

# コンクリート・コアの破壊挙動モニタリングに基づく定量的損傷度評価に関する研究 Quantitative Damage Evaluation of Concrete by Fracture Process Monitoring in Core Test

○ 鈴木直也\* 鈴木哲也\* 本田充\* 青木正雄\* 大津政康\*\*

Naoya SUZUKI, Tetsuya SUZUKI, Mitsuru HONDA, Masao AOKI and Masayasu OHTSU

## 1. はじめに

近年、農業水利構造物の長寿命化が求められることに伴い、コンクリート損傷の定量化技術の開発が急務な課題となっている。筆者らは、圧縮強度試験に AE 計測を導入し、コア供試体の破壊過程モニタリングに基づく定量的損傷度評価法を開発している<sup>1),2),3)</sup>。現在までに実験室内で人工劣化させた供試体（水中凍結融解処理，促進中性化処理，ASR）に加えて，既設橋梁などの構造体コンクリートにおいて，損傷の進行と圧縮破壊挙動との有意な関係を確認している。

本報では，構造体コンクリートを対象に，圧縮破壊過程の AE 発生挙動からコンクリート損傷の定量的評価を試みた結果を報告する。

## 2. 計測対象・方法

構造体コンクリートの採取は，神奈川県海老名市に立地する既設コンクリート開渠と鉄道との横断部で行った。対象構造物は，昭和 9 年に施工され，27 年後の昭和 36 年に改修されている。

AE 計測は，コア供試体中央部に AE センサを設置し，単純載荷および繰返し載荷による圧縮破壊挙動をモニタリングした。供試体の上下面にはシリコングリースを塗布し，テフロンシートを挿入することによって摩擦により発生する AE を低減させた。AE センサは，広域帯型（共振周波数：約 1 MHz）を使用した。検出された AE 信号は，プリアンプ 40dB，メインアンプ 20dB の計 60dB で増幅した。AE 発生数の計測には，しきい値を 42 dB に設定し，不感時間

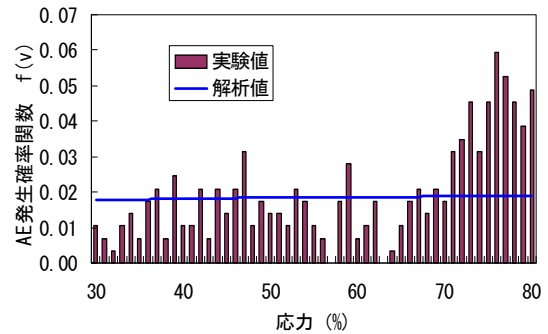


図 1 AE 発生確率関数と応力レベルの関係  
(構造体コンクリート)

は 2msec とした。AE 計測結果は，AE 発生確率関数<sup>1)</sup>および Calm 比<sup>2)</sup>を用いて損傷度を解析的に評価した。

## 3. 結果および考察

### 3.1 AE 発生確率関数と応力レベルの関係

衝撃荷重の影響を受けていない部位（計測値から 30m 下流区間）から採取したコア供試体を用いて単純載荷での AE 発生挙動を評価した。

AE 発生確率関数  $f(V)$  と応力レベルの関係を図 1 に示す。AE 発生確率関数とは，一軸圧縮下での AE 発生挙動をレートプロセス理論による定式化により圧縮破壊挙動を評価する指標である。

AE 発生確率関数  $f(V)$  は，コア供試体により異なっており，水流の影響を受けた構造体コンクリートでは，応力レベル 30%～50% の段階で AE の頻発が確認され，衝撃荷重が影響しない場合においても水流による磨耗の影響により材質劣化が進行することが本試験結果から示唆された。

\* 日本大学生物資源科学部 Nihon Univ. College of Bioresource Sciences, Dept. of Bioenvironmental and Agricultural Engineering

