

# 圧縮応力場の AE エネルギーを指標としたコンクリート損傷の同定 Identification of Concrete Damage using AE Energy Parameter in Core Test

○西村咲紀\*・島本由麻\*\*・石神暁郎\*\*\*・鈴木哲也\*

○Saki NISHIMURA, Yuma SHIMAMOTO, Akio ISHIGAMI and Tetsuya SUZUKI

## 1. はじめに

近年、コンクリート製農業水利施設の老朽化が各地で顕在化し、非破壊損傷度評価法の開発が急務な技術的課題となっている。現状において主な構造材料であるコンクリートの損傷度評価法は十分に確立されておらず、圧縮強度を用いた力学特性のみが評価されることが多い<sup>1)</sup>。筆者らは、弾性波を起源とする AE (Acoustic Emission) 法を用いたコンクリート損傷度評価法が提案している<sup>2)</sup>。本報では、圧縮载荷過程で発生する AE とそのエネルギー指標によるコンクリート損傷度評価を行い、X 線 CT 法<sup>3)</sup>を用いた材質評価との関連を検討した結果を報告する。

## 2. 実験・解析方法

### 2.1. 圧縮応力場における AE 計測

供試体は凍害環境下に立地した旧石狩川頭首工より採取した供試体 14 本（以後、石狩川サンプルと示す）と、比較対象として新規に打設したコンクリート 5 本（以後、無損傷サンプルと示す）を採用した。

圧縮強度試験では、圧縮破壊過程に発生する AE 検出のため、AE 計測を導入した（図-1）。計測は供試体の側面部にひずみゲージと AE センサを設置して行った。荷重は荷重計により記録した。本論ではコンクリート損傷を評価するため、式 (1) に示す最大振幅値を 2 乗した値である AE エネルギーを用いて解析を行った。

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

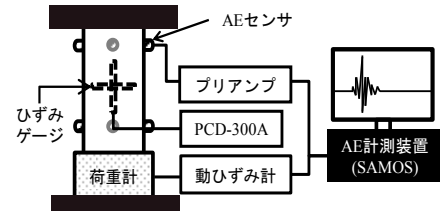


図-1 計測概要図

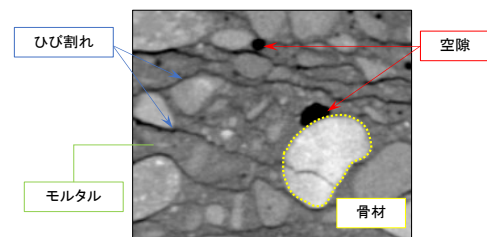


図-2 X 線 CT 画像

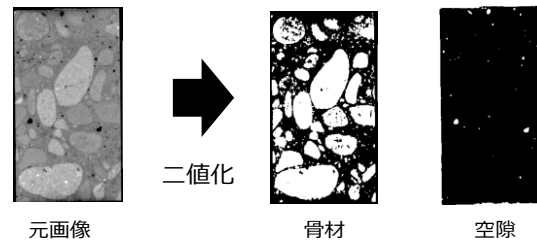


図-3 二値化処理画像

ここで、 $E_{AE}$  は AE エネルギー、 $a_p$  は最大振幅値である。

### 2.2. X 線 CT 計測による損傷同定

撮影した X 線 CT 画像の二値化処理を行い、供試体内部の空隙および粗骨材の抽出を行った（図-2, 図-3）。二値化処理とは濃淡のある画像を閾値により黒と白の二色に置き換える画像処理方法である。解析面は供試体中央の縦横 2 面であり、供試体全体の中央値として解析を行った。X 線 CT 画

\*新潟大学農学部農学科 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

\*\*\*国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 Civil Engineering Research Institute for Cold Region, PWRI

キーワード：凍害コンクリート, Acoustic Emission (AE), X 線 CT, エネルギー指標, ひび割れ

像の関数処理は、最適と考えられる関数 FC-05 を採用した。閾値は明度により決定した。

### 3. 結果および考察

#### 3.1. 力学特性

圧縮強度試験の結果、石狩川サンプルの圧縮強度は平均値  $15.1 \text{ N/mm}^2$  (最小 - 最大:  $6.5 - 31.7 \text{ MPa}$ )、最大ひずみの平均値は  $530 \mu$  (最大 - 最小:  $60 - 1,160 \mu$ ) であった。無損傷サンプルは圧縮強度  $29.8 \text{ MPa}$ 、最大ひずみ  $1,430 \mu$  であった。

