

コンクリートの空隙構造が圧縮破壊時の AE 発生挙動に及ぼす影響

新潟大学 正会員 ○鈴木 哲也

新潟大学大学院 学生会員 山岸 俊太郎

新潟大学 正会員 森井 俊広

1. はじめに

本研究の目的は、コンクリート内部の空隙構造が損傷度評価値へ及ぼす影響を明らかにすることである。コンクリート断面を X 線 CT 計測により可視化し、集中度指数の観点からひび割れ・空隙の空間的分布特性を評価した。コンクリートの損傷度は、圧縮破壊過程における AE 発生挙動の観点から評価した。本報では、コンクリート内部の空隙分布と AE 発生挙動との関係について検討した結果を報告する。

2. 解析手法

2.1 AE 発生挙動のモデル化

コンクリートの圧縮応力下における AE 発生挙動は、確率過程論における定式化が可能である。AE の発生総数を N 、ひずみレベルを ε とし、AE 発生確率密度関数を $f(\varepsilon)$ とすると、 ε から $\varepsilon+d\varepsilon$ へのひずみ量の増分に対し、以下の(1)式を導くことができる¹⁾。

$$f(\varepsilon)d\varepsilon = \frac{dN}{N} \quad (1)$$

AE 発生確率密度関数 $f(\varepsilon)$ に対して、次のような指数関数曲線を仮定する。

$$f(\varepsilon) = \alpha \cdot \exp(\beta\varepsilon) \quad (2)$$

ここで、 α と β は定数である。

(2)式において、 β が正ならばひずみレベルの低い段階で AE 発生確率密度関数が低いことを意味し、コンクリート材料が健全な状態であることが評価できる。 β が負ならば、ひずみレベルの低い段階で AE 発生確率密度関数が高いことを意味し、損傷が進行した材料であると評価することができる (図-1)。

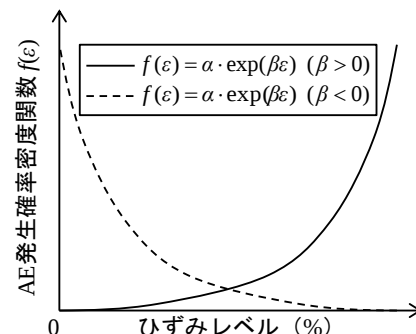


図-1 AE 発生確率関数 $f(\varepsilon)$ とひずみレベルの関係

2.2 集中度指数を用いたひび割れ・空隙の空間的分布特性評価

ひび割れ・空隙の空間的分布の定量的評価には、区画法における集中度指数を用いた。

$$I_\delta = m \sum_{i=1}^m \{x_i (x_i - 1)\} / \sum_{i=1}^m x_i (\sum_{i=1}^m x_i - 1) \quad (3)$$

ここで、 x_i : 1つの区画内にある点の数、 m : 区画数である²⁾。集中度指数は、各区画における点の数が一定もしくは同程度の場合、低下する。各区画における点の数が大きく異なる場合、集中度指数は増加する。本研究では、集中度指数と区画面積の関係を累乗曲線により近似し、コンクリート断面の空隙構造を評価した (図-2)。空隙の空間的分布特性は累乗曲線の傾き (係数 c) を用いて定量的に評価した。ひび割れ損傷の顕在化した断面では、各区画面積における集中度指数の変動が小さくなる。このため、係数 c はひび割れの顕在化していない断面と比較して低くなる。

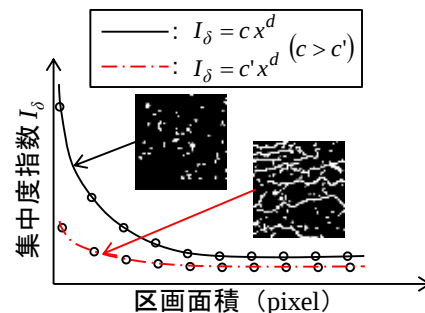


図-2 集中度指数と区画面積の関係

キーワード コンクリート, AE (Acoustic Emission), 集中度指数, ひび割れ損傷

連絡先 〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町8050番地 新潟大学自然科学系(農学部) TEL. 025-262-7395 E-mail: suzuki@agr.niigata-u.ac.jp

3. 圧縮強度試験

実験は AE 計測を導入した圧縮強度試験を実施し、供試体の破壊過程に発生する AE を検出した。計測は供試体の側面部にひずみゲージおよび AE センサを設置して行った。しきい値は 42dB とし、60dB の増幅をプリアンプとメインアンプで行った。AE センサは 150kHz 共振型センサを用いた。実験に用いた供試体は Type A, Type B, Type C の 3 種類である。Type A はひび割れ損傷がコア全域に発達した供試体、Type B はコア上層部にひび割れ損傷が顕在化した供試体である。Type C はひび割れ損傷が顕在化していない供試体である。

