

既設ポストテンションPCT桁の補修について

— グラウト再注入および支承取替え —

井俣 俊也*1・崎谷 和也*2・渡瀬 博*3・藤原 規雄*4

ポストテンション方式の構造物において、PC グラウトはPC 鋼材の腐食からの保護およびPC 鋼材と構造物の一体化が役割であるが、高度成長期に施工されたポストテンション T 桁橋の主ケーブルにおいてグラウトの充填不足が確認され、橋自体の耐久性低下が懸念されている。この充填不足に対しての調査ならびに補修方法について、道路橋では既往の事例が少なく、工法も確立されていない。そこで補修が必要な実橋において、これらの調査ならびに補修方法について検討・実験等により検証しながら施工した事例を報告する。

また道路橋において、鋼製支承の腐食・劣化が生じ、性能が著しく低下している事例が散見される。この性能低下は、本来保有している橋梁自体の耐久性ならびに機能から乖離することになる。著しく性能が低下した既設支承については、通常、支承取替えの対策が講じられる。しかし、ポストテンション PC 桁の支承取替えでは、支承部近傍に PC 鋼材が定着されているため、上部工側にアンカー定着が必要となる支承（以下、B タイプ沓と称す）への取替えは困難とされてきた。そこで、既設ポストテンション PC 桁における B タイプ沓への取替方法に関する施工事例について報告する。

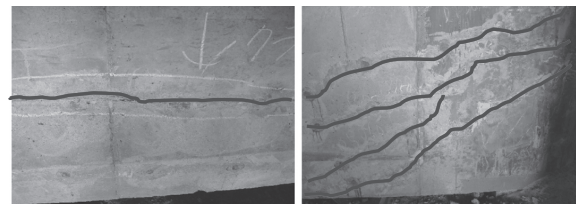
キーワード：ポストテンション T 桁、PC グラウト再注入、支承取替

1. はじめに

1970 年代に建設された国道 2 号姫路バイパスのポストテンション方式 PC 橋<船場川側道橋（上、下）、水尾川橋（上、下）、玉手高架橋 /5 橋>において、定期点検時、0.2 mm を超えるひび割れや著しい鋼製支承の腐食が確認された。これらの変状に対して、詳細調査、橋梁ドクターによる診断ならびに緊急的なひび割れ注入等による補修工事を実施されてきた。

ひび割れの主たる原因については、アルカリ骨材反応による劣化ならびに主ケーブルのグラウト充填不足であることが詳細調査により判明している。船場川側道橋におけるひび割れ状況を写真 - 1 に示す。

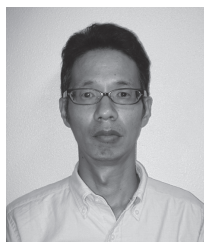
このグラウト充填不足は、PC 構造物として保有すべき「PC 鋼材の腐食からの保護」、 「PC 鋼材と構造物の一体化」の性能を損なうものであり、橋自体の耐久性を低下させるものである。しかし、このグラウト充填不足に対しての調



【主桁下フランジ部ひび割れ(橋軸方向)】 【主桁橋部ひび割れ】
写真 - 1 変状状況写真

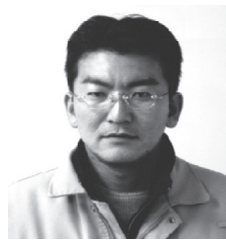
査ならびに補修方法については、道路橋での既往の事例が少なく、工法も確立されていない。

そのため、本工事では、調査方法ならびに補修方法について、発注者である「近畿地方整備局 姫路河川国道事務所」が産・官・学による「国道 2 号線 PC 上部工の補修に関わる補修検討会」を設立した。この検討会において、現地検分・検討・審議のうえ、具体的補修方針を決定し、同時進行で工事（調査工・補修工）を実施した。



*1 Toshiya IHAYA

オリエンタル白石 (株)
大阪支店 施工技術部



*2 Kazuya SAKITANI

オリエンタル白石 (株)
大阪支店 施工技術部



*3 Hiroshi WATASE

オリエンタル白石 (株)
技術研究所



*4 Norio FUJIWARA

(株) 国際建設技術研究所

また、船場川側道橋の鋼製支承は、伸縮装置部からの漏水等により、写真 - 2 に示すように、著しい腐食・劣化が生じていた。この腐食・劣化により、支承構造に必要な荷重伝達機能（鉛直力支持・水平力支持）と変位追従機能（水平移動・回転）の性能が損なわれ、橋自体の耐久性ならびに機能の低下が生じていた。



写真 - 2 鋼製支承腐食状況

通常、このように著しく性能が低下した既設鋼製支承については、支承取替えの対策が講じられる。しかし、ポストテンション PC 桁では、支承部近傍に PC 鋼材の定着装置が配置されているため、上部工側のアンカー定着が必要となる B タイプ沓への取替えは困難とされてきた。本工事では、既設ポストテンション PC 桁における B タイプ沓への取替方法について、取替支承構造の選定や施工方法等を検討しながら施工した。

