

Résumé

Les éléments structuraux plans en béton armé se retrouvent dans une grande variété d'ouvrages. Leur fonction principale est de transférer des efforts agissants dans le plan de l'élément, mais des actions externes et la connexion à d'autres éléments structuraux engendrent aussi des efforts hors du plan. Dans la pratique, le dimensionnement est souvent fait de manière simplifiée, en négligeant toute interaction entre ces différents efforts. Pour les structures existantes, souvent des outils d'analyse plus précis sont requis afin de valider la sécurité structurale dans un contexte de plus en plus exigeant. Cette thèse présente plusieurs outils permettant d'étudier l'interaction entre les efforts en plan et hors du plan. Une attention particulière est portée sur l'influence du moment transversal sur la résistance à l'effort tranchant d'éléments poutres.

Une méthode multicouche générale, basée sur les champs de contraintes élastiques-plastiques (EPSF) est développée. Elle est appliquée aux âmes de poutres pour établir des diagrammes d'interaction effort tranchant – flexion transversale qui sont comparés à des modèles rigides-plastiques existants et dont le principe consistant à excentrer le champ de compression et à réarranger les efforts dans les étriers a pu être validé. Par contre, il est montré que le champ de contraintes est hautement non-linéaire dans la direction transversale (intensité et inclinaison des déformations/contraintes) et fortement dépendant de l'intensité du moment transversal. Les facteurs obtenus pour la résistance du béton η_c sont généralement plus élevés et la déformation axiale a une influence significative sur l'effet du moment. En cas de taux d'armature d'effort tranchant élevés ou d'étriers asymétriques, un faible moment n'influence guère les contraintes dans le béton. Ces effets contribuent à une interaction moins prononcée et une résistance à l'effort tranchant plus élevée.

Pour la pratique, une méthode de vérification simplifiée pour les poutres avec flexion transversale est proposée. Combinant la méthode aux éléments finis (FEM) pour les EPSF avec des considérations basées uniquement sur l'équilibre des moments, la méthode fournit une borne inférieure améliorée de la résistance. L'effet du moment est pris en compte par une réduction de l'épaisseur de l'âme et un taux d'armature effectif. La méthode est validée par des essais de la littérature, les prédictions sont du côté de la sécurité et les modes ruptures sont correctement représentés.

Des analyses par la EPSF-FEM suggèrent que dans les poutres l'influence du moment transversal est moins importante que prédite par les modèles d'interactions, mais plus de résultats expérimentaux sont nécessaires pour confirmer ceci.

Dans le but d'étendre le champ d'application des EPSF, une méthode aux éléments finis non-linéaire basée sur la nouvelle approche multicouche des EPSF est développée. Elle permet d'étudier le comportement d'éléments plans en béton armé soumis à des charges en plan et hors du plan (moments et forces). Le béton est modélisé par des éléments multicouches dans le plan, qui sont combinés à des éléments de cisaillement hors du plan. L'armature est modélisée séparément par des éléments barre à excentricité hors du plan. La validation avec des tests de référence et des essais expérimentaux a montré qu'il s'agit d'un outil prometteur pour le dimensionnement et la validation d'éléments soumis principalement à des efforts membranaires et flexionnels.

Mots-clés

Panneaux en béton armés, champs de contraintes élastiques-plastiques, champ de contraintes multicouche, résistance à l'effort tranchant, interaction entre effort tranchant et flexion transversale, méthode aux éléments finis non-linéaire.