

Przykłady obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych cz. III

Utworzono: piątek, 08, październik 2010 09:52 Krzysztof Kozioł, Krzysztof Stypuła



W związku z modernizacją układu torowego w obrębie stacji Katowice przewidziano w projekcie wykonywanym przez Przedsiębiorstwo Projektowania Realizacji i Wdrożeń „BPK Katowice” Sp. z o.o. zastosowanie mat wibroizolacyjnych. Celem prac wykonanych w Instytucie Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej było przeprowadzenie pomiarów drgań i określenie na tej podstawie dotychczasowych oddziaływań drgań od ruchu pociągów na stacji Katowice na konstrukcję peronów i przejść podziemnych a następnie sporządzenie analizy rozwiązań wibroizolacyjnych torów na stacji.

Nawierzchnia kolejowa dworca PKP w Katowicach

Analiza dotyczy doboru parametrów maty wibroizalacyjnej (sztywność, tłumienie, grubość) zapewniających obniżenie dotychczasowych oddziaływań dynamicznych na konstrukcję peronów i przejść podziemnych.

Dworzec składa się z peronów połączonych trzema tunelami przejść podziemnych o konstrukcji żelbetowej usytuowanymi poprzecznie do układu torowego. Przykładowo przekrój przez konstrukcję dworca w miejscu usytuowania tunelu przedstawiono na rys. 32.

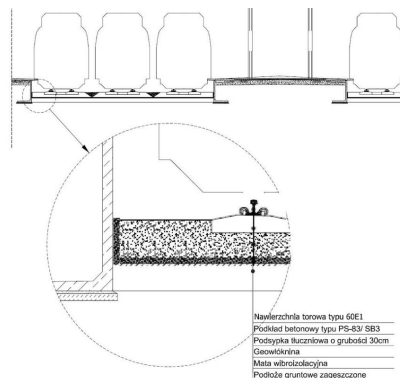


Boki peronów wykonane są ze ścian oporowych, pomiędzy którymi znajduje się grunt zagęszczony. Nawierzchnia szynowa to klasyczna nawierzchnia podsypkowa: tłuczeń i drewniane podkłady. W celu poprawy stanu technicznego dworca jak również ograniczenia wpływu drgań od przejeżdżających pociągów obiekt poddany zostanie modernizacji. W jej ramach przewidziano wprowadzenie wibroizolacji w postaci maty wibroizalacyjnej (pokrytej geowłókniną) pod warstwami tłucznia, na

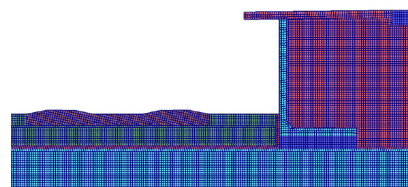
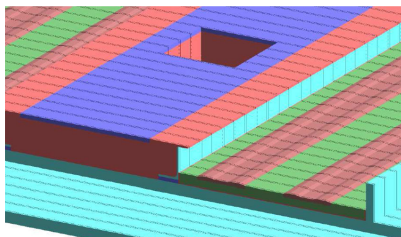
Przykłady obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych cz. III

Utworzono: piątek, 08, październik 2010 09:52 Krzysztof Kozioł, Krzysztof Stypuła

którym spoczywać będą podkłady żelbetowe; przy czym maty powinny również być ułożone pionowo do góry wzdłuż bocznych ścian peronów (rys.33).