2. PC グラウト再注入 1)

2.1 事前調査によるグラウト充填不足状況

船場川側道橋の主ケーブル配置を、図 - 1 に示す。

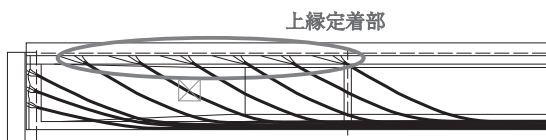


図 - 1 主ケーブル配置側面形状図

本橋のケーブル配置は、1994 年改訂前の建設省標準設計に準拠して、主桁上縁定着ケーブルが配置されている。また、本橋は橋面上の防水層についても未設置であった。

写真 - 3 に、詳細調査における X 線透過法によるグラウト充填状況を示す。本工事でのグラウト充填不足の特徴として、左側写真に示すように、既設グラウトが不十分に充填されていることが非常に多く、右側写真のような完全未充填に比較して、グラウト再注入補修がより一層、困難な状況にあった。

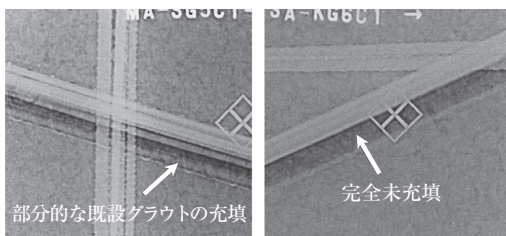


写真 - 3 X線透過法によるグラウト充填状況

本検討会では、再注入後の再劣化抑制や上記の既設グラウトの充填状況等を勘案して、調査項目・方法ならびに施工方法を計画・審議・検証した。

2.2 既設グラウトの充填調査

グラウト充填不足の調査にあたっては、従前の X 線透過法に比較して経済的である「インパクトエコー法」を採用した。充填不足と診断した箇所については「削孔・CCD 法」による検証を実施し、かつ検出精度を確認する目的として部分的に「X 線透過法」による検証を実施した。

また、凍結防止材の散布が実施されてきた路線であることより、充填不足部への塩化物イオンの侵入が懸念されたため、「再注入後の再劣化に対する検証」として、既設グラウトの塩化物イオン含有量測定を含むシース内環境調査を実施した。

(1) インパクトエコー法 (IE 法)

本法は衝撃弾性波法の一つに分類され、桁側面から送られた弾性波の反射波形を測定し、シース管内の空隙を推定する調査方法である。調査状況ならびに調査結果である出力波形を写真 - 4 に示す。なお、後述する削孔・CCD 法での直接的な調査結果との検証を実施した結果、IE 法で充填 (○) と判定し、削孔・CCD 法による検証で充填不足となる危険側の誤判定は皆無であった。一方、IE 法で充填不足と判定し、削孔・CCD 法による検証で充填されていた箇所は、全数の 9% 程度であり、高い中率であった。

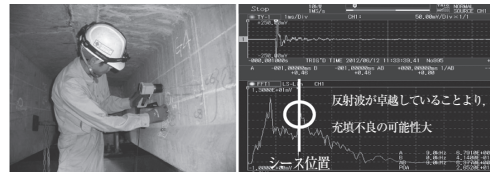


写真 - 4 IE 法 調査状況・出力波形例

(2) 削孔 (φ 25)・CCD 法

削孔・CCD 法は、桁側面をハンマードリルで削孔 (φ 25 mm) の上、シース開削して CCD カメラを桁内部に挿入し、シース内部の状態を確認する直接的な調査方法である。削孔・CCD 法での調査状況を写真 - 5 に示す。



写真 - 5 削孔・CCD 法 調査状況

本工事における削孔・CCD 法による判定基準として、図 - 2 にグラウト充填度を、写真 - 6 に PC 鋼材腐食度を示す。

(3) 空圧法

グラウト再注入を実施するにあたり、再注入量の事前推定は、施工管理において重要となる。本工事では、シース管内のグラウト充填不足部分に単位時間あたり一定量の空

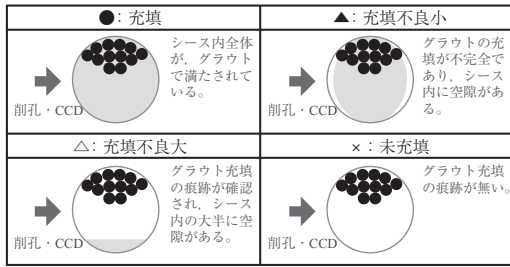


図 - 2 グラウト充填度判定基準

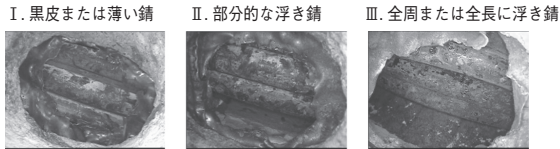


写真 - 6 PC 鋼材腐食度判定基準

気を送り込み、その圧力変化と時間の関係により、グラウト充填不足部分の体積を推定する空圧法により、グラウト再注入量の推定を行った。写真 - 7 に、空圧法の調査状況・機器ならびに出力波形例を示す。



写真 - 7 空圧法 調査状況・機器および出力波形例

また、実注入量と空圧法での推定量を対比させることを目的として、横軸に空圧法での推定量、縦軸に実注入量としたグラフを図 - 3 に示す。グラフ上に示す実線(黒)は、実注入量と推定量が等しくなる線を示したものである。グラフ中のプロット点は、おおむね、この実線に近似する傾向であり、空圧法による再注入量の推定精度を確認することができた。

