

# コンクリート損傷度の相違が圧縮応力場におけるひび割れ進展へ及ぼす影響とその定量評価

新潟大学農学部 非会員 ○向井萌華

新潟大学大学院自然科学研究科 学生会員 柴野一真・Nadezhda Morozova

新潟大学自然科学系（農学部） 正会員 鈴木哲也

## 1. はじめに

コンクリート材料を用いた社会基盤や農業水利施設では、損傷蓄積に伴う耐久性能の低下に対する定量的評価法の開発が技術課題である。筆者らは、圧縮応力場における AE エネルギートレンドにダブルロジスティック関数を近似することで、ひび割れ進展段階の同定が可能であることを明らかにしている<sup>1)</sup>。既往研究では損傷の蓄積した構造物から採取したコンクリートコアのみを対象として検討を重ねた。損傷が進行したコンクリートでは、圧縮強度が基準強度を上回るが、動弾性係数の低下が顕著なサンプルが確認されることがある。今後、筆者らの提案手法の普及には、損傷度の異なるコンクリートを対象に AE ダブルロジスティック解析の適用性を検証する必要がある。

そこで本研究では、損傷度の異なるコンクリートを対象にひび割れ進展段階の同定を目的とした AE ダブルロジスティック解析を行い、損傷度による各ひび割れ進展段階におけるエネルギーと周波数の違いを検討した。

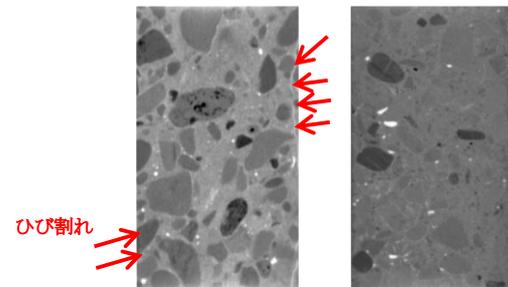
## 2. 解析方法

### 2.1 検討対象

損傷コンクリートは約 50 年供用し、ひび割れが顕在化した新川排水機場から採取した。塩害と凍害により、極度に損傷が蓄積したコンクリートであると考えられる (図-1(a))。無損傷コンクリートは実験室で打設し、養生期間を 100 日とした (図-1(b))。損傷コンクリートと無損傷コンクリートの圧縮強度 (平均値) はそれぞれ 11.9 N/mm<sup>2</sup>, 37.9 N/mm<sup>2</sup> であった。

### 2.2 AE ダブルロジスティック解析によるコンクリートのひび割れ挙動の同定

検出された AE は破壊の規模と関連のある AE エネルギーを指標として評価した。ダブルロジスティック曲線を累積 AE エネルギー発生頻度割合  $F_e(U)$  に近



(a) 損傷コンクリート (b) 無損傷コンクリート

図-1 コンクリートの X 線 CT 画像

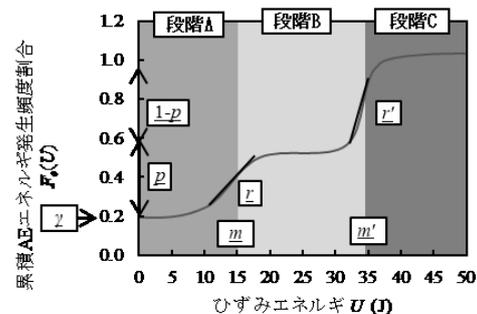


図-2 AE ダブルロジスティック解析

似し、パラメータを 6 つ抽出した (図-2)。式 (1) にダブルロジスティック曲線の式を示す。

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

ここで、 $m$  および  $m'$  は第一、二変曲点のひずみエネルギー、 $r$  および  $r'$  は各変曲点における傾き、 $p$  は第一変曲点が占める  $F_e(U)$  の割合および  $\gamma$  は初期 AE エネルギー放出率を示す。適度に損傷が進行したコンクリートでは、圧縮荷重過程の応力レベルとひび割れ進展段階との関係が確認されている。段階 A ( $0 < U \leq m$ ) はひび割れ安定期、段階 B ( $m < U \leq m'$ ) はボンドクラック発生から進展段階、段階 C ( $m' < U$ ) はひび割れ進展期と考えられる<sup>2)</sup>。

