

類似橋梁の比較による床版防水の効果検証と 「橋梁防水・排水対策ノウハウ」の取りまとめ

近江 啓輔¹・竹内 信²

¹滋賀県長浜土木事務所木之本支所 道路計画課 (〒529-0426 滋賀県長浜市木之本町黒田1234)

²滋賀県長浜土木事務所木之本支所 河川砂防課 (〒529-0426 滋賀県長浜市木之本町黒田1234)

平成14年の道路橋示方書改訂により、床版防水層等（以下、床版防水）の設置が義務化されたが、それ以前に設計された橋梁には床版防水が設けられていないものもあり、床版の劣化・損傷が課題となっている。本研究では、床版防水の有無以外の条件が類似する2橋を対象として床版の劣化状況を比較し、床版防水の有効性を検証するとともに、床版を含めた橋梁の防水・排水対策の適切な実施に寄与する取組として、「橋梁防水・排水対策ノウハウ」の取りまとめを行った。ノウハウの取りまとめにおいては、経験の浅い技術者でも現場ですぐに実践できる簡便な内容をコンセプトとし、発注者・受注者の知見を融合し体系化を図った。

キーワード 橋梁長寿命化、橋梁修繕、床版防水、橋梁防水・排水、技術伝承

1. はじめに

我が国において、高度経済成長期に急速に整備された橋梁、トンネル等の交通インフラは、建設から約半世紀を経過している。これらの交通インフラは、適切な維持管理を実施しない場合、50年程度が寿命の目安とされている。うち橋梁については、2030年には道路橋の約54%、2040年には約75%が建設後50年を経過すると予測されており、そのメンテナンスは喫緊の課題である。

橋梁の劣化現象の代表例には、「床版の損傷」が挙げられる（写真-1²参照）。床版の劣化は、大型車等の活荷重が繰り返し作用することで進行する。コンクリート床版を例に挙げると、まずコンクリートのひび割れが進展・増加し、剥離、抜け落ち、土砂化といった重大な損傷へ発展する。また、床版に水が存在すると、ひび割れに水が浸透し、ひび割れ幅は急速に大きくなる。さらに、筆者らの所属する長浜土木事務所木之本支所管内のように路面凍結の恐れのある地域では、ひび割れに浸透した水の凍結膨張や、凍結防止剤の散布に伴う塩分供給により、床版の損傷が加速度的に進展する。松井らの実験でも、床版が湿潤状態の場合、乾燥状態と比べ50～300倍の速さで破壊に至ったと報告されている³。

以上のことから、床版の長寿命化には防水性の確保が極めて重要で、平成14年の道路橋示方書改訂において、床版防水を設けることが義務化されている⁴。そのため、平成14年の改訂以降に設計された橋梁では、床版防水が必ず設置されている。一方、平成14年の改訂以前に設計

された橋梁では、床版防水が設置されていないケースも存在し、改訂から20年以上が経過した現在では、床版防水の有無で床版の劣化状況に差異が生じているものと推察される。しかし、同一の道路管理者において、床版防水の有無以外の諸条件が類似した橋梁を同時期に調査・設計・補修まで実施する事例は限定的であり、詳細な比較検証を行った例は十分ではない。

筆者らは、床版防水の設置義務化以前の約40年前に施工された鉄筋コンクリート床版（以下、RC床版）を有し、床版防水の有無以外の諸条件がほぼ類似している2橋について、調査・設計・補修を同時期に担当する機会を得た。本研究では、これら2橋の床版劣化状況の比較、および床版防水の初期設置費用と床版損傷後の修繕費用との比較を行い、床版防水の有効性を検証した。

また、防水・排水の重要性は、桁端部や支承部等の床版以外の部材においても同様であり、橋梁の長寿命化を図る上では、橋梁全体における防水・排水対策の適切な実施が不可欠となる。そこで本研究では、橋梁の新設・補修現場における防水・排水対策の適切化に寄与する取



