

PC 箱桁橋の下床版ハンチ内部の PC 鋼棒に適用可能な リパッシブ工法の再注入孔形成技術の開発

大阪支店	開発営業部	鴨谷知繁
大阪支店	開発営業部	池田政司
技術本部	技術部	深川直利
技術本部	技術部	白水裕一

概要： 亜硝酸リチウム水溶液先行注入を特徴とする既設 PC 橋グラウト充填不足部の補修工法であるリパッシブ工法の PC 鋼棒を有する PC 箱桁橋への適用に向けて、下床版ハンチ内部に多列多段配置となる PC 鋼棒への注入孔形成技術の開発を行った。実物大試験体での施工確認試験によりシース方向および鉛直方向に対して角度を有するドリル斜め削孔を行うことで、同部にある全て PC 鋼棒に対して、リパッシブ工法による確実な補修を可能とするチューブ挿入兼補修材注入孔が形成できることを確認した。

Key Words： PC 鋼棒，箱桁橋，リパッシブ工法，再注入

1. はじめに

既設 PCT 桁橋を中心に、亜硝酸リチウム水溶液先行注入型補修材充填工法であるリパッシブ工法(以下、本工法)によるグラウト充填不足部の補修が行われており、近年は、高速道路の特定更新事業等において、写真-1 に一例を示すような PC 鋼棒を有する PC 箱桁橋への適用が検討されている。同橋の支間中央部近傍は、正曲げモーメントに対応するため、図-1 に示すように下床版およびウェブ内部に多数野の PC 鋼棒が配置される。ウェブ内部の PC 鋼棒については下方に集中配置される結果、下床版ハンチ内部に多列多段配置となる傾向にある。その結果、下床版ハンチ内部またはウェブ奥側に配置される PC 鋼棒については、注入孔削孔の困難さから本工法の適用対象外とせざるを得ないという課題があった。

そこで本検討では、このような PC 鋼棒についても、本工法による確実な補修を可能とする排気チューブ挿入兼補修材注入孔(以下、挿入兼注入孔)を形成する方法の確立を目的に、実際の PC 箱桁橋の下床版ハンチ部を再現した実物大試験体を製作し、削孔試験により検討を行った。



写真-1 PC 鋼棒を有する PC 箱桁橋

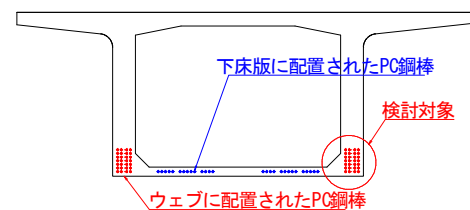


図-1 PC 鋼棒を有する PC 箱桁橋の支間中央近傍断面



鴨谷知繁



池田政司



深川直利

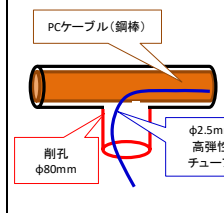
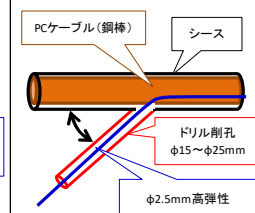


白水裕一

2. 施工対象の概要

本工法は、 $\phi 2.5\text{mm}$ の排気用および充填確認用高弾性チューブ(以下、チューブ)をグラウト充填不足部端部まで挿入し、同端部まで確実に補修する工法であり、挿入兼注入孔の形成は、鉄道総研方式¹⁾に準じた $\phi 80\text{mm}$ 削孔により行うことを標準(以下、標準方法)としている。この標準方法が適用できる場合には、PC 箱桁橋の主鋼棒をモデルとした注入実験²⁾や、実際のPCT 桁橋の横締めPC 鋼棒での施工³⁾を通じて、PC 鋼線束等と比較して内空隙の少ないPC 鋼棒に対しても本工法の適用が可能であることを確認している。ただし、**図-1** に示す下床版ハンチ部において標準方法