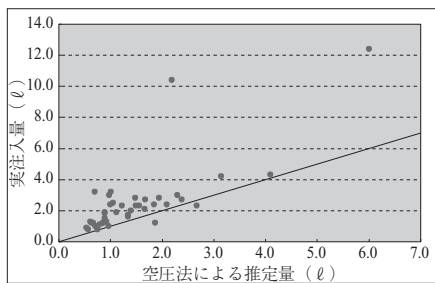


図 - 3 空圧法における推定量と実注入量の対比

(4) シース内環境調査・既存グラウト塩化物含有量測定

グラウト再注入後においても、PC 鋼材表面に一定量の塩化物イオンが付着していることにより、再劣化が生じることが懸念された。本工事では、削孔・CCD 法による調査で鋼材腐食度Ⅲ以上と判定したケーブルを抽出して、既存グラウトならびに鋼材表面錆内の塩化物イオン含有量の

測定を行った。その結果、本橋における PC 鋼材の腐食は、凍結防止材等の塩化物イオンに由来するものではないことが明らかとなり、塩化物イオンに対する特別な対策は実施しなかった。

(5) 調査結果

グラウト充填調査全数 (N = 544) に対して、270 箇所までグラウト充填不足が確認された。橋梁毎での不足率については、ばらつきが大きく、38.5 ~ 74.4 %であった。表 - 1 に、橋梁ごとの調査結果一覧を示す。

表 - 1 グラウト充填および鋼材腐食 調査結果表

	船場川側道橋		玉手高架橋		水尾川橋		合計(全数: 544)	
	上り(144)	下り(144)	上り(96)	下り(80)	上り(80)	下り(80)		
過年度調査								
インパクトエコー法 (IE 法)	充填 (○)	37	56	15	9	16	133	
	充填不良 (×)	33	24	21	23	12	113	
	充填不良の可能性 (△)	30	52	25	17	26	150	
	評価不能 (※)	22	12	20	8	26	88	
	計	122	144	81	57	80	484	
削孔・CCD 調査	対象数量	IE 法の判定 (△, ×, ※)	85	88	66	48	64	351
	過年度調査 (未充填判定)	16	6	6	23	1	52	
	計	101	94	72	71	65	403	
判定	充填 (●)	36	45	35	10	7	133	
	充填不良小 (▲)	15	12	9	15	8	59	
	充填不良大 (△)	50	36	28	46	49	209	
	未充填 (×)	0	1	0	0	1	2	
充填不良区間	削孔法の判定から (▲, △, ×)	114 (39.6%)	37 (38.5%)	119 (74.4%)	270 (49.6%)			
ケーブル腐食度	I (黒皮または薄い錆)	54	37	57	42	48	238	
	II (部分的な浮き錆)	18	6	4	21	11	60	
	III (全周または全長に浮き)	1	0	0	4	1	6	
計	73	43	61	67	60	304		

2.3 グラウト再注入に関する実験

(1) 実験概要

グラウト再注入にあたっては、シース内に残留空気を生じさせないように、確実にグラウトを注入させる必要がある。また、図 - 2 に示すように、本工事でのグラウト充填不足部分の形態は、多種多様であることが確認された。そこで、既往のグラウト再注入の事例より、図 - 4 に示す方法を、グラウト再注入の基本計画として、①最上部への充填性、②排気ホース(極細径ホース)の挿入可否、③排気ホース設置不可部での注入方法、④注入機器の選定、⑤実施工に対する作業手順の確立、⑥再注入時のコア削孔部の気密性・耐圧性・充填性の検証を目的として試験体を作成し実験を実施した。写真 - 8 に、実験時の状況を示す。

(2) 実験結果

注入方法としては、排気ホースが最上部まで挿入可能なケースにおいては、注入機器(自然流下、電動ポンプ、真空ポンプ)によらず、最上部までのグラウト再注入が可能であった。また、排気ホースが既存グラウトにより設置できないケースや最上部まで到達できないケースについては、真空ポンプ併用による電動ポンプでの加圧注入とすることにより、グラウト再注入度の向上が図れた。

