

箱桁橋中央閉合部近傍のホース付カップラーシース部の

グラウト充填調査 ^{つちまる} — 土丸橋（下り線） —

(株)ニューテック康和	技術部	鴨谷知繁
大阪支店	土木営業部	三木淳一
大阪支店	土木工事部	真島敬
大阪支店	土木工事部	山本忠典

概要：本稿は、PC3 径間連続ラーメン箱桁橋である土丸橋（下り線）を対象に、部分吊り足場条件で全体の緊急対策の要否を迅速かつ正確に判断することを目的としたグラウト充填調査に関する報告である。プレストレス低下の影響が大きな中央閉合部近傍において、箱桁内外の水浸み発生位置との相関が認められ、グラウト充填不足の場合には橋面滞水の侵入により PC 鋼棒の腐食が進行しやすいホース付カップラーシース部に絞った削孔調査を計画した。本調査は、合理的な一方、難度の高い調査であったが概ね計画通り実施でき、PC 鋼棒タイプの箱桁橋におけるグラウト充填調査事例が少なく調査計画の立案手順が十分に整理されていない現状において、今後の参考となる事例となった

Key Words： PC 箱桁橋，グラウト，充填調査，水浸み，PC 鋼棒

1. はじめに

本稿の対象は阪和自動車道に位置する土丸橋（下り線）である。ディビダーク工法（PC 鋼棒）による張出施工で建設され、平成 2 年に供用された PC3 径間連続ラーメン箱桁橋（橋長 261m 支間 72.3m+115.0m+72.3m）であり、写真-1 に示すように中央分離帯側中央閉合部の打継ぎ目近傍に豆板、水浸み、エフロレンセスが生じ、橋梁点検車を用いた近接目視点検時の脆弱部除去により腐食鉄筋等が露出した状態となっていた。写真-2 に示すように令和 4 年 4 月～令和 5 年 3 月に施工された上り線 PC 上部工補修工事¹⁾で設置した全面吊り足場から下り線中央分離帯側中央閉合部へ部分吊り足場を設置し、当初予定していた断面修復、はく落防止対策工に加えて、グラウト充填調査、亜硝酸リチウム水溶液先行型グラウト再注入²⁾による応急対策を実施した。

本稿は、上記変状部の直上に配置された PC 鋼棒を対象としたグラウト充填状況および変状発生要因に関する調査（以下、一次調査）、その結果を受けて橋梁全体を対象とした緊急対策の要否を判断するために実施した中央閉合部近傍のグラウトホース（以下、ホース）付カップラーシース部に絞ったグラウト充填調査（以下、二次調査）について報告する。

2. 一次調査

部分吊り足場設置後の近接目視により、P2 側変状部の PC 鋼棒において、シースの破損とグラウト充填不



鴨谷 知繁



三木 淳一



真島 敬



山本 忠典

足、PC 鋼棒の腐食が確認されたため、図-1 に示すように変状部の直上に位置する No.315, 215, 214, 314 を対象とした削孔による一次調査を実施した。対象鋼棒あたり 2 か所のグラウト充填調査を実施した結果、No.214 鋼棒のみグラウト充填不足が確認された。No.214 のグラウト充填調査結果（変状部の研り調査結果も含む）を図-2 に示す。著しい腐食や塩化物の侵入が確認され、測点②ではシース内の間隙が全て PC 鋼棒の腐食生成物で閉塞した状態であり、写真-3 に示すように電動ワイヤーブラシによる除錆後、著しい減肉や孔食が確認された。

図-1 に示すように正曲げモーメントが卓越する中央閉合部のウェブ PC 鋼棒は下フランジ近傍の密集配置（4 列×8 段＝32 本）であり、豆板はコンクリート打設時の締固め不足により生じたと推察された。また、対象 PC 鋼棒には、図-3 に示すように中央閉合部の打継部から 500mm の位置に端部が橋面の地覆下へとつながるホース付きカップラーシースが配置されており、漏水はホースを伝った橋面の滞水であると推察された。

以上より当該部の鉄筋や PC 鋼棒の腐食は、凍結防止剤を含む橋面排水がホースを伝ってグラウト充填不足部やシース外側へ侵入したために生じたと考えられた。

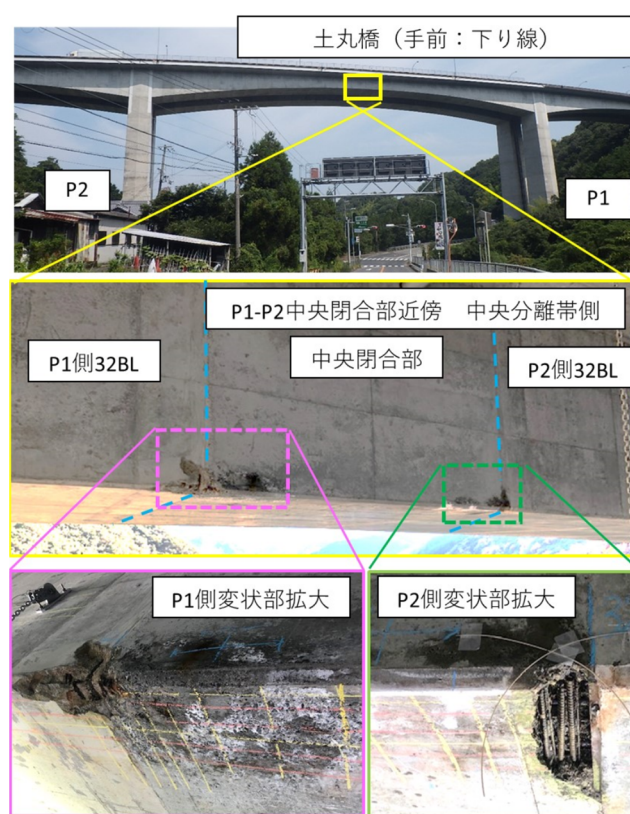


写真-1 土丸橋下り線の外観変状

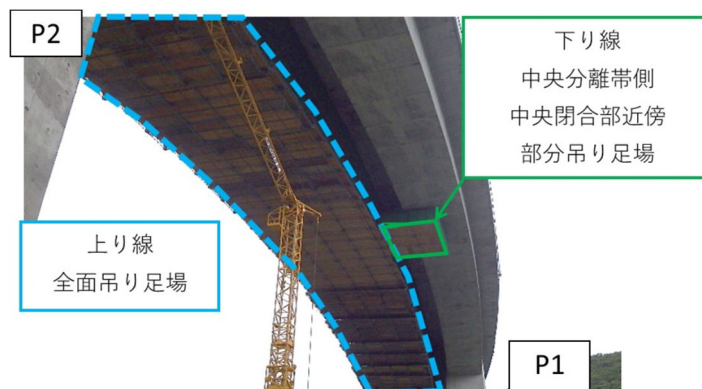


