

RC 堰柱から採取したコンクリートコアを対象とした 圧縮応力場の AE 特性評価に基づく損傷推定

新潟大学農学部 学生会員 ○伊東 唯花

新潟大学大学院自然科学研究科 学生会員 田中 熙 柴野 一真

新潟大学自然科学系（農学部） 正会員 鈴木 哲也

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の強度特性は、採取されたコンクリートコアを用いた圧縮強度試験により評価されることが多い。損傷が蓄積したコンクリートは内在するひび割れの影響を受け不安定な応力ひずみ挙動を示し、力学特性のみでの損傷状況の評価は困難になる。筆者らは Acoustic Emission (AE) を用いた定量的な損傷度評価を試みている¹⁾。損傷度をより明確に評価するためには内部構造が AE 特性に及ぼす影響を明らかにすることが不可欠である。

本報では、RC 頭首工の損傷度の異なる 3 か所より採取されたコンクリートコアを対象に、内部構造が圧縮応力場のひび割れ進展挙動とそれに関連する AE 特性に及ぼす影響を評価することを目的とする。

2. 実験および解析方法

2. 1. 対象構造物

対象構造物は供用約 50 年が経過した鉄筋コンクリート頭首工である。中央堰柱、左岸堰柱および底板の 3 か所からコンクリートコアが採取された。目視観察では、左岸堰柱表面にひび割れと遊離石灰の析出が確認された。異なる採取箇所のコンクリートコアを対象に、X 線 CT 計測および AE 計測を導入した一軸圧縮試験を行った。

2. 2. X 線 CT に基づく損傷度定量化

コンクリートコア内部の損傷を定量化するため X 線 CT 計測を行った。計測条件は文献²⁾と同一である。コンクリートコアの直交する 2 断面の CT 画像に基づき、内部構造を目視により分類した。

2. 3. AE ダブルロジスティック解析によるひび割れ挙動の同定

圧縮载荷過程におけるコンクリートのひび割れ挙動は、既存ひび割れの閉口段階、既存ひび割れが閉口し AE イベントが減少する安定期、粗骨材界面におけるひび割れ発生期、ひび割れ進展期である 4 段階

に分類される。AE 発生挙動もこれに伴い段階的になる (図-1)。AE ダブルロジスティック解析は、AE エネルギトレンドをダブルロジスティック曲線で近似し、パラメータを抽出する解析手法である。筆者らは、AE ダブルロジスティック解析により異なる損傷段階の同定が可能であることを明らかにした³⁾。ダブルロジスティック曲線は式 (1) により表される。 $F_e(\sigma)$ は応力 σ における累積 AE エネルギ放出頻度割合、 γ は初期 AE エネルギ放出率、 m および m' は各変曲点に対応する応力、 r および r' は各変曲点における曲線の傾き、 p は第 1 変曲点の重みを示す。本研究では、AE ダブルロジスティック解析により検出された変曲点をもとに、第 1 段階、第 2 段階および第 3 段階を定義し、各段階における AE 特性と内部構造の関係を考察した。

$$F_e(\sigma) = \gamma + (1 - \gamma) \left[\frac{p}{1 + e^{r(m - \sigma)}} + \frac{1 - p}{1 + e^{r'(m' - \sigma)}} \right] \quad (1)$$