排気ホースの挿入可否に関しては、注入・排気孔からシース内に確実に排気ホース(極細径ホース)を挿入するた

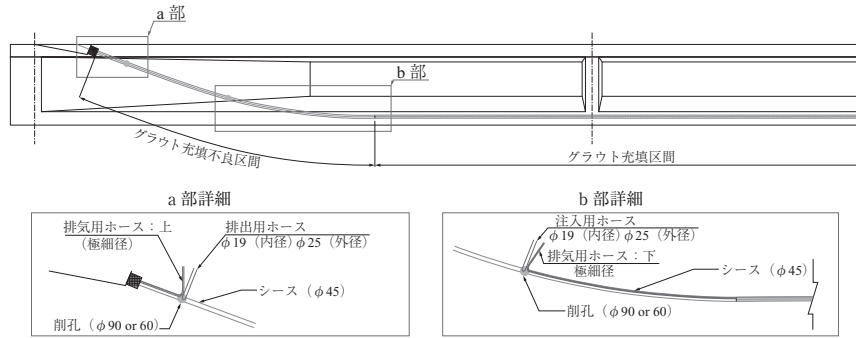


図 - 4 グラウト再注入基本計画図



写真 - 8 再注入実験状況

めに必要となるコア削孔径は、シースかぶり [100 mm 以上→コア削孔φ90], [100 mm 未満→コア削孔φ60]であることを確認した。

再注入時のコア削孔部の気密性・耐圧性・充填性の検証に関する試験結果を以降に示す。従前のグラウト再注入においては、グラウト再注入用削孔部に、グラウトホース等を埋め込んで、モルタル等により蓋を設置していた。本工事では、グラウト再充填性の向上させるため、加圧注入や真空注入を実施することにより、従来のモルタル等での蓋構造に対して、耐圧性ならびに気密性の低下に伴うグラウト再注入時の再空洞の発生が懸念された。そこで、図 - 5 に示すような高強度モルタルキャップを使用した。また、この高強度モルタルキャップの使用により、コア削孔部の充填性の向上も図れた。

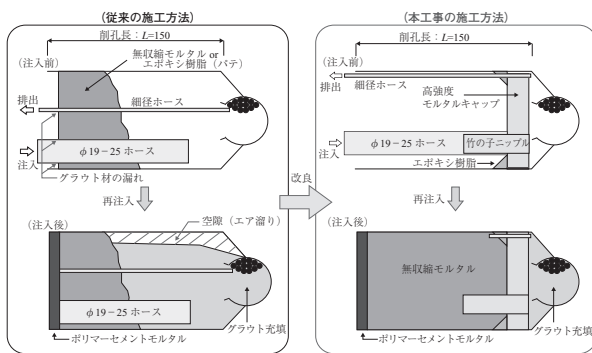


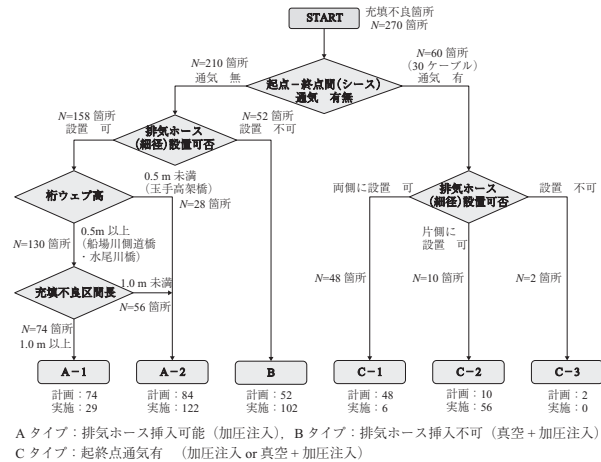
図 - 5 コア削孔部の処理概念図

2.4 グラウト再注入

(1) グラウト再注入方法の選定

前述の実験結果により、電動ポンプによる加圧注入を基本とし、排気ホース挿入不可部へは、真空ポンプによりシース内を真空状態に保ち、真空+加圧注入とした。注入方

法については、排気ホースの挿入可否や起終点の通気の有無等により、図 - 6 に示す注入方法選定フローにより、各箇所の注入方法を選定した。また、実注入では、注入・排出孔をφ90 or 60で削孔（事前調査はφ25）した後、排気ホースの挿入可否や通気の有無により、再度、注入方法（タイプA～C）を再選定した。



Aタイプ：排気ホース挿入可能（加圧注入）、Bタイプ：排気ホース挿入不可（真空+加圧注入）
Cタイプ：起終点通気有（加圧注入 or 真空+加圧注入）

図 - 6 再注入方法選定フロー

(2) グラウト再注入管理

従来のグラウト再注入では、グラウト材の注入孔等からの漏れの有無・排出孔からのグラウト材の排出確認を目視確認し注入管理していた。本工事では、グラウト再注入の管理精度を向上させるため、注入前・作業中・完了時において、管理項目を追加し、グラウト材の注入状況やシース内圧力を随時確認しながら再注入を実施した。

[従来の管理項目]：再注入作業中、完了時

- 1) 漏れ確認：注入孔等からグラウト材の漏れ有無
- 2) 排出確認：排出側からグラウト材排出の有無

[追加した管理項目]

- 3) エアー確認：小型コンプレッサー
シース内および削孔部の気密性・耐圧性の確保
- 4) 流量確認：グラウト流量計（計量単位 0.1ℓ）
充填不足部分の再注入推定量（空圧法）と実注入量を比較・確認することによる管理
- 5) 圧力確認：グラウトポンプ圧力計
0.3 Mpa → 0.5 Mpa → 0.7 Mpa の順に低速で最大

○特集／工事報告○

0.7 Mpa まで再注入圧力管理

6) 真空確認：真空タンク圧力計

シース内真空度を -0.07 Mpa 以上の確保

(3) グラウト再注入完了後の充填確認

グラウト再注入補修の完了後、IE 法での反射波形や X 線透過法での画像を、再注入前後で比較した。その結果、補修前のグラウト充填不足部に、確実にグラウトが再注入されていることが確認できた。写真 - 9、10 に、再注入前後の X 線透過法の画像を示す。また、削孔部上方側に排気ホース挿入が不可となった箇所においても、削孔・CCD 法によりシース内を確認した結果、グラウトが最上部まで充填されていることを確認した。写真 - 11 に確認状況を示す。

