

凍結防止剤で劣化したPC橋への流電陽極方式電気防食の適用に関する検討

(株)ピーエス三菱 正会員 博(工) ○青山 敏幸
 (株)ピーエス三菱 正会員 博(工) 鴨谷 知繁
 (株)ピーエス三菱 正会員 工博 石井 浩司

Abstract : A lot of antifreezing agent like CaCl_2 and NaCl are used for winter road management. The snow-melt water contaminated them leaks through expansion joint of PC bridges, then local chloride induced deterioration is caused in girder end. There are concern that corrosion of the PC tendons is induced and safety performance of PC bridge begins to degrade. Nevertheless, there is no method which has advantages in both cost performance and repair procedure. Then, the authors proposed the countermeasure for this deterioration using sacrificial anode protection systems. In this paper the performance of the repair methods and the applicability for actual bridges are examined based on 12-months electronic monitoring on specimen.

Key words : Cathodic Protection, Sacrificial Anode, PC bridge , Antifreezing Agent

1. はじめに

近年、寒冷地にある道路橋では、路面凍結防止対策として凍結防止剤が多量に使用されており、伸縮装置からの漏水による主桁端部の局所的な塩害劣化が報告されている。特にPC橋では、PC鋼材の腐食が生じる可能性があり早急な対策が求められているが、施工性とコスト面に優れた補修方法が確立されているとは言い難い。著者らは既報¹⁾において、塩害対策として電気防食工法、なかでも外部電源が不要なため、主桁端部のように対象面積が小さい場合に有利な流電陽極方式を用いた補修方法を考案した。本稿では約1年間の電気化学的測定結果より、その適用性を実験的に検討したことについて報告する。

2. 考案した補修方法の概要

考案した補修方法の適用概要図を図-1に示す。塩害の原因となる主桁背面からの漏水と、コンクリート中への塩化物イオンの浸透・拡散に対し、本工法は棒状の流電陽極を端支点横桁内部に橋軸方向に埋設し、主桁端部に向けて防食電流を通電させることで、鋼材の腐食を防止するものである。

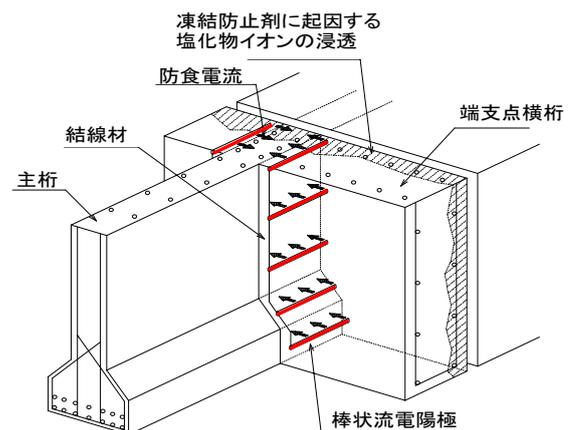


図-1 補修方法の適用概要図

3. 実験概要

試験体はPCT桁の端部付近を模擬したもので、図-2に示すようにプレテンション方式を想定したシリーズI、ポストテンション方式を想定したシリーズIIの2種類とした。コンクリート表面積および鉄筋表面積は実際のPCT桁を想定し、PC鋼材、スターラップ筋としてφ13mmみがき丸鋼、シースとしてφ65mm鋼管をそれぞれ代用した。鋼材は、塩ビ管を介して電氣的絶縁を確保した数本の鋼材（ピース）を1本に組立てたものとし、各鋼材の両端に流入または流出電流測定用のリード線を取り付け、試

