

報告 地方自治体職員によるコンクリート橋の補修の実践および補修品質向上手法に関する検討

木下 義昭*1・松永 昭吾*2・佐川 康貴*3

要旨：インフラ構造物の維持管理が課題となっている地方自治体のうち、玉名市役所が管理する橋梁を対象に、まず、点検から補修設計、および、補修工事までに要する費用に関する分析を行った結果、補修工事に最も多くのコストがかかることが明らかとなった。次に、補修コストを削減する方法として、市役所職員が自ら補修する方法（直営施工）を提案し、コンクリート橋の断面修復に関する直営施工を実践した上で、課題を抽出した。最後に、補修品質を向上させるために整備した断面修復マニュアルの概要について述べた。

キーワード：橋梁, 維持管理, 断面修復工法, 左官工, 直営施工

1. はじめに

国土交通省の道路メンテナンス年報¹⁾によると、国内の約72万橋の橋梁のうち、約7割の約51万橋が市町村道にある。また、建設後50年が経過した橋梁の割合は、現在は約27%であるのに対し、10年後には約52%に急増する。建設後50年が経過した橋梁のうち、橋長15m未満の橋梁の割合は10年後には約59%になると予測されている。この他にも、建設年度が不明の道路橋が全国で約23万橋あり、これらのおお半が市区町村管理の橋長15m未満の橋梁である。このような状況を踏まえると、我が国の橋梁管理においては、市町村道にある橋梁の維持修繕を滞りなく進捗させることが重要であると考えられる。

2012（平成24）年12月に笹子トンネルで発生した天井板落下事故などを契機に、国土交通省のインフラ構造物の維持管理に関する施策は急速に展開し、2014（平成26年）に社会資本整備審議会より『道路の老朽化対策の本格実施に関する提言』²⁾が公表された。それから5年が経ち、橋梁については地方自治体の1巡目の定期点検が2019（平成31）年3月に終了した段階である。最新の橋梁メンテナンスの全国的な動向は、道路メンテナンス年報¹⁾の公表結果によると以下の通りである。1巡目の橋梁定期点検の結果、判定区分Ⅲ、およびⅣとなった橋梁に対する市町村の修繕実施状況は、修繕に着手した割合が18%、修繕に着手した割合が12%、および修繕完了済みの割合が11%と大きく遅れている。また、通行規制等を実施する橋梁数は2008（平成20）年に比べ2018（平成30）年は約3倍に増加している現状である。

このような中で、市町村の橋梁に関する維持管理体制については、全国的に人員、技術力、財源が不足している³⁾。財源不足の制約下で橋梁の修繕の進捗を早めるためには、コストを抑えた修繕方法の実装が必要である。

本報告では、予算制約が厳しい地方自治体のうち、玉

名市役所を事例とし、まず、橋梁のメンテナンスサイクルの現状および補修費用の分析結果について述べる。次に、橋梁の修繕を早急に進捗させるための方法として、供用中のコンクリート橋を対象として、市役所職員により直営の断面修復（左官工）を実践した結果について示す。最後に、実践結果を踏まえ、課題および補修品質の改善方法について考察し、インフラメンテナンス最前線の現場へフィードバックするために作成したマニュアルの内容について報告する。なお、本報告において、直営とは、市役所職員が現場施工までを実践するものを指す。

2. 検討対象地の橋梁メンテナンスの現状に関する分析

2.1 地理的特性および管理橋梁数

玉名市は、熊本県の北西部に位置し、人口約6万6千人、面積152km²（南北約17km、東西約14.5km）の都市である。南西部は有明海に面した平地となっており、北部から東部にかけては、標高200m程度の山間部となっている。市の中央には一級河川の菊池川が流れている。

玉名市の管理橋数は市道の新たな認定や県道からの移管に伴い毎年変化し、2019（令和元）年12月現在833橋である。地方自治体の管理橋に対する定期点検が始まって丸2年が経過した2016（平成28）年3月の時点の市道橋数は823橋であった。橋梁メンテナンスサイクルの進捗状況は、市道橋823橋に対して、定期点検が17橋しか完了していない状況であった。これは国が目標とする点検進捗率40%に対して、わずか2%の達成率であった。

