

Résumé

Le dimensionnement d'éléments en béton armé et l'évaluation de la résistance de structures existantes soumises à un état de contrainte plan sont souvent effectués au moyen de Champs de Contraintes (CC) et de Modèles de Bielles-et-Tirants (MBT). Ces méthodes complémentaires sont typiquement utilisées en prenant en compte des mécanismes de transfert de charge similaires, même si les objectifs principaux du dimensionnement et de l'évaluation soient fondamentalement différents. Dans le cadre du dimensionnement de nouveaux éléments, le but est d'obtenir des solutions qui sont en équilibre avec les actions extérieures, ce qui permet d'obtenir des schémas d'armature simples, tout en garantissant un comportement satisfaisant à l'état limite de service. Dans le cadre de l'évaluation de la résistance d'un ouvrage existant, le but est d'éviter tout renforcement inutile. La complexité requise pour les modèles d'évaluation dépend donc des exigences de résistance de la structure et doit être progressivement raffinée si les résultats s'avèrent insuffisants. Cette procédure itérative conduit finalement à la solution exacte selon la théorie de la plasticité, qui est associée à la résistance la plus grande.

Cette thèse présente plusieurs stratégies qui peuvent être employées pour développer des CC et MBT appropriés tant pour le dimensionnement que pour l'évaluation d'éléments structuraux en béton armé. Un raffinement graduel de ces modèles est proposé au travers d'exemples pratiques et les enjeux associés à chacune de ces solutions sont discutés.

Des investigations supplémentaires permettent d'appréhender la précision et l'applicabilité des solutions exactes obtenues par la méthode des Champs de Contraintes Élastiques-Plastiques (CCEP). Ceci a été réalisé au travers de comparaisons entre les valeurs de charges ultimes estimées par cette méthode et celles provenant de la littérature spécifique. Pour faciliter l'approfondissement de cette étude par d'autres chercheurs, les résultats sont disponibles en ligne. L'analyse par CCEP traite des éléments structuraux avec ancrage insuffisants, des éléments à supports indirects ainsi que des éléments précontraints.

Cette thèse présente également une analyse de la stabilité de la solution CCEP en fonction de la taille, de la forme et de l'orientation des éléments finis utilisés. L'influence du nombre d'itérations sur la précision des modèles CCEP est évaluée et des recommandations particulières sont données.

Les champs de contraintes basés sur les solutions exactes de la théorie de la plasticité simulent le comportement structurel d'éléments en béton armé de manière plus précise que les normes actuelles. Cela pourrait permettre d'adapter les facteurs partiels de sécurité pour l'acier et le béton. Une réduction de ces derniers peut être envisagée dans le cadre de l'évaluation

d'ouvrages existants en béton armé ou précontraint, ce qui peut conduire à une réduction significative des coûts associés à la réparation dans le domaine des structures et ouvrages d'art.

Pour mieux comprendre l'origine des mécanismes liés au comportement adoucissant du béton en compression (primordial pour une application optimale des champs de contraintes), un modèle mécanique a été développé pour estimer la résistance effective du béton à la compression. L'éclatement du béton d'enrobage, l'écrasement du béton et le glissement dans les fissures sont pris en compte. Une attention particulière est donnée à l'effet goujon de l'armature et ses effets sur la matrice de béton avoisinante. Le modèle est validé par des résultats expérimentaux provenant de la littérature spécifique. Finalement, la pertinence des approches semi-empiriques actuelles est évaluée vis-à-vis de la réduction de la résistance à la compression provoquée par la présence de déformations transversales.

Mots-clés: modèles bielles-et-tirants, champs de contraintes, ancrage insuffisant, dimensionnement, assainissement, éléments avec appuis indirects, facteurs de sécurité partiels, résistance à la compression, lois constitutives, modèle mécanique, facteurs d'efficacité