

小余綾高架橋の電気化学的脱塩工法の施工管理について

ドーピー建設工業㈱ 東京支店 工事部	正会員	○亀井 孝行
国土交通省横浜国道事務所 厚木出張所 所長 修士	非会員	澤 健男
国土交通省横浜国道事務所 小田原出張所	非会員	末吉 史郎
ドーピー建設工業㈱ 技術センター	博士 (工学) 正会員	蝦名 貴之

1. はじめに

国道1号線西湘バイパスの小余綾高架橋は、海岸近くで約40年間供用されているPCポストテンションT桁橋である。本橋は、海からの飛来塩分による塩害劣化が顕在化しており、過去2回、断面修復と表面被覆が実施されている。過去の補修では劣化部分を除去し断面修復を行ったが、塩分が桁内に存在するために鉄筋腐食による体積膨張が起り、剥離・剥落などの再劣化が起きている。また、修復部と未修復部の間で起きるマクロセル腐食も再劣化を加速させている。そのため、劣化原因である塩分を除き腐食環境の改善が必要と判断し、電気化学的脱塩工法¹⁾ (以下、脱塩工法という) を実施した。

現時点において脱塩工法の品質管理手法は確立していないのが現状である。本稿では、前年度に脱塩工法を完了した小余綾高架橋P43-P45径間の工事結果を踏まえ、脱塩工法という工事の特殊性に配慮した施工管理手法に関して、新しい脱塩中のモニタリング手法の提案および検証結果について報告する。

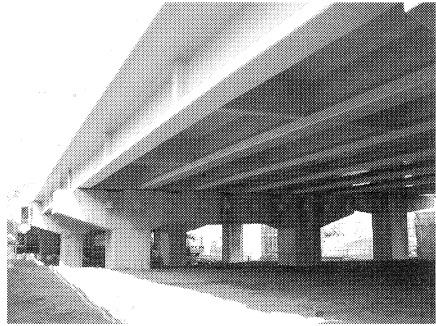


写真-1 小余綾高架橋 (P45-P47)

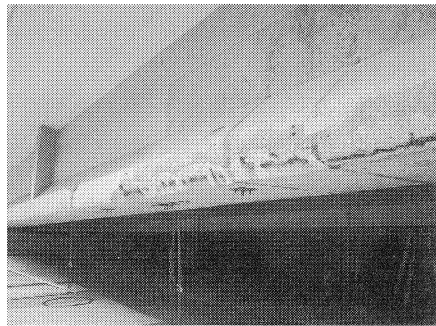


写真-2 主桁の塩害劣化状況

2. 品質管理手法

2.1 脱塩中管理に対する要求性能

脱塩中の管理に対して要求される項目は以下のとおりである。

- ① 着目位置の塩化物含有量を適切に把握でき、それを評価できること
- ② 管理値は構造物全体を代表していること
- ③ 脱塩の効果・傾向が定量的に評価できること
- ④ 簡易な方法であること

2.2 ドリル法による塩化物含有量の簡易測定

脱塩中の管理に対する要求性能を満足する方法として、ドリル法による塩化物含有量の簡易測定^{2),3)}を採用した。その時の塩化物含有量の測定は、JCI-SC5「硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析」^{2),3)}に準拠し実施した。本方法の長所・短所をまとめると以下のとおりである。

〔長所〕① ドリル法は微破壊検査であり、構造物の損傷を最小限に留めることができる

② 採取手間が比較的少なく採取箇所を増やせるので、構造物全体のモニタリングが可能である

③ 測定結果を得るまでの時間が短く、電流量の調整や脱塩終了の判断がすばやく行えるため、現場の手待ち時間がない

〔短所〕① ドリルの刃が骨材を避け、よりセメントペースト部分を削る傾向があり、コンクリート粉への粗骨材の混入割合の違いによって、ばらつきが出る

② 深さ方向の測定値精度がコア採取のものより劣る

ドリル法は脱塩中の管理には適するもののコア法よりも測定値の精度が劣るため、脱塩前、脱塩中、脱塩後に行う保証のための品質検査はコア法によることとした。コア法の塩化物含有量の測定は、JCI-SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」^{2),3)}に準拠した。

