

Streszczenie

Słowa kluczowe: mechanika konstrukcji, konstrukcje zespolone, drewno, beton, belki drewniano-betonowe, model matematyczny, współczynnikowe zadanie odwrotne, badania eksperymentalne, badania statyczne, badania dynamiczne, badania długotrwałe.

Rozprawa doktorska została poświęcona problematyce modelowania matematycznego oraz badaniom statycznym (w tym w warunkach pełzania) i dynamicznym zespolonych belek drewniano-betonowych.

W pierwszej kolejności w ramach rozprawy przeprowadzony został wnikliwy przegląd istniejącego stanu wiedzy na temat modeli i badań eksperymentalnych tego typu układów konstrukcyjnych. Pozwoliło to na wyznaczenie celów pracy wynikających ze stwierdzonych luk w literaturze przedmiotu.

Następnie autor opisuje i charakteryzuje bardziej szczegółowo podstawowe z punktu widzenia tematyki pracy materiały, tj. beton i drewno, a także sposoby konstruowania i zespalania warstw kompozytów drewniano-betonowych. Przedstawiono też w rozwinięciu sformułowane dotychczas modele dwuwarstwowych belek zespolonych i metody ich projektowania. Na tej podstawie wprowadzono własny model belki drewniano-betonowej, który oprócz uwzględnienia zjawiska poślizgu i reologicznych cech materiałów bierze również pod uwagę skończoną sztywność styku warstw belki w kierunku normalnym do jego powierzchni i oddziaływania ciepło-wilgotnościowe. W tym zakresie w sposób oryginalny cechy reologiczne układu ujęto za pomocą standardowego modelu liniowej lepkościowości zarówno w przypadku warstw układu, jak i ich złącza. Stanowi to podstawowe osiągnięcie rozprawy w zakresie rozważań teoretycznych. Ugięcia i przemieszczenia poziome warstw belki opisuje układ czterech równań całkowo-różniczkowych. Z kolei opis pól ciepło-wilgotnościowych w układzie ujmują klasyczne równania dyfuzji i przewodnictwa cieplnego. W ramach pracy tak sformułowane zagadnienie początkowo-brzegowe rozwiązywano, stosując metodę różnic skończonych, gdzie do obliczania splotów funkcji pojawiających się w stronie mechanicznej zagadnienia zastosowano także całkowanie numeryczne.

W dalszej kolejności przeprowadzono następujące oryginalne badania laboratoryjne:

- badania statyczne belki drewniano-betonowej o rozpiętości 3,5 m pod cyklicznie zwiększającym się obciążeniem aż do wyczerpania jej nośności z etapowym pomiarem ugięć, poślizgów i krzywizn warstw, prędkości fal ultradźwiękowych w górnej płycie betonowej oraz częstotliwości drgań swobodnych;
- badania pełzania czterech belek drewniano-betonowych o rozpiętości 4 m z pomiarem ugięć, poślizgów i krzywizn warstw w okresie 2 lat.

Na podstawie otrzymanych pomiarów wyznaczono parametry materiałowe występujące w autorskim modelu belki. W tym celu sformułowano współczynnikowe zadania odwrotne, których podstawą była minimalizacja funkcji celu wyrażonej przez sumę względnych kwadratów różnic pomiędzy mierzonymi przemieszczeniami i krzywiznami warstw belek oraz odpowiadającymi im danymi wyjściowymi modelu. W efekcie otrzymano bardzo dobrą zgodność pomiędzy mierzonymi i obliczanymi wielkościami. Minimalizacji funkcji dokonano przy wykorzystaniu nieliniowej metody najmniejszych kwadratów, a w przypadku oceny parametrów reologicznych zastosowano także regularyzację zadania odwrotnego metodą Tichonowa. Ponadto w przypadku pomiarów częstotliwości drgań swobodnych w cyklicznie obciążanej belce drewniano-betonowej wykazano ich przydatność w jakościowej, nieinwazyjnej ocenie procesów degradacji sprężystej, które zachodzą w tego typu konstrukcji przy jej przeciążeniu.

Na końcu pracy przedstawiono w celach ilustracyjnych możliwe do przeprowadzenia w ramach zaproponowanego modelu obliczenia, które z powodzeniem mogą zostać wykorzystane w praktyce projektowej. M.in. wyznaczono zmiany naprężeń w warstwach belki – drewnianej i betonowej, wynikające z redystrybucji sił wewnętrznych i oddziaływań wilgotnościowych w warunkach pełzania.

Mariusz Czabak