写真-2 土丸橋下り線の吊り足場設置状況

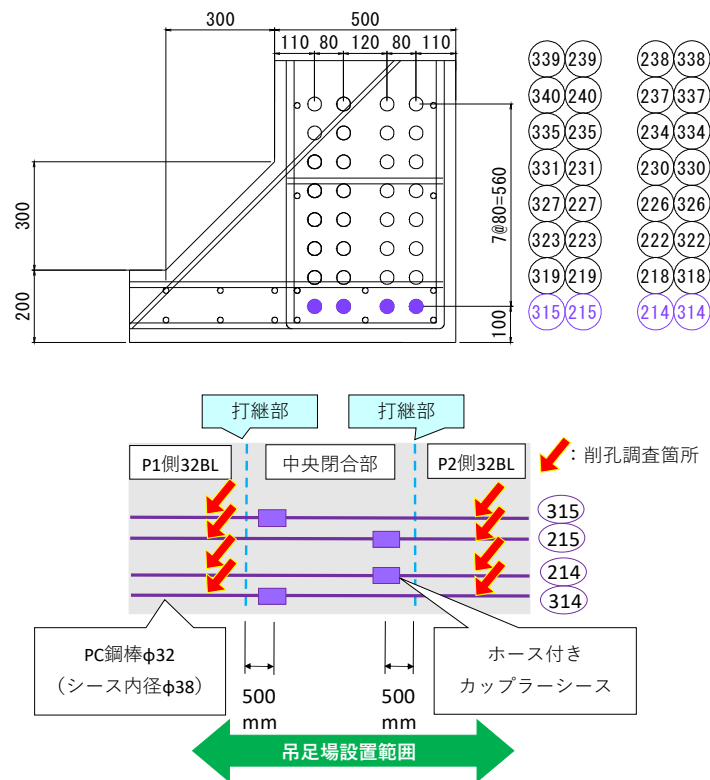


図-1 一次調査の対象としたPC鋼棒 上：断面図 下：平面図

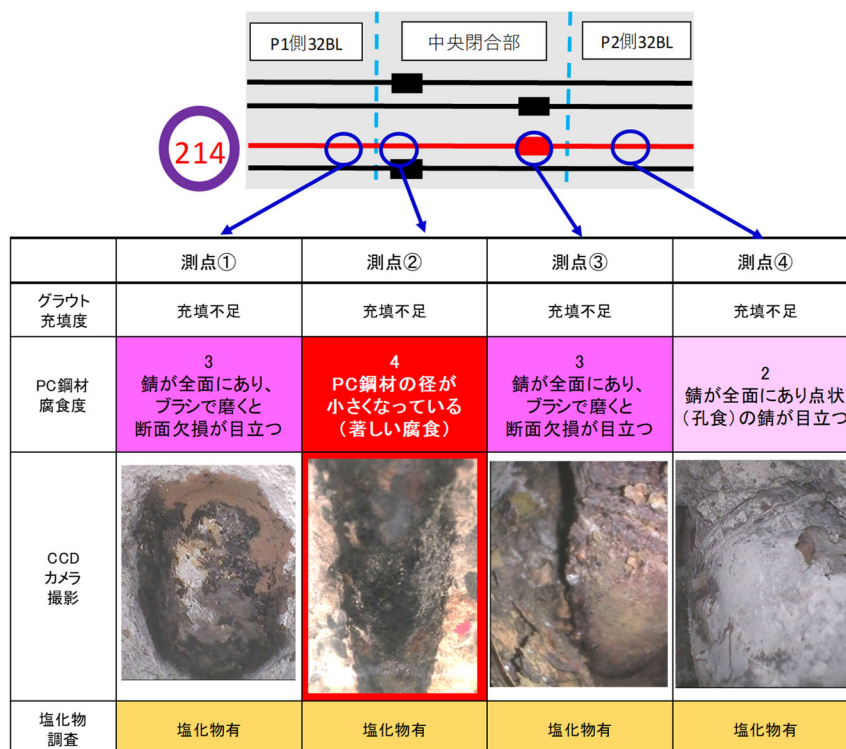


図-2 No.214 鋼棒のグラウト充填調査結果 (削孔・ハツリ)