2.2.1 ドリル法による資料採取

ドリル径は直径φ25mmとし、表面から深さ方向に20mm～40mmの部分を取採範囲とした。試料採取箇所は、断面修復箇所を避けて図-1に示すように飛来塩分が堆積し塩分量が比較的多いと考えられる主桁下フランジ海側ハンチ部とし、延長方向は端部2箇所と中間横桁付近1箇所の1主桁当り3箇所とした。試料は、ばらつきを考慮して1主桁3箇所分を混ぜて当該主桁の代表値とした。採取は2週間に1回の間隔で週末の通電停止時に実施し、1週間毎にP45-P46径間18試料、P46-P47径間18試料の採取を交互に繰り返した。

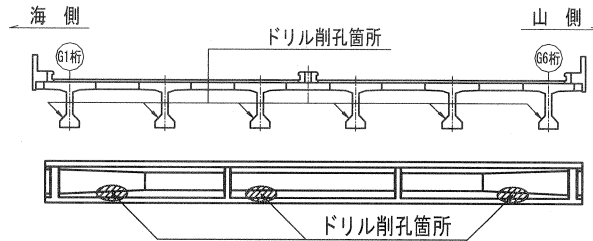


図-1 試料採取箇所

2.2.2 塩化物含有量の簡易測定

塩化物含有量の測定は、鋼材腐食に関係しない硬化コンクリート中の固定化された塩化物は溶出させず、施工時および供用中に混入した全塩化物を完全溶解させる。方法は、前処理時間の短いJCI-SC5に準拠した硝酸溶解法^{2),3)}とした。

測定器で得られる塩化物イオン濃度は、溶液濃度 F [mg/l] で表示される。したがって、コンクリート単位体積あたりの塩化物イオン濃度 C [kg/m³] で表すため以下の式で計算する。

$$C = \frac{2300 \times F \times V \times 10^{-6}}{W}$$

ここに、

C : 塩化物イオン濃度 (kg/m³)

F : 測定器の塩化物イオン濃度 (mg/l)

V : 試料溶液の重量 (g)

W : 試料(コンクリート粉)のはかり取り重量 (g)

2300 : コンクリートの単位体積質量(kg/m³)

塩化物含有量の測定状況を写真-3に示す。

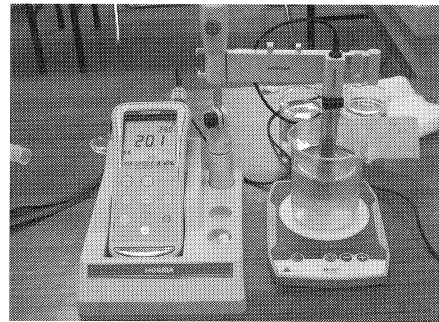


写真-3 塩化物含有量の測定

当初は現場事務所内での即日短時間での測定を計画した

が、試料数が多く現場職員数も限られるとともに試験値の信頼性を確保するため、第三者機関である専門測定会社に委託した。採取は金曜日に行い翌週月曜日の午前中に測定結果を得て評価・判断した。

3. 脱塩工の施工フローと施工管理

脱塩工法の施工フローと施工管理（各塩分量モニタリング手法）の測定頻度を図-2に示す。

コア法は品質保証のための検査という位置づけとして、簡易測定法であるドリル法は電流量調整と脱塩進捗状況の目標との乖離を迅速に把握するために行う施工管理手法という位置づけとして塩分量モニタリングを実施した。

