# 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

太平洋セメント(株)	正会員	$\bigcirc$	落合	昂雄	小池	耕太郎	早野	博幸
東京大学大学院	正会員		田口	遼	高橋	佑弥		

# 1. はじめに

アルカリシリカ反応(以下, ASR)が生じたコンク リート構造物では,拘束方向に沿ったひび割れが発 生することが知られている.既報<sup>1)</sup>では無筋試験体を 用いて ASR の進展をデジタル画像相関法(以下, DICM)で定量評価したが,拘束を受ける実構造物で の挙動とは異なる.本研究では,拘束条件下でのコン クリート表面の面的ひずみ分布を DICM で可視化お よび定量評価し,ASR の顕在化からひび割れに至る までの膨張挙動とひずみ分布との関係を評価した.

#### 2. 実験概要

# 2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1,コンクリートの配合を表-2に示す. 本実験では、ASR を評価対象とし、セメント由来のア ルカリ量を含め、Na<sub>2</sub>Oeq が 8.6kg/m<sup>3</sup>となるよう NaOH 試薬を練混水に添加した.なお、単位水量は 170 kg/m<sup>3</sup>, W/C は 50 %とし、標準養生 28 日の圧縮強度は 31.5 N/mm<sup>2</sup>、静弾性係数は 28.3 kN/mm<sup>2</sup>であった.

# 2.2 試験体概要および測定方法

試験体概要を図-1 に示す. 試験体は 400×400×50 mm の平板とし, D10 および D16 の各 2 本を平行に配筋し た. 鉄筋比は 0.7 %および 2.0 %であり, かぶり厚さは 15 mm とした. なお, 比較として無筋試験体を作製し た. 試験体は材齢 3 日で脱型し, 材齢 7 日まで湿布養 生した後, 40℃\_95 % R.H.以上の環境で貯蔵した.また, 試験体側面にはコンタクトゲージ測定用チップ(検 長:250 mm)を固定した.

既報<sup>1)</sup>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, 高精細 な画像を取得できる.なお, 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

衣-1 試駛体做安								
材料	産地/銘柄	記号	概要					
水	上水道水	W	_					
セメント	普通ポルトランド	C	密度: 3.16g/cm <sup>3</sup>					
	セメント	C	Na <sub>2</sub> Oeq : 0.54 %					
細骨材		c	表乾密度: 2.57 g/cm <sup>3</sup>					
		5	吸水率:1.74%,					
粗骨材			表乾密度: 2.65 g/cm <sup>3</sup>					
	反応性骨材	G	吸水率:1.60%					
			化学法:無害でない					
試薬	水酸化ナトリウム	NaOH	特級試薬					

# 表-2 コンクリート配合





ように霧状に薄く拭きつけた.なお,画像の取得は促進 期間 0, 3, 5, 7週および9週に実施した.

# 3. 試験結果

#### 3. 1 鉄筋拘束下における膨張ひずみの変化

コンタクトゲージ法で計測した膨張ひずみを図-2 に 示す.なお,本結果は,試験体側面で計測した膨張ひず みの平均値を示している.膨張挙動を確認すると,無筋 が最も大きく,次いで D10, D16 の順に膨張ひずみが小 さく,鉄筋径の相違による拘束の影響が確認できる.

#### 3. 2 DICM による試験体表面のひずみ分布

DICM により算出した促進 3 週および 7 週の最大主 ひずみ分布を図-3 に示す. 促進 3 週では, 1000 μ 程度 の最大主ひずみの集中領域が試験面に点在し, D10 お よび D16 では鉄筋上の一部に直線的に分布するひずみ の集中領域が認められ, D16 で顕著であった. 促進 7 週

キーワード:デジタル画像相関法,アルカリシリカ反応,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㈱ 中央研究所 TEL:043-498-3902



にかけて,鉄筋に沿って集中領域が拡大するとともに, D10 および D16 の鉄筋上の一部に 0.05 mm 程度のひび 割れが認められた.また,D10 での図-3 破線部(水平方 向)のひずみを抽出(図-4)して確認すると,鉄筋位置上に 見掛けのひずみが過大に集中しており,この傾向から も拘束を受ける ASR のひび割れ発生傾向と整合する. なお,促進7週では,鉄筋上以外にも亀甲状のひずみ集 中領域が形成され,ASR 膨張の進行が確認できる.

# 3.3 表面ひずみ分布と膨張量の関係

促進 3 週および 7 週における最大主ひずみの度数分 布から 1000~5000 μ の範囲を抽出し,図-5 に示す.促 進 3 週では,1000~2000 μ の最大主ひずみが最も多く 分布し,膨張初期でも試験面の6%程度を占める.また, 促進 7 週にかけて各領域で度数が増加したが,特に1000 ~2000 μ で顕著であった.

そこで,試験面に発生した 1000 μ以上の最大主ひず みが試験面全体に占める割合と,コンタクトゲージで 測定した膨張ひずみとの関係を図-6 に示す.鉄筋の拘 束条件に関わらず,膨張ひずみとの間には高い相関関 係が認められた.この傾向は,最大主ひずみ分布が拘束



図-6 最大主ひずみと ASR 膨張との関係

条件下での膨張挙動の特徴を内包することが考えられ、 コンクリート表面の最大主ひずみ分布に基づき、ASR 膨張を推定できる可能性が示唆される.

#### 4. まとめ

反応性骨材を用いて鉄筋拘束を受ける平板試験体を 作製し,膨張挙動をデジタル画像相関法により定量評 価した.その結果,得られた知見を以下に示す.

- (1) 最大主ひずみ分布の変化から、促進3週から鉄筋 上を中心に引張ひずみが集中しはじめ、その後に 試験面全体に亀甲状にひずみが集中する傾向を確 認した。
- (2) 1000 µ以上の最大主ひずみには、コンタクトゲージ法で測定した膨張ひずみとの間に高い相関関係が認められた.

#### 参考文献

 落合ほか:デジタル画像相関法による ASR 膨張の面的ひ ずみ分布評価,土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.74, 2019