

ASR によりひび割れが生じた PC 梁部材の曲げ載荷試験時における破壊形態

九州大学大学院 学生会員 ○阪井 峻 九州大学大学院 正会員 山本 大介
九州大学大学院 フェロー会員 濱田 秀則 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴
九州大学大学院 学生会員 田城 亨

1. はじめに

ASR 抑制対策が実施される以前に建設されたコンクリート構造物の場合には劣化現象が見られ、ASR 劣化した構造物を維持管理する必要がある。本研究では、PC 梁の上面のみから水分供給をすることで、防水層のない橋梁上部工の状態の一部を模擬した。そして、曲げ載荷試験時における、ASR によりひび割れが生じた PC 梁供試体の破壊形態について実験的に考察した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および供試体

セメントに普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ）、細骨材に石灰石砕砂（表乾密度 2.65g/cm^3 ）、粗骨材にペシマム現象を起こす反応性骨材（表乾密度 2.68g/cm^3 ）と非反応性骨材である石灰石碎石（表乾密度 2.70g/cm^3 ）を質量比 3 : 7 で用いた。水セメント比 $W/C=40\%$ とし、アルカリ総量を高めるため、 $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ が 8kg/m^3 となるよう、練混ぜ水に NaCl 試薬を添加した。供試体形状寸法（ $110 \times 210 \times 750\text{mm}$ ）を図-1 に示す。鋼製シースの内部に PC 鋼棒を中立軸より 35mm 下方に偏心させて配置し、材齢 28 日において、引張強度の 65% の 160kN の緊張力を与え、プレストレス（下縁 13.8N/mm^2 、上縁 0.4N/mm^2 ）を導入した。PC 鋼棒にはひずみゲージを貼付し、PC 鋼棒のひずみを測定した。また、膨張挙動をモニタリングするための基準用供試体として円柱供試体（ $\phi 100 \times 200\text{mm}$ ）を作製した。

2.2 ASR 促進方法

材齢 28 日まで 20°C で湿布養生した後、円柱供試体は $100\%\text{R.H.}$ で、PC 梁供試体は側面にエポキシ樹脂を塗布し、上面に水を湛水させる条件で、 40°C 環境下で促進養生を行った。材齢 28 日を膨張量の初期値 0μ とした。円柱供試体の膨張量が 0μ および 2000μ 時に PC 梁供試体の下面に変位計を設置し、曲げ載荷試験を行った。

