

AE エネルギー特性に基づく凍害コンクリートの損傷実態評価

Evaluation of Frost Damage on Concrete using AE Energy Parameter

○永田瑞穂*・島本由麻**・鈴木哲也***・石神暁郎****

○Mizuho NAGATA, Yuma SHIMAMOTO, Tetsuya SUZUKI and Akio ISHIGAMI

1. はじめに

近年、コンクリート製の農業水利施設における早期劣化が社会問題となっており、非破壊損傷度評価法の開発が急務となっている。現状においてコンクリート物性に関する損傷度評価法は十分に確立されておらず、圧縮強度を用いて状態を評価している。

既往研究では、弾性波を起源とする Acoustic Emission (AE) 法を用いたコンクリート損傷度評価法が提案されている¹⁾。本論では、圧縮載荷過程で発生する 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³⁾を用いた内部評価との関連を実証的に検討した。

2. 実験・解析方法

2.1. 圧縮強度試験

供試体は北海道内の凍害環境下に立地したコンクリート水路構造物より採取した供試体 9 本（以後、北海道サンプルと記す）と、比較対象として新規に打設したコンクリート 3 本（以後、無損傷サンプルと記す）を採用した。

圧縮強度試験では、AE 計測を導入し、圧縮破壊過程に発生する AE を検出した。計測はコンクリート・コア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、ひずみゲージを縦方向と横方向に設置しひずみ量を測定した。本論ではコンクリート損傷を評価するためにひずみエネルギーと AE エネルギーを用いた。式 (1) に示す最大振幅値を 2 乗し

た値を AE エネルギーとし、解析を行った。

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

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

2.2. X 線 CT 法

X 線 CT 画像より式 (2) に示す CT 値を抽出し、供試体の損傷度を評価した。CT 値は対象における X 線の吸収率を示す。

$$CT \text{ 値} = \frac{\mu_t - \mu_w}{\mu_w} K \quad (2)$$

ここで、 μ_t : 組織の X 線吸収係数、 μ_w : 水の X 線吸収係数、 K : 定数 (=1,000) である。

3. 結果および考察

3.1. 力学特性

圧縮強度試験の結果、北海道サンプルの圧縮強度は平均値 24.77 N/mm²（最大~最小 : 35.41~19.10 N/mm²）であった。無損傷サンプルは、北海道サンプルの 1.3 倍である平均値 32.38 N/mm²を確認した。

3.2. エネルギー指標による損傷分類

ひずみエネルギーと圧縮強度の間には正の相関が確認され、ひずみエネルギーが増加すると共に圧縮強度が増加することが明らかになった。

ひずみエネルギーと AE エネルギー累計値の関係を図-1 に示す。AE エネルギー累計値の違いから 3 つのパターンに分類した。1 つ目は無損傷サンプルで構成される「無損傷」、2 つ目と 3 つ目は図中で示した「パタ

*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

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

****寒地土木研究所 Civil Engineering Research Institute for Cold Region

キーワード : コンクリート, 凍害, 圧縮強度試験, X 線 CT 法, AE

ーン A」および「パターン B」であり、北海道サンプルで構成される。

各パターン of AE 発生頻度を考察した。AE 発生確率密度関数 $f_h(\epsilon)$ は無損傷の場合、荷重の終期に掛けて値が大きくなり、パターン A の場合、恒常的に AE が発生した。パターン B の場合、ひずみレベル 30%未満の荷重初期においてピークが検出された

(図-2)。AE エネルギーの発生頻度においても、パターン B の場合 1,000 μ 未満の低ひずみ段階において AE エネルギーが放出される傾向が確認された。結果より、パターン B は荷重の初期段階で破壊が発生し、脆性化が進行していることが示唆された。

3.3. CT 値の重心点と AE エネルギーの関係

ひび割れ損傷の生じるモルタルおよび空隙域に着目し、その範囲における CT 値の重心 (以後、重心 CT 値と記す) の検討を行った。AE エネルギー累計値と重心 CT 値の関係を図-3 に示す。パターン B の重心 CT 値は平均値 1,818.6 であり、パターン A の平均値 1,700.5 の 1.02 倍になり、重心 CT 値の増加が確認された。パターン B の中でもサンプル番号 08, 12, 13 における中性化深さの平均値は 12.7 mm となり、パターン A の平均値の 1.50 倍となった。この結果より、炭酸化収縮による密度増加が進行し重心 CT 値が高くなることが推察された。

重心 CT 値が高い供試体はエネルギー指標の検討においてパターン B に分類されることから、炭酸化収縮による脆性化が懸念される供試体をエネルギー指標を用いて評価できる可能性が示唆された。

4. まとめ

本論では、凍害環境下におけるコンクリートを対象に圧縮荷重過程で発生する AE とそのエネルギー指標による損傷度評価を試み、X 線 CT 法を用いた供試体の内部評価を行った。結果より、コンクリート損傷度評価におけるエネルギー指標の有用性が明らかになった。

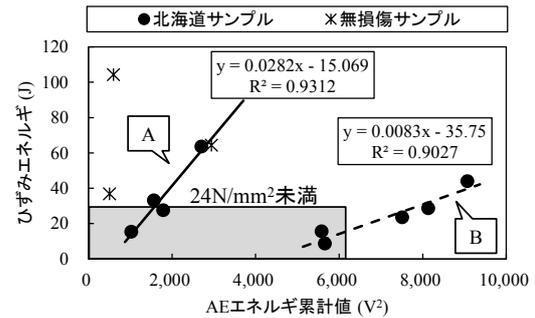


図-1 エネルギー関係図

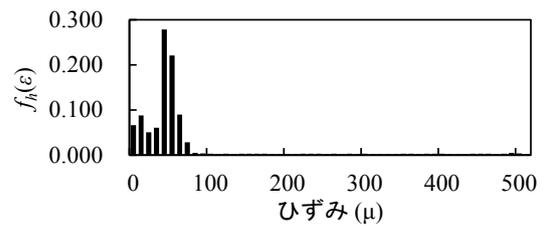


図-2 AE 発生挙動一例 (パターン B)

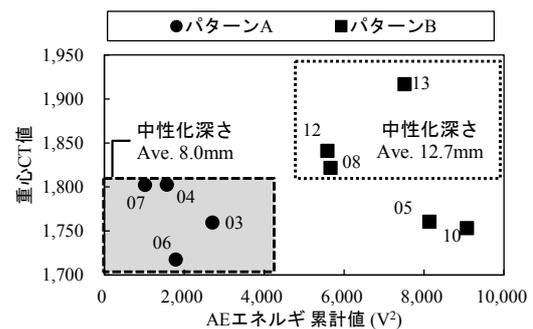


図-3 重心 CT 値と AE エネルギーの関係

参考文献

- 1) 鈴木哲也：コンクリートの圧縮荷重時の AE 発生挙動に基づく損傷度評価の試み，土木構造・材料論文集，30，pp. 157-165，2014。
- 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：X 線イメージング、コロナ社，pp. 166-177，2001。