

阪神高速道路 PC 桁等大規模修繕工事(27-2-池)工事報告

大阪支店

土木工事事部

久保欣也

概要：阪神高速道路 11 号池田線は、昭和 42 年に供用開始した路線である。本路線は供用開始後約 50 年が経過しており、本工事は、平成 27 年度、阪神高速道路の「高速道路リニューアルプロジェクト大規模更新・修繕事業」の一環として池田線、東大阪線を対象とした、全 4 工区の PC 桁等大規模修繕工事として発注されたものである。本稿では、そのうちの 1 工区を受注した、PC 桁等大規模修繕工事(27-2-池)の本工事全体（調査工から補修・補強工）の施工概要を報告するとともに、都市部高速道路における補修工事の特徴と課題もあわせて報告する。

Key Words：大規模修繕工事、PC 鋼材腐食、外ケーブル補強、グラウト再注入

1. はじめに

近年、都市高速道路の橋梁では供用開始後 40 年以上が経過しているものも多数あり、とりわけ昭和 60 年設計基準適用以前に製作されたポストテンション方式 PCT 桁は PC 鋼材の一部が主桁上面に定着されている。上面定着部は舗装直下にあり、建設当初は防水工が未整備であったことや、グラウトの充填不足などの要因が重なり、後埋め部から雨水が浸透し、シーす内に滞水、ケーブル腐食に至る事例がみられた。

本工事は、阪神高速池田線の昭和 40 年ごろに建設されたポストテンション方式 PCT 桁に対して、主要構造の全体的な補修（大規模修繕）を行うことで、健全性の大幅な引き上げを図ることを目的とした工事である。現況の調査を実施した上で、現況の耐荷力調査および補強設計を行い、その結果をもとに施工を行った。

2. 工事概要

2.1 工事概要

工事概要を表-1 に、本工事の主な補修・補強対策を図-1 に示す。

工事名：PC 桁等大規模修繕工事(27-2-池)

工事場所：大阪市福島区福島 8 丁目～福島区鷺洲 6 丁目付近

工区延長：570m(ポストテンション方式 PCT 桁 26 径間)

工期：平成 28 年 4 月 19 日～平成 31 年 1 月 31 日

表-1 工事概要

工種	数量	工種	数量
調査工	30 径間	断面修復・ひび割れ注入	1 式
鋼板接着	7,730.4m ²	止水	1 式
外ケーブル補強	85 本	コンクリート表面保護塗装	24,015.8m ²
グラウト再注入	487 箇所	塗装塗替	3,694.4m ²



久保欣也

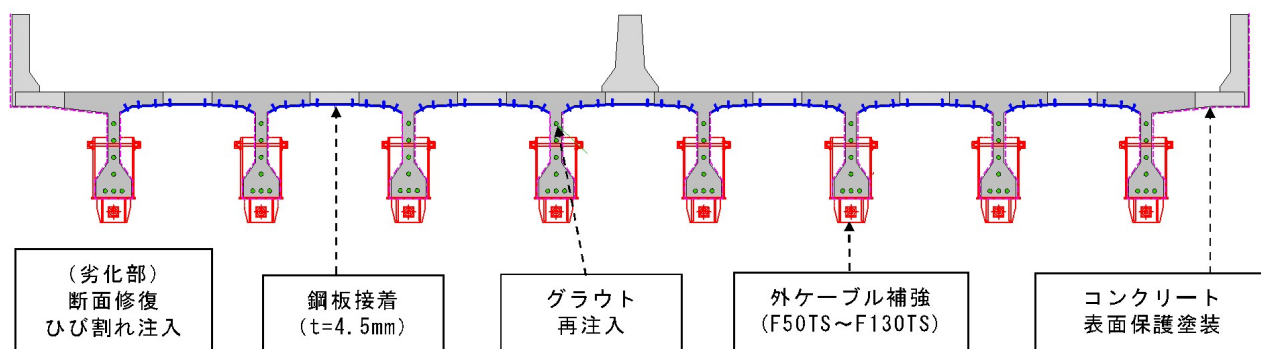


図-1 本工事における主な補修・補強対策

2.2 都市部高速道路における補修工事の特徴と課題

一般的な補修工事と都市部高速道路における補修工事の違いは、都市部高速道路の施工の方が、立地条件や路下条件によって下記に特徴と課題を示す。

①側道および交差道路等の街路上の施工となるため、交通規制を伴った施工となる。側道の施工は昼間の交通規制により行うことができたが、幹線道路、ランプ部（出路）の交差道路等の施工は夜間の交通規制により行う必要があった。沿線に住居等が立地しているため、周辺住民への配慮が必要となり、施工に時間がかかる。

