

# リパッシブ工法によるグラウト再注入を行った PC 橋の長期モニタリング

技術本部 技術部 白水祐一  
 技術本部 技術部 メンテナンス技術グループ 深川 柊  
 株式会社ニューテック康和 技術部 鴨谷知繁

**概要：** 冬季において凍結防止剤が散布される地域に位置する PCT 桁橋において、グラウト充填不足部と PC 鋼材の腐食が確認され、リパッシブ工法（亜硝酸リチウム水溶液先行注入型のグラウト充填工法）が適用された。補修時にグラウト充填不足部の PC 鋼材近傍にセンサを配置し、グラウト再注入工事から 10 年間の自然電位計測を実施した。その結果、シース内への多量な塩化物イオン (Cl-) の侵入や PC 鋼材の腐食がある場合においても、自然電位は腐食無しの状態を維持しており、良好な補修効果を維持していることを確認した。

**Key Words：** 亜硝酸リチウム, 自然電位, PC グラウト再注入, PC 橋

## 1. はじめに

写真-1 に M 橋の外観を、表-1 に橋梁概要を示す。M 橋は、兵庫県中部地域に架設された橋梁で、凍結防止剤使用環境下のポストテンション方式 PC 単純 T 桁橋である。この M 橋は現在も供用されており、これまでの点検から主桁ケーブルに沿ったひび割れや白色析出物が主桁ウェブで確認されていた。そこで、削孔調査を行い、シース内のグラウト充填状況と PC 鋼線の腐食状況についての詳細調査が行われた。補修前の調査では上縁定着部において、グラウト充填不足が多くのケーブルで発生しており、凍結防止剤に含まれている Cl<sup>-</sup> がケーブル内に浸入したことによる PC 鋼線の腐食も確認された。この PC 鋼線の腐食が進行すれば、鋼線が破断する可能性が高くなり橋梁の信頼の低下が懸念されるため、リパッシブ工法による PC グラウト再注入が適用されることとなった。これに対して、鴨谷ら<sup>1)</sup>は 4 年半にわたり継続的に自然電位モニタリングを実施し良好な補修効果があると確認している。本研究では、補修後 10 年が経過した状態における自然電位モニタリングを実施し、過年度の結果と合わせて考察を行った。



写真-1 M 橋外観

表-1 M 橋概要

橋梁形式	ポストテンション方式PC単純T桁橋
竣工時期	昭和37年(1962年)
橋長	23.350m
有効幅員	6.500m
主桁本数	6主桁
設計荷重	T-20
PC 鋼材	主方向12φ7



白水祐一



深川 柊



鴨谷知繁

## 2. 試験内容

### 2.1 概要

自然電位測定は、過年度の測定と同様の機材であるガルバナスタッドを用いて行った。腐食程度を考慮するため、鴨谷からはグラウト充填不足部の鋼線束の表面のCl量をClイオン量判定試薬を用いて測定した。表-2<sup>2)</sup>にモニタリング対象のPCケーブルを示す。鋼線表面の錆にClが検出されなかったものをNo.1、微量に検出されたものをNo.2, No.3, 多量に検出されたものをNo.4, No.5, No.6とし、合計6ケーブルを対象とした。

また測定箇所は、図-1<sup>1)</sup>のNo.4 センサ設置箇所のように、各ケーブルにおいて補修部(グラウト再注入部)と境界部(新旧グラウト境界部)、および既設部(既設グラウト充填部)とした。

表-2 モニタリング対象ケーブル<sup>2)</sup>

No.	桁	ケーブル	定着	シース内塩分量	PC鋼材腐食状況
No.1	G2	C4	上縁定着	無	
No.2	G5	C3	上縁定着	微小	
No.3	G5	C2	上縁定着	微小	
No.4	G2	C1	上縁定着	多量	
No.5	G6	C2	上縁定着	多量	
No.6	G6	C2	上縁定着	多量	

### 2.2 自然電位測定結果

今年度新たに測定を行った測定データを加えた、M橋の自然電位の経時変化を図-2に示す。測定データのうち、腐食反応が活性化すると考えられる夏季に測定された値のみを抜粋している。補修部については2014~2016年において値の変動が大きいものの、それ以外では安定的なデータが得られており、グラウト再注入から10年が経過した2024年においてもASTM基準<sup>3)</sup>では90%以上の確率で腐食無しの電位を示し、良好な補修効果が得られていることが確認できる。また、表面の錆にClが検出されなかったNo.1と比較し、Clが検出されているNo.2~No.6において貴な値を示すものがほとんどであり、Clが多量に含まれている場合においてもNo.1同様長期にわたる補修効果が得られていると推察される。

