

Évaluation de la qualité de formulations élément fini classiques par la technique FE²

MORCH Hélène

Master en ingénieur civil des constructions

Année académique 2015-2016

Promoteur : L. Duchêne

Les phénomènes de blocage (« locking », en anglais) dans la méthode des éléments finis sont un problème bien connu et diverses solutions ont été développées au fil des années pour réduire ou éliminer leurs effets. Les types de blocages les plus courants sont le blocage en cisaillement, qui peut se produire sur des éléments élancés, et le blocage volumétrique qui se produit lorsque le matériau étudié est quasi-incompressible (coefficient de Poisson proche de 0,5, par exemple). Le but de cette étude est de déterminer la performance d'éléments finis créés en utilisant la méthode FE². Cette méthode consiste à créer un sous-maillage sur chaque élément. Elle a été développée pour modéliser des matériaux au comportement complexe. Dans cette étude, cependant, la méthode FE² est utilisée dans le domaine élastique avec des matériaux homogènes isotropes.

Pour réaliser cette étude, un programme éléments finis a été développé dans MATLAB pour résoudre des problèmes en deux dimensions dans le domaine élastique. Ce programme sert aussi à créer les matrices de raideur des éléments FE² et à tester ces éléments.

Finalement, les éléments créés sont testés contre les types de blocage mentionnés ci-dessus. Le test sur le blocage en cisaillement (poutre cantilever en flexion) montre que la méthode FE² apporte une amélioration par rapport à des éléments classiques complètement intégrés, mais le blocage apparaît et n'est pas négligeable. Pour tester l'apparition du blocage volumétrique, nous avons étudié un cylindre soumis à une pression interne radiale pour différentes valeurs du coefficient de Poisson. Les résultats sur ce type de blocage sont très encourageants, puisque les éléments FE² sont peu voire pas sensibles au phénomène. En comparaison avec des éléments industriels, les éléments FE² offrent des performances équivalentes, voire meilleures sur le blocage volumétrique.

Locking phenomena in classic finite element analysis are a well-known problem and many solutions have been developed over the years to reduce or suppress their undesirable effects. The most common types of locking are shear locking, that can occur with slender elements, and volumetric locking, that can occur when the material is quasi-incompressible (with a Poisson's ratio close to 0.5, for instance). The goal of this study is to assess the performance of finite elements created using the FE² technique. This technique consists in creating a sub-mesh on each element and was developed to help model materials with complex behaviours. In this study, however, the FE² technique is used in the elastic domain with homogeneous isotropic materials.

To conduct this study, a finite element program was created using MATLAB to solve two dimensional elastic problems. This program was used to create the equivalent stiffness matrices of the FE² elements, and then to test these elements.

Finally, the elements created were tested for each type of locking mentioned above. The test on shear locking (a cantilever beam subject to bending) revealed that even though the FE² method showed some improvement compared to classic fully integrated elements, shear locking still appeared and was non-negligible. To test the appearance of volumetric locking, a cylinder subjected to internal pressure was studied for different values of the Poisson's ratio. The results on volumetric locking, on the other hand, are very promising as the new elements developed showed little to no locking. The results on volumetric locking were also compared to results obtained with industrial elements, and showed better or equivalent performances.