②仮設吊り足場による施工となるが、路下条件の制約により一度に足場を設置できないこともあるが、足場の存置期間が長くなる。足場の存置期間が長くなると、通常の足場の安全管理に加え、防災シートや床部養生シートが劣化し、足場のメンテナンスが必要不可欠となり、足場の補修に手間がかかる。

③市街地の施工であるが、桁下空間が低く、交通信号、街路照明灯、街路架空線などが仮設吊り足場を設置する際に障害物となって干渉する。高所作業車を用いて施工を行うが、障害物が干渉することにより、より安全な施工が必要となり、施工に時間がかかる。

④鉄道近接作業箇所においては夜間作業となり、周辺住民への配慮が必要となる。
状況写真を写真-1～写真-2に示す。



写真-1 交通規制を伴う作業の一例



写真-2 架空線移設状況の一例（信号移設）

3. 調査・補修・補強工

3.1 調査工

調査工は、外観変状調査、コンクリート物性調査、グラウト充填状況、PC腐食度調査およびグラウト充填後調査を行った。調査工のフローチャートを図-2に示す。

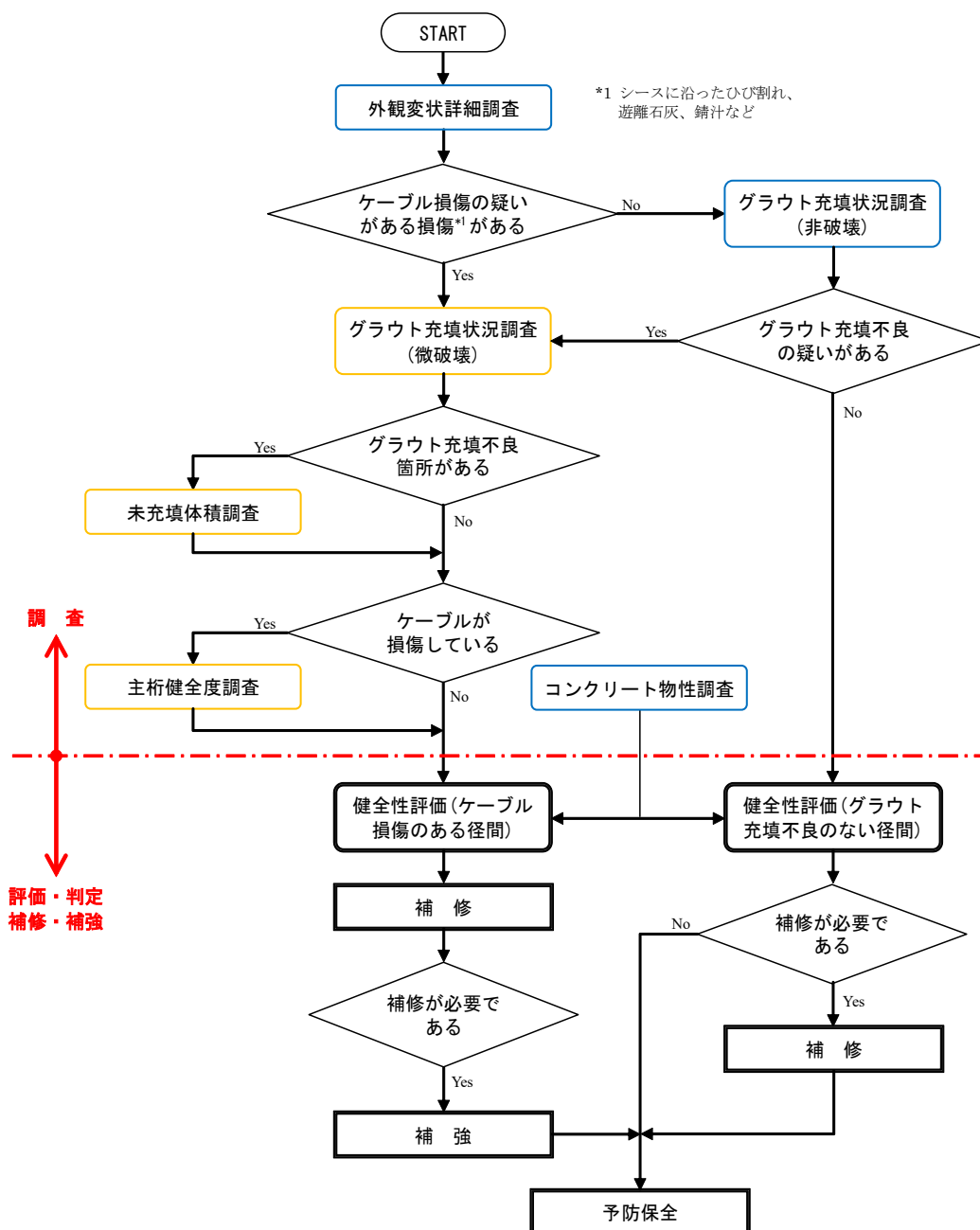


図-2 調査工フローチャート

3.1.1 外観変状調査

外観変状調査は、吊り足場を利用して調査対象である主桁、横桁、間詰部、支承部、高欄部、付属物等について近接目視観察、打音点検を行い、ひび割れ、漏水や遊離石灰、浮き・剥離、錆汁などの外観変状発生状況を確認した。確認した変状については主桁表面にチョーキング・スケッチし、記録として外観変状図を作成した。また、代表的な変状については写真撮影により記録するとともに、阪神高速「道路構造物の点検要領」¹⁾の判定区分に基づき損傷度判定を行った。

3.1.2 コンクリート物性調査

コンクリートの物性調査は、施工範囲は建設時工区が2工区に渡ること、物性調査のうち、特にASR調査については判定までに時間を要することから建設時工区それぞれから1径間を選定した。

調査項目は、コア採取による圧縮強度試験、静弾性係数試験、促進膨張試験、中性化調査、塩分量調査とした。

3.1.3 グラウト充填調査・PC腐食度調査

グラウト充填調査は、鋼材探査、インパクトエコー法による非破壊調査を行い、調査後判定によってはさ