写真-3 No.214 鋼棒の測定②における減肉状況

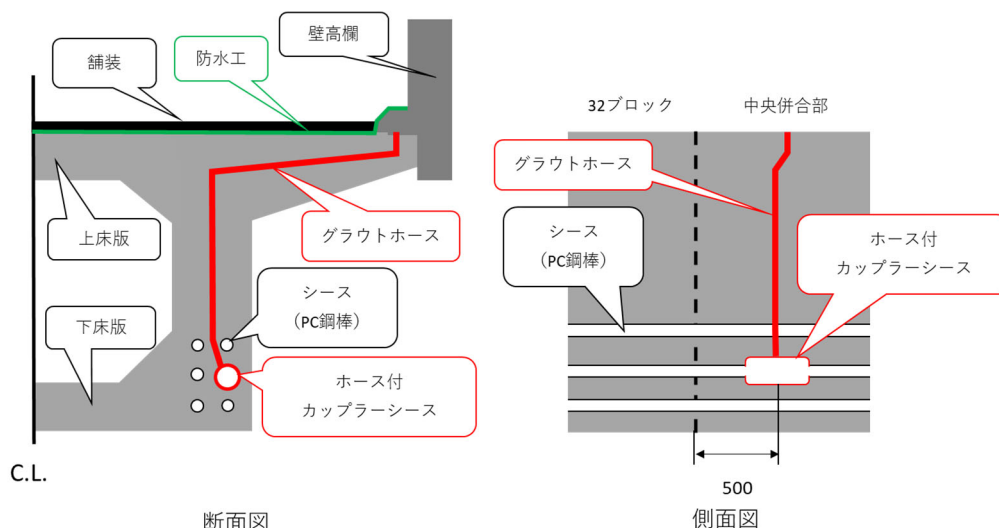


図-3 橋面の地覆下へとつながるホース付きカップラーシース配置概要図

3. 二次調査の計画

一次調査の結果を受け、下記の点を考慮し二次調査を計画した。

- ① 下り線は、橋梁全体の PC グラウト充填状況のスクリーニングを目的に広帯域超音波法による非破壊調査が実施されており、その充填率が 100%であった。また、土丸橋上下線は同業者によりほぼ同時に建設されており、橋梁全体の詳細調査を先行して実施した上り線の正曲げ鋼棒の充填率約 95%を考慮すると、下り線正曲げ鋼棒の充填率は比較的高い値と推察される。
- ② 一次調査後実施した下り線箱桁内の目視調査では図-4 に示すように、中央閉合部近傍に水浸みが 2 か所確認されており、他の PC 鋼棒の変状も懸念される。下床版 PC 鋼棒の破断が生じた上り線で実施された復元設計を参考にすると、中央閉合部近傍 (P1 側 30BL~P2 側 30BL) の正曲げ鋼棒の多くに No.214 鋼棒のような変状が多数ある場合、プレストレス不足により下縁応力が許容値を超過する懸念がある。
- ③ 当初下り線の補修は変状部のみを対象としており、全面吊り足場を設置して橋梁全体を対象とする緊急対策の要否を判断する追加調査が必要である。
- ④ 下床版鋼棒の破断が箱桁内部の水浸み発生箇所近傍のホース付カップラーシース部内の局所的に腐食により生じた丹南武庫川橋²⁾の事例を踏まえると、ホース付きカップラーシースを用いた PC 箱桁橋では、当該箇所にグラウト充填不足が生じた上に水が供給されると PC 鋼材腐食に至る可能性が高いため、当該部に絞った調査が合理的である。一方、対象を当該部に絞ることで、上り線の調査¹⁾と比較して、当該部の配置誤差、削孔の橋軸方向自由度の低下等の影響により、難度が高い調査となるが、PC 箱桁橋の削孔調査事例が少ない状況において、どの程度実施可能かのデータ収集も含めて試験的に実施することが、今後の参考として有意義である。

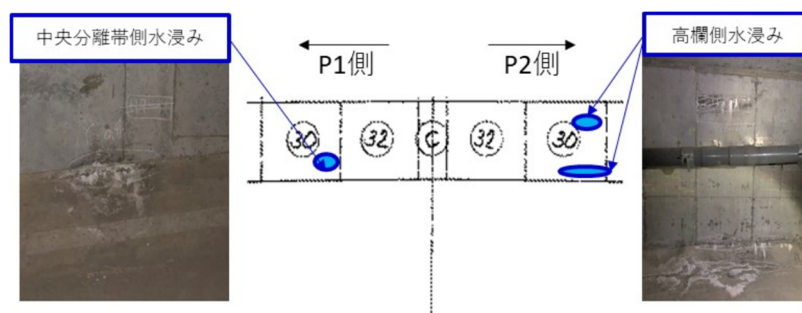


図-4 箱桁内の水浸み

以上より計画した二次調査案を図-5に示す。まず、残存プレストレスを可能な限り正確に推定するため、断面図に示すように、正曲げ鋼棒全100本中、箱桁内および吊り足場から調査可能と判断した72本を対象とした。また側面図に示すように、調査箇所は、許容応力度に対するプレストレス余裕量が少ない中央閉合部近傍部のみとし、グラウト充填不足が生じた場合にPC鋼棒の損傷が進みやすいホース付カップラーシース部に絞ることで、削孔調査数量の低減によるコスト縮減や、今後の方針を迅速に決めるための調査期間短縮に努めた。なお、削孔調査対象のホース付きカップラーシース全78箇所は、各ブロックの旧ブロック側に集中している。

