

V-25 通電処理条件がリチウムイオンの電気化学的浸透に与える影響

徳島大学大学院 学生会員 ○吉田幸弘
 徳島大学工学部 正会員 上田隆雄
 花野啓希
 電気化学工業(株) 正会員 芦田公伸

1. はじめに

アルカリシリカ反応（以下 ASR）によるコンクリートの膨張抑制効果を有する物質として、リチウム塩は古くから注目されてきた。一方で、リチウム塩による ASR 膨張抑制効果が期待できるのは、コンクリート中に一定量以上の Li^+ が存在する場合であることが指摘されている。これにより、ASR による劣化が進行しているコンクリート構造物の補修にリチウム塩を利用する場合には、外部からコンクリート中に膨張抑制効果が期待できるだけの Li^+ を供給することが必要になる。効率的にコンクリートの内部に Li^+ を供給する手法として、著者らは電気化学的手法について検討を進めてきた。本手法はコンクリート表面付近に Li^+ を高濃度で含有する電解液に浸した陽極を配し、コンクリート中の鉄筋を陰極として直流電流を供給することで、電気泳動により電解液中の Li^+ をコンクリート中に移動させるというものである。本研究は、 Li^+ の電気化学的浸透の促進が可能な通電処理条件を明らかにすることを目的として、通電処理時の温度、および、電流密度を変化させたときの Li^+ の電気泳動特性の変化およびそれに伴うコンクリートの膨張挙動の変化について実験的検討を行った。

2. 実験概要

実験に用いた供試体は、 $100 \times 100 \times 300 \text{ mm}$ の角柱コンクリートの正方形断面中央に丸鋼 (SR235) $\phi 13 \text{ mm}$ を一本配したものとした。コンクリートの W/C は 60% とし、初期含有 R_2O 量が 8.0 kg/m^3 となるように、コンクリートの練混水に溶解した形であらかじめ NaCl を混入した。供試体の通電面は、暴露面 1 面とした。電流密度は、通電面に対して $0.5, 1.0, 2.0 \text{ A/m}^2$ の 3 レベルを採用し、通電期間は 4 週、8 週、12 週、16 週通電の 4 レベルを設けた。また電解液は、5N の LiOH と 0.1N の H_3BO_3 溶液の混合溶液を用い、通電処理時の電解液の温度として、 20°C と 40°C の 2 レベルを設定した。所定の通電処理終了直後に、コンクリート中の各種イオン (Cl^- , Na^+ , K^+ , Li^+) 濃度分布を測定した。また、通電処理後の供試体は促進 ASR 環境 (40°C , 95% R.H.) に保管し、定期的にコンクリートの膨張率を測定した。

3 アルカリ量 (R_2O) の分布

通電処理終了直後の供試体を用いて測定した Na^+ および K^+ の濃度から計算される R_2O 濃度分布を図-1 に示す。なお、記号は「電流密度・通電期間 L または H」となっており、L が通電温度 20°C 、H が 40°C を表している。また、通電処理を行った供試体については積算電流密度が 1344 Ah/m^2 で等しい場合を示している。図-1 によると、無通電供試体の場合には、初期混入 R_2O 量である、 8.0 kg/m^3 に近い値で、供試体中ほぼ一様に分布しているのに対して、通電処理を行った供試体では、鉄筋近傍に多量の R_2O が集積していることがわかる。これは、通電処理に伴って、コンクリート中の陽イオンである Na^+ や K^+ が陰極である鉄筋

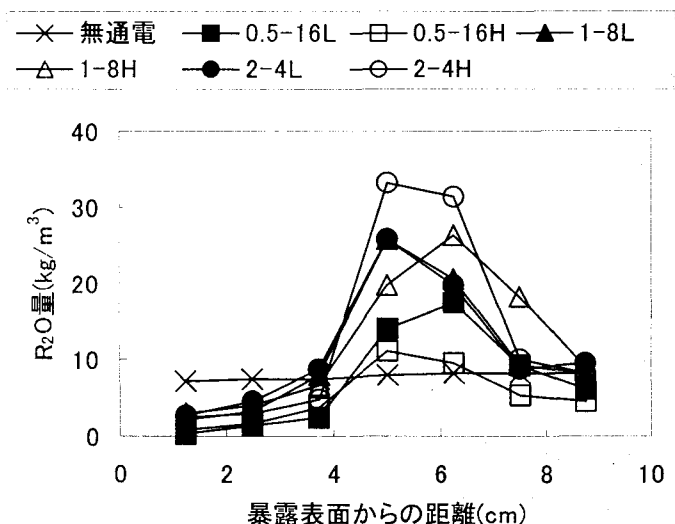


図-1 R_2O 濃度分布

近傍に電気泳動したことが原因と考えられる。また、通電温度が 40℃ になると、積算電流密度が同じでも R_2O 集積量が大きくなっているケース (2・4H) や、 R_2O 集積のピークが暴露表面から遠いコンクリート内部に移動しているケース (1・8H) が見られる。これは、温度の上昇に伴って Na^+ や K^+ がコンクリート中を移動しやすい環境が形成され、これらのイオンの電気泳動が促進されたことが原因と考えられる。

4 Li/Na モル比分布

通電処理終了直後の Li/Na モル比分布を図-2 に示す。コンクリートの ASR 膨張を抑制することのできる Li/Na モル比については、様々な検討がなされているが、概ねこの値が 1.0 以上であれば、ASR 膨張抑制効果が期待できるものと思われる。図-2 によると、供試体中の Li/Na モル比が 1.0 以上となっているのは暴露表面付近に限定されており、 Na^+ 濃度が大きくなる鉄筋近傍および暴露表面から離れている暴露表面反対側では 1.0 を大きく下回っている。ただし、通電時の温度が高い場合には、低い場合と比較して明らかにコンクリート中への Li^+ の浸透量、浸透深さともに促進されている。この結果も、先に述べた通電温度の上昇に伴ってイオンの電気泳動が促進されたことが原因と考えられる。