2.5 グラウト再注入のまとめ

(1) グラウト充填調査

グラウト充填不足ケーブルの検出は非破壊検査の「インパクトエコー法」で実施し、充填ケーブルを充填不足等と判定するケースは若干数（約 9%）あったものの、充填不足ケーブルを充填ケーブルと危険側に誤判定するケースは皆無であり、実構造物での適用が可能であることが確認できた。充填不足区間の特定には、微破壊検査「φ25 削孔」を行い「目視・CCD 調査（空隙状況、PC 鋼材腐食状況）」「空圧法（空隙体積測定）」等を実施して、グラウト再注入方法のタイプ選定に活用した。また、「目視・CCD 調査」による PC 鋼材腐食状況調査と合わせて「シース内の環境調査（水分、湿度、塩化物）」を実施し、PC 鋼材腐食対策の必要性を判断した。

(2) グラウト再注入

検討会で決定した再注入方法に基づき実施した後、「インパクトエコー法」や「X 線透過法」による再注入後の検証を行った結果、当初に確認されていたシース内の空隙部

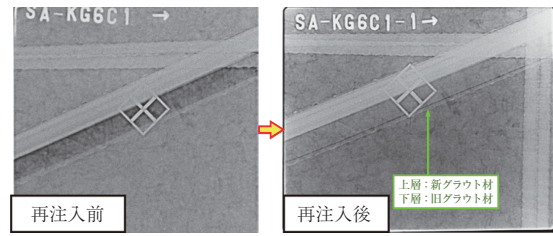


写真 - 9 再注入確認 (X 線透過法)

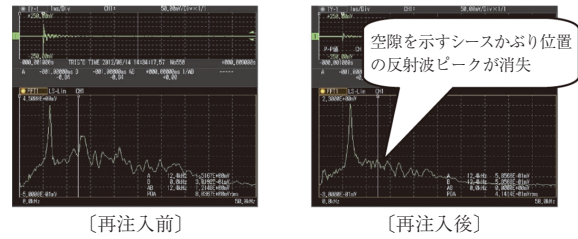


写真 - 10 再注入確認 (IE 法)

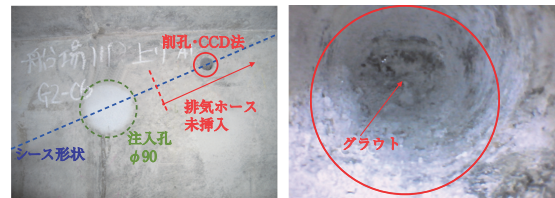


写真 - 11 排気ホース設置不可部の再注入確認

に、グラウトが充填されていることを確認した。本工事での事例により、当該橋梁の条件下ではあるが既設ポストテンション PC 桁のグラウト充填不足に対する実橋による調査・補修方法が確立できた。

本件で得られた知見をもとに、図 - 7 に示すグラウト

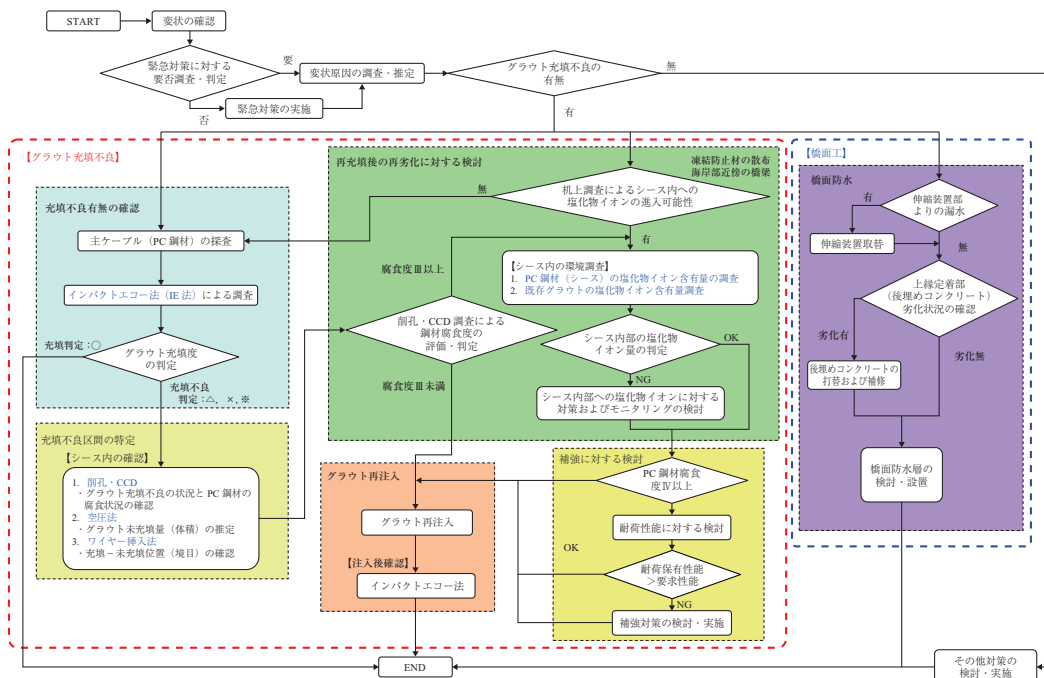


図 - 7 グラウト充填不良に対する補修フロー (案)

