

Jan ADAMCZYK¹
Jan TARGOSZ²

KONCEPCJA OGRANICZENIA DRGAŃ OD POJAZDÓW SZYNOWYCH NA DWORCACH KOLEJOWYCH

Jedną z możliwości ograniczenia oddziaływań dynamicznych od transportu szynowego jest zastosowanie złożonych obiektów wibroizolacji gdy masa elementu wibroizolującego jest znaczna, a tak jest w przypadku maszyn i urządzeń transportowych, gdy wymiary geometryczne elementów układu wibroizolacji, upodobniają się do płyty, modelowanie układu wibroizolacji jako układu dyskretnego niesie za sobą ogromne zagrożenia. W pracy przedstawiono koncepcję ograniczenia oddziaływań dynamicznych pojazdów szynowych, kolejowych i tramwajowych głównie w torowiskach zabudowanych na dworcach, przystankach i konstrukcjach inżynierskich. Na jego bazie opracowano model cyfrowy, który poddano symulacji pod kątem rozchodzenia się drgań do otoczenia. Wyniki symulacji stanowiły podstawę opracowania układu wibroizolacji dla pojazdów szynowych kolejowych których trasa przebiega na konstrukcjach inżynierskich typu dworzec, wiadukt.

CONCEPTION OF METHODS REDUCING DYNAMIC INFLUENCES CAUSE BY RAILROAD ON THE RAILSTATION

The result of this paper are basic rules of the selection of vibroisolation system elements in designing object along important transportation arteries (rail station, tram lines, level crossing), so that influence on the surrounding was minima. The paper also provides guidelines for constructing such objects and examples of their real-objects applications.

1. WSTĘP

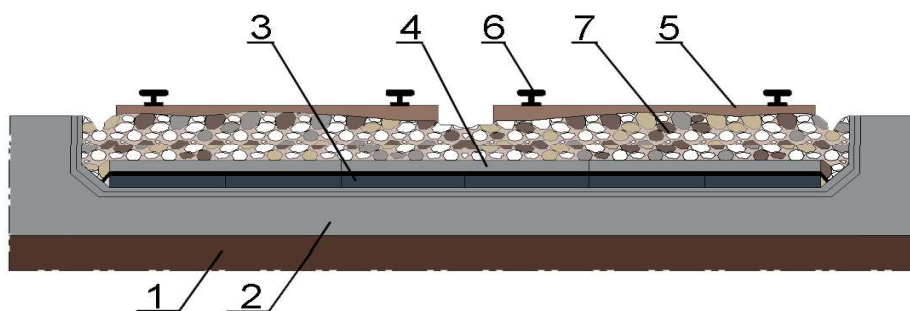
Tory kolejowe eksploatowane w kraju, charakteryzują się dużą różnorodnością rozwiązań konstrukcyjnych. Wynika to z lokalnych warunków, doświadczeń oraz

¹ Prof. Dr hab. inż. Jan Adamczyk, AGH w Krakowie, Katedra Mechaniki I Wibroakustyki
Al.Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

² Dr inż. Jan Targosz, AGH w Krakowie, Katedra Robotyki i Mechatroniki
Al.Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

*Adres autora: jantargosz@interia.pl

możliwości wykonawczych i materiałowych przewoźników. Podstawowym podziałem torów kolejowych jest podział na tory wydzielone i wbudowane. Proponowana konstrukcja torowiska składa się z warstwy uwałowanej ziemi na której spoczywa płyta betonowa denna. Na płycie betonowej dennej ułożone są gumowe płyty perforowane stanowiące element elastyczny wibroizolacji, na których posadowiona jest płyta betonowa dociskowa stanowiąca tzw. masę inercyjną. Następnie, na płycie dociskowej umieszczono podsypkę piaskową a na niej dwie warstwy tłucznia o zmiennej granulacji. Ostatnia warstwa tłucznia sięga poziomu podkładu strunobetonowego do którego zostały przymocowane poprzez podkładki elastyczne szyny. Mocowanie szyn do podkładu zrealizowane jest za pomocą sprężyn SB 30c. W przypadku konstrukcji urbanistycznych na których przebiega torowisko niezbędne jest zastosowanie podwójnej hydroizolacji, którą w tym przypadku stanowi warstwa taśm gumowych położonych za pośrednictwem masy termoplastycznej na płycie betonowej dennej i wibroizolacyjnej warstwie płyt gumowych perforowanych.



