

# AE エネルギー指標に基づくセメント改良土の割裂破壊挙動評価

## Evaluation of Splitting Fracture Behavior Cement Improved Soil by AE Energy Parameter

○島本由麻\*・鈴木哲也\*\*・森井俊広\*\*

○Yuma Shimamoto, Tetsuya Suzuki and Toshihiro Morii

### 1. はじめに

引張応力に対するひび割れの発生や進展の挙動を把握することは構造材の破壊現象解明において重要な課題である。同時に簡易的な材質評価手法の確立が求められている。例えば石黒らは管水路に用いる裏込めモルタルに楔挿入割裂試験を適用し、破壊エネルギーの解析および引張軟化曲線の推定式の提案がなされている<sup>1)</sup>。

筆者らは、AE法を用いた材質評価法に着目し、検出波のエネルギー特性と圧縮応力場のひずみエネルギーとの関連から損傷度評価精度の向上について研究を進めている<sup>2)</sup>。本研究では、セメント改良土において割裂引張強度試験を実施し、破壊力学パラメータの一つであるエネルギー解放率の推定指標としてAEエネルギーが適当か考察した結果について報告する。

### 2. 実験方法

本研究では、セメント改良土において割裂引張強度試験を行った。配合表を表-1に示す。直径50 mm、高さ98 ± 2 mmの円柱供試体を7日水中養生させた後に供試した。なお、切欠きは挿入しなかった。

載荷過程においてAE計測および画像解析を実施した。150 kHz共振型センサを6個設置した。しきい値を40 dB、増幅値を

60 dB、周波数域を5 kHz～400 kHzに設定した。画像解析にはデジタル画像相関法(DICM)を用いた。2台のCCDカメラを用いて計測した。解像度は1384×1036 pixelである。供試体の計測面には、白色下地を塗布し、下地の上からランダムに黒点を描いた。CCDカメラの撮影間隔を2 Hzに設定した。

### 3. 解析方法

#### 3.1. エネルギー解放率の評価

エネルギー解放率  $G$  は次式で表される<sup>3)</sup>。

$$G = -\frac{d\Pi}{dA} \quad (1)$$

ここで、 $dA$ ：ひび割れ面積の増加量、 $d\Pi$ ：ポテンシャルエネルギーの解放量である。

本研究では、応力とDICMによるひずみとの関係から、図-1に示すように面積  $Oac$  を求めることでポテンシャルエネルギーを算出した。ひび割れ面積は、撮影画像を二値化処理した後に、載荷前における撮影画像の二値化画像と差分することで求めた。二値化処理のしきい値は137とした。差分処理は黒点とひび割れとを区別するために行った。

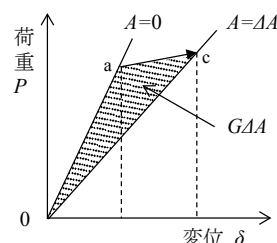


図-1 エネルギー解放率の算出方法

表-1 配合

砂質土 (g)	パーミキュライト (g)	普通ポルトランドセメント (g)	水 (g)
280.0	14.0	58.8	73.5

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

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

キーワード：セメント改良土、割裂引張強度試験、AE、エネルギー解放率

### 3.2 AE エネルギー解析

本研究では、AE エネルギーとエネルギー解放率との関係を考察した。AE エネルギー  $E_{AE}$  は次式より算出した<sup>4)</sup>。

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

ここで、 $a_p$  : AE 信号振幅である。

## 4. 結果および考察

### 4.1 割裂破壊挙動の評価

図-2 に応力ひずみ曲線、図-3 に DICM による横ひずみ分布および SiGMA 解析結果を示す。供試体中心から  $0.45d$  ( $d$ : 供試体直径) 離れた荷重板付近において、荷重初期にひずみが顕著に大きくなることが明らかになった。荷重板付近で大きな圧縮応力分布が作用したためだと推察される。

