

---

## **Modelling of the shear behaviour of coupling beams with fibre reinforced concrete**

**Auteur :** Lobet, Rémy

**Promoteur(s) :** Mihaylov, Boyan

**Faculté :** Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme :** Master en ingénieur civil des constructions, à finalité spécialisée en "civil engineering"

**Année académique :** 2016-2017

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/2618>

---

### *Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

---

# Modelling of the Shear Behaviour of Coupling Beams with Fibre Reinforced Concrete

---

*Author:*  
Rémy LOBET

*Supervisor:*  
Boyan MIHAYLOV

Academic year 2016-2017

## Abstract

Coupling beams are essential for transmitting shear forces from a shear wall to another in order to create a coupled-wall system. This system is used to resist both monotonic and cyclic lateral loads due to wind or earthquake. When coupling beams fail, the whole system fails and therefore, their behaviour needs to be analysed in order to design safe structures. In general, such beams have a low span-to-depth ratio and undergo a shear failure. Since these beams are subjected to high shear forces, fibre reinforced concrete can be used to enhance their strength. This thesis focuses on the shear behaviour of coupling beams made of fibre reinforced concrete.

The aim of this thesis is to propose an extension of the 3PKT model developed by Mihaylov et al. (2015) in order to predict the shear behaviour of reinforced concrete deep beams. The 3PKT theory uses 3 degrees of freedom to find the shear strength of members made of conventional concrete. In order to find the total force-displacement response of the member, the extension of the 2PKT for fibre reinforced concrete deep beam proposed by Tvrznikova (2017) is used. This model captures the effect of steel fibres embedded in concrete in three ways: 1) tension in the fibres bridging cracks; 2) enhanced ductility of the critical compressed zones in deep beams and 3) tension stiffening effect on the longitudinal reinforcement. The extension of this model to account for coupling beams provides different modifications: 1) softening of concrete in highly compressed zones; 2) averaging of the crack width and 3) effect of bar pull-out. To account for these effects, existing models from the literature are studied and used. Each model is implemented in a Matlab code.

An additional method based on non-linear finite element analysis is performed in order to be able to compare the extended 3PKT model to results from a more complex and general method. General assumptions are made in order to find accurate results. It is shown that the shear strength estimated by this method matches closely measured values from experimental data.

The extended 3PKT model is validated against a database of tests performed on FRC coupling beams collected from the literature. It is shown that the predicted shear strengths agree well with values found from experimental studies. It is also shown that while FEM analysis provides very accurate results, they are as accurate as results found from extended 3PKT analysis although the latter is much less time consuming. The validated model is then used to perform a parametric study which analyses the effects of the span-to-depth ( $a/d$ ) ratio, longitudinal reinforcement ratio, fibre volume ratio, concrete compressive strength, transverse reinforcement ratio and size effect.

---

# Modélisation du comportement en cisaillement des poutres de couplage en béton fibré

---

*Auteur:*  
Rémy LOBET

*Promoteur:*  
Boyan MIHAYLOV

## Résumé

Les poutres de couplage sont essentielles pour transmettre les efforts de cisaillement d'un mur de cisaillement à un autre créant ainsi un système de murs couplés. Ce système est utilisé pour résister aux charges monotones et cycliques du vent ou bien des séismes. Quand ces poutres de couplage cèdent, tout le système s'effondre et donc il est important d'analyser leur comportement pour dimensionner des structures de manière adéquate. En général, de telles poutres ont un rapport longueur sur hauteur assez faible et elles subissent une rupture en cisaillement. Comme ces poutres sont soumises à d'intenses forces, le béton fibré peut être utilisé pour augmenter leur résistance. Cette thèse se concentre sur l'étude du comportement en cisaillement de poutres de couplage faites de béton fibré.

Le but de cette thèse est de proposer une extension au modèle 3PKT développé par Mihaylov et al. (2015) qui permet de prédire le comportement en cisaillement de poutres-voiles en béton armé. La méthode du 3PKT utilise 3 degrés de liberté permettant de trouver la résistance en cisaillement de membrures faites de béton conventionnel. Dans le but de trouver la réponse complète de type force-déplacement de la poutre, une extension au modèle 2PKT permettant de prendre en compte le béton fibré (Tvrznikova, 2017) est utilisée. Ce modèle capture l'effet des fibres d'acier de trois manières: 1) la tension dans les fibres qui lient les fissures du béton; 2) une ductilité améliorée dans les zones critiques hautement comprimées et 3) l'effet de raidissement en tension sur les armatures longitudinales. L'extension de ce modèle permettant de prendre en compte les poutres de couplage se fait en plusieurs modifications: 1) adoucissement du béton dans les zones hautement comprimées; 2) prise en compte d'une largeur de fissure moyenne et 3) l'effet du glissement des armatures longitudinales dans le béton. Pour prendre en compte ces effets, des modèles existants sélectionnés dans la littérature scientifique sont étudiés et utilisés. Un code Matlab est développé à chaque étape.

Une méthode additionnelle basée sur une étude par éléments finis non linéaire est utilisée pour apporter une méthode de comparaison supplémentaire plus complexe et générale à l'extension du 3PKT. Des hypothèses générales sont énoncées. Il résulte de l'analyse par éléments finis que la résistance en cisaillement des éléments étudiés se rapproche assez bien des valeurs expérimentales.

L'extension du modèle 3PKT est ensuite validée en comparaison avec les données expérimentales. Il est montré que les valeurs de résistance en cisaillement sont proches des valeurs expérimentales. Il est également montré que tandis que l'analyse par éléments finis produit des résultats assez précis, l'extension du modèle 3PKT fournit des résultats tout aussi précis mais en un moindre temps. Le modèle validé est ensuite utilisé pour faire une étude paramétrique qui analyse les effets du rapport longueur sur hauteur ( $a/d$ ), de l'armature longitudinale, du volume de fibres, de la résistance en compression du béton, des étriers et enfin de l'effet d'échelle.