

中性化と内的塩害を受けた鉄筋コンクリート構造物へ適用した電気防食工法の追跡調査

(株) レールテック 正会員 ○白濱 康弘
 西日本旅客鉄道(株) 正会員 前田 勝幸
 (株) レールテック 正会員 大江 崇元
 西日本旅客鉄道(株) 正会員 荒木 弘祐

1. はじめに

電気防食工法は、コンクリート内部の鋼材に外部より陽極を通じて継続的に直流電流を流し、電気化学的反応によってコンクリート構造物の鋼材腐食による劣化を抑制する防食工法である¹⁾。JR 西日本では、平成 15 年度に、表-1 に示す 6 工法の試験施工を行った。当該箇所のコンクリートの劣化状況は表-2 に示すとおりで、中性化と内的塩害を受けている。既報²⁾では、本試験施工での防食電流の設定方法や復極量の経時変化を報告している。本報では、通電から 2 年経過した時点における当該箇所の復極量などの追跡調査の結果を示し、現時点における防食効果について述べる。

表-1 適用した電気防食工法

床版 No.	工法	陽極方式			施工面積 (m ²)	初期電流密度 (mA/m ²)
		面状	線状	点状		
1	チタン溶射	●			32.8	5.0
2	リボンモール		●		33.3	15.0
3	チタンロッド			●	32.8	10.0
4	導電性モルタル	●			32.8	10.0
5	チタントレイ		●		33.3	15.0
6	チタングリッド		●		32.8	9.0

本試験施工では、健全なコンクリート部分は、母材コンクリートを存置し、変状箇所に対してのみ断面修復を施工した。そのため、均一な電流密度とするためには、母材コンクリートと同程度の比抵抗となる材料を選定する必要がある。母材コンクリートと断面修復材の比抵抗の経時変化を図-1 に示す。各工法を施工した箇所において、ある程度ばらつきはあるものの、母材コンクリートの比抵抗は平均で 150kΩ・cm 程度であった。一方、断面修復材については、いずれの工法についても、施工後、徐々に比抵抗が増加する傾向が認められた。季節的な変化に着目すると、秋から冬にかけて比抵抗が増加する傾向が認められ、春から夏にかけて比抵抗が減少する傾向が、母材および断面修復材ともに認められた。この理由は、当該地域は冬になると空気が乾燥し、これに伴ってコンクリートも乾燥するために比抵抗の値が増加したと考えられる。また、施工後約 1.5 年を経過した時点においては、各工法とも母材と断面修復材の比抵抗の差は小さくなっており、均一な電流密度とするための条件をどの工法も有していると判断できる。

2. 追跡調査の結果

2.1 母材および断面修復材の比抵抗

本試験施工では、健全なコンクリート部分は、母材コンクリートを存置し、変状箇所に対してのみ断面修復を施工した。そのため、均一な電流密度とするためには、母材コンクリートと同程度の比抵抗となる材料を選定する必要がある。母材コンクリートと断面修復材の比抵抗の経時変化を図-1 に示す。各工法を施工した箇所において、ある程度ばらつきはあるものの、母材コンクリートの比抵抗は平均で 150kΩ・cm 程度であった。一方、断面修復材については、いずれの工法についても、施工後、徐々に比抵抗が増加する傾向が認められた。季節的な変化に着目すると、秋から冬にかけて比抵抗が増加する傾向が認められ、春から夏にかけて比抵抗が減少する傾向が、母材および断面修復材ともに認められた。この理由は、当該地域は冬になると空気が乾燥し、これに伴ってコンクリートも乾燥するために比抵抗の値が増加したと考えられる。また、施工後約 1.5 年を経過した時点においては、各工法とも母材と断面修復材の比抵抗の差は小さくなっており、均一な電流密度とするための条件をどの工法も有していると判断できる。

表-2 当該高架橋のコンクリート劣化状況

床版 No.	かぶり (mm)	中性化深さ (mm)	全塩化物イオン量 (kg/m ³) ^{※1}	中性化残り ^{※2} (mm)
1	27	18	1.1	9
2	29	25	1.1	4
3	27	19	1.1	8
4	25	19	1.1	6
5	25	16	0.9	9
6	24	23	1.6	1

※1 コンクリート表面から 3cm の位置における測定値
 ※2 「中性化残り」= 「かぶり」- 「中性化深さ」

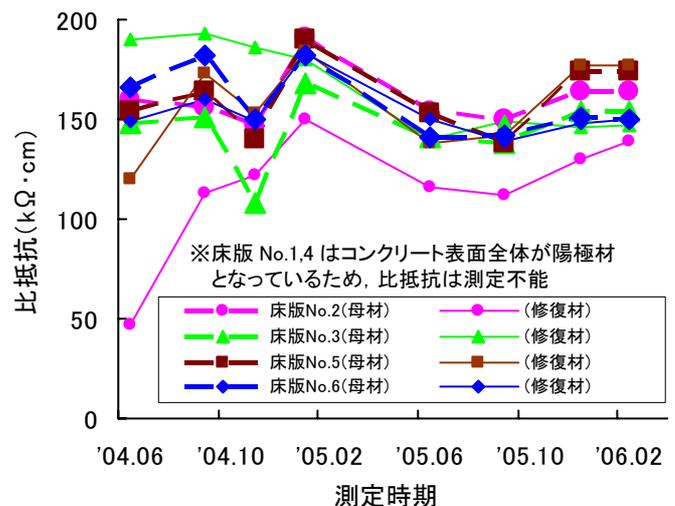


図-1 母材コンクリートと断面修復材の比抵抗の経時変化

キーワード 中性化, 内的塩害, 電気防食, 復極量, 比抵抗

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5 丁目 4 番 20 号 (株) レールテック TEL06-6889-2873

