

電気化学的脱塩工による耐食性向上の効果検証

西日本高速道路エンジニアリング中国(株) 正会員 ○俵 司, 安松 敏雄, 鈴 将彦
徳光技術士事務所 正会員 徳光 卓
西日本高速道路(株) 非会員 西山 航平, 野坂 真也

1. 背景と目的

電気化学的脱塩工(以下、脱塩)は、コンクリート中の過剰な塩化物イオンをコンクリート外に排出させ塩害の発生を防止あるいは抑制する工法である。脱塩による防食性向上の効果は、脱塩後に残留するコンクリート体積あたりの全塩化物イオン濃度によって判断するのが一般的である。この方法は塩害に対する安全率が高い反面、施工前の塩分量が多い場合は大きな通電量が必要となるため、ASR や水素脆化等の危険性を高めたり、工期の遅延や工費を増大させるという経済的リスクもある。一方、脱塩には鋼材の周囲へのアルカリ金属イオンが集積する副次的な作用¹⁾があり、この作用も考慮できれば通電量を抑えたより合理的な工法なり得る。本論では、このことも念頭において実施した実橋での試験施工、供試体による模擬通電試験結果から脱塩後の耐食性向上の効果について検討した。

2. 試験施工, および模擬通電試験の概要

実橋での試験施工は、供用中の高速道路のPC箱桁橋において、箱桁内に配置された排水管損傷部からの凍結防止剤を含む漏水に起因した塩害劣化が生じた下床版で吸水マット方式により実施した²⁾。試料は、脱塩前、14・30・56・80日に採取し、コンクリート表面から40mmまでのかぶり部に残留する塩化物イオンの形態と量の関係について測定した。模擬通電試験は、5%濃度(Cl⁻)の塩水に浸漬させたφ150×40mmのモルタル供試体を用いて、電流密度1.0A/m²により8週間通電した。供試体への塩水浸漬方法は、48時間乾燥させ24時間の減圧後に常圧吸水させた。使用したモルタルの配合を表-1、通電概念図を図-1に示す。実橋と同様に、脱塩前・28日・56日通電後にJIS A 1154・付属書2に従って全塩化物・可溶性塩化物イオン量を測定した。脱塩後の陰極付近の試験片を用いてJIS A 1153に従って56日間の促進中性化試験を実施した。

3. 試験結果

3.1 試験施工結果

図-2に脱塩の試験施工を実施したPC箱桁橋の下床版における鉄筋かぶり部(コンクリート表面から0~20, 20~40mm)の残留塩分量の形態の変化を示す。残留塩分量は、0~20mmの方が少ないことからコンクリート表面に近いほど脱塩効率が高いことがわかる。全塩分に占める可溶性塩分、固定塩分の構成比の推移をみると、脱