#### 3.2. X線CT指標と力学特性

空隙外周長と圧縮強度の間に負の相関が認められ、空隙外周長の増加に伴って圧縮強度が減少することが明らかになった (図-4)。骨材外周長と圧縮強度の間では、圧縮強度  $24 \text{ N/mm}^2$  以下のサンプルにおいて骨材外周長の増加に伴って圧縮強度の低下が認められた (図-5)。

#### 3.3. X線CT指標とAEエネルギー指標

空隙外周長とひずみ  $100 \mu$  までの累積AEエネルギーの間に正の相関が認められ、空隙外周長の増加に伴って初期AEエネルギーが増加することが明らかになった (図-6)。ここまでの結果の有効性を示すため、線形回帰分析による式の算出を行った。空隙外周長と圧縮強度、ひずみ  $100 \mu$  までの累積AEエネルギーにおいて、有意差  $1\%$  水準を満たすことが確認された。このことより、損傷サンプルにおいて初期AEエネルギー放出を指標に非破壊に近い形でコンクリート損傷度の判定が可能となることが示唆された。

### 4. まとめ

凍害環境に長期間設置されたコンクリートを対象に、AEエネルギー指標による損傷度評価を試み、X線CTを用いて明らかにした内部損傷実態との比較検討を行った。損傷コンクリートでは、载荷初期  $100 \mu$  でのAEエネルギー強度から損傷実態を評価可能であることが示唆された。このことにより、実構造物において微小変形により損傷度を定量評価できる可能性が明らかとなった。

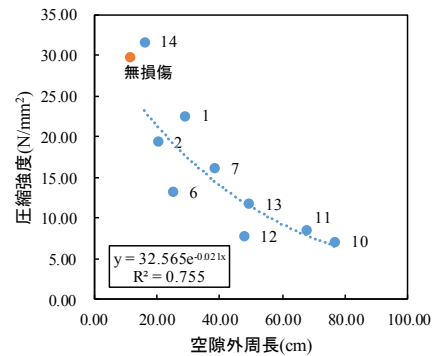


図-4 空隙外周長と圧縮強度の関係

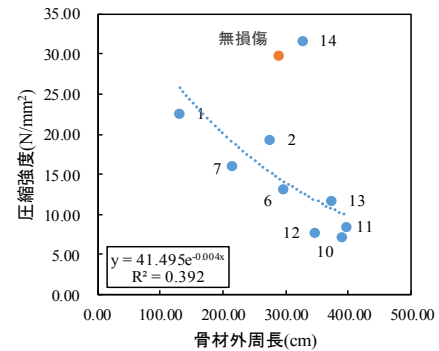


図-5 骨材外周長と圧縮強度の関係

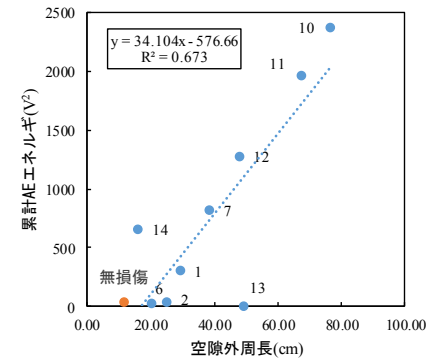


図-6 空隙外周長とひずみ  $100 \mu$  までのAEエネルギーの関係

のと考えられる。

**謝辞** 本検討には国土交通省北海道開発局札幌開発建設部札幌北農業事務所の多大なるご支援をいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」 基準書・技術書，pp.241-242，(1995)
- 2) Suzuki, T. and M. Ohtsu: Use of Acoustic Emission for Damage Evaluation of Concrete Structure hit by the Great East Japan Earthquake, Construction and Building Materials, 67, pp. 186-191, (2014)
- 3) 飯沼武, 館野之男編：日本エム・イー学会編/ME学会シリーズ D-2 X線イメージング，コロナ社，227p，(2001)