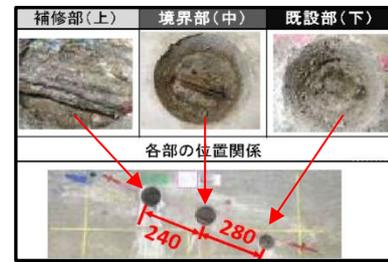


図-1 No.4 センサ設置箇所<sup>1)</sup>

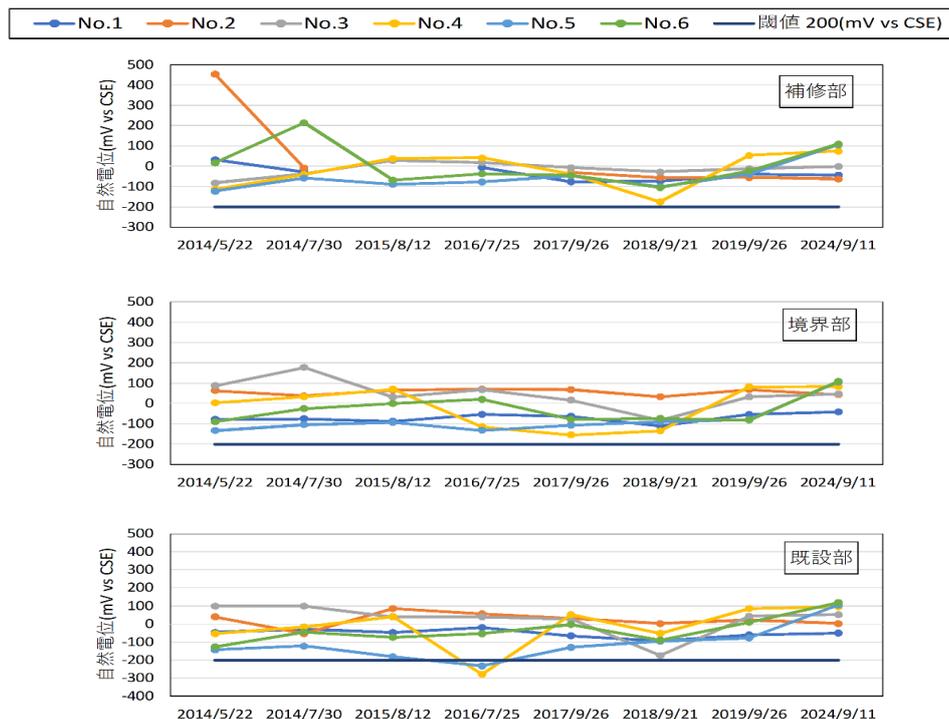


図-2 自然電位の経時変化

### 2.3 グラウト打継近辺の電位計測結果

温度上昇により腐食反応が活性化すると考えられる夏季に測定されたデータにおいて、補修部、既設部および境界部で比較したものを図-3 に示す。No.1 について、境界部の自然電位がやや卑な傾向を示しており、マクロアノードであると推察されるが、電位差は最大 50mV 程度であり、一般的にグラウト内部にあり腐食を生じていない鋼材は不動態化している。そのため、僅かなアノード電流で大きく分極することから境界部をマクロアノードとするマクロセル腐食電流は十分小さいと考えられる。No.2, No.3 については全体的に自然電位が貴な傾向を示し、ASTM 基準<sup>3)</sup>では 90%以上の確率で腐食無しとなる-200mV 以上の範囲内で変動していることから、補修部、既設部および境界部のいずれかが継続的にマクロアノードとなるようなマクロセル腐食電流は発生していないと推察される。No.4~No.6 については、No.1 と比較しばらつきが大きくなっており、No.2, No.3 と比較し卑な傾向を示していることから No.1~No.3 よりマクロセル腐食電流は大きいと推察される。しかし、No.4~No.6 においても、No.5 の 2016 年の既設部を除き ASTM 基準<sup>3)</sup>では 90%以上の確率で腐食無しとなる-200mV 以上の範囲内で変動していることから、補修部、既設部および境界部のいずれかが継続的にマクロアノードとなるようなマクロセル腐食電流は発生していないと推察される。過年度の試験結果と 2024 年の試験結果を比較すると、補修部、既設部および境界部における電位差は極めて小さく安定していることが確認でき、補修後 10 年経過した現在においても鋼材の腐食は進行せず、良好な補修効果が得られていると推察される。

