

Sensibilité des paramètres acoustiques à la fissuration du béton – Effet des dimensions et de la maturité

Dahou Z.¹, Benmiloud A.¹, Sbartai Z. M.²

¹ Université de Bechar, Laboratoire Mécanique des Structures « LMS », Bechar, Algérie

² Université de Bordeaux, UMR 5295, Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M), CNRS, 33405 Talence, Bordeaux

RESUME Le béton est vulnérable vis-à-vis des actions engendrant des tractions dans les éléments qui favorisent l'apparition de différents types de fissures. Le phénomène de fissuration du béton est assez complexe. En général, une fissure est considérée comme une discontinuité dans le champ de déplacement à travers lequel les contraintes de traction sont nulles ou diminuent en fonction de l'ouverture de cette même fissure. Dans cette contribution, le suivi de la fissuration et d'endommagement durant les essais de flexion est effectué à l'aide de la technique d'émission acoustique. Les principaux paramètres expérimentaux sont les dimensions des éprouvettes expérimentées et la maturité du béton. De la phase microfissuration à l'endommagement des différents éléments sous flexion nous mettons en exergue les relations entre les caractéristiques mécaniques, de ruptures et de l'activité acoustique.

Mots-clefs Emission acoustique, béton, essai de flexion, énergie de rupture, énergie absolue, fissuration

I. INTRODUCTION

La fissuration du béton et la déformation sous chargement de flexion sont des phénomènes très énergétiques ce qui favorise l'association et l'utilisation de la technique d'émission acoustique par différents travaux de recherches (Ohtsu, 1996), (Ohtsu and Watanabe, 2001), (Chen and Liu, 2004), (Shah and Chandra Kishen, 2012). Les essais de flexion qu'on appelle aussi "traction par flexion" ont l'avantage de retranscrire de manière plus réaliste ce qui se passe généralement dans des éléments structuraux. Ils mettent en évidence principalement trois comportements allant d'une linéarité sans endommagement mécanique, à un comportement non-linéaire avant le pic de chargement où un ensemble de microfissurations est formé autour de la future zone d'initiation de la fissure et finalement un comportement non-linéaire post-pic dit « zone d'adoucissement ». Elle correspond à la propagation des fissures et la formation de macrofissures par l'accumulation des microfissures et où les granulats empêchent leurs propagations.

Nous nous intéressons dans ce travail à une comparaison de l'effet de maturité sur l'activité acoustique engendrés lors d'un chargement en flexion sur des éprouvettes confectionnés et conservés dans les mêmes conditions et ayant des dimensions différentes.

II. PROCEDURE EXPERIMENTALE

Des essais en flexion trois points ont été menés sur des éprouvettes prismatiques de dimensions différentes confectionnées avec un béton dont la dimension maximale des granulats est de 20mm (Tableau 1). Les éprouvettes sont conservées dans des bacs et retirées 24heures avant l'échéance fixée des essais. Ces éprouvettes sont notées « Ep7 » et « Ep10 » et correspondent aux dimensions suivantes en cm : 7x7x28 et 10x10x40. Des rainures, ayant des profondeurs proportionnelles aux hauteurs suivant un rapport égal à 0,2 et une épaisseur constante de 4mm, ont été prévues.

Les essais de flexion ont été conduit avec une machine électromécanique d'une capacité de 50 kN et pilotés par ouverture de fissure, pour les maturités de 28 jours et 3 mois. Pour chaque maturité deux éprouvettes étaient prévus pour les essais. Le cycle de chargement est conduit avec une vitesse de 1 mm/min avant la valeur de fissure de 0,1mm et par la suite la vitesse est de 2 mm/min. La valeur de fissure de 0.1 mm se situant dans tous les cas expérimentés dans la partie post pic d'environ 50% pour le Ep7 et 60% pour le Ep10. Pour les deux cas la durée de chaque essai était d'environ quatre minutes. Un pilotage des essais pour une longue durée (dépassant les trente minutes), ce qui impliquera des vitesses beaucoup plus petites, permettra un suivi plus intéressant des phénomènes de fissuration et d'endommagement ce qui va influencer ainsi favorablement les activités acoustiques obtenus.

