

BADANIA EKSPERYMENTALNE PODTORZA KOLEJOWEGO¹

Marek Krużyński

prof. nadzw. dr hab. inż., Zakład Infrastruktury Transportu Szynowego, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wroclawska, 50-370 Wrocław, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, tel. +48 71 320 2332, e-mail: marek.kruzynski@pwr.wroc.pl

Ewelina Kwiatkowska

mgr inż., Zakład Infrastruktury Transportu Szynowego, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wroclawska, 50-370 Wrocław, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, tel. +48 71 320 4556, e-mail: ewelina.kwiatkowska@pwr.wroc.pl

Streszczenie. Niniejsza praca prezentuje innowacyjną metodę pomiarów dynamicznych podtorza kolejowego zastosowaną na odcinku testowym toru kolejowego. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem wzbudnika rotacyjnego, jako symulacje przejazdu pojazdu szynowego. Mają one charakter wstępny i stanowią punkt wyjścia do opracowania nowej metody pomiarowej parametrów dynamicznych podtorza kolejowego w celu poprawy konstrukcji projektowania i budowy linii kolejowych.

Słowa kluczowe: linie kolejowe, podtorze kolejowe, dynamika

Wprowadzenie

Metody badań podtorza kolejowego dzielimy na geotechniczne i geofizyczne. Stosuje się również podział na badania mające na celu określenie cech gruntu i parametrów podłoża. Ze względu na miejsce badań dzielimy na: polowe (terenowe) i laboratoryjne, ze względu na czas badań: jednorazowe, długotrwałe i stałe. Metoda geotechniczna to między innymi wiercenie, sondowanie i pobieranie próbek gruntu. Badania geotechniczne są bardzo trudne do wykonania na liniach eksploatowanych we względu na ruch pociągów. Metoda geofizyczna, jaką jest między innymi metoda sejsmiczna jest skażona licznymi zakłóceniami uniemożliwiającymi dokładną interpretację wyników pomiarów. Najczęściej badania podtorza kolejowego mają szerszy zakres i obejmują kilka metod badawczych: ocenę wizualną podtorza, badania polowe, laboratoryjne[1]

Niniejsza praca ma na celu przedstawienie innowacyjnej metody badawczej podtorza kolejowego. Zaprezentowane wyniki badań dynamicznych podtorza kolejowego charakteryzują eksperymentalne badania mające na celu pomiar przemieszczeń pionowych podtorza wywołanych przez obciążenie dynamiczne generowane przez wzbudnik drgań i przekazywanych na konstrukcję toru. Wykorzystany wzbudnik rotacyjny symulujący przejazd pojazdu szynowego generuje drgania z zakresu od 5 Hz do 20 Hz.

1 Wkład autorów w publikację: Krużyński M. 30%, Kwiatkowska E. 70%

Metoda badawcza

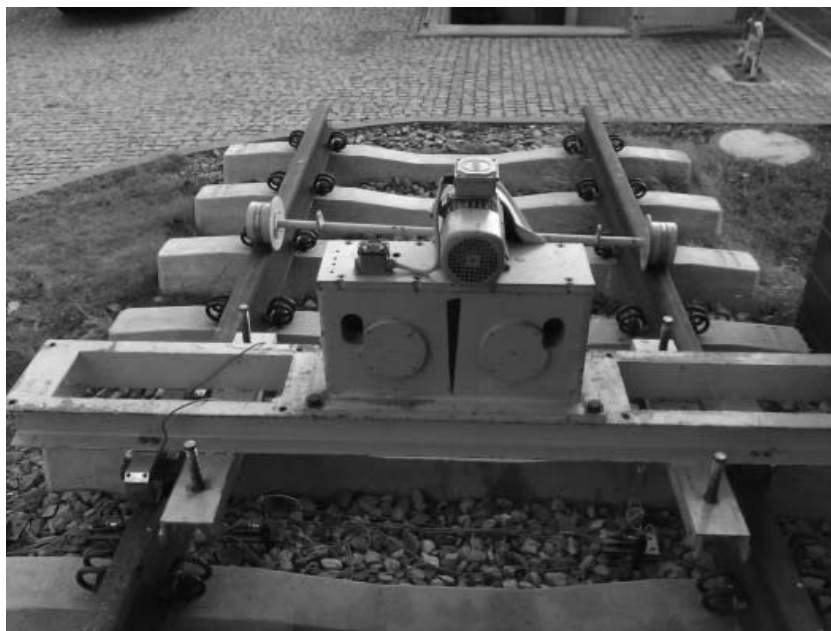
Metoda badawcza obciążeń dynamicznych przekazywanych przez konstrukcję nawierzchni kolejowej na podtorze kolejowe wykorzystuje zestaw pomiarowy zbudowany z:

- wzbudnika bezwładnościowego rotacyjnego,
- czujników przyśpieszeń,
- siłomierzy pałkowych,
- falownik,
- osi z kołami jezdnyymi,
- podstawy z obudową do czujników przyspieszeń.

Wzbudnik bezwładnościowy rotacyjny wykorzystano jako źródło wymuszenia drgań nawierzchni kolejowej symulujące przejazd pojazdy szynowego. Zaprezentowany wzbudnik został zaprojektowany i zbudowany przez Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji we współpracy z Instytutem Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej [2]

Wzbudnik bezwładnościowy rotacyjny składa się z (rys. 1):

- wzbudnika drgań z silnikiem firmy Stöber o mocy 1.1 kW,
- 3 pałkowych czujników siły,
- ramy wsporczej z 2 ceowników 120 mm,
- 3 klamry zaciskowe służące do przymocowania ramy i siłomierzy do szyn,
- falownika do sterowania silnikiem wzbudnika (rys. 2),
- 2 osi z kołami do transportu zestawu po szynach,
- generatora trójfazowego prądu przemiennego o mocy 4 kW.

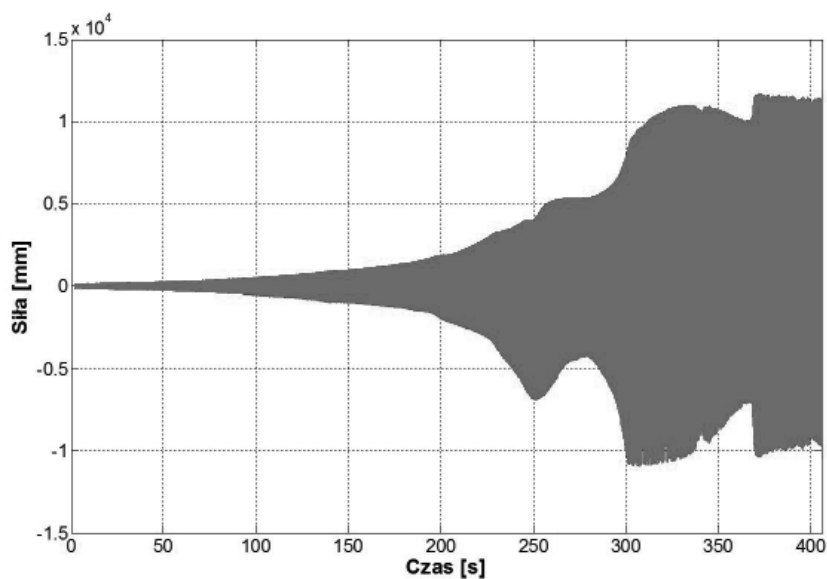


Rys. 1. Wzbudnik bezwładnościowy rotacyjny wraz z siłownikami pałkowymi, oś z kołami jezdnyymi

