

電解液種類が再アルカリ化工法の補修効果に与える影響

徳島大学 賛助会員 ○高橋博司 徳島大学大学院 正会員 上田隆雄
デンカ (株) 正会員 七澤章 東京工業大学 正会員 中山一秀

1. はじめに

電気化学的補修工法である再アルカリ化工法には、従来から炭酸カリウム (K_2CO_3) などの溶解度の高いアルカリ金属炭酸塩溶液が使用されてきたが、高 pH 電解液を使用することで、通電後の表面保護への負荷や、ASR 促進の可能性が生じる。そこで、電解液として炭酸カリウム溶液と、比較的低 pH の炭酸リチウム (Li_2CO_3) 溶液を使用した再アルカリ化工法による補修効果を検討した。

2. 実験概要

本研究で用いたコンクリートの配合を表-1 に示す。コンクリートの水セメント比を 60%とした N 配合を作製し、N 配合に除塩不足の海砂を想定し Cl^- 量が $3.0kg/m^3$ となるように、細骨材代替で NaCl を練混ぜ水に溶解して混入したものを NCl 配合とした。

表-1 コンクリートの配合

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)					C×%	
			C	W	S	G	NaCl	減水剤	AE 剤
NCl	60	48	300	180	828	902	4.9	0.5	0.012

たものを NCl 配合とした。本検討で作製した供試体を図-1 に示す。供試体は脱型後 20℃恒温室中で 14 日間封緘養生を行った後、4 週間乾燥させ、通電面 1 面を除き他の 5 面についてはエポキシ樹脂を塗布し絶縁処理を行った。

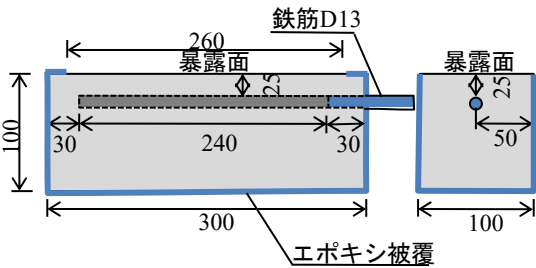


図-1 RC 供試体の概要

養生終了後の各供試体について、JIS A 1153 に準拠し、20℃、60%R.H.、 CO_2 濃度 5%で促進中性化を行い、中性化深さの目標値は 30 mm とした。促進中性化終了後に、再アルカリ化処理のために 0.18 mol/L の Li_2CO_3 溶液、または 1.5 mol/L の K_2CO_3 溶液を電解液として通電処理を行った。 Li_2CO_3 は水への溶解度が小さく、0.18 mol/L は飽和溶液となる。通電処理は陽極材にチタンメッシュ、陰極を鉄筋として直流電流を流し、電流密度は通電面に対して $1.0 A/m^2$ 、通電期間は 14 日間とし 20℃恒温室中で実施した。通電期間中は、電解液の pH 値の経時変化を、pH 電極を用いて測定した。なお、それぞれの場合について無通電供試体も作製し、通電期間中は 20℃恒温室で、湿空状態で保管した。

通電終了後コンクリート中のイオン濃度分布 (K^+ , Li^+)、および pH 値を 10 mm 間隔で測定した。 K^+ , Li^+ は硝酸抽出により作製した試料に対して原子吸光光度計を使用し測定した。pH は微粉碎した試料 12.5 g と純水 25 ml を入れ、スターラーで 3 分間攪拌後 5 分間静置し、上澄み液の pH 値を測定した。また、通電後の鉄筋腐食促進環境における、自然電位の経時変化を測定した。乾燥 (20℃・気中) 3 日間、湿潤 (40℃・湿布) 4 日間を 1 サイクルとし、2 サイクルに 1 回測定した。照合電極は飽和銀塩化銀電極 Ag/AgCl を使用した。

3.1 通電中電解液 pH 値の経時変化

通電中電解液 pH 値の経時変化を図-2 に示す。凡例は配合名-電解液種類の順に示し、配合名のみで示す凡例は無通電供試体を示す。NCl-Li は NCl-K と比較して、通電開始時

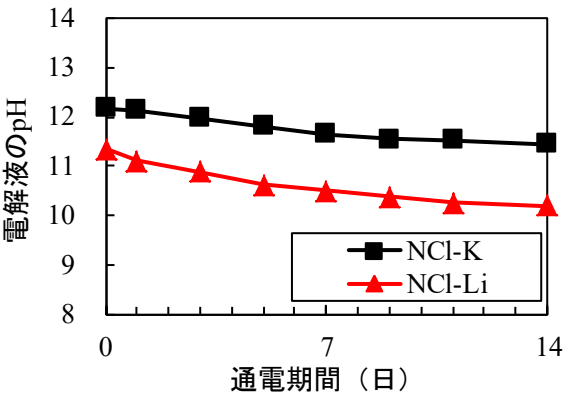


図-2 通電中電解液 pH 値の経時変化

点から低い pH 値を示している。これは、難溶性の Li_2CO_3 溶液は、電解質濃度が K_2CO_3 溶液の 1/8 程度になっていることが主原因であると考えられる。ただし、 Li_2CO_3 溶液を用いた場合でも、通電終了時点の pH 値は 10.2 程度であり、 Cl_2 ガス発生を目安である pH 値 10 を上回っていることから、今回用いたいずれの溶液も、安定した通電が可能な電解液であると判断できる。