写真-1 床版の損傷事例（コンクリート床版の抜け落ち）²

組として、「橋梁防水・排水対策ノウハウ」の構築を試みた。ノウハウの取りまとめにおいては、経験の浅い技術者でも現場で即座に実践できる簡便な内容を理念とし、発注者および受注者双方の知見を融合し整理を行った。

本稿では、これら一連の検証結果および取りまとめたノウハウとその活用方法について報告する。

2. 床版防水の概要と既往の知見

(1) 床版防水の概要

床版とは、橋を通行する車両や歩行者等を直接支え、それらの荷重を下部の橋げたへと伝えるための部材である(図-1²⁾参照)。1.で述べたとおり、床版内への水の流入は劣化を著しく促進するため、長寿命化には床版の防水が極めて重要となる。

図-2²⁾は、床版防水の模式図である。床版防水は、床版防水層、排水設備など、床版を水から保護する全ての防水機構の総称である。このうち床版防水層は、床版の防水を目的として設ける層であり、一般的に床版との接着剤、床版防水材、舗装との接着剤から構成される。また排水設備は、橋面及び床版防水層上の雨水等を滞水させることなく、速やかに排水するための設備を指す。

床版防水は、施工後に舗装に覆われるため大部分が不可視となり、施工中でなければ実物に触れる機会を得られない。そのため、筆者らも自身の経験から、想像が湧かない工種と感じていた。そこで本研究では、床版防水への理解促進を目的とした模型を作成し、(公財)滋賀県建設技術センター(以下、センター)にて展示を行うこととした(写真-2参照)。模型は原寸大とし、床版防水部分は実材料を用いて製作した。分解・組立が可能な構造とすることで、床版防水への理解促進に寄与している。

(2) 床版防水の設計基準の変遷と関連する技術資料

床版防水の設計基準の変遷については、昭和47年に制

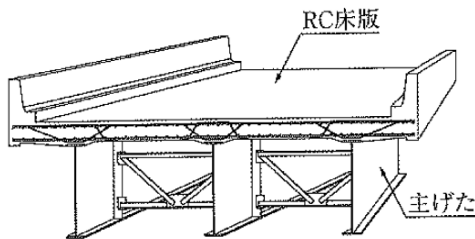


図-1 RC床版の模式図²⁾

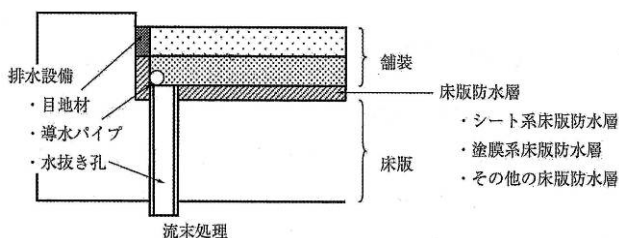


図-2 床版防水層および排水設備の模式図²⁾

定された道路橋示方書³⁾に防水層に関する初の記載があり、「必要に応じて防水層を設ける」と示された。その後複数回の改訂を経た後、平成14年に改訂された道路橋示方書⁴⁾では、「アスファルト舗装とする場合は、橋面より浸入した雨水等が床版内部に浸透しないように、防水層等を設けるものとする」と、床版防水の設置を義務付ける形に変更された。言い換えれば、平成14年の道路橋示方書改訂以前に設計された橋梁では、床版防水が設置されていないケースも存在することとなる。その他、床版防水に関して道路橋示方書を補完し、技術者の理解を深めるための資料として、昭和62年に道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工指針⁶⁾、平成19年に道路橋床版防水便覧⁷⁾が発刊されている。

3. 類似橋梁の比較による床版防水の効果検証

(1) 対象橋梁の概要

筆者らは、所属する長浜土木事務所木之本支所で修繕工事を行った橋梁のうち、床版防水の有無以外の諸条件が類似した2橋を対象として検証を行った。この2橋を比較することにより、供用中の道路橋における床版防水の劣化抑止効果を実証するとともに、ライフサイクルコストの観点から費用対効果を比較・評価できると考えた。

