

通電によるアルカリ金属イオンの集積に関する実験的検討

(独) 土木研究所 正会員 ○竹内 祐樹 (独) 土木研究所 正会員 古賀 裕久
川田建設 (株) 正会員 北野 勇一 (独) 土木研究所 正会員 渡辺 博志

1. 目的

電気化学的脱塩工法（以下、脱塩）による補修のため通電を行うと、塩化物イオンがコンクリート表面方向に移動するとともに、ナトリウムイオンやカリウムイオンなどが鋼材方向に移動し、鋼材の周囲に集積する。このため、集積したアルカリ金属イオンにより、アルカリ骨材反応が促進されるおそれもあると考えられている。しかし、現状では、集積するアルカリ金属イオンの量や ASR 促進への影響については、十分には明確でない。そこで、種々の条件で脱塩を行い、脱塩後のアルカリ金属イオン量の集積について検討した。

2. 実験方法

脱塩を行った供試体の形状を図-1 に示す。また、使用したコンクリートの配合を表-1 に示す。供試体には、練混ぜ水に塩化ナトリウムを混入し、通電を行う前約 3 箇月間屋内で保管したものを用いた。

通電条件を表-2 に示す。通電は、円筒形の容器に供試体を入れ、供試体の側面にチタンメッシュを配置して行った。通電時は安定化電源を用いて電流量を制御した。電解質溶液には、0.2 mol/L のホウ酸リチウム水溶液を用いた。通電終了後、図-1 に示す 4 箇所から試料を採取し、JIS A 1154 に従って全塩化物イオン量を測定した。また、50℃の温水でナトリウムイオンを抽出し

(JIS A 1154 付属書 2 を準用)、イオンクロマトグラフ法で定量した。

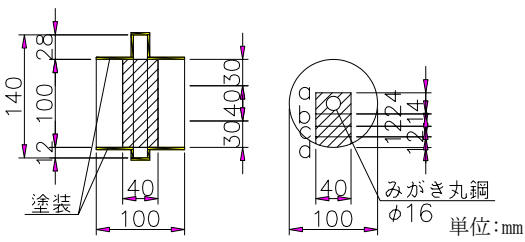
3. 実験結果

(1) 通電後の塩化物イオン量

脱塩後に残留していた塩化物イオン量の分布を図-2 に示す。電流密度が異なる供試体 A～E に着目すると、鋼材近傍では、電流密度が大きいほど残留塩化物イオン量が少なかった。一方、コンクリート表面に近い測定位置 c、d では、0.08～0.16A/m² の電流密度で通電を行った供試体 B、C の残留塩化物イオン量が無通電の供試体 A と同程度となった。脱塩としては電流密度が小さく、脱塩効果が十分得られなかったおそれがある。これらに対し、通電期間を 16 週と 2 倍以上にした供試体 F の残留塩化物イオン量は、供試体 C よりも小さくなったが、電流密度 2 倍の供試体 D ほどではなかった。水セメント比 40% の供試体 G・H に着目すると、残留塩化物イオン量の分布には水セメント比 60% の場合と同様な傾向が認められたが、残留塩化物イオン量は大きくなった。

(2) 通電後のナトリウムイオンの分布

脱塩後のナトリウムイオン量の分布を図-3 に示す。供試体 A～E に着目すると、電流密度が大きい供試体ほど鉄筋近傍のナトリウムイオン量が大きく、コンクリート表面のナトリウムイオン量が小さくなった。このことから、ナ



※網掛けした位置 a～d で塩化物イオン、ナトリウムイオン量の試料を採取した。

図-1 供試体の形状および試料採取位置

表-1 コンクリートの配合

W/C (%)	単位量(kg/m ³)				空気量 (%)
	W	C	S	G	
60	165	275	828	1036	4.5
40	141	353	827	1042	

表-2 通電条件

供試体	配合	通電前の塩化物イオン量 (wt% vsC)	電流密度 (A/m ²)	通電期間 (週)	積算電流密度 (A・h/m ²)
A	W/C =60%	2.4	0.00	6	0
B			0.08		81
C			0.16		161
D			0.32		323
E			1.00		1008
F	W/C =40%	2.4	0.16	16	430
G			0.08	6	81
H			0.32		323

