

グラウト未充填部への亜硝酸リチウムを用いた補修方法の効果に関する実験的検討

神戸大学大学院 学生員 ○福田 圭祐

神戸大学大学院 正会員 森川 英典
(株)ピーエス三菱 正会員 鴨谷 知繁

1. はじめに: ポストテンション方式 PC 道路橋において、様々な要因により生じた PC グラウト充填不良部が確認、報告されている。また、寒冷地などの凍結防止剤が散布される地域にある PC 橋においては、塩化物イオンが桁上縁もしくは桁端部にある定着部付近からグラウト充填不良部に侵入し、PC 鋼材の著しい腐食、最悪の場合には破断が報告されている¹⁾。凍結防止剤が侵入した PC グラウト充填不良部への補修方法として、防錆剤の一種である亜硝酸リチウム(以下 LiNO_2)を用いた補修方法が検討されている²⁾。本研究では、既設 PC 道路橋で使用されている PC 鋼線束に対しての LiNO_2 を用いた補修方法の補修効果について、実験により検討したものである。

2. 実験概要: 試験体概要図を図-1に示す。既設 PCT 道路橋の主ケーブル曲げ上げ部を模擬するために、PC 鋼線 $\phi 7\text{mm}$

を 12 本平行に束ねたもの(12 $\phi 7\text{mm}$)を用い、曲げ上げ部のシース内偏在を考慮して、シース内上側に接するように束ねた。グラウト充填不良部の腐食を模擬するために、この試験体を 1 時間/日、3%濃度 NaCl 水溶液に浸漬させたのちに、高温多湿環境に設定した養生箱の中に入れるというサイクルを約 3 カ月間実施することで促進腐食させた。なお 1 つの試験体は、基準試験体とし、腐食状況などを確認するために、他の試験体の補修と同時期に解体した。その後、電気化学的測定用のリード線を試験体の各 PC 鋼線の一端に設置したのちに、グラウト充填不良部に対して、高炉セメント系プレミックスタイプのグラウトを再充填した。表-1に示すように試験要因は、グラウト充填不良部への補修方法とした。補修方法は PC グラウト再充填(以下 Nor-G 補修)、 LiNO_2 添加グラウト再充填(以下 LN-G 補修)、 LiNO_2 水溶液浸漬後、 LiNO_2 添加グラウト再充填(以下 LN-W・LN-G 補修)の 3 つに分類される。なお LiNO_2 水溶液への浸漬を行う試験体はグラウト打設前に LiNO_2 水溶液に浸漬させた。グラウト再充填後、材齢 4

週にて、再び高温多湿環境に設定した養生箱の中に入れ、促進腐食を実施しながら、試験体側面に設けた計測孔から 1 週間/回の頻度で、全 PC 鋼線の導通を確保した状態で図-2に示すカロメル照合電極により、自然電位の測定を行った。

3. 実験結果および考察: 各試験体の自然電位の測定結果を図-3から図-5に示す。測定位置は図-1に示すように補修側端部に設けた計測孔から各計測孔までの距離となっている。また基準試験体の解体より、補修側と既設側の境界を測定位置15cm近傍にあると仮定した。測定結果は、測定開始時から約15週時点まで変動しており、定常状態に至っていない。また、LN-W・LN-G

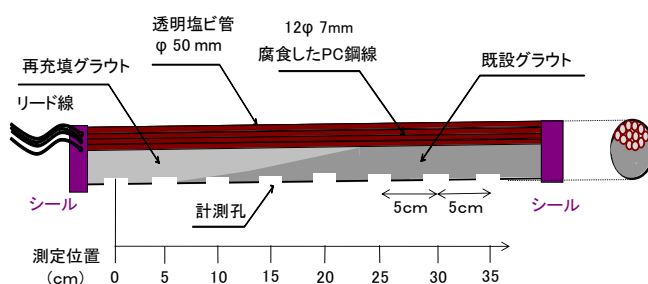


図-1 試験体概要図

表-1 試験要因

No.	補修方法	
	LiNO_2 水溶液への浸漬 NO_2^- 濃度(%)	グラウトへの NO_2^- 添加量 (kg/m^3)
1	解体	
2	無	0
3		40
4	有(35%)	40



図-2 カロメル照合電極

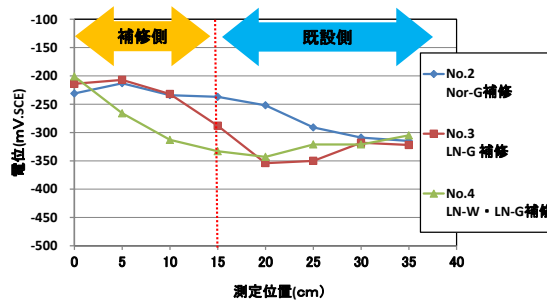


図-3 自然電位測定結果(測定開始時)

