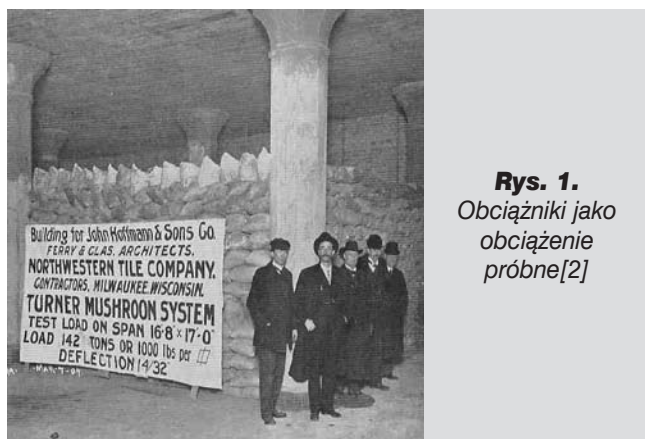


Niestatyczne obciążenia próbne konstrukcji budynków

Jerzy Kowalewski, Instytut Techniki Budowlanej

1. Wprowadzenie

Pod pojęciem obciążeń próbnych zazwyczaj rozumiemy oddziaływania statyczne [1], które realizowane są z wykorzystaniem obciążeń grawitacyjnych albo specjalnych układów z siłownikami. Przykładami obciążeń grawitacyjnych są sytuacje gdy na badanej konstrukcji układane są obciążniki (rys. 1 [2]) albo gromadzona jest woda w przygotowanych do tego pojemnikach (rys. 2, [3]). Układy z siłownikami realizują obciążenie badanego elementu konstrukcyjnego z wykorzystaniem układu rozpór (rys. 3, [4]) lub ciągnięć (rys. 4 [2]). Zasady interpretacji i wykorzystania wyników badań z wykorzystaniem statycznych obciążeń próbnych dla oceny stanu konstrukcji [5] poda-



Rys. 1.
Obciążniki jako obciążenie próbne [2]



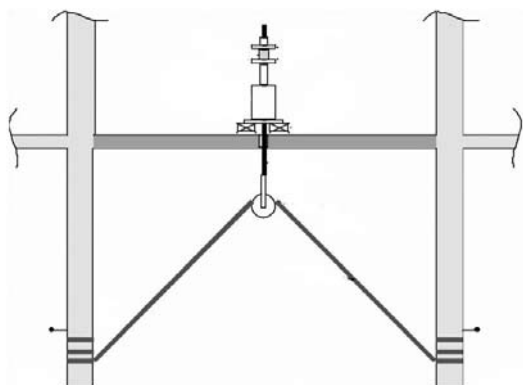
Rys. 2. Specjalna wanna dla gromadzenia wody jako obciążenia próbne [3]



Rys. 3. Obciążenia z wykorzystaniem siłowników i elementów rusztowaniowych [4]

wane były w normach i wytycznych a szeroki przegląd metodyki postępowania i kryteriów oceny zawarty jest w publikacji prof. Bohdana Lewickiego [6].

Oprócz tradycyjnie stosowanych obciążeń statycznych w charakterze obciążeń próbnych konstrukcji budynków mogą być stosowane także inne oddziaływania np. o charakterze dynamicznym. Przy cenie stanu technicznego elementów konstrukcyjnych mogą być wykorzystane oddziaływania wywołujące drgania własne konstrukcji. Innym rodzajem obciążenia próbne mogą być oddziaływania wymuszające propagację fal sprężystych w konstrukcji. Mogą być wykorzystywane zjawiska emisji akustycznej AE. Dla pomiarów zmian konstrukcji i w konstrukcji mamy do dyspozycji nie tylko tradycyjne metody geodezyjne ale całą gamę współczesnych urządzeń pomiarowych. Przykładowo można wymienić czujniki światłowodowe (np. typu



Rys. 4.
Układ z ciągnami
jako obciążenie
próbne [2]

