

X線CT法を用いたコンクリート内部損傷の定量的評価に関する研究

Quantitative Evaluation of Damaged Concrete by X-ray Computed Tomography Method

○奥津 広太¹⁾ 鈴木 哲也²⁾ 青木 正雄²⁾

Kouta Okutsu, Tetsuya Suzuki and Masao Aoki

1. はじめに

コンクリート構造物の損傷度の定量化は、既存施設の長寿命化の流れの中で重要な技術的課題となっている。筆者らは、アコースティック・エミッション法と損傷力学理論に基づく定量的損傷度評価法を開発している¹⁾。既往の研究においてコンクリートの損傷は内部のクラック分布や物性値との密接な関係が示唆されている。

本報では、クラック損傷が進行したコンクリート・コアを対象にX線CT法により取得した画像データを用いてクラックの分布特性をフラクタル次元の観点から定量的評価を試みた結果を報告する。

2. 実験・解析手法

2.1 実験材料

本研究で供試したコンクリート・コアは凍結融解作用の顕在化した開水路より採取したφ75 mmの供試体を2本、摩耗損傷が進行した開水路より採取したφ50 mmの供試体1本の計3本を対象とした。

2.2 実験および解析方法

コンクリート内部構造はX線CT法により評価した。X線CT法は、計測対象にX線を照射させ、トモグラフィ処理により物体の内部構造を可視化するものである²⁾。

取得したCT画像を1cm四方の格子状に分割し、格子毎に分布する骨材、モルタル、クラック・空隙部の面積割合を評価した。CT値は平均値、標準偏差、変動係数を算出し、面積割合との関係性を評価した。

2.3 フラクタル次元の適用

本研究では、コンクリート内部の損傷度を定量化するためにフラクタル次元を用いて検討した。

フラクタルとは、ある図形を拡大すると元の図形と同じ構造の図形がミクロスケールで含まれる性質を指し、一般に自己相似性と呼ばれるものである。しかし、図形によっては粗密性や入り込み程度に差がある。これを定量化して数値で表した指標がフラクタル次元である。フラクタル次元の算出にはスケール変換法、カバー法、ボックスカウント法など様々な定義が行われている。本研究はCT画像に格子を用いていることから、ボックスカウント法を適用した。

ボックスカウント法によるフラクタル次元は次式で示される。

$$D = \frac{\log N(\epsilon)}{\log \frac{1}{\epsilon}} \quad (1)$$

ここで、 $N(\epsilon)$:図形をカバーしているボックスの数、 ϵ :ボックス幅

なお、本研究では ϵ を0.1に設定したため、分母を無視することができる。

3. 結果および考察

3.1 材料構成とCT値変動係数

図1および図2は格子毎に骨材、モルタル、クラック・空隙の面積割合と変動係数の関係性を示したものである。評価した断面はクラックが発達した部位を選択した。

1)日本大学大学院生物資源科学研究科, Graduate School of Bioresource Sciences, Nihon University

2)日本大学生物資源科学部, College of Bioresource Sciences, Nihon University

Key Words: X線CT法, 内部損傷, フラクタル次元, CT値

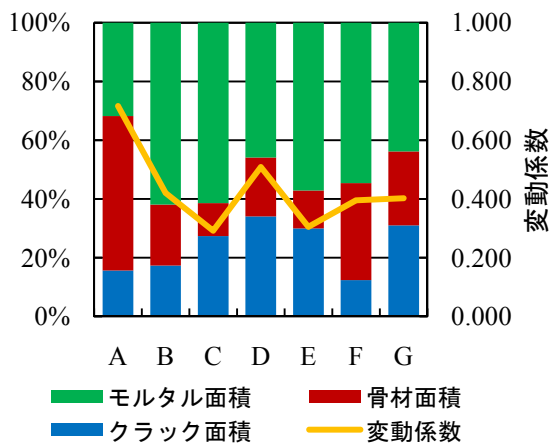


図1 クラックの発達した断面

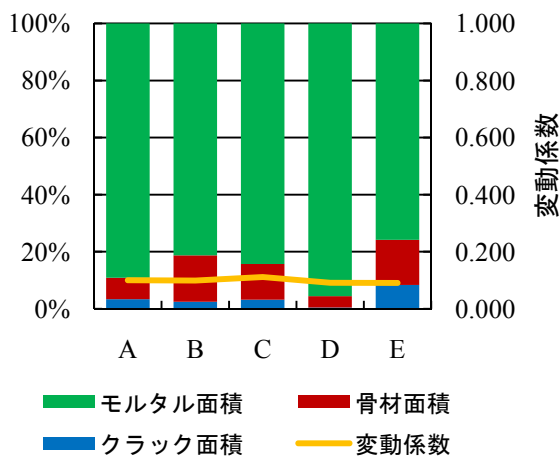


図2 クラック未発達の断面

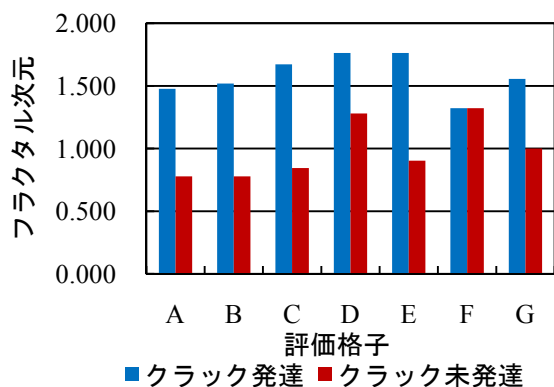


図3 フラクタル次元

図1よりクラックの発達した断面では変動係数が0.3~0.7を示し、図2と比較して3~7倍の評価値が確認された。これはクラック部と骨材部が混在することによりCT

値の標準偏差の上昇に起因するものと考えられる。クラックが未発達の断面では、空隙は確認されたがモルタルや骨材が大部分を占めていたことからCT値の部位による相違は少ない結果となった。そのために変動係数もほぼ一定の値となることが確認された。

このことからクラックの分布がCT値の変動に影響を及ぼすことが考えられることから、これを定量化するためにフラクタル次元を用いて検証した。

フラクタル次元は1cm四方の格子中におけるクラック・空隙の分布を抽出し、10×10のマスキに分割したボックスカウント法により評価した。図3は一断面の格子毎に算出したフラクタル次元をクラックの発達した断面と未発達の断面における値を比較したものである。フラクタル次元の値が高いほど評価する図形が複雑であることを示す。

検討の結果、クラックの発達した断面ではフラクタル次元が平均1.4を示し、クラックが未発達の断面の1.55倍を示した。

4. 結論

本研究では、クラック損傷の発達したコンクリート・コアにX線CT計測を導入し、CT値の特性とクラックの幾何学的分布との関係をフラクタル次元の観点から検討した。その結果、クラック分布の相違によりフラクタル次元が変化し、X線CT画像へフラクタル概念を導入することによりコンクリート内部損傷の特性を定量的に評価できる可能性が明らかになった。

参考文献

- 1)鈴木哲也ほか:コア・コンクリートのAEレートプロセス解析に基づく損傷度評価に関する研究, 土木学会論文集, Vol.62, No.1, pp.1791-1796(2004)
- 2)奥津広太ほか:X線CT法を用いた損傷コンクリートの空隙構造の可視化, 農業農村工学会大会講演会要旨集, pp.526-527(2009)