

PC 橋のメンテナンスの省力化・効率化に向けて

— 中村管内橋梁補修工事・一般国道 423 号橋梁等施設点検付補修工事 —

梶原 勉*1・田村 誠一*2

2016（平成 28）年 4 月 14 日に発生した熊本地震は、マグニチュード（M）9.0 を記録し、跨道橋の落橋など広範囲に甚大な被害をもたらした。また、社会インフラとして建設されたコンクリート構造物の高齢化が進展してきており、適切な維持管理および補修により、重要なネットワークとなる国道などの安全性・信頼性を確保することの重要性が高まってきている。

本稿は、国道に架かる橋梁の長寿命化への取組みとして、国土交通省四国地方整備局および大阪府より発注された 2 つの橋梁補修工事について報告するものである。

キーワード：パッケージ型の工事、維持管理費の削減、現地踏査、工程計画、メンテナンス新技術

1. はじめに

四国地方整備局が管理する道路橋は現在 2 100 橋あり、1955 年度から 1973 年度にかけての高度成長期に全体の約 43% にあたる 893 橋が建設されている。今後これらの高齢化が一斉に進むことから、安全性・信頼性を確保するために、集中的に点検・補修を実施することが重要となっており、「長寿命化修繕計画」が平成 25 年 4 月に策定されている。中村出張所管内においては、平成 27 年度に国道 56 号線に架かる広範囲（約 80 km）の橋梁を集中的に点検・補修している。

大阪府では、交通量が 100 000 台/日以上と非常に多く、重要なネットワークである国道 423 号線に架かる橋梁について、効率的、かつ効果的な維持管理を目指し、平成 26 年度に初の点検付き補修工事を試行している。

本稿では、四国地方整備局および大阪府で実施したパッケージ型（複数の橋梁、調査・点検など）の工事発注の利点や課題、およびメンテナンス工事の効率化や新技術の試行について報告する。

2. 中村管内橋梁補修工事

2.1 工事概要

四国地方整備局から発注された中村管内橋梁補修工事（工期：平成 27 年 6 月 11 日～平成 28 年 2 月 29 日）は、施工箇所が高知県四万十町地区、黒潮町地区、四万十市地区、宿毛市地区の 4 地区に点在した 14 橋の橋梁補修工事であり（図 - 1）、参加要件として PC 工事の認定が必要（全国初）の試行工事であった。代表的な橋梁の劣化状況を写真 - 1、2 に示す。写真 - 1 は、経過年数約 8 年の PC ホロー桁橋の桁下面において、施工継目付近に生じた、拘束による収縮ひび割れ（橋軸方向）である。また写真 - 2 は、かぶり不足が原因で、内部の鉄筋が錆びて膨張し、コンク

リート表面がはく離した橋台であり、はく離部を研ったのち、断面修復にて補修した。本工事の補修内容は、表 - 1 に示すように、主桁・橋脚・橋台に対するひび割れ補修工、断面修復工、表面保護工、床版上面補強工などである。ひび割れ補修工は、エポキシ樹脂の低圧注入工法による補修であり、断面修復工は、ポリマーセメントモルタルの左官工法による補修であった。表面含浸工は、ケイ酸ナトリウム系の含浸材をローラー刷毛により主桁下面に塗布した。



図 - 1 現場位置図

本工事のように複数の橋梁を一括で補修・補強する工事の利点としては、①使用量の多いひび割れ注入材など材料手配の効率化ができる、②現場事務所などの仮設備の共用や転用の面で効率的である、③多種多様な作業工種があるため、天候や労務の状況に応じて、柔軟に施工順序を変更して進捗率を確保できる、④繰返し施工により作業員の習熟度が向上し工程短縮できる、といった事項があげられる。

