

施工5年目を迎えた外部電源陽極方式の防食効果追跡調査

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○進藤 義勝
 西日本旅客鉄道(株) 正会員 吉田 隆浩
 (株)ナカボーテック 正会員 小城 守
 (株)レールテック 正会員 福岡 孝典

1. はじめに

本研究で対象とした橋りょう(以下、本橋りょう)は、岡山県西部湾内河口部の飛沫帯に位置する(写真-1)。2年毎に定期的な検査を実施し、2007年の詳細調査の結果、主桁下面に塩害による変状が認められた。2009年に断面修復とともに防食を目的として外部電源陽極方式(チタン溶射方式)による電気防食を施工した。今回、施工5年目を迎えるにあたり、鉄筋および陽極材の電気化学的測定や塩化物イオン量調査を実施し、電気防食効果を評価した。



写真-1 橋りょう全景

2. 構造物の概況

本橋りょうは、昭和15年しゅん功、RCT単線2主桁、支間8.5mであり、主桁下面に鉄筋露出およびかぶりコンクリートの浮きが生じていた。補修工法として、2009年に主桁下面全面に外部電源陽極方式の電気防食工法を適用した。

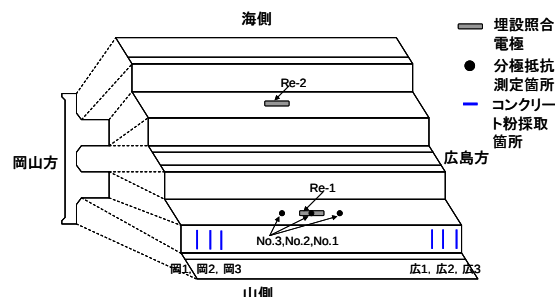


図-1 測定箇所

3. 施工5年目までの経時変化

施工直後、施工1年目および施工5年目までの防食電流密度、 E_{io} 、 E_{of} 、復極量、浴電圧の経時変化を表-1に示す。ここで、 E_{io} は電源を切断した直後の鉄筋の電位、 E_{of} は電源を切断してから24時間後の鉄筋の自然電位を表す。測定時期は季節変動による影響をなくするため冬場の同時期とした。表-1より復極量は、施工直後から施工5年目まで大きな変化は認められず、防食基準とされる100mV以上を確保している。防食電流密度は、時間が経過するほど減少しており、同一分極量を得るための必要な電流密度が減少していると考えられる。これは、浴電圧が経時的に増加していることから、コンクリート抵抗の増大が影響しているためと考えられる。

表-1 施工5年目までの経時変化

点検年月	防食電流密度 (mA/m ²)	E_{io} (mV)	E_{of} (mV)	復極量 (mV)	浴電圧 (mV)
2009年 3月	3.0	-519	-275(-159)	244	0.92
		-527	-274(-153)	253	
2010年 3月	1.6	-548	-273(-157)	275	1.44
		-503	-266(-150)	237	
2014年 2月	0.4	-576	-276(-160)	300	1.75
		-486	-252(-136)	234	

表中の値は MnO_2 測定値

上段: Re-1 下段: Re-2 ※カッコ内は CSE 換算値(25℃)

表-2 施工5年目の測定結果

測定位置	鉄筋			陽極(チタン溶射皮膜)		
	E_{io} (mV)	E_{of} (mV)	復極量 (mV)	E_{on} (mV)	E_{io} (mV)	E_{of} (mV)
Re-1	-576	-276 (-160)	300	1156	922	530 (646)
Re-2	-486	-252 (-136)	237	1244	1002	516 (632)
No.1	-581	-295 (-182)	286	990	885	504 (617)
No.2	-636	-244 (-131)	292	915	791	551 (664)
No.3	-583	-271 (-158)	312	985	877	496 (609)

表中の値は MnO_2 測定値

※カッコ内は CSE 換算値(25℃)

4. 施工5年目の測定結果

施工5年目の鉄筋の E_{io} 、 E_{of} 、復極量、陽極材の E_{on} 、 E_{io} 、 E_{of} の測定結果を表-2に示す。Re-1、Re-2は埋設照合電極を、No.1～3は外部照合電極を使用して測定した。鉄筋の復極量は、いずれの桁も電気防食基準の100mVを上回っており、良好な防食状態にあるといえる。また、鉄筋の E_{io} は、埋設照合電極と外部照合電極の測定結果の差が50mV程度であり、同程度といえる。この結果から、防食電流の分布は比較的均一であると判断できる。

キーワード 防食, 外部電源陽極方式, 復極量, 自然電位, 分極抵抗

連絡先 〒700-0024 岡山県岡山市北区駅元町1-3 TEL 086-223-0180 FAX 086-223-2078

5. 電気防食の評価

図-2に通電初期、および適用5年目に埋設照合電極で測定した鉄筋のカソード分極曲線を示す。図-2より、初期は海側桁と山側桁は同様の挙動を示していることがわかる。5年目では、カソード分極曲線における電位が変化するラインが左側へシフトしている。これは、溶存酸素の拡散限界電流密度が減少したためと考えられる。すなわち、表-1の防食電流が低下しているにもかかわらず復極量が増加したのは、鉄筋のカソード分極抵抗の増加が原因と推測した。

