

一軸および三軸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 学生会員 ○泉 心太 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

本研究では、アルカリシリカ反応 (ASR) が生じるコンクリートのクリープ挙動について明らかにすること目的とし、PC 鋼棒とステンレス製の円筒鋼管を用いて、ASR 膨張と三軸圧縮応力下におけるクリープが同時に生じる場合のコンクリートの变形について考察した。なお、ASR 膨張と三軸圧縮応力におけるクリープが同時に生じる場合としては、RC 柱のような自重が継続的に作用する部材や PC などが想定される。

2. 実験概要

2.1 使用材料および供試体

水セメント比は 60%とした。セメントは普通ポルトランドセメント (密度 3.16g/cm^3 , $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}0.51\%$)、細骨材は石灰石砕砂 (表乾密度 2.65g/cm^3 , 吸水率 1.50%) を用いた。粗骨材は反応性骨材 (表乾密度 2.54g/cm^3 , 吸水率 1.50%) と非反応性骨材である石灰石碎石 (表乾密度 2.70g/cm^3 , 吸水率 1.43%) を質量比 3:7 のペシマム配合で用いた。供試体は $\phi 150 \times 300\text{mm}$ の円柱形状とし、打設時に鋼管内にコンクリートを直接打ち込んだ。その際に、鋼管とコンクリートの付着を防ぐために、鋼管内側にはテフロンシートを敷いた。鋼管の肉厚は、拘束力を変化させるために肉厚 3mm と 5mm のものを用意した。また、鋼管無し (一軸持続荷重載荷試験用) のものと ASR 自由膨張用のものも同時に作製した。アルカリ総量を高めるため $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ 量が 4.0kg/m^3 (供試体名: R4.0), 5.5kg/m^3 (R5.5) 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 NaCl 試薬を添加していない $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ 量が 1.5kg/m^3 (N) であるものも作製した。

2.2 持続荷重載荷試験

材齢 7 日までアルミテープで封緘養生した後、真空ポンプを用いて 4 時間真空吸水を行い、再度封緘養生した。また、供試体を十分に飽水させるために、材齢 50 日でもう一度、真空吸水を行い封緘養生した。その後、鋼管表面に、載荷軸方向および円周方向にひずみゲージ (検長 5mm) をそれぞれ 6 箇所ずつ貼付した。鋼管無し、および、自由膨張用の円柱供試体のコンクリート表面には載荷軸方向、円周方向にひずみゲージ (検長 60mm) をそれぞれ 2 箇所ずつ添付した。その後、ひずみゲージをデータロガーに接続し、材齢 87 日で持続荷重載荷試験を開始した。PC 鋼棒および油圧ジャッキを用いて 10N/mm^2 の圧縮応力を導入した。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。また、ひずみゲージより計測されるひずみ値から弾性ひずみを差し引き、持続荷重による変形および ASR 膨張による変形の影響を受ける全ひずみの算出を行った。

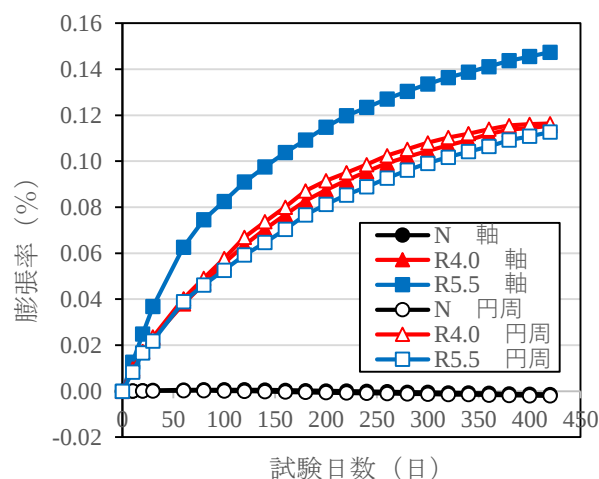


図-1 自由膨張率の経時変化

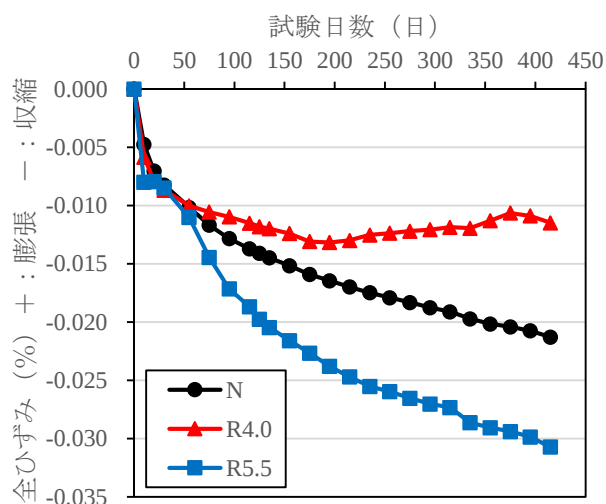


図-2 一軸 軸方向全ひずみの経時変化

3. 結果および考察

図-1 に自由膨張用の円柱供試体の膨張率の経時変化を示す。図-1 より、R5.5 の軸方向は大きく膨張した。R4.0 は軸方向と円周方向ではほぼ同様の膨張傾向を示した。N は膨張挙動を示さなかった。

