

AE エネルギー指標による割裂応力場の樹脂-コンクリート複合材の耐力評価

Evaluation of Mechanical Characteristics of Resin-Concrete Composite in Split Stress Field by AE Energy Parameter

○鈴木哲也*・島本由麻**

○Tetsuya Suzuki and Yuma Shimamoto

1. はじめに

コンクリートなど農業水利施設に用いられている建設材料の性能低下は、圧縮強度に代表される力学特性に着目した議論が行われることが多い。この背景には、建設時の当初設計において、圧縮強度を基準値にコンクリート品質が議論されていることにある。農業水利施設の場合、耐久性を必要とする場合の鉄筋コンクリートではコンクリート強度が 24 MPa(28 日設計基準強度、圧縮強度)と規定されている。28 日設計基準強度は、材料の均質性を前提としたものであり、既存施設で散見される凍害やアルカリ骨材反応などの材料損傷の局所的な蓄積を前提としたものではない。しかし、既存施設の性能評価では、頻繁に当初設計の基準強度と現況との比較検証が行われることが多いが、圧縮強度の低下量のみで損傷実態や長期的な材料の耐久性能を議論することは困難である(筆者らの既往研究の一例として文献 2))。加えて、より詳細な性能評価や補修対策を考慮する際には、強度を補完する指標の開発が不可欠である。筆者らは、荷重過程の材料損傷から発生する弾性波(Acoustic Emission; AE)³⁾に着目し、そのエネルギー特性から損傷実態を評価することを試みている⁴⁾。本報では、コンクリート・コアを対象に AE 指標から樹脂材をひび割れに注入した樹脂-コンクリート複合材の材質評価を試み、損傷蓄積が進行した既存施設や補修工を施した施設の調査診断への AE 指標の有用性を考察する。

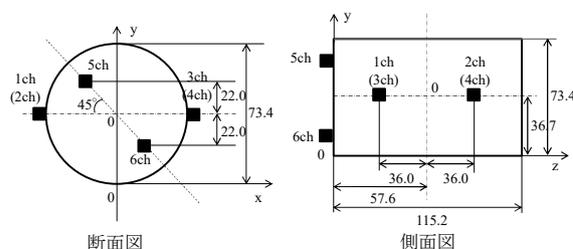


図-1 割裂荷重試験における AE センサ位置

(■, □: AE センサ, 単位: mm)

2. 計測対象と実験方法

検討対象は、実験室内で打設したコンクリート供試体(高さ: 20 cm, 直径 10 cm, 円柱供試体)である。配合設計は、粗骨材最大寸法 25 mm, スランプ 10 cm, 水セメント比 47%, 空気量 5%, 細骨材率 37%である。実験的検討は、材齢 28 日に割裂荷重によるひび割れを供試体に発生させた後に、ひび割れ進展により供試体が分割していないものを選定し、軟質樹脂材(引張強度 0.4 MPa)ないし硬質樹脂材(引張強度 48 MPa)を低圧注入した。樹脂-コンクリート複合材の割裂破壊挙動は、AE 指標による検討を試みるとともに(図-1), X線 CT 法による内部構造の可視化を行った。実験解析方法は文献 2)と同様である。割裂荷重試験の実施は注入材の十分な効果を考慮し、注入 2 か月経過後に実施した。荷重位置は注入前のひび割れ導入時と同様である。

3. 結果および考察

図-2 に樹脂注入前後のコンクリート・コアに関する X線 CT 画像と空隙構造の変質に関するヒストグラムを示す。検討の結果、樹脂材を注入した供試体では CT 値約 500~1,200 の範囲において樹脂材の影響と考えられる