陽極のアノード分極曲線を図-3に示す。既往の文献¹⁾より、陽極システムが劣化した場合、分極曲線が左上に移行し、ある一定の電位にシフトしたときに流れる電流量が小さくなることが知られている。図-3では、おおよそ $0.1\text{mA}/\text{m}^2$ 以下ではアノード電位の変化が小さくなっていることがわかる。今後、本橋りょうにおいても、陽極材のアノード分極曲線が左上にシフトしていくと考えられることから、分極曲線の推移を確認していく。

鉄筋の分極抵抗から得られた腐食速度 No.1, No.2, No.3 は、 0.066 , 0.023 , $0.019\mu\text{A}/\text{cm}^2$ となった。いずれの測定位置においても CEB の腐食判定の閾値の $0.1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 以下を示しており、電気防食によって非常に小さい腐食速度に抑えられていることがわかる。

図-4 にポリマーセメントモルタル中に含まれる塩化物イオン含有量を示す。試料採取箇所は岡山方桁端近辺の側面3箇所、広島方桁端近辺の側面3箇所の計6箇所とした。測定箇所を図-1に示す。コンクリート粉採取深さはチタン溶射皮膜の内側から採取し、表面深さ $2\text{mm}\sim 20\text{mm}$ の箇所を採取した。本橋りょうは5年前に断面修復後、コンクリート表面から 20mm までをポリマーセメントモルタルで施工し、表面から 2mm をチタン溶射後、電気防食を施した。補修前のコンクリート躯体には最大 $3.1\text{kg}/\text{m}^3$ の塩化物イオン量含有されており、図-4より陽極材付近($2\sim 20\text{mm}$)には、最大で $1.7\text{kg}/\text{m}^3$ の塩化物イオン量が認められた。ポリマーセメントモルタル中には、施工当初、塩化物イオン量はほぼ含まれていないと推定されることから、陽極材付近に塩化物イオンが移動していると考えられる。標準的な脱塩工法の積算電流密度には達していないが、5年間長期的に電流を流すことによって、電気泳動による副次的脱塩効果の可能性がみうけられる。

6. まとめ

本橋りょうは施工5年目を迎えた現在においても、電気防食によって高い防食状態を維持している。陽極表面の防食電流の分布も均一であると推定される。また、陽極材付近の塩化物イオン含有量の結果から、副次的な脱塩効果の可能性が高いため、追跡調査を行い、その効果を検証したい。

参考文献

1) 杉ノ上大我・関博・青山敏幸：電気防食におけるコンクリート中に埋設した陽極材の急速通電による性能評価について、コンクリート工学論文集 Vol. 16, No. 1, p4-5, 2005年1月

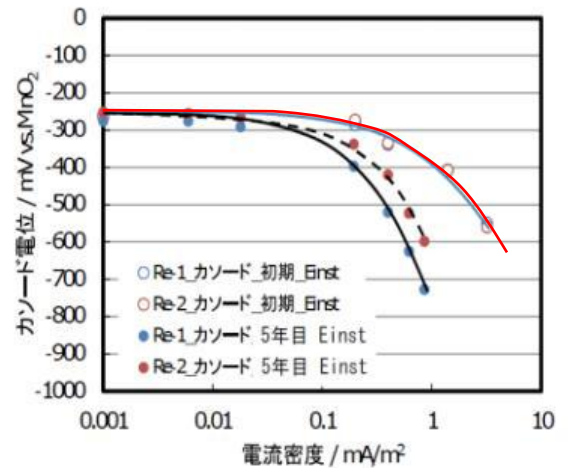


図-2 鉄筋のカソード分極曲線

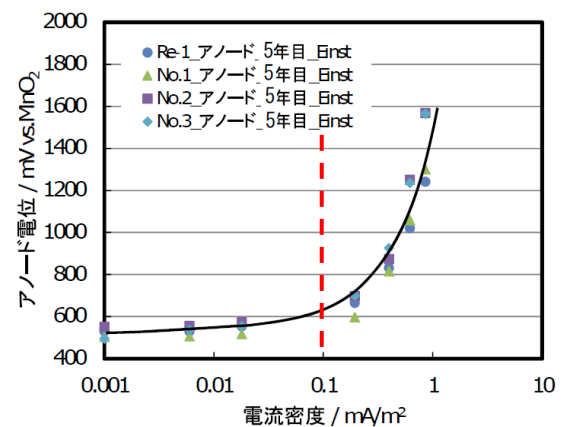


図-3 陽極のアノード分極曲線

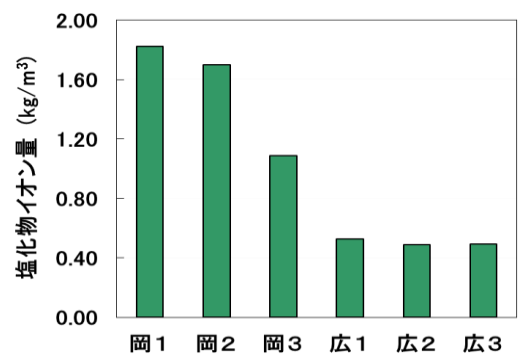


図-4 ポリマーセメントモルタル中の塩化物イオン量