*1 Tsutomu KAJIWARA：(株)富士ピー・エス 関西支店工務部工事チーム

*2 Seichi TAMURA：(株)富士ピー・エス 九州支店工務部工事チーム

表 - 1 工事概要

地区	橋梁名	構造形式	橋長	補修・補強内容
四万十町	①高樋橋側道橋(上り)	単純 PC プレテン T 桁	16.05 m	ひび割れ補修工
	②高樋橋側道橋(下り)	単純 PC プレテン T 桁	15.5 m	ひび割れ補修工
黒瀬町	③竹のハナ橋	RC ラーメン	8 m	ひび割れ補修工, 断面修復工, 地覆補修工, 表面保護工
	④有井川橋	単純 PC ポステン T 桁	64.4 m 3 径間	床版上面補強工
	⑤丸山橋	単純 RC 床版	6.27 m	ひび割れ補修工, 断面修復工, 表面保護工
四万十市	⑥跨線橋(上り)	単純 PC プレテン T 桁	14.71 m	ひび割れ補修工, 断面修復工, はく落防止工
	⑦具同高架橋	5 径間連続 PC 中空床版 × 2	1 044 m 36 径間	ひび割れ補修工
		3 径間連続鋼溶接 1 桁		
		7 径間連続 PC 中空床版		
	⑧浅村高架橋	5 径間連続 PC 中空床版 × 2	270 m 10 径間	ひび割れ補修工
	⑨江ノ村第一高架橋	3 径間連続 PC 中空床版 × 3 2 径間連続鋼溶接 1 桁 3 径間連続 RC 中空床版 × 3	423.7 m 20 径間	ひび割れ補修工
⑩江ノ村第二高架橋	3 径間連続 RC 中空床版 × 2	96 m 6 径間	ひび割れ補修工	
宿毛市	⑪西の谷高架橋	3 径間連続 RC 中空床版 × 9 単純 PC ポステン T 桁	460 m 28 径間	ひび割れ補修工
	⑫ヤイト川橋	単純 PC ポステン T 桁	18.54 m	断面修復工
	⑬ヤイト川橋側道橋	単純 PC プレテン T 桁	19.9 m	ひび割れ補修工, 断面修復工
	⑭野地橋	単純 PC ポステン T 桁 × 2 単純 RC 中空床版 × 3	92.5 m 5 径間	ひび割れ補修工, 断面修復工, 表面保護工, 排水管補修工

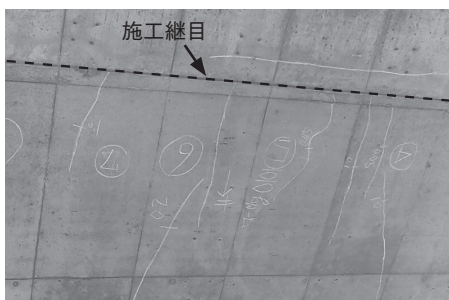


写真 - 1 PC 橋桁下面のひび割れ



写真 - 2 橋台コンクリート表面のはく離

本章では、橋梁間の移動距離が最大で 80 km の広範囲にわたる補修・補強工事において、工事を円滑に進め、上記の利点を発揮するために実施した綿密な施工計画や事前調査、および品質面・安全面の配慮について報告する。

2.2 円滑な施工に向けた全体施工計画

本工事では、施工までの準備、設計照査、発注者との協議などに約 2.5 ヶ月を要した。そして、事前踏査を含めた現場における補修・補強工事を 9 月から翌年 2 月までの 6 ヶ月で完了させる短い工期での施工となった。ここでは、工期を確保するうえで重要となる事前の現地踏査や全体工

程計画の工夫について述べる。

(1) 事前の現地踏査

全体の施工フローを図 - 2 に示す。今回の工事は広範囲の補修工事で、加えて、数量については概算発注であったこともあり、ひび割れの幅・延長などに関して設計図書と現地との差を迅速に把握し、工事を円滑に進めることが重要であった。そこで、ひび割れの幅と延長（1 本ごと）の進行などが明確でなかった、江ノ村第一高架橋（ひび割れ総延長：850 m）、江ノ村第二高架橋（同：700 m）、および西ノ谷高架橋（同：2 000 m）では、まずはじめに各橋梁で 2 径間のみのひび割れ調査を行った（写真 - 3）。その結果、大幅にひび割れ延長が増加する傾向になると判断し、全径間の幅と延長の詳細調査を早急に行い、ひび割れ展開図を作成し、発注者と協議し施工を行った。今回、ひび割れ展開図の作成は、現地での写真撮影およびスケッチ（作業時間：0.5 日 / 1 径間）を行ったのち、CAD オペレーターが作図したが、大量のひび割れ注入を行う工事においては、損傷図作成に大きな手間を要する。今後、工期短縮を図るためには、ひび割れ状況写真をもとに自動で CAD 図を作成できる損傷図を作成するシステムなどの開発・導入を検討するべきと思われる。

