

神戸大学 学生会員 ○西野康弘
 神戸大学大学院 正会員 三木朋広

1. はじめに

アルカリ骨材反応，特にアルカリシリカ反応（ASR）が進行している構造物の補修・補強設計においては，構造部材の性能評価のために従来の算定式や評価方法をそのまま用いることができないため，非線形解析などの高度な評価手法を用いる．この非線形解析には，応力-ひずみ関係，引張軟化特性，破壊エネルギーなどの材料構成則が必要となる．一方，ASRが生じているコンクリート（ASR コンクリート）の力学的特性や破壊現象については不明な点が多い．本研究では，ASR コンクリートの材料構成則を明らかにする最初の段階として，ASR に帰因する膨張（ASR 膨張）がコンクリートに与える影響を破壊現象面から評価することを目的とした．具体的には，ASR コンクリートの直方体供試体を用いた圧縮試験を行い，供試体表面にあらかじめ取り付けられたターゲットを観測し，供試体表面に生じる最大主ひずみ，最小主ひずみをそれぞれ画像解析によって求めた．ASR 膨張によって生じたひび割れ（ASR ひび割れ）と荷重によって生じるひび割れの関係から，ASR コンクリートの圧縮破壊挙動について考察する．

2. 実験概要

本実験で用いた供試体は，断面 $100\text{mm}\times 100\text{mm}$ ，高さ 370mm の直方体である．供試体側面にターゲットとして円形シールを格子状に貼り付けた．シールは合計 85（ 17×5 ）個で，配置間隔は縦横ともに 20mm である．したがって， $320\text{mm}\times 80\text{mm}$ の長方形領域ができあがる．この領域を対象に画像解析を行った．試験には荷重制御型の 2000kN 万能試験機を用いて，荷重の軟化領域で繰返し荷重を行った．測定項目は，供試体に作用する荷重，供試体変位の 2 項目である．また，画像解析のために供試体表面に貼り付けたターゲットをデジタルカメラを用いて撮影した．荷重風景を図-1 に示す．

3. 実験結果と考察

まず，本研究で用いた ASR コンクリートの強度試験結果を表-1 に示す．久保ら¹⁾の研究では，ASR コンクリートの圧縮強度は健全なコンクリートのそれとあまり変わらないが，静弾性係数は膨張量 1000μ 程度で約 60%程度まで低下することが示されている．ここで対象とした ASR コンクリートと同程度の圧縮強度を有する健全なコンクリートでは，静弾性係数が $2.5\times 10^4\sim 3.5\times 10^4\text{N/mm}^2$ であることを考慮すると，本研究で用いた ASR コンクリートの膨張量は 1000μ 程度まで達していない状態であることが考えられる．

図-2 は供試体の荷重-平均ひずみ関係である．プレピーク，100%荷重，79%荷重，41%荷重の 4 点（図中の赤印）において画像解析を行った．図-2 から弾性係数は $9.6\times 10^3\text{N/mm}^2$ と算出でき，表-1 のものとは異なるが，この差は供試体高さに

表-1 強度試験結果（ASR コンクリート）

| | |
|-------|-------------------------------|
| 圧縮強度 | 31.6N/mm^2 |
| 静弾性係数 | $2.8\times 10^4\text{N/mm}^2$ |

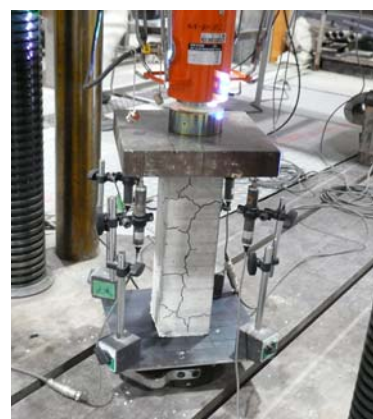


図-1 荷重風景

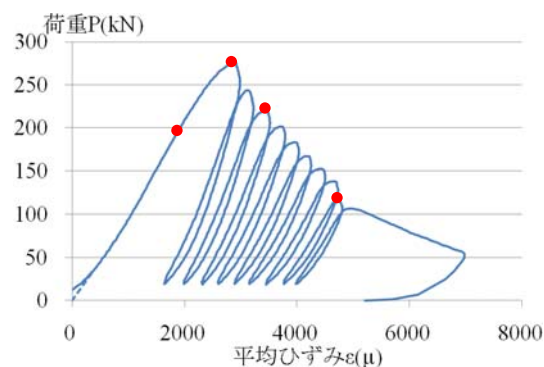


図-2 荷重-変位関係

よるものだと考えられる。

図-3 は、画像解析により、载荷前の供試体を基準にして算出した供試体表面における最小主ひずみ分布である。まず、主ひずみ分布の見方について説明する。カラーゲージはひずみの程度を表し、正の値が引張を、負の値が圧縮を示す。同図中には、供試体写真は载荷前のもので破壊後のものを示しており、黒線は ASR ひび割れを、青線は载荷によるひび割れを表す。プレピークにおける最小主ひずみ分布を見ると、部材軸直交方向に生じた ASR ひび割れ周辺に局所的に大きな圧縮ひずみが生じていることが確認できる。次に、各荷重段階の挙動を詳細に見ていく。図-4 は、供試体表面における増分ひずみを示したものである。図-4 より、部材軸直交方向に生じた ASR ひび割れ周辺に先に圧縮ひずみが生じ、その後、他の箇所にも圧縮ひずみが生じ始めることが確認できる。

