

外部電源陽極方式に生じた外観変状の原因分析と防食効果追跡調査

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○梅原 琢也 三城 一晃 吉田 隆浩
 (株)レールテック 足立 真也
 住友大阪セメント(株) 正会員 鹿島 篤志

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、島根県西部の日本海沿岸部（海岸から約 50m）に位置し、1941 年に建設された RC 単純 T 桁橋である（写真-1）。本橋りょうは、上り線（海側）、下り線（山側）それぞれ 2 主桁で構成されている。飛来塩分による鉄筋腐食が著しく、2000 年 9 月に上り線桁、2007 年 12 月に下り線桁に、太陽電池を外部電源としたチタンメッシュ陽極方式による電気防食を施工した。

しかし、2007 年から 2009 年にかけて実施した調査結果において、上り線桁下面のオーバーレイ材に幅 3.0mm のひび割れや浮きが認められた。また、上り線桁の埋設照合電極から測定した復極量が 11mV、24mV を示し、防食基準となる 100mV 未満の値が認められた。本稿では、2011 年に実施した調査結果から、上り線桁に生じた電気防食システムの不具合の原因を考察するとともに、電気防食施工後約 18 年経過した上り線桁の防食効果を評価した。



写真-1 橋りょう全景

表-1 浮き部におけるコア削孔深さと浮き部深さ

部位	コア No.	コア削孔深さ (mm)	浮き部深さ (mm)
海側	E2-1	72	10
	E2-2	76	10
	E2-3	75	75
	E2-4	75	75
山側	E1-1	60	10
	E1-2	73	10

2. 電気防食システムに生じた不具合に関する調査（2011 年）

(1) オーバーレイ材の至近目視および打音調査

仮設足場を活用した至近目視及び打音調査の結果、多数のひび割れが認められ、施工面積全体の 71.5% の範囲で浮きが発生していた（図-1）。

(2) オーバーレイ表面から浮き部までの深さに関する調査

浮きの原因を把握するため、浮き部においてコアを採取し、浮きが発生している深さ位置を調査した。コアを採取した位置については図-1 に併せて示している。浮き部におけるコア削孔深さおよび浮き部深さを表-1 に、調査に関する概略図を図-2 に、桁表面の状況を写真-2 に示す。ここで、コア削孔は鉄筋位置で止めているため、コア削孔深さは鉄筋位置までの深さを示している。また、浮き部深さはコア削孔面におけるオーバーレイ表面からひび割れが目視で確認できる位置までの距離を示している。表-1 より、コア削孔深さは 60～76mm を示しており、今回の調査範囲においては、鉄筋のかぶりは 60 mm 以上確保されているものと考えられる。また、施工当時、チタンメッシュ陽極は鉄筋かぶりを 15～20mm