対象とした2橋は、国道303号の滋賀県長浜市木之本町音羽地先に架かる一之瀬橋(以下、I橋)と中島北橋(以下、N橋)である。両橋の位置は図-3⁷⁾のとおりで、同一路線上かつ同一河川上に位置し、橋梁間の距離は約2kmと近接しているため、気象条件や凍結防止剤の散布状況などの環境条件はほぼ同一である。また、両橋を結ぶ区間に大型車が通行可能な接続路線は存在せず、大型



写真-2 床版防水の模型



電子地形図 25000(国土地理院)を加工して作成

図-3 本検証で比較対象とした2橋の位置関係⁷⁾

車交通量についても同一である。

表-1は、両橋の主要諸元をまとめたものである。どちらもRC床版を有する鋼橋で、架設年度、橋長、幅員、設計荷重、床版厚、舗装厚、大型車交通量等の主要諸元はほぼ同一である。上部工形式等で一部相違が見られるものの、両橋の類似性は極めて高い。一方、床版防水に関しては、架設時期が設置義務化以前であったため、I橋には設けられていたが、N橋には設けられていなかった。I橋のみに床版防水が設けられていた理由としては、前述の「道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工指針」が、両橋の架設時期の間に発刊されたことが背景にあると推察される。

(2) 対象橋梁の劣化状況詳細調査結果

両橋とも修繕工事に先立ち劣化状況の詳細調査を行っていたことから、その結果をもとに両橋の床版劣化状況などの比較を行った。

a) I橋の劣化状況詳細調査結果

写真-3は、I橋の舗装コア採取部の様子である。I橋は建設時の設計資料が残存しており、シート系の床版防水層が設置されていることを既往資料でも把握できたが、実際の舗装コア採取による床版上面の観察結果からも、防水層が健全に機能していることが確認された。

写真-4は、I橋の詳細調査時の路面状況である。当該地域は凍結防止剤の散布が必要で、床版の劣化が進行しやすい環境にあるが、現時点で舗装や床版に目立った損傷は認められず、健全な状態を保っており、補修も不要と判定された。一方、I橋の桁端部や支承部は、劣化した伸縮装置からの漏水により腐食が進行し、補修が必要とされた（写真-4、写真-5参照）。このように、床版防

水によって保護されていた床版部と比較して、漏水の影響を直接受けた桁端部・支承部の劣化が顕著であった事実は、逆説的に床版防水による劣化抑止効果の高さを示すものである。

b) N橋の劣化状況詳細調査結果

写真-6は、床版防水が設置されていないN橋の詳細調査時の路面状況である。舗装のひび割れは、橋軸直角方向に約1m間隔の等間隔で多数見られ、幅が5～8mmに達しているものまで確認された。また、一部はひび割れが亀甲状となり、ひび割れ内部から砂が滲出するなど、舗装打ち換えが必要な状況であった。

写真-7は、床版下面の劣化状況である。舗装の劣化箇所と対応する位置において、床版下面に亀甲上のひび割れが多数発生し、ひび割れからは遊離石灰も滲出していた。これにより、床版に水が浸入し、劣化が進行していることが裏付けられた。また、舗装や床版下面の劣化が進行している箇所では、舗装はつり調査により床版上面の損傷程度も確認した（写真-8参照）。その結果、床版上面コンクリートの土砂化が確認され、補修が必要な状態まで劣化が進行していることが明らかとなった。



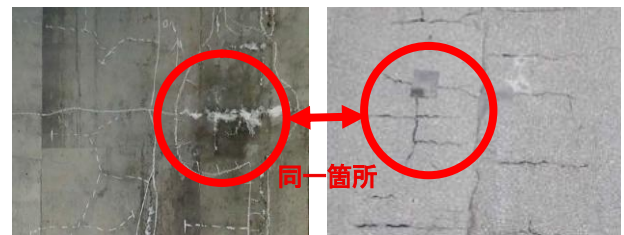
写真-4 I橋の路面状況と伸縮装置の劣化状況 (A1側)