図-5 は载荷前の供試体を基準にして算出した供試体表面における最大主ひずみ分布である。図-5 を見ると、部材軸方向に生じた ASR ひび割れが進展し、最終的に、ASR ひび割れが生じていない箇所が破壊に至ることがわかる。

図-6 は、プレピークにおける最小主ひずみの発生方向を示したものである。図-6 を見ると、部材軸直交方向に生じた ASR ひび割れ周辺の圧縮ひずみとそのひび割れの閉じる方向に生じていることがわかる。したがって、荷重初期段階から部材軸直交方向に生じた ASR ひび割れが閉じるため、ASR コンクリートは健全なコンクリートに比べて変形量が大きくなり、弾性係数が低下するものと考えられる。

4. まとめ

本研究で得た結論は以下の通りである。

- (1) 画像解析により、ASR コンクリート表面のひずみ分布を測定し、圧縮破壊挙動を評価できた。
- (2) ASR コンクリートを圧縮载荷すると、荷重初期段階から部材軸直交方向に生じた ASR ひび割れが閉じ始める。部材軸方向に生じた ASR ひび割れが進展し、最終的に、ASR ひび割れが生じていない箇所が破壊に至る。
- (3) 健全なコンクリートに比べ、ASR コンクリートは、同程度の圧縮強度を示しながらも弾性係数は著しく低下することを、画像解析から確認した。

参考文献

- 1) 久保善司, 上田隆雄, 黒田保, 野村倫一: アルカリ骨材反応による膨張がコンクリートの力学的特性に与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp. 1691-1696. 2006

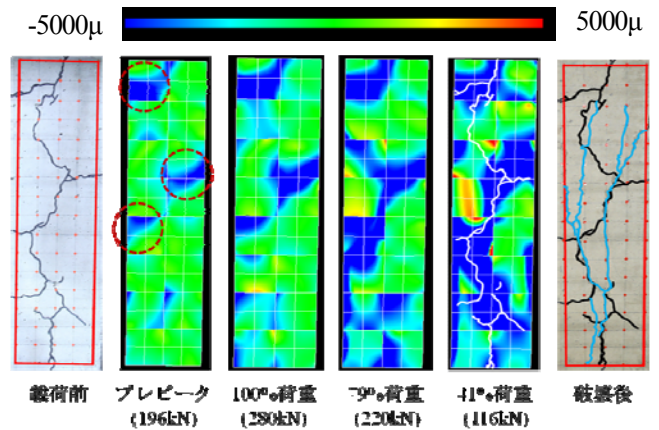


図-3 供試体表面における最小主ひずみ分布

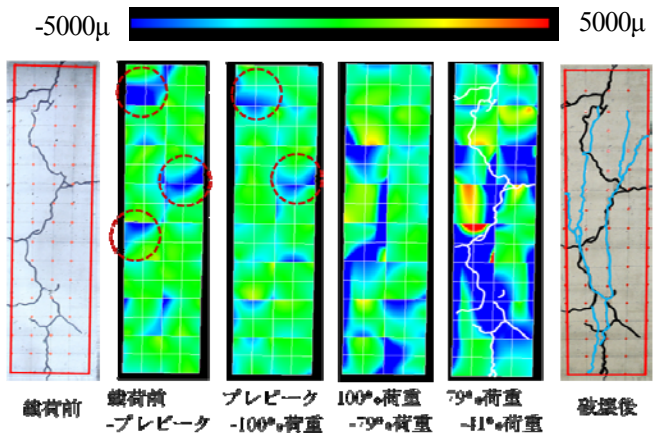


図-4 供試体表面における増分最小主ひずみ

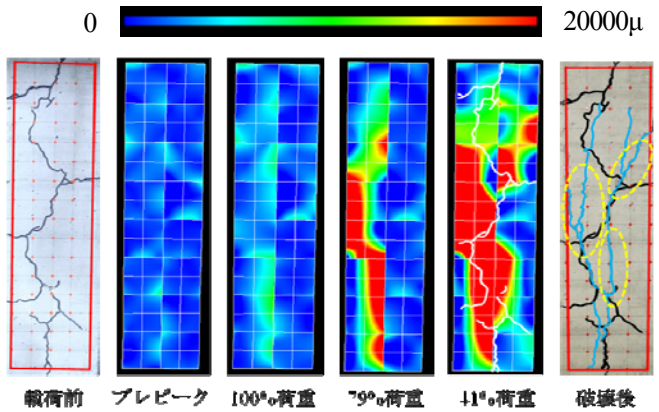


図-5 供試体表面における最大主ひずみ分布

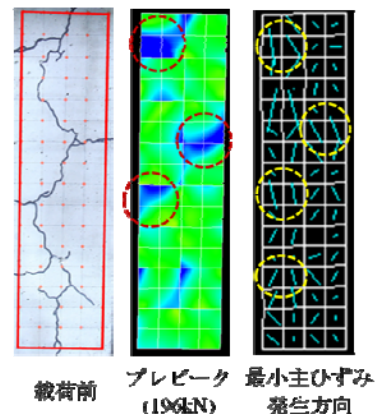


図-6 最小主ひずみ発生方向