充填不足に対する補修フロー（案）を作成した。

3. 支承取替え²⁾

3.1 取替支承構造の選定

支承取替えの計画に先立ち、既設PC桁の完成図書でPCケーブルの定着装置位置を確認した結果、水平力支持機能のために、上部工側にも必要となる棒鋼アンカーの配置が困難であることが判明した。そこで、図-8に示すリブ型アンカーを有する支承を選定した。

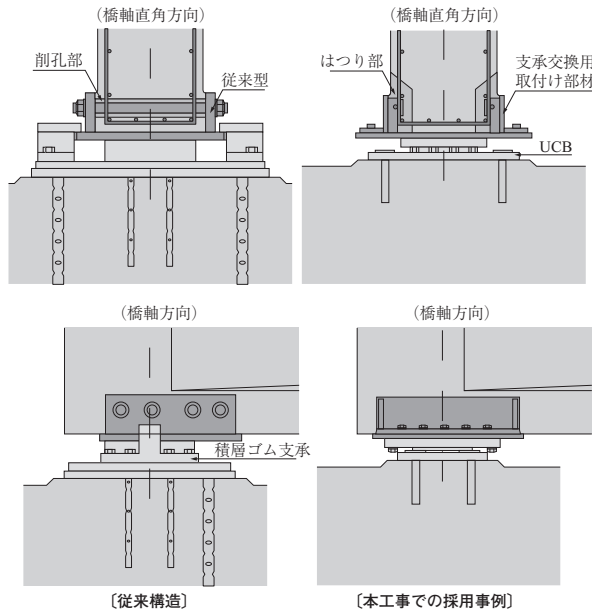


図-8 取替支承構造

従来の取替支承構造では、支承を固定するために、PC桁を橋軸直角方向に削孔し、その孔に水平力支持機能を有する棒鋼を挿入・固定している。しかし、削孔時にPC桁の鉄筋等を切断する危険性を伴うこと、鉄筋干渉時に削孔位置をずらして削孔し直すことが、結果的にPC桁を損傷させることになる課題があった。そこで、PC鋼材定着部に影響が無いPC桁側面部をはつり、鉄筋を露出させてから、支承交換用取付け部材（水平力支持鋼製リブ）をセットすることにより、PC鋼材定着装置部への影響の低減可能なリブ型式のアンカー装置を有する支承（UCB支承）を選定した。

なお、この取替支承の耐震性能ならびに施工性については、既往の実験等^{3,4)}で検証されているものの、実構造物の適用については初めてであったため、検討を行いながら施工を行った。

3.2 支承取替方法

(1) 施工フロー

本工事における施工フローを図-9に示す。なお、本工事では工事着手前に、橋台前面部の平板載荷試験を実施した結果、ジャッキアップに必要な地耐力を確保できないことが明らかになったため、橋台部にコンクリートブラケットを設置して、ジャッキアップを行った。

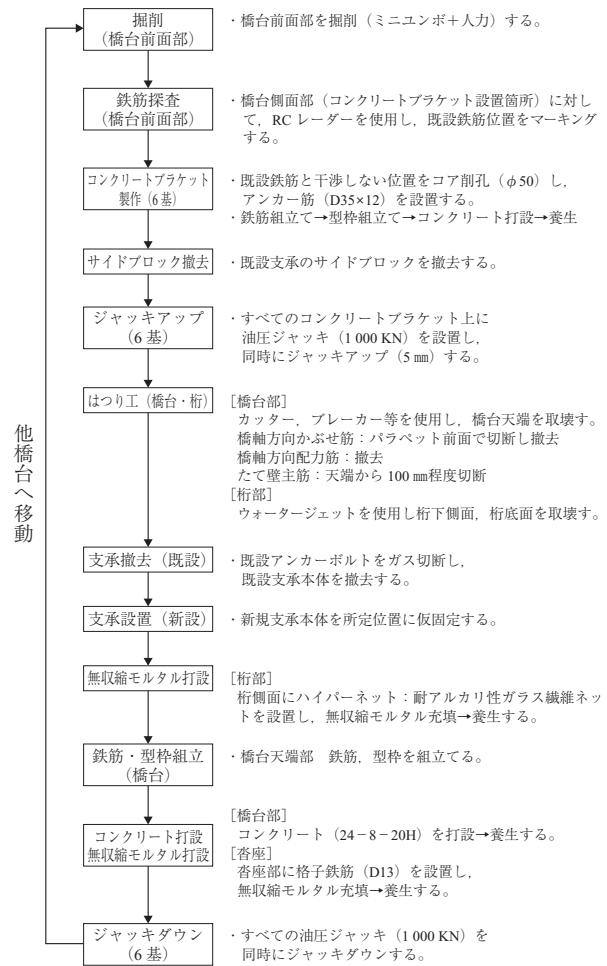


図-9 支承取替施工フロー

(2) 主桁のジャッキアップ・ダウン

本工事での支承取替えは、橋梁を供用しながらの施工となるため、既設支承の取替施工期間（約1箇月）においても、荷重（鉛直力）伝達機能や変形追従機能を有する仮支持装置に受け替えておく必要がある。さらに、既設支承の取り外しにあたっては、橋体を数mmジャッキアップしなければならないが、全主桁（6主桁）を同時に、加えて橋体へひび割れ発生等の影響を防止するため、主桁間のジャッキアップ量の相対差を1mm未満とする必要があった。そこで、仮支持装置については、橋台部にコンクリート製ブラケットを構築したうえ、変位に追従が可能となる工夫を行った油圧ジャッキを用いた。

