

栈橋上部工に適用したチタン溶射方式による電気防食工法の約6年半経過後の耐久性

東亜建設工業
ナカボーテック

正会員 ○網野 貴彦 正会員 川島 仁
正会員 大谷 俊介

1. はじめに

チタン溶射方式による電気防食工法は、コンクリート表面にアーク溶射等によってチタン皮膜層を形成し、直流電源装置を使用して皮膜層から鉄筋に電流を供給するものである。本工法は部材形状に左右されずに陽極を設置できる利点を有するが、港湾構造物では素地調整等の施工の難しさや海水飛沫による皮膜層の早期劣化が懸念され積極的に適用されていなかった。そこで筆者らは、チタン溶射の利点を港湾構造物に活かすことを目的に栈橋上部工の梁に試験的に適用した¹⁾。本稿では、約6年半の陽極性能や防食効果に関する調査結果を報告する。

2. 試験概要

試験施工を行った部位は神奈川県横須賀市に位置する栈橋上部工の梁である。梁底面は H.W.L. から約 1m 上方に位置し海水が時折飛沫する環境である。なお、梁底面にて深さ 1cm 範囲のコンクリートを採取し塩分分析を行ったところ、塩化物イオン濃度は 13.9kg/m^3 であった。

施工は 2010 年 9 月に梁の片側側面から底面にわたる 1.1m^2 に対して行った(写真-1 参照)。主筋位置に二酸化マンガン照合電極を予め埋設し、施工面を熔融アルミナブラストにより素地調整した後に、膜厚 $120\mu\text{m}$ のチタン材をアーク溶射した。また、陽極性能の安定化を目的にチタン皮膜上に触媒(活性化剤)を 400g/m^2 塗布し、通電点として皮膜上にチタン製プレートを設置した。

調査は通電開始から不定期に行っているが、2011 年 6 月から遠隔監視システムを導入し、1 日/回の頻度で直流電源装置の電圧と電流、鉄筋電位を、1 日/月の頻度で 24 時間後の復極量を自動計測している。また、遠隔監視開始と併せて、525、888、1279、2329 日後に陽極・鉄筋の分極特性、皮膜層の付着強度に関する詳細調査を行った。

3. 試験結果

通電電圧と通電電流密度の経時変化を図-1 に示す。電流密度は 1098 日まで約 10mA/m^2 としたが、電圧が四季の気温変動による増減のみでなく年を追うごとに上昇し、復極量が防食基準 100mV を十分に上回っていたこと(図



写真-1 試験施工箇所の概要

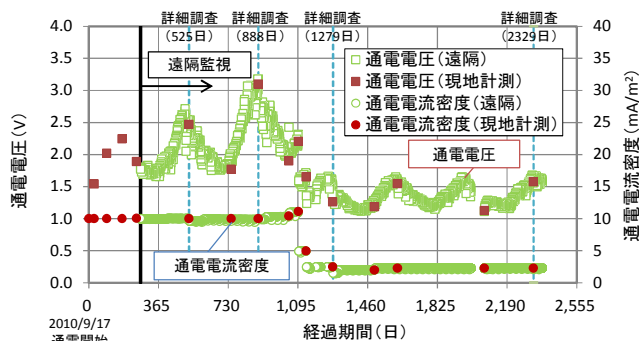


図-1 通電電圧、通電電流密度の経時変化

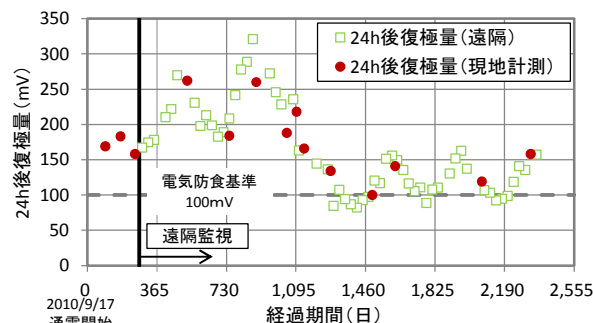


図-2 通電停止 24 時間後の復極量の経時変化

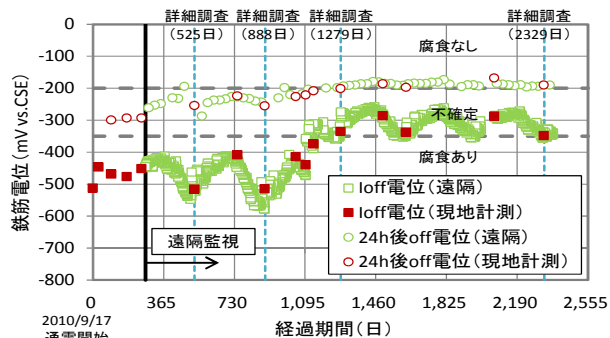


図-3 鉄筋の I_{off} 電位、24h 後 off 電位の経時変化

キーワード チタン溶射、電気防食工法、栈橋上部工、陽極性能、防食効果

連絡先 〒230-0035 横浜市鶴見区安善町1丁目3 東亜建設工業(株)技術研究開発センター TEL 045-503-3741

-2 参照) から約 $2.3\text{mA}/\text{m}^2$ まで低減させた。その結果、年毎の急激な電圧上昇の傾向は抑制されたが、夏期に防食基準に満たない復極量も計測された (図-2 参照)。今後、通電電流密度の再調整が必要と考えられる。

鉄筋電位の経時変化を図-3 に示す。インスタントオフ電位 (I_{off} 電位) は電圧に対応して変動したが、通電停止 24 時間後の電位 (24h 後 off 電位) は貴側に移行し、ASTM C 876 における腐食判定基準「90%以上の確率で腐食なし」の電位の下限値-200mV vs. CSE 付近で安定した。これより、本工法を長期間適用することにより、塩化物イオンを多く含む港湾構造物においても鉄筋周囲の腐食環境の改善を図れることがわかった。

