

著しい腐食を生じた PC 鋼線束内部におけるリパッシブ工法 (H グレード)の腐食抑制効果

技術本部
技術本部

技術部
技術部

鴨谷知繁
石井浩司

1. はじめに

寒冷地に建設された既設 PC 橋では、グラウト充てん不足部に融雪剤に起因する塩化物イオン(以下、Cl⁻)を含む雨水が侵入し、**図-1**に示すように PC ケーブルに著しい腐食が生じる場合がある。このような場合の補修方法として当社では、40%亜硝酸リチウム(以下、LiNO₂)水溶液の前注入と LiNO₂ 添加補修材の後充てんからなる「リパッシブ工法(H グレード) (以下、リパッシブ工法)」による補修を提案している。リパッシブ工法の特徴は、同水溶液注入時に、防錆成分である亜硝酸イオン(以下、NO₂⁻)が錆層内部に浸入し、PC 鋼材表面を不動態化させることにある。それゆえ、最も同水溶液が浸入しにくいと考えられる著しい腐食を生じた PC 鋼線束内部まで NO₂⁻を供給し腐食を抑制することができるかが補修において重要なポイントとなる。本稿では、Cl⁻により著しい腐食を生じた PC 鋼線束を模擬した実物大試験体において、同水溶液の注入実験を行い NO₂⁻の供給状況および腐食抑制効果について確認したので報告する。

2. 試験概要

試験体は、既設 PCT 橋の上縁定着ケーブルのウェブ部に対象領域がある場合を想定し、長さ 900mm、φ50mm の透明塩化ビニル管をシースとし、その中に長さ 850mm の φ7mm の PC 鋼線 12 本をシース上端にそろえて挿入した。ウェブにおいてはシースの曲げ上げ配置により PC 鋼線がシース上方に偏在するのを考慮して、PC 鋼線 12 本はシース上方に束ねて固定した。シースを斜め 10 度に設置した後にシース下端のホースから既設グラウトとして高粘性普通セメントタイプのグラウトをシース高さ約半分まで充てんした。既設グラウトを 7 日養生した後、約 30°C、R.H 約 80%の保温容器内で 60 日間、3%の塩水の乾湿サイクルにより PC 鋼線束を促進腐食させた。シース上端をキャップにより密閉処理した後、ウェブ上端部に相当する位置にホースジョイントを取り付けた。そして、排気口と吸引口を兼ねる φ2mm 樹脂製高弾性チューブ (以下、高弾性チューブ) をホースジョイントからシース上端近傍まで挿入し、ホースジョイントとチューブの隙間をエポキシパテで密閉処理した。

3. 水溶液の注入方法

水溶液の注入方法を**表-1**に示す。注入方法は 1-N と 1-N-A の 2 種類とし、いずれもブリーディングによる PC グラウト充てん不足が生じやすいウェブ上端近傍にコア孔を 1 箇所設

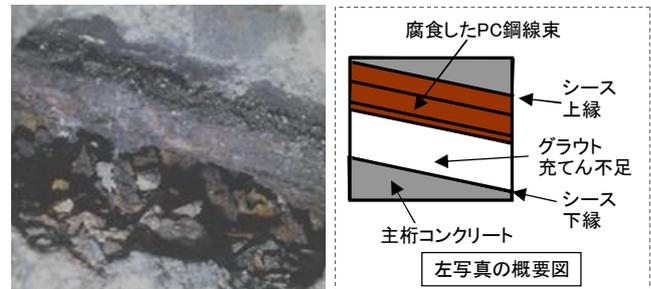


図-1 既設 PC 橋における PC ケーブルの著しい腐食例

表-1 LiNO₂水溶液の注入方法

試験体名	LiNO ₂ 水溶液注入方法
1-N	一孔式 自然流下方式
1-N-A	一孔式 自然流下・減圧注入併用方式

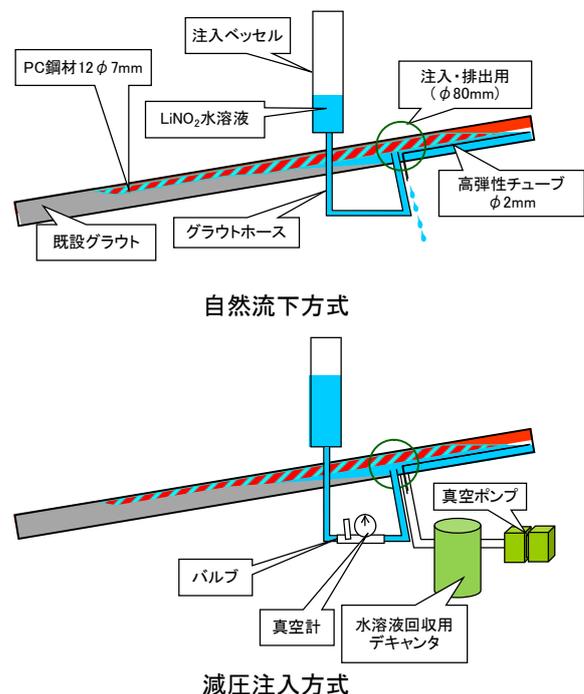


図-2 LiNO₂水溶液の注入方法

け、そこに水溶液注入用グラウトホースと、高弾性チューブの両方を設置し施工する方法(以下、一孔式)とした。1-N は**図-2(上)**に示すように、注入ベッセルを用いた自然流下方式とした。1-N-A は真空ポンプに接続した高弾性チューブからシース内を減圧した状態で、LiNO₂水溶液入りの注入ベッセルに接続したバルブの開閉を繰り返しながら注入する減圧注入