表-1 本工法の注入孔の概要

項目	標準方法(従来)	本検討の方法
排気チューブの挿入	有り $\phi 2.5\text{mm}$ 高弾性チューブ	有り $\phi 2.5\text{mm}$ 高弾性チューブ
削孔機械	$\phi 80\text{mm}$ コア削孔+ハツリ	$\phi 15\sim\phi 25\text{mm}$ 程度 コンクリートドリル
削孔角度	シース方向 に対して	90°
	鉛直方向 に対して	90°
模式図		

が適用できる範囲は手前側に配置された一部に PC 鋼棒に限定されるという課題があった。そこで本検討では、**表-1** (右) に示すように、シースのあきより細径のコンクリートドリルを用い、シース方向および鉛直方向に対して角度を有する削孔により挿入兼注入孔を形成することとした。

試験体の概要図を**図-2** に示す。**写真-1** に示す PC 箱桁橋(A 橋)については側径間および中央径間、**写真-1** に示す PC 箱桁橋(B 橋)については代表径間の支間中央近傍部の下床版ハンチ部を横断勾配以外忠実に再現したものとした。試験体の橋軸方向は 1m とし、スターラップ等の鉄筋も図面通りに配置した。

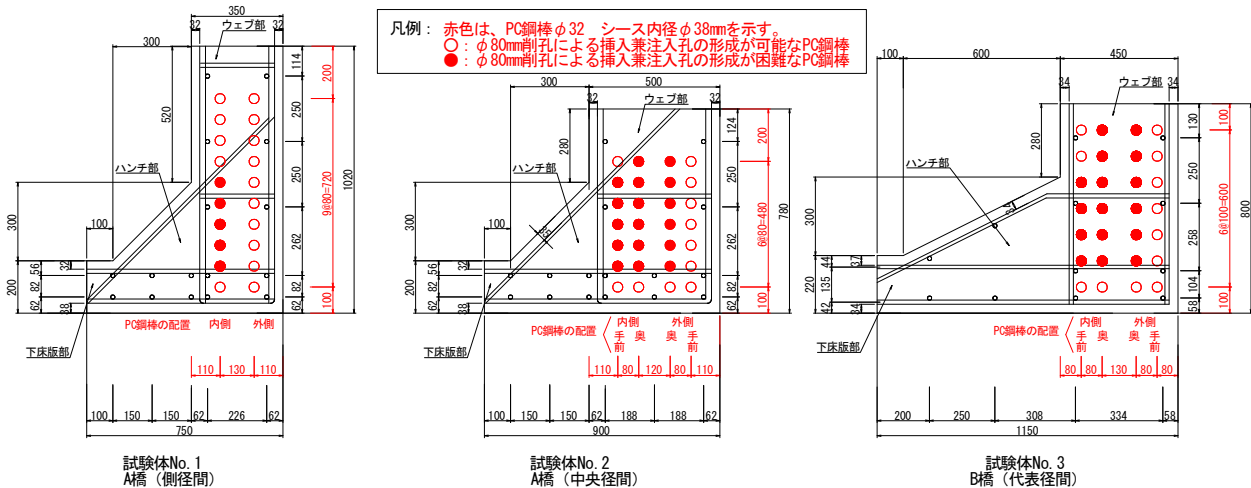


図-2 試験体の概要 (断面図)

3. 試験方法

施工フローは、**図-3** に示すように下記の通りとした。

- 1) RC レーダー(GSSI 社のストラクチャルスキャン SIR-EZ) を用いて PC 鋼材や鉄筋の位置をチョーキングする。
- 2) シース方向に対して 45° または 60° , 鉛直方向に対して 45° ~90° の 4 段階の角度を有する鋼製ガイドプレートを、原寸等から位置決めしコンクリートビスで固定する。
- 3) 事前に対象シース内部に PC 鋼棒を挿入する。



図-3 施工フロー

- 4) 斜め削孔開始時の先端の逃止めを目的とした t20mm 程度の座掘を行う。
- 5) ドリル方向のぶれが無くなる深さ 100mm 程度まで削孔を行う。
- 6) ガイドプレートを取外す。
- 7) シースに接するまで削孔を継続する。
- 8) ドリル孔最奥部に露出したシースをチューブ挿入可能となるように開削する。
- 9) チューブを試験体端部まで挿入できるかどうかを確認する。