### 4.2 AE エネルギーとエネルギー解放率との関係

画像解析結果より、ひび割れは供試体中心から  $0.25 \sim 0.30d$  離れた位置で発生することが確認された(図-3)。この位置では SiGMA 解析より引張りひび割れが卓越することが確認された。二値化処理の結果、最大荷重時のひび割れ幅は  $0.35 \text{ mm}$ 、ひび割れ長さは  $1.02 \text{ mm}$  だった。

図-4 に AE エネルギーとエネルギー解放率の関係を示す。エネルギー解放率が増加する  $0.5$  秒前に、最大振幅値  $80 \text{ dB}$  以上の AE 波が検出され(図-5 b)、AE エネルギーが急増することが明らかになった。供試体内部または画像解析では判別できないひび割れを AE 計測によって検出できたと考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、セメント改良土の割裂応力場における AE エネルギーとエネルギー解放率との関係を考察した。エネルギー解放率が増加する  $0.5$  秒前に、AE エネルギーが急増することが明らかになった。AE エネルギーはエネルギー解放率を推定する指標として有効だと考えられる。

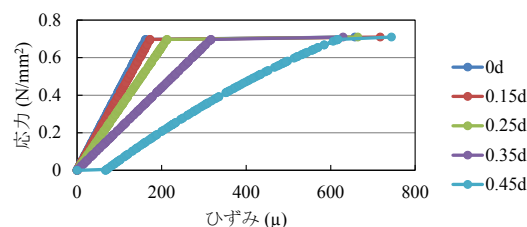


図-2 DICM で検出した応力ひずみ曲線

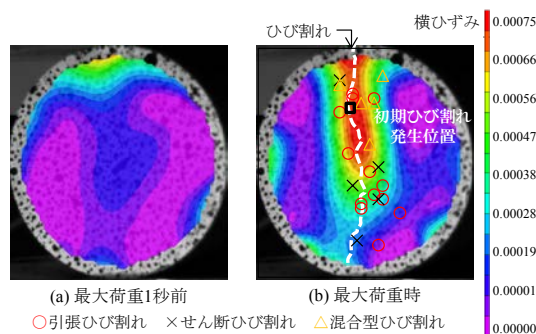


図-3 DICM による横ひずみ分布と SiGMA 解析結果

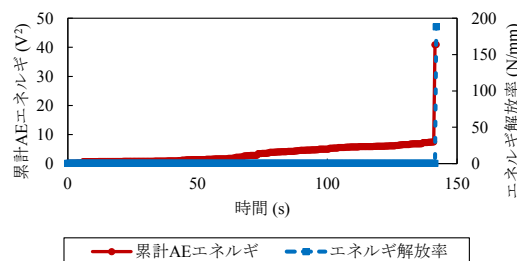
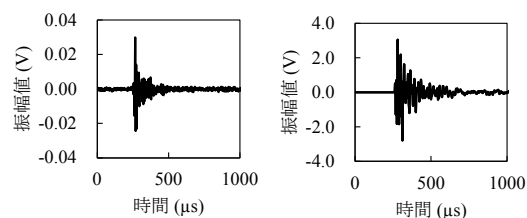


図-4 AE エネルギーとエネルギー解放率との関係



(a) 常時検出された AE (b) エネルギー急増時に検出された AE

図-5 検出された AE 波形の変化

### 参考文献

- 1) 石黒寛, 鈴木隆善 (2008) : 各種裏込めモルタルの破壊エネルギーおよび引張軟化曲線, 農業農村工学会論文集, 254 (76-2), 51-57.
- 2) 島本由麻, 永田瑞穂, 鈴木哲也 (2016) : AE エネルギー指標に基づく道路橋 RC 床版部の蓄積損傷の同定に関する研究, 農村道路研究部会報, 26, 23-27.
- 3) 東郷敬一郎 (2013) : 材料強度解析学, 内田老鶴圃, 77-97.
- 4) 日本非破壊検査協会 (2008) : アコースティック・エミッション II, 日本非破壊検査協会, 60-61.