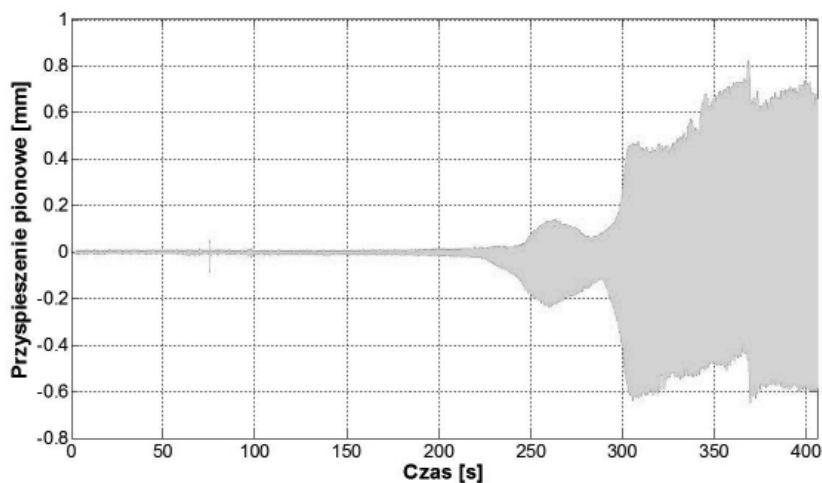


Rys. 2. Falownik

Konstrukcja wzbudnika umożliwia określenie amplitud siły wymuszającej, w zależności od częstości obrotowej mas. Falownik pozwala przeliczać ustawienia częstości (w [Hz]) w programie komputerowym na częstość obrotową wirnika silnika.



Rys. 3. Wykres pomierzonych wartości siły podczas pojedynczej próby {2}



Rys. 4. Wykres pomierzonych przyspieszeń pionowych podczas pojedynczego eksperymentu {2}

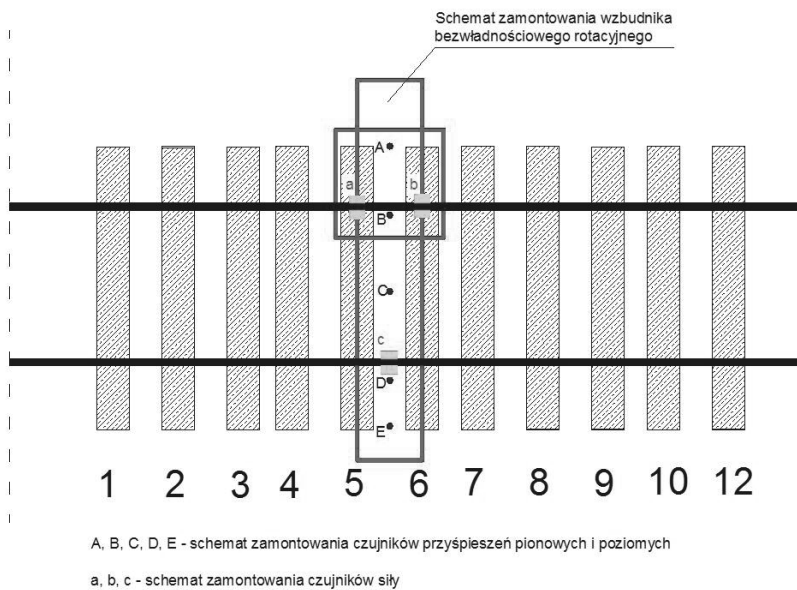
Badania wstępne

Badania wstępne zostały przeprowadzone na odcinku toru kolejowego ułożonego obok Laboratorium Instytutu Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej w listopadzie 2011 r. Badania miały na celu sprawdzenie prototypowej techniki pomiarowej z wykorzystaniem wzbudnika drgań na torze kolejowym, symulującego przejazd pojazdu szynowego.

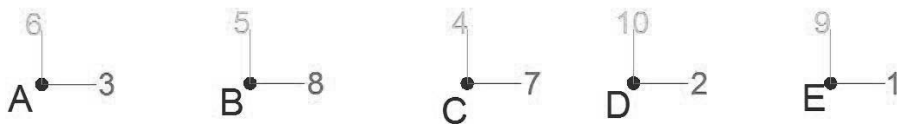
Analizowany odcinek toru kolejowego składa się z 12 podkładów strunobetonowych ułożonych na 10 cm warstwie tłucznia. Prowadzone badania mają charakter poglądowy i autorzy są świadomi tego, że układ toru kolejowego o nieprawidłowym zasypaniu warstwą tłucznia traci swoje właściwości nośne.

Starano się w miarę możliwości w pełni oddać budowę stanowiska badawczego. Obudowy do czujników przyspieszeń zamontowano w osi okienka między podkładami nr 5 i 6 (rys. 5).