4. 試験結果

4.1 鋼材探査結果

鋼材探査結果を写真-2に示す。箱桁の内側、外側、下側ともに最も手前にある PC 鋼棒および鉄筋位置のみ探査可能であった。以下、PC 鋼棒の探査結果について記す。

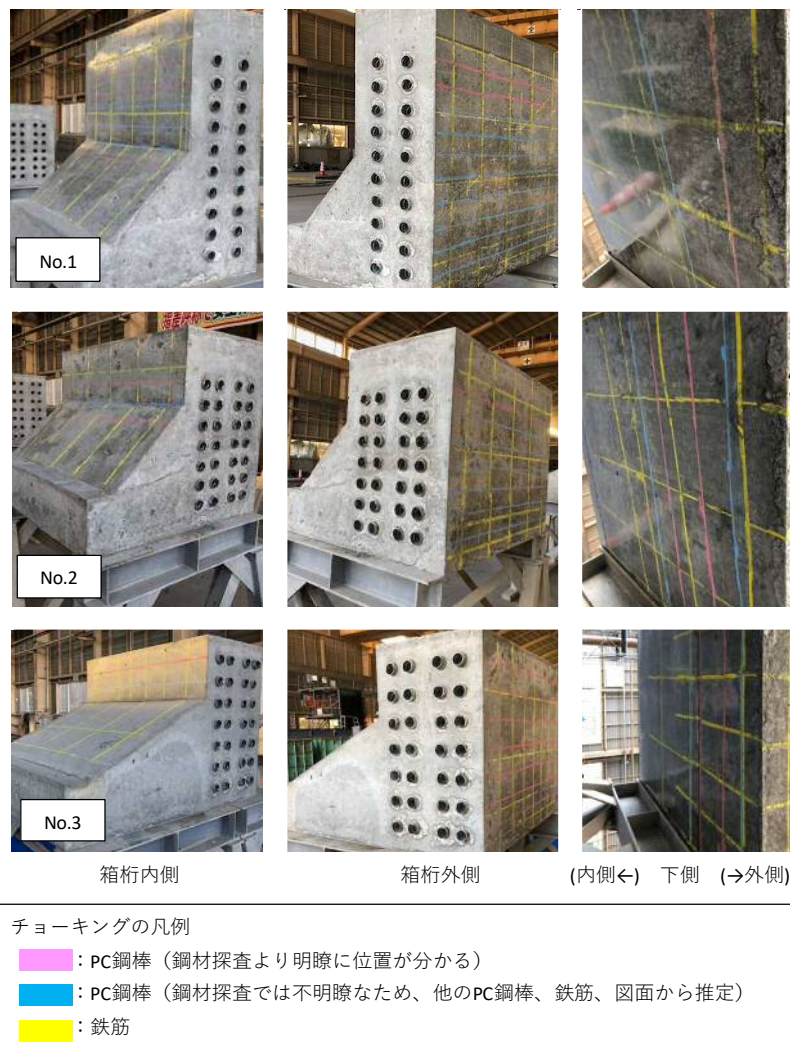


写真-2 鋼材探査結果

箱桁外側については、PC 鋼棒が 100mm ピッチで配置されている試験体 No.3 は全ての PC 鋼棒の位置が明瞭であったが、80mm ピッチの試験体 No.1 および No.2 については、表面鉄筋の影響により、位置が不明瞭になる PC 鋼棒が存在した。ただし、その場合でも、1) 最上段の PC 鋼棒は、位置が明瞭である、2) 最下段の PC 鋼棒は、床版の上筋と下筋の間に配置されるため位置の推定が容易、3) 図面より PC 鋼棒が等間隔に配置されていると推定される等により、全 PC 鋼棒の位置を推定することが可能であった。

内側については、ハンチ部より上方は外側と同じ傾向であるが、ハンチ内部については、試験体 No.1, No.2 の一部のみ位置が明瞭であった他は、位置の特定が困難であった。