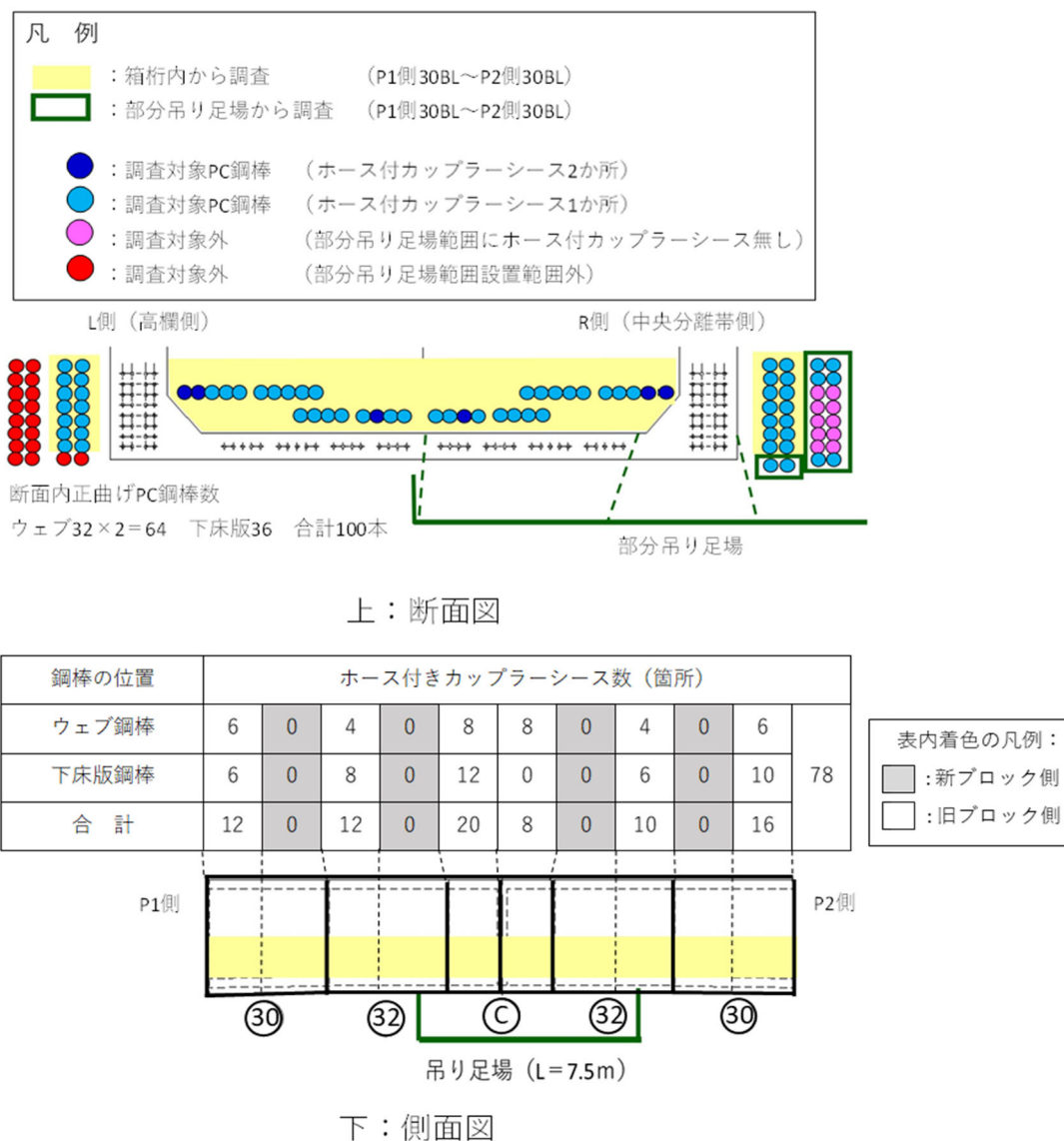


図-5 二次調査概要図

4. 二次調査の結果

二次調査結果を表-1に示す。図-6に示すように下床版ハンチ部密集配置部を含むホース付カップラーシース部を対象とした難度の高い削孔調査であったが、中央分離帯側 No.219を除き計画通りの調査が実施でき、削孔調査実施率は98.7%と高い値となった。この要因として、実物大試験³⁾で確立した方法による土丸橋上り線での調査経験により精度の良い削孔ができたこと、高性能のRCレーダを用いたホース付きカップラーシース位置調査の結果、橋軸方向のずれが少なくほぼ図面通りであったこと等が挙げられる。一方、上記 No.219 鋼棒が計画通りの調査が出来なかった理由として、実物大試験³⁾では箱桁外からの削孔Aにより調査可能と判断されるが当該鋼棒のホース付カップラーシースが部分吊り足場設置範囲外のため削孔不可であり、