### 2.3 AE パラメータの推移によるダブルロジスティックパラメータの検証

損傷および無損傷コンクリートの AE パラメータの推移を比較し、ダブルロジスティックパラメータ

とひび割れ進展段階の関係を考察した。用いたAEパラメータは平均周波数と最大振幅値である。

### 3. 結果および考察

AE ダブルロジスティック解析値である変曲点のひずみエネルギー  $m$ ,  $m'$  は、無損傷コンクリートが 40.9, 77.8 J, 損傷コンクリートが 8.8, 15.2 J であった。段階ごとの平均周波数および最大振幅値平均値の分布を図-3 に示す。平均周波数において無損傷コンクリートでは中央値は段階 A-B 間で約 100 kHz 減少し、段階 B-C 間で増加していた。損傷コンクリートでは無損傷コンクリートに比べて緩やかに減少していた (図-3 (a))。最大振幅値において無損傷コンクリートでは中央値が損傷コンクリートと比較して急激に増加していた (図-3 (b))。このことから、無損傷コンクリートは損傷コンクリートに比べて明確なひび割れ挙動を示すことが示唆された。

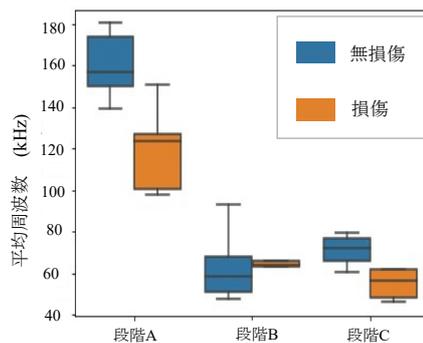
単位ひずみエネルギーにおける平均周波数の相対頻度とひずみエネルギー  $U$  の関係を図-4 に示す。損傷コンクリートでは段階 B から C にかけて明確な変化は確認されなかった (図-4 (a))。無損傷コンクリートでは段階 A から B にかけて平均周波数が増加していた (図-4 (b))。このことから、無損傷コンクリートの段階 B, C は異なるひび割れ段階にあるのに対し、損傷コンクリートは類似のひび割れ段階にあると考えられる。したがって、ダブルロジスティックパラメータ  $m, m'$  は損傷コンクリートと無損傷コンクリートで異なる意味をもつことが示唆された。

### 4. おわりに

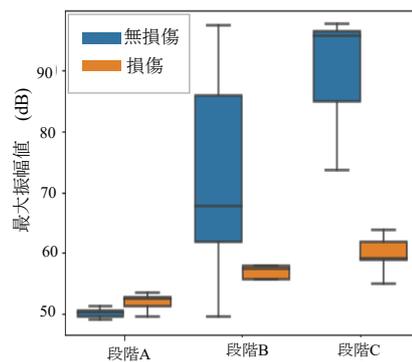
損傷度の異なるコンクリートを対象に、ひび割れ進展段階の同定を目的とした AE ダブルロジスティック解析を行い、ひび割れ段階の平均周波数と最大振幅値の推移を確認した。検討の結果、損傷度によって AE ダブルロジスティックパラメータは異なるひび割れ段階を示すものと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 柴野一真他 (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), 57-68.
- 2) Hsu, T.T.C et al. (1963): Microcracking of plain concrete and the shape of the stress-strain curve, Journal Proceedings, **60**(2), 209-224.

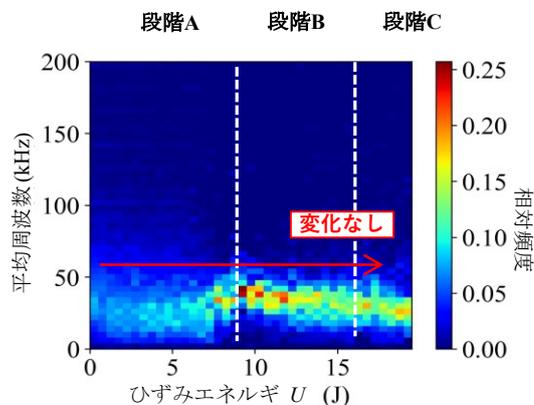


(a) 平均周波数

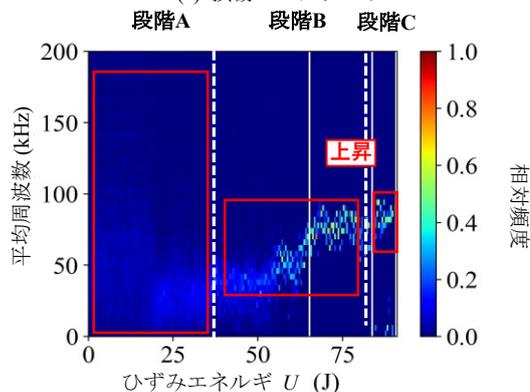


(b) 最大振幅値

図-3 段階ごとの平均周波数と最大振幅値平均値の分布



(a) 損傷コンクリート



(b) 無損傷コンクリート

図-4 平均周波数の相対頻度とひずみエネルギー  $U$  の関係