また、今回施工した船場川側道橋は、①斜角($\theta = 73^\circ$)を有していること、②片側にマウンドアップされた歩道を有すること、③既設支承の発錆や桁端遊間部の目地材によりジャッキアップ時に拘束が生じることより、各主桁のジャッキ負荷力や変位量が異なることが想定されたため、変位制御型集中管理システムにて、主桁間の相対差を抑制した。

本工事でのジャッキアップシステムの概念図を図-10に示す。また、写真-12に主桁ジャッキおよび変位計設置状況を、写真-13に変位制御型集中管理システム機器

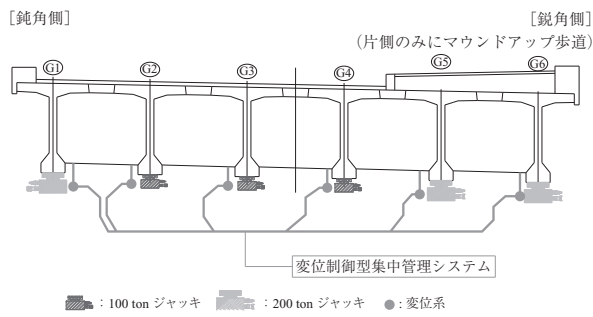


図 - 10 ジャッキアップシステム概念図

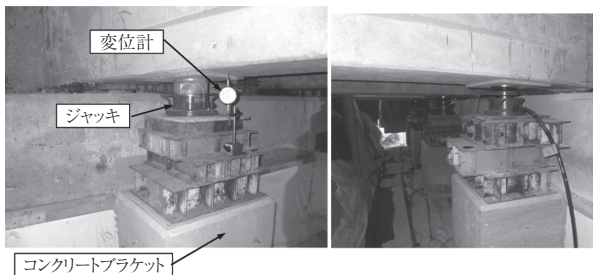


写真 - 12 ジャッキおよび変位計設置状況

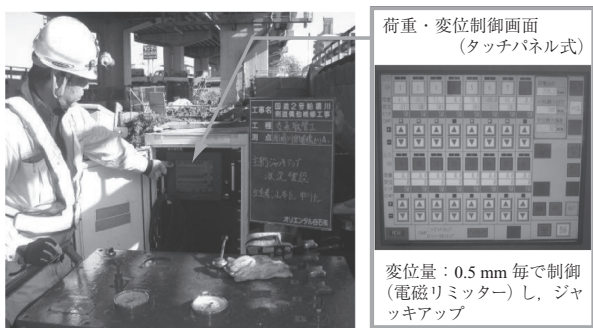


写真 - 13 変位制御型集中管理システム機器

を示す。

上記の機器を用いて、主桁のジャッキアップを実施した。船場川側道橋（上り線 A 1 部）における設定ジャッキアップ量 5 mm（最終）時の、ジャッキ負荷力ならびに鉛直変位量を、表 - 2 に示す。

鉛直変位の主桁間相対差については、変位制御型の集中管理システムの導入により、最大で 0.4 mm となり、主桁間の相対変位量に対する管理目標値であった 0.5 mm を満足した。一方、ジャッキ負荷力については、事前解析値に対して、最大で約 1.5 倍（G 6 桁 事前解析 869 kN 計測 1 290 kN）の相違が生じた。これは、前述の既設鋼製支承の発錆や桁端遊間部の目地材によりジャッキアップ時の摩擦等による拘束が原因であると考えられる。

また、他の支点（下り線 A 1 部）では、図 - 10 に示すようなジャッキ配置を行ったものの、G 2 桁でのジャッキ負荷力が、ジャッキ容量（100 t）以上となったため、ジャッキを交換した事例もあった。

表 - 2 ジャッキアップ 計測値

		G 1 桁	G 2 桁	G 3 桁
事前解析	死荷重 (kN)	482.6	516.5	561.1
	活荷重 (kN)	380.9	315.3	265.2
	合計 (kN)	863.5	831.8	826.3
5 mmUP 時計測値	ジャッキ負荷力 (kN)	1 170	890	850
	鉛直変位 (mm)	4.8	4.9	5.1
		G 4 桁	G 5 桁	G 6 桁
事前解析	死荷重 (kN)	606.9	653.8	661.6
	活荷重 (kN)	229.4	206.5	207.0
	合計 (kN)	836.3	860.3	868.6
5 mmUP 時計測値	ジャッキ負荷力 (kN)	910	1 110	1 290
	鉛直変位 (mm)	4.9	5.2	5.1

(3) ウォータージェット工法による主桁部はつり

取替支承のリブ型式アンカー装置を上部工に配置するため、最小限の範囲で橋台および PC 桁一部を取り壊す必要があった。PC 桁の取壊し作業において、従来のコンクリートチッパー等の打撃による取壊し工法は、PC 鋼材定着装置近傍のコンクリートへのマイクロクラックの発生や鉄筋損傷が懸念され、加えて、狭隘空間での施工安全性の確保が困難であった。そこで、これらの課題を解決するため、「ウォータージェット工法」による、取壊し作業を実施した。