2.2 管理橋梁の特徴

玉名市役所が管理する橋梁の特徴を、以下に示す。

- (a) 橋梁管理を管轄する範囲は、市内の市道橋に限定されるローカルな範囲である。また、市内の道路は国道および県道を含めたとしても4車線道路がなく、交通量が少ない。

*1 玉名市役所 建設部 土木課 橋梁メンテナンス係長（正会員）

*2 (一社) リペア会 副会長 博士（工学）

*3 九州大学大学院 工学研究院社会基盤部門准教授 博士（工学）（正会員）

- (b) 橋長 5m 未満かつ単径間の RC 橋（RC ボックスカルパートを含む）が約 7 割を占めている。また、コンクリート橋が管理橋の約 9 割を占めている。
- (c) 一級河川の下流域に位置するため、平野部の用排水路を跨ぐ橋が多く、河床から橋の桁下までの高さが低い橋が多い。
- (d) 遠方目視の点検結果で目立った劣化損傷は、剥離または鉄筋露出である。
- (e) 過去の橋梁補修工事の大半は、左官工による断面修復を選定し、発注している。
- (f) 市職員として、最低限の施工品質および作業安全性の確保に寄与できる施工に関する資格（土木施工管理技士）を有する者が居る。また、職員による測量、設計、積算、監督が発注土木工事の半数を占めている。

2.3 補修に関するコストに関する考察

2016（平成 28）年 4 月当時の玉名市は、定期点検の急な義務化に応じた点検費用の予算確保に注力していた。その反面、点検後の対策費用（補修設計費用や補修工事費用）は十分に想定していなかった。近接目視の定期点検が 1 巡目の場合、点検結果に伴って対策の必要性が判明するため、対策予算は経常的な定期点検予算と異なり、突発的な予算となる。この対策予算の確保こそが財源不足に対する大きな問題だと考えた。そこで、交付金を充当し、補修工事が完了した橋梁について、点検から補修までの費用実績を調べた。その結果を表-2 に示す。

当時、補修工事が完了した実績は 1 橋（寺田橋）のみであった。寺田橋は 1965 年完成の橋長 33m、径間数 6、幅員 5.1m の鋼橋（非合成 H 形鋼）である（図-1）。健全度が III 判定のため補修が行われた（2016（平成 28）年 2 月完了）。補修内容は鋼材の再塗装、コンクリートの断面修復等である（点検調査および工事台帳より抜粋）。点検から補修完了までに費やした総額のうち、補修設計費用は点検費用の約 18 倍、補修工事費用は点検費用の約 43 倍必要であった。すなわち、橋梁単体においては、点検費用より対策費用が高額である。また、対策費用の必要性には点検結果が支配的に影響するため突発的である。この結果を財政部局に報告したところ、玉名市役所においては、点検費用の予算確保と同等以上に対策費用の予算確保が重要な懸念事項となった。

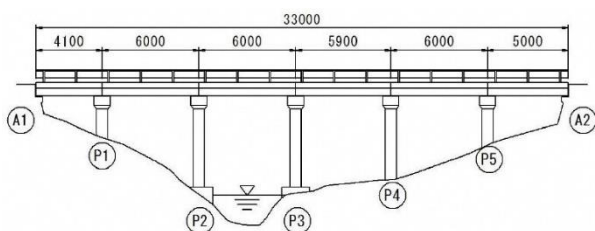


図-1 市道橋寺田橋の一般図

表-1 市道橋全体の健全度の割合

健全度	対象橋数	割合 (%)
I 判定	691	83.0%
II 判定	101	12.1%
III 判定	41	4.9%
IV 判定	0	0.0%

※1巡目の判定結果を集計

表-2 市道橋寺田橋の補修費用実績

費用項目	金額 (千円)	割合 (%)
点検委託費	464	1.6%
補修設計委託費	8,458	28.5%
補修工事発注費	20,778	70.0%
全体費	29,700	

表-3 橋梁補修費用の検討を行った市道橋の一覧

防災安全交付金を活用して補修した橋梁 8 橋の内訳

橋梁名	橋長	架設年度	健全度	補修年度
寺田橋	33.0m	1965年	III	H27
124-1号橋	7.3m	1970年	II	H28
柴尾口橋	18.8m	1963年	II	H28
錦橋	26.85m	1968年	III	H28
立花川1号橋	6.4m	1970年	III	H29
琴比羅橋	46.0m	1974年	III	H29
新牟田橋	13.0m	1967年	III	H29
山崎橋	13.0m	1975年	III	H30

