

## 持続圧縮応力下において ASR 膨張するコンクリートのクリープ挙動

九州大学大学院 学生会員 ○田城 亨 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  
港湾空港技術研究所 正会員 川端 雄一郎

### 1. はじめに

アルカリシリカ反応 (ASR) により劣化するプレストレストコンクリート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 が生じる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クリープ挙動について考察した。

### 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 のペシマム配合で用いて角柱供試体 ( $100\times 100\times 400\text{mm}$ ) を作製した。アルカリ総量を高めるため  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  が  $4.0\text{kg/m}^3$  (供試体名 : R4.0),  $2.5\text{kg/m}^3$  (R2.5) となるよう, 練混ぜ水に NaCl 試薬を添加した。供試体は比較用に反応性骨材を用いずに石灰石のみを使用したもの (N) も作製した。

#### 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, 載荷軸方向および載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。その後, 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%) として載荷した。載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, 載荷開始日から 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 (水を含水さ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。ここで, クリープ試験機に設置した R4.0 と R2.5 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であるため, 全ひずみと呼称することとする。

### 3. 自由膨張量測定結果およびクリープ試験の結果

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。図-1 より, 48 日までは封緘養生による水不足のため自己収縮していることが分かる。R4.0 は 48 日目以降大きく ASR 膨張し, R2.5 は 500 日付近から膨張を示した。また, R2.5 の軸直角方向が軸方向に比べてやや膨張しているのを除いて, R4.0, R2.5 は軸方向と軸直角方向ではそれぞれほぼ同様の膨張傾向を示した。

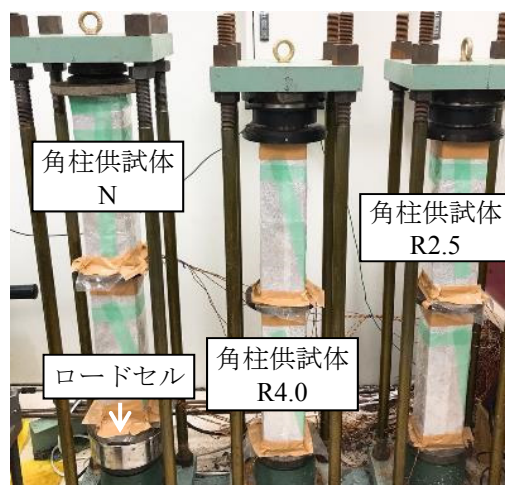


写真-1 クリープ試験の状況

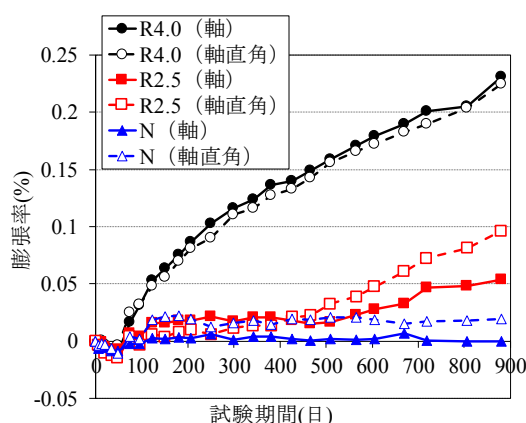


図-1 自由膨張量の経時変化

図-2, 図-3 にそれぞれクリープ試験体の軸方向および軸直角方向のクリープひずみの経時変化を示す。図-2 より, 軸方向のクリープひずみは持続荷重 10N/mm<sup>2</sup>では R4.0, R2.5, N とともに収縮側に推移しているが, 持続荷重 5N/mm<sup>2</sup>では反応性骨材を用いた R4.0, R2.5 は膨張側にほぼ同様に推移しており, 持続荷重が大きい場合は軸方向の ASR 膨張が抑制される結果となった。

図-3 に示すように, 軸直角方向のクリープひずみに関して R2.5 は荷重の大小に関わらず同程度であるが, R4.0 は荷重が大きい方が全ひずみは小さい値を示した。これより軸直角方向の全ひずみは, 持続応力が大きい場合, 僅かではあるが抑制される傾向があると考えられる。また, 図-1, 図-3 より, R4.0 および R2.5 に関して, 持続荷重 10N/mm<sup>2</sup>, 5N/mm<sup>2</sup>における軸直角方向の全ひずみは軸直角方向の自由膨張量と同程度かやや小さい値となった。これより, ASR を生じるコンクリートの軸直角方向の全ひずみは自由膨張量とほぼ同程度または小さくなり, 持続荷重により軸方向のひずみだけではなく軸直角方向のひずみも抑制される傾向があることが分かった。さらに, 図-2, 図-3 より, R4.0, R2.5 の軸直角方向の全ひずみは軸方向と比べて非常に大きい値を示した。これは ASR により静弾性係数が低下したため, 軸直角方向に変形が生じやすくなったからであると考えられる。