4. 結果および考察

4. 1 集中度指数によるひび割れ・空隙の空間的分布特性

集中度指数 I_0 と区画面積の関係から、ひび割れ・空隙の空間的分布特性を評価した。図-3 は Type B を対象とした集中度指数 I_0 と区画面積の関係である。図-3 (a) は Type B においてひび割れ損傷の顕在化した領域 (コア上層部)。図-3 (b) はひび割れ損傷の顕在化していない領域 (コア下層部) である。同図から、ひび割れ損傷の顕在化した上層部の係数 c は 15.395、下層部は 77.136 であった。上層部は下層部の係数 c と比較して 80 % 程度低下していることが確認された。上層部では、ひび割れ損傷の発達により各区画の空隙面積が同程度となり、集中度指数が低下したものと示唆された。

4. 2 コンクリート損傷度評価値と集中度指数の関係

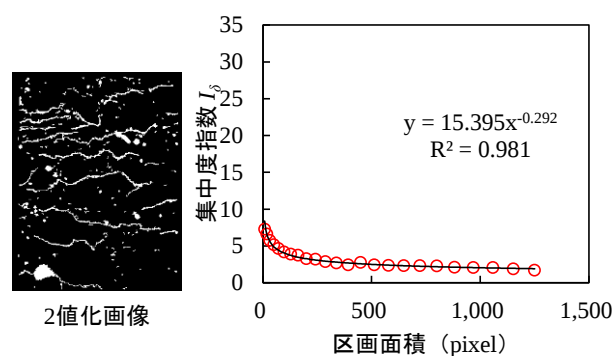
本研究では、集中度指数と区画面積の関係より導出した係数 c と評価値 β との関係を考察した。検討の結果を、図-4 に示す。同図は係数 c と評価値 β との関係を示した片対数グラフである。評価値 β の増加に伴い、係数 c は累積的に増加する傾向にあることが確認された。Type A と Type C では、係数 c 42.2~49.7、 β -0.001~0.004 の範囲で重複していることが確認された。重複した Type C では、空隙がコア全域で発達していることが確認された。このため、評価値 β と係数 c が低下したものと推察された。

5. おわりに

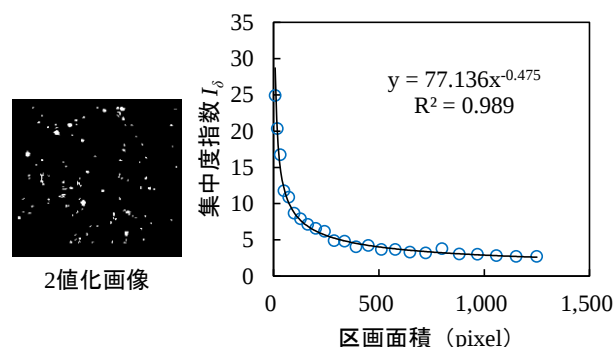
本研究では、コンクリートの空隙構造が損傷度評価値へ及ぼす影響について考察した。検討の結果、ひび割れ損傷の発達に伴い、評価値 β と係数 c が低下する傾向にあることが確認された。

参考文献

- 1) Suzuki, T., Ogata, H., Takada, R., Aoki, M. and Ohtsu, M.: Use of Acoustic Emission and X-Ray Computed Tomography for Damage Evaluation of Freeze-Thawed Concrete, Construction and Building Materials, 24, pp. 2347-2352, Dec. 2010.
- 2) 中田淳二, 柴田俊夫: 発振点分布モデルパターンの画像解析による評価, Zairyo-to-Kankyo, Vol.45, No.8, pp.467-472, 1996.



(a) Type B (コンクリート・コア上層部)



(b) Type B (コンクリート・コア下層部)

図-3 集中度指数と区画面積の関係

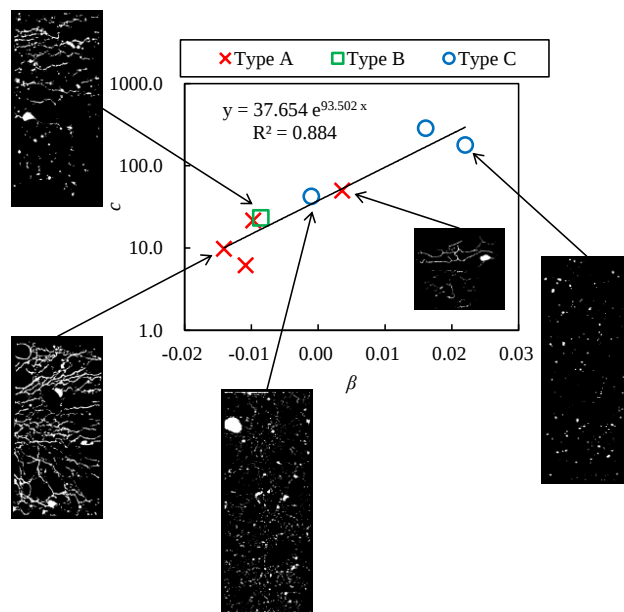


図-4 係数 c と評価値 β の関係