（定期点検結果を基に作成した橋梁台帳より抜粋）

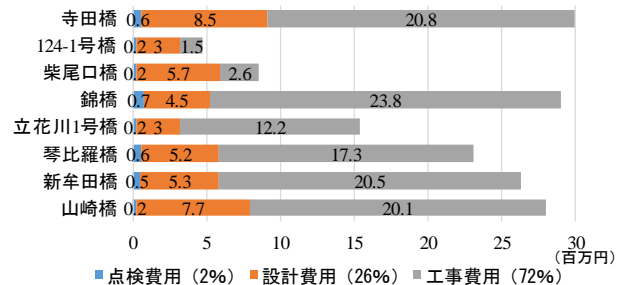


図-2 玉名市道橋 8 橋の橋梁補修費用の構成割合

さらなる検討を行うため、その後、2019（令和元）年 6 月までに補修が完了した 8 橋（表-3）に対して、同様の費用分析を行った結果を図-2 に示す。図より、設計費用が 26%、工事費用が 72% を占めており、この分析からも玉名市役所の場合、橋梁単体においては、点検費用より対策費用に多くのコストを要することが明らかとなった。さらに、対策費用は高額な予算が必要にも関わらず、点検結果が支配的に影響する突発性を有しており、その突発性により予算確保が困難化する。ゆえに、財源不足の地方自治体においては、点検費用より対策費用の予算確保が難しくなる可能性が高い。

2.4 市役所職員による直営断面修復（左官工）の必要性

高額な費用を要する補修工事を進めるには、予算不足によるコスト制約が大きな障害となるため、優先順位の高い橋梁しか補修できないおそれがあった。そこで、優先順位の低い橋梁の補修には、安価で効果的な補修方法を採用することで、コスト制約下での橋梁修繕の進捗と修繕費用の縮減を両立させることができると考えた。2.2 で述べたように、管理市道橋の約 7 割を小規模のコンクリート橋が占め、遠方目視の点検結果では剥離や鉄筋露出が目立つことから、これらをターゲットとし、補修工事実績の多い左官工による断面修復を市役所職員が自ら

実施（直営化）することで、効率的に橋梁メンテナンスサイクルを回すことができると考えた。

3. 市道橋での試験施工（直営施工）の概要

直営の断面修復（左官工）の実装には、市民への説明責任の観点から市役所職員であっても簡易かつ高品質に橋梁を修繕できる実績を示す必要があった。そのためには、材料選定、施工方法のやり方を机上ではなく現場（供用中の市道橋）施工の実践により構築する必要があった。そこで、以下に示すような直営の試験施工を実施し、課題を抽出した。

3.1 試験施工の箇所選定に関する配慮

(1) 試験施工に伴う二次的なリスク軽減への配慮

直営の断面修復（左官工）の試験施工に起因して、橋梁へ新たなリスクを与えないよう配慮した。具体的には、コンクリートのはつり作業によって緊張力の低下リスクがないよう PC 橋の主桁は選定しない。同様に、構造上重要な支承周辺や支間中央は選定しないことにした。

(2) 試験施工を実践する市役所職員の安全性への配慮

試験施工を実践する市役所職員の安全性を確保するため、直営施工の際に、通行車両との接触がないよう道路区域外からの施工可能な箇所を選定した。

(3) 市役所職員が作業員として試験施工することに対する品質管理への配慮

1 級土木施工管理技士を保有する市役所職員の常駐配置に加え、一般土木建設業から転職してきた職員を試験施工の実施者に加え、試験施工に関して可能な限りの実践体制を構築した。しかし、実践する職員は、断面修復の左官施工が未経験のため、劣化損傷の軽微な箇所かつ通行車両の影響が少ない箇所の損傷を選定した。

3.2 予備試験（直営施工）

左官工について未経験の職員が多いため、まずは施工専門業者の熟練左官工に指導を仰ぎ、施工難易度の低い下向きの左官施工をあらかじめ実構造物（写真-1）で経験してから、本格的な試験施工を行なうことにした。