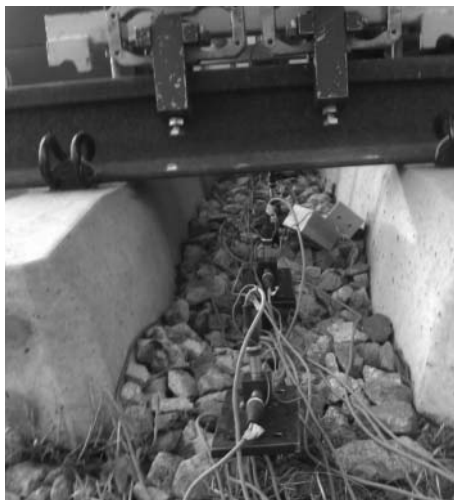
Montaż stanowiska rozpoczęto od umocowania podstaw i obudów do czujników w okienku między podkładami nr 5 i 6. Podstawę czujników stanowił pręt o długości 50 cm zakończony stalową kostką umożliwiającą prostopadle wkręcenie czujnika przyspieszeń. Cztery podstawy zostały zamontowane w osi okienka między podkładami w odstępach co 40 cm (rys. 7).



Rys. 5. Schemat stanowiska badawczego zrealizowanego w badaniach wstępnych z podkładami struno-betonowymi

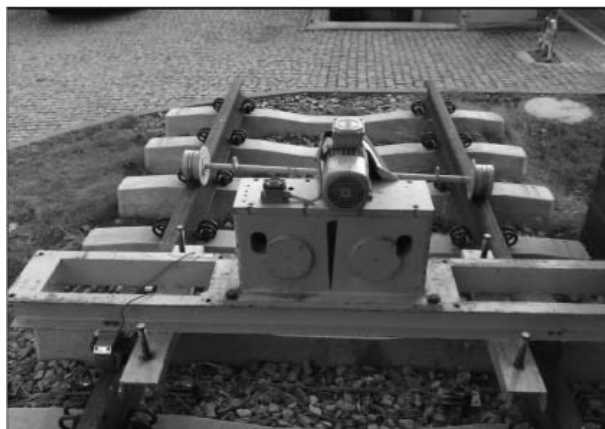


Rys. 6. Schemat układu czujników pomiarowych zamontowanych w punktach A, B, C, D, E
Zielone punkty oznaczone numerami 6, 5, 4, 10, 9 wskazują czujniki przyspieszeń pionowych,
Fioletowe punkty oznaczone numerami 3, 8, 7, 2, 1 wskazują czujniki przyspieszeń poziomych



Rys. 7. Podstawy czujników wraz z czujnikami przyspieszeń pionowych i poziomymi

Wzbudnik drgań umieszczono w osi toru i wraz ze stalową ramą został przy-
mocowany do szyn przy użyciu trzech siłomierzy pałkowych. W czasie montażu
wykorzystano zestaw kół umożliwiający transport wzbudnika wzdłuż toru (rys. 8).



Rys. 8. Zestaw pomiarowy: wzbudnik drgań, rama nośna, czujniki pomiarowe wraz z obudowami i zestaw kół

Zamontowany układ pomiarowy został podłączony do falownika, a czujniki
przyśpieszeń pionowe i poziome wraz z czujnikami siły do stacji rejestrującej SPI-
DER (rys. 9).



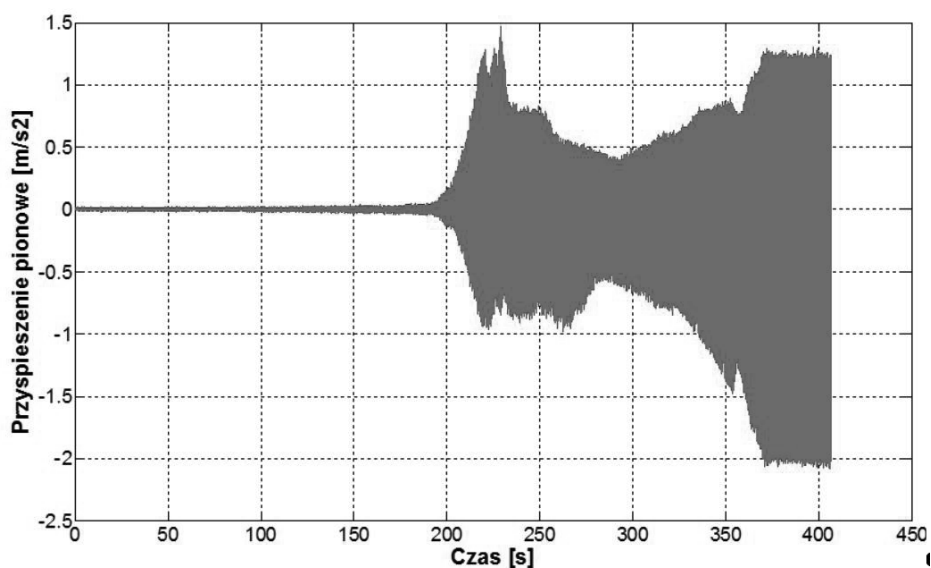
Rys. 9. Stacja rejestrująca SPIDER wraz z komputerem