下側については、全試験体において表面鉄筋の影響により位置が不明瞭となる PC 鋼棒があるものの、表面鉄筋からの離隔が大きい PC 鋼棒の位置は明瞭であることから、全ての PC 鋼棒において位置の推定が可能であった。

4.2 削孔試験結果

写真-3 に削孔試験状況を、写真-4 にチューブ挿入状況を示す。図-4 に示すように下 2 段については床版下面から、その他はウェブ側面から、ガイドプレートの角度を変更することで、全ての PC 鋼棒に対して表-1(右)に示す挿入兼注入孔を形成することができ、シーす方向の角度が 60°以下であれば、チューブの挿入が可能であることがわかった。



写真-3 削孔試験状況

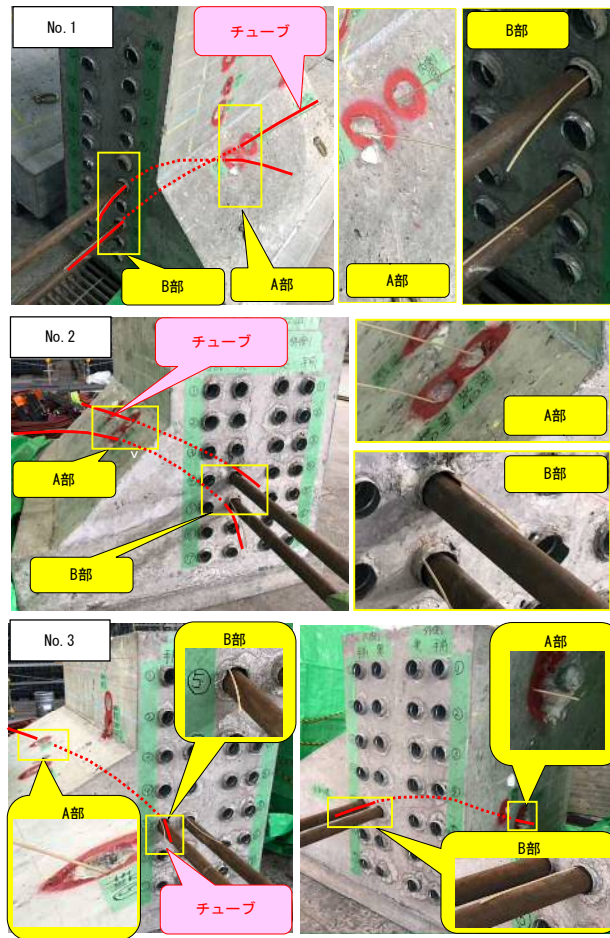


写真-4 チューブ挿入状況

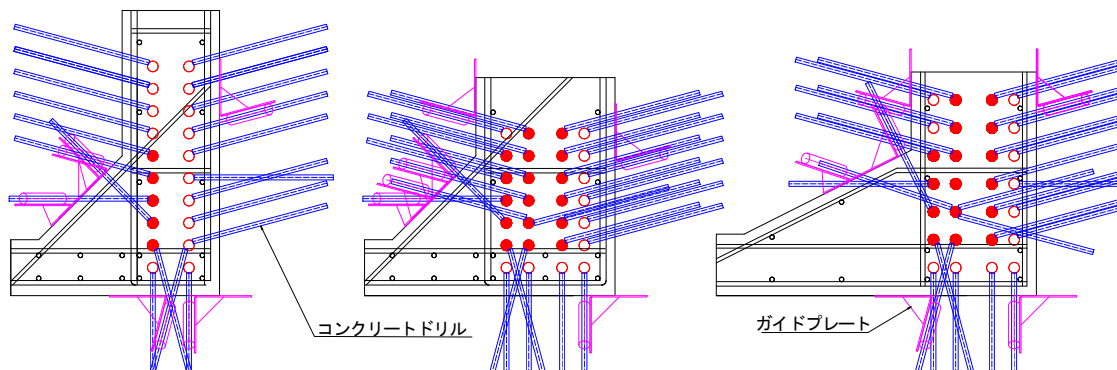


図-4 削孔方向例 (左: 試験体 No.1 中: 試験体 No.2 右: 試験体 No.3)