Rys.1. Tor na układzie wibroizolacji (wersja peronowa lub wiaduktowa)

Rozwiązanie wibroizolacji torowiska kolejowego przedstawiono na powyższym rysunku. Na planowany i zniwelowany grunt lub konstrukcję inżynierską, na zwarte podłoże toru 1 posadowiona jest płyta betonowa denna 2, w przypadku konstrukcji inżynierskich można ją pominąć, ułożone są płyty gumowe perforowane 3 o wymiarach 1000x900x 20 ÷ 40 mm. Na płyty gumowe perforowane 3, stanowiące układ wibroizolacji posadowiona jest masa inercyjna 4 (płyta dociskowa). Jako masę inercyjną można zastosować płyty betonowe. Na płycie dociskowej posadowione będą podkłady kolejowe 5 wraz z szynami 6 albo przymocowane do podkładów osadzonych na podsypce z tłuczni 7. Wszystkie szczeliny powstałe przy układaniu płyt betonowych powinny być wypełnione warstwą termoplastyczną, której zadaniem jest zabezpieczenie przed penetracją wody. Ten typ torowiska zapewnia równomierne rozłożenie obciążeń zarówno statycznych jak i dynamicznych.

Konstrukcję torowiska wibroizolowanego, pomijając zalety wyżej opisanych torowisk cechują następujące zalety:

- większa trwałość,
- znaczne ograniczenie emisji drgań i hałasu,
- brak specjalnych wymagań dotyczących sprzętu specjalistycznego,

- czas wykonania nie przewyższa czasu wykonania torowiska tradycyjnego.

Do wad należy zaliczyć:

- częsty nadzór ze względu na sposób mocowania szyn,
- nadzór, szczególnie w okresie jesiennym prawidłowego działania odwodnienia.

Obie te wady są także wadami pozostałych typów torowisk kolejowych.

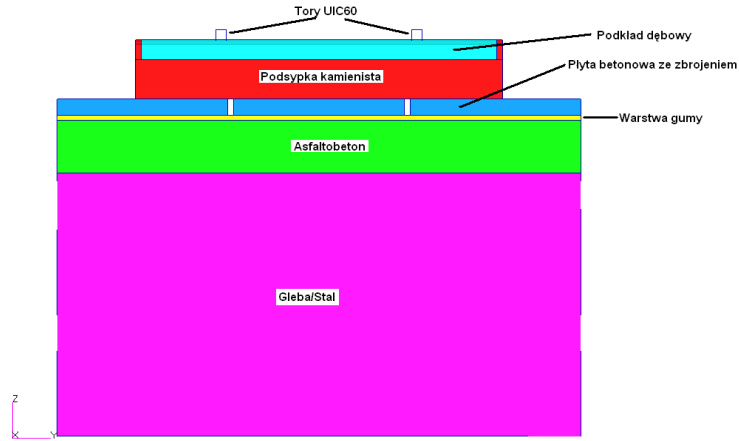
Reasumując, na podstawie powyżej przedstawionego przeglądu, należy stwierdzić, że najkorzystniejszym rozwiązaniem konstrukcyjnym w przypadku torowisk kolejowych, jest konstrukcja torowiska wibroizolowanego, przedstawionego na rys. 4.1. ze względu na małe oddziaływania dynamiczne i emitowany poziom dźwięku czego najlepszym przykładem jest wibroizolacja torowisk na peronach 2 - 5 Dworca PKP w Krakowie.

Zastosowanie każdego innego rozwiązania, szczególnie w dużych aglomeracjach miejskich czy dworcach niesie za sobą możliwość emisji nadmiernego hałasu oraz nadmiernych oddziaływań dynamicznych na otoczenie w trakcie przejazdu pojazdu kolejowego.