### 3. 体積ひずみに関する考察

ASR 膨張およびクリープ変形による角柱供試体全体の体積の変化量を表す指標として, 式 (1) に示すように体積ひずみ  $e$  を定義した。

$$e = \frac{(r+\Delta r)^2(l+\Delta l)-r^2l}{r^2l} \approx 2\frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta l}{l} = \varepsilon_v + 2\varepsilon_h \quad (1)$$

ここで,  $l$  と  $r$  はそれぞれ供試体軸方向長さと正方形断面の一边の長さ,  $\varepsilon_v$  と  $\varepsilon_h$  はそれぞれ軸方向と軸直角方向の膨張率である。この体積ひずみの経時変化を図-4 に示す。R4.0, R2.5 の体積ひずみは自由膨張時, 持続荷重 5N/mm<sup>2</sup>, 10N/mm<sup>2</sup> の順に大きくなった。

上に述べたように, R4.0, R2.5 の軸直角方向の全ひずみは軸方向と比べて非常に大きい値を示しているため, ASR を生じるコンクリートにクリープが作用する場合のコンクリート全体の変形は, 軸直角方向の変形に大きく影響を受けることが分かる。

### 4. まとめ

- (1) 持続荷重が大きい場合は, 載荷軸方向の ASR 膨張が抑制される結果となった。
- (2) 載荷軸直角方向の全ひずみは, 持続応力が大きい場合, 僅かではあるが抑制される傾向があることが分かった。
- (3) 載荷軸直角方向の全ひずみは載荷軸方向と比べて非常に大きい値を示した。これは ASR によりコンクリートの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からであると考えられる。
- (4) ASR を生じるコンクリートにクリープが作用する場合のコンクリート全体の変形は, 軸直角方向の変形に大きく影響を受けると考えられる。

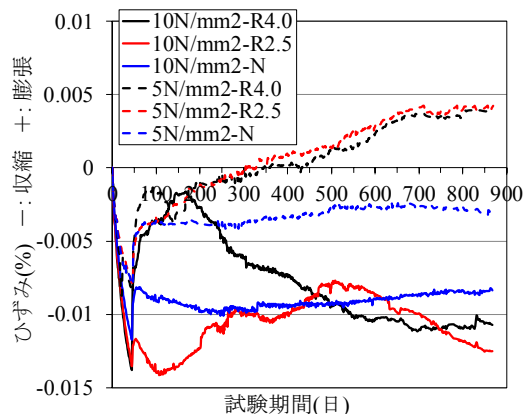


図-2 軸方向全ひずみの経時変化

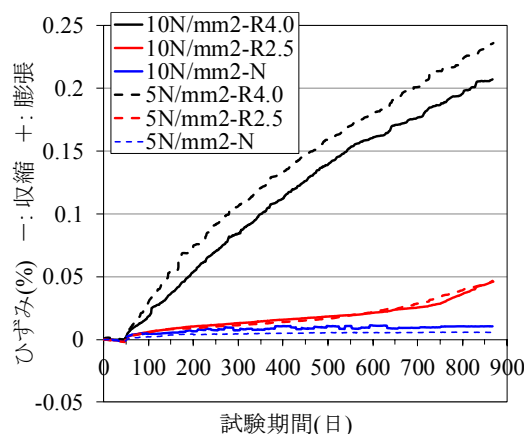


図-3 軸直角方向全ひずみの経時変化

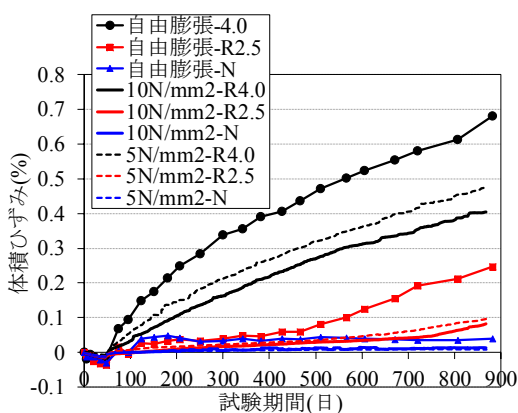


図-4 体積ひずみの経時変化