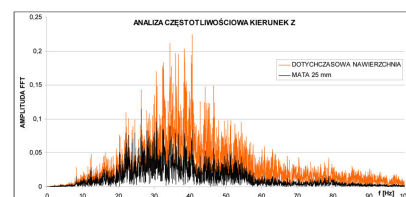
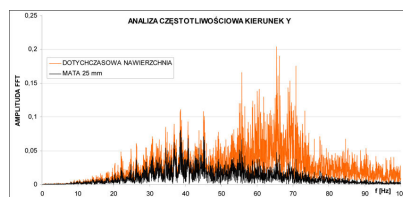
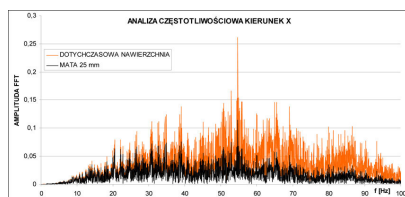
Obliczenia symulacyjne, których celem było dobranie maty wibroizolacyjnej o określonych parametrach sztywności, tłumienia i grubości (przyjęto maty o grubościach 15 i 25 mm) w konstrukcji toru kolejowego na dworcu PKP w Katowicach, polegały na określeniu (na podstawie wyników pomiarów) wymuszenia kinematycznego, jakiemu podlegać będą elementy konstrukcyjne analizowanej budowli. Przyjęto model obliczeniowy MES rozważanego układu, a jego wycinek przedstawiono na rys. 34. Rys. 35 przedstawia podział konstrukcji na elementy skończone.



Analizy wykonano przyjmując dwie grubości maty wibroizolacyjnej: 15 i 25 mm. Wyniki uzyskane przy zastosowaniu maty o grubości 15 mm były w niektórych pasmach częstotliwości niezadowalające (mała lub ujemna wartość skuteczności) stąd konieczne było przeprowadzenie obliczeń modelu z matą o grubości 25 mm. Poniżej przedstawiono wybrane wyniki obliczeń uzyskane przy zastosowaniu maty o grubości 25 mm. Wyrażono je w postaci najniekorzystniejszego spektrum drgań (FFT) uzyskanych w punktach pomiarowych na konstrukcji po przejściu przez wibroizolację. Przyjmując w obliczeniach jednakowe wejście (wibrogram przejazdu pociągu podczas przejazdu nr 8) na podstawie obliczenia modelu z wibroizolacją uzyskano informacje o wyjściu (spektrum drgań w punkcie po przejściu przez wibroizolację). Wyniki analiz FFT przedstawiono na rys. 36 - 38 w odniesieniu do punktu na nawierzchni peronu (punkt na peronie 1 przy wyjściu z peronu do tunelu zachodniego). Umożliwiają one porównanie wpływu nowego układu wibroizolacyjnego ze stosowanym dotychczas.

Przykłady obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych cz. III

Utworzono: piątek, 08, październik 2010 09:52 Krzysztof Kozioł, Krzysztof Stypuła



W przypadku zastosowania maty o przyjętych w obliczeniach parametrach sztywności dynamicznej i tłumienia oraz o grubości 25 mm prognozowana redukcja drgań w żadnym paśmie częstotliwości nie jest ujemna (nie przewiduje się wzrostu poziomu drgań) – tabela 3. Prognozowany dzięki zastosowaniu tych rozwiązań globalny (w całym paśmie częstotliwości drgań od 1 do 100 Hz) poziom redukcji drgań w stosunku do dotychczasowego rozwiązania konstrukcyjnego nawierzchni szynowej w pasmach częstotliwości od 10 do 100 Hz zestawiono w zamieszczonej poniżej tabeli 4. Z danych tych wynika, że na peronach drgania mogą zostać zredukowane co najmniej o 45%, a w przejściach podziemnych co najmniej o 61%.