FBG – fiber Bragg grating), czujniki piezoelektryczne i całe kombajny w postaci laserowych robotów pomiarowych. Do dyspozycji pozostają wyrafinowane systemy obliczeniowe i bezprzewodowe przesyłanie danych. Przy obciążeniach próbnych mogą być wykorzystywane metody i urządzenia, które powstają w ramach modnych, rozwijanych i stosowanych obecnie systemów SHM (Structural Health Monitoring). Wszystkie urządzenia i systemy oferowane dla inżynierów budowlanych przez elektronikę i informatykę cechuje niezawodność i relatywnie niskie ceny. Efektywne wyniki diagnostyki istniejących konstrukcji budynków można uzyskać dzięki wykorzystaniu łącznie zaawansowanych metod i narzędzi eksperymentalnych, analitycznych i technologicznych.

2. Przykłady zrealizowanych badań

Wykorzystanie badań częstotliwości drgań własnych i współczynników tłumienia dla 8-piętrowego budynku o żelbetowej konstrukcji przedstawiono w referacie [8]. W obliczeniach wykorzystano zaawansowane modele matematyczne ram konstrukcji odwzorujące stan projektowy i po kilku latach eksploatacji. Ocenę stanu technicznego i uszkodzeń konstrukcji budynku dokonywano na podstawie porównywania wyników obliczeń częstotliwości drgań własnych i sztywności dla różnych modeli ram konstrukcji.



Rys. 5. Uszkodzony budynek służący do eksperymentów [9]

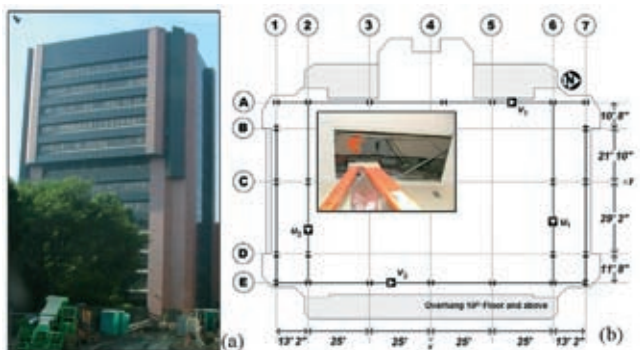


Rys. 6. Wibratory ustawione na dachu budynku [10]

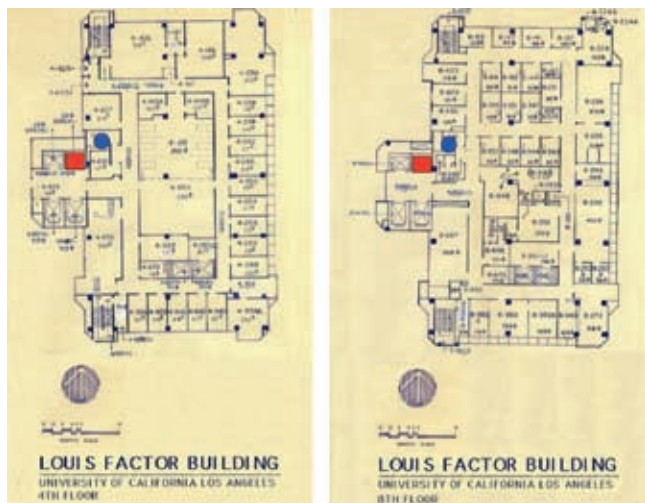
Próby identyfikacji uszkodzeń konstrukcji z zastosowaniem obciążeń dynamicznych na dachu 3-piętrowego budynku przedstawiono w [8]. Podobnie jak w [7] uszkodzenia identyfikowano na podstawie porównania wyników badań doświadczalnych z wynikami analiz obliczeniowych dla różnych modeli konstrukcji oraz z wykorzystaniem metod stochastycznych.

Testowe badania drgań konstrukcji [9, 10] prowadzono na uszkodzonym przez trzęsienie ziemi w 1994 r. budynku w Los Angeles (rys. 5 [9]). Na dachu budynku rozmieszczone zostały wibratory (rys. 6 [10]). Urządzenia umożliwiały zastosowanie w trakcie badań wymuszonych drgań w 3 kierunkach o zróżnicowanych częstotliwościach i różnych amplitudach.