陽極電位の経時変化を図-4 に示す。24h 後 off 電位はほぼ同じ値で推移したが、通電電流密度を $10\text{mA}/\text{m}^2$ とした 888 日の I_{off} 電位が著しく大きな値を示した。

図-5 の上段に鉄筋のカソード分極曲線を、下段に陽極のアノード分極曲線の測定結果を示す。なお、凡例の括弧は計測時の外気温を示すが、ここではほぼ同じ温度条件での結果を比較した。鉄筋のカソード分極曲線を見ると、通電期間が長くなるほど分極量が大きくなり、腐食環境の改善効果である分極抵抗の増加が確認された。一方、陽極のアノード分極曲線は、通電電流密度 $10\text{mA}/\text{m}^2$ を与えた 565 日から 888 日にかけての分極量の増加が著しく、陽極性能の低下が認められた。しかし、通電電流密度を $2.3\text{mA}/\text{m}^2$ に減少させた後の分極量はほとんど違いが見られなくなった。以上から、チタン溶射方式電気防食工法では過大な電流を印加するのは好ましくなく、特に塩化物イオンを多く含む港湾構造物では防食基準を満たすための電流密度を大きくする必要があることから、電流調整の管理には注意を要するものと考えられる。

皮膜層の付着強度試験結果を図-6 に示す。なお、試験は溶射皮膜上に $4\text{cm} \times 4\text{cm}$ の鋼製治具をエポキシ樹脂により接着し、翌日に建研式接着力試験器により行った。外観上は劣化の兆候は確認されていないが、部位によって付着強度の低下傾向は明確ではなく、施工時の溶射速度などのばらつきの影響と考えられた。今後も追跡調査を継続して傾向を明らかにする必要があると考えられる。

4. まとめ

栈橋上部工の梁に適用したチタン溶射方式による電気防食工法は、過大な通電電流を与えると陽極性能の低下が顕著になるが、約 6 年半の通電により十分な防食効果を発揮できていた。今後も通電を継続して、追跡調査を継続する予定である。

参考文献

- 1) 大谷俊介, 羽瀧貴士, 宮沢明良, 仲谷伸人: 港湾コンクリート構造物への金属溶射工法を用いた電気防食試験, 土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集, V-073, pp.145-146, 2013.9

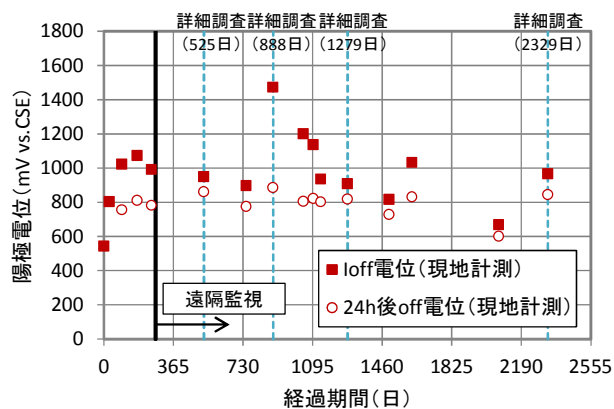


図-4 陽極の I_{off} 電位, 24h 後 off 電位の経時変化

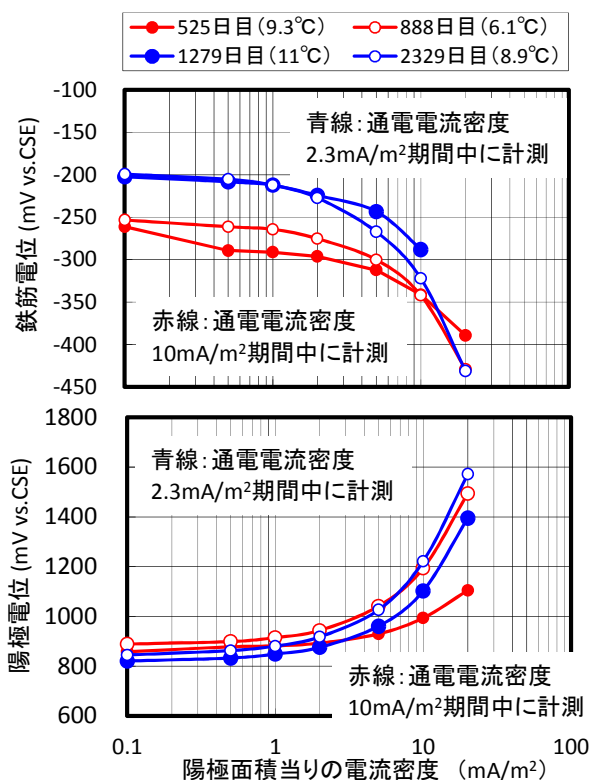


図-5 鉄筋および陽極の分極曲線

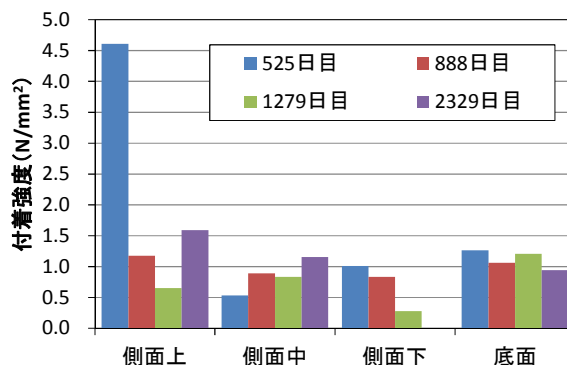


図-6 チタン被膜層の付着強度