



W procedurze prognozowania wpływów dynamicznych na obiekty odbierające drgania istotną rolę odgrywają dane o oddziaływaniu prognozowanego źródła drgań na otoczenie. W przypadku drgań pochodzenia komunikacyjnego albo wywołanych robotami drogowymi brak jest jeszcze ujęć modelowych, które pozwoliłyby na analityczne wyznaczenie prognozowanych parametrów drgań obiektu odbierającego drgania w zależności od wielkości charakteryzujących źródła drgań i drogę ich propagacji. W takich sytuacjach należy skorzystać z wyników pozyskanych podczas wcześniejszych pomiarów dynamicznych, które tworzą zbiór nazwany bazą danych pomiarowych (dalej: BDP). Znajdują się w niej wyniki pomiarów i analiz pozyskane z opracowań diagnostycznych (sytuacje oznaczone jako „A” w Tabeli 5) zarówno w czasie budowy jak i eksploatacji dróg oraz wyniki badań wykonanych na specjalnych poligonach badawczych.

Kształtowanie bazy danych pomiarowych

W celu zapewnienia możliwości wykorzystania w prognozowaniu danych zawartych w BDP należy w opisie wibrogramów umieścić również informacje:

- o źródle drgań, którego oddziaływanie na obiekt było przedmiotem pomiaru,
- o drodze propagacji drgań od źródła do obiektu odbierającego drgania,
- o obiekcie odbierającym drgania i o jego stanie (technicznym),
- o przyjętym kryterium oceny wpływu drgań na obiekt odbierający drgania,
- o wyznaczonych (doświadczalnie) wartościach parametrów opisujących reakcję

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. III

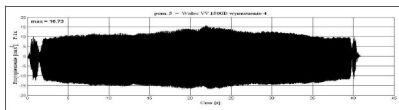
Utworzono: czwartek, 11, październik 2012 10:42 Janusz Kawecki

obiektu odbierającego drgania,

- o ocenie wpływu drgań na obiekt odbierający drgania (z wykorzystaniem przyjętego kryterium oceny).

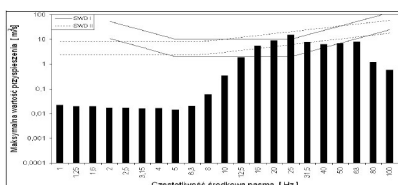
Podczas realizacji niniejszego tematu badawczego oraz wielu opracowań diagnostycznych prowadzonych w Instytucie Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej powstał dość liczny zbiór danych, który wraz z danymi wcześniej pozyskanymi tworzy dość obszerną BDP. W celu skonstruowania BDP zbierane są oddzielnie w odniesieniu do każdego rodzaju działań dynamicznych (tzn. drgań generowanych podczas budowy oraz drgań generowanych podczas eksploatacji dróg kołowych i szynowych) wyniki pomiarów odpowiednio opisane i skatalogowane. Taka formuła zbioru ułatwia odnajdywanie informacji potrzebnych do opracowania prognozy dotyczącej konkretnej sytuacji projektowej.

Kształtowanie BDP stosowanej w ocenie wpływu drgań generowanych podczas budowy drogi



Podczas budowy drogi jednym z głównych źródeł drgań są pracujące walce wibracyjne. Zbiór danych tworzących BDP stanowią wyniki uzyskane w pomiarach wykonywanych w celach diagnostycznych oraz przeprowadzonych na poligonach badawczych. W każdej z tych sytuacji pomiarowych rejestruje się drgania w punktach pomiarowych w różnych odległościach od drogi przejazdu walców, na fundamencie budynku. W wyniku otrzymuje się wibrogramy, z których przykładowy podano na rys. 4.).