らに微破壊調査を行った。

インパクトエコー法による調査は、調査対象ケーブルの位置とかぶりを正確に把握することが重要なため、電磁波レーダ法による調査を「ハンディサーチ」型と「ストラクチャスキャン」型の2種類の電磁波レーダ計測器を使用した。これはポステン PC 桁の PC 鋼材かぶりが支間中央と桁端部とで大きく異なるため、ケーブルの状況に応じて正確に把握するためである。

鋼材位置調査ののち、インパクトエコー法の測定を行った。インパクトエコー法は、シースからの多重反射の有無を指標にグラウトの充填状況を判定する手法である。グラウト充填度の判定は【○：充填，×：充填不良，△：充填不足の可能性あり，※：判定不能】の4つの指標で評価するが，【×：充填不良，△：充填不足の可能性あり，※：判定不能】の3つの場合には微破壊調査を行った。

上記3つの場合と判定された PC ケーブルは、削孔・CCD カメラ法による、実際のグラウト充填状況と PC 鋼材の腐食状況を確認した。削孔時にシース内の滞水が噴出した場合は、それを採取して持ち帰り、含有塩化物量を調査した。

状況写真を写真-3～写真-4 に示す。



写真-3 ケーブル位置探索状況



写真-4 インパクトエコー法による調査状況

3.1.4 グラウト充填前調査

グラウト充填調査を行った後、上記3つの場合と判定された PC ケーブルについては、グラウト再注入を行うが、事前に空隙の範囲や体積を把握するため、空圧法および検測尺によるグラウト充填前調査を行った。空圧法は、穿孔したシースの孔口からグラウト充填不良部に圧縮空気を送り込み、その圧力変化を測定することで充填不良部の体積を推定する方法である。

検測尺による空隙調査は、充填不良の範囲を推定するために、微破壊調査で設けた削孔からシース内部へ検測尺（グラウト再注入で使用する高弾性細径チューブや細径ワイヤー）を挿入し、充填部との境界まで送り込んで空隙部の範囲（長さ）を調査し、充填不良部の体積を推定した。状況写真を写真-5～写真-6 に示す。



写真-5 シース位置削孔状況



写真-6 CCD カメラによる内部探索状況

3.2 補修・補強工

3.2.1 鋼板接着 (PC 桁床版部補強工)