3. 結果および考察

3. 1. 幾何学特徴量

分類された各内部構造から面積率を算出した。左岸

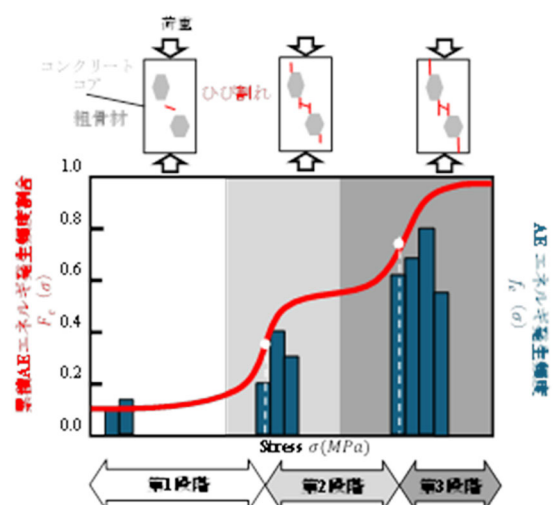


図-1 圧縮応力場におけるひび割れ進展挙動と AE 発生挙動の関係

堰柱コアのひび割れ面積率は4.38～7.51%であり、底板・中央堰柱コアのひび割れ面積率は0.50～2.13%であった。

3. 2. 内部構造の AE トレンドへの影響評価

既往研究⁴⁾により、AE の周波数はひび割れの規模と関連付けられることが明らかになっている。図-2 に第 1 段階における重心周波数 (C-FRQ) の平均値とひび割れ面積率の関係を示す。低ひび割れ面積率 (中央堰柱および底板) コアでは、有意水準 5% で正の相関が確認された。相関係数は 0.776 である。圧縮载荷初期には、分散して内在する既存ひび割れで応力集中が起こり、微小なひび割れが発生する。既存ひび割れが多いほど微小ひび割れの発生も増加するため、第 1 段階で高い周波数成分が増加すると考えられる (図-3 (a))。高ひび割れ面積率 (左岸堰柱) コアでは評価値の小さな 2 サンプル (LW-I-1, LW-I-4) を除く 5 サンプルで有意水準 10% の負の相関が確認された。相関係数は -0.873 である。これらのコアはひび割れ密度が高く、ひび割れの進展・連結がより低応力段階で生じるため、ひび割れ面積率が高いサンプルほど载荷初期に大規模なひび割れの進展が起こり、第 1 段階の周波数が低くなると考えられる (図-3 (b))。

4. おわりに

本報では内部構造の異なる AE ダブルロジスティック解析に基づいた段階における AE 特性と内部構造の関係を考察した。検討の結果、損傷度が大きく異なるサンプル間では圧縮载荷過程における周波数の推移が異なることが確認された。これにより、損傷度の違いにより圧縮応力場における破壊進展挙動が異なることが示唆された。

参考文献

- 1) Suzuki, T. et al. (2020): Damage estimation of concrete canal due to freeze and thawed effects by acoustic emission and X-ray CT methods, *Construction and Building Materials*, **245**, 118343.
- 2) Morozova, N. et al. (2023): Influence of the Pre-Existing Defects on the Strain Distribution in Concrete Compression Stress Field by the AE and DICM Techniques, *Applied Sciences*, **13**(11), 6727.

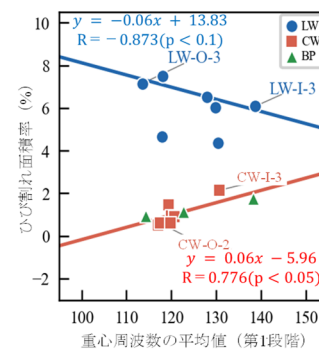
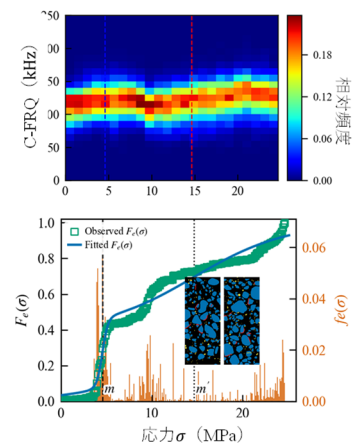
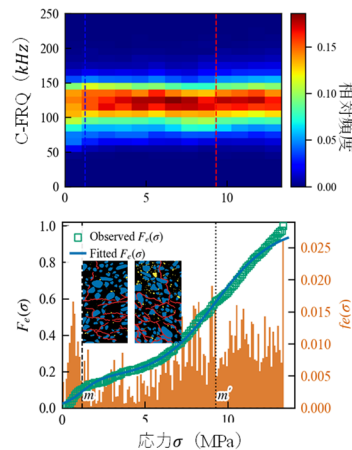


図-2 第 1 段階における重心周波数の平均値とひび割れ面積率の関係



(a) CW-O-2 (最小ひび割れ面積率サンプル)



(b) LW-O-2 (最大ひび割れ面積率サンプル)

図-3 内部構造と AE 特性トレンドの関係

- 3) 柴野一真ら (2023): AE ダブルロジスティック解析によるコンクリートコアの損傷度評価に関する実験的研究, 農業農村工学会論文集, **91** (1), I_57-I_68.
- 4) Wang, Z. et al. (2018): Frequency characteristics of the released stress wave by propagating cracks in brittle materials, *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, **96**, 72-82.