Częstotliwość składowa pasma trójpasowego 1	SKŁADOWA X			SKŁADOWA Y			SKŁADOWA Z		
	Rozwiązanie z projektowaną wibroizacją 25 mm	Rozwiązanie dotychczasowe	Redukcja poziomu drgań	Rozwiązanie z projektowaną wibroizacją 25 mm	Rozwiązanie dotychczasowe	Redukcja poziomu drgań	Rozwiązanie z projektowaną wibroizacją 25 mm	Rozwiązanie dotychczasowe	Redukcja poziomu drgań
[Hz]	[m/s ²]	[m/s ²]	[%]	[m/s ²]	[m/s ²]	[%]	[m/s ²]	[m/s ²]	[%]
1	0,0000	0,0000	50,0%	0,0000	0,0001	57,1%	0,0000	0,0001	60,0%
1,25	0,0000	0,0000	33,3%	0,0000	0,0000	66,7%	0,0000	0,0001	57,1%
1,6	0,0001	0,0001	0,0%	0,0000	0,0000	25,0%	0,0000	0,0001	50,0%
2	0,0001	0,0001	11,1%	0,0000	0,0000	50,0%	0,0001	0,0001	37,5%
2,5	0,0001	0,0001	0,0%	0,0000	0,0000	25,0%	0,0001	0,0001	33,3%
3,15	0,0001	0,0001	9,1%	0,0000	0,0001	20,0%	0,0001	0,0002	33,3%
4	0,0001	0,0002	6,7%	0,0001	0,0001	14,3%	0,0001	0,0002	40,9%
5	0,0003	0,0003	3,0%	0,0001	0,0001	11,1%	0,0002	0,0003	39,3%
6,3	0,0005	0,0005	5,8%	0,0001	0,0002	18,8%	0,0003	0,0006	44,6%
8	0,0010	0,0011	11,7%	0,0002	0,0003	29,4%	0,0007	0,0012	43,1%
10	0,0017	0,0019	12,4%	0,0005	0,0007	29,7%	0,0014	0,0023	41,0%
12,5	0,0036	0,0043	16,9%	0,0006	0,0009	32,2%	0,0029	0,0050	42,3%
16	0,0042	0,0051	17,5%	0,0013	0,0020	37,5%	0,0030	0,0052	42,6%
20	0,0077	0,0096	19,9%	0,0028	0,0045	48,1%	0,0098	0,0144	32,3%
25	0,0107	0,0146	26,7%	0,0042	0,0073	42,9%	0,0145	0,0185	22,0%
31,5	0,0141	0,0223	36,8%	0,0097	0,0159	38,8%	0,0188	0,0372	49,5%
40	0,0131	0,0238	45,2%	0,0143	0,0201	28,7%	0,0128	0,0333	62,1%
50	0,0194	0,0423	54,1%	0,0113	0,0244	53,6%	0,0111	0,0266	58,1%
63	0,0138	0,0348	60,5%	0,0115	0,0453	74,7%	0,0040	0,0136	70,8%
80	0,0091	0,0271	66,5%	0,0049	0,0207	76,6%	0,0033	0,0113	71,3%
100	0,0056	0,0185	69,9%	0,0020	0,0129	84,9%	0,0015	0,0065	76,7%
globalnie	0,0456	0,0970	53,0%	0,0325	0,0630	48,4%	0,0510	0,0930	45,2%

Punkt	Składowa drgań	Zakres redukcji amplitud drgań w 1/3 oktaowych pasmach częstotliwości od 10 do 100 Hz	Globalna redukcja amplitud drgań
Na peronie	X	12,4 – 59,9 %	53,0 %
	Y	28,7 – 84,9 %	48,4 %
	Z	22,0 – 76,7 %	45,2 %
W tunelu przejścia	X	21,8 – 75,3 %	61,4 %
	Y	39,3 – 90,4 %	68,5 %
	Z	27,6 – 81,4 %	62,6 %

Wnioski

Przedstawione powyżej przykłady wskazują na konieczność projektowania rozwiązań wibroizolacji nawierzchni szynowych z wykorzystaniem obliczeń symulacyjnych. Takie podejście zwiększa zdecydowanie prawdopodobieństwo uzyskania wymaganej skuteczności wibroizolacji przy zoptymalizowaniu kosztów zastosowanego rozwiązania.