キーワード 補修 亜硝酸リチウム 腐食 凍結防止剤 PC グラウト

連絡先 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1 TEL 078-881-1212

補修のNo.4については LiNO_2 水溶液に浸漬させたことによって、他の試験体と異なり、PC鋼線表面が湿潤状態にあると推察され、LN-W・LN-G補修のNo.4の自然電位が低く評価されている可能性が考えられる。さらに電気抵抗式水分計を用いて、各試験体のグラウトの含水率を測定した結果を図-6に示す。ただし、使用した水分計はセメントペースト測定対象外のため、各試験体を比較するための参考値である。 LiNO_2 水溶液に浸漬させたNo.4の含水率が大きくなっており、グラウト比抵抗が他の試験体に比べて低いと考えられ、グラウト比抵抗の相違が自然電位の測定結果に影響を及ぼしていると推察される。以上のような要因から、自然電位の絶対値より客観的に補修効果を評価することは難しいと考えられる。よって本稿では、各試験体における自然電位の分布に着目した考察について述べる。

Nor-G補修のNo.2では、測定開始時からグラウト境界近傍および既設側の自然電位が卑に移行しており、15週時点で補修側と既設側で電位差を生じている。既往の研究²⁾において、Nor-G補修では、補修側と既設側間を流れるマクロセル電流量が他の補修方法に比べて大きかったことを考慮すると、補修側と既設側との間でマクロセル腐食電池が形成されている可能性が考えられる。

LN-G補修のNo.3では、測定開始時から経時的に既設側端部の自然電位が卑に移行したことによって、15週時点で補修側と既設側との電位差が、すべての試験体の中で最も大きくなっている。また、測定開始7週程度から既設側端部の自然電位が他の試験体と比べて、卑である。これに関して、LN-G補修のNo.3は図-7に示すように、他の試験体に比べて、既設側端部のシーすや鋼線間にグラウトが充填されていない傾向にあり、補修前に既設側端部でも腐食が発生していたと推察される。腐食が発生していると考えられる既設側端部のシーすと鋼線間などの隙間へ LiNO_2 添加グラウトが再充填されることは困難である³⁾と考えられ、またグラウト不良部に対して LiNO_2 添加グラウトが再充填されたことによって、カソード領域が増加し、既設側端部で発生していた腐食が促進された可能性が考えられる。

LN-W・LN-G補修のNo.4では、測定開始時から経時的に補修側と既設側との電位差が減少しており、15週時点で補修側と既設側との電位差が、他の試験体より小さくなっている。補修側と既設側との電位差が経時的に減少していることから、補修側と既設側間のマクロセル腐食が解消されるような傾向にあると推察される。

- 参考文献：**1) 小林憲一ほか：妙高大橋のPCケーブル破断調査と対策，橋梁と基礎，Vol.45，No.9，pp.32-38，2011。
 2) 例えば，鴨谷知繁，青山敏幸，石井浩司，堀健治，森川英典：凍結防止剤により腐食したPC鋼材のグラウト再注入補修方法の検討，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第11巻，pp.521-528，2011。
 3) 白川祐太，森川英典，鴨谷知繁：PCT橋のグラウト充填不良部における鋼線腐食メカニズムに関する実験的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.33，No.2 pp.493-498，2011。

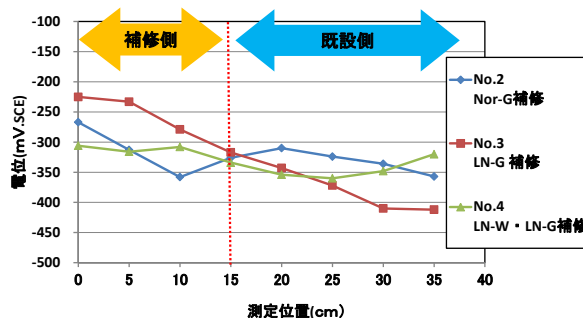


図-4 自然電位測定結果(測定開始7週時点)

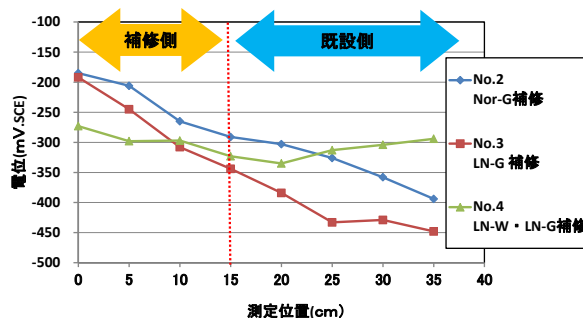


図-5 自然電位測定結果(測定開始15週時点)

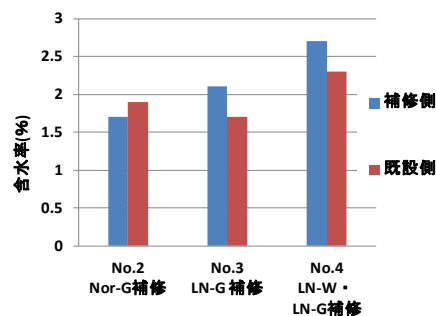


図-6 グラウトの含水率

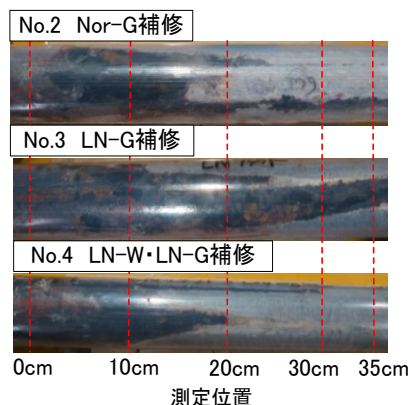


図-7 試験体の腐食状況