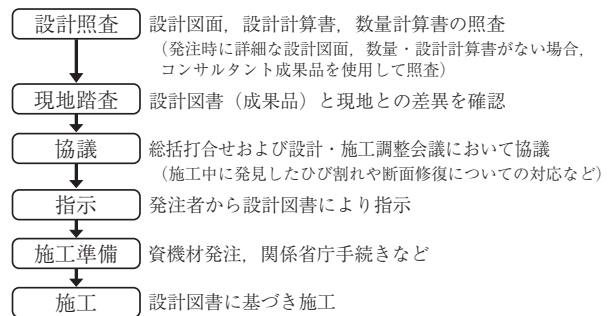


図 - 2 全体の施工フロー図



写真 - 3 高所作業車によるひび割れ調査

(2) 全体工程計画

ほぼ全区間での施工が行われる 9 月から 12 月の 4 ヶ月間は、一定の作業員パーティー数を維持しながら、工程遅延のない効率的な施工を行う必要があった。そこで、以下の方針にもとづく全体工程計画を立てた(表 - 2)。

- ひび割れ補修工の施工量が多い西ノ谷高架橋を、全体工程の中心に置き、雨天などにより他橋梁が施工できないときに工程調整(仕上げ作業を施工)を行い、作業中止日が生じないようにした。

表 - 2 全体工程表 (9月~12月)

橋 梁	平成27年			
	9月	10月	11月	12月
①高橋橋側道橋 (上り)				
②高橋橋側道橋 (下り)				
③末川橋				
④竹のハナ橋				
⑤有井川橋				
⑥丸山橋				
⑦跨線橋 (上り)				
⑧不破橋 (上り)				
⑨具岡高架橋				
⑩浅村高架橋				
⑪江ノ村第一高架橋				
⑫江ノ村第二高架橋				
⑬西ノ谷高架橋				
⑭ヤイト川橋				
⑮ヤイト川橋側道橋				
⑯野地橋				

- 現場を同時稼働するのは1日あたり最大3橋までとし、最適な作業人員を確保し、施工の効率化を図る。
 - 現場事務所を80kmに及ぶ施工区間の中心に置き、職員や作業員の移動距離を短くすることで、作業打合せ、資機材運搬、書類作成の効率化を図る(図-1)。
- 以上の方針にもとづく施工を行った結果、計画に対し工程の遅れもなく、工期内に全工事を完了することができた。

2.3 有井川橋における事前調査の効率化と施工¹⁾

有井川橋は、平成10年度に橋梁拡幅工事にあわせて鋼板による床版上面の補強工事が実施されたが、舗装の異常が比較的早い段階から認められ、舗装の補修が繰り返行われていた。今回の工事は、当該部位の舗装を撤去し、床版上面を炭素繊維板で補強するものであった(図-3)。しかし、事前調査において、舗装損傷の原因が、鋼板の浮きだけなのか、床版コンクリートの劣化にまで及んでいるのか判別困難であり、万が一、床版に損傷があった場合、その損傷状況により工程や使用材料に大きな差異が生じ、工期および工費が増大する可能性があった。ここでは、事前調査の効率化と床版補強工について述べる。

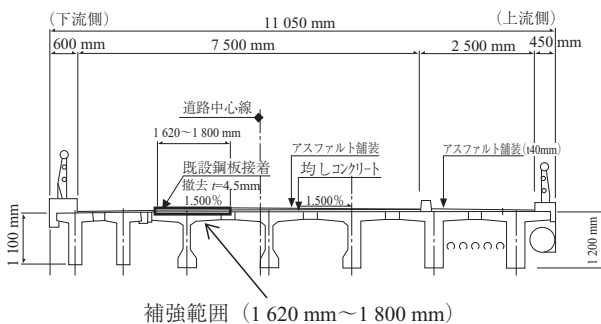


図 - 3 有井川橋の補強範囲 (断面図)

