

Przykłady obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych cz. II

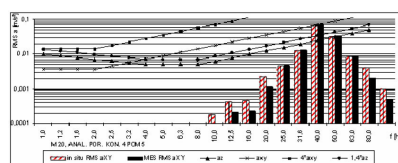
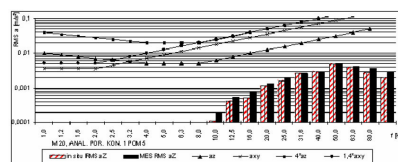
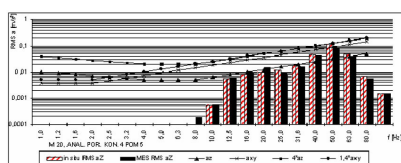
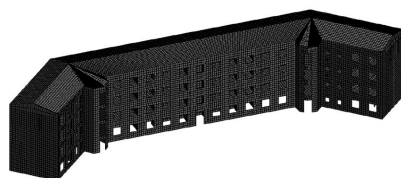
Utworzono: czwartek, 07, październik 2010 08:22 Krzysztof Kozioł, Krzysztof Stypuła



Celem prezentowanych obliczeń symulacyjnych był wybór jednego z trzech wariantów rozwiązania wibroizolacji w konstrukcji toru tramwajowego w ciągu ul. Mickiewicza w Warszawie. Prace rozpoczęto od wykonania badań wpływu drgań na ludzi w wybranych czterech budynkach położonych przy tej ulicy. Badania wykazały, że na górnych kondygnacjach budynków drgania wywołane przejazdami tramwajów naruszają warunki komfortu przebywania ludzi w pomieszczeniach mieszkalnych i konieczne jest zastosowanie wibroizolacji w nawierzchni tramwajowej.

Nawierzchnia tramwajowa w ciągu ul. Mickiewicza w Warszawie

Do obliczeń wybrano budynek M20, w którym pomiary wykazały najwyższy poziom wpływu drgań na ludzi (rys. 15 - 17). Wykonany został model obliczeniowy MES budynku (rys. 14). Model zweryfikowano na podstawie wspomnianych wyników pomiarów (rys. 15 - 17).

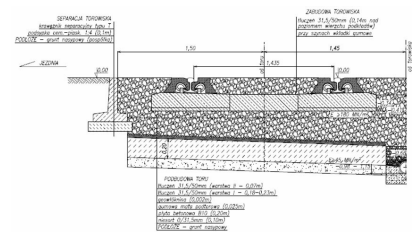
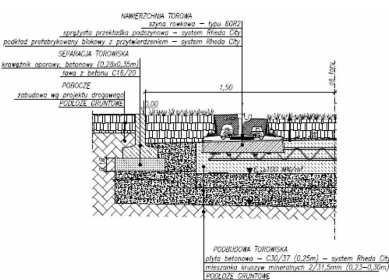
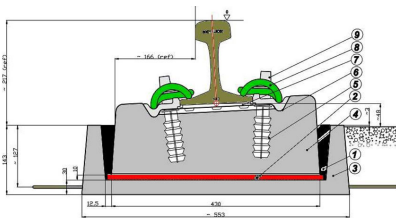


Przykłady obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych cz. II

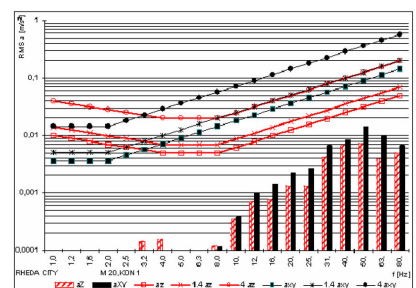
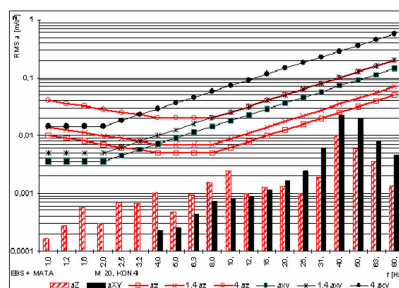
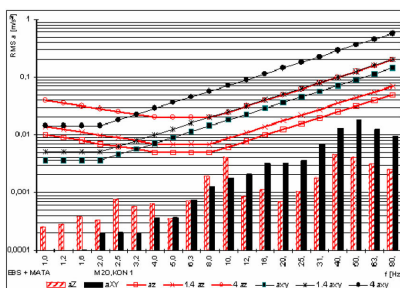
Utworzono: czwartek, 07, październik 2010 08:22 Krzysztof Kozioł, Krzysztof Stypuła