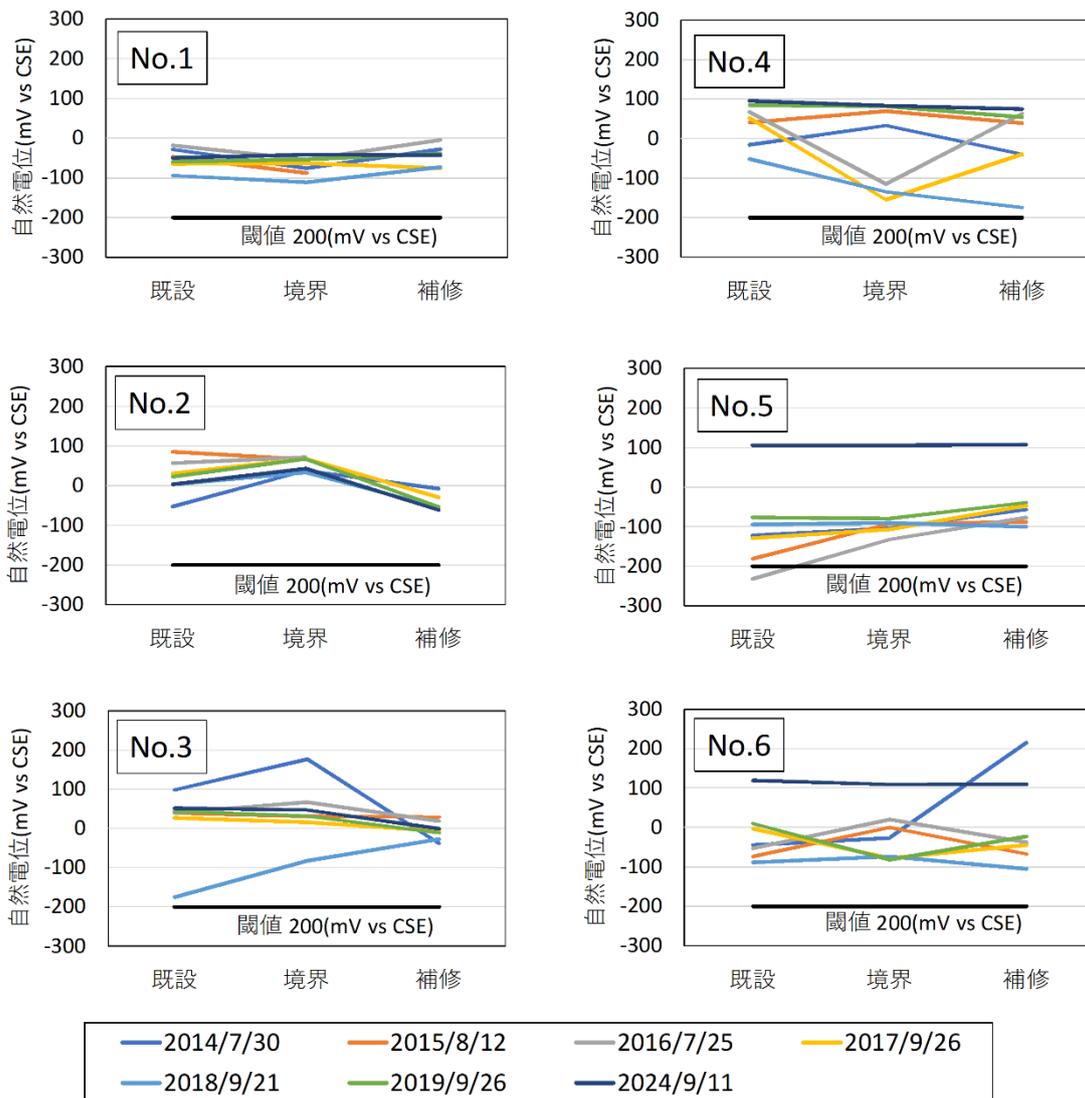


図-3 補修部、既設部、境界部における自然電位比較

### 3. まとめ

リパッチ工法の長期補修効果を確認するため、既設 PC 道路橋において 10 年間の自然電位モニタリングを実施した。以下に得られた知見を示す。

- 10 年間における PC 鋼材の自然電位モニタリングを行った結果、2024 年においても 90%以上の確率で腐食無しの電位を維持しており、防食状態を維持していることを確認した。
- 既設部、境界部、補修部で比較した結果、90%以上の確率で腐食無しとなる $-200\text{mV}$ 以上の範囲内で変動しており、補修部、既設部および境界部のいずれかが継続的にマクロアノードとなるようなマクロセル腐食電流は発生していないと推察される。
- 過年度の試験結果と 2024 年の試験結果を比較すると、補修部、既設部および境界部における電位差は極めて小さく安定してきていることを確認した。

### 謝辞

本報告は、神戸大学の森川英典名誉教授、神戸大学大学院工学研究科の中西智美氏、ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社の福田圭祐氏、神戸大学大学院の宮代凌成氏、神戸大学の前田結衣氏にご協力をいただきました。ここに記して感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 鴨谷知繁, 石井浩司, 森川英典, 竹本修: 亜硝酸リチウム水溶液先行注入型補修材充填工法により補修した既設 PCT 橋の自然電位モニタリング, コンクリート工学年次論文集, Vol41, No.1, 2019.
- 2) 山本大道: 既設 PC 道路橋における PC 鋼線への亜硝酸リチウムを用いた補修効果に関する研究, 神戸大学大学院修士論文, pp8-13, 2017.
- 3) ASTM C 876-91:Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete