

## グラウト未充てん部の密閉度とグラウト再充てん方法に関する一報告

(株)ピーエス三菱 正会員 工博 ○鴨谷 知繁  
 (株)ピーエス三菱 正会員 工博 青山 敏幸  
 (株)ピーエス三菱 正会員 工博 石井 浩司  
 神戸大学大学院 正会員 工博 森川 英典

### 1. はじめに

近年、ポストテンション方式既設 PC 橋において、凍結防止剤のグラウト未充てん部への侵入に起因する 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。著者らは、既報<sup>1)</sup>においてこのような腐食した鋼材に対して、亜硝酸リチウム水溶液（以下、単に水溶液と記す）の注入と亜硝酸リチウム添加補修材（以下、単に補修材と記す）の充てんによる補修が有効であることを示した。

劣化した PC ケーブルの内、多数を占めると推定される上縁定着ケーブルに対し本補修工法を適用する場合、定着部背面の後埋め材の撤去により排気を確保し、シース下方よりグラウトポンプ等を用いて水溶液の注入と補修材の充てんを行うことが最も信頼性が高い施工方法であるのは容易に想像される。しかし、この方法は橋面の交通規制が伴うので重交通路線などでは採用が困難であり、通常、従来のグラウト再注入マニュアル<sup>2), 3)</sup>に示されるような桁側面からの施工方法（以下、従来方法と記す）が用いられているのが現状である。ただし、従来方法では定着部背面を密閉条件としたグラウト再注入の試験結果<sup>3)</sup>にあるように、必ずしも定着部近傍までグラウトが再注入できないと考えられる。よって、従来方法に準じて本補修工法を施工したとしても、未補修部が残り十分な補修効果が得られない可能性がある。

一方、実橋梁における定着部背面の密閉度については、十分に知見が得られていないのが現状である。シース内で著しい PC 鋼材の腐食やグラウト中の高濃度の塩化物イオンが確認されるなど、融雪水のシース内へ侵入が推定される場合には、定着部背面の密閉性が低いことは十分に考えられるものの、定着部背面の密閉度を考慮したグラウト再注入の検討は十分に行われているとは言えない。

そこで本稿では、上縁定着ケーブルの定着具近傍および背面を模擬した試験体を製作し、定着部背面における施工条件と密閉度の関係、さらには水溶液の注入と補修材の充てん度との関係について検討し、その結果を報告するものである。

### 2. 試験概要

試験体の作製方法を図-1 に示す。検討対象としたケーブルは 12φ7mm であり、その定着具は既製のモルタル定着具から型取りを行い、複製したものを使用した。次に、上縁定着ケーブルの定着部背面形状を模擬した木製型枠を作製し、密閉性を確保する目的で木製型枠にはシーリングを、定着具と木製型枠の固定にはエポキシ樹脂を用い、入念に施工した。写真-1 のように、PC 鋼線のかわりとしての φ7mm の丸木材と排気用ナイロンホースを定着具内に設置し、グラウト止めモルタルを施工した。そして、モルタル硬化後に排気

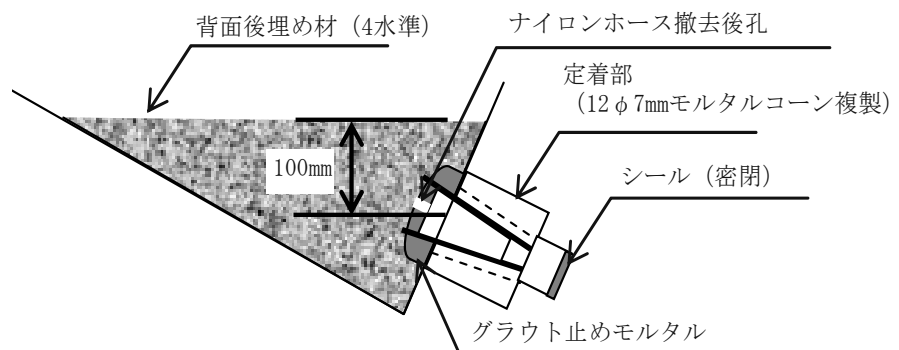


図-1 試験体作製概要図

用ナイロンホースを抜き取った状態で、相違した定着部背面の密閉度となるように、表-1 に示す 4 条件で後埋めを行った。

後埋め材の硬化後、鋼製シースの代わりに長さ約 500mm の透明塩ビ管を接続し、2 液性のエポキシ樹脂を用いて密閉性を確保して固定した。図-2 に示す手順で、定着部背面の密閉度の定量化、密閉度と背面からシース内への水分侵入状況との関係、密閉度と自然流下方式片押し注入による水溶液の注入と補修材の充てん性との関係について検討した。なお真空ポンプは到達圧力 $-0.088\text{MPa}$ 、排気能力 120L/min のものを使用した。

### 3. 試験結果

#### 3. 1 密閉度判定

図-2 に示した手順①～③の試験結果を表-2 に示す。sp-M は定着部のシース側をシールで密閉した条件で定着部背面を後埋めしたにもかかわらず、定着部内に無収縮モルタルが流入し、完全に充てんされたため、定着部背面は密閉であると判断し以下の検討は割愛した。sp-CG と sp-CW は、手順①で密閉度を確認したところ、バルブ開閉前後での真空計の数値変化や針のふれがなかったため密閉と判定した。また手順②、手順③ともに後埋め材上面の水がシース内へ侵入する状況を確認することはできなかった。定着部背面のコンクリートの W/C に差が生じて、十分な締固めが行われ特に不具合が生じていない場合は定着部背面の密閉性は高いと考えられる。

一方 sp-CB については、手順①で密閉度を確認したところ、ボールバルブ開閉前後の真空計の数値に $0.005\text{MPa}$  の変化が生じた。また、手順②において後埋め材上面に張った水は 24H 後までに全て無くなっており、手順③で真空引きした際には、目視で十分確認できるほどの漏水が生じた。以上より、本報告で示した真空ポンプを用いた方法により、定着部背面の密閉度判定が可能であると考えられる。

#### 3. 2 水溶液の注入と補修材の充てん結果

自然流下方式により水溶液を注入した結果を表-3 に示す。定着部背面の密閉度が高く密閉と判定した sp-CG と sp-CW は、シースとしての塩ビ管上端まで水溶液が注入されたのを目視確認できたが、水溶液が定着部内のどの高さまで注入されたかについての詳細は目視確認できなかった。一方、定着部背面の密閉度が低いと判定した sp-CB は、鉛直管の液面高さと定着部背面の液面高さが同じになるまで水溶液が注入されたため、定着部背面コンクリート上部まで水溶液の液面が上昇した。亜硝酸リチウム水溶液は毒劇物には指定されていないが、多量に排水に流れ込むことは望ましくない。そこで、鉛直管の液面高さ管理により背面からの液漏れ量を最小限にとどめることが望まれる。

次に、補修材の充てん状況を写真-2 に示す。補修材は、新設構造物に使用されるグラウトの必要性能に加え、静水中の不分離性、小間隙充てん性、長時間可使用性が優れているものを使用した。本材料は修正 JASS 法のフロー値で 250mm 以上を 5～6 時間確保するため、本報告では一般的なグラウトポンプを用いる方法ではなく、鉛直管による自然流下方式を採用し充てんを行っている。

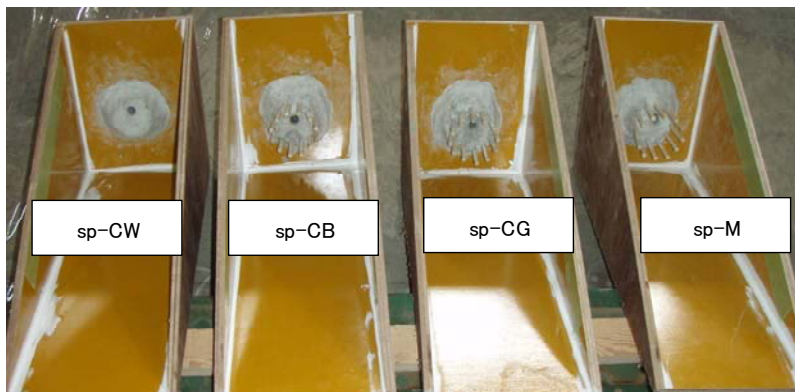


写真-1 後埋め前の定着具背面状況

表-1 試験体一覧と後埋め条件

試験体名	後埋め条件	
	材 料	締固め
sp-M	無収縮モルタル J14 ロート8秒	—
sp-CG	コンクリート (40N/mm <sup>2</sup> スランプ8.5cm)	良好
sp-CB	コンクリート (40N/mm <sup>2</sup> スランプ8.5cm)	不良
sp-CW	コンクリート (40N/mm <sup>2</sup> スランプ0.5cm に加水しスランプ8.5cmとした)	良好

