

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER

THESE

En vue de l'obtention du grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE TOULOUSE III

Spécialité **GENIE CIVIL**

Soutenu par Mademoiselle Kristell FANUTZA

Le 19 mai 2004

**PROPAGATION DE FISSURE EN MODE I
PAR FATIGUE DANS UN MORTIER
MICROFIBRE A HAUTE PERFORMANCE**

Directeurs de thèse : Alain BASCOUL - Ahmed TOUMI

JURY

Rapporteurs :	Richard CABRILLAC	Professeur – IUP Génie Civil et infrastructure (Université de Cergy-Pontoise)
	Yves DELMAS	Professeur – IUT Génie civil de Reims (Université de Reims)
Examineurs :	Alain BASCOUL	Professeur - IUT A de Toulouse (Université Paul Sabatier)
	Jean-Louis GRANJU	Professeur - IUT A de Toulouse (Université Paul Sabatier)
	Gérard PONS	Professeur - INSA de Toulouse
	Ahmed TOUMI	Maître de conférences - IUT A de Toulouse (Université Paul Sabatier)

AUTEUR : Melle Kristell FANUTZA

TITRE : Propagation de fissure en mode I par fatigue dans un mortier microfibré à haute performance

DIRECTEUR DE THESE : A. Bascoul, Professeur à l'Université Paul Sabatier et A. Toumi, Maître de conférences à l'Université Paul Sabatier

Thèse soutenue le 19 mai 2004, à 10h30 à l'université Paul Sabatier

Résumé

Ce travail traite de l'étude de la propagation de fissure par fatigue en mode I dans un béton microfibré. Il couple une partie expérimentale et une partie modélisation numérique. L'étude expérimentale est effectuée sur des éprouvettes de traction encochées ou non et sur des prismes entaillés testés en flexion trois points. Elle a pour but d'une part de caractériser le comportement mécanique du matériau en mode quasi-statique (résistance à la traction, module de déformation, comportement adoucissant,...) et d'autre part d'observer le processus de développement de la fissuration tant en mode quasi-statique qu'en fatigue. Pour ce second point, le vidéomicroscope est utilisé, couplé ou non à la technique de la réplique. Pour chaque mode de sollicitation, la répartition des fibres est dressée par comptage in fine sur les surfaces de fracture.

Il convient de retenir que la résistance en traction de la matrice gouverne l'amorce de propagation et qu'ensuite l'ouverture est contrôlée par les fibres. Pour la composition étudiée, l'ajout de fibres ne modifie pas le module de déformation.

Le comportement adoucissant dépend bien évidemment de la densité des fibres sur les surfaces de fracture. L'identification des lois de comportement contrainte-ouverture de fissure ($\sigma-w$) par les essais de traction en vue d'expliquer le comportement de flexion exige que cette densité soit représentative des éprouvettes de flexion.

Les observations phénoménologiques au vidéomicroscope montrent que le seuil de première fissuration en flexion se situe à 60% de la charge maximale moyenne. En fatigue, on retrouve dans le processus de propagation les phénomènes de branchements de fissures mais avec une étendue plus importante.

L'étude de la cinétique d'ouverture de fissures par fatigue est menée suivant un processus accéléré, en alternant chargements statiques et chargements cycliques sur le même corps d'épreuve. Il ressort que pour des endommagements croissants la vitesse d'ouverture reste constante dans la phase de propagation stable. Elle ne dépend pas du nombre de fibres.

La modélisation numérique proposée par éléments finis est de type élastique avec fissure cohésive. Le critère de propagation est défini en terme de contrainte. La loi d'évolution des contraintes sur la fissure cohésive en mode quasi-statique dérive directement des essais de traction. Le cas de la fatigue est traité en appliquant le concept de dégradation des contraintes de cohésion en fonction du nombre de cycles et du niveau d'endommagement. L'algorithme est validé sur les essais de traction et le modèle est ensuite appliqué sur les éprouvettes encochées de flexion. Finalement, il permet de prédire le comportement statique d'une éprouvette endommagée par fatigue.

Mots clés : fatigue- béton – fibres métalliques - fissuration

Thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier, Spécialité Génie civil, préparée au

Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions

INSA – UPS Département de Génie civil
135, Avenue de Ranguel
31077 Toulouse cedex 04



ABSTRACT

This thesis reports on the study of crack growth in micro-fibre reinforced concrete under fatigue. In a combined experimental and numerical approach, crack propagation was studied under mode I crack opening. The experimental study is carried out on notched and unnotched specimens under tension and bending conditions. Three point bending fatigue tests are conducted for different increasing crack mouth openings. In order to investigate the development of cracks, microscopic observations are made by means of the videomicroscope coupled or not to the replica technique. For each stress mode, the fibre distribution in the fracture area is addressed.

It was found that the matrix tensile strength governs the crack initiation and its propagation is controlled by the fibres. Moreover, adding fibres does not modify the deformation modulus.

The softening behaviour depends on the fibre density in the fracture area. The identification of stress-crack opening relationship (σ - w) in order to explain the bending behaviour requires that this density be representative of the bending specimens.

Microscopic observations show that, under static tests, the crack initiation always appears at approximately 60% of the average maximum load.

Under fatigue tests, branching phenomena are observed and they are more developed in comparison to static tests.

The measured crack mouth rate opening under fatigue for increasing damages remains constant and it is independent of the number of fibres in the fracture area.

A numerical model using finite element method and a cohesive crack concept is proposed. In a static loading mode, the (σ - w) relationship is required. The case of the fatigue loading mode is treated by using the crack bridging stress degradation concept. The model is applied to bending specimens. It allows to predict the mechanical behaviour of fatigue cracked specimens.

KEYWORDS : Fatigue – Concrete - Steel fibres - Cracking
