

FISSURATION D'ELEMENTS EN BETON ET EFFETS D'ECHELLE

CHRISTIAN NADER

Encadrement: C. OLIVIER-LEBLOND, C. GIRY, F. RAGUENEAU

Le 20 Juin 2013

Remerciements

thank you thank you've been a great audience

Sommaire

Introduction	4
I Bibliographie	5
1 Effet d'échelle	6
1.1 Introduction	6
1.2 Loi en puissance	6
1.3 Analyse asymptotique dans les poutres entaillées	6
1.4 Effet d'échelle à l'amorçage de la fissure	6
1.5 Effet d'echelle en flexion trois points	6
2 Energie de fissuration	7
2.1 Introduction	7
2.2 Méthode de détermination	7
3 correlation d'image	8
3.1 Introduction	8
3.2 Principe	8
3.3 Discrétisation par éléments finis (Correli Q4)	8
II Procédure expérimentale	9
4 Les échantillons	11
4.1 Description du matériau	11
4.2 Géométrie des éprouvettes	11
4.3 Coffrages	12
4.4 Matériel et équipement	12
5 Essai F3P	14
5.1 MTS	14
5.2 Pilotage	14
III Étude numériques	15
6 Modélisation	17

6.1	Mode de calcul	17
6.2	Paramètres matériau	17
6.3	Maillages	17
6.4	Résultats	17
IV	Résultats et analyse expérimentale	18
7	Identification des paramètres mécaniques	20
7.1	Procédure	20
7.2	Mesures	20
8	Essais de flexion trois points	21
8.1	montage	21
8.2	Résultats	21
	Références	22

Introduction

Dans ce stage on propose un protocole expérimental permettant de mettre en œuvre des essais de flexion sur poutre en béton mettant en évidence des effets d'échelle en termes de fissuration. Les résultats de l'étude faite sur des poutres en micro-béton (à priori) entaillées et non entaillées chargées en flexion trois points seront comparés à d'autres résultats expérimentaux et les lois d'effet d'échelle de Bazant. On confirme déjà l'existence de l'effet d'échelle sur des poutres de petites tailles (ce qui est le cas de notre étude). Cependant, pour de plus grandes poutres non entaillées la résistance nominale tend vers une valeur constante liée à la résistance en traction uniaxiale. Il a été conclu que l'applicabilité de la loi d'effet d'échelle dépend du type de problème, ceci dit, si la propagation de la fissure avant la charge ultime est très stable, la loi d'effet d'échelle peut être utilisée dans une gamme de taille plutôt large. Toutefois, si ce n'est pas le cas, la validité de la loi d'effet d'échelle est limitée à une plage de taille plus petite. Par conséquent, on ne peut pas extrapoler l'effet d'échelle à partir des essais avec une gamme de taille petite à une gamme de grande taille, pour cela il nous manque des données expérimentales provenant d'essais sur de gammes de grande taille. Ainsi, dans notre étude, nous allons ignorer cette partie de la problématique, puisque nous allons tester seulement de petites poutres, plutôt, nous allons nous concentrer sur d'autres aspects de l'effet d'échelle tels que les propriétés de la résistance nominale d'une structure contenant une entaille (ou initialement une grande fissure) et d'autres initialement non entaillées.

Mots-clés : Flexion trois points, Béton, Fissure, Effet d'échelle

Première partie

Bibliographie

Chapitre 1

Effet d'échelle

1.1 Introduction

1.2 Loi en puissance

1.3 Analyse asymptotique dans les poutres entaillées

1.4 Effet d'échelle à l'amorçage de la fissure

1.5 Effet d'echelle en flexion trois points

Chapitre 2

Energie de fissuration

2.1 Introduction

2.2 Méthode de détermination

Chapitre 3

correlation d'image

3.1 Introduction

3.2 Principe

3.3 Discrétisation par éléments finis (Correli Q4)

Deuxième partie

Procédure expérimentale

Cette section est consacrée à la présentation de la campagne expérimentale menée sur des poutres homothétiques, entaillées et non-entaillées faites du même matériau. Nous avons considéré trois géométries différentes afin de prendre en compte les effets d'échelle et les effets de bord.

Chapitre 4

Les échantillons

4.1 Description du matériau

Dans notre étude on test des éprouvettes de petites dimensions on a alors recours à utiliser un micro-béton. (Référence : rapport de stage de Amine Hamouche - 2010)

La composition du micro-béton pour $1m^3$ est présenté dans le tableau 1. Le ciment utilisé est un CEM1 52,5N (HOLCIM), et le sable normalisé est conforme *ISO679*, sa granulométrie est 0/2mm et donnée dans le tableau 2. Le rapport e/c est de 0,46. Cette formulation est tirée de la thèse de Anna Ouglova 2004.

