

Przykłady obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych cz. I

Utworzono: środa, 06, październik 2010 08:44 Krzysztof Koziół, Krzysztof Stypuła



Wymagania w zakresie ochrony środowiska coraz częściej wymuszają stosowanie wibroizolacji nawierzchni szynowych przy budowie lub modernizacji linii kolejowych, tramwajowych lub metra celem obniżenia wpływu drgań komunikacyjnych na budynki i ludzi w nich przebywających. Stosuje się takie rozwiązania, jak: szyna w otulinie, bloki w otulinie, maty wibroizolacyjne różnego typu (np. podtłuczniowe) itp. [1, 2, 3]. Niestety po oddaniu inwestycji do eksploatacji nie zawsze osiąga się oczekiwane efekty. Poziom drgań sąsiedniej zabudowy czy mostu (lub wiaduktu) kolejowego lub tramwajowego nie maleje, a nawet zdarza się, że wzrasta po zastosowaniu wibroizolacji. Uniknięcie takich sytuacji jest możliwe tylko wtedy, gdy nie kopiuje się rozwiązań zastosowanych w innym miejscu, lecz projektuje się wibroizolację dostosowaną do danej sytuacji.

Wprowadzenie wibroizolacji powinno być poprzedzone obliczeniami dynamicznymi (symulacją numeryczną) potwierdzającymi skuteczność wybranego wariantu wibroizolacji. Wykonuje się w tym celu obliczenia symulacyjne drgań budynku prognozowanych po wykonaniu wibroizolacji, a następnie dokonuje się oceny wpływu tych drgań na konstrukcję budynku i na ludzi w nim przebywających według zasad i kryteriów podanych w dwóch polskich normach (zostały one opracowane przez zespół naukowy pracowników Instytutu Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej):

- PN-85/B-02170. Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki [4],
- PN-88/B-02171. Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach [5].

Zgodnie z tymi normami diagnostyka dynamiczna obejmuje:

Przykłady obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych cz. I

Utworzono: środa, 06, październik 2010 08:44 Krzysztof Koziół, Krzysztof Stypuła

- wpływ drgań na konstrukcję budynków, jak i innych obiektów inżynierskich (np. mosty, maszty, kominy, kolektory kanalizacyjne, gazociągi),
- wpływ drgań na ludzi przebywających w budynku,
- a także, o ile to potrzebne, wpływ drgań na urządzenia wrażliwe na drgania, jeżeli takie urządzenia znajdują się lub będą się znajdować w budynku.

W przypadku obiektów inżynierskich (mosty, wiadukty, przejścia podziemne, perony dworców itp.) prognozuje się spodziewany stopień obniżenia poziomu drgań konstrukcji tych obiektów.

Podstawą obliczeń symulacyjnych są dane materiałowe dostarczone przez producenta materiału wibroizolacyjnego, a obejmujące m.in. wartości modułu odkształcenia podłużnego (moduł Younga) i postaciowego, współczynnika Poissona i tłumienia drgań w poszczególnych pasmach częstotliwości. Dobierając wibroizolację należy zwrócić uwagę na jej skuteczność w niskich pasmach częstotliwości (w diagnostyce dynamicznej budowli bierze się pod uwagę zakres od 1 do 100 Hz), szczególnie w zakresie od 1 do 30 Hz. Z reguły w wyższych pasmach częstotliwości wytłumienie drgań jest łatwiejsze i bardziej skuteczne, stąd informacje handlowe często dotyczą głównie tego zakresu częstotliwości lub podają jeden współczynnik tłumienia, co nie jest wystarczające. Istotne są także dane dotyczące zmiany własności materiałowych pod wpływem obciążenia oraz informacja na temat starzenia się materiału wibroizolacyjnego, tj. w jakim stopniu zmieniają się jego właściwości w czasie lub jak zmieniają się jego właściwości pod wpływem czynników zewnętrznych – np. po nasiąknięciu wodą.