2. MODEL OBLICZENIOWY WIBROIZOLACJI

Zamodelowano sześciometrowego fragmentu torowiska na którym został zasymulowany przejazd pociągu z prędkością 20 km/h. Skuteczność wibroizolacji została oceniona dla modeli z zastosowaniem warstwy gumy oraz brakiem takiej warstwy oraz dla dwóch materiałów otaczających torowisko tj. gleby oraz konstrukcji stalowej. Jako kryterium oceny przyjęto przyspieszenia pionowe oraz przemieszczenia pionowe wybranych punktów. Zastosowane oprogramowanie wykorzystuje do obliczeń Metodę Elementów Skończonych typu Explicit. Przekrój torowiska i jego strukturę przedstawiono na rys.2 obejmował sześciometrowy fragment torowisk wg dostarczonych danych. Składał się z następujących warstw:

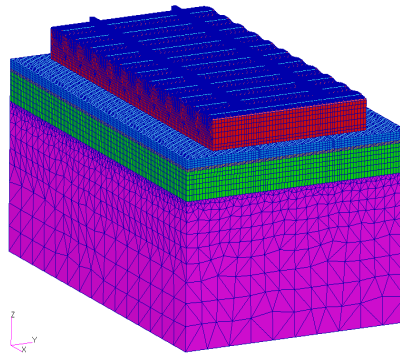
1. Tory UIC60 zamodelowane z elementów belkowych o zastępczym przekroju prostokątnym.
2. Podkłady dębowe typu IIB zamodelowane z elementów bryłowych ośmiowęzłowych w podziałce 500mm.
3. Podsypka kamienista o grubości 300mm poniżej podkładów kolejowych zamodelowana z elementów bryłowych ośmiowęzłowych. Pomiędzy podsypką a szyną nie było kontaktu.
4. Płyta betonowa o grubości 120mm zamodelowana z elementów bryłowych ośmiowęzłowych ze zbrojeniem prętowym \square 14mm zamodelowanym z elementów belkowych o przekroju kołowym.



Rys. 2 Struktura modelu

1. Warstwa gumy o grubości 40mm zamodelowana z elementów bryłowych ośmiowęzłowych.
2. Warstwa asfaltobetonu o grubości 400mm zamodelowana z elementów bryłowych ośmiowęzłowych.
3. Warstwa stali lub gleby o grubości 2000mm zamodelowana z elementów bryłowych czterowęzłowych. Warstwa ta miała dodatkowo na celu minimalizację wpływu warunków brzegowych na wyniki analizy.

Na rys.3. przedstawiony został model elementów skończonych torowiska wibroizolowanego.



Rys. 3. Model elementów skończonych wibroizolowanego torowiska

Przyjęte do obliczeń dane materiałowe zestawiono w Tab.1.

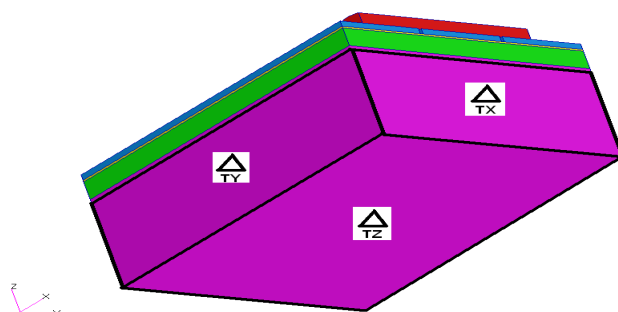
Tab.1.Dane obliczeniowe

	podkład dębowy	podsyпка	plyta dociskowa beton	guma z przetłoczeniem
gęstość [t/mm ³]	8.38E-10	2.20E-09	2.55E-09	1.20E-09
wsp. tłu. wiskotycznego	0.04	0.05	0.05	0.05
Poisson Ratio	0.3	0.35	0.3	0.49
moduł Younga [MPa]	11500	4900	30000	7.2

	asfaltobeton	stal	ziemia
gęstość [t/mm ³]	2.50E-09	7.86E-09	1.80E-09
wsp. tłu. wiskotycznego	0.04	0.02	0.05
Poisson Ratio	0.4	0.3	0.3
moduł Younga [MPa]	28600	2.10E+05	5000

