

Streszczenie

Rozprawa zawiera opis i przykłady zastosowania szybkiej wielobiegunowej metody elementów brzegowych zmiennej zespolonej (SWMEB-ZZ) w dwuwymiarowej analizie struktur silnie niejednorodnych. Przy czym liczba stopni swobody układu może przekraczać setki tysięcy.

Metoda ta stanowi rozwinięcie i połączenie dwóch klasycznych metod: konwencjonalnej metody elementów brzegowych (MEB) i metody szybkiej wielobiegunowej (MSW). Znaczny wzrost wydajności, dokładności i stabilności metod osiągnięto dzięki: użyciu specjalnych osobliwych i hiperosobliwych brzegowych równań całkowych zmiennej zespolonej; lepszemu przybliżeniu geometrii, poprzez zastosowanie kombinacji prostych i kołowych elementów brzegowych; lepszej aproksymacji wielkości fizycznych przy użyciu wielomianów wyższego rzędu, określających asymptotykę zachowania się pól w pobliżu punktów osobliwych; użyciu analitycznych formuł rekurencyjnych zmiennej zespolonej dla wszystkich procedur całkowania, zarówno w MEB, jak i MSW; wykorzystaniu hierarchicznej struktury drzewa ze specjalną renumeracją elementów.

W oparciu o ulepszone procedury algorytmu MSW utworzono kod komputerowy SWMEB-ZZ. Celem rozwiązywania dużych układów równań liniowych wykorzystano metodę iteracyjną GMRES z odpowiednio dobraną macierzą ściskającą. Zastosowania kodu SWMEB-ZZ pokazano na licznych przykładach dotyczących dwóch grup zagadnień: rozwiązywania problemu homogenizacji i analizy pól lokalnych.

Otrzymane rezultaty potwierdzają skuteczność zastosowanych metod i udoskonaleń, których wykorzystanie umożliwia rozwiązywanie problemów w czasie rzeczywistym na zwykłych laptopach.

Abstract

The thesis concerns with the description and application of the complex variable fast multipole boundary element method (CV FMBEM) in the two-dimensional analysis of strongly inhomogeneous structures, when the number of degrees of freedom may exceed hundreds of thousands.

The method joints the conventional boundary element method (BEM) and the fast multipole method (FMM). The increase of their efficiency, accuracy and stability is reached by: using special types of complex variable singular and hypersingular boundary integral equations; improved approximations of the geometry by combinations of straight and circular-arc elements; improved approximations of physical quantities including higher-order polynomials and accounting for the asymptotic behaviour of fields near singular points at developed singular tip and multi-wedge elements; using analytical formulae in complex variables for all integration procedures, both in the BEM and the FMM; employing hierarchical quad-tree structure with special renumeration of elements.

Improved procedures of the FMM algorithm were employed to create a CV FMBEM computer code. To solve large systems of linear equations, the iterative method Generalized Minimal Residual with adjusted preconditioner matrix is used. The applicability of the CV FMBEM code is demonstrated in a number of examples related to two groups of issues: solving the homogenization problem and the analysis of local fields in structures.

The obtained results confirm efficiency of the methods and improvements suggested. They open new options for accurate and stable solving scientific and applied problems in real time on conventional laptops.