写真-1 予備試験に用いた橋梁および修繕箇所（横田5号橋の地覆コンクリート）

3.3 試験施工（直営施工）の箇所選定

(1) 対象橋梁の諸元

3.1の(1)から(3)を考慮して、本格的な試験施工の橋梁に市道橋の中から156-4号橋を選定した。この橋は、1970

（昭和45）年架設、橋長3.1mのRCボックスカルバート（図-3）である。定期点検時に、頂版の上流側側面には広い範囲に浮き（写真-2）、頂版の下面には橋軸方向のひび割れが認められ、健全度はⅡ（予防保全段階）であった。試験施工の箇所は、以下に示すような理由から選定した。また、現場での浮きの範囲が点検結果と異なっており、図-4が実際に補修した範囲を示す。

- 道路幅員（車道幅員7.4m）が広いいため、材料等の荷卸し作業時に安全確保が容易であり、かつ道路上の大型車通行がない。
- 試験施工の実施箇所と道路の車道がガードレールにより分断されており、施工時に車道を通行する車両との接触の危険性がない（写真-3、写真-4）。
- 健全度Ⅱおよび道路通行車両の荷重作用の影響が少ない函渠外側の剥離と浮きを試験施工の対象とすることにより、仮に施工不相当や中断等の不測の事態が生じたとしても、実構造物への影響は最小限である。

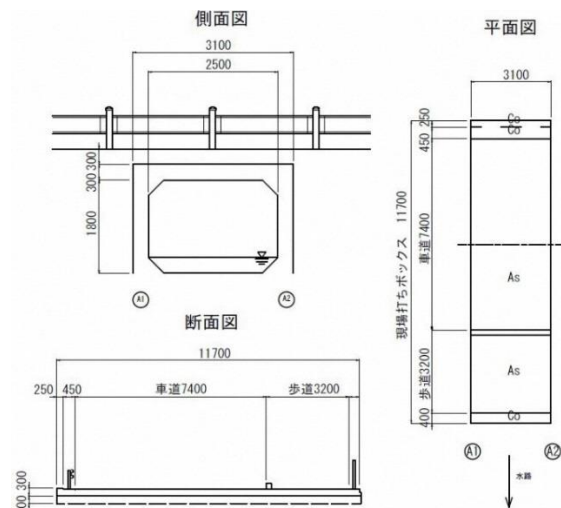


図-3 156-4号橋の橋梁一般図



写真-2 156-4号橋の定期点検時の損傷状況

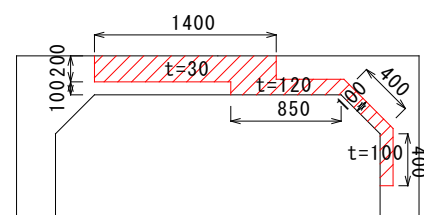


図-4 156-4号橋の補修範囲（躯体）



写真-3 橋面の状況

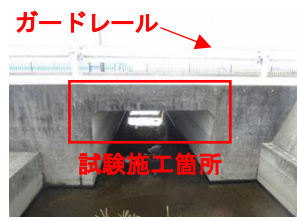


写真-4 側面の状況

3.4 試験施工（直営施工）の施工手順

直営による断面修復の試験施工の施工手順は、一般財団法人建設物価調査会『橋梁補修の解説と積算』⁴⁾に示される断面修復工（左官工法）の施工手順および留意点を参考とした。図-5 にフローを示す。

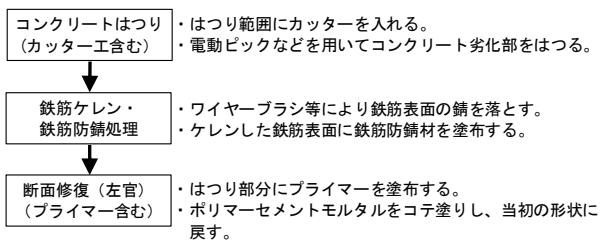


図-5 断面修復工（左官工）の施工手順
（『橋梁補修の解説と積算』⁴⁾を基に作成）

『橋梁補修の解説と積算』⁴⁾には、断面修復工（左官工法）の施工上の留意点が以下のようにあるため、今回の試験施工においても留意点とした。

- ・コンクリートはつり時の留意点は、はつり部分の端部にフェザーエッジができないようカッターで縁切りし、はつり深さを十分に確保する。また、電動ピックあるいはハンドブレードを用いてコンクリート劣化部をはつる。
- ・鉄筋ケレン時の留意点は、ディスクサンダー等を用いて鉄筋表面の錆を落とす。特に鉄筋からはく離しているような「かさぶた」状の錆は完全に除去する。
- ・鉄筋防錆処理時の留意点は、鉄筋防錆材の鉄筋表面に刷毛を用いて塗布する。このとき、塗り残しのないよう入念に塗布する。
- ・断面修復時の留意点は、鉄筋防錆材が指触乾燥後、ポリマーセメントモルタルにて断面修復する。1回の埋め戻し厚は20～30mmを標準とし、下層のモルタルが十分硬化したことを確認したうえで次層のモルタルを塗り重ねる。露出させた鉄筋の背面側には断面修復材が回りにくいいため、特に入念に埋め戻す必要がある。仕上げはコテを用いて表面を平滑に仕上げる。

3.5 施工箇所および補修内容

試験施工の対象箇所は、RCボックスカルバートの頂版の側面から下面にまたがる領域（約300mm×3000mm）であった。施工に足場は不要で、はつりはピックとハン

マーによる手ばつりにより行い、プライマーはEVA系（エチレン酢酸ビニル系）の刷毛塗りとした。断面修復は粉末ポリマーと短繊維が混入したポリマーセメントモルタルをコテ塗りにより実施した。側面は横向きの左官施工であるが、下面は上向きの左官施工が必要であった。

4. 試験施工（直営施工）の結果および考察

4.1 施工結果

試験施工を実践した職員は、技術系職員が5名である。構成職員の保有資格は、1級土木施工管理技士が1名、2級土木施工管理技士が1名、技術士補（建設部門）が1名であった。実施日は2017（平成29）年4月12日から14日の3日間で、天気は晴れであった。実践した職員5名全員が終了後に指摘した課題を、以下に示す。

まず、電動ピック等の作業機械がない場合、人力によって鉄筋裏までのコンクリートをはつる作業は体力的にも非常に厳しいため、電動機械の使用は必須であり、あらかじめ電動ピック等の機械を購入する予算を確保しておく必要がある。

次に、高品位で粘性が高い低水セメント比のポリマーセメントモルタルは人力による練混ぜが相当難しいことが分かった。短繊維が絡まり分離しないため、練混ぜにムラが生じるため、電動機械が必要である。

橋梁補修の監督経験はあっても、実際に左官施工すると、監督員として現場で見ていた以上に施工難易度が高いと分かった。言い換えると、業者施工であっても左官に関する技能が未熟な作業員が配置される場合には注意が必要であると考えられる。

このような一見当たり前である内容も、市役所職員（発注者）が自ら供用中の市道橋（実構造物）を対象にした現場施工の体験により実感したことが稀有な事例であり、この実体験こそが発注者の人材育成において有効なOJT（On-the-Job Training）だとわかった。

4.2 試験施工において生じた問題点およびその原因に関する考察

(1) スプレー式の防錆材のノズル閉塞

今回の試験施工では、現場で効率的に防錆材を塗布できるように、塩分吸着剤が混入した防錆ペーストにより鉄筋の腐食を抑制する缶スプレー式の防錆材（容量260ml）を準備した。しかし、スプレー式の防錆材のノズルが閉塞して噴射出来なくなり使用不可能になった。具体的には、1箇所目に塗布した後、蓋をして数時間後に別の箇所の鉄筋に塗布しようとする、ノズルの噴射孔にスプレー缶内部の材料が固着して使用できなくなった。よって、業者施工と同様の刷毛塗り用の防錆材の使用が確実であることが分かった。

(2) 左官に関する技能不足による断面修復材の剥落

断面修復材の1回の塗布厚は、参考図書の20～30mmとなるよう留意して施工していたが、上向き施工の接着不良により断面修復材の剥離が発生した。この剥離の原因推定を材料製造会社に依頼し、筆者らも撮影した動画により施工方法を確認したところ、EVA系プライマーの指触発生時間の見誤りに加え、上向きの施工技量不足、目分量での練り混ぜ水の投入など、施工技術の不足による既設コンクリートと断面修復材の接着不良が原因であると推察された。

5. 補修工事の請負業者の現場事例を反映させた改善策

5.1 概要

既設コンクリート橋の補修工事に用いる断面修復材の剥離を防止し、補修工事の品質を向上させるためには、多くの事例を収集する必要がある。一方、玉名市には断面修復の施工専門業者（以下、専門業者）がいないため、断面修復は玉名市外の専門業者が下請け施工していた。そのため、市役所職員が監督員として施工現場に赴き、事例収集を行うための専門業者との協力体制を構築した。このことにより、直営施工の事例収集に併せて、発注した工事の請負業者にも協力を仰ぎ、既設コンクリートと断面修復材の接着性状に関する事例を収集した。

5.2 考察

実際の現場に赴き、直営施工および業者施工の断面修復事例に関する約40橋分の資料を収集し、分析した。その結果、補修工事の品質を向上させるために特に重要と考えられる項目の一つとしてプライマー処理に関する内容が挙げられた。その内容を、以下に示す。

(1) 専門業者の施工現場の調査における考察

専門業者が行う現場を調査したところ、既設コンクリートのはつり面に塗布するプライマーはEVA系を使用している場合がおおよそ8割であり圧倒的に多かった。また、その塗布には噴霧機を使用していた。さらには、プライマーとしての使用だけでなく、下地の吸水調整として塗布する事例も多かった（写真-5）。さらには、プライマーの代わりに水湿で施工する業者もあった。しかし、水湿は既設コンクリートの状況が悪いと、その散布水量の管理が難しく、熟練の左官工であっても、水分過多になる事例も認められた（写真-6）。

(2) 他橋梁を対象にした更なる直営施工における考察

直営施工で豆板部の断面修復を行う場合、刷毛塗りでEVA系のプライマーを塗ろうとすると、粘性がないため、上向きに施工する際、刷毛に沿って手首まで液垂れが生じ上手に塗布できなかった。その状態で断面修復するとドライアウトが発生した（写真-7）。また、現場でエポキシ系のプライマーを使用した結果、施工技量の低い職員

であっても重力に抵抗して既設コンクリート面に容易に留まった。これは、粘性が高く塗り易く、物理的な粘着力がEVA系より強いため、熟練工のようなしごき（擦り付けて塗りつけるような塗り方）を要せずとも断面修復材が自重で落下しにくかったと推察できる。そのため、エポキシ系のプライマーは、左官に関する技能が未熟な市役所職員には、使い勝手が良いという結果となった。



写真-5 既設コンクリートの下地面にEVA系プライマーを噴霧機で塗布する状況（業者施工）



写真-6 既設コンクリートの豆板部に水湿を実践したが水量過多が生じた事例（業者施工）



写真-7 豆板部の断面修復で生じたドライアウト事例（直営施工）

6. 直営施工における断面修復マニュアルの策定

4.で述べた直営施工の結果、ならびに5.で述べた調査結果に基づき、玉名市役所の直営の断面修復（左官工）では、通常ならば1回の施工であるプライマー塗布の工程を、材料別の指触時間の違い、既設コンクリートの吸水抑制に配慮し次のように変更した。まず、はつり後にEVA系を下地の吸水調整として噴霧機で塗布し、養生時間に留意して指触を確認した後、次に追施工可能なエポキシ系のプライマーを刷毛塗りで、指触を確認し、速やかに断面修復を施工する工程を追加した（図-7）。この方法の妥当性について検証するため、断面修復材の付着状況に対して、衝撃弾性波法による検査手法（i-TECS法⁹⁾）で調査したところ、直営施工は専門業者施工と同等の施工品質を有していることが証明された。

しかし、市役所は人事異動により構成職員が変わるため、初心者への配慮が重要となる。そこで、現場作業をイメージできるように配慮した断面修復マニュアルを直営で作成した。マニュアルは試験施工等の実践により得られた知見をフィードバックして、作業別（はつり、鉄筋防錆、プライマー、断面修復、養生）に作成し、公用車に常備して現場で常時活用できるようにした。具体的には、状況写真として職員の施工写真を使い、直営の実現性を示し、注意点や細部の手順を図化することで、機械に関する用語を含む専門用語等を可視化できるように配慮した（図-6）。他にも、未熟なしごき技能等を補完するため、施工時の注意点も詳細に記述した（図-7）。このように、ローカルな範囲の人や物の制約下では、直営施工に特化した独自のマニュアル作成が品質確保に有効であると考えられる。