表-2 錆試料採取箇所

試験体名	錆試料採取箇所			
	側面写真 (赤矢印:A点, 青矢印:B点)	平面写真(詳細)		断面図 (PC鋼線配置図)
	平面写真 (赤丸印:A点, 青丸印:B点)	A点	B点	
1-N				
1-N-A				
備考			錆試料の採取区間は、50mmとした。	
				錆試料は緑色のPC鋼線周辺から採取した。

方式と自然流下方式の併用とした。水溶液の注入時間は、20 ± 1 時間とし、1-N-A では 30 分間減圧注入方式を行い、その後は再び自然流下方式とした。

3. 評価方法

評価は、PC 鋼線から錆試料を採取し、過熱乾燥したものに純水を加え溶け出した Cl⁻と NO₂⁻をイオンクロマトグラフ法により分析し、Cl⁻に対して NO₂⁻による腐食抑制効果が発揮されるとされる [Cl⁻] / [NO₂⁻] < 1.25 を指標に行った。

表-2 に錆試料採取箇所を示す。表-2 の断面図において緑着色したように、周辺を PC 鋼線で囲まれているため最も LiNO₂水溶液の浸入が困難と考えられる PC 鋼線東内部に生じた錆を対象に、A 点、B 点の 2 点から試料を採取した。採取箇所は Cl⁻による著しい腐食により、PC 鋼線間が錆で充たされた状態であった。

4. 試験結果

試験結果を図-3 に示す。自然流下方式のみで注入した 1-N は、A 点も B 点も [Cl⁻] / [NO₂⁻] > 1.25 となっており、Cl⁻による腐食の進行を抑制するのに十分な量の NO₂⁻が供給されない結果となった。これは表-2 の平面写真詳細に示すように著しい腐食により PC 鋼線間が錆で充たされ極めて小間隙化された状態となっており、このような環境では粘性の低い LiNO₂水溶液であっても表面張力が卓越し、錆層内に残留する空気との置換が妨げられたためと考えられる。次に、減圧注入方式を併用した 1-N-A は、A 点および B 点ともに [Cl⁻] / [NO₂⁻] < 1.25 となっており、Cl⁻による腐食の進行を抑制するのに十分な NO₂⁻の供給が可能であることが確認された。1-N と 1-N-A との比較から、NO₂⁻の供給においては、減圧注入方式が有効に機能したと推察される。減圧注入方式は、真空ポンプによる減圧を断続的に付与した状態で LiNO₂水溶液を注入する方法であるため、一般的に知られる真空脱泡作用が生じ、錆層内に残留していた空気が、気泡径増大にもなる浮力の増大により速やかに上方へ移動し、結果として、

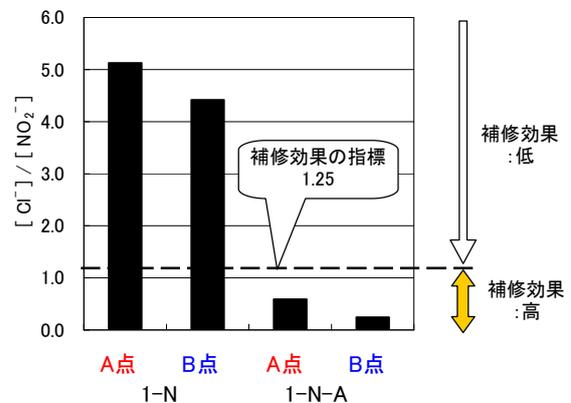


図-3 試験結果

LiNO₂水溶液と空気の置換がスムーズに行われ、効果的に NO₂⁻を供給できたものと推察される。

5. おわりに

本稿では、実橋で確認されたような著しい腐食を生じた PC 鋼線束を有する実物大試験体において LiNO₂水溶液の注入実験を行い、その結果、自然流下方式に減圧注入方式を併用することで、最も水溶液が浸入しにくい PC 鋼線東内部まで NO₂⁻を供給し、腐食を抑制できることを確認した。

本稿の成果を踏まえ現在当社では、リパッシブ工法 (H グレード) の施工において、減圧注入式注入の継続時間管理を取り入れた水溶液注入時の品質管理を実施し、腐食抑制効果の確保に努めている。

Key Words: リパッシブ工法, PC 鋼線, 腐食抑制, 亜硝酸リチウム, 真空脱泡



鴨谷知繁



石井浩司