表-1 モルタルの配合

W/C(%)	W(g)	C(g)	S(g)	容積 ml
40	236.8	592.1	1350	938.0

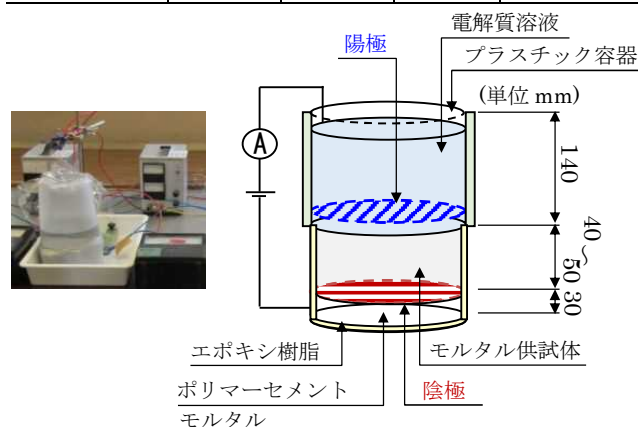


図-1 通電概念図

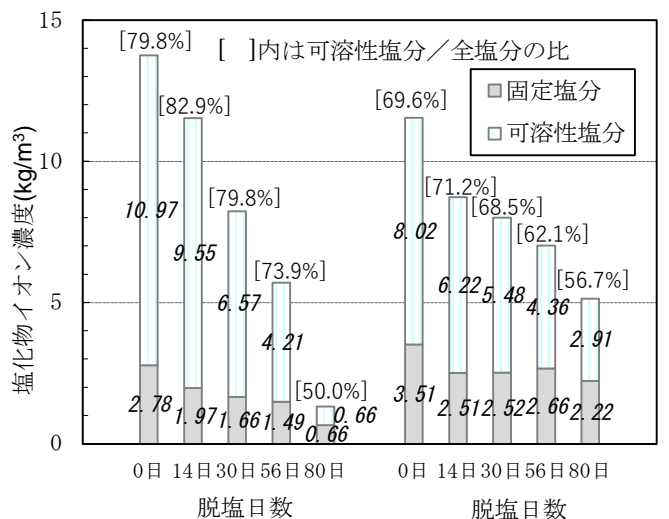


図-2 脱塩により残留する塩化物イオンの形態と量の関係

キーワード 電気化学的脱塩工, 塩化物イオン, 耐食性効果

連絡先 〒733-0037 広島市西区西観音町2-1 西日本高速道路エンジニアリング中国(株) TEL082-532-1433

塩日数とともに可溶性塩分の割合が減少し固定塩分の割合が増加している。

3.2 模擬通電試験結果

図-3に模擬通電試験を実施した供試体の残留塩分量の形態の変化を示す。脱塩前の全塩分に占める可溶性塩分は、82.4%であり、試験施工したPC箱桁と同等の配合で作製した供試体とほぼ同割合であることから、塩分浸漬方法が妥当であるといえる。残留塩分量の可溶性塩分、固定塩分の構成比は、脱塩の進行とともに固定塩分の割合が増加している。脱塩前後で可溶性塩分が7.46kg/m³から0.60kg/m³と約9割が抜き出されたのに対し、固定塩分の半分以上は残留したことがわかる。両試験結果から脱塩前の塩化物イオン濃度が高いほど脱塩後に残留する全塩分濃度は高くなるが、残留する塩分は攻撃性のない固定塩分の割合が増加することから脱塩により耐食性が向上していることがいえる。

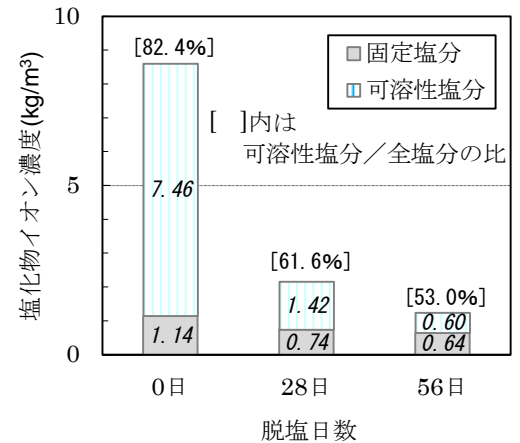


図-3 脱塩により残留する塩化物イオンの形態と量の関係

3.3 促進中性化試験結果

脱塩後の試料片の促進中性化試験を行い、促進28日、56日後に、試料表面にイオン交換水を滴下して、直後にAZY試験紙・TB試験紙によるpH測定を行った結果を表-1に示す。イオン交換水滴下後のpHは、試料のごく表面付近の細孔溶液の状態を反映していると考えられる。脱塩前試料のpHは促進28日後で10以下、56日後で8.8に低下している。これは試料表層の細孔溶液の水酸化カルシウムが炭酸カルシウムに状態変化したことを示すと考えられる。一方、28日脱塩後試料のpHは促進28日後、56日後で各々11.0、9.4、56日脱塩後試料のpHは各々11.2、9.6である。水酸化物イオンモル濃度の比でみると、28日脱塩後試料が各々10以上、4.0、56日脱塩後試料が各々15.8以上、6.3である。このように脱塩した供試体の細孔溶液の水酸化物イオン濃度は、中性化作用を受けたあとも高く維持されることが確認できた。これは脱塩により導入されたリチウムイオンや、残留したアルカリ金属イオンによる効果と考えられる。

4. まとめ

本論の試験施工、模擬通電試験により得られた知見は、以下のとおりである。

- 1) 今回の試験結果から残留する塩分は攻撃性のない固定塩分の割合が増加することから脱塩により耐食性が向上していることを確認できた。今後の構成比の経時変化の推移を追跡調査し効果検証する。
- 2) 模擬通電試験を実施した試験片の促進中性化試験結果から、脱塩前より[OH⁻]が高く維持されることにより脱塩前に比べて中性化しにくいことを確認できた。

今後、全塩分量による評価のみならず[OH⁻]にも着目した合理的な脱塩効果の評価法が重要な課題である。最後に、試験実施にあたりデンカ(株)、(株)中研コンサルタントのご協力を受け賜りました事を付記し、深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 竹内祐樹ほか：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，土木学会第63回年次学術講演会（平成20年9月）
- 2) 俵司ほか：PC連続箱桁橋桁内における電気化学的脱塩工の適用報告，プレストレストコンクリート工学会第30回シンポジウム論文集，2021.10

表-1 促進中性化後のpH測定結果

試料名	促進中性化 28日		
	pH*	[OH ⁻]	
		AZY試験紙	(mmol/L)
脱塩前	<10	<0.1	—
通電28日	11.0	1.00	>10.0
通電56日	11.2	1.58	>15.8
試料名	促進中性化 56日		
	pH*	[OH ⁻]	
		TB試験紙	(mmol/L)
脱塩前	8.8	0.0063	—
通電28日	9.4	0.0251	4.0
通電56日	9.6	0.0398	6.3

※資料の中性化面にイオン交換水を滴下し、直ちに試験紙でpH測定