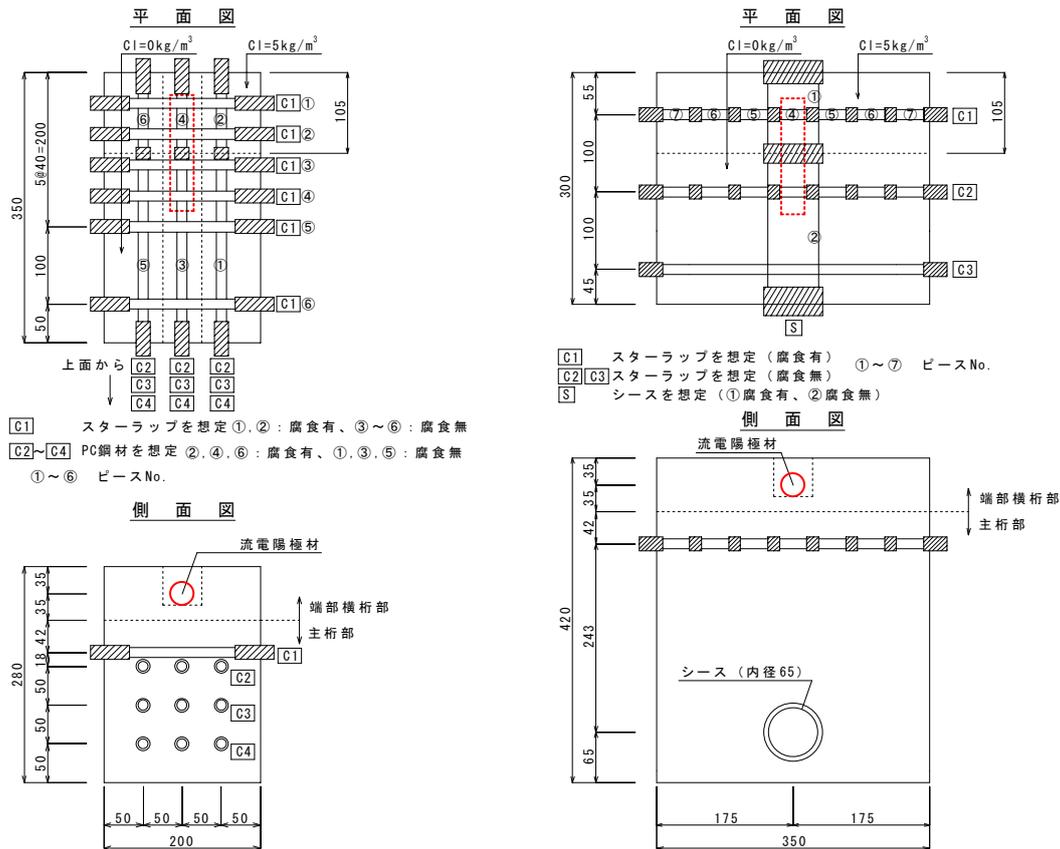


図-2 試験体概要図 (左: シリーズ I, 右: シリーズ II)

試験体外部で電氣的に一体化させた。試験片を構成するピースは鉄筋位置No. とピースNo. で表示される。コンクリートはW/C=42%の早強コンクリートを使用した。塩害劣化範囲は主桁端部から約100mmの位置までと仮定し、5kg/m³の塩化物イオンを含んだコンクリート、5%NaCl水溶液を2回/日、2ヶ月間散布することで腐食させた鋼材 (腐食減量約40mg/cm²) をそれぞれ使用することで塩害劣化を模擬した。また流電陽極材は亜鉛を多孔質のセメントモルタルで包んだ市販品 (φ29mm×135mm) を使用し、かぶり20mmとなるように試験体に設置した。試験体は、鋼材および陽極材の電位等が暴露環境に及ぼす影響を確認するため、屋内に約8ヶ月間、その後屋外に約4ヶ月間暴露し、流電陽極材から発生する電流量、鋼材に流入・流出する電流量および復極量を測定した。鋼材および陽極材の電位は、可搬式照合電極を用いて、コンクリートの表面から測定した。

4. 実験結果と考察

4.1 防食電流量

図-3に流電陽極から発生する電流量の経時変化を示す。通電開始直後は、1000μA程度発生していたが30日後には1/2程度に減少し、その後150日程度まで横ばいであったが、屋内暴露終了までさらに電流量が減少した。屋外暴露後は雨水がコンクリート表面にかかりコンクリートの含水率が増加した影響などにより電流量が増加傾向にあるものの、通電開始から約1年経過した時点では通電開始直後の1/3程度にとどまっている。これは流電陽極からの防食電流により、各ピースのカソード分極性状が改善されたことに起因すると考えられる。

シリーズ I とシリーズ II とを比較すると、屋内暴露期間において差が生じている。この原因として、試験体内に配置されている鋼材の表面積や、配置状況の相違の他に、図-4において流電陽極材の自然電位に200mV程度の差が生じているように、両試験体で流電陽極の起電力が異なったことが考えられる。

測定開始直後は両試験体の流電陽極の自然電位はほぼ同じ値であり、雨水のかかる屋外暴露に変更後は測定回数が少ないものの、再び自然電位の差が減少していることから、屋内暴露期間中に流電陽極周辺の環境、例えば被覆モルタルの含水率に差が生じた可能性がある。

