

塩害とASRの複合劣化に対する電気化学的補修工法の検討

電気化学工業

正会員

○七澤 章

徳島大学大学院

学生会員

櫛田 淳二

徳島大学大学院

正会員

塚越 雅幸

徳島大学大学院

正会員

上田 隆雄

1. はじめに

塩害とASRはそれぞれ単独で深刻なコンクリート構造物の劣化形態であるが、これらが複合した劣化現象についても報告されている。一方で、塩害とASRの複合劣化に対する補修工法の選定は極めて難しく、現状では効果的補修工法の確立には至っていない。筆者らは、電気化学的防食工法の電解液から電気化学的にリチウムイオン(Li⁺)をコンクリート中に浸透させることを試みてきた。この手法により、コンクリート中に効率的にLi⁺を供給できるとともに、ASRによる膨張を抑制できることや、通電時の電解液温度を上げることで、Li⁺をはじめとする各種イオンの電気化学的移動が活性化されることも併せて報告してきた。ただし、適切なリチウム塩や通電条件の選定が課題となっている。本研究では、種々のリチウム塩溶液を電解液とした通電による、イオンの移動状況と通電後のコンクリートの膨張挙動について実験的に検討した。

2. 実験概要

本研究で用いたコンクリート配合は、W/Cは55%で一定とし、塩害とASRの複合劣化を想定して、反応性骨材を用いてアルカリとしてNaClを添加した。初期混入R₂O量は、10kg/m³となるように混練水で溶解した形でコンクリートに混入した。細骨材と粗骨材は、非反応性骨材と反応性骨材を3:7でペシマム混合した。使用したコンクリートの材齢28日圧縮強度は、27.0N/mm²であった。

作製した供試体は、図-1に示すように、100×100×300mmの角柱コンクリートの正方形断面中央部分に丸鋼φ13mm(SR235)を1本配置したものとした。供試体は、打設翌日に脱型し、20℃恒温室内で28日間封緘養生を行った後に、通電面1面を除いて、他の5面についてはエポキシ樹脂を塗布して絶縁処理を行った。通電処理は脱塩工法の標準レベルを想定し、陽極材にチタンメッシュ、陰極をコンクリート中の鉄筋として直流電流を供給した。電流密度はコンクリート表面に対して1.0A/m²、通電期間は8週間とし、供試体を電解液中に浸漬して行った。

本研究では、電解液として表-2に示す6種類の溶液を用意した。Li濃度は、難溶性のLi₂CO₃を除いて、約3%で一定となるように調整した。通電時の電解液温度はLi⁺浸透を促進するために、30℃を標準レベルとし、LiNO₃溶液のみ、40℃の場合も設定した。通電終了後、図-1に示すように、コンタクトゲージ用真鍮チップを側面2面に4個ずつ貼付し、膨張測定は鉄筋軸方向に基長200mm、軸直角方向に基長50mmで測定した。

供試体は湿布で包み、ジップ付きのビニール袋に入れ40℃の恒温室内にて保管した。

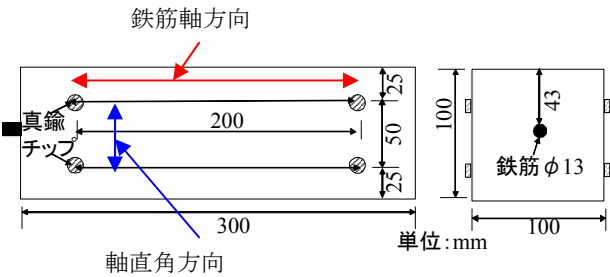


図-1 鉄筋コンクリート供試体

表-1 電解液一覧

溶質名	濃度 (%)	Li 濃度 (%)	温度 (℃)
LiOH	10	3	30
Li ₂ CO ₃	1.2 (飽和)	0.22	30
Li ₂ SiO ₄	23	2.9	30
LiNO ₃	30	3	30
			40
Ca(OH) ₂	0.2 (飽和)	0	30

キーワード 塩害, ASR, リチウム塩, 電気化学的浸透

連絡先 〒94903-93 新潟県糸魚川市青海 2209 電気化学工業(株) TEL 025-562-6310 FAX 025-562-6115

また、コンクリートの各種イオン (Cl^- , Na^+ , K^+ , Li^+) 濃度分布を測定した。 Cl^- 濃度は、JIS A 1154 に準拠した電位差滴定法により全 Cl^- 濃度および温水抽出 Cl^- 濃度を測定した。その他の陽イオン濃度については、硝酸抽出により作成した試料に対して原子吸光光度計を使用して定量した。

3. 実験結果

通電後のコンクリート中における Cl^- (全塩分), R_2O ($=\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}$) 量および Li^+ 濃度分布を図-2 に示す。なお、通電前のコンクリートにはひび割れは見られなかったが、通電終了後にはすべての供試体に微細なひび割れが観察された。 Cl^- 濃度および R_2O 量分布より電解液種類によらず、通電を行った供試体は、無通電供試体 (N) と比較して Cl^- 濃度が低減される脱塩効果が得られるとともに、陰極であるコンクリート中の鉄筋を中心にアルカリの集積が確認できる。リチウム塩の影響は比較的小さいが、 LiOH 溶液は、かぶり部分の脱塩量がやや低い。 40°C の LiNO_3 溶液は、他の 30°C 電解液よりも脱塩効果が大きく、逆にアルカリの集積は抑制されている。

Li^+ 濃度分布結果では、コンクリート表面付近の Li^+ 濃度が大きくなっているが、 30°C の電解液では、リチウム塩の種類によらず Li^+ の浸透深さは 25mm 程度にとどまっている。これに対して、 40°C の LiNO_3 の場合、 Li^+ の浸透量および浸透深さともに顕著に増大しており、陰極である鉄筋付近まで到達している。

通電後のコンクリートの膨張率を図-3 に示す。鉄筋軸方向の膨張に関しては、無通電の N に対して通電を行った供試体は膨張率が抑制されている。これは、図-2 に示したような通電に伴う Li^+ の浸透に起因するものと考えられ、特に Li^+ の顕著な浸透が認められた 40°C の LiNO_3 溶液を用いた場合に最も大きな膨張抑制効果が得られている。一方、軸直角方向の膨張率は、鉄筋拘束の影響がないことから全体に大きくなっているが、その中では、 LiNO_3 を電解液で用いた場合の膨張率が抑制されている。既往の研究より、 LiNO_3 を添加した場合には、 LiOH などを添加した場合と比較して、モルタル細孔溶液中の OH^- 濃度が小さいことが指摘されており、このことが、膨張抑制効果

増進の一因となっているものと考えられる。

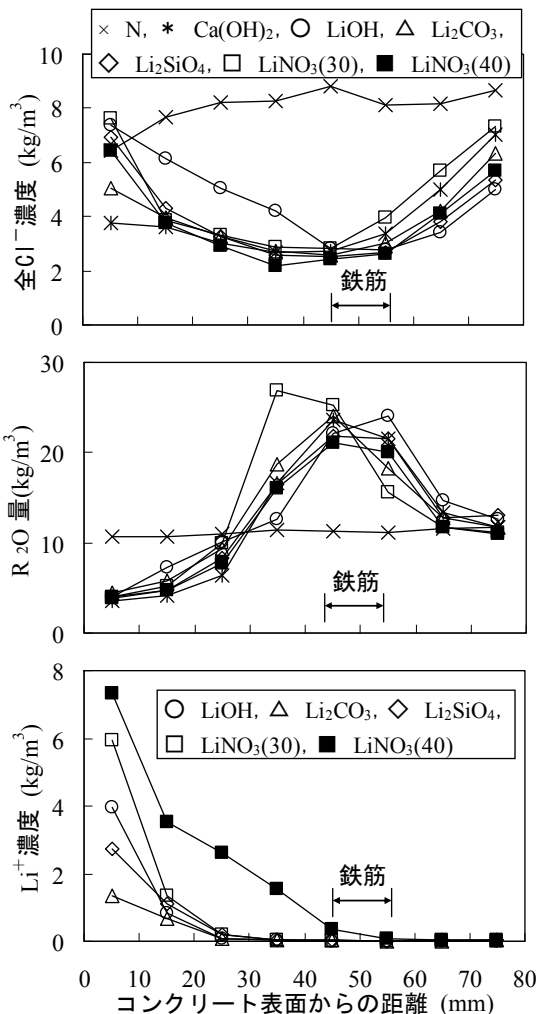


図-2 通電後の Cl^- 濃度, R_2O 量および Li^+ 濃度分布

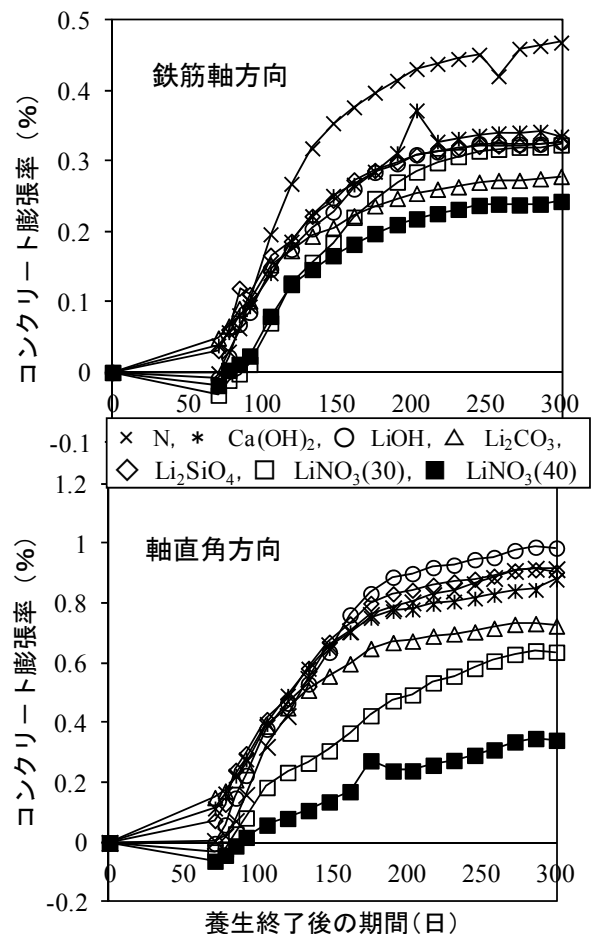


図-3 通電後のコンクリート膨張率