Wyniki badań wstępnych

Do badania wykorzystano pięć zestawów pomiarowych. Jeden zestaw pomiarowy składał się z dwóch czujników przyspieszeń pionowego i poziomego. Łącznie do badań wykorzystano 10 czujników, które dla potrzeb analizy oznaczano od data 1 do data 10.

Badanie przeprowadzono w 5 próbach i analizie poddano zakres częstotliwości generowanych przez wzбудnik z zakresu od 5 Hz do 20 Hz.

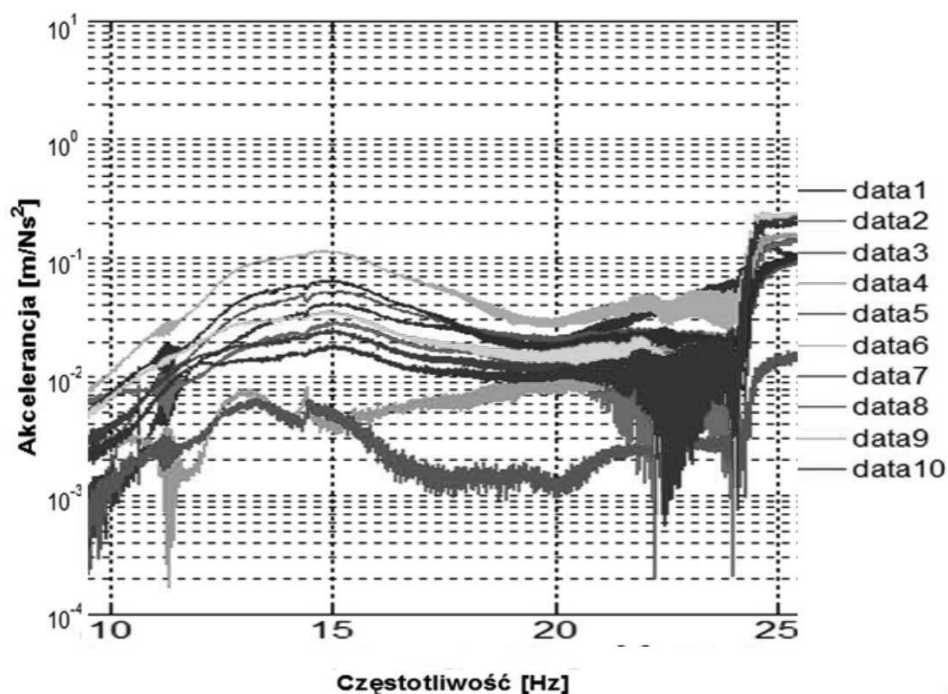
W pierwszym etapie analizy wstępnej przedstawiono zmiany przyspieszeń pionowych zarejestrowanych czujnikiem nr 1 w czasie realizacji (na rys. 10 oznaczonym jako A) pojedynczego eksperymentu.



Rys. 10. Zmiany przyspieszeń pionowych zarejestrowanych czujnikiem nr 1 w czasie realizacji pojedynczego eksperymentu z podkładami strunobetonowymi

Analiza przyspieszeń pionowych wykazuje, że po upływie około 200 sekund następują znaczące zmiany w poziomie przyspieszeń, sugerując, że po upływie tego czasu zachodzą największe zmiany w układzie.