その結果、箱桁内からの削孔対象としては最難度となったこと、さらには、削孔 B では手前側 PC 鋼棒との干渉、削孔 C および削孔 D では通し鉄筋との干渉が生じたためである。以上より総じて、本調査は今後の同種橋梁における削孔調査計画において、実現可能性の高い参考事例となると考えられる。

次に充填判定結果について示す。計画位置での調査ができなかった No.219 鋼棒は、P2 側に 9m ずらした位置での代替調査結果とした。著しい腐食が確認された No.214 を除くすべての調査箇所でグラウト充填が確認され、充填率は 98.7%であった。調査カバー率 72%の正曲げ PC 鋼棒においてこの結果が得られたことから、下り線全体を対象とした緊急対策の必要性は低いものと判断し、上述の応急対策のみの施工とした。写真-4 に補修完了後の外観を示す。

表-1 二次調査結果

	正曲げPC鋼棒数 (本)		ホース付カップラー シース (箇所)			充填判定	
	全数	調査 対象	調査 対象	計画通り 調査実施	調査不可	充填 ○	充填不足 ×
ウェブ	64	36	42	41	1	41	1
下床版	36	36	36	36	0	36	0
合計 (記号)	100 (a)	72 (b)	78 (①)	77 (②)	1	77 (③)	1

調査カバー率 b/a	72.0%	削孔調査実施率 ②/①	98.7%
		充填率 ③/①	98.7%

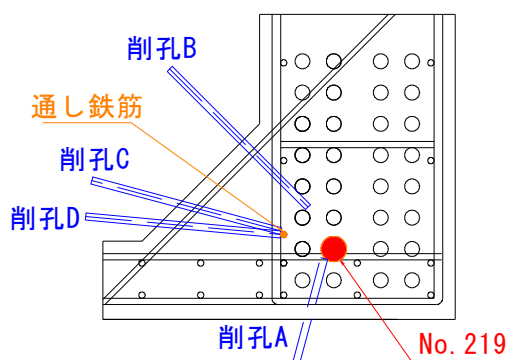


図-6 No.219 鋼棒位置と削孔方法



写真-4 補修完了後（下り線）

5. おわりに

PC3 径間連続ラーメン箱桁橋である土丸橋（下り線）における中央閉合部近傍のグラウト充填調査に関して報告した。部分な吊り足場条件において、全体の緊急対策の要否を迅速かつ正確に判断するために、プレストレス低下の影響が大きな断面、箱桁内外の水浸み位置との相関があり、グラウト充填不足の場合に橋面滞水が直接侵入し PC 鋼棒の腐食が進行しやすいホース付カップラーシース部に絞り、合理的な一方難度の高い削孔調査を計画した。本調査は、概ね計画通り実施できたことから、PC 鋼棒タイプの箱桁橋におけるグラウト充填調査事例が少なく、調査計画の立案手順が十分に整理されていない現状において今後の参考となれば幸いである。

謝辞

土丸橋 PC グラウト再充填工事は注目度が非常に高く、多数の発注者関係者や工法共同開発者の神戸大学大学院森川英典教授に視察いただき、貴重なご意見・ご指導を頂いた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 佐藤快成, 栗野広大, 三木淳一, 鴨谷知繁 : PC 鋼棒タイプの箱桁橋におけるグラウト再充填工事・阪和自動車道土丸橋-, PC 工学会第 32 回シンポジウム論文集, pp. 101-104, 2023
- 2) 三木淳一, 和田直大, 小林弘道, 小山敏史 : PC 箱桁橋下床版鋼棒のグラウト再充填・舞鶴若狭自動車道丹南武庫川橋-, PC 工学会第 32 回シンポジウム論文集, pp. 105-108, 2023
- 3) 鴨谷知繁, 深川直利, 池田政司, 白水祐一 : PC 箱桁橋下床版ハンチ内部の主鋼棒へのチューブ挿入兼補修材注入孔の形成, PC 工学会第 29 回シンポジウム論文集, pp. 355-358, 2020