

弁天大橋の電気化学的脱塩前後の塩化物イオン濃度分布とその状態

国土交通省高田工事事務所

坂上 悟・横山 文夫

(株)富士ピー・エス

正会員 ○徳光 卓・宮本 正尊

電気化学工業(株)

正会員 原 与司人

1. はじめに

弁天大橋は1972年に架設された17径間のプレテンション方式T桁橋である。弁天大橋は国道8号の新潟県能生地先の海岸線に位置し、供用後10年から現在まで、幾度かの塩害補修が繰り返されてきた。近年、塩害対策として電気防食や脱塩などの電気化学的防食工法が注目されているが[1]、これまで、電気化学的脱塩は電気防食に比べて比較的大きな電流を使用するため、水素脆化の懸念から、PC桁への適用は見送られてきた。しかし、研究の進展により、施工方法を工夫する事によってPC鋼材の水素脆化の危険性を抑えられることが明らかとなり[2]、弁天大橋において、我が国で初めての供用中のPC橋に対する電気化学的脱塩の試験施工が実施された。本論文は弁天大橋における電気化学的脱塩前後の塩化物イオン濃度分布とその状態を明らかにし、脱塩の効果を検証すると共に、塩害調査における問題点を指摘し、新たな調査方法を提案するものである。

2. 施工前の塩化物イオン濃度分布

脱塩の試験施工はP3-P4径間G10桁で行った。図-1に同径間G11桁の主桁ウェブから抜き取ったコアの塩化物イオン濃度分布を示す。塩化物イオン濃度は全塩分分析であり、分析方法はJCI-SC4-1987によった。主桁ウェブの塩化物イオン濃度は鉄筋位置で $3\text{kg}/\text{m}^3$ 程度であり、浮きやひびわれ等は見られなかった。

図-2に同径間G5桁の下フランジ全周をブロック状にはつり取り、調査した塩化物イオン濃度分布を示す。下フランジは過去に補修が行われており、補修材中にも $2.5\sim 3.0\text{kg}/\text{m}^3$ の塩化物イオンが確認された。他の部分の塩分量は約 $5\text{kg}/\text{m}^3$ から $1\text{kg}/\text{m}^3$ 弱まで5倍近いばらつきが確認された。また、塩化物イオン濃度が $3\text{kg}/\text{m}^3$ 以上の部分について、僅かなPC鋼材の発錆が確認された。図-3に同径間G9桁下フランジのかぶりコンクリート中からドリル法により採取した試料(約 $100\text{g}/\text{箇所}$)の、橋軸方向の塩化物イオン濃度分布を示す。塩化物イオン濃度は起点側が $7.8\text{kg}/\text{m}^3$ であったのに対し、終点側は $3.7\text{kg}/\text{m}^3$ と橋軸方向にもばらつきが見られた。これは橋梁の塩害環境が位置や部位によって異なることを示していると考えられる。

3. 塩化物イオン濃度調査用試料採取方法の提案

弁天大橋が接する海岸線は、現在、橋梁から50m程度離れた位置にテトラポットが設置されているものの、部分的に飛来塩分が異なる環境ではなく、橋梁の縦断線形変化も小さい。したがって、本橋に見られるような塩化物イオン濃度のばらつきは他の橋梁においても存在するものと考えられる。従来、橋梁の塩化物イオン濃度は「橋梁の代表的な位置」から試料を採取して行っていたが、この方法では浸透した塩化物イオ

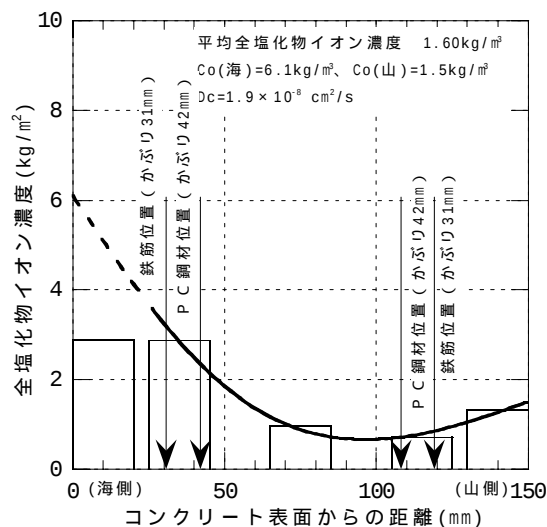


図-1 脱塩前のG11桁ウェブの全塩分

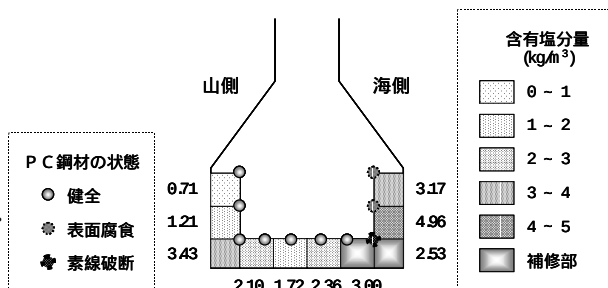


図-2 脱塩前の下フランジの塩化物イオン濃度分布

キーワード 電気化学的脱塩, PC橋, 塩素イオン濃度分布, 塩化物イオン, 固定塩分, 可溶性塩分

連絡先 〒105-0004 東京都港区新橋4-24-8 (株)富士ピー・エス技術本部メンテナンス室 Tel 03-3432-0836

ン量を過小に評価する可能性がある。拡散係数算出にはコア採取を、表面塩化物イオン濃度の算定には各部位から採取したドリル法によるデータを用いるなど、調査目的に応じ、適切な試料採取位置と方法を組み合わせるのが良いと考えられる。

