

(株)ピーエス三菱 正会員 ○鴨谷知繁 青山敏幸
神戸大学大学院 正会員 森川英典

1. はじめに

近年、ポストテンション方式の PC 橋でグラウト充てん不足が散見されており、中でも凍結防止剤の散布環境では塩化物イオン（以下、 Cl^- ）がシース内へ侵入し、PC 鋼材に著しい腐食が生じている。一般に、これに対する補修としては PC グラウト再注入が行われてきたが、 Cl^- が残留したままの環境では既設グラウト部（以下、既設部）と充てん不足部（以下、補修部）との間でマクロセル腐食が顕著となり、早期に再劣化が生じることが懸念されている。そこで本稿では、実 PC 橋のグラウト充てん不足部の調査結果¹⁾を参考に、既設部と補修部の条件を複数設定し、マクロセル腐食が顕著となる条件の把握を目的に実験的検討を行ったので報告する。

2. 試験体の概要

試験体は図-1 に示すように既設部と補修部の境界部を対象とし、型枠とした $\phi 68\text{mm} \times \text{H}250\text{mm}$ の透明塩ビ管内の下半分を既設部、上半分を補修部とした。試験片はリード線が接続された試験区間長 80mm の $\phi 7\text{mm}$ PC 鋼線とし、試験体外部で電気的な接続と開放を行える状態で組み立てた。試験体は既設部製作 4 日後に補修部を打ち継いで製作した。

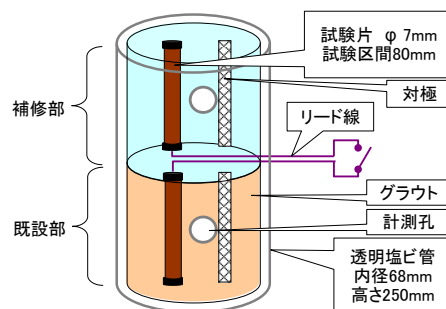


図-1 試験体の概要

3. 試験要因

試験要因は、表-1に示すように既設部グラウトへの Cl^- 添加量、各部に埋設した試験片の腐食程度および補修方法とした。まず Cl^- 添加量は、文献¹⁾のグラウト中の Cl^- 量を参考に0, 2, 5, 13 kg/m^3 とし、普通セメントを用いた $\text{W/C}=45\%$ の低粘性グラウトへ添加した。試験片の腐食程度は、表-2に示すように腐食なし、小、大の3水準とし、既設部と補修部で腐食程度の相違も検討した。補修方法は、従来工法であるPCグラウト再注入（以下、Nor-G補修）と、著者らが検討してきた亜硝酸リチウム（以下、 LiNO_2 ）水溶液の注入と LiNO_2 添加補修材の充てん（例えば²⁾（以下、LNW-LNG補修）とした。 LiNO_2 水溶液への浸せきは、試験体組み立て前に補修部の試験片のみ40%濃度の水溶液に4日間行った。再注入グラウトは、修正JASSフロー値が300mm程度となる小間隙充てん性に優れたセメント系補修材を用い、LNW-LNG補修では亜硝酸イオンが約50 kg/m^3 となるように添加した。試験体本数は要因ごとに $N=3$ 本とした。

4. 実験結果および考察

後に詳述するように既設部をアノードとしたマクロセル電流が顕著となった 13-H-H の試験体製作後 9~259 日のマクロセル電流量の測定結果を図-2 に示す。マクロセル電流量は経時的に減小し、259 日ではほぼ消失した。初期はグラウトの水和反応、それ以降は通常の屋内暴露環境での水分逸散が主要因となり、グラウト中の水分が減少し、グラウト比抵抗の増大などが生じたためと考えられる。ここで、試験要因

表-1 試験要因

試験体名	既設部		補修部	
	添加 Cl^- (kg/m^3)	腐食程度	腐食程度	補修方法
0-N-N	0	無	無	LNW-LNG Nor-G
2-N-L	2	無	小	LNW-LNG Nor-G
5-L-L	5	小	大	LNW-LNG Nor-G
5-L-H			大	LNW-LNG Nor-G
13-L-L	13	小	小	LNW-LNG Nor-G
13-L-H			大	LNW-LNG Nor-G
13-H-H		大	大	LNW-LNG Nor-G

表-2 試験片の概要

腐食程度	促進腐食期間 20°C条件 [NaCl水溶液散布]	腐食減量 (mg/cm^2)	錆層内の Cl^- 濃度 (wt%)
	写真		
無	—	—	—
小	2ヶ月	25.7	0.77
大	3ヶ月	44.5	3.56

に関する検討は実橋のシーす内のように比較的高湿度環境での結果に基づいて行う必要があると考えられるため、本稿ではグラウトの水和反応が十分で、また水分逸散が比較的小さいと考えられる試験体製作後 36 日のデータを対象とする。