補修前の定着部背面のコンクリートに着目すると、締固め良好な sp-CG と sp-CW の試験体では、雄コーン内のパイプの一部が充てんされた程度であり、締固め不十分な sp-CB については、パイプ内にはコンクリートが侵入さえしていない。よって、既設橋上縁定着ケーブルの後埋めコンクリートは、排気用ホース内もしくは雄コーンパイプ内にやや充てんされている程度であり、シース内にグラウト充てん不良部が生じていても、シース内まで侵入している可能性は低いと推察される。

着色した補修材の充てん状況は、定着具背面の密閉度が低いと判定した sp-CB の場合、鋼材としての丸木材の表面がほぼ完全に充てんされただけでなく、雄コーンパイプ内や定着部背面のコンクリート充てん不良部も充てんされた。本実験条件の範囲の下、本報告の密閉度判定において密閉度が低いと判定されるものについては、定着部背面からの排気により、高い補修材充てん性が期待できることが分かった。

一方、定着部背面を密閉と判定した sp-CG、sp-CW は、補修材充てん領域は少なくとも定着部手前にとどまると予測したが、結果的には、雄コーンのパイプ内に空気溜まりが生じているもののPC鋼材表面がほぼ完全に充てんされていた。これは、コンクリートの透気係数・簡易透気速度<sup>4)</sup>を考慮すると、コンクリートにはひび割れが生

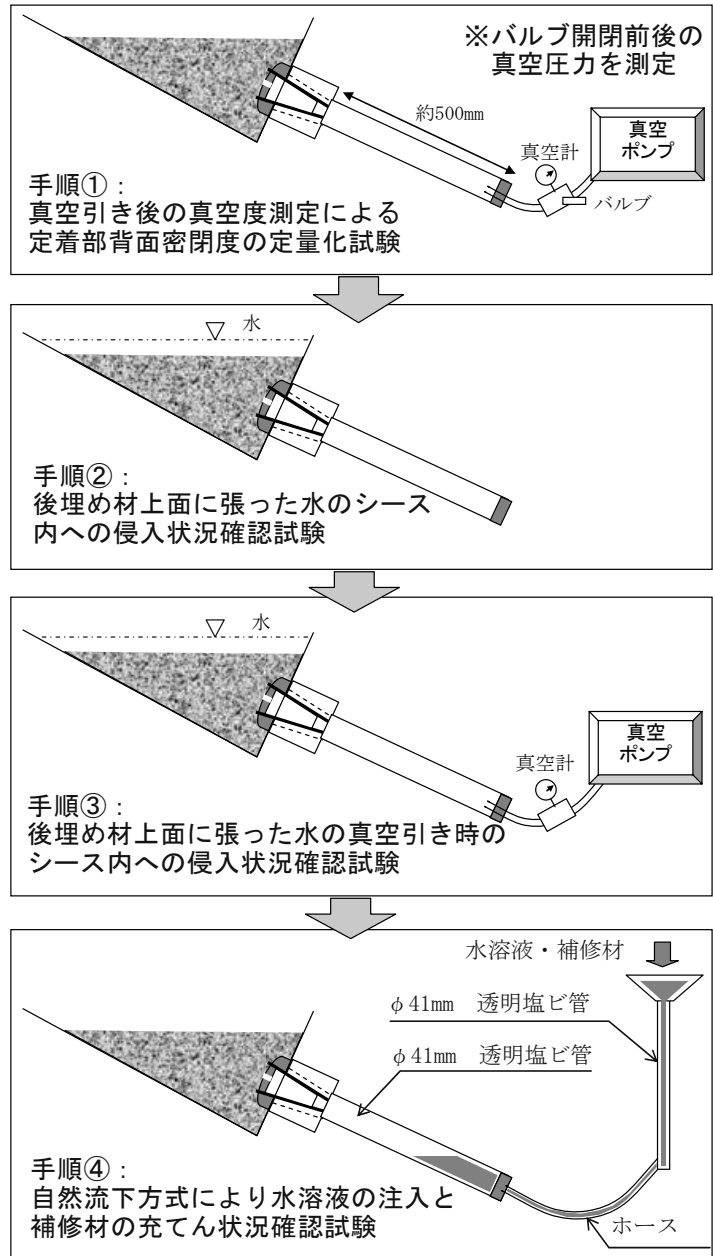


図-2 試験概要図

表-2 手順①～③の試験結果

試験体名	手順①			判定	手順②	手順③
	バルブ閉時 圧力(MPa)	バルブ 開時(MPa)	変化量 (MPa)		手順②時の シース内への漏水	手順③時の シース内への漏水
sp-CG	-0.078	-0.078	0	密閉	確認できず	確認できず
sp-CB	-0.078	-0.073	0.005	密閉ではない	上面に張った水が 24時間以内に消失	目視で確認
sp-CW	-0.076	-0.076	0	密閉	確認できず	確認できず

