

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

„Dynamika smukłych konstrukcji stalowych pod obciążeniem o charakterze stochastycznym”

mgr inż. Klaudia Juszczyk-Andraszyk

Przedmiotem niniejszej rozprawy doktorskiej są rozważania dotyczące niezawodności smukłych, stalowych konstrukcji inżynierskich poddanych dynamicznym oddziaływaniom o charakterze stochastycznym. Dynamika konstrukcji rozpatrywana jest na przykładzie stalowych kominów i kratowych wież telekomunikacyjnych, które wpisują się w tematykę pracy zarówno biorąc pod uwagę ich charakterystyki geometryczne, jak również kluczowe dla tych konstrukcji oddziaływania wiatru, będące przykładem obciążeń o charakterze zarówno silnie stochastycznym jak i dynamicznym.

W pierwszej części dysertacji dokonano wnikliwego rozpoznania aktualnego stanu wiedzy dotyczącego zagadnień będących przedmiotem rozprawy. Omówiono kwestie szacowania oddziaływania wiatru, przywołano prowadzone na całym świecie badania niszczące w odniesieniu do konstrukcji wieżowych, poruszono kwestie dynamiki, optymalizacji i niezawodności konstrukcji. Zebrano i rzetelnie usystematyzowano wiedzę z zakresu rozwiązań konstrukcyjnych kratowych wież telekomunikacyjnych, ze szczególnym podkreśleniem wymogów technologicznych. Zebrano i zaprezentowano najczęściej stosowane rozwiązania, które opatrzone obszerną dokumentacją fotograficzną. Zamieszczono tu także spostrzeżenia wynikające z praktyki inżynierskiej, dotyczące projektowania, realizacji oraz wzmocnienia tego rodzaju konstrukcji.

Kolejna część pracy stanowi omówienie przeprowadzonego badania niszczącego konstrukcji wieżowej w jej naturalnej skali. Jest to rezultat współpracy z dr. hab. inż. Jackiem Szafranem nad projektem badawczym jego autorstwa, zatytułowanym „*Networks Towers Reinforcement Cost Optimisation*”. Opisane zostały tu przygotowania do badań, szczegółowo przedstawiono konstrukcję testowanej wieży oraz przebieg eksperymentu. Omówiono rezultaty przeprowadzonego badania oraz informacje, które na jego podstawie uzyskano, tj. przede wszystkim mechanizm zniszczenia konstrukcji, a także siły przekrojowe w poszczególnych elementach wieży, które poznano dzięki umieszczonym na nich czujnikach elektrooporowych. Przedstawiono tu również wyniki badań laboratoryjnych parametrów materiałowych stali określone w statycznej próbie rozciągania, a także omówiono przeprowadzone pomiary geodezyjne dotyczące m. in. pomiarów niwelacyjnych stóp wieży w trakcie doświadczenia i monitorowania wychyleń jej trzonu w trakcie oraz po badaniu.

Główna część rozprawy zawiera opis eksperymentów numerycznych dotyczących szacowania niezawodności konstrukcji inżynierskich przy zastosowaniu analizy dynamicznej oraz z uwzględnieniem obciążeń o charakterze stochastycznym, których przedmiotem były stalowy komin i wieże kratowe. W przykładach numerycznych wykorzystano modele zarówno prętowe, jak i powierzchniowe, uwzględniające nieliniową analizę sprężysto-plastyczną badanych elementów. Szczególną uwagę zwrócono na kalibrację modeli obliczeniowych, do której wykorzystano pomiary konstrukcji wykonane przed badaniami niszczącymi oraz w ich trakcie, czego efektem było wprowadzenie do modeli podpór o odpowiedniej podatności oraz geometrycznych imperfekcji.

Dostrzeżono, że odpowiednie odwzorowanie modelu w programie numerycznym ma znaczny wpływ na uzyskane wyniki, szczególnie jeśli chodzi o przemieszczenia konstrukcji. W eksperymentach numerycznych wykorzystano także informacje dotyczące mechanizmu zniszczenia wieży uzyskane podczas badań pełnoskalowych, wskazujące na nośność wyboczeniową krawężnika jako decydującą o niezawodności konstrukcji. Sprawdzono, czy uogólniona metoda perturbacji stochastycznej jest wystarczająco dokładna do rozpatrywania zagadnień dynamicznych, uwzględniających nieliniowości konstrukcji. Rozważano różne rodzaje warunków stanowiących o przekroczeniu wymaganego poziomu niezawodności konstrukcji, w tym warunki stanu granicznego nośności (nośność wyboczeniowa krawężników, wytrzymałość plastyczna węzłów) oraz użytkowania (przemieszczenia wierzchołka konstrukcji). Obserwowano różnice pomiędzy podejściem statycznym do zagadnienia niezawodności konstrukcji, a analizą dynamiczną. Szczególną uwagę zwrócono na wpływ fluktuacji funkcji wzbudzenia na odpowiedź konstrukcji.

Ostatnim etapem było zaimplementowanie procedury pozwalającej na określenie mnożników do obciążeń działających na konstrukcję, tak aby spełniała ona wymagania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa (niezawodności), opisanego za pomocą wskaźnika niezawodności określonego na drodze analizy perturbacyjnej, przy zastosowaniu obciążeń o charakterze stochastycznym. Wykorzystano w tym celu algorytm kalibracji częściowych współczynników bezpieczeństwa, które stosowane są powszechnie w podejściu normowym do zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa projektowanej konstrukcji. Procedura ta została opracowana dla zagadnień dynamicznych i ma na celu ułatwienie projektowania konstrukcji o określonym poziomie niezawodności w sposób inżynierski.

W podsumowaniu pracy zamieszczone zostały spostrzeżenia jakie poczyniono na podstawie przeprowadzonych eksperymentów numerycznych zaprezentowanych w rozprawie oraz wnioski wyciągnięte z podjętych badań. Stwierdzono, że szacowanie niezawodności lekkich, smukłych konstrukcji inżynierskich, w szczególności kratowych wież telekomunikacyjnych, przy wykorzystaniu analizy dynamicznej, w której obciążenie ma charakter stochastyczny jest zasadne, a obecny stan wiedzy inżynierskiej, dostępne techniki komputerowe oraz nieustające doskonalenie warsztatu metod obliczeniowych są, wraz z korzyściami płynącymi ze stosowania tego rodzaju rozwiązań, argumentami stojącymi za wprowadzaniem analizy probabilistycznej do szacowania niezawodności konstrukcji.

Klaudia Juszczyk - Andrzej