(1) 舗装損傷の事前調査

舗装下の床版コンクリートの状況を確認するため、まずはじめに、電磁波による非破壊検査技術(電磁波装置を搭載した床版キャッチャー)を用いて、全長にわたって床版上面の損傷範囲を測定した(写真-4)。検査の結果、補



写真 - 4 非破壊検査状況

強鋼板位置の確認はできたが、床版コンクリートの損傷状況については、床版上面に配置された補強鋼板により、電磁波が遮られ(反射)、確認できなかった。そこで、微破壊検査として舗装の浮き・割れがある部分のうち、1径間あたり2箇所(全6箇所)を選定して舗装および鋼板を撤去し、床版コンクリートの損傷状況の確認を行った。結果は、すべての箇所において鋼板の浮きのみで、床版コンクリートの損傷は皆無であった。以上の事前調査から、全長にわたり床版コンクリートに損傷はないと判断し、補強工事の施工計画を立て、約2ヵ月後に本工事を行った。

(2) 床版上面補強工

床版上面補強工の施工は、アスファルト舗装および補強鋼板の撤去→床版コンクリートの切削(深さ1cm)→下地処理(プラスト処理)→断面修復(エポキシ樹脂モルタル5mm厚)→炭素繊維成型板の配置→表面仕上げ(エポキシ樹脂モルタル)→防水工→舗装→後片付けの手順で行った。床版上面補強の概念図を図-4に示す。また、既設の補強鋼板の撤去状況、床版コンクリートの切削状況および炭素繊維成型板の配置(断面修復のエポキシ樹脂モルタルが硬化する前に行う)状況を写真-5、6および7に示す。

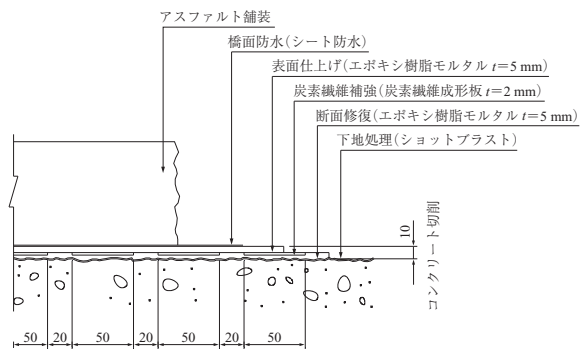


図 - 4 床版上面補強の概念図

2.4 安全確保・品質確保の工夫

本工事では、交通規制を伴う橋が全7橋あることや鉄道を跨ぐ橋があることなどから、第三者災害の発生を確実に防止することが重要であった。また、施工時期は、日最低気温が0℃付近まで記録する冬季の施工であったため、ひび割れ注入に用いる樹脂材料や断面修復に用いるモルタル材料などの施工に配慮する必要があった。



写真 - 5 補強鋼板撤去状況



写真 - 6 床版切削状況



写真 - 7 炭素繊維成型板の配置状況

ここでは、各橋梁において安全面・品質面に配慮した施工について述べる。

(1) 橋面上の交通規制を伴う施工における工夫

橋面の防水や舗装、および地覆の補修などを行う橋梁では、片側交互通行規制を行いながらの施工となる。

そのため、工事箇所の横を通行する第三者への飛散物防止対策として、飛散防止ネット（メッシュシート）で全面を覆った仮設の囲い柵を設置し、アスファルト舗装撤去時のチッピングによるアスファルト塊などの飛散を防止した（写真 - 8）。