W dalszej części opracowania model ten wykorzystano analizując wpływ drgań generowanych podczas przejazdów tramwajów po torze z wibroizolacją. Rozważano trzy warianty konstrukcji nawierzchni szynowej zaprojektowane przez TRAMPROJEKT Biuro Studiów i Projektów – Wojciech Oleksiewicz:

- Wariant I. System EBS (rys. 18) z matą wibroizolacyjną; podpory blokowe zabetonowane w podbudowie w postaci płyty betonowej o grubości ok. 0,25 m i szerokości ok. 2,50 m, wylewanej na miejscu wbudowania, tj. w torowisku na macie wibroizolacyjnej (przyjęto w obliczeniach parametry maty TRACKELAST STM RPU Blue) o grubości 12 mm ułożonej na warstwie ochronnej z kruszywa łamanego,
- Wariant II. System Rheda City (rys. 19),
- Wariant III. System konstrukcji podsypkowej z zabudową tłuczniową i z wibroizolacyjną matą podtłuczniową (rys. 20).

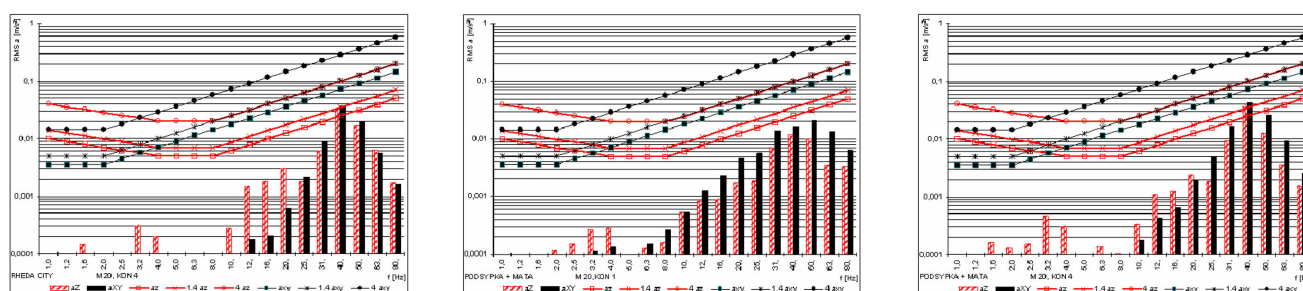


W odniesieniu do każdego z trzech rozważanych wariantów wykonano – na podstawie obliczeń symulacyjnych - analizy wpływu drgań na ludzi przebywających w pomieszczeniach na poszczególnych kondygnacjach budynku M20. Na rys. 21 – 26 zamieszczono wybrane wyniki tych analiz na parterze i na najwyższej kondygnacji budynku.



Przykłady obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych cz. II

Utworzono: czwartek, 07, październik 2010 08:22 Krzysztof Kozioł, Krzysztof Stypuła



Z obliczeń symulacyjnych dotyczących trzech wariantów wibroizolacji konstrukcji nawierzchni szynowej wynika, że tylko zastosowanie wariantu I (EBS Edilon + mata wibroizolacyjna o grubości 12 mm) daje możliwość zmniejszenia na wszystkich kondygnacjach budynku wpływu drgań na ludzi poniżej progu odczuwalności drgań przez ludzi. W przypadku pozostałych dwóch wariantów próg ten będzie przekroczony na drugim piętrze, na trzecim zaś może nie być zapewniony niezbędny komfort ludziom przebywającym w pomieszczeniach mieszkalnych w porze nocnej.

