

第 V 部門

既設 PC 道路橋のグラウト充填不足部における  $\text{LiNO}_2$  水溶液注入後の  
補修効果モニタリングに関する実験的検討

神戸大学大学院 学生員 ○山本 大道  
神戸大学大学院 正会員 森川 英典  
(株)ピーエス三菱 正会員 嶋谷 知繁

1.はじめに

近年、凍結防止剤使用環境下に位置し、グラウト充填不足部を有するポストテンション方式の既設 PC 道路橋において、PC 鋼線の腐食が発生している。著者らは、塩化物イオン(以下、 $\text{Cl}^-$ )が存在する環境下でも PC 鋼線の腐食を抑制することが期待できる亜硝酸リチウム(以下、 $\text{LiNO}_2$ )に着目したグラウト充填不足部の PC 鋼線への補修を検討してきた。既往の実験<sup>1)</sup>では従来の補修工法であるグラウト再注入工法と比較して補修効果が高いことが確認されているものの、信頼性の向上のためには実施工における補修効果および耐久性についての把握が重要と考えられる。そこで、補修した実橋数橋において施工時のコア孔を利用して埋設型ミニセンサーを設置し、PC ケーブルの自然電位および分極抵抗のモニタリングをしている。本稿では実橋で計測される自然電位の電気化学的意味を明らかにすることを目的に、実ケーブルの補修部と既設グラウト充填部の境界部分を分割炭素鋼管(以下、ピース)で模擬した試験体を製作し、結線条件を変えて自然電位の測定を行った。なお、基本的な検討としてシースの影響は考慮しないとした。

2.実験概要

試験体は実橋梁の PC ケーブルである  $\phi 7 \text{ mm}$  PC 鋼線の 12 本束 ( $12\phi 7 \text{ mm}$ ) を  $\phi 15 \text{ mm}$  長さ 50mm のピースを断面方向 7 本、軸方向 10 本の計 70 本により模擬した。図-1 のように軸方向の 10 分割の内、エリア 1~5 を補修部、エリア 6~10 を既設グラウト部とした。試験要因を表-1 に示す。試験要因は、既設グラウトへの  $\text{Cl}^-$  添加量と、補修部の補修方法とした。既設グラウトへの  $\text{Cl}^-$  添加量は  $15 \text{ kg/m}^3$  と  $0 \text{ kg/m}^3$  とし、補修方法は自然流下方式<sup>2)</sup>と 30 分間の減圧注入方式<sup>2)</sup>による  $\text{LiNO}_2$  を用いた補修方法とした。 $\text{Cl}^-$  添加量  $15 \text{ kg/m}^3$  で、自然流下方式のものを 7C115GF、減圧注入方式のものを 7C115VA30 とし、 $\text{Cl}^-$  添加量  $0 \text{ kg/m}^3$  で、自然流下方式のものを 7C10GF、減圧注入方式のものを 7C10VA30 とした。7C115 シリーズでは、全体を 3% の  $\text{NaCl}$  水溶液で促進腐食した後、既設部に  $15 \text{ kg/m}^3$  の  $\text{Cl}^-$  を添加したグラウトを打設した。その後、7C115GF では自然流下方式、7C115VA30 では 30 分間の減圧注入方式による  $\text{LiNO}_2$  を用いた補修方法を実施した。一方、7C10 シリーズでは、まず  $\text{Cl}^-$  を含んでいないグラウトを打設し、その後 3% の  $\text{NaCl}$  水溶液で促進腐食を行った。そして、7C115 シリーズ同様に、7C10GF は自然流下方式、7C10VA30 では、30 分間の減圧注入方式による  $\text{LiNO}_2$  を用いた補修方法を実施した。また、促進腐食の期間は、5 日間塩水噴霧および保温養生、2 日間保温養生の 7 日を 1 サイクルとし、2 か月間実施した。ミニセンサーは実橋での測定を模擬して、補修部、境界部、既設部の 3

表-1 試験要因

| 試験体名       | 既設部                          |                                | 補修部         |  |
|------------|------------------------------|--------------------------------|-------------|--|
|            | 鋼材                           | 既設グラウト                         | 鋼材          | 既設グラウト                                       |
| 7C115 GF   | 3%塩水噴霧により腐食                  | 塩化物イオンを $15 \text{ kg/m}^3$ 添加 | 3%塩水噴霧により腐食 | 40% $\text{LiNO}_2$ 水溶液 自然流下 + 亜硝酸リチウム 添加補修材 |
| 7C115 VA30 | 3%塩水噴霧により腐食                  | 塩化物イオンを $15 \text{ kg/m}^3$ 添加 | 3%塩水噴霧により腐食 | 40% $\text{LiNO}_2$ 水溶液 減圧注入 + 亜硝酸リチウム 添加補修材 |
| 7C10 GF    | 健全 (東内部は補修部の塩水噴霧の影響がある可能性有り) | 塩化物イオンの添加は無                    | 3%塩水噴霧により腐食 | 40% $\text{LiNO}_2$ 水溶液 自然流下 + 亜硝酸リチウム 添加補修材 |
| 7C10 VA30  | 健全 (東内部は補修部の塩水噴霧の影響がある可能性有り) | 塩化物イオンの添加は無                    | 3%塩水噴霧により腐食 | 40% $\text{LiNO}_2$ 水溶液 減圧注入 + 亜硝酸リチウム 添加補修材 |