Brak sprawdzenia skuteczności wibroizolacji przed jej wykonaniem może prowadzić nawet do zwiększenia poziomu emitowanych do środowiska drgań. Ilustrują to

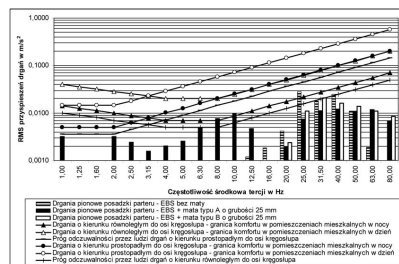
Przykłady obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych cz. III

Utworzono: piątek, 08, październik 2010 09:52 Krzysztof Kozioł, Krzysztof Stypuła

zamieszczone na rys. 39 wyniki obliczeń skuteczności wibroizolacji nawierzchni bezpodsypekowej w tunelu średnicowym w Warszawie dotyczące zastosowania dwóch rodzajów maty, różniących się parametrami sztywności i tłumienia:

- typ A – moduł sztywności $E = 0,017 \text{ N/mm}^3$, tłumienie w pasmach częstotliwości od 0,01 - 0,28,
- typ B – moduł sztywności $E = 0,023 \text{ N/mm}^3$, tłumienie w pasmach częstotliwości od 0,10 - 0,23.

Z wykresów zamieszczonych na rys. 39 wynika, że zastosowanie maty typu A o stosunkowo małej sztywności pozwala zdecydowanie obniżyć poziom wpływu drgań pionowych stropu na ludzi w częstotliwościach powyżej 20 Hz, ale równocześnie powoduje wzrost poziomu drgań w niskich częstotliwościach powyżej progu odczuwalności drgań przez ludzi. Z tego powodu rozwiązanie to trzeba było odrzucić a korzystniejsze okazało się zastosowanie maty typu B o tej samej grubości, ale o większej sztywności. Mata ta w mniejszym stopniu dała obniżenie poziomu drgań w wyższych częstotliwościach, ale nie spowodowała wzrostu tego poziomu w częstotliwościach niskich, dając w całym paśmie częstotliwości obniżenie poziomu wpływu drgań na ludzi poniżej progu ich odczuwalności. Takich efektów zmiany sztywności mat wibroizacyjnych nie dałoby się przewidzieć bez wykonania obliczeń symulacyjnych.



Dlatego zastosowanie wibroizolacji w konstrukcji nawierzchni szynowych i w konstrukcji budynków powinno zawsze odbywać się w wyniku jej zaprojektowania tj. po wykonaniu obliczeń symulacyjnych (prognoz), które na podstawie danych doświadczalnych określą skutek użycia danego rozwiązania.

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

Materiał był prezentowany na V Seminarium „Wpływ hałasu i drgań wywołanych eksploatacją transportu szynowego na budynki i ludzi w budynkach – Diagnostyka i Zapobieganie – WIBROSZYN 2010” (Kraków, 9-10 września 2010 r.).

Literatura i wykorzystane materiały

[1] Stypuła K.: Wybrane przykłady zastosowań nowoczesnych wibroizolacji nawierzchni szynowych w Polsce. Materiały IV Seminarium „Wpływ hałasu i drgań wywołanych eksploatacją transportu szynowego na budynki i ludzi w budynkach –

Przykłady obliczeń symulacyjnych w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych cz. III

Utworzono: piątek, 08, październik 2010 09:52 Krzysztof Kozioł, Krzysztof Stypuła

diagnostyka i zapobieganie” WIBROSZYN-2009. Kraków, 10-11 września 2009, s. 33-57.

[2] Stypuła K.: Nowoczesne wibroizolacje. Builder, Nr 10, październik 2009, s. 66-70.

[3] Stypuła K., Kozioł K.: Problematyka drgań budynków posadowionych w sąsiedztwie linii kolejowych. II Konf. nauk.-techn. Projektowanie, budowa i utrzymanie infrastruktury w transporcie szynowym INFRASZYN 2009. Zakopane 22-24 kwietnia 2009, 303-314.

[4] PN-B-02170: 1985. Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki.

[5] PN-B-02171: 1988. Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.