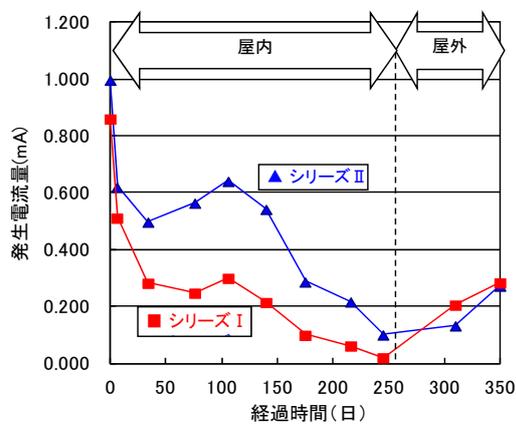


図-3 流電陽極材から発生する電流量

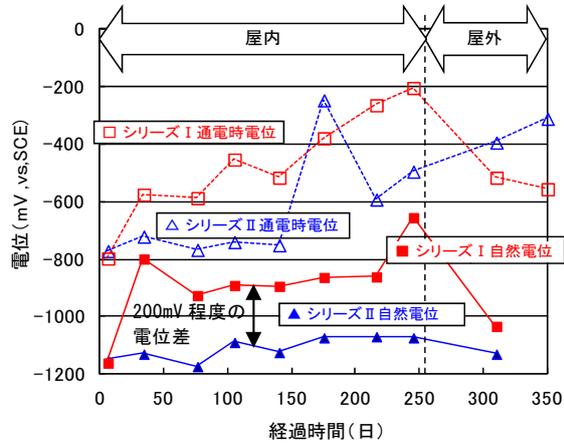


図-4 流電陽極材の電位 (通電時電位, 自然電位)

4.2 復極量および流入・流出電流量

復極量の経時変化を図-5 に示す。シリーズ I は鋼材ピースが多いため、鋼材の種類や腐食状況、流電陽極からの距離の相違が顕著な鋼材の値を抜粋して示した。シリーズ I とシリーズ II の共通点として、鋼材の種類にかかわらず、概ね同程度の復極量が得られていることが挙げられる。次に、シリーズ I とシリーズ II とを比較すると、図-3 において発生電流量の大きかったシリーズ II は、やや主桁端部の塩害部シースの値が小さいものの、主桁端部の塩害部、健全部にかかわらず防食基準である 100mV を全期間満足しており良好な防食状態であると判断される。一方、発生電流量の小さかったシリーズ I については、防食基準を満足する時期は断続的である。これは上述のように、流電陽極の自然電位がシリーズ II のように十分卑な値にならず、防食基準を満たすのに十分な電圧差が得られなかったことが一要因としてと考えられる。一般に、流電陽極の防食効果には周辺環境が影響する²⁾ため、流電陽極の設置環境については、十分な留意が必要であると言える。今後さらに屋外暴露条件にてモニタリングを継続し、雨水等により流電陽極の自然電位が卑に移行し、それに応じて各ピースの復極量が増大するかについて確認する予定である。

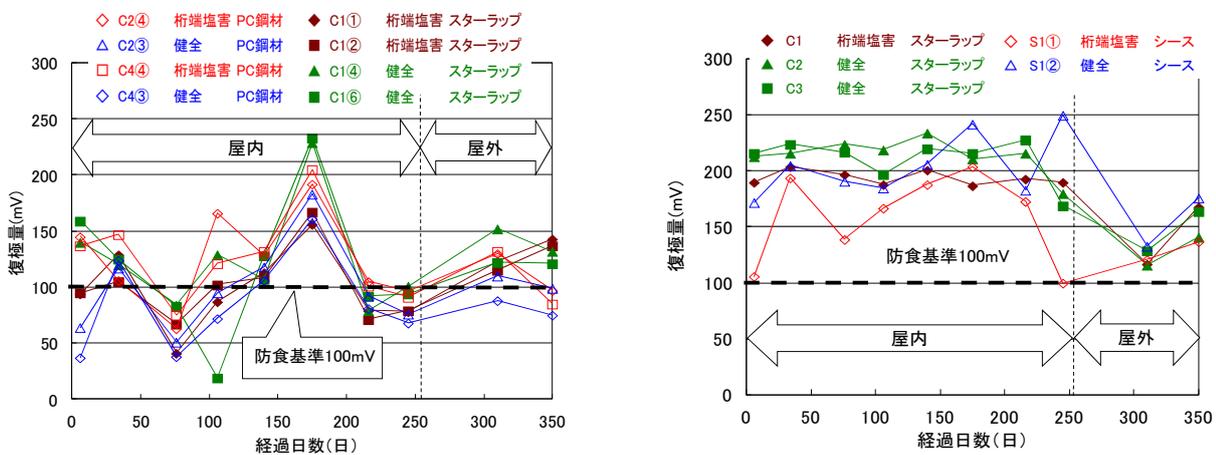


図-5 復極量 (左: シリーズ I, 右: シリーズ II)