2.3 デジタル画像相関法

解析範囲は図-1 中に示す PC 梁試験体の側面部

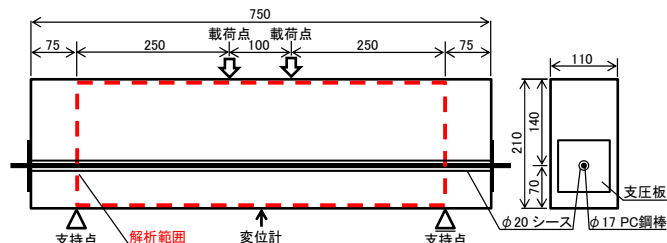


図-1 PC 梁供試体形状寸法

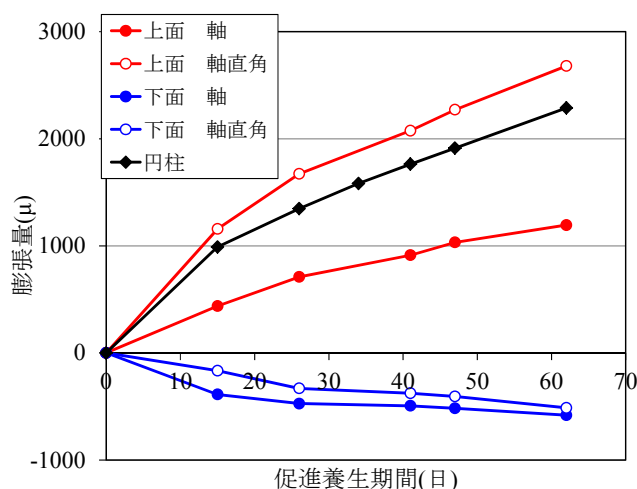


図-2 促進膨張試験結果

($210 \times 600\text{mm}$) とし、画像相関法におけるパターン認識を容易にするため、側面部に黒色塗料を吹き付けた。そして、 5kN 以下を初期と見なし、 25kN 増加させるごとに、コンクリート表面の画像をデジタルカメラ（ 2048 画素 $\times$ 2048 画素）で撮影した。実験終了後に 25kN ほどの画像を初期の画像と比較し、画像を解析することでひずみ分布を求めた。

3. 実験結果

3.1 促進膨張試験結果

図-2 に PC 梁供試体と円柱供試体の促進膨張試験の測定結果を示す。円柱供試体は促進養生 47 日で約 2000μ に達した。PC 梁供試体の上面はプレストレスの拘束により、軸直角方向の膨張が軸方向の膨張と比べて卓越し、軸直角方向の膨張量は軸方向の膨張量の 2.2 倍程度の値を示した。また、下面は乾燥およびクリープの影響

キーワード：ASR、プレストレストコンクリート、ひび割れ、曲げ載荷試験、デジタル画像相関法

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 TEL : 092-802-3387 FAX : 092-802-3387

