

Doktorant: mgr inż. Piotr Sokołowski
Promotor: dr hab. inż. Paweł Kossakowski, prof. PŚk
Promotor pomocniczy: dr Andrzej Lenarcik

Analiza pracy statycznej zginanych belek drewnianych wzmacnianych siatką z włókna PBO

Streszczenie

Tematyka podjęta w pracy dotyczy zagadnień związanych ze wzmacnianiem belek z litego drewna za pomocą kompozytów polimerowych zbrojonych włóknami ciągłymi PBO. Zasadniczym problemem naukowym, którym starano się rozwiązać jest opis pracy statycznej zginanych belek drewnianych wzmacnianych siatką z włókna PBO zatopionej w matrycach: żywicznej i mineralnej. Pierwszy sposób wzmacnienia wymusił powstanie kompozytu R-PBO zbudowanego na bazie dwuskładnikowego bezrozpuszczalnikowego kleju Resin 55 opartego na bazie żywicy epoksydowej z utwardzaczem aminowym, który stanowi łącznik między elementem wzmacnianym a zbrojeniem PBO występującym w postaci siatki. Drugi sposób wzmacnienia oparto na sprawdzonym systemie FRCM przeznaczonym do wzmacniania konstrukcji żelbetonowych, betonowych i murowych, który jednak z uwagi na zastosowaną matrycę mineralną nie został jak dotąd zbadany i przetestowany pod kątem możliwości wzmacniania konstrukcji drewnianych. W rezultacie wyznaczono podstawowe parametry mechaniczne powstałego kompozytu drewno-polimer PBO i elementów wzmacnianych pod kątem oszacowania efektywności proponowanych wzmacnień. Dokonano oceny uzyskanych wyników badań eksperymentalnych, której istotną częścią była szczegółowa analiza statystyczna uwydatniająca wpływ wzmacnienia dolnego i bocznego oraz liczby warstw wzmacniających na zwiększenie nośności i sztywności badanych elementów.

Badania wykonane w ramach rozprawy obejmowały dwa zasadnicze obszary: testy wytrzymałościowe materiałów i belek wzmacnionych wraz z oceną uzyskanych wyników oraz analizę statystyczną.

W ramach przeprowadzonych badań wstępnych opisano i scharakteryzowano kompozyt R-PBO stanowiący swoiste „novum” we wzmacnianiu konstrukcji drewnianych. Przedstawiono badania pilotażowe wraz z wnioskami potwierdzającymi skuteczność zastosowanego wzmacnienia.

Badania zasadnicze obejmowały testy wytrzymałościowe litych belek drewnianych wzmacnionych przy użyciu kompozytów R-PBO oraz FRCM pracujących w warunkach normalnych oraz w warunkach podwyższonej temperatury w zakresie zginania statycznego. Uzyskane wyniki i analiza ścieżek równowagi pozwoliły na opis pracy przedmiotowych elementów w pełnym zakresie obciążenia, aż do zniszczenia.

W celu oszacowania efektywności zastosowania poszczególnych rodzajów wzmacnień określono podstawowe parametry mechaniczne i wytrzymałościowe, takie jak współczynnik sprężystości przy zginaniu i wytrzymałość na zginanie oraz określono zaobserwowane mechanizmy zniszczenia badanego materiału.

P. Sokołowski

Przeprowadzono przegląd literatury przedmiotu w zakresie wzmacniania konstrukcji drewnianych materiałami kompozytowymi oraz przy użyciu tradycyjnych metod wzmacniania.

Przeprowadzono również badania materiałowe drewna, siatki PBO, kleju Resin 55 oraz zaprawy mineralnej Ruredil X Mesh M 750.

W zakresie analizy statystycznej przedstawiono cel, zakres, wyniki badań oraz testowanie hipotez, jako przyjęty kierunek analiz statystycznych. W części obliczeniowej (etap I) opisano i przeprowadzono analizę wariancji. W części obliczeniowej (etap II) wyznaczono analizę trendu dla sztywności, siły maksymalnej oraz współczynnika sprężystości przy zginaniu. Przeprowadzono również regresję wielowymiarową (etap III).

Dokonano podsumowania, a także wyciągnięto wnioski o charakterze praktycznym i naukowym oraz wskazano planowane kierunki dalszych badań.

Piotr Sołtysiuk

Summary

The subject of the thesis concerns issues related to the reinforcement of solid wood beams with polymer composites reinforced with PBO continuous fibers. The main scientific problem that has been addressed is the description of the static work of bent wooden beams reinforced with a PBO fiber mesh embedded in a resin-mineral matrix. The first method of strengthening made it necessary to create an R-PBO composite based on the two-component solvent-free Resin 55 adhesive based on epoxy resin with an amine hardener, which is a link between the reinforced element and the PBO reinforcement in the form of a mesh. The second method of reinforcement is based on the proven FRCM system intended for the reinforcement of reinforced concrete, concrete and masonry structures, which, however, due to the mineral matrix used, has not yet been researched and tested in terms of the possibility of strengthening wooden structures. As a result, the basic mechanical parameters of the obtained wood-polymer PBO composite and reinforced elements were determined in terms of estimating the effectiveness of the proposed reinforcements. The results of experimental tests were assessed, an important part of which was a detailed statistical analysis emphasizing the impact of bottom and side reinforcement and the number of reinforcing layers on increasing the load-bearing capacity and stiffness of the tested elements.

The research carried out as part of the dissertation covered two main areas: strength tests of materials and reinforced beams with the evaluation of the obtained results, and statistical analysis.

As part of the conducted preliminary research, the R-PBO composite was described and characterized, which is a kind of "novelty" in the reinforcement of wooden structures. Pilot studies were presented with conclusions confirming the effectiveness of the applied reinforcement.

The main tests included strength tests of solid wooden beams reinforced with R-PBO and FRCM composites working in normal conditions and conditions of increased temperature in the field of static bending. The obtained results and the analysis of the equilibrium paths allowed for the description of the work of the elements in question in the full load range, up to failure.

In order to estimate the effectiveness of the application of individual types of reinforcements, the basic mechanical and strength parameters, such as bending elasticity and bending strength, were determined, and the observed failure mechanisms of the tested material were determined.

The literature on the subject was reviewed in the field of reinforcing wooden structures with composite materials and with the use of traditional methods of strengthening.

Material tests of wood, PBO mesh, Resin 55 glue and Ruredil X Mesh M 750 mineral mortar were also carried out.

In terms of statistical analysis, the aim, scope, research results and hypothesis testing were presented as the adopted direction of statistical analyzes. In the computational part (stage I), the analysis of variance was described and performed. In the computational part (stage II), the trend analysis was determined for the stiffness, maximum force and bending elasticity coefficient. Multivariate regression was also performed (stage III).

A summary was made and practical and scientific conclusions were drawn, and the planned directions for further research were indicated.

