

V-103 デサリネーションが AAR に与える影響

東京電力(株) 正会員 小川智広 徳島大学工学部 正会員 上田隆雄
電気化学工業(株) 正会員 芦田公伸 京都大学大学院 フェロー会員 宮川豊章

1. はじめに

デサリネーションは鉄筋コンクリート中の塩化物イオン(Cl^-)を電気化学的手法により除去する補修工法である。これは、コンクリート中の鉄筋を陰極とし、コンクリート表面に設置した陽極との間に電流を流すことによって、 Cl^- を陽極付近に移動させ取り除くことを目的としているが、同時に陰極である鉄筋の近傍には、陽イオン(Na^+ , K^+)が蓄積される。これにより適用する構造物が反応性骨材を含む場合にはアルカリ骨材反応(AAR)が促進されることが懸念される。

そこで本研究では、反応性骨材を含む鉄筋コンクリート供試体にデサリネーションを施したときのコンクリートの膨張挙動を検討することとした。実験要因として、アルカリ量、電解質溶液($\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 Li_3BO_3)、鉄筋量を選び、膨張率の経時変化および Na 濃度分布の測定を行った。

2. 実験概要

実験に用いた供試体は、 $75 \times 150 \times 400 \text{ mm}$ の角柱供試体とし、 $75 \times 150 \text{ mm}$ の断面中央に鋼材を配した。なお、実験に用いた鋼材は、D6 およびリード線である。コンクリート中のアルカリ (R_2O) 量は 2.0 、 4.0 、 8.0 kg/m^3 の 3 レベルを選んだ。供試体概要図を図 1 に示す。

使用セメントは、普通ポルトランドセメント (R_2O 量 $= 0.61\%$) である。細骨材は非反応性の砕石(新潟県姫川産)であり、粗骨材は非反応性の砕石(新潟県姫川産)と反応性の砕石(佐賀県有明産輝石安山岩質、JIS A5308 ($\text{Sc} = 650 \text{ mmol/l}$ 、 $\text{Rc} = 200 \text{ mmol/l}$; 判定: 有害))をベシマム値で混合した。通電はコンクリート打設後、6 週間の湿空養生を行った後に開始した。電流密度はコンクリート表面に対して 1.0 A/m^2 、通電期間は 8 週間とした。また、処理終了を同時とし、材令を合わせた。通電は 2 面通電とし、基長測定後に、電流を流さない面はエポキシ樹脂を塗り、鉄筋も接続部分以外は絶縁した。電解液として、飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液と 1 規定の $\text{Li}_3\text{BO}_3 (3\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{Li}_3\text{BO}_3 + 6\text{H}_2\text{O})$ 溶液を用い、無通電の供試体は湿空中に保存した。化学分析は、通電終了直後に Na の分布を測定した。通電処理終了後の静置環境条件としては、 40°C 、 $95\% \text{ R.H.}$

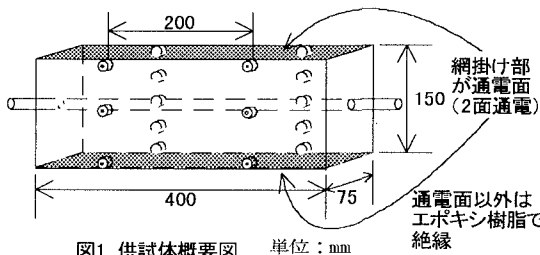


図1 供試体概要図

単位: mm

の促進環境とした。膨張測定用のプラグは、養生終了後、コンクリート表面の乾燥を待って、基長を 200 mm として図 1 に示すように一方の側面で 5 点、もう一方の側面で 3 点、計 8 点に貼り付けた。膨張率は通電処理前後および終了後約 2 週間隔で測定した。

3. 実験結果および考察

(1) アルカリ量の影響 R_2O 量が 2.0 、 4.0 および 8.0 kg/m^3 で、電流密度 1.0 A/m^2 で 8 週間通電処理した後、 40°C 、 $\text{R.H.} 95\%$ の環境下に 14 週間静置した供試体の、鉄筋位置の膨張率の経時変化を図 2 に示す。 R_2O 量 2.0 、 4.0 kg/m^3 の場合は、促進環境に静置開始後にいったん膨張率が大きくなるものの、その後は増加の傾向は見られない。それに対し、 R_2O 量 8.0 kg/m^3 の場合は、促進開始後の膨張率が 400μ 以上に達している。また、供試体のひび割れ状況は、 R_2O 量 2.0 kg/m^3 の場合は通電処理直後のひび割れは全く見られず、促進 14 週間を経てもひび割れは発生していなかった。しかし、 R_2O 量 4.0 kg/m^3 の場合は、通電処理直後にひび割れは全く見られなかったが、14 週間の促進環境静置後、3 体とも鉄筋に沿ったひび割れが見られた。 R_2O 量 8.0 kg/m^3 の場合は、通電終了直後に鉄筋に沿ったひび割れが見られ、14 週間の促進

キーワード: デサリネーション、アルカリ骨材反応、 Li^+ 浸透

連絡先(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL.075-753-5102 FAX.075-752-1745)