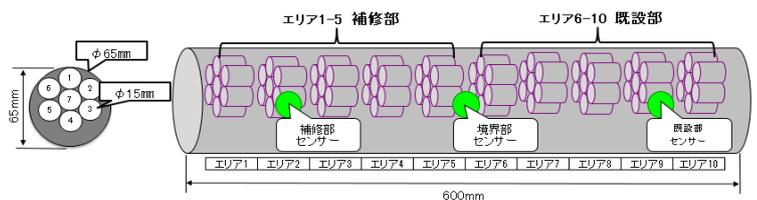


図-1 試験体概要

Hiromichi YAMAMOTO, Hidenori MORIKAWA, Tomoshige KAMOTANI  
morikawa@kobe-u.ac.jp

箇所に設置した。自然電位は、エリア 1~3 については補修部センサー，エリア 4~7 については境界部センサー，エリア 8~10 については既設部センサーを使用して測定した。

### 3. シースを除く全ピースの結線状態での自然電位（シース無）と各ピースの自然電位との関係

図-2 に、シースを除く全ピース結線条件での自然電位（シース無）と各ピース（単独ピース）の自然電位との測定結果を示す。各試験体の各エリアの単独ピースの電位を見ると一部の試験体を除きほとんどの試験体においてばらつきが見られたものの、それらをエリアごとに平均化した各エリア平均電位とシース無は同程度となった。今回の測定は、補修部への 40%LiNO<sub>2</sub> 水溶液注入の侵入状態や既設部の塩化物量に起因した劣化状況が測定結果に影響を与えるか検討したが、測定結果からはそのような傾向は見られなかった。そのため、補修部センサーは補修部近傍、境界部センサーは境界部近傍、既設部センサーは既設部近傍のそれぞれの混成電位を測定しており、具体的な範囲としてセンサー近傍（5cm~20cm 程度）の各ピースの平均的な電位を捉えられている。よって実橋のモニタリングで行っている測定では補修部・境界部・既設部のそれぞれのおおよそ自然電位を測定していることがわかる。以上のことから実橋の条件に関わらず、実橋モニタリングを行うことでアノード部の推定できる可能性が確認できた。

### 4. 今後の課題

- ① 今回の測定ではシースの影響を考慮していない。そのため実橋に近い条件を考慮した検討を今後行う予定である。
- ② 各ピースの流出・流入電流を測定し、PC 鋼線束におけるマクロセル電流分布を詳細に検討する予定である。

参考文献：1) 福田, 森川, 鴨谷：亜硝酸リチウム水溶液を用いたグラウト充てん不足部の PC 鋼線への補修におけるカソード分極特性の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 35, No.1, pp1069-1074, 2013.

参考文献：2) 鴨谷, 中司, 石井, 森川：グラウト充てん不足部の亜硝酸リチウム水溶液注入補修の品質管理に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 37, No.1, 2015.

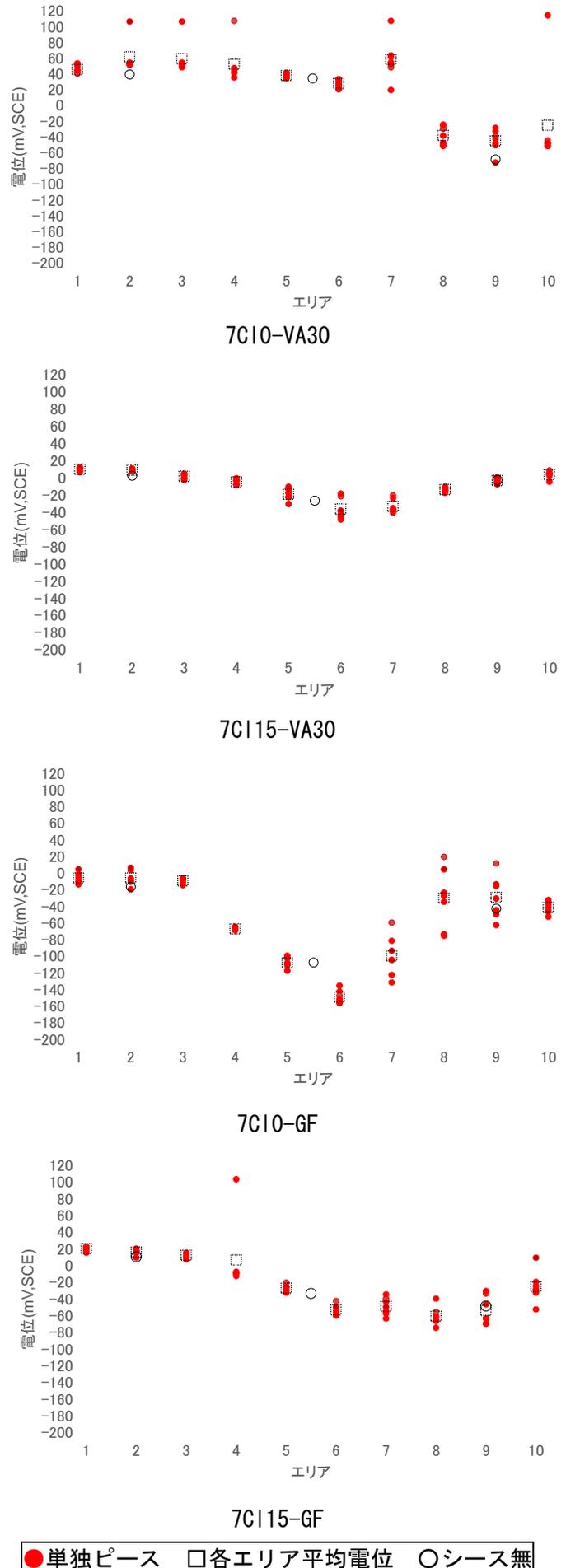


図-2 各試験体の測定結果