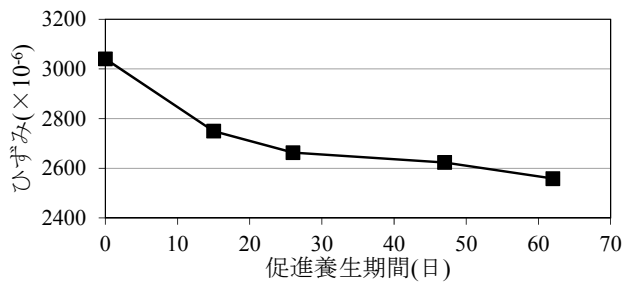


図-3 PC 鋼棒のひずみ変化

表-1 力学的性質の試験結果

	圧縮強度(N/mm ²)	弾性係数(kN/mm ²)
膨張量 0μ	48.8	37.7
膨張量 2000μ	39.6	20.8

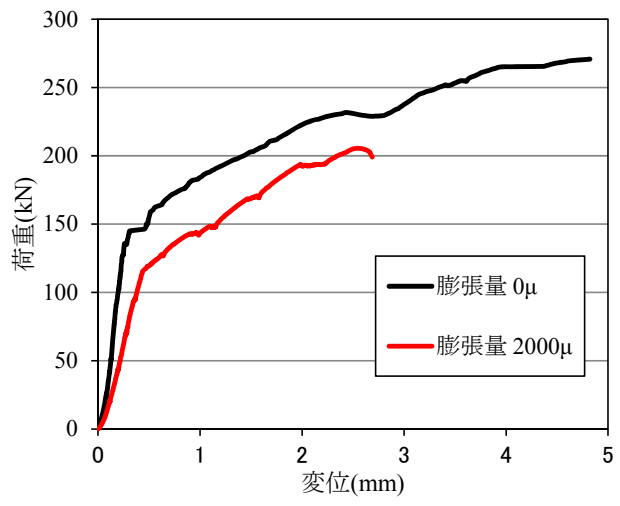


図-4 荷重-変位関係

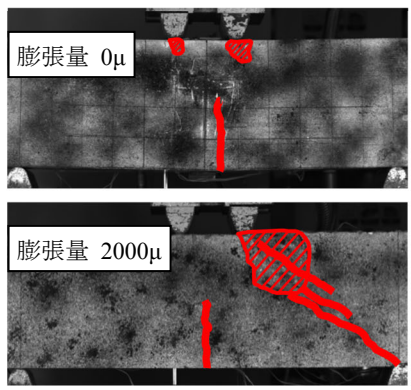


図-5 曲げ載荷試験時の破壊状況

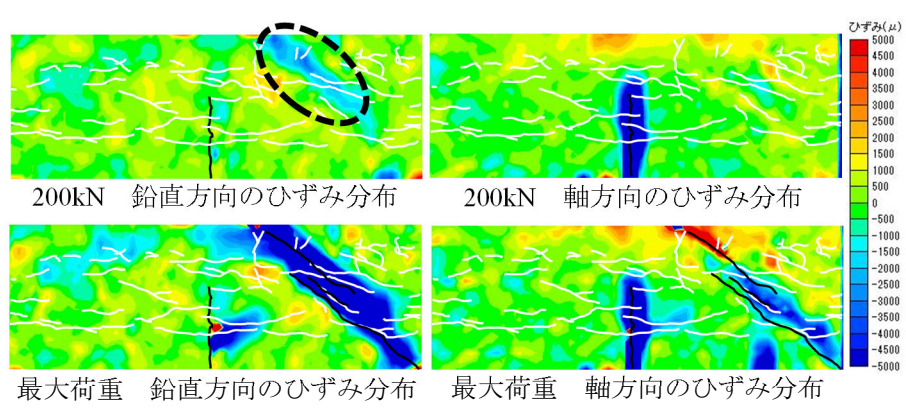


図-6 膨張量 2000 μ 時の鉛直方向のひずみと軸方向のひずみ分布

響によりどちらの方向も収縮する結果となった。

3.2 PC 鋼棒のひずみ変化および力学的性質の試験結果

図-3 に PC 鋼棒のひずみ変化を示す。図-3 より PC 鋼棒のひずみは低下する結果となった。これは ASR によりひび割れが生じたこと、またコンクリートの乾燥収縮およびクリープの影響によるものと考えられる。また、表-1 に示すように、円柱供試体の膨張量 0μ 時と 2000μ 時の圧縮強度および弾性係数を比較した結果、ASR によるひび割れの影響で圧縮強度は約 19%、弾性係数は約 45%低下した。

3.3 曲げ載荷試験結果

図-4 に曲げ載荷試験時の荷重-変位関係を、図-5 に破壊状況を示す。膨張量 0μ 時（促進養生期間 0 日）では、約 150kN で曲げひび割れが発生し、その後曲げ引張破壊した。膨張量 2000μ 時（促進養生期間 47 日）では、約 125kN で曲げひび割れが発生した。そして、最大荷重（207kN）で斜めひび割れが発生した後、載荷点付近が圧壊し、せん断圧縮破壊した。これはコンクリートの力学的性質が低下したため、せん断圧縮域の破壊が容易に生じたからだと考えられる。

図-6 に促進養生期間 47 日の PC 梁供試体の 200kN 時と最大荷重（207kN）時におけるデジタル画像相関法による鉛直方向のひずみと軸方向のひずみ分布を示す。また同図には、ASR によるひび割れ（白色）と目視観察による曲げ載荷試験によって生じたひび割れ（黒色）のスケッチを併記した。図-6 より、200kN 時の鉛直方向のひずみ分布の点線内にひずみの集中が確認でき、そして最大荷重時にはひずみの集中に沿った斜めひび割れが発生した。デジタル画像相関法によりひずみが大きい位置とひび割れの位置は一致していることが確認できた。

4. 結論

- (1) PC 梁供試体の上面はプレストレスの拘束により、軸直角方向の膨張が卓越し、下面は乾燥とクリープの影響により収縮する結果となった。
- (2) 曲げ引張破壊する PC 梁供試体は、促進養生期間 47 日において、ASR によるひび割れの影響でコンクリートの力学的性質が低下したため、せん断圧縮破壊する破壊形態の変化が確認された。