*新潟大学自然科学系(農学部) Faculty of Agriculture, Niigata University

**北里大学獣医学部生物環境科学科 School of Veterinary Science, Kitasato University

キーワード: 補修工, 画像診断, 樹脂-コンクリート複合材, 割裂応力場, AE

頻度の増加が確認された。割裂引張強度は、無損傷状態で 3.0~4.0 MPa(サンプルサイズ: 7 供試体) であり、割裂ひび割れを入れた後に樹脂注入を施した樹脂 - コンクリート複合材で 1.2~2.7 MPa (軟質樹脂, 4 供試体) と 3.0~4.7 MPa (硬質樹脂, 4 供試体) であった。軟質樹脂では、割裂応力場において樹脂材の剥離や樹脂材自体が裂ける接着破壊が発生した。硬質樹脂では母材であるコンクリート部において被着体破壊が確認された。AE エネルギー指標による割裂載荷過程を評価した結果、無損傷状態と比較して軟質樹脂 - コンクリート複合材では、載荷過程における樹脂部の変形が卓越し、ひずみ量が 10.4 倍となった。AE エネルギー指標は、破壊挙動と密接に関連し、軟質樹脂材が引張破壊による応力解放時に急増が確認された(図-3 (b))。硬質樹脂材を用いたサンプルでは、前述のとおり被着体破壊が進行したことから、脆性的な破壊プロセスとなった。硬質樹脂 - コンクリート複合材のひずみ値は $180\sim 315 \times 10^{-6}$ であり、軟質樹脂材を用いた場合の $2,315\sim 3,450 \times 10^{-6}$ と比較して約 1/10 程度の変形により最終破壊に至った。

4. まとめ

本報では、樹脂 - コンクリート複合材を対象に割裂応力場の力学特性と AE エネルギー特性から樹脂注入工の補修効果を考察した。AE エネルギー指標を用いることで強度指標を補完できる可能性が確認され、AE 計測により複合材物性が詳細に評価できる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局整備部設計課監修: 第 7 章構造設計 7.9.1(3)許容応力度, 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説・設計「水路工」, pp. 332-333, 2014.
- 2) Shimamoto, Y. and Suzuki, T.: Detection of Cracking Damage in Service Concrete by AE Energy Parameter, 2nd International RILEM/COST Conference on Early Age

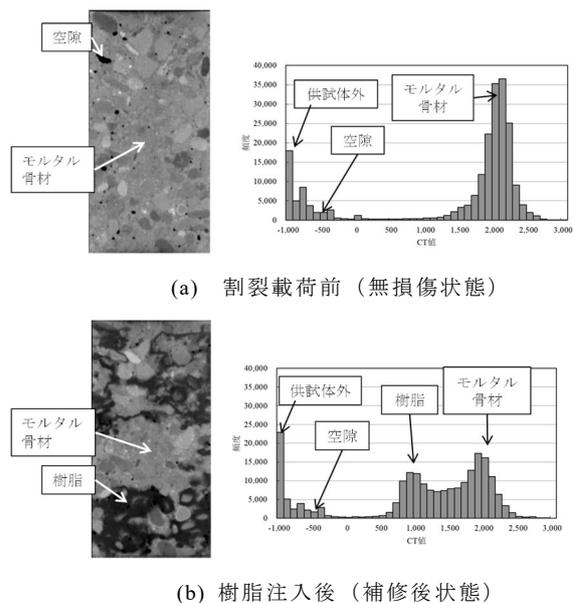


図-2 X線 CT 画像の特徴と CT 値分布

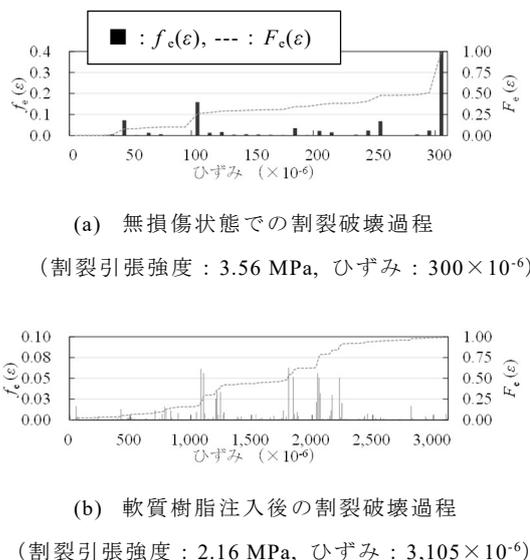


図-3 AE エネルギー発生頻度割合 $f_e(\epsilon)$ とひずみの関係

Cracking and Serviceability in Cement-based Materials and Structures - EAC2, Brussels, 2017.

- 3) Gross, C.U. and Ohtsu, M. Edit.: Acoustic Emission Testing, Springer, 2008.
- 4) 大橋純, 島本由麻, 鈴木哲也: AE 指標を援用したコンクリート物性の評価精度の改善, 農業農村工学会誌, 88 巻 12 号, pp. 33-36, 2020.