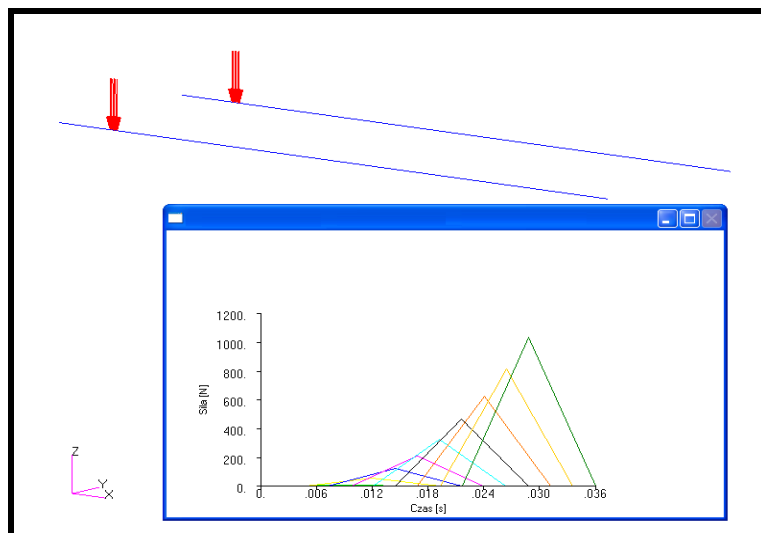
2.1 Warunki brzegowe

Model został utwierdzony na powierzchni gruntu lub konstrukcji stalowej Rys.4 w kierunkach normalnych do każdej powierzchni w sposób zbliżony do warunków montażowych torowiska kolejowego w celu zamodelowania interakcji z dalszymi warstwami gruntu lub konstrukcji stalowej.

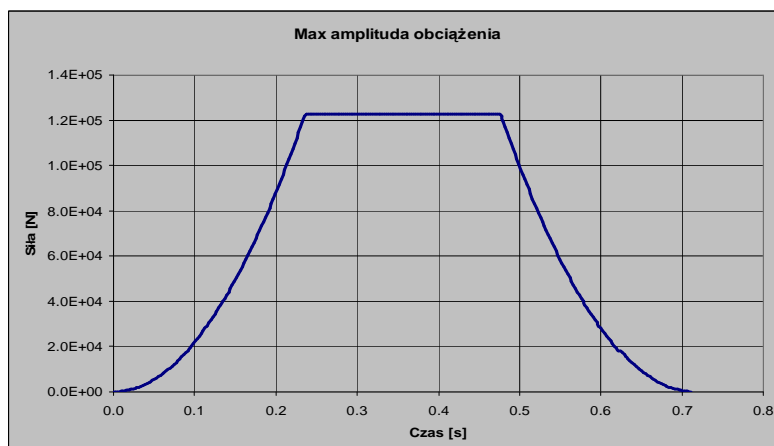


Rys.4 Warunki brzegowe modelu

Obciążenie pochodziło od przejeżdżającego pociągu z maksymalną dozwoloną prędkością tj. 20km/h (5.55m/s) dla maksymalnego nacisku na oś tj. 22,5t. Siła została przyłożona do węzłów torów wg trójkątnego kształtu z określoną amplitudą oraz czasem trwania dla odwzorowania prędkości 20km/h. Amplituda obciążenia zmieniała się od wartości zerowej do wartości maksymalnej a następnie ponownie do wartości zerowej w celu odwzorowania przejazdu pociągu oraz ze względu na stabilność analizy numerycznej. Charakterystyka obciążenia pojedynczego węzła została pokazana na Rys.5 zamodelowano trójkąt przesuwającym się wzdłuż szyn w czasie a jego wartość maksymalną przedstawiono na Rys.6.