Le système d'émission acoustique comprend un système d'acquisition comprenant quatre voies (carte PCI/DSP-4). Les signaux d'émission acoustique sont convertis par quatre capteurs différentiels piézoélectriques (Figure 1), de type (R15a), d'une bande de fréquence comprise entre 50 et 200 kHz. Le seuil d'acquisition, à partir duquel les activités acoustiques sont déclenchées, est fixé à 30 dB.

TABLEAU 1. Composition du béton expérimenté

Constituants	Dosage [kg/m ³]
CEM II/B 42.5 N NA 442, Lafarge	380
Sable roulé 0/5	601,8
Gravier concassé 3/10	208,3
Gravier concassé 8/20	1060,5
Eau total	205,4

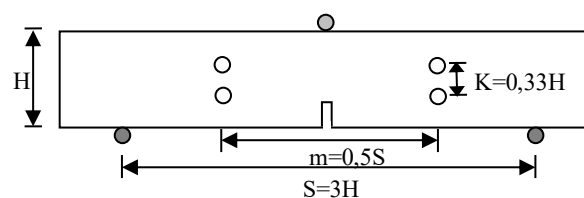


FIGURE 1. Dispositions des capteurs d'EA et dimensions de l'éprouvette

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Pour les deux maturités expérimentés, 28 et 90 jours, les résistances à la compression sont respectivement de 34,8MPa et 37,2MPa soit un accroissement de 7%. Ce taux reste presque le même pour les résistances à la traction et ce en référence à la relation, de l'Eurocode 2, estimant la résistance à la traction en fonction de la résistance à la compression.

La figure 2 présente et compare, pour chaque dimension et maturité, le comportement flexionnel et l'activité acoustique en termes de paramètres des signaux. L'effet de la maturité est bien mis en évidence tout en dépendant de la dimension de l'éprouvette testée. Nous notons que l'effet est plus important pour les Ep10 avec une augmentation d'environ 20% de la force maximale et 10% pour les Ep7. Nous notons un comportement moins fragile à 28j en comparaison avec celui de 3 mois, en raison de l'accroissement des résistances à la traction d'environ 7% entre ces deux maturités. Pour la phase post pic et indépendamment des dimensions les essais à 28 jours sont plus adoucissants.

En termes d'activités acoustique, nous notons que l'effet est plus évident pour les cas des Ep7 que les Ep10 ; A la fin des essais, et pour les Ep7 le nombre de signaux avoisine les 4000 et 5000 pour respectivement 28 et 90 jours ; Pour les Ep10 et pour les deux maturités ça reste autour des 3000 signaux. Aux pics des chargements, la maturité du béton a une influence sur l'activité acoustique avec un important nombre de signaux pour les éprouvettes de plus grandes dimensions. A 28 jours, le rapport des nombres de hit aux pics et à la fin des essais, représente 3,6% et 3% pour respectivement les Ep7 et Ep70. Dans ce même ordre et pour la maturité de 90 jours les fractions sont de 12% et 36%. Ainsi à 28 jours, nous notons que l'activité acoustique n'est pas trop sensible à la dimension de l'éprouvette (3,6% et 3%) mais à 90 jours la plus grande éprouvette à un nombre de hit trois fois plus grand que Ep7.