W celu sprawdzenia jak zachowuje się cały układ pomiarowy przeprowadzono analizę funkcji odpowiedzi częstotliwościowej dla wszystkich czujników, uzyskanej z uśrednienia dla wszystkich powtórzeń eksperymentu. Wynik uśrednianej pracy układu pokazuje, że pomiary przeprowadzone na krótkim odcinku toru kolejowego niezasypanego prawidłowo podsypką tłoczną, wykazują znaczne różnice w odpowiedzi częstotliwościowej układu (rys. 11).



Rys. 11. Funkcje odpowiedzi częstotliwościowej dla wszystkich czujników uzyskane z uśrednienia dla wszystkich powtórzeń eksperymentu z podkładami strunobetonowymi

W czasie analizy komputerowej czujnikom przyspieszeń pionowych i poziomych oznaczonych od 1 do 10 nadano oznaczenie odpowiednio data 1 do data 10. Analizie poddano wyniki odpowiedzi funkcji częstotliwościowej wszystkich czujników uzyskanych z uśredniania powtórzeń eksperymentu. Stwierdzono, że czujnik oznaczony numerem 6 (data 6) znajdujący się w punkcie pomiarowym oznaczonym jako A wykazuje największą wartość akceleracji w kierunku pionowym w zakresie częstotliwości od 8 do 23 Hz. Czujnik numer 10 (data 10) znajdujący się w punkcie D badanego schematu wykazuje najmniejsze wartości akceleracji w zakresie częstotliwości od 15 do 23 Hz (rys. 6), również w kierunku pionowym.

Przeprowadzono analizę w zakresie drgań od 12 do 23 Hz ponieważ wzbudzenie drgań generowanych przez wzbudnik rotacyjny było w zakresie od 5 Hz do 23 Hz. Zakres od 5 Hz do 12 Hz charakteryzuje się dużym zaszumieniem odczytów, w związku z czym nie został poddany analizie. Częstotliwość drgań powyżej 23 Hz zostały zinterpretowane również jako szum. Przyspieszenia pionowe charakteryzują się dużą zmiennością wartości akceleracji w zależności od punktu pomiarowego. Analizowany zakres akceleracji dla czujników pionowych wynosi od 0.1 m/Ns² do 0,001 m/Ns², a przy poziomych od 0.04 m/Ns² do 0,008 m/Ns². Z przedstawionej analizy wynika, że przyspieszenia poziome nie wykazują dużej zmienności akceleracji w warunkach przeprowadzonych badań, w przeciwieństwie

do przyspieszeń pionowych o większym zakresie drgań. Stwierdzono, że w dalszym etapie prac badawczych zostaną poddane dokładniejszej analizie przyspieszenia pionowe podtorza kolejowego generowane przez wzbudnik drgań w rzeczywistym torze.

Obserwacje podczas pomiarów wykazały, że układ w wyniku zwiększania zakresu częstotliwości zaczyna drgać, odrywając się od powierzchni gruntu. Obserwacja ta utwierdziła autorów w przekonaniu o celowości przeprowadzania badań dynamicznych toru kolejowego na ciągłym układzie torowym o prawidłowej konstrukcji nawierzchni kolejowej.

Przeprowadzone badania wstępne stanowią pierwszy etap w opracowaniu innowacyjnej metody badawczej obciążeń dynamicznych podtorza kolejowego. W dalszym etapie prac badania eksperymentalne zostaną przeprowadzone na torze kolejowym zbudowanym z podkładów drewnianych, strunobetonowych i strunobetonowych z wibroizolacją [3, 4].

Literatura

- [1] Skrzyński E., Podtorze kolejowe, 2010.
- [2] Zwolski J., Autoreferat rozprawy doktorskiej pt: „Wyznaczenie cech dynamicznych konstrukcji mostowych za pomocą wzbudników drgań”. Instytut Inżynierii Lądowej, Politechnika Wroclawska.
- [3] Krużyński M., Kwiatkowska E., Ochrona torowiska w efekcie stosowania wibroizolacji podkładów kolejowych. Przegląd Komunikacyjny 9-10. 2012.
- [4] Krużyński M., Kwiatkowska E., Gisterek I., Możliwości przystosowania podsypkowej nawierzchni kolejowej do eksploatacji z dużymi prędkościami. Nowoczesne Technologie i Systemy Zarządzania w Kolejnictwie 2011.