3.2 通電に伴うコンクリート中のイオン濃度分布の変化

RC 供試体中の pH 値分布を図-3 に示す。無通電供試体では、中性化したコンクリート部分の pH 値が 10 程度まで低下しているのに対し、通電供試体では、中性化部分の pH 値が 11 以上の値まで大きく回復するとともに、鉄筋近傍では pH 値が 12 以上と高アルカリ環境となっている。電解液種類で比較すると、NCl-Li は NCl-K と同程度まで pH 値が回復していることから、 Li_2CO_3 を電解液に用いた再アルカリ化が、可能であることが示された。

コンクリート中の K^+ 濃度分布を図-4 に示す。無通電供試体と比較して、通電供試体は電解液の電気浸透により多量の K^+ が浸透している。コンクリート中の Li^+ 濃度分布を図-5 に示す。 Li_2CO_3 溶液を電解液として通電を実施することで、かぶり部分全体に Li^+ が浸透している。ただし、前述したように、 Li_2CO_3 溶液は比較的電解質濃度が低いため、通電に伴って浸透する Li^+ 濃度も図-4 に示した K_2CO_3 溶液から供給される K^+ 濃度よりかなり小さくなっている。このようなアルカリ金属イオンが、鉄筋のカソード反応で生成された OH^- と反応することで、高アルカリ性の KOH や LiOH が生成されるが、アルカリ金属イオンの濃度差が通電後の pH 保持性に与える影響については、今後の検討課題とする。

3.3 乾湿繰返し期間における電気化学的指標の変化

通電後乾湿繰返し期間における、RC 供試体中铁筋の自然電位の経時変化を図-6 に示す。なお、通電終了直後を乾湿繰返し期間 0 日とした。無通電供試体 NCl は、ASTM C876 の判定基準における腐食領域 ($E < -0.24 \text{ V vs Ag/AgCl}$) を推移している。これは中性化により鉄筋近傍の pH 値が低下したこと、および塩化物イオンの影響で卑な電位を示しているものと考えられる。通電供試体において、カソード分極された影響で通電直後は卑な電位を示しているものの、その後、非腐食領域 ($E > -0.09 \text{ V vs Ag/AgCl}$) の貴な電位まで回復しており、通電による鉄筋防食効果が示された。また、NCl-Li は NCl-K と比較して、若干貴な電位を推移しているが、試験体を解体し実際の鉄筋腐食状態を確認することで、自然電位の表す鉄筋腐食状態を検証していく予定である。

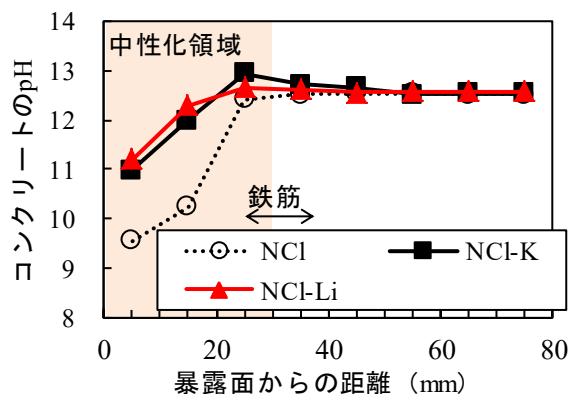


図-3 RC 供試体中の pH 値分布

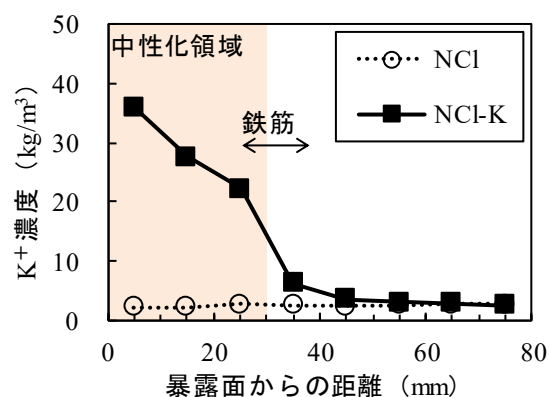


図-4 RC 供試体中の K^+ 濃度分布

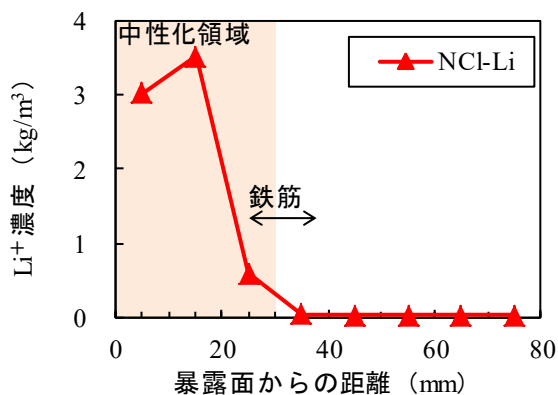


図-5 RC 供試体中の Li^+ 濃度分布

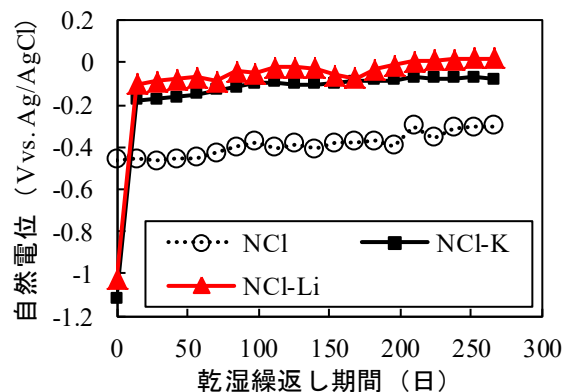


図-6 鉄筋自然電位の経時変化