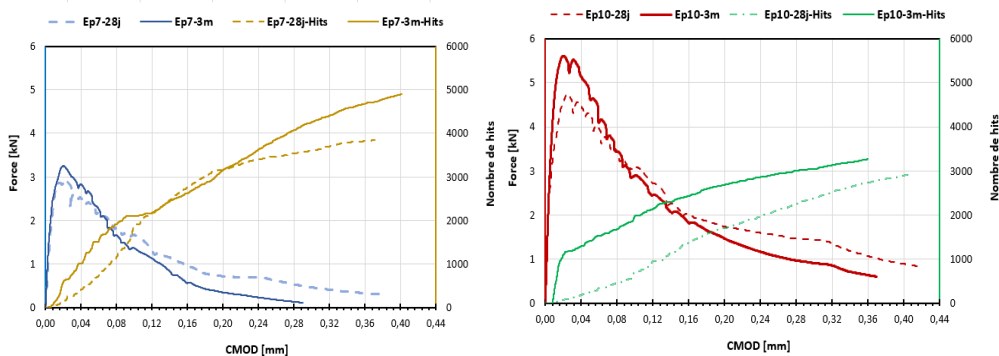


FIGURE 2. Comportements flexionnels et activités acoustiques

Les comparaisons des énergies mécaniques et de l'émission acoustique sont présentées normalisées sur la figure 3. Ces deux énergies sont normalisées par rapport à la plus grande valeur correspondante obtenue. Les énergies de l'EA sont relatives aux signaux et sont des énergies absolues. Elles sont obtenues par intégration du carré de la tension du signal (Equation 1), divisée par la résistance de référence (10kOhms), sur la durée de la salve.

$$E = \int [A(t)]^2 \cdot dt \quad (1)$$

En termes de comportement mécanique, l'augmentation des dimensions de l'éprouvette expérimentée montre une diminution des pentes des énergies. Par contre, l'effet de la maturité reste favorable pour ce facteur. Pour les énergies absolues de l'émission acoustique nous notons une certaine cohérence avec l'énergie mécanique, pour les Ep10 plus que les Ep7. Cependant, pour ces dernières, l'effet de la maturité n'est pas très significatif. Pour les Ep10, plus la maturité est grande plus la résistance à la fissuration est améliorée. En plus l'apport de l'émission acoustique en termes de l'effet de la maturité et progression de l'endommagement est mieux suivi.

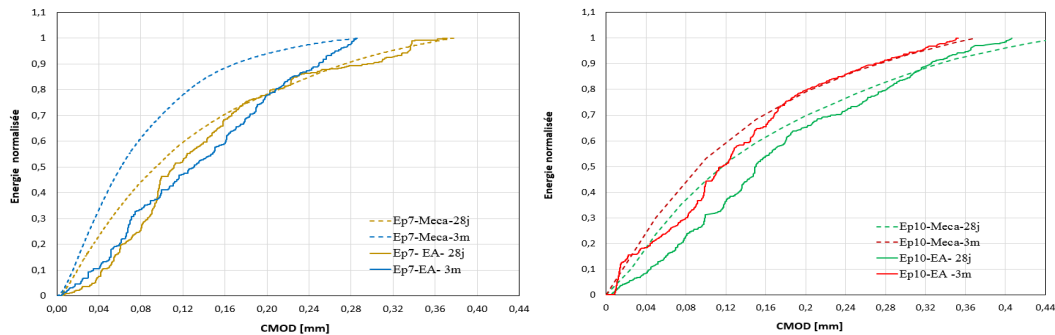


FIGURE 3. Comparaison des énergies normalisées

IV. CONCLUSIONS

Cette étude expérimentale traite l'effet des dimensions des éprouvettes ainsi que la maturité du béton sur le comportement en flexion suivi par émission acoustique. L'activité acoustique est sensible à la maturité du béton et plus les dimensions des spécimens sont grandes plus le comportement non linéaire, au pic, est mieux suivi par l'EA ce qui permettra de corréler des paramètres. En termes d'énergies, l'effet de la maturité est évident mais reste dépendant de la taille des spécimens. Nous pouvons conclure que pour les grands éprouvettes une évolution asymptotique des énergies normalisées. En compléments d'autres maturités seront incluses par la suite ainsi que d'autres paramètres et méthodes pour le traitement des résultats de l'EA.

REFERENCES

- Ohtsu M., (1996). The history and development of acoustic emission in concrete engineering. Magazine Concrete Research 48(177), 321-330. <http://dx.doi.org/10.1680/mac.1996.48.177.321>
- Ohtsu M., Watanabe H. (2001). Quantitative damage estimation of concrete by acoustic emission. Construction and Building Materials 15(5-6), 217-224. [http://dx.doi.org/10.1016/s0950-0618\(00\)00071-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0950-0618(00)00071-4).
- Chen B., Liu J. (2004). Experimental study on AE characteristics of three-point bending concrete beams. Cement and Concrete Research 34(3), 391-397. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2003.08.021>.
- Shah S.G., Chandra Kishen J.M. (2012). Use of acoustic emissions in flexural fatigue crack growth studies on concrete. Engineering Fracture Mechanics 87(87), 36-47. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfracmech.2012.03.001>.