Konieczność wykonania obliczeń (i/lub badań doświadczalnych) potwierdzających skuteczność wibroizolacji w przypadku konkretnego jej zastosowania wynika z uzależnienia efektów wibroizacyjnych od wielu czynników, m.in. od:

- własności tłumiących materiału wibroizacyjnego (sztywność masy zalewowej w podporach blokowych i otulinie szyny pływającej, sztywność mat wibroizacyjnych) oraz wymiarów zastosowanych elementów np. grubości mat wibroizacyjnych (z uwzględnieniem odkształceń nawierzchni),
- rozstawu podpór np. podpór blokowych i wynikających z niego ugięć szyny, a co za tym idzie zmiany charakterystyk wymuszenia,
- konstrukcji i wymiarów (masy) płyt podtorowych,
- sztywności podbudowy,
- konstrukcji obudowy tunelu w przypadku komunikacji podziemnej,
- różnego spektrum częstotliwości drgań w przypadku różnych rodzajów pojazdów (tramwaj, metro, wagon kolejowy),
- warunków gruntowo-wodnych na drodze propagacji od toru do budynku,
- konstrukcji i stanu technicznego budynku odbierającego drgania,
- wartości obciążenia i jego zmiany podczas eksploatacji (statycznego i dynamicznego)
- różnic w odbiorze drgań przez ten sam budynek w zależności czy drgania pochodzą od komunikacji podziemnej czy powierzchniowej.

W efekcie obliczeń symulacyjnych dobiera się odpowiednie w danej sytuacji

Przykłady obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych cz. I

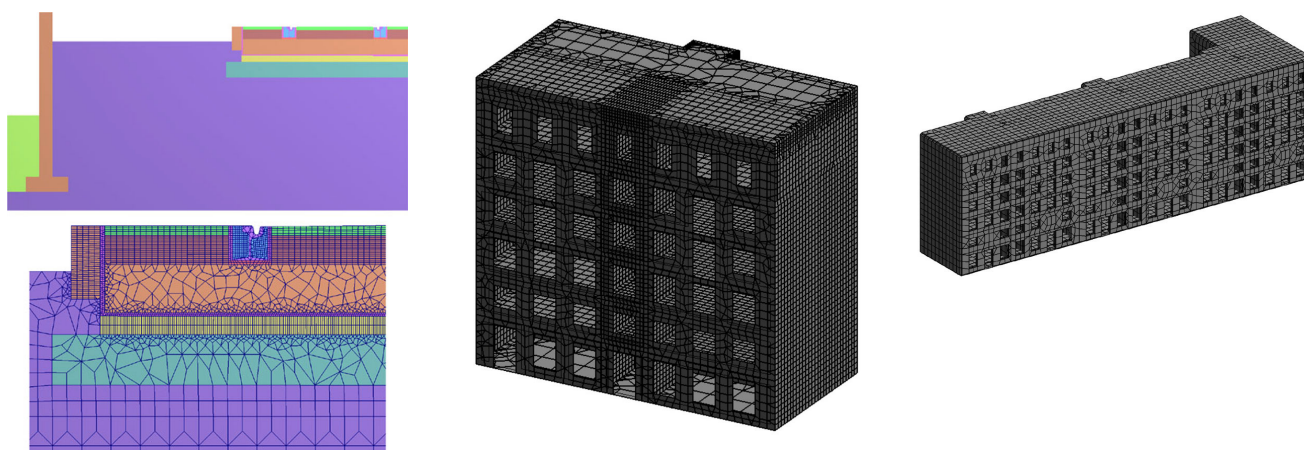
Utworzono: środa, 06, październik 2010 08:44 Krzysztof Koziół, Krzysztof Stypuła

parametry wibroizolacji (np. grubość mat wibroizolacyjnych, ich sztywność itp.) tak, aby osiągnąć zakładaną skuteczność wibroizolacji.