※電流密度は、コンクリート表面での値を示した。
※供試体 A は電解質溶液への浸漬のみ行い通電は行わなかった。

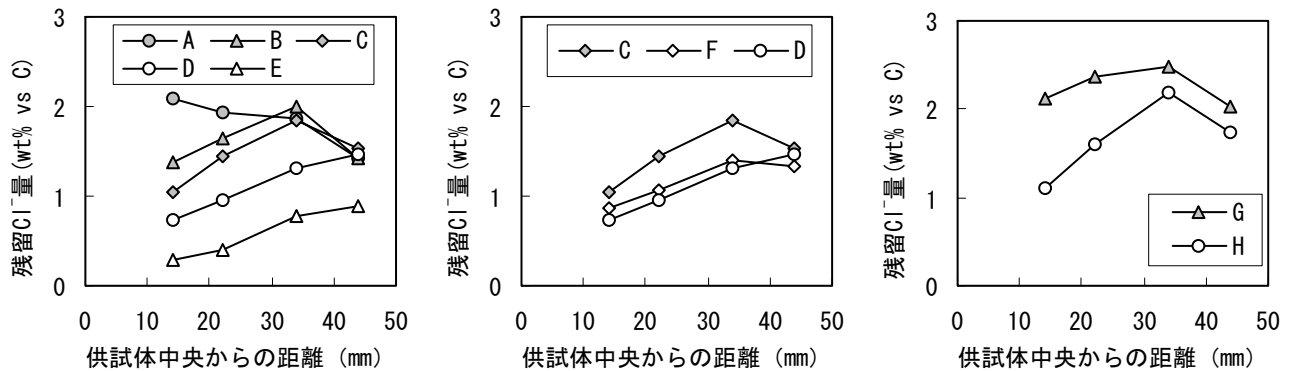


図-2 残留塩化物イオン量の分布

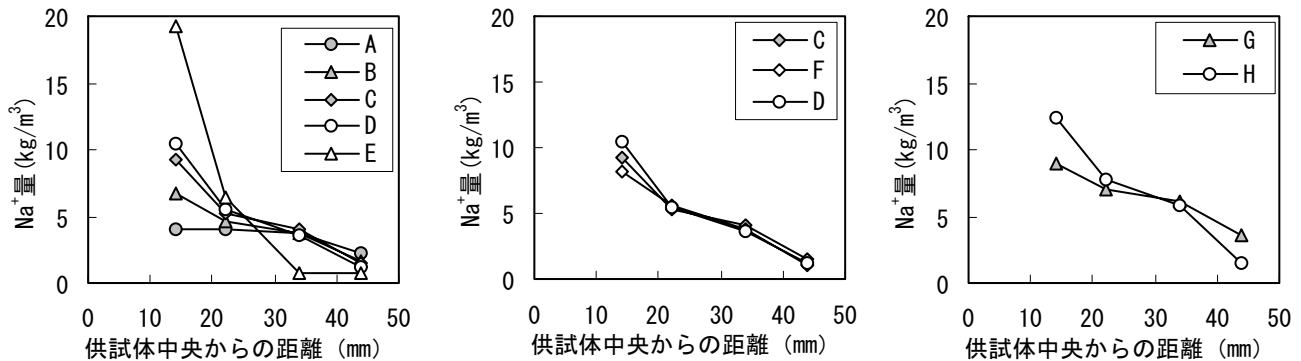


図-3 脱塩後のナトリウムイオン量の分布

トリウムイオンの移動は供試体全体で生じており、電流密度が大きいほど移動するナトリウムイオン量が大きくなったと考えられる。一方、通電期間を長くした供試体 F のナトリウムイオン量の分布は供試体 C とほとんど変わらなかった。水セメント比 40% の供試体 G・H では、水セメント比 60% の場合と同様な傾向が認められた。

(3) 鉄筋近傍のアルカリ金属イオン量の変化

アルカリ金属イオンの集積程度を評価するため、通電を行った場合と行っていない場合の比（以下、集積度）を求め、図-4 に示した。通電条件が同じ場合は、水セメント比が異なる場合でも、ほぼ同等な集積度となった。一方で、通電期間を長くしても集積度に変化がなかった。なお、アルカリ金属イオンの集積度については、材料学会の「ASR に配慮した電気化学的防食工法の適用に関するガイドライン（案）」¹⁾において、積算電流密度 $1000 \text{ A} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 以下の通電を行い、鉄筋近傍の $25 \times 50 \text{ mm}$ の試料を分析対象とした場合、集積度が 1～2.5 となったことが紹介されている。試料の大きさやナトリウムイオン量の測定方法が異なるので単純には比較できないが、本報で行った実験では、それより集積度がやや大きくなった。

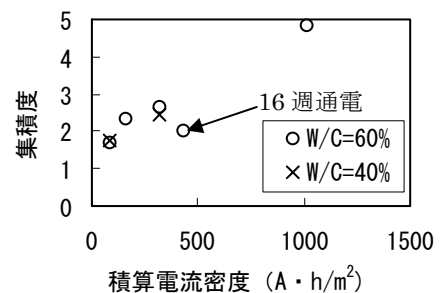


図-4 鉄筋近傍におけるナトリウムイオンの集積度

4. まとめ

- (1) コンクリート表面あたり $0.08 \sim 1.00 \text{ A}/\text{m}^2$ の範囲で電流密度を変化させ脱塩を行った結果、いずれのケースでも供試体全体でナトリウムイオンの移動が生じ、鉄筋近傍に集積した。
- (2) ナトリウムイオンの集積には、電流密度の影響が大きく、通電期間との関係は今回のケースでは明確ではなかった。
- (3) 水セメント比が小さく残留塩分量が大きい場合でも、ナトリウムイオンの集積度は変わらなかった。

この実験は、土木研究所と電気化学工業（株）、（株）富士ピー・エス、東北大学、長岡技術科学大学、徳島大学、九州工業大学の共同研究の一環として実施しました。

参考文献

- 1) 日本材料学会ほか：ASR に配慮した電気化学防食工法の適用に関するガイドライン（案），2007. 11