

### 3次元画像解析による圧縮応力場のコンクリート変形挙動の詳細評価

日本サミコン株式会社 非会員 ○ 西田浩之  
日本サミコン株式会社 非会員 飯塚一成  
新潟大学大学院自然科学研究科 学生会員 柴野一真  
新潟大学自然科学系（農学部） 正会員 鈴木哲也

#### 1. はじめに

コンクリートの損傷度評価において、コンクリートの破壊特性を明らかにする必要がある。本研究では、既存施設より採取したコンクリートを対象にデジタル画像相関法（DICM）を導入した圧縮強度試験を行い、損傷度評価を試みた実証的検討結果を報告する。

#### 2. 実験方法

##### 2.1. 供試体

コンクリートコアはRC構造の道路擁壁（1973年竣工）から8本採取した。目視観察では、擁壁断面にひび割れ、断面欠損および浮きが確認された。採取したコンクリートコアは、動弾性係数を求めるため超音波速度試験を行った。

##### 2.2. AEとDICMを導入した圧縮強度試験

圧縮強度試験では、ひび割れ挙動を検出するためAcoustic Emission（AE）計測を導入した（図-1）。AE計測装置はSAMOS（PAC社製）である。コンクリートコアの側面部に150 kHz共振型AEセンサを設置した。荷重はロードセルにより記録し、ひずみは円周方向および軸方向のひずみゲージにより測定した。AEの計測条件として、増幅値は合計60 dB、検出波の周波数は5~400 kHz、閾値は42 dBおよびサンプリング周波数は1 MHzとした。

圧縮荷重過程のコンクリートコアの変形挙動を面的に捉える目的でDICMを用いた。本手法は、計測面に塗布したランダムパターンの移動量をCCDカメラで撮影し、デジタル画像中の画素群の移動から変位量を算出するものである（図-2）。CCDカメラは、GS3-U3-60S6M-C（Point Gray社製）を使用した。解像度は2,736×2,192 pixelである。画素サイズは4.54×4.54 μmである。シャッター速度は12~15

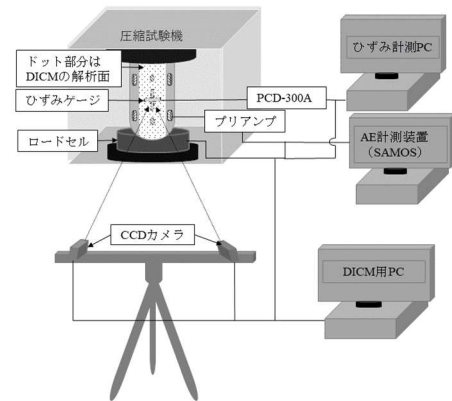


図-1 AEとDICMを導入した圧縮強度試験

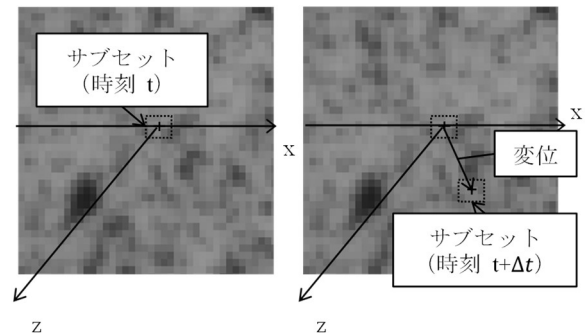


図-2 DICMにおける変位

msである。サンプリング周波数は10 Hzである。

#### 3. 解析方法

##### 3.1. AEエネルギー指標による損傷度評価

筆者らは、圧縮荷重過程におけるAEエネルギーの特性を用いたコンクリートの損傷度評価を行っている。AEエネルギーは破壊の規模を示す指標である。ダブルログスティック曲線により同定された累積AEエネルギー発生頻度割合  $F_d(U)$ の変曲点までのひずみエネルギーレベル  $\eta$ と損傷度を示す動弾性係数の相関が確認されている<sup>2)</sup>。 $\eta$ は値が小さいと損傷を示し、大きいと無損傷を示す。 $\eta$ はひび割れ発生までの耐力と考えられる。

### 3.2. DICMによる供試体表面変形挙動の評価

DICMにより算出された最大主ひずみの解析面における平均値を用いて損傷度評価を行った。最大主ひずみの平均値とひずみエネルギー  $U$  の関係は以下の式により近似され、初期の傾き、すなわちひずみエネルギー 0 における一階微分を損傷度指標とした。

$$f(U) = ae^{bU} \quad (1)$$

$$f'(0) = ab \quad (2)$$

ここで、 $a$ は全体のスケールに関する係数、 $b$ は勾配に関する係数である。

### 4. 結果および考察

図-3にDICMにより得られた最大主ひずみの平均値とひずみエネルギーの関係を示す。ひずみエネルギーが  $20 \text{ N}\cdot\text{m}$  を下回る Sample 5 は最大応力時における最大主ひずみの平均値は最大であり、表面変形は顕在化することが確認された。このことから、Sample 5 は脆性化したサンプルであると考えられる。ひずみエネルギーが  $45 \text{ N}\cdot\text{m}$  以上の Sample 7 および 8 は最大応力時における最大主ひずみの平均値がそれぞれ 8 サンプル中 6 位と 7 位であった。Sample 7 および 8 の表面変形は载荷全体で緩やかな傾向であったことから、健全なサンプルであると考えられる。