7. 現在の玉名市役所の直営施工体制

2020（令和2）年3月現在において、玉名市の橋梁メンテナンスサイクルの単年度の全体予算は概ね1億円である。構成職員は技術職4名、事務職1名の計5名である。直営施工は品質確保と説明責任の観点から、補修工法の選定等をコンクリート診断士、材料選定と施工品質をコンクリート主任技士、安全管理を1級土木施工管理技士が担う有資格職員の配置体制を最低限としている。さらに、有識者の助言体制を構築している。しかし、作業時の事故に対する保険は、市役所職員用の一般的な保険に頼っており、今後の課題である。

8. まとめ

本報告では、予算確保が厳しい地方自治体のうち、玉名市役所の管理する橋梁を事例とし、まず、維持管理費用のうち補修費用の占める割合が70%程度と大きいことを明らかにした。次に、この補修費用を削減し、補修が必要な橋梁に対する措置を早急に進捗させるための方法として、市役所職員による直営の断面修復（左官工）に関する取組みについて述べた。直営施工ならびに補修業者による施工に関する調査の結果、およびそれらを踏まえた課題について考察し、断面修復工法の施工品質の向上を図るために策定した「断面修復マニュアル」の内容について報告した。2019（令和元）年11月末現在、玉名市の橋梁メンテナンスの進捗は、1巡目の橋梁定期点検の判定区分Ⅲ、Ⅳに対して、修繕に着手した割合が100%、修繕完了済みの割合が84%と大きく進んでいる。この成果の主要因としては、市役所職員による橋梁補修の直営施工とその実践で得られた施工知見によるところが大きい。今後、補修部の経過観察を実施し、補修品質の定量的な評価などについて検討を行う予定である。

謝辞

本報告において断面修復工法の品質調査（i-TECS法）を行うにあたっては、熊本県コンクリート診断士の協力を得た。関係各位に謝意を表する。

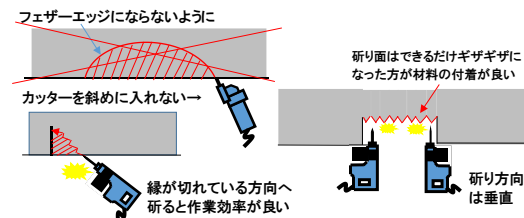


図-6 注意点の図化事例（作成したマニュアルより抜粋）

研り作業中の粉塵が付着しているため、そのまま断面修復を施工すると修復材が剥落する。また、剥落して年月が経過したものは、長期の露出面が脆弱な場合が多いため、ハンマー等で確認し、脆弱部分を確実に除去する。

金ブラシ、電動工具を用いて脆弱部の除去を行い、ブローで塵を飛ばしておく。

断面修復材の水分は修復材が硬化するのに必要な水分量である。よって既設コンクリートに水分が奪われた場合脆弱層を形成する。また、EVA系のプライマー厚塗りは同様に脆弱層となる。そのため、吸水調整材としてEVA系使用は過度の厚塗りに注意！

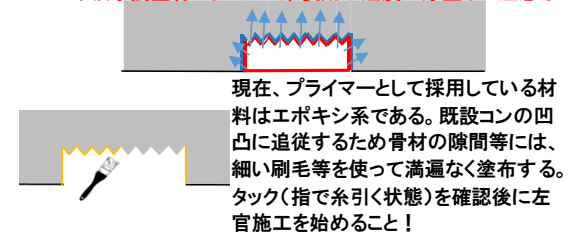


図-7 プライマー施工時の注意点の詳細説明（作成したマニュアルより抜粋）

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：道路メンテナンス年報（令和元年8月），http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/pdf/h30/R1_03maint.pdf（閲覧日：2019年10月21日）
- 2) 国土交通省，社会資本整備審議会道路分科会建議，道路の老朽化対策の本格実施に関する提言（平成26年4月14日）：<http://www.mlit.go.jp/common/001036085.pdf>（閲覧日：2016年4月3日）
- 3) 国土交通省道路局，社会資本整備審議会・交通政策審議会技術分科会技術部会：「市町村における持続的な社会資本メンテナンス体制の確立を目指して」の公表について（平成27年2月），<http://www.mlit.go.jp/common/001080916.pdf>（閲覧日：2017年3月3日）
- 4) 一般財団法人建設物価調査会：橋梁補修の解説と積算（平成28年11月1日改訂）
- 5) iTECS法規格：試験03 コンクリート内部の内部欠陥探査方法，一般社団法人iTECS技術協会，pp.1-5, 2013.7