Nawierzchnia tramwajowa na Moście Śląsko-Dąbrowskim w Warszawie (Trasa W-Z)

Innym przykładem zastosowania symulacji komputerowej mogą być wykonane przez autorów obliczenia wibroizolacji do projektu II Etapu remontu i rozbudowy trasy tramwajowej W-Z w Warszawie tj. w ciągu al. Solidarności od al. Jana Pawła II do ul. Jagiellońskiej (Projekt wykonało Przedsiębiorstwo Projektowania Realizacji i Wdrożeń „BPK Katowice” Sp. z o.o.). Etap ten obejmował dwa odcinki trasy naziemnej oraz dwa obiekty inżynierskie: Wiadukt Pancera i Most Śląsko-Dąbrowski. W ramach remontu i rozbudowy trasy tramwajowej W-Z w Warszawie na tym odcinku przewidziano wymianę nawierzchni szynowej. W dotychczasowym rozwiązaniu do redukcji poziomu drgań na trasie poza obiektami służyły podkłady ułożone na tłuczniu, a na Moście Śląsko Dąbrowskim i na Wiadukcie Pancera - podkładki gumowe. Obecnie zdecydowano się zastąpić te rozwiązania przez zastosowanie systemu mocowania szyn ERS Edilon (szyna w otulinie) oraz mat wibroizolacyjnych firmy Sedra.

Celem obliczeń było doprecyzowanie przyjętego wstępnie rozwiązania konstrukcji wibroizolacji i sprawdzenie czy pozwoli ono co najmniej utrzymać dotychczasowy poziom drgań przekazywanych na otoczenie po przejściu przez wibroizolację, a nawet w miarę możliwości - jeszcze go nieco obniżyć. Na podstawie wykonanych analiz dynamicznych zaproponowano rozwiązania dotyczące wibroizolacji na poszczególnych odcinkach analizowanej linii tramwajowej (trasa naziemna, Wiadukt Pancera, Most Śląsko-Dąbrowski) oraz w odniesieniu do tych rozwiązań przedstawiono wyniki obliczeń prognozowanego obniżenia poziomu drgań. Ponieważ, z uwagi na istniejące na Moście Śląsko-Dąbrowskim ograniczenia wysokościowe, niemożliwe było zastosowanie maty wibroizolacyjnej pod systemem

Przykłady obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych cz. II

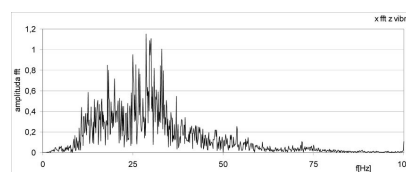
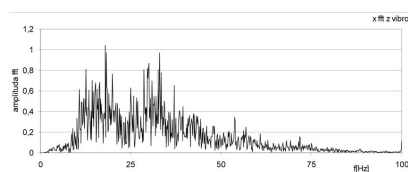
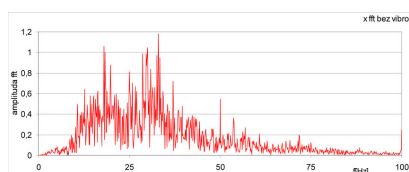
Utworzono: czwartek, 07, październik 2010 08:22 Krzysztof Koziół, Krzysztof Stypuła

ERS, rozważono w tym przypadku dwa warianty rozwiązań wibroizolacji w konstrukcji nawierzchni szynowej (rys. 27):



- wariant A - standardowe rozwiązanie systemu ERS z pojedynczą podszynową podkładką wibroizolacyjną (1x12 mm) Resilient Strip 2000,
- wariant B - zmodyfikowane rozwiązanie systemu ERS z zastosowaniem podwójnej podszynowej podkładki wibroizolacyjnej (2x12 mm) Resilient Strip 2000.

Na rys. 28, 29 i 30 przedstawiono przykładowo uzyskane z obliczeń symulacyjnych analizy FFT (Fast Fourier Transformation) dające porównanie dotychczasowego poziomu drgań poziomych nawierzchni wiaduktu (w kierunku poprzecznym do osi mostu) w poszczególnych pasmach częstotliwości z wartościami prognozowanymi w przypadku obu projektowanych wariantów nawierzchni.



W poszczególnych pasmach częstotliwości obliczono wartości redukcji drgań prognozowanych po zastosowaniu projektowanej wibroizolacji w stosunku do dotychczasowego poziomu tych drgań. W tabeli 1 zamieszczono przykładowe wyniki tych obliczeń uzyskane dla obu wariantów projektowanego rozwiązania. Podano zakresy, w jakich mieściły się wartości redukcji uzyskane w poszczególnych 1/3 oktawowych (tercjowych) pasmach częstotliwości oraz wartości redukcji globalnej w całym paśmie częstotliwości od 1 do 100 Hz.

Wariant	Składowa drgań	Zakres redukcji amplitud drgań w 1/3 oktawowych pasmach częstotliwości	Globalna redukcja amplitud drgań
Wariant A	X	-25,19 do 80,00 %	10,51 %
	Y	-44,44 do 59,22 %	14,03 %
	Z	-19,31 do 68,90 %	4,57 %
Wariant B	X	-14,82 do 90,00 %	9,96 %
	Y	-12,97 do 78,64 %	14,83 %
	Z	-29,82 do 82,32 %	12,60 %

Oba warianty rozwiązania są podobnie skuteczne w odniesieniu do obu składowych drgań poziomych X i Y, obniżając ich amplitudy w stosunku do stanu dotychczasowego odpowiednio o ok. 10 i 14%. Natomiast w przypadku składowej pionowej drgań Z wariant A daje niewielką redukcję a bardziej skuteczny jest wariant B obniżając amplitudy drgań pionowych o 12,6%. Prognozy obliczeniowe wskazują również na to, że zastosowanie wibroizolacji zarówno według wariantu A

Przykłady obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych cz. II

Utworzono: czwartek, 07, październik 2010 08:22 Krzysztof Kozioł, Krzysztof Stypuła

jak i B może prowadzić w niektórych przedziałach częstotliwości do zwiększenia tych wartości (redukcja ujemna oznacza wzrost poziomu drgań). To zwiększenie według prognozy jest znacząco mniejsze i w węższym przedziale częstotliwości, gdy zastosowany zostanie wariant B.

Z uwagi na ograniczenia technologiczne, jakie wystąpiły po rozebraniu dotychczasowej konstrukcji nawierzchni, na życzenie inwestora wykonano obliczenia skuteczności wibroizolacyjnej w przypadku wariantu C rozwiązania nawierzchni na Moście Śląsko-Dąbrowskim: rozwiązanie systemu ERS z pojedynczą podszywną podkładką wibroizolacyjną Resilient Strip 2000 o grubości zmienionej z 12 na 16 mm, umieszczoną bezpośrednio pod stopką szyny a masa podlewowa wykorzystana jest pod tą podkładką jako warstwa wyrównawcza o zmiennej grubości W tabeli 2 zamieszczono wyniki obliczeń przedstawiono dla dwóch grubości podlew: 2 i 8 cm.

Wariant	Składowa drgań	Zakres redukcji amplitud drgań w 1/3 oktawowych pasmach częstotliwości	Globalna redukcja amplitud drgań
Wariant C z podlewem 2 cm	X	-16,1 do 90,0 %	6,72 %
	Y	-12,4 do 79,6 %	15,51 %
	Z	-36,9 do 82,9 %	6,71 %
Wariant C z podlewem 8 cm	X	-15,1 do 90,0 %	8,49 %
	Y	-11,0 do 79,6 %	16,33 %
	Z	-31,0 do 82,9 %	9,78 %

W wariancie C prognozowana globalna redukcja amplitud drgań poziomych w kierunku x jest niższa a w kierunku y jest wyższa niż w wariantach A i B, natomiast w przypadku drgań pionowych przyjmuje wartości pośrednie pomiędzy wariantami A i B. Po wykonaniu tej wibroizolacji oraz całego remontu nawierzchni i oddaniu linii tramwajowej do eksploatacji (rys. 31) zachowanie się mostu pod względem dynamicznym nie budzi zastrzeżeń.



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

Spis literatury publikowany jest w części III.