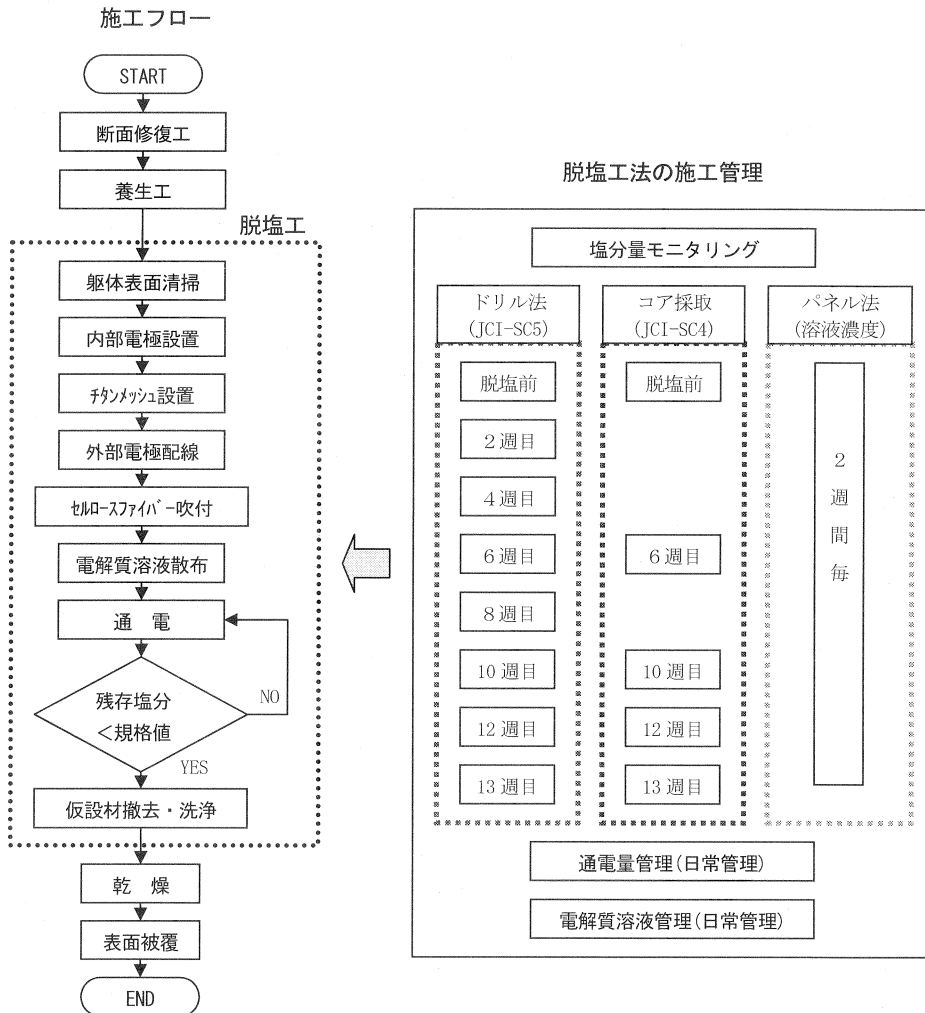


図-2 脱塩工法の施工フローと施工管理の測定頻度

4. 脱塩工法の工夫と脱塩効果

4.1 脱塩工法の工夫

脱塩の実施では、主桁かぶりの薄い箇所があり、局部的に過度な電流が流れることで鉄筋の付着劣化が懸念された。そこで、写真-4 に示すように抵抗体としてセロハンをシール材で貼り付け、電流が鉄筋に迂回して流れるように工夫し、表面全体に均一な電流が流れるように配慮した。

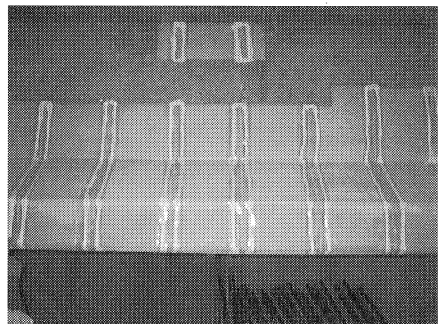


写真-4 電気の短絡防止

4.2 通電の実施と塩分モニタリング

通電サイクルは月曜日から金曜日まで連続して通電し、土曜日、日曜日は通電を休止する間欠通電を行った。図-3 に通電と塩分量モニタリングのタイムスケジュールを示す。塩分測定を試料は金曜日に採取し、土曜日から測定を行う。その判定においてコア法は翌々週となるが、ドリル法は翌週の月曜日に判明するため、迅速に電流量の調整を行うことができた。電流量は脱塩効

