego w badanym torze kolejowym.

Przyjęto następujące schematy po-

a) obniżenie przekroju poprzecznego nr 2 w torze kolejowym



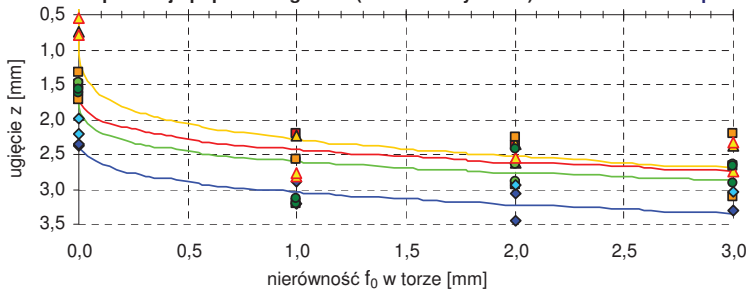
b) podniesienie przekroju poprzecznego nr 2 w torze kolejowym



6. Schematy wywołanych nierówności w torze kolejowym [6]

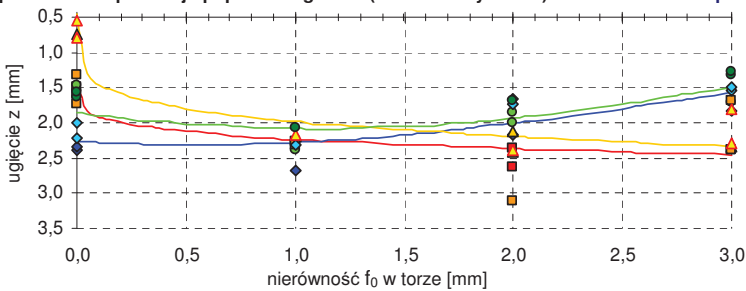
gdzie: f_0 – nierówność wywołana w torze kolejowym [mm]; P – przyłożona siła [MN]; $E_s I$ – sztywność toru w płaszczyźnie pionowej [MNm²]; g_1 – ciężar toru [MN/m]; a – rozstaw podkładów [m].

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

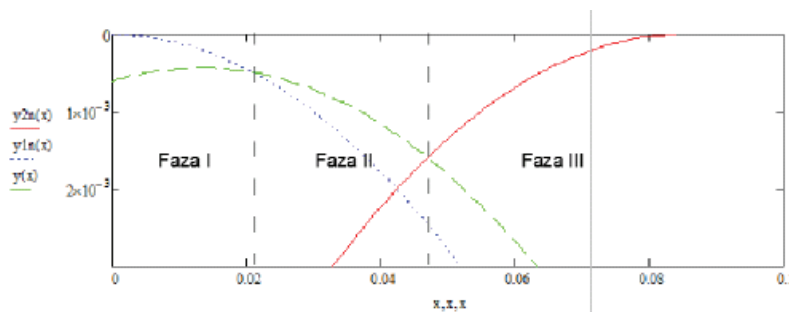


- ugięcie szyny w przekroju nr 1: $z_1^{sz}(f_0) = 0,8104 \cdot (f_0)^{0,2201} + 1,4239$
- ugięcie szyny w przekroju nr 2: $z_2^{sz}(f_0) = e^{0,81939 + 0,07137 \cdot f_0 - 0,06591 \cdot (f_0)^2}$
- ugięcie podkładu w przekroju nr 1: $z_1^{pod}(f_0) = 1,5453 \cdot (f_0)^{0,1857} + 0,4396$
- ugięcie podkładu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

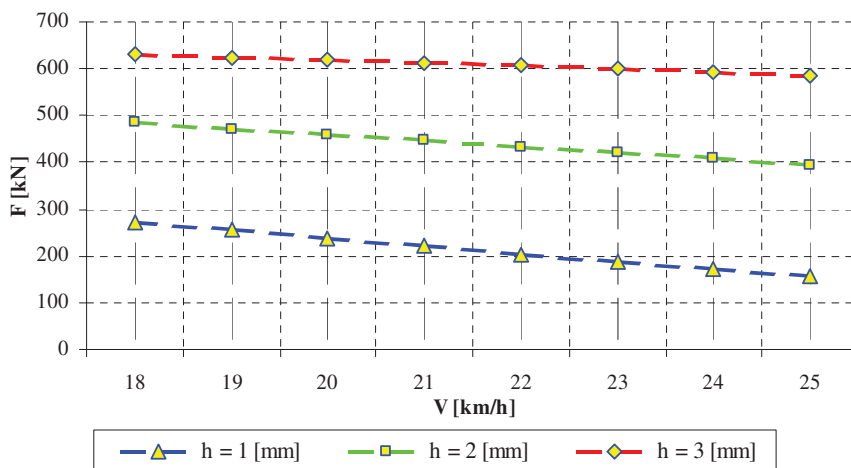
W przypadku przekroczenia prędkości krytycznej [13], trajektoria ruchu w fazie drugiej odbywa się po zielonej przerywanej linii. Wraz ze zwiększaniem prędkości pociągu ponad prędkość krytyczną, moment oderwania się koła od szyny następuje wcześniej, natomiast uderzenie w główkę szyny później. Jeżeli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

Dodatkowa siła wynikająca z płaskiego miejsca na kole

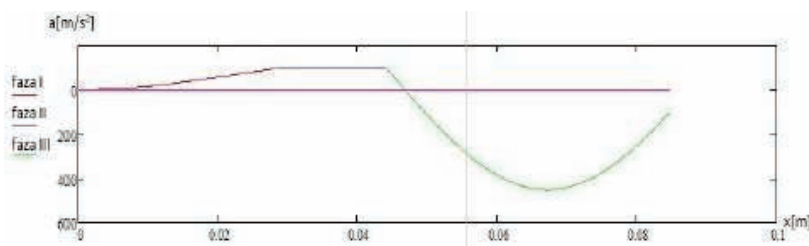
W przypadku wystąpienia płaskiego miejsca na kole najniekorzystniejszą prędkością pociągu, która wywołuje największe przyspieszenia przeciążające, jest prędkość nie przekraczająca wartości $V=25$ [km/h] [13]. Do obliczeń przyjęto miejsca płaskie o głębokości kolejno $h=1, 2$ i 3 [mm] (rys. 8a). Przyjęto 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 prę-



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 zmniejszenie 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 prace 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 eksploatacyjnym 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 osiąganiu pełnych efektów wzmocnienia podtorza 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 bezстыkowego. Przegląd Kolejowy, nr 5, 1993,
- [18] Szumierz W., Stefanek J.: Model współdziałania mostu z torem bezстыkowym 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 bezстыkowego 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 jezdnii, bez konieczności schodzenia pod ziemię. Termin budowy to zaledwie 3-4 lata - jak wyliczyli specjaliści. Alstom rozpoczęła 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 przewidzianej na ten cel kwoty. Tym razem Zarząd Województwa Małopolskiego wraz z miastem Nowy Sącz i gminą Chełmiec przeznaczili 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 zapowiedzi, 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 Nędza, 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 (...).