図-2、図-3 にそれぞれ一軸クリープ試験体の軸方向、円周方向の全ひずみの経時変化を示す。図-2 より、R5.5 は ASR 劣化の進行により大きく変形した。また、軸方向の ASR 膨張は概ね抑制される結果となった。図-3 より、円周方向は R4.0、R5.5 が軸方向に比べて非常に大きく変形し、N はほとんど変形しなかった。また、R4.0 の円周方向の全ひずみは同方向の自由膨張率と同程度となった。これらより、ASR を生じるコンクリートに一軸クリープが作用する場合のコンクリート全体の変形は、円周方向に大きく現れることが分かった。

図-4、図-5 にそれぞれ三軸クリープ試験体の軸方向、円周方向の全ひずみの経時変化を示す。図-4 より、軸方向は R4.0 と R5.5 の 3 mm が同様の収縮挙動を示した。また、N、R4.0、R5.5 のいずれも、管厚が大きい程変形が小さくなり、鋼管の厚みによる拘束効果が現れた。また、軸方向の ASR 膨張は抑制される結果となった。図-5 より、R4.0 および R5.5 の円周方向の変形は軸方向に比べて非常に大きくなった。また、側面拘束圧は 10N/mm^2 の軸応力よりも小さかったことから、三軸持続応力状態においても、ASR 膨張による変形の影響は円周方向に大きく現れることが分かった。

4. まとめ

- (1) 一軸、三軸共に、ASR が生じない健全な供試体について、円周方向よりも軸方向の方がクリープひずみは大きくなった。
- (2) 持続応力 10N/mm^2 の場合では一軸、三軸共に、軸方向の ASR 膨張が抑制される傾向があることが分かった。
- (3) 一軸、三軸共に、ASR を生じる供試体の円周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。また、側面拘束圧は軸応力よりも小さかったことから、拘束力のより小さい円周方向に沿って変形が生じやすいということが推察される。
- (4) N の円周方向を除き、鋼管の厚みが大きい方がコンクリート全体の変形は小さくなった。これにより、鋼管による拘束効果は円周方向の変形だけでなく軸方向の変形にも影響を与えることが確認された。

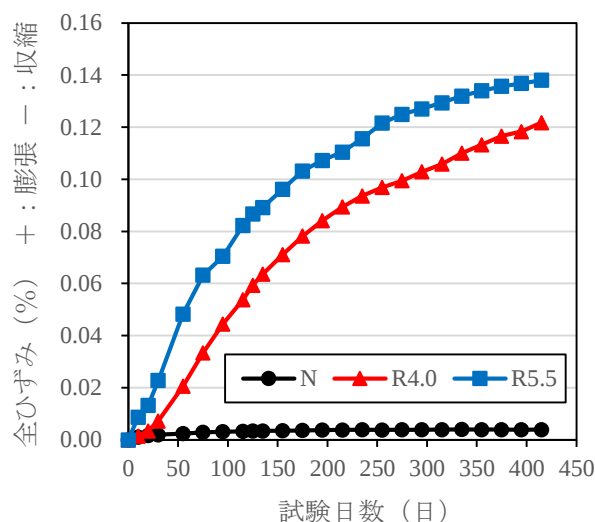


図-3 一軸 円周方向全ひずみの経時変化

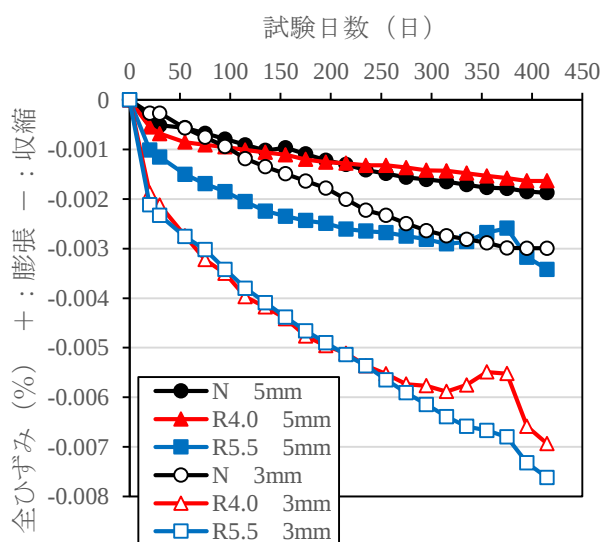


図-4 三軸 軸方向全ひずみの経時変化

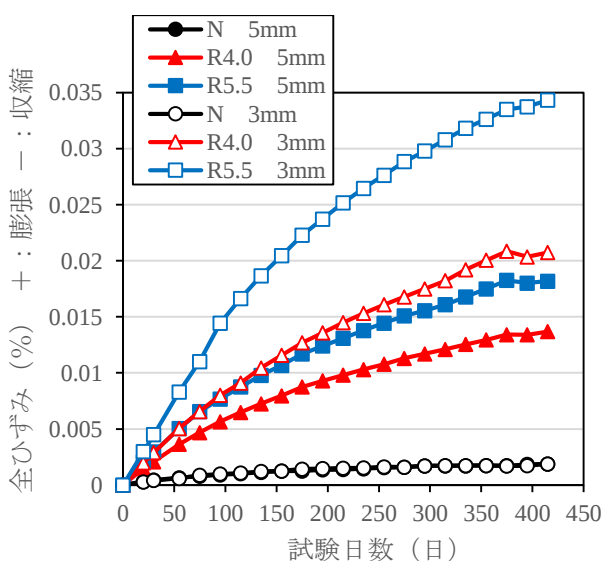


図-5 三軸 円周方向全ひずみの経時変化