同日における全試験体のマクロセル電流量 (mA/m^2) を図-3に示す。まず、0-N-N、2-N-Lおよび5-L-Lは、補修方法に関わらずマクロセル電流量がほぼ0となっており、PC鋼材の腐食が無いもしくは軽微な場合には、マクロセル電流量は小さいものと考えられる。一方、13-H-Hでは、マクロセル電流が顕著となり、ばらつきも大きくなった。Nor-G補修とLNW-LNG補修を比較すると、ばらつきが大きく有意な差が認められないが、平均的にはLNW-LNG補修の方がやや小さな値となった。そして、その他の試験体は、LNW-LNG補修と比較してNor-G補修の方が、マクロセル電流が生じやすい傾向が多少みられるものの、13-H-Hと比較して大幅に小さい値となった。以上の結果から、試験片の腐食程度やグラウト中の Cl^- 濃度に着目すると、マクロセル腐食による早期の再劣化が懸念されるのは、既設部のPC鋼材に Cl^- の侵入にともなう著しい腐食が生じている場合と推察される。また、補修方法の相違に着目すると、上記条件下でもLNW-LNG補修により生じるマクロセル腐食量は、Nor-G補修のそれと比較して、同程度もしくはそれ以下であると考えられる。

図-4に同日における13-L-Hおよび相対比較用の0-N-Nと5-L-Lの電気的接続を開放した状態における各部の自然電位を示す。13-H-Hのマクロセル腐食が顕著となった理由として、緑色点線部のように13-H-Hの既設部は、同補修部と比較して大幅に卑な値となり、既設部と補修部との電位差が他の試験体と比較して大きくなったことが考えられる。また、LNW-LNG補修により生じるマクロセル腐食量がNor-G補修のそれと比較して、同程度もしくはそれ以下となる理由として、13-H-Hの補修部の自然電位において、LNW-LNG補修の方が貴となり既設部との電位差が増大するような傾向は認められず、また既往の文献²⁾で示されるようにLNW-LNG補修により補修部の試験片がカソード分極しやすい状態になることが考えられる。

5. まとめ

PC グラウト再注入後の既設部と補修部との間で生じるマクロセル腐食に関して、既設部グラウトへの Cl^- 添加量、試験片の腐食程度および補修方法を試験要因とした実験を行った。以下に得られた知見をまとめる。

- 1) マクロセル腐食による早期の再劣化が懸念されるのは、既設部のPC鋼材に Cl^- の侵入にともなう著しい腐食が生じている場合と推察される。
- 2) 上記条件下でもLNW-LNG補修により生じるマクロセル腐食量は、Nor-G補修のそれと比較して、同程度もしくはそれ以下であると考えられる。

【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.46，9月号，pp.32-38，2011
2) 福田圭祐ほか：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，pp.1069-1074，2013

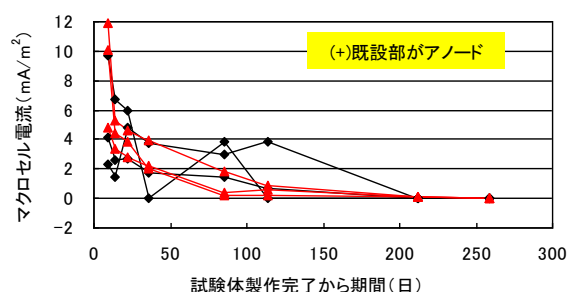


図-2 マクロセル電流量の経時変化 (13-H-H)

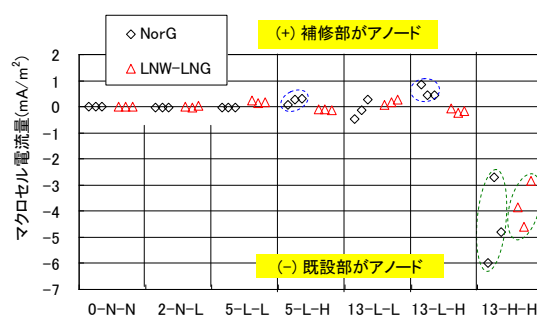


図-3 マクロセル電流測定結果 (36 日後)

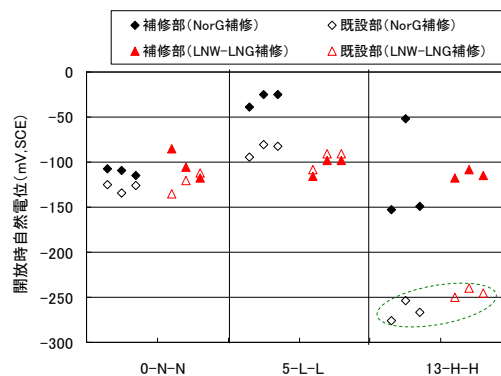


図-4 各部の自然電位 (36 日後)