写真 - 8 仮設の囲い柵（メッシュシート）使用状況

(2) 西ノ谷高架橋の施工

西ノ谷高架橋では、本工事内で最長となるひび割れ総延長 2 000 m のひび割れ注入工事を約 3 ヶ月間で施工した（写真 - 9）。施工量の多いひび割れ注入を行うにあたって、施工期間も長くなるため、可使用時間や種類に配慮した注入材料の選定を行った。また、樹脂注入にあたっては、作業環境に留意する必要があるため、温湿度管理によって湿度 85 % 以上の時および降雨時には樹脂作業を中止し、他区間で下地ケレンや仕上げ作業を行った。

(3) 跨線橋の施工

跨線橋は、くろしお宿毛線の上空に架かる橋となるため、橋台の断面修復工（足場組立含む）、T 桁橋のはく落防止工（高強力ビニロン系の剥落防止ネットを用いたスマートメッシュ工法）をすべて夜間の列車停止時間内で行う必要があった。線路直上での施工量の多いはく落防止工の施工は、アンカー位置の配筋確認（プロフォメータ）→ ネット仮押さえ→アンカー削孔→アンカー打込み→アンカー樹脂

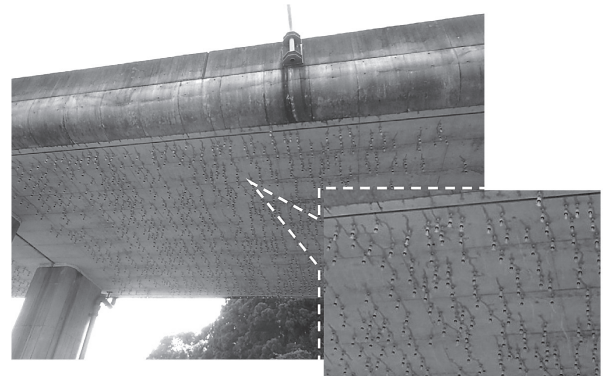


写真 - 9 ひび割れ注入作業の状況

注入の手順で行い、橋梁点検車を作業床とした。

そのため、1 回目の夜間工事において 1 日の施工量を把握し、7 回の夜間工事で完了する工程を組み、施工した。また、橋台コンクリート表面の断面修復工では、ポリマーセメントモルタルを厚さ 50 mm（1 層約 10 mm）で充填し、仕上げ後ただちにマスキングシートにより封かん養生を行い、冬季の冷たく強い風による初期の乾燥を防止した（写真 - 10）。



写真 - 10 マスキングシートによる養生

3. 一般国道 423 号橋梁等施設点検補修工事

3.1 工事概要

工事場所は国道 423 号線の一部（全長約 3 km）で、橋齢 40 年の橋梁が多く、日あたり交通量も 100 000 台/日以上と非常に多い（表 - 3）。また、橋梁部は鉄道と道路に挟まれ、かつ橋梁下は駐車場や運動場として利用されてい

表 - 3 日あたり交通量 (国道 423 号)

交通量台 / 日 (路線最大)	大型車 混入率 (%)	橋長 15 m 以上 橋梁数
132 448	8.6	32

出典：大阪府都市基盤施設維持管理技術審議会
「都市基盤施設長寿命化計画」

る (写真 - 11) ため、劣化による第 3 者被害が懸念されていた。本工事は調査段階で不具合を発見し、ただちに措置を行い、第 3 者被害を防止することを目的とした大阪府初の点検付補修工事である。工事概要を表 - 4 に示す。



写真 - 11 橋梁下利用状況

表 - 4 工事概要

工 事 名	一般国道 423 号 橋梁等施設点検付補修工事
工 事 場 所	吹田市南吹田 5 丁目地内～ 箕面市西宿 1 丁目地内
工 期	自 平成 26 年 2 月 6 日～ 至 平成 26 年 11 月 28 日
内 容	橋梁点検 24 橋 擁壁点検 12 箇所 断面修復 3.5 m ³ ひび割れ注入 990 m

