

Résumé

La méthode des champs de contraintes, basée sur le théorème statique de la théorie de la plasticité, offre un nombre de solutions illimité pour dimensionner une structure. Cette possibilité permet de choisir le comportement des structures mais soulève aussi la question de savoir quel modèle est le plus réaliste et le plus adapté pour le problème étudié.

Les recherches effectuées dans le cadre de cette thèse apportent des contributions sur la génération et l'optimisation des modèles de bielles-et-tirants et de champs de contraintes. Différentes méthodes manuelles et automatiques ont été généralisées et développées au cours de cette thèse. Dans le cas du dimensionnement des structures, les méthodes manuelles sont basées sur la statique graphique et l'évaluation du comportement structural, tandis que pour l'analyse des structures existantes elles sont basées sur le théorème cinématique de la théorie de la plasticité. Pour les méthodes automatiques, les critères d'optimisation sont évalués en montrant que les différents critères d'optimisation mènent à différentes dispositions des armatures et que le choix de la structure optimale peut être défini selon plusieurs critères, pour autant qu'ils puissent satisfaire l'une des propriétés de la structure et les autres n'étant satisfaits que de façon partielle.

Le critère de l'énergie de déformation minimale a été identifié comme le plus adapté; est appliqué pour la génération automatique des modèles de bielles-et-tirants et de champs de contraintes. D'abord appliqué dans l'optimisation linéaire en suivant l'approche du treillis initial, ce critère a ensuite été utilisé par l'algorithme proposé qui est basé sur la méthode des déplacements et qui respecte la compatibilité des déformations. Cet algorithme mène à des solutions optimales, mais également à des topologies de bielles-et-tirants qui sont proches des solutions optimales, ce qui est plus en accord avec le comportement global des structures. A partir d'un tel modèle, un algorithme est proposé pour obtenir les champs de contraintes discontinus correspondants.

Etant donné que l'algorithme basé sur la méthode des déplacements ne prend pas seulement en compte l'équilibre des éléments mais aussi la comptabilité de leurs déformations, cet algorithme est également appliqué à l'optimisation des champs de contraintes continus basés sur les éléments finis non-linéaires. De cette façon, la position nécessaire des tirants ainsi que la formation d'un modèle discontinu peuvent être facilement obtenues. Les résultats ont été comparés à des solutions des exemples classiques ainsi qu'à des exemples récemment proposés.

Les champs de contraintes continus et discontinus sont comparés au comportement réel de structures observé en laboratoire. En particulier, la problématique de déterminer la résistance effective du béton soumis à une multiplicité de phénomènes. Les conclusions ont été utilisées ensuite pour l'analyse d'un angle de cadre en béton léger testé en laboratoire dans le cadre de la thèse et pour différents éléments comportant des discontinuités géométriques.

L'aptitude au service des structures a été investiguée par l'étude de la fissuration de différentes zones des structures analysées par champs de contraintes. En plus en détail, les zones en traction en-dehors des zones de tirants ont été étudié, car il est nécessaire qu'un certain nombre des fissures des tirants puissent se propager dans ces zones. Une armature minimale ainsi qu'un espacement maximal des barres d'armature sont proposés pour ces zones.

Mots-clefs: modèles de champs de contraintes, modèles de bielles-et-tirants, dimensionnement, analyse des structures, optimisation, algorithmes, conception, topologies, éléments finis, résistance, éclatement de l'enrobage, béton léger, fissuration, aptitude au service, armature minimale