環境静置により、ひび割れが供試体全体へと進展していた。また、 R_2O 量 2.0kg/m^3 の場合の、通電処理終了直後の Na_2O 量と促進 14 週時の膨張率の関係を図 3 に示す。図中の点はそれぞれ 1 供試体の、鉄筋位置、鉄筋と通電面の中間部分、通電面付近の膨張率の平均値を示す。アルカリの総量規制値 (3.0kg/m^3) よりもかなり小さい 2.0kg/m^3 の場合でも、通電処理により、鉄筋近傍においては Na_2O で 5.0kg/m^3 近い Na が集積している。しかし、促進 14 週時の膨張率は、通電処理終了直後の Na_2O 量が大きくなってあまり変化していない。これは、アルカリが集積しているのは鉄筋近傍であり、鉄筋として D6 を用いたため、その拘束によるものと考えられる。以上の結果より、 R_2O 量が大きいほど、通電によって鉄筋近傍に集積するアルカリ量が大きくなるため、細孔溶液中のアルカリ濃度が大きくなり、アルカリシリカゲルの生成量も増大するものと考えられる。また、アルカリが総量規制値以下の場合でも、通電処理により鉄筋近傍には規制値を超えるアルカリが集積するが、鉄筋の拘束を受けているものと考えられる。

(2) Li^+ 浸透の影響 R_2O 量 8.0kg/m^3 で、鉄筋としてリード線、D6 を用い、電流密度 1.0A/m^2 で電解液に飽和 $Ca(OH)_2$ 溶液と 1 規定の Li_3BO_3 溶液を用い、8 週間通電処理した後、 40°C 、 $95\%\text{R.H.}$ の環境下に 14 週間静置した供試体の、鉄筋位置の膨張率の経時変化を図 4 に示す。鉄筋として D6 を用いた場合では、鉄筋の拘束効果が大きいために、 Li^+ 浸透の効果は若干見られる程度であるが、リード線を用いた場合、電解液に $Ca(OH)_2$ 溶液を用いた場合は鉄筋位置における膨張率が 1100μ 以上に達しているのに対して、 Li_3BO_3 溶液を用いた場合は 400μ 程度の膨張率にとどまっている。リード線および D6 を用いた供試体のひび割れ状況は、

電解液に $Ca(OH)_2$ 溶液を用いた場合、14 週間の促進環境静置により、ひび割れが供試体全体に進展していたのに対して、 Li_3BO_3 溶液を用いた場合は鉄筋に沿ったひび割れが見られたが、それ以外のひび割れはあまり見られなかった。また、通電処理終了直後の Na_2O の分布状況を図 5 に示す。 Li^+ の浸透により鉄筋近傍への Na の集積が抑制されている。以上より、 Li_3BO_3 溶液を用いた場合、 Li^+ 浸透により鉄筋近傍への Na の集積量が抑制されるため、アルカリ骨材反応によるコンクリート膨張が抑制されることが考えられる。

4. 結論

R_2O 量が大きいほど、通電処理により鉄筋位置でのコンクリート膨張が大きくなった。通電処理前には R_2O 量が 2.0kg/m^3 の場合でも、通電処理により鉄筋近傍には総量規制値を上回るアルカリが集積するが、コンクリートの膨張率は大きくならなかった。さらに、電解液として Li_3BO_3 溶液を用いた場合、 Li^+ の浸透により鉄筋近傍への Na の集積量が抑制され、アルカリ骨材反応によるコンクリート膨張も小さくなった。

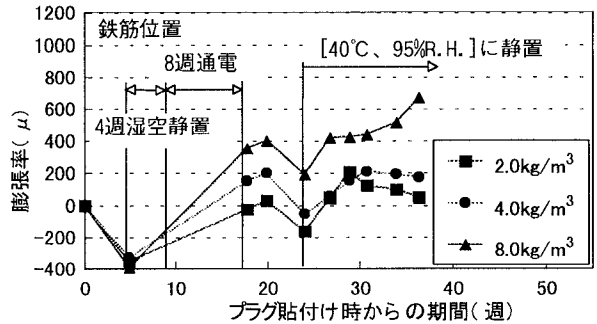


図2 アルカリ量の影響 (1.0A/m^2 、8週通電、D6)

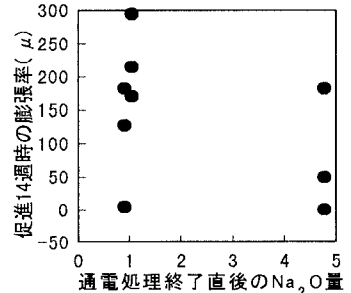


図3 アルカリの集積の影響 ($R_2O: 2.0\text{kg/m}^3$ 、8週通電、D6)

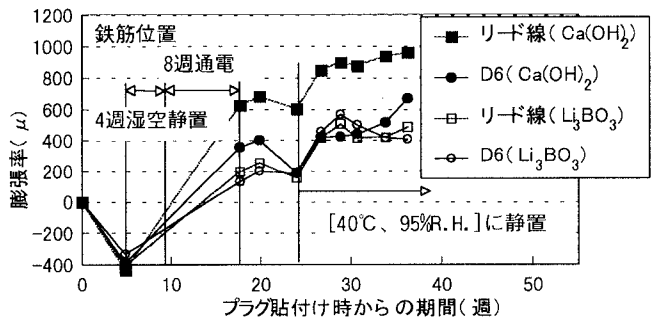


図4 Li^+ 浸透の影響 (1.0A/m^2 、8週通電、D6)

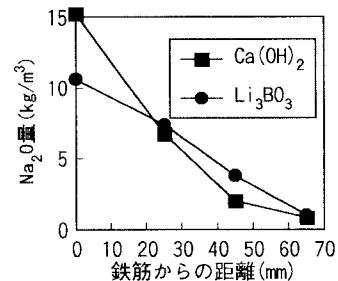


図5 通電処理終了直後の Na_2O 量の分布