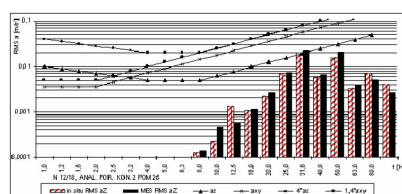
Poniżej przedstawiono przykłady zastosowań obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych.

Nawierzchnia tramwajowa w ciągu ul. Nowowiejskiej w Warszawie

Obliczenia symulacyjne, których celem było dobranie grubości maty wibroizolacyjnej o określonych parametrach sztywności i tłumienia (mata typu TRACKELAST STM RPU Blue) w konstrukcji toru tramwajowego w ciągu ul. Nowowiejskiej polegały na określeniu (na podstawie wyników pomiarów) wymuszenia kinematycznego, jakiemu podlegać będą budynki w przypadku każdego z dwóch zaproponowanych wariantów grubości maty. W tym celu wykonano obliczenia symulacyjne propagacji drgań posługując się modelem konstrukcji nawierzchni szynowej i podłoża pomiędzy torowiskiem i budynkiem – rys. 1. Następnie wykonano obliczenia dynamiczne dwu wybranych budynków i określono wpływ drgań na ludzi w nich przebywających. Wykonane modele obliczeniowe MES obu budynków przedstawiono na rys. 2 i 3.



Na rys. 4 przedstawiono przykładowo wyniki weryfikacji modelu jednego z budynków. Model budynku N12/18 zweryfikowano na podstawie wyników pomiarów, uzyskując, wystarczającą zgodność wyników oceny wpływu drgań na ludzi otrzymanych na podstawie pomiarów in situ oraz obliczeń symulacyjnych. Analizy z obliczeń symulacyjnych dotyczą tych samych punktów budynku, w których wykonano pomiary.



Utworzono: środa, 06, październik 2010 08:44 Krzysztof Koziół, Krzysztof Stypuła

[illegible]