Szeroki zakres badań i analiz z zastosowaniem obciążeń dynamicznych dotyczył 17-kondygnacyjnego budynku (rys. 7 [11]) na kampusie UCLA (University of California Los Angeles). W budynku zainstalowano dużą liczbę urządzeń pomiarowych w tym akcelerometry (przyśpieszomierze) do pomiaru przyśpieszeń liniowych i kątowych. Przeprowadzono liczne prace studialne i obliczeniowe z wykorzystaniem metod elementów



Rys. 7. Budynek, którego konstrukcja była przedmiotem badań [11]



Rys. 8. Rzut kondygnacji budynku, w którym vibracje od ruchu wind służyły do badania konstrukcji [13]

ARTYKUŁY PROBLEMOWE

skończonych i analiz modalnych [12] a wyniki badań doświadczalnych służyły do weryfikacji przyjmowanych modeli odwzorowujących konstrukcję budynku. Ciekawym pomysłem jest wykorzystywanie drgań wywoływanych pracą wind [13] do analizy stanu technicznego konstrukcji budynku. Wspomniany wyżej 17-to kondygnacyjny budynek kampusu UCLA posłużył jako poligon doświadczalny [m] do przeprowadzenia badań z wykorzystaniem wibracji wywoływanych przez windy (rys. 8 [13]).

3. Urządzenia do wykonywania badań

Jak już wcześniej wspomniano elektronika i informatyka dostarcza bardzo zaawansowanych i wyrafinowanych narzędzi do wykonywania badań konstrukcji budynku za pomocą niestatycznych obciążeń próbnych. Do dyspozycji są urządzenia do realizacji oddziaływań oraz wielka liczba różnorodnych przyrządów i systemów do wykonywania pomiarów. Uzupełnieniem są bardzo efektywne sposoby zbierania, przesyłania i selekcji wyników z badań oraz zaawansowane metody analityczne i obliczeniowe.

Tutaj przykładowo wymienionych zostanie tylko kilka urządzeń do dynamicznego oddziaływania na konstrukcje budynków.

Na rysunku 6 pokazano zainstalowane na dachu budynku wibratory, które umożliwiają realizację oddziaływań o dużej energii i zmiennych parametrach.

Urządzenia o mniejszej mocy do wzbudzania drgań pokazano na rys. 8 [14].

Do badania uszkodzeń przede wszystkim w elementach konstrukcji metalowych i kompozytowych przeznaczone są urządzenia ScanSentry®, ScanGenie® (rys. 9) i IMGenie® [15]. Urządzenia te przeznaczone są do realizacji pasywnych i aktywnych zadań, mogą wykonywać analizę danych w czasie rzeczywistym, przysyłać dane w trybie bezprzewodowym i przewodowym, są energooszczędne, łatwe do przenoszenia i instalacji.

4. Wnioski

Dostępne dzisiaj środki techniczne ułatwiają i stwarzają nowe możliwości do diagnostyki konstrukcji istniejących budynków z wykorzystaniem obciążeń próbnych. Bardzo atrakcyjne i efektywne są oferowane przez elektronikę i informatykę rozwiązania z zakresu oddziaływania na konstrukcję (np. w sposób dynamiczny), pomiarów, gromadzenia i przesyłania danych oraz analiz i obliczeń inżynierskich. Rozwijane metody badawcze i analityczne monitoringu stanu technicznego i trwałości konstrukcji (SHM – Structural Health Monitoring) mogą być wykorzy-

Vibration Excitation Equipment

- Eccentric mass shaker (electrically powered)
- Electromagnetic shaker



Rys. 9. Sprzęt wzbudzający drgania [14]



Rys. 10. Urządzenie do wykrywania uszkodzeń w konstrukcjach metalowych i kompozytowych [15]

stywane do realizacji obciążeń próbnych konstrukcji budynków w sposób wykraczający poza tradycyjne obciążenia statyczne.