5 コンクリート膨張率の経時変化

通電処理直後の促進 ASR 期間におけるコンクリート膨張率経時変化を図-3 に示す。図-3 より、暴露表面付近および鉄筋位置では無通電供試体に比べ、通電処理を行った供試体は ASR 膨張が抑制されている。一方、暴露表面反対側では、通電処理の有無により、コンクリートの ASR 膨張挙動に明確な差は認められない。これらの結果は、4 で示した Li/Na モル比結果とよく整合しており Li/Na モル比が 1.0 以上となった暴露表面付近では、 Li^+ による ASR 膨張抑制効果が発揮されたものと考えられる。これに対して、鉄筋位置では、Li/Na モル比が 1.0 を大きく下回っていたにもかかわらず ASR 膨張が抑制されている。鉄筋位置での ASR 膨張抑制効果は、図-1 に示したように、鉄筋近傍には通電処理に伴い多量のアルカリが集積していることから、このアルカリがアルカリシリカゲルの膨張挙動を変化させた可能性も考えられる。

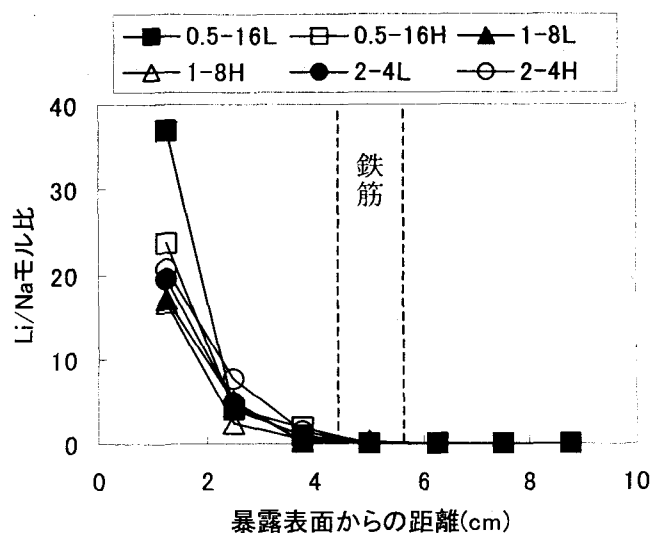


図-2 Li/Na モル比

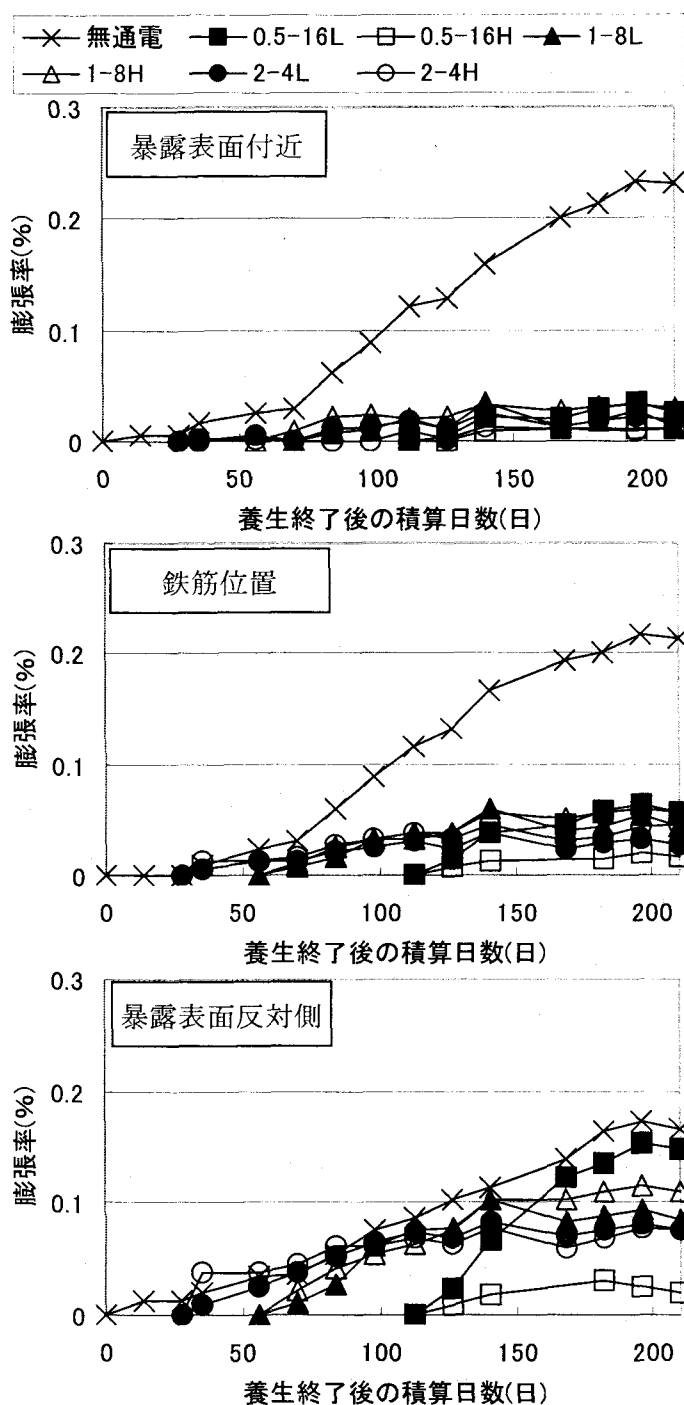


図-3 コンクリートの膨張率経時変化