Wibrogramy tego typu zebrane i usystematyzowane w BDP stanowią już zbiór danych przydatny przy prognozowaniu wymuszenia kinematycznego modelu budynku (projektowanego albo zrealizowanego). Można również w tym samym miejscu zbioru w odniesieniu do danego wibrogramu umieścić wyniki jego analizy w pasmach 1/3-oktawowych. Otrzymuje się wówczas w każdym paśmie wartość maksymalną przyspieszenia.

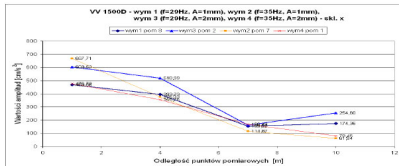


Takie opracowanie wibrogramu z rys. 4. podano na rys. 5, na którym naniesiono również (w celu porównania) przyjęte kryterium oceny wpływu drgań na budynek murowany. W rozważanym przypadku naniesiono na rysunku kryterium oceny wyrażone za pomocą skal SWD-I (linie ciągłe) i SWD-II (linie kropkowane). Z danych

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. III

Utworzono: czwartek, 11, październik 2012 10:42 Janusz Kawecki

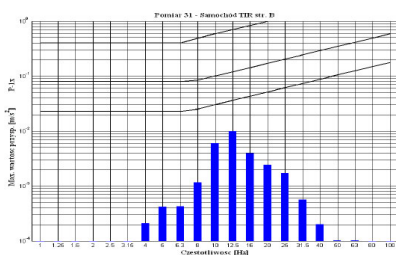
zamieszczonych na rys. 5. wynika, iż poziom zarejestrowanych drgań poziomych na fundamencie budynku w przedziale częstotliwości 16–40Hz sytuje się w strefie drugiej wpływu drgań na budynek, a przy częstotliwości 25 Hz osiąga strefę trzecią w odniesieniu do bardziej wrażliwych na drgania budynków objętych oceną według skali SWD-I.



W wyniku wielu pomiarów można uzyskać również informacje o redukcji drgań generowanych pracą walców wibracyjnych wynikającej ze zwiększenia odległości walca od budynku. Przykładowe wyniki uzyskane na poligonie "A" podczas przejazdu walca Stavostroj VV1500D przy różnych parametrach wzbudzenia drgań podano na rys. 6. W opisywanym przypadku podłoże między źródłem drgań a budynkiem było uwarstwione. Wystąpiły więc lokalne wzmocnienia drgań.

Kształtowanie BDP stosowanej w ocenie wpływu drgań generowanych podczas eksploatacji drogi

Podczas wielu pomiarów przeprowadzanych w celach diagnostycznych można było uzyskać interesujące zbiory danych, umożliwiające dokonywanie porównań wpływu różnych czynników na drgania docierające do obiektu je odbierającego. Pomiarów przeprowadzone w tych samych warunkach gruntowych (ta sama droga propagacji drgań) przeprowadzone na tym samym obiekcie podczas realizacji zadania diagnostycznego, ale przy różnych warunkach ruchowych (typ pojazdu, prędkość poruszania, stopień wypełnienia, stan techniczny itp.) dostarczają wielu informacji przydatnych w prognozowaniu działań dynamicznych w sytuacjach, w których już albo jeszcze nie można wykonać pomiarów. Zbiory wibrogramów wraz z opisem sytuacji pomiarowej powinny być uzupełniane analizami tych wibrogramów wykonanymi stosownie do ich późniejszego wykorzystania. Jeśli więc te zbiory znajdują się w BDP dostarczającej informacji do prognozowania wpływu drgań na ludzi w budynkach, to oprócz wibrogramów pozyskanych w punktach pomiarowych na fundamencie budynku (służą do prognozowania wymuszenia kinematycznego modelu budynku) powinny tam znaleźć się również wibrogramy uzyskane w punktach pomiarowych na wybranych kondygnacjach budynku, w miejscach odbioru drgań przez człowieka.



Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. III

Utworzono: czwartek, 11, październik 2012 10:42 Janusz Kawecki

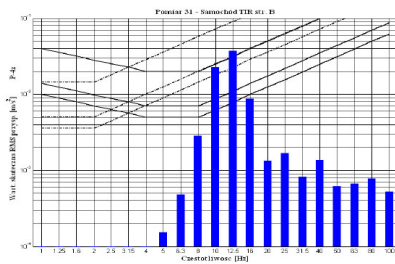
Na kolejnych rysunkach podano przykładowe wyniki opracowania wibrogramów pozyskanych na fundamencie budynku zlokalizowanego w pobliżu drogi kołowej, po której różne pojazdy poruszały się po dwóch pasach. Stan nawierzchni na pasie dalszym od budynku (pas „B”) był gorszy niż na pasie bliższym (pas „A”). Oddziaływanie na budynek i ludzi w budynku ciężkich samochodów przejeżdżających po pasie dalszym (pas o gorszej nawierzchni) było znacząco większe niż wywołane przejazdem pojazdów po pasie bliższym (pas o lepszym stanie nawierzchni). Drgania o największych parametrach wywołane były przejazdami samochodów TIR. Do oceny wpływu drgań na ludzi brano pod uwagę kryteria odniesione do wartości skutecznych (RMS) przyspieszenia drgań (zgodnie z zasadami opisanymi w metodyce powiarowo-interpretacyjnej). W celu zilustrowania informacji zamieszczonych powyżej podano wyniki analizy wibrogramów zarejestrowanych na ścianie piwnicznej budynku (rys. 7.) - wykorzystywane w ocenie wpływu drgań na budynek oraz na stropie parteru (rys. 8.) - wykorzystane w ocenie diagnostycznej wpływu drgań na ludzi przebywających w budynku.

Na rys. 8 oprócz wyników analizy zamieszczono linie odpowiadające kryteriom stosowanym w ocenie wpływu drgań na ludzi w budynkach zgodnie z zapisem w normie PN- 88/B-02171. Linie te odpowiadają kolejno:

- najniżej położona linia ciągła - próg odczuwalności przez człowieka drgań w kierunku z (wzdłuż osi kręgosłupa tzn. wzdłuż linii: stopy-głowa),
- środkowa linia ciągła - linia graniczna zapewnienia ludziom niezbędnego komfortu wibracyjnego w pomieszczeniu mieszkalnym w porze nocnej (w godzinach od 22 do 6) przy drganiach odbieranych przez człowieka w kierunku z,
- najwyżej położona linia ciągła - linia graniczna zapewnienia ludziom niezbędnego komfortu w pomieszczeniach biurowych i mieszkalnych w porze dnia (w godzinach od 6 do 22) przy drganiach odbieranych przez człowieka w kierunku z,
- najniżej położona linia przerywana - próg odczuwalności przez człowieka drgań w kierunkach xy (poprzecznie do osi kręgosłupa tzn. wzdłuż linii: plecy-piersi albo bokbok),
- środkowa linia przerywana - linia graniczna zapewnienia ludziom niezbędnego komfortu wibracyjnego w pomieszczeniu mieszkalnym w porze nocnej przy drganiach odbieranych przez człowieka w kierunkach xy,
- najwyżej położona linia przerywana - linia graniczna zapewnienia ludziom niezbędnego komfortu w pomieszczeniach biurowych i mieszkalnych w porze dnia przy drganiach odbieranych przez człowieka w kierunkach xy.

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. III

Utworzono: czwartek, 11, październik 2012 10:42 Janusz Kawecki



W ten sposób zbierane informacje tworzą BDP. Z nich korzysta się przy wyznaczaniu prognozowanych wielkości opisujących sytuacje odpowiadające diagnozie z projektowaniem oraz projektowaniu i projektowaniu z prognozą tzn. sytuacjom „B, C i D” opisanym w tabeli 5. Należy tu jednak dodać, iż w sytuacji „C” (źródło drgań jest eksploatowane a budynek projektowany) informacje z BDP służą do ocenienia redukcji drgań przekazywanych z podłoża na fundament budynku, bowiem drgania podłoża w miejscu przyszłego posadowienia budynku przy eksploatowanym źródle drgań można uzyskać z pomiaru.