図-4にDICMにより得られた最大主ひずみの初期の傾き  $f'(0)$  とダブルロジスティック曲線により算出した  $\eta$  の関係を示す。ひずみエネルギーが  $20 \text{ N}\cdot\text{m}$  以下のサンプル 5 を除いて、5%水準で相関が確認された(図-4(a))。全サンプルでの関係では、 $R^2$  が 0.517 であり、相関は確認されなかった(図-4(b))。Sample 5 は極度に脆性化したサンプルであり、AE エネルギーの放出特性が他サンプルと異なっていたためと推察される。

### 5. おわりに

本研究では、圧縮载荷過程における DICM によるコンクリートの変形挙動から得られた指標により損傷度評価を試みた。その結果、解析面全体における最大主ひずみの平均値の初期の傾きを用いることで、コンクリート損傷を定量評価できることが示唆された。

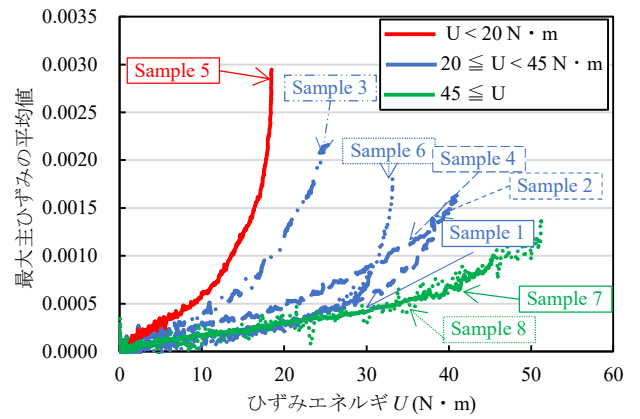
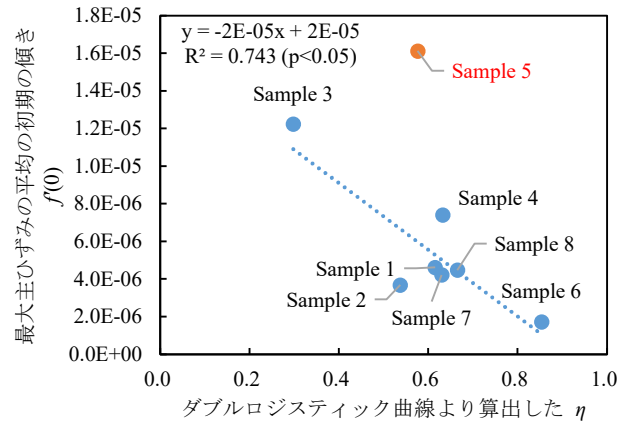
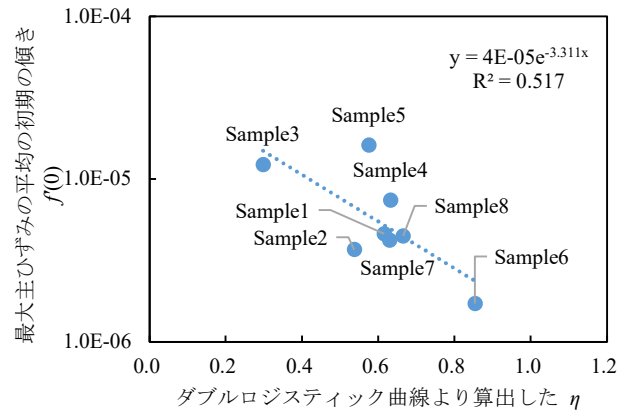


図-3 最大主ひずみの平均値とひずみエネルギー  $U$  の関係



(a) Sample 5 を除いた 7 サンプルでの比較



(b) 全サンプルでの比較

図-4 最大主ひずみの平均値の初期の傾き  $f'(0)$  とダブルロジスティック曲線より算出した  $\eta$  の関係

### 参考文献

- 1) Sutton, M.A., Orteu, J.J. and Schreier, H.W.: Image Correlation for Shape, Motion and Deformation Measurements: Basic Concepts, Theory and Applications, Springer, pp. 81-88, 2009.
- 2) 柴野一真, Nadezhda Morozova, 島本由麻, 鈴木哲也: AE ダブルロジスティック解析によるコンクリートの損傷度評価に関する実験的研究(投稿中)