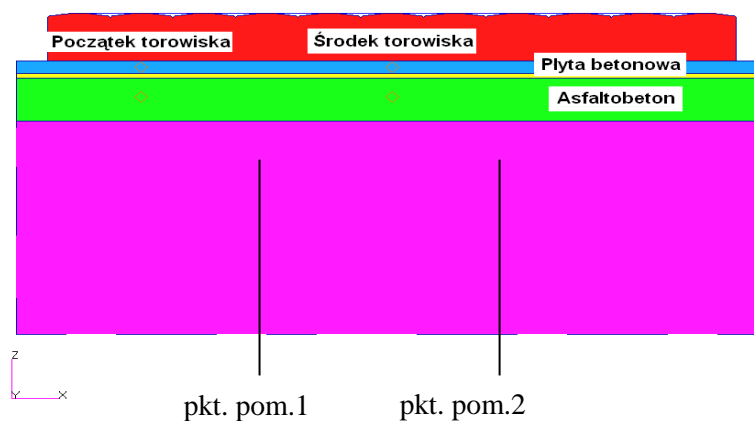


Rys.5 Sposób obciążenia modelu na przykładzie kilku węzłów



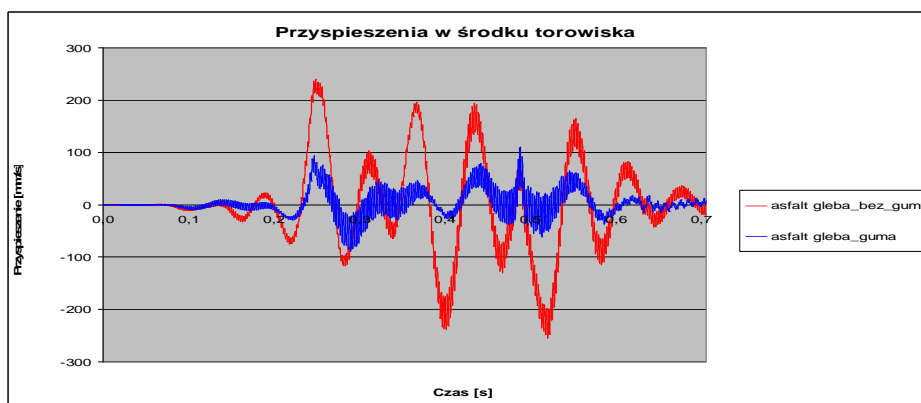
Rys.6 Wartość maksymalna amplitudy obciążenia w funkcji czasu

Wyniki zostały przedstawione w postaci przefiltrowanych wykresów porównawczych przyspieszenia oraz przemieszczenia w kierunku pionowym pomiędzy modelami z warstwą gumy oraz bez tej warstwy w przypadku podłoża gruntowego i przypadku podparcia torowiska na konstrukcji stalowej. Punkty pomiarowe znajdowały się w warstwach betonu oraz asfaltobetonu na początku (pkt.pomiarowy 1) oraz w środku modelu torowiska (pkt. pomiarowy 2), Rys.7. Taki wybór najlepiej pokazuje skuteczność zastosowania wibroizolacji gumowej.



Rys.7 Lokalizacja punktów pomiarowych

Przykładowo przyspieszenia dla modelu torowiska posadowionego na gruncie w punkcie pomiarowym 2, przedstawiono ,w przypadku konstrukcji posadowionej na gruncie,



Rys. 8 Porównanie przyspieszeń dla modelu torowiska posadowionego na gruncie na początku torowiska

2.2 Podsumowanie

- Wyniki przedstawione na wykresie przyspieszeń pokazują wyraźny wpływ wibroizolacji gumowej na poziom drgań przenoszonych przez torowisko na dalsze warstwy tj. grunt lub konstrukcję stalową.
- W celu weryfikacji obliczeń wskazane są pomiary na gotowym torze.

3. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej powyżej analizy możliwości wibroizolacji podtorzy szynowych, której celem jest ochrona przed drganiami oraz ograniczenia poziomu emitowanego dźwięku, należy uwzględnić szereg elementów niezbędnych do jej prawidłowego funkcjonowania, do których należą:

- płyta wibroizolacyjna (produkcja STOMIL S.A. WOLBROM – badania własności fizyko mechanicznych są wykonane – załącznik 1)
- płyta dociskowa o grubości 120 mm z betonu zbrojonego,
- warstwa asfaltobetonowa,
- warstwa hydroizolacji,
- uszczelnienie dylatacji,
- wymagania BHP i P.Poż,
- warunki ewentualnej modyfikacji lub naprawy.

W oparciu o te wszystkie założenia opracowano projekt budowlano – wykonawczy mający na celu wymianę izolacji stropu dworca podziemnego Kraków Główny będący elementem nośnym dla torów nr 1 – 12.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Adamczyk J., Stanek W., Targosz J. *Badania własności mechanicznych materiału wibroizolacyjnego*, "ZN AGH, Mechanika", 1988
- [2] Gerolymos N, Gazetas G. *Static and dynamic response of massive caisson foundations with soil and interface nonlinearities—validation and results*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 26 (2006) 377-394.
- [3] Hassen G, de Buhan P, Abdelkrim M. *Finite element implementation of a homogenized constitutive law for stone column-reinforced foundation soils, with application to the design*
- [2] Adamczyk J., Stojek Z., Targosz J. *Wibroizolacja podtorzy szynowych*, PAN, Mechanika 15, 1991.
- [3] Targosz J., *Ograniczenie oddziaływań dynamicznych od dróg kolejowych i samochodowych*, Monografia Wyd. KriDM AGH, Kraków 2004
- [4] Targosz J. *Układy wibroizolacji w transporcie szynowym i samochodowym*, Rozprawy, Monografie, UWND, Kraków 2007.