Przykłady wykorzystania BDP w prognozowaniu wpływu drgań na projektowane budynki

W tym miejscu podane zostaną dwa przykłady wykorzystania BDP do wyznaczenia parametrów wymuszenia kinematycznego projektowanych budynków. W celu oceny wpływu prognozowanych drgań na ludzi w projektowanych budynkach należało zbudować modele obliczeniowe budynków, poddać je działaniu prognozowanego wymuszenia kinematycznego i wyznaczyć reakcję dynamiczną (wibrogramy) w miejscach odbioru drgań przez ludzi. Te z kolei należało poddać analizie w pasmach 1/3 oktawowych, a otrzymane wielkości (wartości RMS w poszczególnych pasmach częstotliwości) odnieść do kryterium oceny narażenia wibracyjnego. W przywołanych tu przykładach obliczenia wykonywał zespół: K. Stypuła, K. Kozioł z udziałem autora niniejszego opracowania.

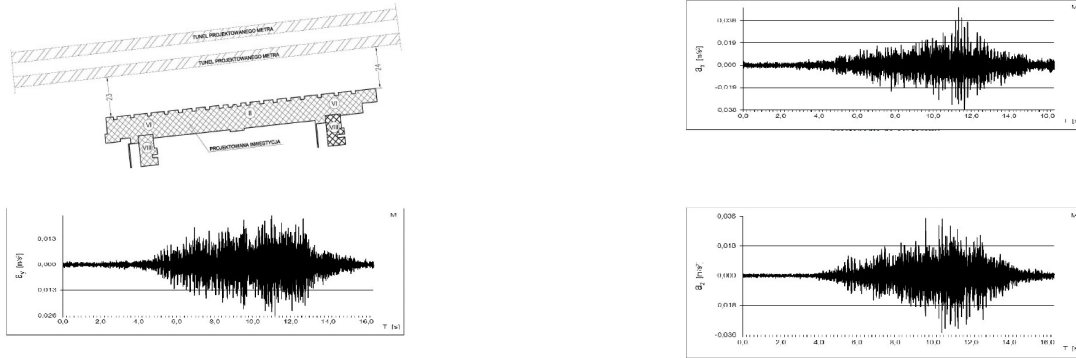
Pierwszy przykład dotyczy projektowanego budynku mieszkalnego, wielorodzinnego (z usługami na parterze) z dwukondygnacyjnym podziemnym garażem, usytuowanego na działkach położonych w pobliżu projektowanej II linii metra w Warszawie. Najmniejsza odległość budynku od osi krawędzi tunelu metra (projektowanego) wynosi 22 m (rys. 9.). Należało projektując budynek sprawdzić, czy drgania generowane przejazdami pociągów metra po zrealizowaniu II linii mogą w sposób niekorzystny wpływać na ludzi w nim przebywających. Jeśli taki będzie wynik prognozy, to należało zaproponować odpowiednie zmiany w projekcie budynku w celu doprowadzenia do spełnienia warunków wibracyjnych określonych w kryterium oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach.

Ze względu na przestrzenny charakter konstrukcji i trudności w wybraniu zastępczego uproszczonego modelu zdecydowano się na analizę budynku jako całości. Przyjęto przestrzenny model (3D) zbudowany według zasad metody elementów skończonych (MES). W każdym z rozważanych stadiów pracy konstrukcji (wymaganych normą PN-85/B-02170) jako wymuszenie kinematyczne (drgania

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. III

Utworzono: czwartek, 11, październik 2012 10:42 Janusz Kawecki

podziemnej części budynku) zastosowano przebiegi czasowe przyspieszeń drgań płyty fundamentowej budynku (rys. 10. - 12.) prognozowane na podstawie wyników pomiarów uzyskanych z Bazy Danych Pomiarowych IMB Politechniki Krakowskiej.

