

## 損傷が進行したコンクリートの圧縮応力場の AE 特性 Characteristics of Acoustic Emission of Damaged Concrete in Compressive Stress Field

○伊藤勇志\*・柴野一真\*\*・Nadezhda MOROZOVA\*\*・島本由麻\*\*\*・鈴木哲也\*\*\*\*  
○Yuji ITO\*, Kazuma SHIBANO\*\*, Nadezhda MOROZOVA\*\*, Yuma SHIMAMOTO \*\*\*,  
and Tetsuya SUZUKI\*\*\*\*

### 1. はじめに

近年、コンクリート水利施設において老朽化対策が技術的課題となっている。老朽化対策には損傷度評価法の開発が不可欠であり、筆者らは損傷の進行したコンクリートにおける物性評価を試みている。本報では、損傷コンクリートを用いて X 線 CT 法と超音波法、共鳴振動法、圧縮試験時の AE 計測を用いてコンクリート損傷度を評価した結果を報告する。

### 2. 実験・解析方法

#### 2.1. X 線 CT 法

コンクリートコアは損傷の進行したコンクリート水利施設から採取した。図-1 に示すように、採取したコンクリートコアは X 線 CT 法により内部を可視化した。CT 画像から大津の 2 値化を用いて、粗骨材を抽出した。分類された粗骨材以外の CT 値は Max entropy 法により、空隙とモルタルに分類した。分類されたモルタルの CT 値は Max entropy 法によりモルタルとひび割れに分類した。しきい値による CT 値の分類をした後に、目視分類を行った。また、空隙は真円度 0.5 以上の範囲とし、ひび割れは真円度 0.5 未満の範囲とした。図-2 に CT 画像と、骨材、モルタル、モルタル内ひび割れ、骨材内ひび割れおよび空隙に分類した 5 値化画像から幾何学特性を算出した。

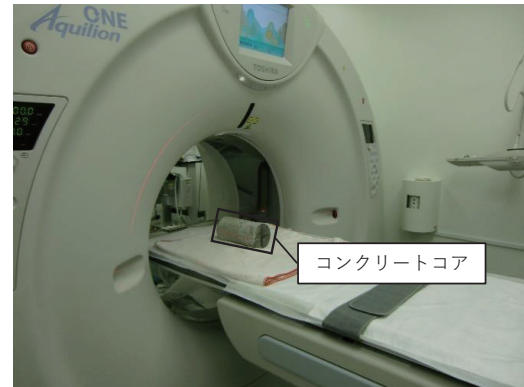


図-1 X 線 CT 計測状況

#### 2.2. AE 計測を用いた圧縮強度試験

圧縮強度試験は JIS A 1108 に準じて行い、荷重とひずみを測定した。圧縮強度試験には AE 計測を導入し、破壊過程における AE 発生挙動を計測した。AE エネルギーは式 (1) より算出した<sup>1)</sup>。

$$E_{AE} = a_p^2 \quad (1)$$

ここで、 $E_{AE}$  は AE エネルギー、 $a_p$  は最大振幅値である。損傷度の評価には初期 AE エネルギー放出率を使用した。この指標は、累計 AE エネルギーに対する、ひずみ  $0 \sim 100 \times 10^{-6}$  で発生した AE エネルギーの発生割合を示した指標である。

### 3. 結果および考察

#### 3.1. X 線 CT 法による内部構造の定量評価

供試コンクリートコアの特徴量の平均値を示す。全面積に対する骨材面積率は 45.3 % である。空隙面積率は 2.7% である。

\* 新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata University

\*\* 新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Niigata University

\*\*\* 東京農工大学大学院農学研究院 Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

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

キーワード：コンクリート，X 線 CT 法，AE，損傷

ひび割れ面積率は 1.9%である。

### 3.2. 力学特性および AE 特性

評価値の平均値を概観する。圧縮強度は  $15.8 \text{ N/mm}^2$  であった。最大ひずみは、一般的な最大ひずみ  $2,000 \times 10^{-6}$  を全てのサンプルで下回っており、 $666 \times 10^{-6}$  を示した。ひずみエネルギーは  $9.46 \text{ J}$  であった。動弾性係数は  $33.0 \text{ GPa}$  であった。累計 AE ヒット数の平均値は 28,555 ヒット、累計 AE エネルギーは  $18,617 \text{ V}^2$  であった。ひずみ  $0 \sim 100 \times 10^{-6}$  の初期 AE エネルギー放出率は 5.6 %であった。