4. 脱塩後の塩化物イオン濃度とその状態

通常、鉄筋コンクリート構造物ではコンクリート単位表面積あたり $1.0\text{A}/\text{m}^2$ の電流を 60 日間連続通電するが、本工事では P C 鋼材の水素脆化を抑制するため、通電サイクルを一週間あたり 4.4 日通電（月曜朝 8:00～金曜夕 17:00）、2.6 日休止（金曜夕 17:00～月曜朝

8:00）とし、 $1.0\text{A}/\text{m}^2$ の電流を 10 週間（計 44 日）通電した。施工期間は工事が厳冬期以前に終了するように定めた。

図 - 4 に脱塩前後の塩化物イオン濃度とその状態を示す。ここで固定塩分とは全塩分から可溶性塩分を差し引いた値である。各測点において、固定塩分、可溶性塩分は共に減少し、電気化学的脱塩による脱塩効果が確認された。脱塩後の全塩素イオン濃度は、一般に腐食限界塩化物イオン濃度と言われる $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ を超えているが、これは工程上の制約により積算脱塩日数が 44 日間と短くなったためと考えられる。また、脱塩前の塩素イオン濃度が高いほど脱塩量は大きくなり、特に可溶性塩分の減少が著しかった。塩分分析方法の性質上、固定塩分は全てフリーデル氏塩であるとは言えないが、可溶性塩分の減少は腐食性を低下させるものと考えられる。塩化物イオン濃度が低いほど腐食速度が遅くなり [3]、濃度差が小さいほどマクロセル腐食は生じにくいことから、脱塩によって弁天大橋の劣化速度は大幅に低下したと考えられる。

5. まとめ

本工事の脱塩は安全を第一に行われたが、今後は、通電量や通電方法・期間、通電後の腐食性について研究し、安全性と経済性の両立、脱塩の効率化を図る予定である。本論文をまとめると以下のとおりである。

- (1) 構造物の塩化物調査は調査目的に合わせて、試料採取位置と方法を適切に組み合わせるのが良い。
- (2) 電気化学的脱塩により可溶性塩分・固定塩分共に減少した。特に可溶性塩分の塩分減少が大きい。

最後に、高田工事事務所橋梁塩害対策検討委員会（委員長：丸山久一長岡技術科学大学教授）には、終始貴重な御助言を賜ったことを付記し、深謝の意を表します。

参考文献

- [1] 電気化学的防食工法設計施工指針（案）：土木学会，コンクリートライブラリー107，2001.11
- [2] PC 鋼材の水素吸蔵特性に着目したデサリネーション処理方法の検討：芦田公伸・上田隆雄・溝口茂・宮川豊章，土木学会論文集 No.641，V-46，pp231-240，2000.2
- [3] 海岸近くの大気中に位置するコンクリート構造物の鉄筋腐食進行評価手法：松村卓郎・金津努・西内達雄，土木学会論文集 No.634，V-45，pp303-314，1999.11

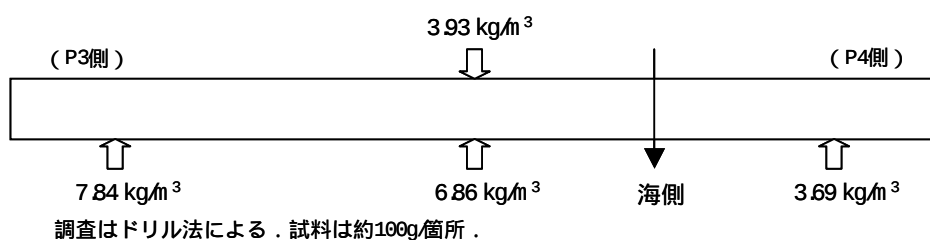


図 - 3 脱塩前の下フランジ橋軸方向塩化物イオン濃度分布

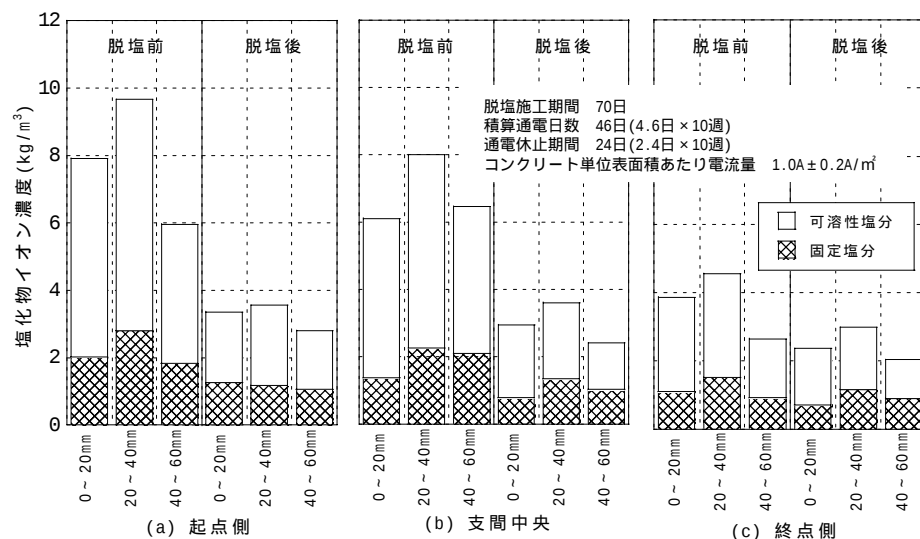


図 - 4 脱塩前後の塩素イオン濃度とその状態の変化