5. 留意点および今後の課題

本検討を通じて確認された留意点や今後の課題について列挙する。

- 1) 鋼材探査では、PC 鋼棒の密集により鋼材位置が判別しづらいが、施工時に PC 鋼棒の相対位置のばらつきが小さいブロック目地近傍を削孔位置とするとともに、明確に探査可能な PC 鋼材の位置を基準に図面から推定することで、全 PC 鋼棒の位置推定が可能である。
- 2) 挿入兼注入孔の形成に際し、複数回の削孔が必要になる場合もあるが、初回の誤差の要因分析を次回にフィードバックすることで、精度向上が可能である。
- 3) 一部の奥側の PC 鋼棒へドリル削孔を行う際、非構造筋との干渉が避けられず同鉄筋の切断が必要になる場合がある。
- 4) 奥側 PC 鋼棒への削孔では、ドリルが手前側 PC 鋼棒のシースに接触し、シースの一部に損傷を与える可能性があり、複数の PC 鋼棒へ同時に水溶液や補修材が注入されることによる不具合が想定されるが、**図-5**に示すように手前側 PC 鋼棒の補修材充填完了後、奥側 PC 鋼棒への削孔を行う手順により、不具合を防止できる。
- 5) シース開削については、PC 鋼棒とシースとの空隙が小さいため、一般的なマイナスドライバー等による打撃では鋼棒側にシースがめり込みチューブの挿入を妨げる傾向があった。本検討では、CCD カメラ等でドリル孔最奥部におけるシースの露出状況を正確に把握した後、**写真-5**に一例を示すように、孔内の最外縁の一部だけを打撃する工具を考案し適用することで、比較的容易にチューブを挿入可能な状態でシース開削が可能となった。ただし、施工性の改善の余地があり、これについては今後の課題として随時改良を行いたい。

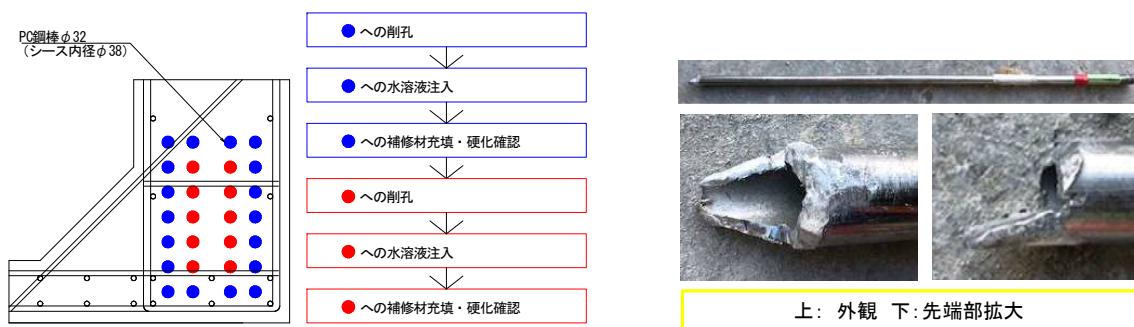


図-5 考慮すべき施工手順

写真-5 削孔試験状況

6. まとめ

本検討により、シース方向および鉛直方向に対して角度を有するドリル斜め削孔を行うことで、PC 箱桁橋の下床版ハンチ部にある PC 鋼棒に対して亜硝酸リチウム水溶液先行注入型補修材充填工法による確実な補修を可能とするチューブ挿入兼補修材注入孔が形成可能であることを確認した。本方法をさらにブラッシュアップして実施工に望む考えである。

参考文献

- 1) 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。
- 2) 鴨谷，深川，池田，石井：LiNO₂水溶液先行注入型補修材再注入工法のPC箱桁橋への適用実験，プレストレストコンクリート工学会第 27 回シンポジウム論文集，pp.83-86，2018。
- 3) 鴨谷，上田，藤原，岩本：広幅員のプレテンション方式PCT桁橋の横締め鋼棒へのグラウト再注入，プレストレストコンクリート工学会第 28回シンポジウム論文集，pp.569-572，2019。