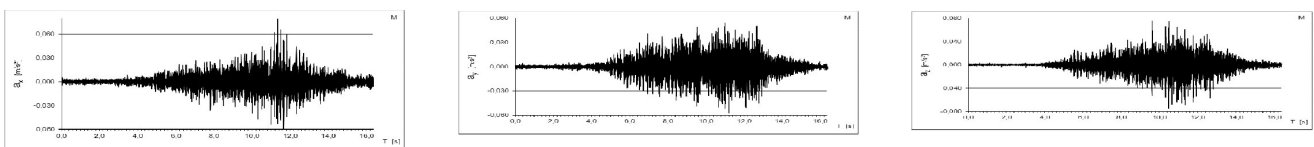


Wykonano analizy dotyczące oceny wpływu prognozowanych drgań na ludzi w budynku. Charakterystyczne, wybrane z wielu końcowych wyników przedstawiono na rys.13-14. Są to najniekorzystniejsze wartości uzyskane z obliczeń po uwzględnieniu zaleceń konstrukcyjnych zaproponowanych projektantom budynku w odniesieniu do zwiększenia grubości stropów wskazanych kondygnacji.



Drugi z przywołanych tu przykładów dotyczy projektowanego budynku mieszkalnego, wielorodzinnego, w usługami w poziomie parteru oraz trzypoziomowym garażem podziemnym, usytuowanego również w pobliżu projektowanej II linii metra. Najmniejsza odległość budynku od osi krawędzi tunelu metra (projektowanego) wynosi 9 m. Należało sprawdzić, czy drgania generowane przejazdami pociągów metra będą w sposób niekorzystny wpływać na ludzi przebywających w budynku. Zbudowano model obliczeniowy budynku korzystając z MES, uwzględniając w modelu różne stadia pracy konstrukcji.

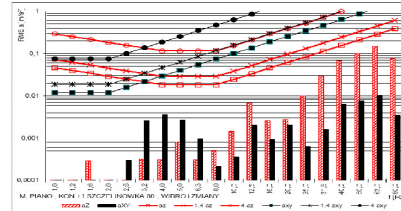
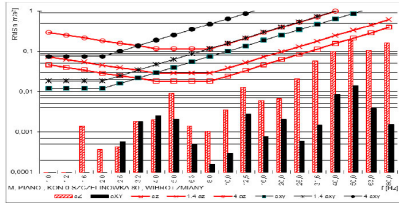
Prognozowane wymuszenie wyznaczono wykorzystując z BDP Instytutu Mechaniki Budowli PK. Prognozowane wymuszenie przedstawiono na rys. 15 -17.



Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. III

Utworzono: czwartek, 11, październik 2012 10:42 Janusz Kawecki

W wyniku obliczeń i analizy uzyskanych rezultatów zgodnie z opracowaną metodyką pomiarowo-interpretacyjną uzyskano wyniki podane na rys.18-19. Zawierają one ocenę prognozowanych drgań na ludzi w projektowanym budynku.



prof. dr hab. inż. Janusz Kawecki

Instytut Mechaniki Budowli,

Wydział Inżynierii Lądowej,

Politechnika Krakowska

Praca została wykonana w ramach realizacji Projektu „Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju” (temat PT1.7) współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

Efekty tej pracy zostały opisane w publikowanym referacie prof. Janusza Kaweckiego, który został przygotowany na VII Seminarium „Wpływ hałasu i drgań wywołanych eksploatacją transportu szynowego na budynki i ludzi w budynkach – diagnostyka i zapobieganie WIBROSZYN-2012” (13-14 września br.) tradycyjnie zorganizowane przez Instytut Mechaniki Budowli PK.