果と積算電流量の関係から、コンクリート表面積当りの電流密度として、通電開始～第7週間 1.5A/m²、第8～9週間 1.7A/m²、第10～13週間 2.0A/m²とした。

また、ドリル法とコア法の併用は、2週間毎にコア法で行うよりも経済的であった。

		月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月			
通電稼動状況		通電							休止		通電							休止	
現場の評価・判断									電流調整		目標値に達しない場合翌週も通電を継続								
塩分量 モニタ リング	ドリル法 JCI-SC5						採取	測定	判定										
	コア採取 JCI-SC4						採取	測定							判定				
	パネル法 溶液濃度						測定												
電流量計測		○	○	○	○	○			○	○	○	○	○						

図-3 脱塩工法の施工管理タイムスケジュール

4.3 脱塩効果

コア法およびドリル法による P46-P47 径間の脱塩率の結果を図-4 および図-5 に示す。図-4 と図-5 をそれぞれ比較すると、測定結果に多少の差異はあるものの、脱塩効果の傾向は、両者がほぼ同様の傾向を示した。これにより、ドリル法は、脱塩中のモニタリング手法として十分に信頼できる結果であったと考察される。

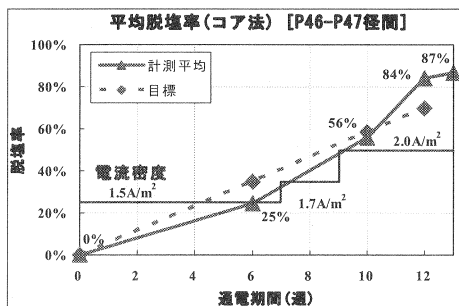


図-4 コア法による平均脱塩率の推移

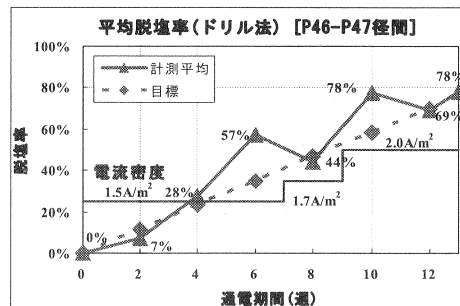


図-5 ドリル法による平均脱塩率の推移

表-1 脱塩工法の施工管理と検査

項目		品質管理	検査
		コンクリート中の塩化物イオン濃度 (kg/m ³)	
試験方法	採取方法およびサンプル	小径ドリル(φ20~25mm)で採取したコンクリート粉	コアリング(φ50~75mm)で採取した円柱体
	測定方法	硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析方法(JCI-SC5)	硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法(JCI-SC4)
	測定位置	検査に準じる	表面から20~40mmの位置(協議事項)
	サンプル数	1主桁1試料(3箇所から採取し混合)(任意)	1主桁1試料(協議事項)
時期・回数	脱塩前, 脱塩中2週間毎(必要に応じて)	脱塩前, 脱塩中1回, 脱塩後	
判定基準(脱塩後)		鋼材発錆限界以下(協議事項)	
目的(用途)	脱塩前	初期値, 電流量計画	計画の良否判定
	脱塩中	電流量調整	中間検査
	脱塩後	脱塩効果の確認	工事の合否判定

5. まとめ

脱塩工法の施工管理は、施工中の電流量管理と脱塩進捗管理が重要である。脱塩工法の施工管理には、目的に合致した適切な試験方法が必要である。表-1 に、推奨できる脱塩工法の施工管理と検査を示す。本工事では、ドリル法を併用し、その測定結果の精度が高いことが確認できた。この管理手法が、今後の脱塩工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 土木学会, コンクリートライブラリー107 電気化学的防食工法 設計施工指針(案), 2001年11月.
- 2) (社)日本コンクリート工学協会, コンクリート構造物の腐食・防食に関する試験方法ならびに基準(案), 1987年4月.
- 3) (社)日本コンクリート工学協会, JCI 規準集(1977~2002年度), 2004年4月.