\*\* 熊本大学大学院自然科学研究科 Kumamoto Univ. Graduate School of Science and Technology

キーワード 構造体コンクリート，AE，損傷力学，AE パラメータ

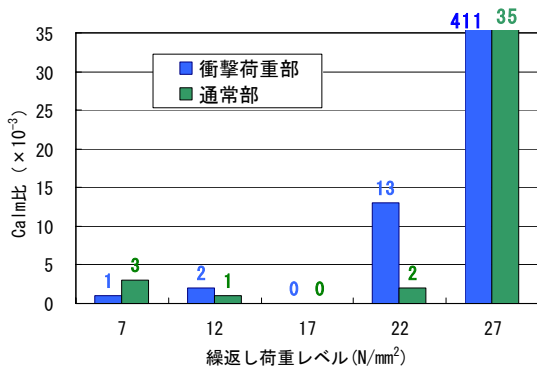


図2 荷重条件の異なる構造体コンクリートでの Calm 比の比較

### 3.2 Calm 比によるコンクリート破壊挙動評価

コンクリートに代表される多孔質材料の破壊挙動は、終局時までには各種の破壊段階が存在する。AE 法による損傷度の定量的評価指標として、除荷時の AE 発生挙動に着目した Calm 比 (Ratio of cumulative AE activity under unloading to that of previous maximum loading cycle)が提案されている。Calm 比とは、除荷時の AE 発生頻度を履歴サイクル中に計数された AE ヒット数で除したものである。

本研究では、Calm 比を用いて既往荷履歴の異なる供試体の破壊挙動を繰返し荷重試験により評価した。

検討結果を図2に示す。供試したコンクリートは、衝撃荷重（鉄道）を常時受けている側壁部（以後、“衝撃荷重部”と記す）と土圧のみを受けている側壁部（以後、“通常部”と記す）である。圧縮強度は、通常部  $26.8 \text{ N/mm}^2$  に対して、衝撃荷重部  $25.9 \text{ N/mm}^2$  であり、圧縮強度の相違は 3% ( $25.9/26.8=0.97$ ) である。

試験の結果、荷重初期の繰返し荷重レベル  $12 \text{ N/mm}^2$  までは Calm 比が  $1.0 \times 10^{-3} \sim 3.0 \times 10^{-3}$  であり、除荷時 AE の頻発は確認されなかった。 $17 \text{ N/mm}^2$  では、通常部と衝撃荷重部では共に除荷時の AE は確認されなかったが、 $17 \text{ N/mm}^2$  以上の荷重レベルでは、

衝撃荷重部において Calm 比の急増が確認された。本試験は、少数の供試体による検討結果であることから、確定的な議論は困難であるが、圧縮強度がほぼ同一だとしても、既往荷履歴の相違により荷重試験時の AE 発生挙動は異なるものと推察される。通常部では、最大荷重の 81% 程度 ( $=22 \text{ N/mm}^2/27 \text{ N/mm}^2$ ) までは構造材としての安定性を確保できるが、衝撃荷重部では 65% 程度 ( $=17 \text{ N/mm}^2/26 \text{ N/mm}^2$ ) で除荷時においてもクラックが進展しているものと考えられる。

以上の結果から、供試した構造体コンクリートでは、AE パラメータである Calm 比を用いた除荷時の AE 発生特性から、既往荷履歴の相違による損傷蓄積が破壊挙動に影響していることが示唆されたものと考えられる。

### 4. 結論

本研究では、AE 計測を一軸圧縮試験に応用し、構造体コンクリートの定量的損傷度評価を試みた。その結果、圧縮応力下での AE 発生挙動は、コンクリート破壊挙動と物性値との緊密な関係が示唆された。AE 発生挙動の定量的評価には、AE レートプロセス解析による AE 発生確率関数  $f(V)$  と応力レベルの関係や除荷時の指標である Calm 比の有効性が明らかになった。

### 引用文献

- 1) Suzuki, T. et.al: Relative Damage Evaluation of Concrete in a Road Bridge by AE Rate-Process Analysis, Materials and Structures, Vol.40 (2), pp.221-227, 2007.
- 2) Suzuki, T. et.al: Damage Identification of a Concrete Water Channel in Service by AE, Advances in AE, pp.46-47, 2007.
- 3) 鈴木哲也 他: 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 E Vol.62 No.1, 95-106, 2006.