### 3.3. 破壊試験と非破壊試験の損傷指標の比較

図-3 は圧縮強度と累計 AE ヒットの関係である。左から最大ひずみが低い順番である。圧縮強度と累計 AE ヒットの相関係数は 0.92 であり、強い相関が確認された。

図-4 に示す初期 AE エネルギー放出率と空隙率の関係を示す。空隙率が 3 %を上回るサンプルでは、初期 AE エネルギー放出率の大きい傾向が確認された。一般にエントレインドエアの直径は約  $50 \mu\text{m}$  であり、エントラップドエアはそれよりはるかに大きい気泡である<sup>2)</sup>。CT 画像は 1 pixel が  $0.5 \text{ mm} \times 0.23 \text{ mm}$  でありエントラップドエアのみを識別している。

図-5 に示す超音波法による動弾性係数  $E_d$  では、空隙率が大きくなるほど  $E_d$  が低下する傾向が確認された。このことから、空隙率の大きいサンプルでは、初期 AE エネルギー放出率が大きく、 $E_d$  が小さくなる。これは、損傷が進行したサンプルであると推察される。

### 4. おわりに

本報では、損傷の進行したサンプルにおいて X線 CT 法と圧縮試験時の AE 計測を用いてコンクリートの損傷度を評価した。その結果、損傷の進行したサンプルにおいても非破壊検査による損傷度評価が可能で

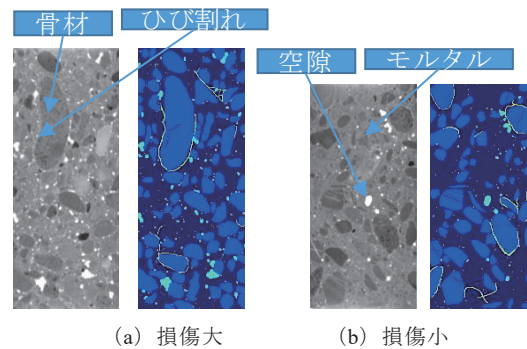


図-2 X線 CT 法による CT 画像と 5 値化画像

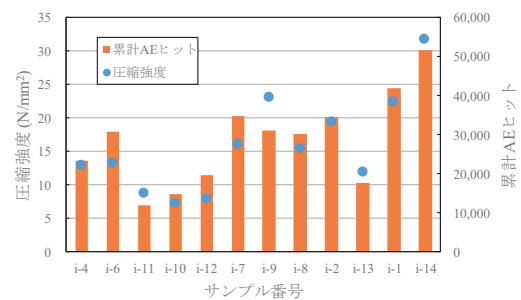


図-3 圧縮強度と累計 AE ヒットの関係

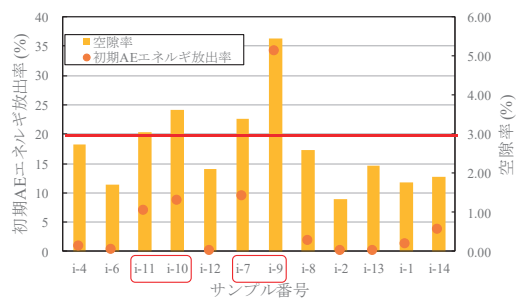


図-4 初期 AE エネルギーと空隙面積率の関係

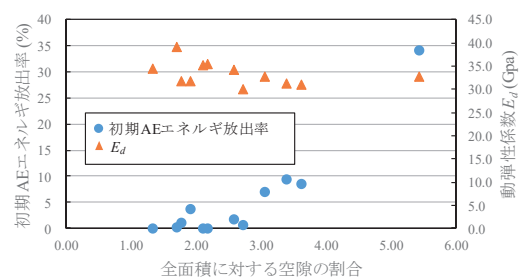


図-5 空隙率、初期 AE エネルギー放出率と  $E_d$  の関係

あることが示唆された。

#### 引用文献

- 1) 日本非破壊検査協会 (2008) : 3.3.1 信号のエネルギー, アコースティック・エミッション試験II, p.28.
- 2) A.M.Neville, 三浦尚 (2004) : ネビルのコンクリートバイブル, 11.2 空気の連行, p.673.