写真-5 I橋の桁端部および支承部の腐食状況 (A1側 G2主桁)



写真-6 N橋の路面状況



(a) 下から撮影した床版 (b) 上から撮影した路面

写真-7 N橋の床版下面の劣化状況と路面状況との対応

表-1 本検証で比較対象とした2橋の主要諸元

諸元	I橋	N橋
架設年度	平成元年 (1989年)	昭和61年 (1986年)
適用示方書	昭和55年	昭和55年
橋長	44.0m	33.5m
全幅員	9.2m	9.2m
上部工形式	単純活荷重合成桁	単純非合成箱桁
下部工形式	逆T式橋台	逆T式橋台
設計活荷重	TL-20 1等橋	TL-20 1等橋
床版	RC	RC
床版防水	有り	無し
床版厚	21cm	19cm
舗装厚	6cm	6cm
大型車交通量	約200台/日 (R3)	約200台/日 (R3)



写真-3 I橋の舗装コア採取による床版防水層の有無確認

防水層 (シート)



写真-8 N橋の舗装はつり調査による床版上面の劣化状況確認

以上より、床版防水が設置されていなかったN橋は、床版防水が設置されていたI橋とその他の条件は類似しているにも関わらず、I橋より床版が著しく劣化していることを確認した。このことから、a)で述べたI橋の床版防水の劣化抑止効果が極めて高いことが実証された。

4. N橋における床版の補修工事について

(1) 工事の内容

N橋では平成30年度から令和元年度にかけ、床版の補修を含む修繕工事を実施済みである。当該工事における床版補修にかかる工種を表-2に示す。このうち床版断面修復工では、詳細調査での床版コア抜き調査において上面から50mm程度の位置に水平方向の大きなひび割れが確認されたことから（写真-9参照）、このひび割れ面より上の剥離部を撤去し、断面修復を行うこととした（写真-10参照）。

(2) 工事での苦労と対応策

N橋のように、床版上面の補修まで必要となった場合、施工の際に様々な苦労が生じる。ここで、山岳部の片側1車線道路かつ曲線部に位置する橋梁というN橋の特徴も踏まえつつ、工事での苦労と対応策を以下に述べる。

a) 品質面

床版上面の剥離部の撤去作業では、下部の健全部に損傷を与えてはならない。そのため、振動の少ないウォー

表-2 N橋の修繕工事における床版補修にかかる工種

工種	数量	金額（直接工事費）
舗装工	262m ²	約100万円
床版断面修復工	16m ³	約1,100万円
橋面防水工	262m ²	約100万円
交通管理工	1式	約200万円
合計		約1,500万円

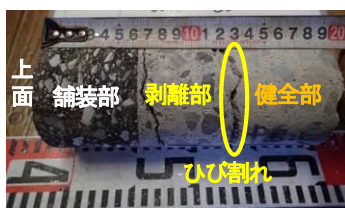


写真-9 N橋の床版コア採取による劣化状況確認

ターゲット工法を採用し、慎重かつ丁寧に撤去作業を進めた。また断面修復では、健全部との一体化が重要であるため、補修材料には鋼繊維コンクリートを選定した。

b) 安全面

N橋の架かる国道303号は、岐阜県を起点に滋賀県を通過して福井県に至る幹線道路で、かつN橋周辺の集落へ通じる唯一の生活道路でもあり、工事中も現道交通の確保が必須であった。そのため、床版の断面修復で打設したコンクリートの養生期間中は、作業のない夜間も片側交互通行規制を要した。しかし、図-3に示すとおりN橋は山間部のカーブ中に位置し、通行車両の速度が出やすく見通しも悪いため、仮設信号での片側交互通行では通行車両の安全を確保できず、作業のない夜間も交通誘導警備員を配置する必要があった。そのため、交通誘導警備員の安全確保や労働環境にも十分な配慮を行った。

(3) 工事費用とライフサイクルコストの分析

N橋の修繕工事全体での直接工事費は約4,000万円であったが、うち床版補修にかかる工種の直接工事費は表-2に示すとおりで、その合計は約1,500万円と工事全体の約37%を占めた。うち床版断面修復工は、a)で述べた品質確保対策にかかる費用も含まれ、1,000万を超える費用を要した。さらに、b)で述べた夜間の交通誘導警備員配置費用も必要で、交通管理工にも約200万円を要した。

一方、橋面防水工は約100万円と全体の3%程度で、床版防水が建設当初から設置されていたI橋では床版の補修自体が不要であった。以上より、床版防水を適切に実施し床版の長寿命化を図ることは、ライフサイクルコスト縮減の観点から、極めて費用対効果が高いと言える。

(4) 工事実施後の経過観察

令和7年に撮影したN橋の路面状態を写真-11に示す。床版の補修が完了してから約7年が経過しているが、現時点で損傷はなく健全な状態を保っており、床版断面修復と防水・排水対策を実施した効果が発揮されている。



写真-10 N橋の床版断面修復工（床版上面）の様子



写真-11 N橋の床版補修実施から約7年経過後の路面状況

5. 「橋梁防水・排水対策ノウハウ」取りまとめ

(1) ノウハウ取りまとめの背景

ここまでに述べたとおり、床版防水は床版の長寿命化に極めて有効である一方、上面コンクリートの補修が必要な状態まで損傷が進行すると、その修繕工事は品質管理、安全対策、費用など様々な面で多大な負担が生じる。

また、写真-5のI橋での事例のように、桁端部や支承部などの床版以外の部材も水の影響で劣化が著しく進行する。そのため、橋梁の長寿命化を図る上では、橋梁全体における防水・排水対策の適切な実施が不可欠となる。

一方、地方自治体や建設業界では特に地方において少子高齢化や技術者不足に伴う、技術伝承が課題となっている。そのため、橋梁メンテナンスに関する技術伝承が途絶えた場合、防水・排水対策が適切に実施されずその効果が十分に発揮されないばかりか、他の部材の劣化を逆に早めてしまうような事例の発生も懸念される。

また、橋梁の防水・排水対策の実施方法については、道路橋示方書⁹⁾や道路橋床版防水便覧²⁾に詳しくまとめられ、滋賀県橋梁修繕マニュアル⁹⁾においても施工手順が整理されているが、現場でノウハウとして実践している工夫も存在すると推察される。

以上より、現場でのノウハウを形式知として整理し技術伝承に役立てることは非常に有意義と考え、本研究でノウハウの取りまとめを行うこととした。

(2) ノウハウ取りまとめの方法

ノウハウの収集は、筆者らとI橋およびN橋の修繕に携

わった施工者が連携して進めることとし、趣旨に賛同頂いた施工会社、コンサルタント、メーカーの技術者、およびセンター、滋賀県の技術職員に対し、ヒアリングの実施や資料提供を依頼し、幅広い立場の技術者から収集した意見を反映した。また、舞鶴工業高等専門学校が主催する「実務家教員育成研修プログラム⁹⁾」の受講者による実践研究会「JP-REIMラボ」を通じ、多様な立場の実務家教員の知見も取り入れて内容を充実させた。