PC 桁床版部補強は、主桁床版部下面に厚さ $t=4.5\text{mm}$ の鋼板を設置するものである。鋼板設置に先立ち、設置する床版の寸法を実測し鋼板加工図の作成、鋼板加工を行った。床版下面を設置前に下地処理、主桁・間詰め部の段差などを整正し、鋼板と床版下面の間隔をできるだけ平滑にした。鋼板を固定するアンカーは鋼材探査を実施して位置出し、打設した。鋼板の取込みは高所作業車（スーパーデッキ）にて吊り足場内へ荷揚げした。荷揚げ後モノレールを使用して足場内部へ取り込み、さらに、ローラーコンベアを使用して設置位置まで小運搬した。鋼板設置後、鋼板周りをエポキシ樹脂系パテ材でシールし、エポキシ樹脂系注入材を注入した。注入後、設置鋼板表面は仕上げ塗装を行った。

状況写真を写真-7～写真-10 に示す。



写真-7 鋼板取込状況



写真-8 モノレール設置状況



写真-9 注入材注入状況



写真-10 鋼板設置完了(塗装完了)

3.2.2 外ケーブル補強 (PC 桁補強工 (外ケーブル工))

調査工および詳細設計のあと、主ケーブル、ブラケットを製作した。製作に先立ち、主桁鋼材位置を探索し、鋼材に干渉しない位置を決定してブラケット固定用孔を削孔した。この削孔位置を製作に反映している。ブラケットの取込みは高所作業車（スーパーデッキ）にて吊り足場内へ荷揚げした。ブラケットを仮固定した後型枠を組立て、無収縮モルタルを打設した。強度発現確認後外ケーブルを設置して所定の緊張力を与えた。状況写真を写真-11～写真-16 に示す。



写真-11 削孔前ケーブル探索結果



写真-12 削孔状況



写真-13 ブラケット取込状況



写真-14 型枠組立完了



写真-15 外ケーブル緊張状況



写真-16 外ケーブル補強(完成)

3.2.3 グラウト再注入 (PC 桁補修工 (グラウト再注入))

調査工ののち、グラウト再注入を行った。グラウト注入材および施工はグラウト注入材の選定にかかる経緯から、いずれもリパッシブ工法に準拠した注入材および施工方法で行った。グラウト材は防錆材添加タイプと防錆材なしタイプの2種類を使用した。

状況写真を写真-17～写真-20 に示す。

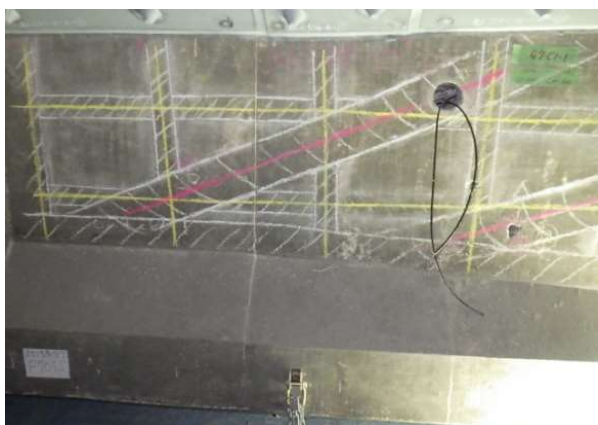


写真-17 注入前状況

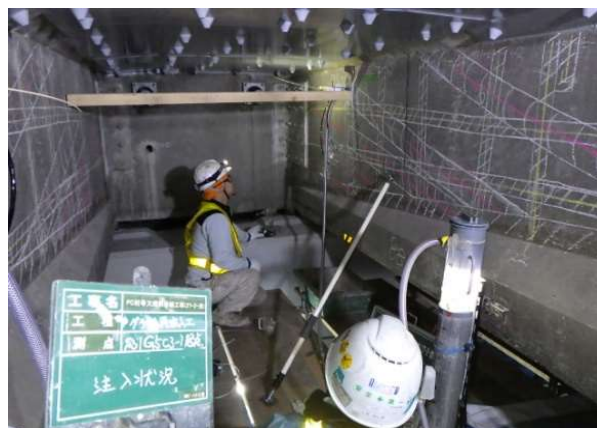


写真-18 グラウト注入状況



写真-19 グラウト排出確認



写真-20 注入後圧力確認

3.2.4 断面修復・ひび割れ注入（橋梁損傷部補修工）

PC 桁床版部補強工，PC 桁補強工（外ケーブル工），コンクリート表面保護工，塗装塗替工の実施に先立ち，PC 桁および橋脚の損傷部を断面修復・ひび割れ注入を行っている．断面修復を行った範囲は，鋼材は防錆材を，はつり面は含浸系表面保護材を塗布した．