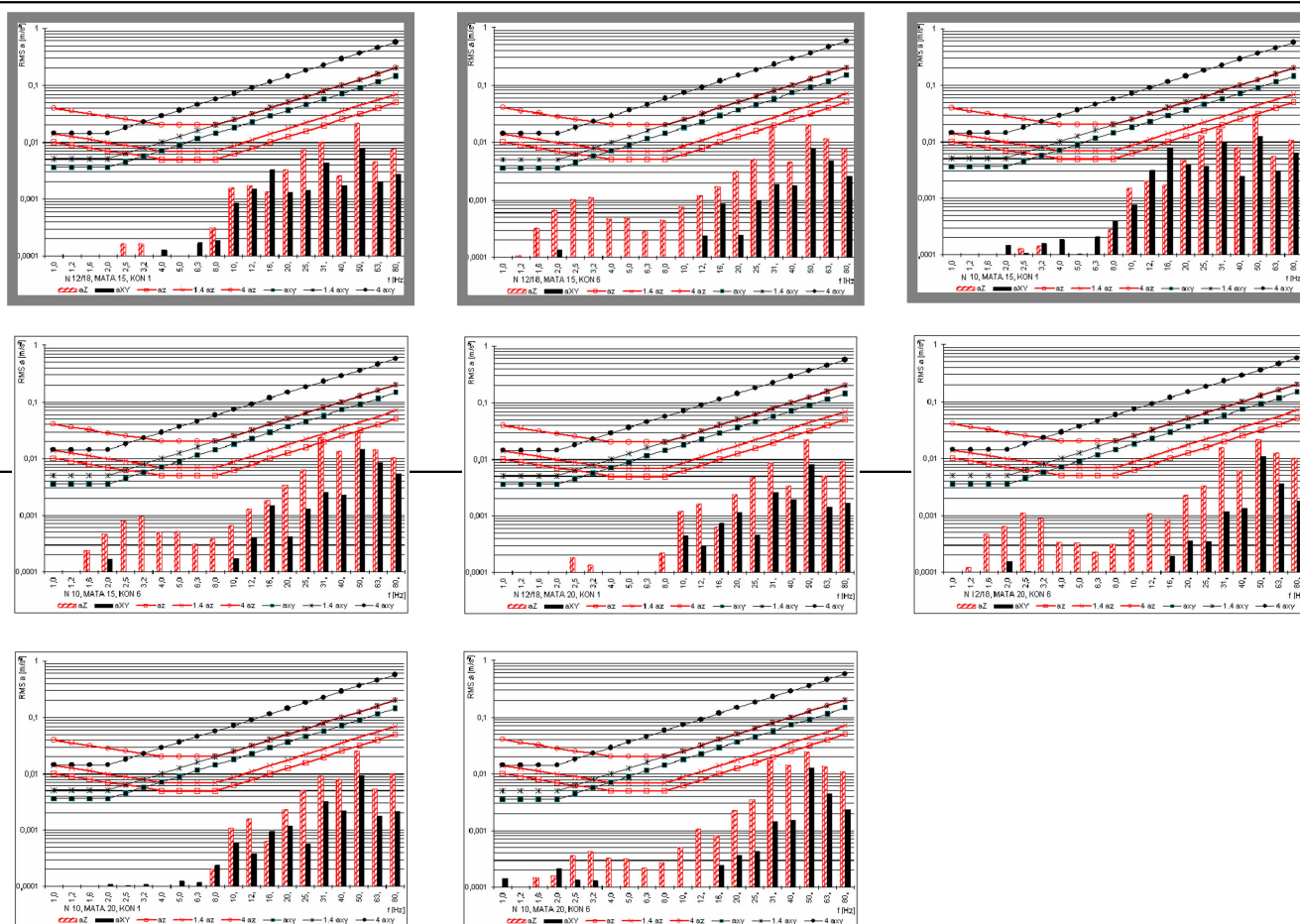
- przy zastosowaniu maty o grubości 15 mm (wariant I) – rys. 6 – 9,
- przy zastosowaniu maty o grubości 20 mm (wariant II) – rys. 10 – 13.

- a_Z – składowa pionowa przyspieszenia drgań stropu,
- a_{XY} – składowe poziome przyspieszenia drgań stropu,
- a_z – próg odczuwalności przez ludzi drgań o kierunku stopy-głowa,
- $1,4 a_z$ – granica komfortu w nocy (w pomieszczeniach mieszkalnych) drgań o kierunku stopy-głowa,
- $4 a_z$ – granica komfortu w dzień drgań o kierunku stopy-głowa,
- a_{xy} - próg odczuwalności przez ludzi drgań o kierunku plecy-pierś lub bok-bok,
- $1,4 a_{xy}$ - granica komfortu w nocy drgań o kierunku plecy-pierś lub bok-bok,
- $4 a_{xy}$ - granica komfortu w dzień drgań o kierunku plecy-pierś lub bok-bok.

Phoca PDF

Przykłady obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych cz. I

Utworzono: środa, 06, październik 2010 08:44 Krzysztof Koziół, Krzysztof Stypuła



Z obliczeń symulacyjnych dotyczących dwu wariantów grubości maty wibroizolacyjnej wynika, że założona wstępnie, na podstawie dotychczasowych doświadczeń, grubość maty wynosząca 15 mm jest (szczególnie w przypadku budynku N10) niewystarczająca. Dopiero zastosowanie maty o grubości 20 mm daje możliwość zmniejszenia wpływu drgań na ludzi na wszystkich kondygnacjach obu analizowanych budynków poniżej progu odczuwalności drgań przez ludzi.

dr inż. Krzysztof Koziół
dr hab. inż. Krzysztof Stypuła, prof. PK
Instytut Mechaniki Budowli
Politechniki Krakowskiej

Spis literatury publikowany jest w części III.