

Couplage des méthodes modale et éléments finis pour la diffraction des ondes élastiques guidées - Application au Contrôle Non Destructif

Résumé :

En vue de simuler une expérience de contrôle non destructif par ondes ultrasonores guidées, on considère un guide élastique 2D (une plaque) ou 3D (une barre) qui comporte un défaut (fissure, hétérogénéité locale due à une soudure etc...). L'objectif est de résoudre numériquement le problème de la diffraction d'un mode du guide par le défaut. Nous nous sommes attachés à mettre au point une méthode couplant des éléments finis dans une portion (aussi petite que possible) du guide, contenant le défaut, avec des décompositions modales de part et d'autre du défaut. La difficulté consiste à écrire la bonne condition de raccord entre ces deux représentations. Le point important est d'avoir à sa disposition une relation d'orthogonalité permettant de projeter la solution éléments finis sur les modes. Ceci conduit à formuler le problème à l'aide de vecteurs hybrides déplacement/contrainte pour lesquels il existe une relation de bi-orthogonalité : la relation dite de Fraser. On peut alors écrire une condition exacte (ou transparente) à la troncature modale près, sur les frontières artificielles du domaine de calcul. Il faut enfin intégrer cette condition aux limites dans une approche variationnelle (en déplacements) en vue de développer une méthode d'éléments finis. Du fait du caractère hybride de la condition, on doit pour cela introduire comme inconnue supplémentaire la composante normale de la contrainte normale définie sur la frontière artificielle et écrire une formulation mixte.

Nous avons traité numériquement les cas bidimensionnel et tridimensionnel d'un guide isotrope à bords libres. Les modes du guide sont calculés numériquement par une approche originale utilisant à nouveau les vecteurs hybrides déplacement/contrainte, qui permet de conserver au niveau discret la relation de biorthogonalité. Le code développé permet de calculer très rapidement la "matrice de scattering" d'un défaut pour un grand nombre de fréquences, puis de reconstituer la réponse du défaut à une onde incidente transitoire. Les expériences numériques données en exemple sont très convaincantes.

Mots-clés Guide d'ondes - Conditions aux limites transparentes - Elasticité - Eléments finis – Contrôle Non Destructif.