次に、鋼材の流入・流出電流密度の経時変化を図-6に示す。シリーズIは図-5と同様に鋼材の種類や腐食状況、流電陽極からの距離の相違が顕著な鋼材を抜粋して示した。またシリーズIIについては、C1鋼材の7ピースの内、最小値と最大値を抜粋して示した。シリーズI、シリーズIIの共通点として、流電陽極があるにも関わらず、健全鋼材（図中の青色および緑色で示す部分）の防食電流密度はほぼ0であるのに対し、シリーズIのC2④において一部例外があるものの、主桁端部の塩害領域にある鋼材（図中の茶色および赤色で示す部分）には、大きな防食電流が流入していることが挙げられる。この傾向は概して、塩化物イオンをコンクリートに混入したことにより桁端塩害部のコンクリート比抵抗が健全部と比較して小さくなったこと、また、主桁端部の塩害部の腐食鋼材の方が、健全鋼材よりも分極抵抗が小さいことによると考えられる。このように、流電陽極からの防食電流が塩害劣化領域に優先的に流れたことが要因となり、図-5に示すように、条件の異なる各鋼材において概ね同程度の復極量が得られたと考えられる。

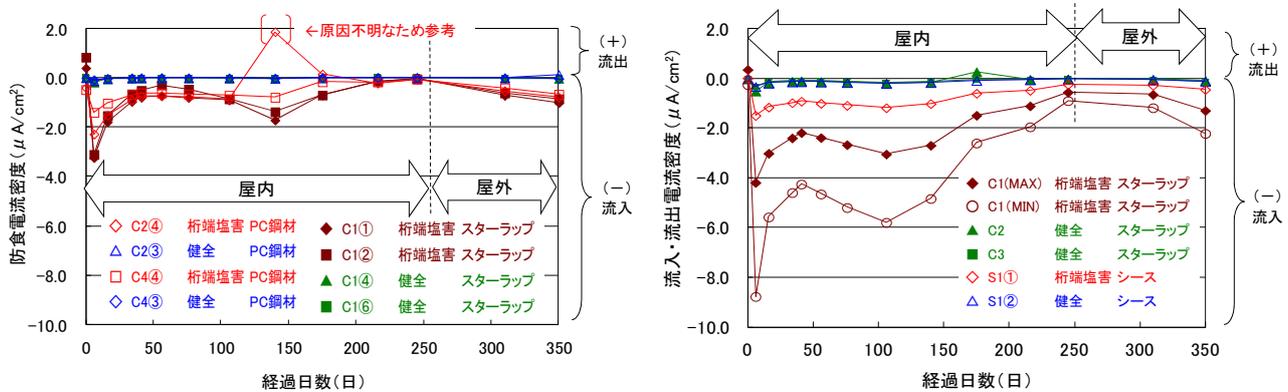


図-6 鋼材の流入・流出電流密度 (左：シリーズI，右：シリーズII)

5. まとめ

凍結防止剤によるPC主桁端部の局所的な塩害劣化に対し、棒状の流電陽極を端支点横桁内部に橋軸方向に埋設し、主桁端部に向けて防食電流を通電させる方法を考案し、PCT桁端部付近を模擬した試験体において、約1年間の電気化学的測定を行なった結果を以下にまとめる。

- 1) 流電陽極から発生した防食電流はほぼ経時的に減少しており、鋼材の分極性状の回復が示唆された。
- 2) 流電陽極から発生した防食電流は主桁端部のの塩害領域に対して優先的に流れた一方、健全部に対しては微少であった。その結果、条件の異なる全ての鋼材でほぼ同程度の復極量が得られた。
- 3) シリーズIIは全期間において鋼材条件にかかわらず防食基準である100mV以上の復極量が得られて、おり考案方法による防食効果が認められた。ただしシリーズIについては、復極量が十分に得られておらず、今後電気化学的測定を継続し、流電陽極の自然電位と復極量の関係について更なる検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 石井浩司，鴨谷知繁，青山敏幸：凍結防止剤で劣化したコンクリートの電気防食に関する実験的検討，プレストレストコンクリート技術協会第20回シンポジウム論文集，pp.25-28，2011.
- 2) 青山敏幸，阿部正美，濱田秀則，福手勤，関博，井川一弘：海洋環境下にあるプレテンション方式PC構造物への電気防食の適用に関する研究－暴露10年結果報告－，港湾空港技術研究所資料，No. 1008，2001. 9