

デジタル画像相関法により算出した DEF が生じたコンクリートの表面ひずみ分布の特徴

太平洋セメント(株) 正会員 ○ 内田 雅隆 落合 昂雄 小池 耕太郎 早野 博幸
 東京大学大学院 正会員 高橋 佑弥

1. はじめに

Delayed Ettringite Formation (以下, DEF) はコンクリートの膨張による劣化現象である。コンクリートに生じる劣化過程の特徴的なひずみ分布を捉えることで劣化要因の推定を行うことを目的に, デジタル画像相関法 (以下, DICM) を用いて DEF が生じたコンクリート表面のひずみ分布を算出しその特徴を評価した。また, DEF はアルカリシリカ反応 (以下, ASR) と似たひび割れ発生形状を示すため, 両作用のひずみ発生状況を比較し, 考察した。

2. 実験概要

使用材料を表-1, コンクリート配合を表-2に示す。コンクリートには DEF を生じさせるため, K_2SO_4 を SO_3 換算で 2.0% 追加となるように添加した。

試験体概要を図-1に示す。形状は $400 \times 400 \times 50$ mm の平板とし, 無筋試験体 (以下, 無筋) と D16 の鉄筋 2 本を平行に配筋し。鉄筋比は 2.0% とした試験体 (以下, D16) を用い, かぶり厚さは 15mm とした。養生方法は, 成形後に前置き 2 時間, $20^\circ C/h$ で最大 $90^\circ C$ となるように蒸気養生を行った後, 材齢 3 日で脱型し, $20^\circ C$ 水中養生を行った。また, 試験体側面にはコンタクトゲージ測定用チップ (基長: 250 mm) を固定し, コンタクトゲージにより試験体側面の長さ変化率も併せて測定した。

既報りと同様に, 測定面のデジタル画像を取得し, 表面ひずみ分布を測定した。画像の取得は, ラインセンサタイプ全視野ひずみ計測装置を使用した。本装置はラインセンサを用いるためレンズの収差がなく,

表-1 使用材料

材料	産地/銘柄	記号	概要
水	上水道水	W	—
セメント	早強ポルトランドセメント	C	密度: $3.14 g/cm^3$
細骨材	山砂	S	表乾密度: $2.57 g/cm^3$ 吸水率: 1.74%
粗骨材	碎石	G	表乾密度: $2.64 g/cm^3$ 吸水率: 0.56%
試薬	硫酸カリウム	K_2SO_4	特級試薬

表-2 コンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)				
		W	C	S	G	K_2SO_4
50	45.3	170	340	817	1015	15.4

高精細な画像を取得できる。ひずみ分布は DICM により求めた。

本手法は,

変形前後の測定対象物表面のデジタル画像を数値解析し, 解析範囲内の任意の位置の変位やひずみを求めることができる。測定面に輝度値の分布を持たせるため, 前処理として, 黒色, 灰色, 白色のスプレーを水分移動に影響がないように霧状に薄く拭きつけ, 画像の取得は, 水中養生 1, 3, 8 週に行った。

3. 試験結果

3.1 試験体の長さ変化

図-2にコンタクトゲージにより測定した長さ変化率を示す。水中養生 8 週では無筋は 1060μ 程度, D16 では 870μ 程度の膨張を示し, 両試験体ともに DEF と想定される膨張を示しており, D16 では配筋による膨張量の低減が確認できる。

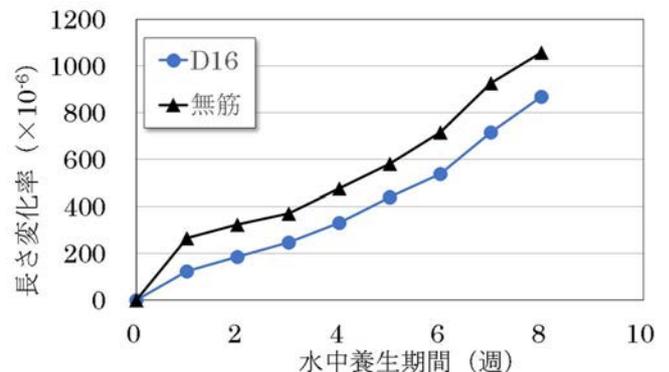


図-2 長さ変化率測定結果

3.2 最大主ひずみ分布の進展

図-3に DICM により算出した最大主ひずみ分布を示す。水中養生 1 週では大きな変化はないが, 3 週で

キーワード: デジタル画像相関法, DEF, 鉄筋拘束, 面的ひずみ分布

連絡先: 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL: 043-498-3902

は全体的に膨張が進行し始めている傾向にあった。8週ではさらに膨張傾向を示し、DEF が進行していることがわかる。無筋では測定面全体にひずみの集中域が分布しているのに対し、D16 では鉄筋上にひずみの集中域が確認され、鉄筋による拘束効果を評価できていることがわかる。