ノウハウの取りまとめにあたっては、橋梁修繕に携わって間もない段階の技術者や、地域でインフラメンテナンスを担う地方自治体や中小規模の建設会社をターゲットに設定した。そのため、経験の浅い技術者でもすぐに現場で実践できるものや、手間や費用がかからず地方自治体管理の小規模橋梁でも導入しやすいものなど、できるだけ簡便な内容を取り上げることとした。加えて、写真や概念図にノウハウの内容を書き加えた解説シートも作成することで、視覚的にもわかりやすい形を目指した。写真には、地域の技術者が自らの業務に結び付けて理解できるよう、滋賀県が管理する橋梁の実例写真を多数用いた。なお、基準書等で詳細が記載されている項目と内容が重複するノウハウについても、基準書等の理解促進につながるものと考え、排除せず取り上げることとした。

(3) 取りまとめたノウハウの概要と活用事例

収集したノウハウは、様々な立場の技術者からの意見を踏まえ、現地調査編と設計・施工編に分類して取りまとめた。その概要を表-3および表-4に示す。また、写真やイラストを用いた解説シートの一例を図-4に示す。

表-3 取りまとめた橋梁防水・排水対策ノウハウの概要（現地調査編）

No.	項目	概要
1	流水跡の確認	流水跡の付いている部材があれば、流水跡の上部を辿って水の供給源を特定する。
2	雨天時の現場確認	雨水の排水状況を現場で確認し、桁や橋台・橋脚への漏水が生じていないか確認する。
3	地覆の劣化	地覆から水が浸入すると床版へ到達するため、地覆のひび割れが無いかな確認する。
4	舗装の劣化	舗装の劣化が進んでいる箇所があれば、舗装下の床版の滞水や劣化も懸念される。
5	床版下面の劣化	床版の下面を見た際に劣化が進んでいる箇所があれば、その上面の劣化も懸念される。
6	排水管の劣化	排水管からの漏水の有無を把握するため、排水管に腐食・破損・流水跡が無いかな確認する。
7	排水樹のつまり	橋面の排水樹が土砂やゴミで詰まると排水不良の原因となるため、日々確認・清掃を行う。
8	排水施設の流末処理	排水施設の流末(末端部)から排出された水が、桁や橋台・橋脚にかかっているか確認する。
9	添架物の劣化	橋梁本体だけでなく、添架物についても漏水や排水がかかっているか確認する。

表-4 取りまとめた橋梁防水・排水対策ノウハウの概要（設計・施工編）

No.	項目	概要
1	地覆の防水	地覆からの漏水防止に表面含浸剤を塗布する。地覆外側を伝う水を遮断する水切り工も効果的。
2	伸縮装置の構造	伸縮装置からの漏水防止を目的に二次止水を設置する。地覆部も伸縮装置の設置を推奨。
3	排水管の長さ・向き	橋面防水の排水管は桁の最下部よりも長くし、流末は桁や橋脚・橋台と反対側に向ける。
4	排水管の形状	排水管に急な曲線部を設けると、土砂やゴミの閉塞の原因となりやすいため注意する。
5	成形目地材の形状	成形目地材を地覆と舗装の両方に密着させるようL型とすることで、水の浸入防止効果が高まる。
6	塗膜型防水層の施工	塗膜型床版防水は地覆にも少し立ち上げるように施工することで、水の浸入防止効果が高まる。
7	溶剤の乾燥時間	床版防水の溶剤(プライマー等)は湿潤状態では効果を発揮しないため、乾燥時間を順守する。
8	既設舗装の撤去	舗装撤去時に床版を傷つけないよう注意する(床版付近は人力でののはつりの併用も推奨)。
9	床版コンクリートの撤去	ブレーカーではつりを行うと周辺部分にマイクロクラックが入る恐れがあるため、ウォータージェット工法の採用等、残置部分に悪影響を及ぼさないような配慮が必要。

現地調査編 No.1 流水跡の確認

流水跡の付いている部材があれば、流水跡の上部を辿って水の供給源を特定する。



図-4 橋梁防水・排水対策ノウハウ解説シートの一例
(現地調査編 No.1 流水跡の確認)