3.2 従来の工事との比較

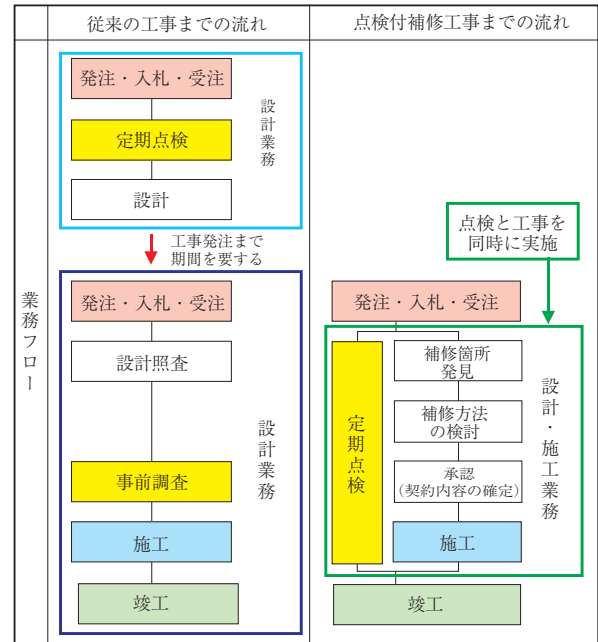
従来の補修工事は、定期点検を行う設計業務と補修工事を行う施工業務が別発注であるため、損傷箇所を定期点検で発見しても、損傷度にかかわらず補修工事に着手するまでに数ヶ月要する。また、点検時から劣化が進行していることもあることから、着手前に損傷度が設計書と相違がないかを確認するため、事前調査を行う必要がある。

点検付補修工事は、現地踏査、定期点検を含んだ設計業務と補修工事を同時に実施できるため、定期点検から施工までの期間を大幅に短縮できる。また、補修箇所や損傷具合などに配慮しながら、緊急度の高い箇所から施工を行うことができるため、劣化の進行によるはく離、剥落などの第 3 者事故が低減できる。

一方で、点検付補修工事は構造的欠陥や補修箇所の増大

など、想定外の損傷が見つかった場合、構造計算などの実施や補修による工事の長期化が予想されるため、工期延伸や工事価格の増大といった契約上の問題が生じる可能性がある。従来の工事との比較を表 - 5 に示す。

表 - 5 従来の工事との比較



3.3 コンクリートはく落調査と結果判定²⁾

点検付補修工事は第 3 者被害の防止であるため、工事範囲全体の損傷状況の把握を早期に行う必要があったが、調査範囲が全長 3 km ほどあり、かつ損傷度が未知数であったこと、補修の要否についての判定も随時行う必要があったため、通常の定期点検よりも時間を要することが懸念された。そのため、損傷箇所を発見した際、その場で補修の要否を簡易的に判定する指標が必要であった (図 - 5)。

そこで、損傷度の判定は、「橋梁定期点検要領 (案) (大阪府土木部交通道路室 H 25.8)」の損傷等級判定基準に加え、現場独自の簡易試験を行い、3 段階の音域レベルに基づく社内指標を設定した (図 - 6)。簡易試験は、点検ハンマーの打撃音が異なる 3 箇所を抽出し、はく落状況、露出面のコンクリートの健全度を確認することで、点検ハンマーの打撃音とコンクリートの損傷度の相関性を確認する試験である。

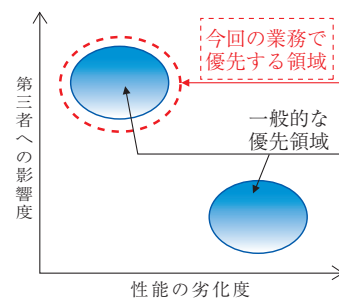


図 - 5 優先度マップ

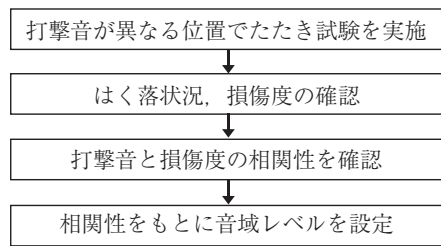


図 - 6 簡易試験フロー

3.4 影響度の判定事例について

第三者影響度と損傷度の関係より優先度を判定した事例を図 - 7 に示す。損傷は桁端部から 10 m 程度離れた主桁底面のコンクリートの浮きであり、判定区分は B（ほぼ良好）または C（軽度）、簡易試験の結果ははく落する可能性が高いと判定した。また、浮きは最下端のシースに沿って生じている可能性があり、PC 材の損傷具合を調査する必要があった。以上のことから、浮きをはつり取り、PC 材の状態を確認した後に補修方法の選定を行うこととした。