Sable(Kg)	Eau(Kg)	Ciment(Kg)
1342	294	631

TABLE 4.1 – Composition du micro-béton

Tamis ouverture des mailles (mm)	refus cummulés (%)
0.08	99 ±1
0.16	87 ±5
0.50	67 ±5
1.00	33 ±5
1.60	7 ±5
2.00	0

TABLE 4.2 – Granulométrie du sable normalisé

4.2 Géométrie des éprouvettes

Les essais de flexion seront réalisés sur des poutres de dimensions $B \times D \times Lcm^3$ (*largeur* \times *hauteur* \times *longueur*) avec un rapport $L/D = 5$ constant et B une dimension fixe (restriction du type de test, ici $B = 4cm$).

Trois différentes tailles sont considérées, présentant toutes un rapport $L/D = 5$, où L est la longueur et D est la hauteur de la poutre. La profondeur, quant à elle a été choisie constante et égale à $B(4cm)$. Les entailles centrales seront taillées après coulage et non moulées sur les éprouvettes. Trois longueurs d'entaille ont été considérées avec une épaisseur d'entaille constante de $2mm$ pour tous les échantillons (voir figure 4, page suivante).

On propose les dimensions suivantes :

dimension taille	épaisseur	hauteur	longueur	distance entre appuis
n_1	$B_1 = 4cm$	$D_1 = 4cm$	$L_1 = 20cm$	$I_1 = 16cm$
n_2	$B_2 = 4cm$	$D_2 = 8cm$	$L_2 = 40cm$	$I_2 = 32cm$
n_3	$B_3 = 4cm$	$D_3 = 8cm$	$L_3 = 80cm$	$I_3 = 64cm$

TABLE 4.3 – Les dimensions des éprouvettes

4.3 Coffrages

Types de bois :

- bois standard (BS, joue le rôle de support)
- bois de coffrage (BC, en contact avec le béton)

Pour concevoir le coffrage on utilise des planches de bois standard de $2,5m \times 1,25m$ (épaisseur $1,5cm$), ainsi que des planches de bois de coffrage de $2,5m \times 1,22m$ (épaisseur $1,8cm$), on admet $4mm$ comme trait de coupe.

Les coffres seront conçus d'une façon à être réutilisables, on aura besoin alors de tiges filetées (2 par éprouvette).

On a besoin de 9 coffres en total mais les coffres des éprouvettes qui ont une même dimension seront exactement pareils.

- Pour les éprouvettes de dimension $4 \times 4 \times 20$ on peut faire un seul coffre de la manière suivante : (N.B. : masse du coffre avec béton environ $6,5Kg$)

4.4 Matériel et équipement

Composants du micro-béton (perte 15%) :

Volume total de béton :

- ▷ 27 éprouvettes (poutres) : $v_1 = 60480cm^3$
- ▷ 12 échantillons cylindriques (11×22) pour définir les caractéristiques du béton (6 pour le test de compression uni-axial, 6 pour l'essai brésilien) : $v_2 = 25090cm^3$

- ▷ +5L (cône d'Abrams) +1L (Aréomètre) : $v_3 = 6000cm^3$
- ▷ Volume total : $V = 91570cm^3$
- ▷ +pertes : $V_{final} = 0.1053055m^3$

*Ainsi,d'après le Tableau -1- on peut calculer les quantités des composantes du béton :

- Sable : $141.32Kg$
- Eau : $30.96Kg$
- Eau : Ciment : $66.45Kg$

Matériels pour le coffrage :

- Une plaque de bois standard
- Une plaque de bois de coffrage
- 16 écrous
- 16 rondelles

Chapitre 5

Essai F3P

5.1 MTS

5.2 Pilotage

Troisième partie

Étude numériques

Dans notre étude on utilise comme matériau un micro-béton. Pour bien prédire numériquement les résultats de l'expérience, on a besoin d'introduire les paramètres qui correspondes à ce matériau, or par manque de données sur certains de ces paramètres (principalement la fragilité en traction) on a recours à une identification par rapport à des essais expérimentaux. Pour cela on a lancé plusieurs calculs sur des échantillons similaires aux échantillons de l'expérience en géométrie et chargement et on a changé les paramètres d'une façon intuitive pour obtenir au final une courbe force/déplacement similaire aux courbes trouvées expérimentalement.

Chapitre 6

Modélisation

6.1 Mode de calcul

6.2 Paramètres matériau

6.3 Maillages

6.4 Résultats

Quatrième partie

Résultats et analyse expérimentale

Chapitre 7

Identification des paramètres mécanique

7.1 Procédure

7.2 Mesures

Chapitre 8

Essais de flexion trois points

8.1 montage

8.2 Résultats

Références

trallalla