Przy wykonywaniu ocen stanu technicznego konstrukcji budynków warto rozważać i stosować badania z wykorzystaniem niestatycznych obciążeń próbnych.

CYTOWANE OPRACOWANIA

- [1] <http://www.obciazeniaprobne.pl>
- [2] Tumialan G.: Ensayos de Carga de Estructuras de Concreto. Simpson Gumpertz & Heger, Boston, Massachusetts; http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion_civil/Civil%20eventos/PruebasDeCargaDeEstructurasGustavoTumialan.pdf
- [3] http://www.sandberg.co.uk/attachments/065_s260r04_Load_Testing-Buildings.pdf
- [4] Kowalewski J., Obciążenia próbne stropów. Przegląd Budowlany, 11/2009
- [5] Kowalewski J., Obciążenia próbne w diagnostyce konstrukcji budynków. Przegląd Budowlany, 10/2010
- [6] Lewicki B.: Obciążenia próbne konstrukcji istniejących budynków. ITB, Warszawa 1997
- [7] Koichi Morita; Masaomi Teshigawara: Structural health monitoring of an existing 8-story building using strong motion observation data and structural design data. Smart Structures and Materials 2006: Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems, Masayoshi Tomizuka; Chung-Bang Yun; Victor Giurgiutiu, Editors, 61741T Date: 11 April 2006
- [8] Jian Li; Yunfeng Zhang: Experimental study of a PEM-based second order structural system identification technique. Smart Structures and Materials 2006: Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems, Masayoshi Tomizuka; Chung-Bang Yun; Victor Giurgiutiu, Editors, 61743F Date: 11 April 2006
- [9] Krishna Chintalapudi, Jeongyeup Paek, Nupur Kothari, Sumit Rangwala, Ramesh Govindan, Erik Johnson, Embedded Sensing of Structures: A Reality Check , In: The 11th IEEE International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications (RTCSA2005) , Hong Kong, August 2005 (http://enl.usc.edu/papers/cache/chintala_rtcsa05.pdf)
- [10] Eunjong Yu, Derek Skolnik, Daniel H. Whang and John W. Wallace: Forced vibration testing of a four story rc building utilizing the nees@ucla mobile field laboratory. Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, April 18–22, 2006, San Francisco, California, USA, Paper No. 1566
- [11] Derek Skolnik, Graduate Student Researcher, UCLA; Eunjong Yu, Assistant Professor, Hanyang University, Korea; Ertugrul Taciroglu, Assistant Professor, UCLA; John W. Wallace, Professor, UCLA: System Identification and Health Monitoring Studies on Two Buildings in Los Angeles. Presented at the 6th International Workshop of Structural Health Monitoring, Stanford University, September 11–13, 2007, Student Paper of Distinction, 2nd Place
- [12] Derek Skolnik, University of California, Los Angeles, USA, Eunjong Yu, Hanyang University, Seoul, Korea, John Wallace, University of California, Los Angeles, USA, Ertugrul Taciroglu, University of California, Los Angeles, USA: Modal System Identification & Finite Element Model Updating of a 15-story Building using Earthquake & Ambient Vibration Data SEI Conference May 2007
- [13] Jong-ho Baek, Mark H. Hansen, Robert L. Nigbor, and Salih Tileylioglu; University of California, Los Angeles, CA, 90095 USA: Elevators as an excitation source for structural health monitoring in buildings. 4th World Conference on Structural Control and Monitoring 4WCSCM-277
- [14] Vibration-based Structural Health Monitoring. <http://astl.uta.edu/MAE5301/Vibration-based%20SHM.ppt>
- [15] Acellent Technologies, Inc.; A Structural Health Monitoring Company; Hardware; <http://www.acelementsensors.com/Hardware.asp>

Opracowanie zostało przygotowane w ramach tematu naukowo-badawczego prowadzonego w Instytucie Techniki Budowlanej: NK-7/2011 zadanie 1.3: Obciążenia próbne dla oceny stanu technicznego konstrukcji budynków.