Literatura i wykorzystane materiały:

[1] PN-88/B-02171, Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach 1988, norma polska

[2] BS 6472-1:2008, Guide to evaluation of human exposure to vibration in buildings, Part 1: Vibration sources other than blasting, 2008, British Standard.

[3] DIN 4150-2, Structural vibration, Part 2: Human exposure vibration in buildings, 1999, German Standard.

[4] ISO 2631-2, Guide to the evaluation of human exposure to whole body vibration. Part 2- Vibration in buildings, 2003, International Organization for Standardization.

[5] ISO 10137 Bases for design of structures – Serviceability of buildings and walkways against vibration, 2007, International Organization for Standardization.

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. III

Utworzono: czwartek, 11, październik 2012 10:42 Janusz Kawecki

[6] Tamura Y., Kawana S., Nakamura O., Kanda J. & Nakatà S., Evaluation perception of wind-induced vibration in buildings. Structures & Buildings, 159, pp. 1-11, 2006.

[7] Blume J., Motion perception in the low-frequency range. Contract report AT(26-I)-99. US Atomic Energy Commission, Nevada Operations Office. July 1969.

[8] Benson A.J., Diaz E. & Farrugia P.: The perception of body orientation relative to a rotating linear acceleration vector. Fortschr. zool., 23, pp.264 - 274, 1975.

[9] Goto T., Studies on wind-induced motion of tall buildings based on occupant's reactions. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 13, pp. 241-252, 1983.

[10] Jeary A. P., Morris R. G. & Tomlinson R. W., Perception of vibration-tests in tall buildings. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 28, pp. 361-370, 1988.

[11] Hansen R. T., Read J. W. & Vanmarcke E. H., Human response to wind-induced motion of buildings. Proc. ASCE, ST7, 1973.

[12] Reed J. W., Wind-induced motion and human discomfort in tall buildings. Massachusetts Institute of technology, 1971.

[13] Kawecki J., Stypuła K.: Metodyka pomiarowo- interpretacyjna wyznaczania modelu budynku przydatnego w ocenie wpływu drgań parasejsmicznych na ludzi, Czasopismo Techniczne, 2007, z. 2-B, s. 39-46

[14] AIJ-GEH-2004. Guidelines for the evaluation of habitability to building vibration, 2007, Architectural Institute of Japan.

[15] ISO 6897, Guidelines for the evaluation of the response of occupants of fixed structures, especially buildings and off-shore structures, to low-frequency horizontal motion (0,063 to 1Hz).

[16] Kawecki J., Koziół K., Stypuła K.: Influence of metro tunnel structure on prognosed vibrations received by people staying in nearby building; Technical Transactiond, Cracov University of Technology, vol.3-B, issue 11, pp.51-58, 2010.

[17] Stypuła K., Drgania mechaniczne wywołane eksploatacją metra płytkego i ich wpływ na budynki, Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej, Inżynieria Lądowa, vol. 72, Kraków 2007

[18] Stypuła K., Doświadczenia Metra Warszawskiego. Problemy dynamiczne w projektowaniu oraz podczas budowy i eksploatacji, Budownictwo Górnicze i Tunelowe, vol. 1, pp. 9-10, 2003

[19] Kawecki J., Stypuła K.; Naruszenie wymagań dotyczących zapewnienia ludziom

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. III

Utworzono: czwartek, 11, październik 2012 10:42 Janusz Kawecki

w budynku niezbędnego komfortu wibracyjnego jako stan zagrożenia awaryjnego;
Inżynieria i Budownictwo; Nr 5, 2011, str. 266-269

[20] Uchwała Nr LXXVII/2422/2006 Rady Miasta Stołecznego Warszawy z dnia 22 czerwca 2006 r. w sprawie uchwalenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego regionu tzw. Dworca Południowego, Dziennik Urzędowy Województwa Mazowieckiego Nr 146, poz. 4800