写真 - 14 に「ウォータージェット工法」によるはつり作業状況を、写真 - 15 にはつり完了状況を示す。「ウォータージェット工法」での水圧は、200 MPa まで達するため、誤って、作業員に直射すると重篤な災害となる。そこで、本工事では写真 - 14（右）に示す高圧水の防護が可能な防護服「ウォーターアーマー」を着用のうえ、作業を実施した。



写真 - 14 はつり作業状況



写真 - 15 はつり作業完了

3.3 支取替えのまとめ

リブ型式のBタイプ支取を選定したため、支取替えにおける上部工側の取壊し作業を最小限とすることが可能となった。

また、この取壊し作業において、「ウォータージェット工法」を採用したため、狭隘空間での取壊し作業を、安全かつ効率的な作業が可能となった。さらに、通常のチッパー等の打撃系取壊し工法に比較して、既設コンクリートへの影響や取壊し領域の最小化を図ることが可能となった。

支取替え時のジャッキアップ作業においては、斜橋でかつ歩道マウンドアップによる各主桁の死荷重差や既設鋼製支取の腐食程度、遊間目地材の摩擦等により、ジャッキアップ負荷力が、最大50%の相違が生じたものの、変位制御型の集中管理システムの採用により、主桁の相対変位は0.5mm以下とすることができ、上部工へのひび割れ発生等の影響を防止することができた。

以上の施工方法により、当該橋梁の条件下ではあるが、既設ポストテンションPC桁の支取（Bタイプ脊）取替方法の施工方法が確立できた。支取替えの施工完了状況を、写真-16に示す。



写真 - 16 支取替え完了状況

4. おわりに

本工事で確認された著しい劣化・腐食は、橋梁の防水対策が充分でないことが原因であると考えられる。橋梁の長寿命化には、橋梁前後も含めた防水対策が重要となる。とくに、本橋のような上縁定着部面への防水層の設置、伸縮装置部の漏水防止は、PC定着部や支取部材の保護の観点からも重要となる。本工事では、本報告でのグラウト再注入や支取替えと同時に、伸縮装置の取替え・橋面防水層の設置・舗装更新・橋面排水装置の設置等を、一部の橋梁で実施した。

また、グラウト再注入については、以下の事項が今後の課題であると考えられる。

- 本工事では、「IE法」を採用してグラウト充填不足ケーブルの検出を実施した。本方法では検出が不可能であった箇所（主桁にひび割れが多い箇所）もあった。この手法の、更なる改良による適用範囲の拡大ならびに検出精度の向上が期待される。
- 本橋梁のグラウト充填不足箇所のPC鋼材は、腐食度判定において、すべて腐食度IV未満であった。また、腐食錆を採取・分析した結果においても、塩化物イオンに由来した腐食でなかった。凍結防止材散布地域や海岸部近傍の橋梁では、充填不足のシーす内への塩化物侵入によるPC鋼材の腐食に対する対策方法の検討が必要である。また一方、支取替えについては、以下の事項が今後の課題であると考えられる。
- 本工事では、既設PC桁への影響の最小化や施工安全性より、「ウォータージェット工法」を採用してPC上部工の取壊し作業を実施した。既存コンクリートの打継部近傍のマイクロクラックによる脆弱部を確実に防止し、境界面の付着性能を確実に確保することが可能なはつり工法としては、「ウォータージェット工法」が優れている。しかし、「ウォータージェット工法」の施工費は、従前のコンクリートチッパー等の打撃系による取壊し作業に比較して高コストとなるため採用ががざられている。今後、このウォータージェット工法や支取替え工法の更なる改良による低廉化ならびに適用範囲の拡大が期待される。

謝 辞

本工事におけるグラウト再注入に関する調査ならびに補修方法について、「国道2号線PC上部工の補修に関わる補修検討会」での審議やたびたびの現場視察において、ご指導・ご助言をいただきました「森川英典教授（神戸大学大学院）」、「鎌田敏郎教授（大阪大学大学院）」、「服部篤史准教授（京都大学大学院）」、「国土交通省 近畿地方整備局」、「プレストレスト・コンクリート建設業協会」の委員の方々に、ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 玄海, 崎谷: 道路橋既設ポストテンションPC桁のグラウト充填不良に対する補修について, 平成25年度近畿地方整備局研究発表会 論文集, 施工・安全管理対策部門: No.22, 平成25年7月
- 2) 木ノ本, 井俣: 道路橋既設ポストテンションPC桁の支取替えについて, 平成25年度近畿地方整備局研究発表会 論文集, 施工・安全管理対策部門: No.11, 平成25年7月
- 3) 今井, 田中, 小泉, 上坂, 松本: 既設PC桁に適用する支取交換技術の開発—支取交換用取り付け部材の施工性および耐震性能の確認試験—, 橋梁と基礎, pp26~31, 2011-6
- 4) 田中, 今井, 小泉, 上坂, 松本: PC桁の支取交換に適用する取り付け部材の開発 (施工性の確認), 土木学会第65回年次学術講演会, pp152~157, 平成22年9月

【2013年8月31日受付】