図-5 ホームページでの解説シートとeラーニング動画の公開¹¹⁾



図-6 解説シートおよびeラーニング動画を用いた研修

6. 解説シートの公開と活用

(1) 解説シートの公開

取りまとめた解説シートは、滋賀県内や全国のインフラメンテナンスに携わる技術者に活用頂けるよう、「橋梁防水・排水対策ノウハウ解説シート」としてセンターのホームページ¹⁰⁾で公開している(図-5参照)。

(2) 解説シートを用いたeラーニング動画の作成・公開

解説シートに解説音声を加えたeラーニング動画も制作し、センターのホームページ¹⁰⁾において解説シートとともに公開している。解説音声を加えることで、閲覧者の理解を促すとともに、いつでもどこでも手軽に自主学習を行える環境を構築できている。

(3) 解説シートおよびeラーニング動画を用いた研修

解説シートおよびeラーニング動画は、ホームページでの公開のみにとどまらず、研修での座学や現場確認における教材としても活用可能である。具体的には、筆者らの所属における勉強会や、センターの市町研修生への教育、施工者の社内研修などで、解説シートおよびeラーニング動画が既に活用されている(図-6参照)。

上記の勉強会や研修の事後アンケートでは、「舗装に覆われて見えない床版の急激な劣化(土砂化)写真に衝撃を受け、点検の重要性を再認識した」、「写真や概念図を用いた解説で、水の動きや劣化状況がイメージしやすい」、「動画はナレーションの音声も聞き取りやすく、わからない部分も巻き戻して再生可能で、最後まで集中して視聴できた」などの意見が寄せられており、高い学習効果を得られることが実証された。

7. おわりに

本研究では、供用中の類似橋梁を対象とした比較検証により、床版防水の劣化抑止効果を実証するとともに、ライフサイクルコスト縮減における費用対効果を比較・評価した。また、維持管理において重要となる防水・排水対策のノウハウを体系化し、写真や概念図を効果的に

用いた解説シートおよびeラーニング動画を制作・公開することで、実務への適用性と技術伝承性を向上させた。

なお、本研究では橋梁を対象に水の影響を取り上げたが、水の挙動の把握は、全ての土木構造物の維持管理において重要な項目であり、熟練技術者がパトロールで注視する点でもある。本研究を通じて、著者ら自身も「土木構造物を診る眼」を養うことができた。本研究の成果が、一人でも多くの技術者の技術力向上、ひいては社会資本の適切な長寿命化に貢献することを期待する。

謝辞：本研究の一部は、舞鶴工業高等専門学校社会基盤メンテナンス教育センター(iMec)が主催する「実務家教員育成研修プログラム」によりまとめられたものです。また、本研究の遂行にあたり多大なご協力を賜った(株)アズマの皆様、資料提供ならびに有益な助言を賜った多くの技術者の皆様に、心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1)国土交通省：建設後50年以上経過する社会資本の割合，
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/_pdf/50year_percentage.pdf，(参照2026-07-27)
- 2)(公社)日本道路協会：道路橋床版防水便覧，2007。
- 3)松井繁之ほか：RC床版とその損傷(その2)，橋梁と基礎，1998。
- 4)(公社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2002。
- 5)(公社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，1972。
- 6)(公社)日本道路協会：道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工指針，1987。
- 7)国土地理院：地理院地図，<https://maps.gsi.go.jp/>，(参照2026-07-27)
- 8)滋賀県：橋梁修繕マニュアル(R4.3改訂版)，
<https://www.pref.shiga.lg.jp/ippan/kendoseibi/douro/325487.html>，(参照2026-07-27)
- 9)舞鶴工業高等専門学校社会基盤メンテナンス教育センター(iMec)，実務家教員育成研修プログラム，
<https://www.maizuru-ctac.jp/imec/jp-reim.html>，(参照2026-07-27)
- 10)(公財)滋賀県建設技術センター：施工解説動画，
<https://www.sct.or.jp/work/technic/建設タイムラプス/施工解説動画/>，(参照2026-07-27)