

## 持続圧縮応力下で ASR が生じるコンクリートの変形特性

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 学生会員 田城 亨 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

### 1. はじめに

ASR が生じているプレストレストコンクリート (PC) 構造物の構造性能を評価するためには、ASR の影響に加えて、プレストレスによるコンクリートのクリープ変形の影響も把握する必要がある。本研究では、ASR が生じたコンクリートのクリープ挙動に関する基礎的なデータを蓄積することを目的とし、クリープ試験機を用いて、ASR 膨張と圧縮クリープが同時に生じる場合での、コンクリートの変形特性について考察した。

### 2. 実験概要

#### 2.1 使用材料および供試体

水セメント比は 40%とした。セメントは普通ポルトランドセメント (密度  $3.16\text{g/cm}^3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  0.51%), 細骨材は石灰石砕砂 (表乾密度  $2.65\text{g/cm}^3$ , 吸水率 1.43%) を用いた。粗骨材はペシマム現象を起こす反応性骨材 (表乾密度  $2.54\text{g/cm}^3$ , 吸水率 1.50%) と非反応性骨材である石灰石砕石 (表乾密度  $2.70\text{g/cm}^3$ , 吸水率 1.43%) を質量比 3:7 で用いた。アルカリ総量を高めるため、 $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  が  $4\text{kg/m}^3$  となるよう、練混ぜ水に NaCl 試薬を添加した。

本研究では、角柱供試体 ( $100\times 100\times 400\text{mm}$ ) および円柱供試体 ( $\phi 100\times 200\text{mm}$ ) を作製した。また、比較用に、骨材に反応性骨材を用いずに石灰石のみを使用した角柱供試体 ( $100\times 100\times 400\text{mm}$ ) も作製した。供試体名は反応性骨材を使用した方は H40-R, 石灰石のみを使用した方は H40-N とした。

#### 2.2 クリープ試験

材齢 28 日まで湿布養生した後、供試体を 30 分間水中浸漬させた。その後、角柱供試体の側面に、载荷軸方向および载荷軸直角方向にひずみゲージ (検長 60mm) を 2 箇所ずつ貼付した後、ひずみの初期値を測定し、アルミテープで覆い、封緘した。封緘後、角柱供試体を写真-1 に示すように、クリープ試験機に設置した。油圧ジャッキを用い、導入応力を  $10\text{N/mm}^2$  および  $5\text{N/mm}^2$  (圧縮強度の約 20% および約 10%) として载荷した。载荷期間中はロードセルにて計測している荷重が目標荷重の  $\pm 2\%$  以内になるよう調整した。しかし、载荷開始日から 48 日経過しても膨張挙動を示さなかったため、48 日目にアルミテープを取りやめ、水ラッピング (水を染み込ませた不織布によって供試体を包む方法) を行った。また、全ひずみから弾性ひずみを差し引き、クリープひずみの算出を行った。つまり、H40-R のクリープひずみは ASR 膨張と圧縮クリープが同時に生じた場合のひずみとなる。

### 3. 実験結果

#### 3.1 自由膨張量および力学的性質の測定結果

図-1 に自由膨張用の角柱供試体の膨張量の経時変化を示す。なお、横軸の期間 0 日はクリープ载荷を開始した日、すなわち材齢 28 日とした。また、供試体の軸方向を縦方向、軸直角方向を横方向と定義した。図-1 より、48

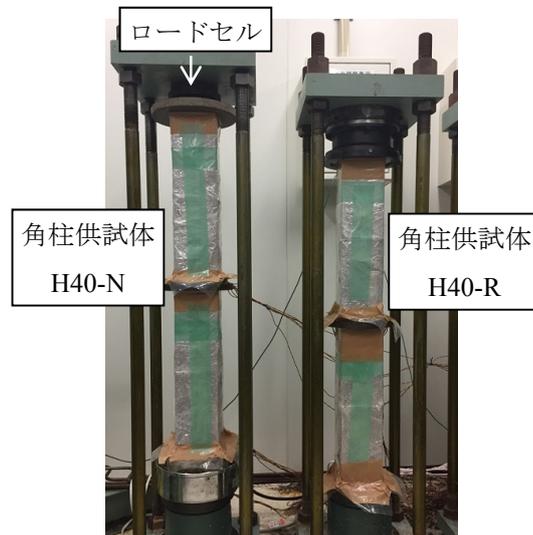


写真-1 クリープ試験の状況

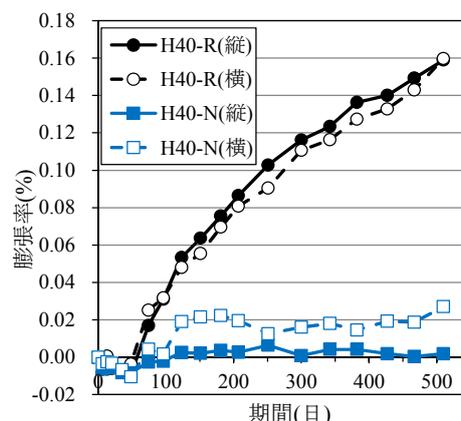


図-1 自由膨張量の経時変化

日までは、H40-R および H40-N とともに収縮していることが分かる。これは 48 日目まではアルミテープによる封緘養生であったため、ASR 発生 の 要 因 と な る 水 が 不 足 し て い る 状 態 で あ っ た と 考 え ら れ、コ ン ク リ ー ト の 自 己 収 縮 に よ り 収 縮 し た と 考 え ら れ る。水 ラ ッ ピ ン グ に 変 更 し て か ら は、H40-R は ASR に よ り 膨 張 し て い る こ と が 確 認 で き、縦 方 向 お よ び 横 方 向 の 膨 張 挙 動 は ほ ぼ 同 様 で あ っ た。ま た、H40-N も 吸 水 膨 張 の 影 響 で 僅 か に 膨 張 す る 結 果 と な っ た。

図-2 に H40-R の 円 柱 供 試 体 の 圧 縮 強 度 お よ び 静 弾 性 係 数 の 経 時 変 化 を 示 す。圧 縮 強 度 お よ び 静 弾 性 係 数 が 最 大 を 示 し た の は 水 ラ ッ ピ ン グ に 変 更 す る 前 の 時 点 で あ っ た。水 ラ ッ ピ ン グ に 変 更 し て か ら は、静 弾 性 係 数 は 100 日 程 度 ま で に 大 き く 低 下 し、そ の 後 は 緩 や か に 低 下 す る 結 果 と な っ た。水 ラ ッ ピ ン グ に 変 更 し て か ら は、ASR 膨 張 が 確 認 で き た こ と よ り、ASR に よ っ て ひ び 割 れ が 生 じ た た め 静 弾 性 係 数 が 低 下 し た と 考 え ら れ る。ま た、圧 縮 強 度 は 最 大 を 示 し た 日 か ら 150 日 程 度 ま で は ほ ぼ 変 わ ら な か っ た。そ の 後 の 350 日 程 度 か ら 500 日 程 度 ま で に お い て は 少 し 増 加 を 示 し た が、150 日 程 度 以 降 は 低 下 す る 傾 向 で あ っ た。

3.2 クリープ試験の結果

図-3 に 持 続 応 力 10N/mm<sup>2</sup> の クリープ ひずみの 経 時 変 化 を、図-4 に 持 続 応 力 5N/mm<sup>2</sup> の クリープ ひずみの 経 時 変 化 を 示 す。48 日 目 以 降 の H40-N (10N/mm<sup>2</sup> と 5N/mm<sup>2</sup> と も に) の 縦 ひずみ は ほ ぼ 変 化 せ ず、横 ひずみ は 徐 々 に である が 増 加 し た。こ れ に 対 し、48 日 目 以 降 の H40-R (10N/mm<sup>2</sup> と 5N/mm<sup>2</sup> と も に) の 横 ひずみ は 大 き く 増 加 し て い る こ と が 分 かる。こ れ は 図-2 か ら 確 認 で き た よ う に、48 日 目 以 降 に 静 弾 性 係 数 が 大 き く 低 下 し た た め、横 方 向 に 変 形 が 生 じ や す くな っ た こ と に よ る も の と 考 え ら れ る。

表-1 に H40-R の 510 日 時 点 で の 縦 方 向 お よ び 横 方 向 の ひずみ の 値 を 示 す。縦 方 向 の ひずみ は、自 由 膨 張 に 比 べ て 10N/mm<sup>2</sup> と 5N/mm<sup>2</sup> の 方 が 非 常 に 小 さ い 値 を 示 し、そ し て 10N/mm<sup>2</sup> が 最 も 小 さ い 値 を 示 し た。ま た、横 方 向 の ひずみ は、自 由 膨 張 と 5N/mm<sup>2</sup> と の 値 は 同 程 度 で あり、10N/mm<sup>2</sup> の 方 が 自 由 膨 張 お よ び 5N/mm<sup>2</sup> に 比 べ て や や 小 さ い 値 を 示 し た。こ の こ と か ら、縦 ひずみ は、持 続 応 力 に よ り 非 常 に 抑 制 さ れ、横 ひずみ は、持 続 応 力 が 大 き い 場 合 だ と、少 し である が 抑 制 さ れ る 傾 向 で あ っ た。

4. まとめ

- (1) H40-R の 方 が H40-N より も 載 荷 軸 直 角 方 向 の クリープ ひずみ は 大 き い 値 を 示 し た。こ れ は ASR に よ り ひ び 割 れ が 発 生 し た 影 響 で 静 弾 性 係 数 が 低 下 し た た め、載 荷 軸 直 角 方 向 に 変 形 が 生 じ や す くな っ た こ と に よ る も の と 考 え ら れ る。
- (2) H40-R の 載 荷 軸 方 向 の ひずみ は、持 続 応 力 10N/mm<sup>2</sup> お よ び 持 続 応 力 5N/mm<sup>2</sup> の 方 が 持 続 応 力 な し に 比 べ て 非 常 に 小 さ い 値 を 示 し た。ま た、H40-R の 載 荷 軸 直 角 方 向 の ひずみ は、持 続 応 力 10N/mm<sup>2</sup> の 方 が 持 続 応 力 な し お よ び 持 続 応 力 5N/mm<sup>2</sup> に 比 べ て や や 小 さ い 値 を 示 し た。

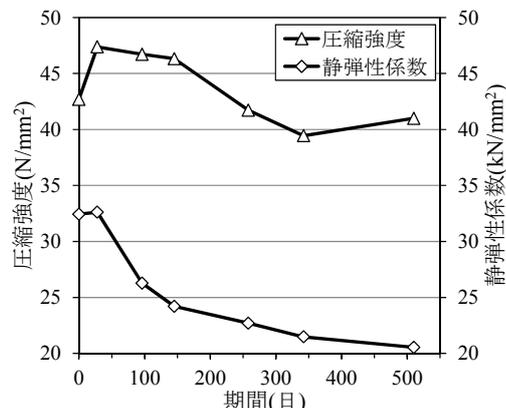


図-2 力学的性質の経時変化

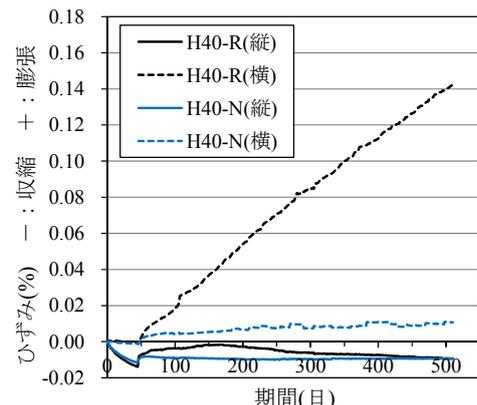


図-3 持続応力 10N/mm<sup>2</sup> のクリープひずみの経時変化

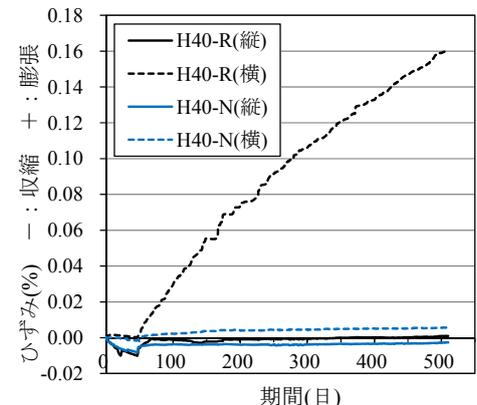


図-4 持続応力 5N/mm<sup>2</sup> のクリープひずみの経時変化

表-1 H40-Rの510日時点での縦方向および横方向のひずみ

	縦ひずみ(%)	横ひずみ(%)
自由膨張	0.1589	0.1597
10N/mm <sup>2</sup>	-0.0090	0.1426
5N/mm <sup>2</sup>	0.0009	0.1607