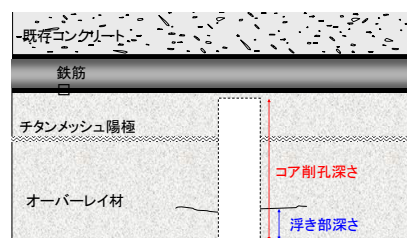


図-2 浮き部深さ調査模式図

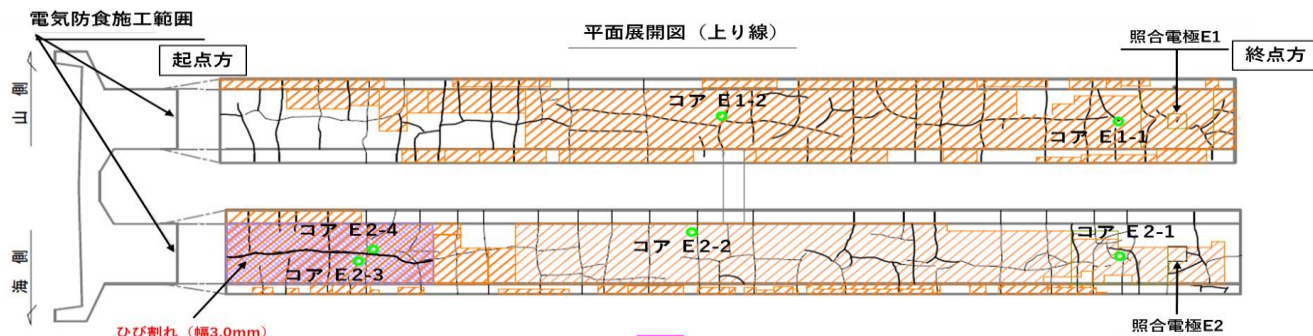


図-1 打音調査結果（※ 深部浮き、浮き）

キーワード 防食、外部電極方式、外観変状、照合電極、分極抵抗

連絡先 鳥取県米子市目久美町 1 番地 西日本旅客鉄道(株) 米子土木技術センター TEL (0859) 32-0214

確保する設計としているため、オーバーレイ材表面からチタンメッシュ陽極までの距離は 40～45mm 程度以上あるものと推測される。表-1 に示す浮き部深さの結果から、起点方で軸方向に発生している幅 3.0mm のひび割れ近傍の E2-3, E2-4 以外の浮き部深さが 10mm であることが確認され、オーバーレイ材表面に見られるひび割れや浮き部の多くの範囲は、チタンメッシュ陽極より表面側で浮きが発生しているものと推測される。また、E2-3, E2-4 の浮き部深さはコア削孔深さと一致するため、鉄筋近傍で浮きが発生しているものと考えられるが、近傍に発生している幅 3.0mm の顕著なひび割れから腐食に伴う錆汁等は認められていない。ここで、施工時のはつり状況を写真-3 に、E2-4 の採取コアを写真-4 に示す。写真-3 より、本橋りょうの補修は、鉄筋表面付近まではつりとなっており、写真-3 より、コアはすべて断面修復材であることから、コア削孔深さが断面修復材と既設コンクリートの施工界面であると考えられる。

以上の結果を踏まえ、ひび割れや浮きの原因は、鉄筋の腐食によるものではないと考えられる。ひび割れの多くは、ノンポリマーの断面修復材が使用され、施工当時の仕様では、施工目地を設けていないため、乾燥収縮によって発生したものと考えられる。浮きは、表層部は断面修復材層間界面における下層部のドライアウトにより、深層部は、母材と断面修復材間に打継ぎ処理としてプライマーが使用されておらず、断面修復材からの急激な水分吸収により付着力が低下し、生じたものと考えられる。

(3) 内部照合電極の動作状況

照合電極埋設箇所近傍にコア削孔を行い、校正された外部照合電極を設置して施工時に埋込んだ内部照合電極との電位差を測定した。測定の結果、内部照合電極と外部照合電極の測定値に 80 mV, 177mV の差が認められ、施工後約 10 年を経過した時点において、内部照合電極の不具合が確認された。

(4) 通電確認試験

内部照合電極の不具合が確認されたため、外部照合電極を用いて通電確認試験を実施した。通電確認試験では、鉄筋の自然電位（通電前電位）を測定した後に 1 時間程度の通電を行い、ON 電位、インスタントオフ電位を計測した。ここで、通電前電位からインスタントオフ電位を引いた値を分極量として評価した。測定結果を表-2 に示す。通電確認試験では 1 時間程度の通電ではあったものの、通電によって電位が卑側に変化することが確認されたため、オーバーレイ材に変状が認められるものの、電気防食の機能としては確保されているものと考えられる。



写真-2 桁表面の状況



写真-3 施工時のはつり状況



写真-4 採取コア (E2-4)

表-2 通電確認試験結果
(mV vs. CSE)

回路	E1	E2
通電前電位	-305	-378
ON 電位	-393	-690
インスタントオフ電位	-377	-401
分極量	+72	+23

3. 防食効果の評価 (2018 年 11 月)

2. で実施した調査以降、太陽電池を用いた直流電源装置から電流が供給されていない状態が確認されたため、2017 年 12 月に商用電源を用いた直流電源装置に更新した。電気防食施工後約 18 年経過した 2018 年 11 月に、上り線桁の電気防食効果を評価するため、主桁海側の E2 近傍において、外部照合電極を用いた復極量試験と交流インピーダンス法による分極抵抗測定を実施した。測定の結果、復極量は 179mV、分極抵抗は 215.4kΩcm を示し、防食状態にあるものと考えられる。なお、ひび割れから錆汁等も認められていない。

4. まとめ

電気防食システムの被覆モルタルやモニタリングシステムに不具合は認められるものの、防食効果は維持されていることを確認した。引き続き、ひび割れ、浮きの進展および防食効果を確認しながら、電気防食システムの更新を検討していく予定である。