



WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ I ŚRODOWISKA

KATEDRA BUDOWNICTWA I INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ

PRACA DOKTORSKA

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATIONS ON
SOUND INSULATION OF COMPOSITE PANELS

BADANIA DOŚWIADCZALNE I NUMERYCZNE IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ
PANELI KOMPOZYTOWYCH

MGR INŻ. ADAM WAWRZYNOWICZ

PROMOTOR: PROF. DR HAB. INŻ. JACEK TEJCHMAN

GDAŃSK 2016

Streszczenie

Właściwości akustyczne ścian i przegród budowlanych pełnią istotną rolę w procesie projektowania budowlanego. Powszechnie znane rozwiązania teoretyczne są ograniczone do prostych typów przegród. Zastosowanie wyników badań pomiarowych lub obliczeń numerycznych staje się więc koniecznością.

W pracy doktorskiej wyznaczono izolacyjność akustyczną innowacyjnych paneli kompozytowych w sposób doświadczalny i teoretyczny. Metody poprawy izolacyjności akustycznej zostały przeanalizowane w oparciu o zaawansowane symulacje numeryczne. Praca zawiera wkład do akustyki budowlanej poprzez wyniki pomiarów dwóch innowacyjnych budowlanych paneli kompozytowych w warunkach laboratoryjnych i terenowych oraz symulacje numeryczne badań doświadczalnych przy użyciu metody elementów skończonych (MES) i obliczeniowej dynamiki płynów (CFD). Zbadano następujące panele kompozytowe: konstrukcyjno-izolacyjny panel kompozytowy (CSIP) zbudowany z okładzin cementowo-magnezjowych wzmocnionych siatką z włókna szklanego i styropianowego rdzenia oraz panel 'Sewaco' zbudowany z płyty żelbetowej wzmocnionej żebrami z dodatkową zewnętrzną warstwą styropianu. Doświadczenia laboratoryjne wykonano w sprzężonych komorach pogłosowych. Badania terenowe wykonano w prototypowym budynku mieszkalnym złożonym z paneli 'Sewaco'. Zastosowano 3 rodzaje modeli obliczeniowych: pełny trójwymiarowy (3D), prawie dwuwymiarowy (quasi 2D) i dwuwymiarowy 2D. Wyniki obliczeń zostały porównane bezpośrednio z wynikami pomiarów. Zweryfikowany i zwalidowany model numeryczny został użyty do poprawy właściwości akustycznych paneli CSIP poprzez dodanie dodatkowej warstwy wełny mineralnej, pustek powietrznych, pustek wypełnionych wełną mineralną oraz zastosowanie podwójnego symetrycznego i niesymetrycznego panelu kompozytowego.

Analiza numeryczna wykazała, że symulacje numeryczne MES badań laboratoryjnych i terenowych mogą pełnić istotną rolę przy określaniu izolacyjności akustycznej paneli kompozytowych. Dzięki temu projektowanie nowych paneli kompozytowych staje się łatwiejsze, ponieważ czas przeprowadzenia i koszt obliczeń jest mniejszy w odniesieniu do metod pomiarowych. Takie uproszczenie projektowe staje szczególnie istotne, kiedy brakuje rozwiązań teoretycznych dla przegród budowlanych.

Summary

Nowadays acoustic properties of building walls and partitions play a very important role in a building design process. Commonly used theoretical models are restricted to simple types of walls only. Application of measuring results or advanced numerical methods becomes thus necessary.

Experimental and numerical evaluation of sound insulation of innovative composite panels was presented in this thesis. Methods of the sound insulation improvement were analyzed based on advanced numerical simulations. The thesis includes contributions to the building acoustics through measurements of two different innovative composite building panels under laboratory and field conditions and numerical simulations of experimental outcomes using the finite element method (FEM) and computational fluid dynamics (CFD). Composite panels included composite structural insulated panels (CSIPs) composed of two external cementmagnesium boards reinforced by a fiberglass net and an expanded polystyrene (EPS) core and ‘Sewaco’ panels composed of a reinforced concrete ribbed slab with an external EPS layer. Laboratory tests were conducted using a reverberation chamber method. Field tests were performed in a prototype residential house composed of ‘Sewaco’ panels. Three types of numerical models were used: a fully three-dimensional (3D), quasi two-dimensional (2D) and two-dimensional (2D) model. Calculation outcomes were directly compared with measuring results. A verified and validated numerical model was used next to improve acoustic properties of CSIPs: additional glass wool layer, air void inserts, glass wool inserts and double symmetric or non-symmetric composite panels.

Numerical analyses revealed that FE simulations of laboratory and field tests might play an important role in the sound insulation determination of building panels. Owing to that a design of novel acoustic panels becomes easier because the calculation time is lower and cheaper than measurements. Such a design simplification is especially important when theoretical results for building partitions do not exist.