2.2 分極曲線

直流電源装置から流す防食電流量を設定するために、分極試験を行って、分極量（電位の変化量）が 100mV 以上となるように電流密度を決定する。通電調整を行うために実施した分極試験の結果について、チタントレイ方式の例を図-2 に示す。通電開始直後の 2004/7 時点では、分極量 100mV 以上を確保するために、電流密度を $15\text{mA}/\text{m}^2$ と設定していたが、その後、夏期から秋、冬期へと時間の経過とともに、同一分極量を得るために必要な電流密度が減少していくことがわかる。しかし、冬期から夏期へと経過すると、再び、同一分極量を得るために必要な電流密度が増加することがわかる。つまり、冬期には分極抵抗が増加し、夏期には減少するという、季節間での変動が繰り返されていることが確認できる。

2.3 復極量

電気防食装置の機能の確認は、防食電流密度が $1\sim 30\text{mA}/\text{m}^2$ 程度の範囲で、復極量が 100mV 以上という防食基準を用いて評価することが示されている¹⁾。各工法の復極量の経時変化を図-3 に示す。いずれの工法も通電期間を通じて、おおむね復極量が 100mV 以上確保されており、電気防食装置が正常に機能していることがわかる。ただし、チタングリッド方式については、通電開始 1 年前後で復極量 100mV が確保できていない時期があった。その理由は、定格電圧上限での運転となり、電流量が減少したため、復極量が減少してしまったものと考えられる。また、復極量の経時変化をみると、夏期から冬期にかけて復極量は増加し、夏期から冬期にかけては減少している。通常、防食電流の調整は、通電開始後 1 年間は年に 2 回程度行うことが望ましいとされている¹⁾。しかし、図-3 をみると、工法によっては復極量の差が 100mV 程度あり、防食電流を初期値の設定のままとした場合は、母材コンクリートや断面修復材の比抵抗の増加によって、鉄筋の分極量が大きくなり、過大な分極量となる可能性が考えられる。したがって、季節間の変動を考慮した防食電流を設定していくことが重要であると考えられる。

3. まとめ

試験施工の追跡調査の結果から、いずれの工法の電気防食工法も適切に防食機能を発揮していると考えられる。また、外観目視や打音点検の結果、断面修復施工箇所に乾燥収縮と考えられるひび割れが認められるものの、錆汁など鉄筋腐食に起因する変状は認められない。したがって、今後も季節間の変動を把握して、時期に応じた防食電流を設定することで、防食効果が持続していくものと期待される。

参考文献

- 1) 土木学会：電気化学的防食工法 設計施工指針（案），コンクリートライブラリー107号，2001.11
- 2) 前田ら：かぶりコンクリートが高比抵抗を有する場合の電気防食の復極量経時変化，土木学会第 60 回年次学術講演会，V-167，2005.9，pp.333-334

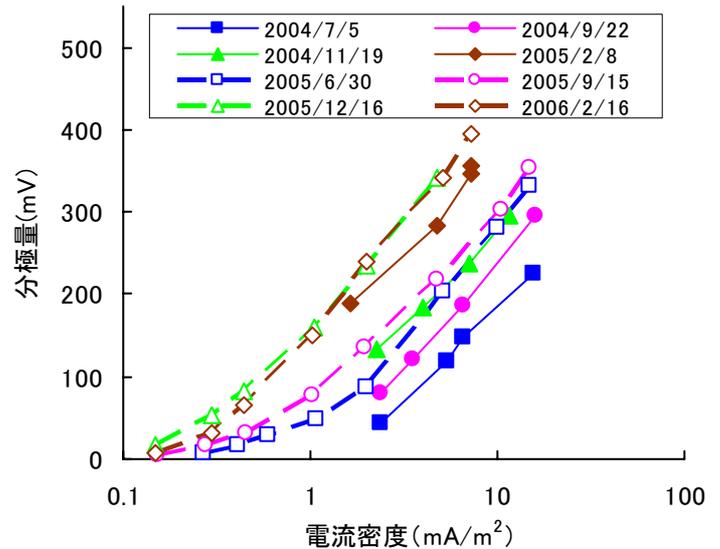


図-2 分極曲線の経時変化（チタントレイ）

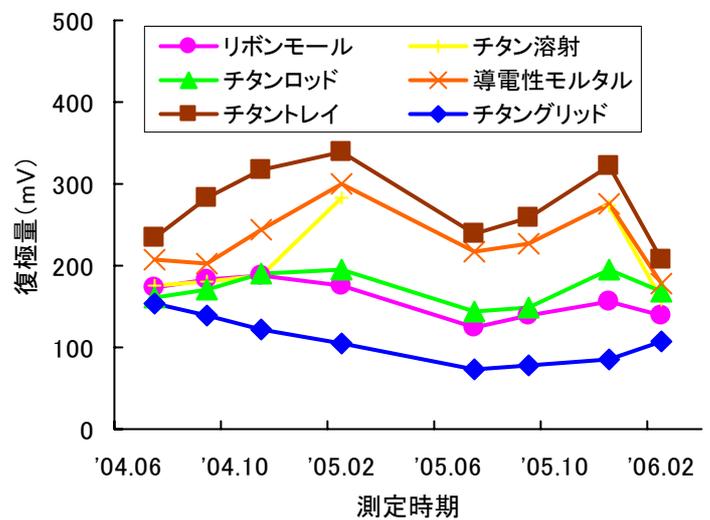


図-3 復極量の経時変化