はつり取った損傷箇所の状況を写真 - 12 に示す。スターラップ、シースに若干の発錆が見られたが、断面欠損などもなく健全であったため、鉄筋、シースに防錆処理を施し、樹脂モルタルで断面修復を行うこととした。

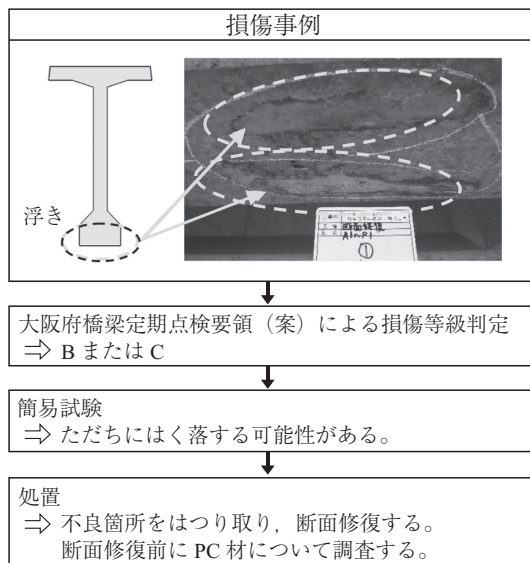


図 - 7 判定事例

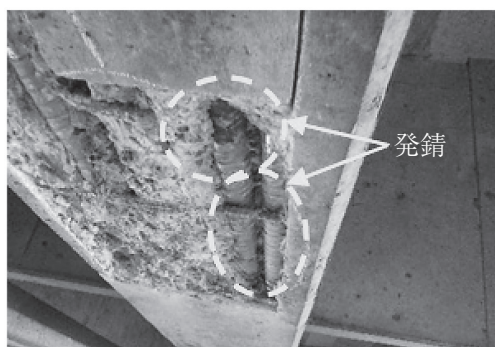




図 - 12 鉄筋、PC 材の損傷状況

3.5 補修方法と実施内容について²⁾

3.4 で説明した損傷に対する補修の状況を表 - 6 に示す。補修内容は、はつり出した鉄筋・シース表面の錆をワイヤーブラシなどで除去したのち、防錆材を塗布し（STEP 1）、はつり出したコンクリート表面にプライマー塗布後、樹脂モルタルで断面修復を行った（STEP 2）。

表 - 6 補修状況

STEP1) シース・鉄筋の防錆	STEP2) 樹脂モルタルによる断面修復
	
PC 鋼材用シース	樹脂モルタルの塗布

4. おわりに

近年、老朽化する構造物の増大、少子高齢化・労働者不足、自然災害の激甚化など重大な課題に直面しているなか、新技術の開発・導入や専門技術者の配置などにより、橋梁メンテナンスのさらなる省力化・効率化が求められている。今回の 2 つの工事のように複数の橋梁補修工事の一括発注や点検付きの補修工事は、今後ますます増大していくことが予想される。そうした工事では、PC 専業者あるいは専門資格者の視点による点検・診断の効率化、再劣化防止のための品質対策、円滑に工事を進めるための確実な安全対策が不可欠であり、前述の課題に対する解決策につながるものと考えられる。

最後に、今回の補修工事に関わった皆様に感謝の意を表すとともに、本報告が今後の類似工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 坂, 梶原, 柳川, 山崎: 施工箇所が点在した橋梁補修工事について～(施工を円滑にする事前調査), 第 25 回プレストレストコンクリートコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.367-370, 2016
- 2) 堤忠彦: 点検/診断の結果に基づく補修優先度の判定(コンクリート構造診断士レポート), プレストレストコンクリート, Vol.58, No.6, 2016.

【2016 年 10 月 28 日受付】