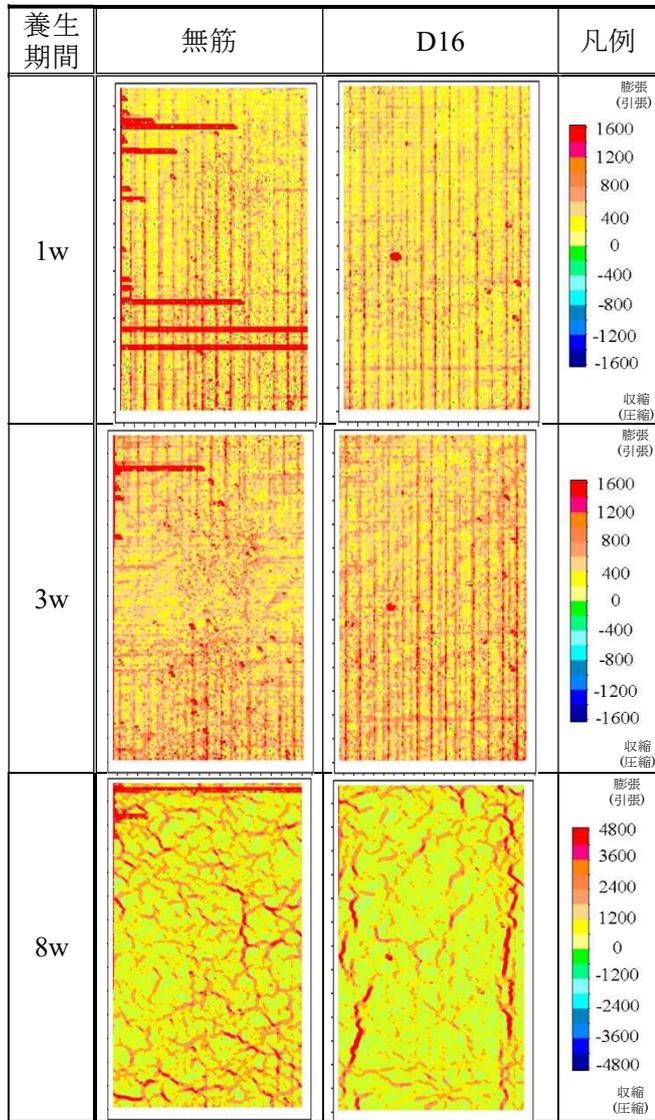


図-3 最大主ひずみ分布 (DICM)

3.3 DEF と ASR によるひずみ分布の比較

図-4 に無筋での ASR¹⁾ と DEF による表面ひずみ分布を示す。コンタクトゲージにより測定した長さ変化率は ASR では 600 μ 程度、DEF では 1060 μ 程度である。最大主ひずみ分布 (E1) は、両試験体ともに亀甲状のひずみ集中域が生じ、その領域に挟まれた部分も膨張傾向を示している。一方で、水平方向のひずみ (Ex)、垂直方向のひずみ (Ey) を確認すると、DEF ではひずみ集中域に挟まれた領域は膨張を示しているのに対し、ASR ではひずみの集中域に挟まれた領域では、収縮傾向を示している。さらに DEF の

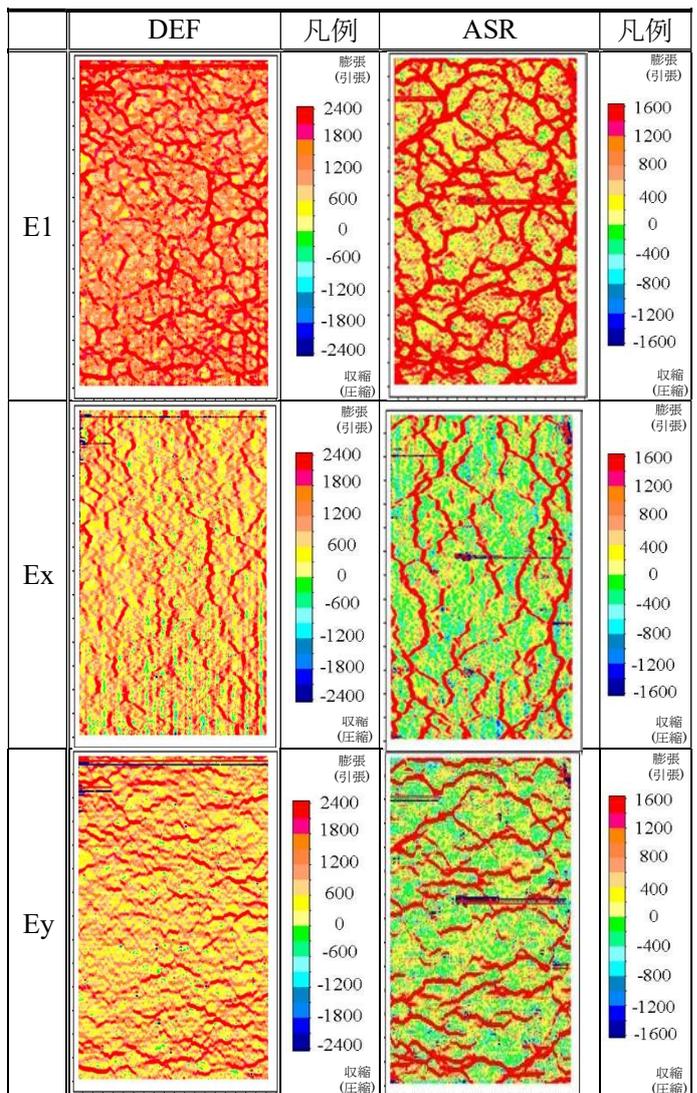


図-4 ASR と DEF のひずみ分布の比較

方がひずみの集中域の間隔が狭い傾向にあった。これは、DEF はモルタルが膨張するのに対し本検討での ASR は粗骨材の膨張に起因しているため、膨張メカニズムの相違によることが考えられる。このことから、一軸のひずみ分布に着目することで ASR と DEF を識別できる可能性がある。

4. まとめ

本検討で得られた知見を以下に示す。

- 1) DICM により、DEF に生じる表面ひずみ分布の特徴と鉄筋による拘束効果を確認した。
- 2) ASR と DEF のひずみ分布を比較した結果、E1 に明確な傾向は確認できなかった。一方で Ex, Ey の違いを確認したことから、一軸のひずみ分布に着目することで識別できる可能性がある。

参考文献 1) 落合ほか：鉄筋拘束を受ける ASR での画像相関法による表面ひずみ分布評価，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.75，2020