表-3 手順④水溶液注入結果

試験体名	水溶液注入結果
sp-CG	定着部内まで注入されたのを目視で確認 ただし、定着部内部の注入状況の詳細は不明
sp-CB	定着具背面コンクリートの上面まで注入されたのを目視で確認
sp-CW	定着部内まで注入されたのを目視で確認 ただし、定着部内部の注入状況の詳細は不明

じていなくても、本報告で提案した密閉度判定方法では検知出来ないレベルの僅かな透気性に加え、自然流下方式による補修材の継続的なヘッド圧力の負荷により、シーすや定着部内のエアが徐々に背面に押し出された結果と推察される。補修材の充てん度は、補修材の可使時間と空気の背面への押し出し程度に関連するものと考えられる。

本報告で示した密閉度判定方法は、高真空度・短時間の簡易的な方法として位置づけられ、自然流下方式により良好な補修材充てん度が得られるどうかの判断基準の一つとして有用であると考えられた。

#### 4. まとめ

本稿では、上縁定着ケーブルの定着具近傍および背面を模擬した試験体を製作し、定着部背面における施工条件と密閉度の関係、さらには水溶液の注入と補修材の充てん度の関係について検討した。以下に得られた知見をまとめる。

- 1) 本文で示した定着具背面の密閉度判定において密閉度が低いと判定されたものについては、定着部背面の排気が確保されるため、自然流下方式により良好な水溶液の注入・補修材の充てん度が得られると考えられる。
- 2) 本文の密閉度判定で密閉と判定される場合、定着部背面が完全密閉かどうかについては検知出来ないが、コンクリートの透気性により定着部背面が完全密閉となることは困難と考えられる。
- 3) コンクリートが有する僅かな透気性を利用して補修材充てん性の向上を計る場合、補修材のヘッド圧、ヘッド圧保持時間、流動性保持時間および粘性により、充てん度に差が生じる可能性があり留意が必要である。

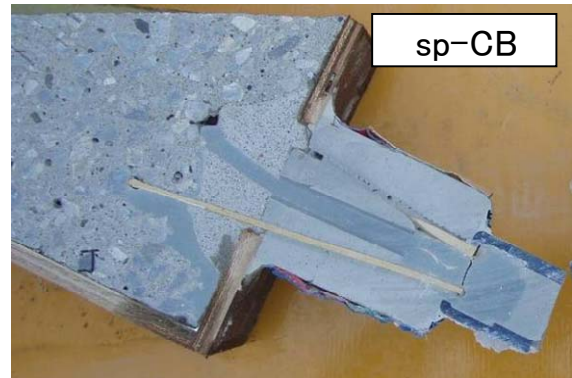
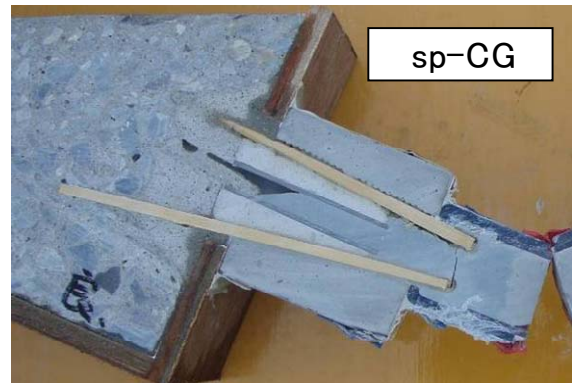


写真-2 補修材充てん状況

#### 参考文献

- 1) 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
- 2) 鉄道総合技術研究所: PC グラウトの再注入等補修マニュアル(案), 2002
- 3) 日本道路公団試験研究所, プレストレストコンクリート建設業協会: PC 橋の耐久性能向上技術に関する研究, 共同研究報告書, 2003
- 4) 山崎順二, 今本啓一, 下澤和幸, 永山 勝: 簡易透気性試験による RC 構造体の耐久性評価に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.1769-1774, 2010