3.2.5 止水工

コンクリートの漏水箇所はそのひび割れ幅が微小（0.05mm 程度）であり，通常のひび割れ注入材を低圧で注入することができなかつたため，微小なひび割れに注入でき，かつ，水が存在していても良好な止水効果が得られる性能を有する，発泡ウレタン系止水材である「ハイドロアクティブ」を使用した．施工は専用の高圧プラグを漏水箇所に 100～300mm 間隔に削孔後設置し，止水材を高圧注入した．注入後，高圧プラグを撤去した．

3.2.6 コンクリート表面保護塗装（コンクリート表面保護工）

既設コンクリート構造物のうち，PC 桁，高欄部外面およびコンクリート橋脚横梁部はコンクリート表面保護塗装を行った．さらに，断面修復を行った部位は断面修復部を覆う剥落防止メッシュシートタイプの，外ケーブルブラケット無収縮モルタル表面は塗装タイプのコンクリート表面保護塗装を行った．

3.2.7 塗装塗替（塗装塗替工）

コンクリート橋脚鋼板巻立て部および設計変更で追加となった鋼桁について，塗替塗装を行った．

鋼板巻立て部の塗装塗替は活膜を残す 3 種ケレンを行い塗装した．

一方，鋼桁の塗装塗替は既設鋼桁の塗装塗膜を剥離し 2 種ケレンを行い塗装した．

施工前に，塗膜剥離試験施工を行った．試験の目的は，使用剥離剤の選定，剥離剤の塗布回数と養生時間，塗布量と養生時間を把握することである．剥離剤は水性，油性があるが，施工の安全性を重視し今回は水性のものから選定した．試験施工は既設鋼桁の一部を用いて実施した．最初の試験施工で剥離剤メーカー 4 社の中から本鋼桁で剥離性能が高かった 1 社を選定した．次の試験施工で剥離剤の塗布回数と養生時間，塗布量と養生時間をパラメータとし，本鋼桁で最適となる塗布回数，塗布量，養生時間を把握した．その結果，

鋼桁一般部、添接部ともに標準使用量 1.0kg/m^2 では適切に剥離することができず、それぞれ塗布後 24 時間養生をおいた上で、一般部は 1 回目 1.0kg/m^2 、2 回目は 0.5kg/m^2 、添接部は 1 回目 1.0kg/m^2 、2 回目も 1.0kg/m^2 、塗布して塗膜剥離するのが最適となった。この結果は、本鋼桁の既設塗膜と使用剥離剤の相性と施工時期（今回試験施工が 7 月施工が 8.9 月）も関係していると考えられる。

また、既設塗膜剥離成分の分析結果から鉛が検出されたため、施工に際し、対策が必要となった。対策は、クリーンルーム、エアシャワーの設置、防護服の着用、および鉛産廃処理である。試験施工状況の一部と対策工状況写真を写真-21～写真-24 に示す。



写真-21 試験状況



写真-22 クリーンルームおよび防護服



写真-23 エアシャワー



写真-24 電動ファン付防護マスク

4. まとめ

都市部高速道路における補修工事の課題としては、交通規制や仮設吊り足場設置、架空線等のほかに、大阪市（道路占有）、JR（近接作業）、大阪府警高速警察隊（福島出路車線規制）、大阪府警察本部（福島出路車線規制に伴う通行規制解除協議）、高速道路高架下の路下駐車場など、協議先が多岐にわたること、桁に添架されたケーブルラック、橋面からの配管、床版下面の補修跡など、これらが当初契約図に反映されておらず、協議後の発注者からの回答に時間を要したことが挙げられる。

謝辞

最後に、本工事の調査・設計・施工にあたり多大な協力支援をいただいた大阪支店土木技術部ならびに関係各位の皆さまに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 阪神高速株式会社 道路構造物の点検要領 平成 24 年 7 月