

STRESZCZENIE

Weryfikacja modeli konstytutywnych sprężysto-plastyczności przy zastosowaniu MES i optycznej korelacji obrazu

W rozprawie dokonano weryfikacji podstawowych modeli sprężysto-plastyczności metali w ramach teorii małych i dużych deformacji porównując wyniki badań doświadczalnych przeprowadzonych z wykorzystaniem systemu optycznej korelacji obrazu Aramis z wynikami obliczeń: analitycznych w ramach wytrzymałości materiałów i teorii prętów cienkościennych oraz numerycznych z użyciem programu metody elementów skończonych Abaqus/Standard.

Rozdział 1 informuje o celu i zakresie pracy oraz zawiera pewne podstawowe informacje na temat zastosowanych narzędzi i badanych zagadnień.

Rozdział 2 omawia stosowane modele konstytutywne. Przyjęto sprężysto-plastyczny model materiału izotropowego posiadający w zakresie sprężystym charakter liniowy, a w zakresie plastycznym prawo płynięcia stowarzyszone z warunkiem plastyczności Hubera-Misesa ze wzmocnieniem izotropowym lub kinematycznym. Zastosowano teorie małych i dużych deformacji zaimplementowane w systemie Abaqus w ramach tzw. analizy geometrycznie liniowej i nieliniowej.

Rozdział 3 opisuje przeprowadzone badania materiałowe oraz ich wyniki. Przeprowadzono statyczne próby rozciągania oraz naprzemiennego rozciągania i odciążania standardowych próbek wiosełkowych z użyciem tensometru elektromechanicznego i systemu optycznej korelacji obrazu. Przeprowadzono łącznie 16 prób trzech różnych typów, dokonano analizy rozwoju odkształceń i stref plastycznych z wykorzystaniem systemu Aramis, obliczono wartości wybranych stałych materiałowych wg kilku różnych, samodzielnie opracowanych algorytmów, a także dokonano obszernego opracowania statystycznego otrzymanych wyników z użyciem trzech estymatorów (średniej arytmetycznej, średniej ważonej i mediany). Dodatkowo dokonano oceny wizualnej na podstawie oględzin badanych elementów i niewielkiej liczby prób twardości metodami Rockwella i Brinella.

Rozdział 4 opisuje weryfikację modeli konstytutywnych na przykładzie rozciągania niesymetrycznie perforowanego płaskownika. Dokonano jednej próby statycznej z zastosowaniem systemu optycznej korelacji obrazu oraz rozwiązano odpowiednie zadania płaskiego stanu naprężenia w programie Abaqus.

Rozdział 5 opisuje weryfikację modeli konstytutywnych na przykładzie ściskania krótkich odcinków perforowanych prętów cienkościennych o przekroju otwartym typu Ω . Dokonano 106 prób ściskania próbek o 8 różnych wysokościach, w tym 63 prób przy sztywnym zamocowaniu płyt dociskowych do maszyny wytrzymałościowej i 43 prób przy zamocowaniu przegubowym. W ramach obliczeń analitycznych, w zakresie sprężystym zastosowano teorię prętów cienkościennych i wyboczenie matematyczne, a w zakresie niesprężystym przyjęto dwa alternatywne przebiegi paraboliczne zależności siły krytycznej od długości pręta; dokonano również obliczeń wg obowiązującej normy projektowania cienkościennych konstrukcji stalowych z dodatkowymi uzupełnieniami uwzględniającymi perforacje prętów. W ramach obliczeń numerycznych dokonano obliczeń wg teorii powłok przyjmując różne modele materiału w zakresie plastycznym (wzmocnienie izotropowe lub kinematyczne oraz różne relacje konstytutywne plastyczności), warunki brzegowe (zamocowanie końców sztywne lub obrotowe względem różnych punktów, więzy pełne lub jednostronne) oraz imperfekcje (brak, przechyłowe i/lub łukowe).

Rozdział 6 zawiera podsumowanie i wnioski oraz propozycje dalszych zagadnień badawczych stanowiących kontynuację lub rozwinięcie badań opisanych w rozprawie.

Słowa kluczowe: sprężystość, plastyczność, sprężysto-plastyczność, plastyczność metali, teoria małych odkształceń, teoria dużych deformacji, stowarzyszone prawo płynięcia, warunek plastyczności Hubera-Misesa, wzmocnienie izotropowe, wzmocnienie kinematyczne, cyfrowa korelacja obrazu, optyczna korelacja obrazu, metoda elementów skończonych, badania doświadczalne, teoria prętów cienkościennych, wyboczenie, płaski stan naprężenia, teoria powłok, imperfekcje, pręty cienkościenne perforowane, pręty cienkościenne o bardzo małej smukłości