

適正な橋面排水処理による橋梁の長寿命化に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 27～平 29

担当チーム：寒地構造チーム

研究担当者：西 弘明、今野 久志

白戸 義孝、角間 恒

【要旨】

床版の耐久性を長期にわたり確保するためには、床版内部への水の浸入を防ぐ防水性能に加え、路面から浸入する水を橋梁外に排出する排水性能が適切に性能を発揮しなければならない。しかしながら、実橋においては滞水に起因する舗装および床版の劣化が顕在化しており、排水性能が的確に発揮されていないことが懸念されている。本研究では、床版の長寿命化に資する橋面排水処理技術について検討を行った。具体的には、実橋における滞水状況の調査および排水阻害要因と考えられる床版面に発生している不陸の実態調査を行い、現行の排水計画における問題点の整理および排水性能を改善するための方策の提案を行った。

キーワード：RC 床版、橋面排水、長寿命化

1. はじめに

床版における劣化の多くは路面から浸入する水に起因して発生・進行する。したがって、床版の耐久性を確保するためには、遮水性に優れる舗装の採用や防水層の設置によって床版への水の浸入を防ぐこと、ならびに、適切な排水設計を行うことによって床版上および防水層上で発生する滞水を早期に排出することが重要になる。

一般的な排水計画では、伸縮装置や地覆の近傍といった床版の縦断および横断方向の端部に排水ますや床版水抜き、導水パイプ等の排水装置が配置され、床版面に設置される排水勾配により雨水を排水装置に集水して橋梁外に排出する。一方で、供用中の橋梁においては滞水箇所が散在しているなど、排水性能が的確に発揮されていないことが懸念される。

本研究では、床版の長寿命化に資する橋面排水処理技術を提案することを目的に、各種調査・試験を実施した。具体的には、実橋における滞水状況の調査および排水阻害要因と考えられる床版面に発生している不陸の実態調査を行い、それらの結果を基に、現行の排水計画における問題点の整理および排水性能を改善するための方策の提案を行った。

2. 実橋における滞水状況調査

2.1 概要

車両搭載型の電磁波レーダを使用して、実橋における床版の滞水状況調査を実施した。表-1 には使

表-1 測定システムの概要

| 項目 | 仕様 | 性能 |
|------|--------------|---|
| 測定速度 | 推奨 40km/h | 80km/h |
| 距離測定 | 車速信号取得 | 精度±0.3%以内 |
| 路面画像 | ラインセンサカメラ | 幅 1mm 以上のひび割れを検出可能 |
| 電磁波 | マルチステップ周波数方式 | 200MHz～3GHz |
| | アンテナ幅 1.8m | 有効測定幅員 1.5m |
| | チャンネル数 21 | 走行方向 7.5cm 間隔 走行直角方向 7.5cm 間隔 深さ方向 1.0cm 間隔 |

用した測定システムの概要を示す。

2.2 測定方法

2.2.1 対象橋梁

測定は、北海道内の道路橋 3 橋（以下、A～C 橋）において実施した。各橋梁の諸元を表-2 に示す。3 橋は全て RC 床版を有する鋼鈹桁橋であり、適用示方書、舗装や床版の劣化状況、過去の補修履歴等が異なる。

昭和 46 年に供用された A 橋は 3 橋の中で最も古い橋梁であり、昭和 39 年の鋼道路橋設計示方書に準じて設計されている。過去には増桁や鋼板接着といった床版補強が行われ、平成 23 年には防水層の設置と舗装の打換えが行われている。ただし、平成 25 年度に実施された定期点検では、床版下面の漏水・遊離石灰、排水ますの土砂づまり、舗装の異常といった滞水が推察される変状が確認されている。

平成 23 年に供用された B 橋は、3 橋の中で最も新

表-2 対象橋梁の基本諸元（設計・計画値）

| 項目 | A 橋 | B 橋 | C 橋 |
|----------|---|--|---|
| 橋長 | 42m | 97m | 86m |
| 有効幅員 | 10m | 7m | 11m |
| 縦断勾配 | なし | 0.54% | なし |
| 横断勾配 | 拌み 2% | 拌み 2% | 拌み 2% |
| 上部構造形式 | 2 径間連続非合成鈹桁 | 2 径間連続非合成鈹桁 | 3 径間単純合成鈹桁 |
| 供用開始 | 昭和 46 年 | 平成 23 年 | 昭和 48 年 |
| 適用示方書 | 昭和 39 年鋼道路橋設計示方書 | 平成 14 年道路橋示方書 | 昭和 47 年道路橋示方書 |
| 路面種別 | アスファルト舗装 | アスファルト舗装 | アスファルト舗装 |
| 代表的な補修履歴 | S63 増桁、床版補修 H14 高欄取替 H23 橋面防水、舗装打換え | なし | H19 高欄補修、地覆補修 |
| 路面写真 |  |  |  |

しい橋梁であり、床版防水層の設置が義務化された平成 14 年の道路橋示方書に準じて設計されている。平成 25 年度に実施された定期点検において舗装や床版の変状は見られていない。

昭和 48 年に供用された C 橋は、昭和 47 年の道路橋示方書に準じて設計されている。平成 25 年度に実施された定期点検において、橋梁全長にわたる路肩部での舗装のうき、橋軸直角方向の舗装ひび割れ、伸縮装置付近での舗装のうき、床版下面の漏水・遊離石灰が確認されている。舗装や床版の外観からは、3 橋の中で最も水の影響を受けていると予想される。

2.2.2 測定手順

測定は 2 日に分けて実施した。1 日目は床版面が乾燥していると思われる状態で電磁波レーダ信号の初期値を取得するため、測定前の 3 日間で最寄りアメダスに降水が記録されていない日を選定した。このときの測定回数は 1 橋当たり 1 回とした。2 日目は降水後の滞水状況を調査するため、前日に降水が記録され、かつ、測定当日の降水が予報されていない日を選定した。1 橋当たりの測定回数は 2 回とし、各測定の間 7 時間程度の間隔を空けた。

測定範囲は上下各 1 車線（計 2 車線）とし、一般に滞水が生じやすい地覆付近での測定ができるよう車道外側線に近い位置を測定車両が走行した。

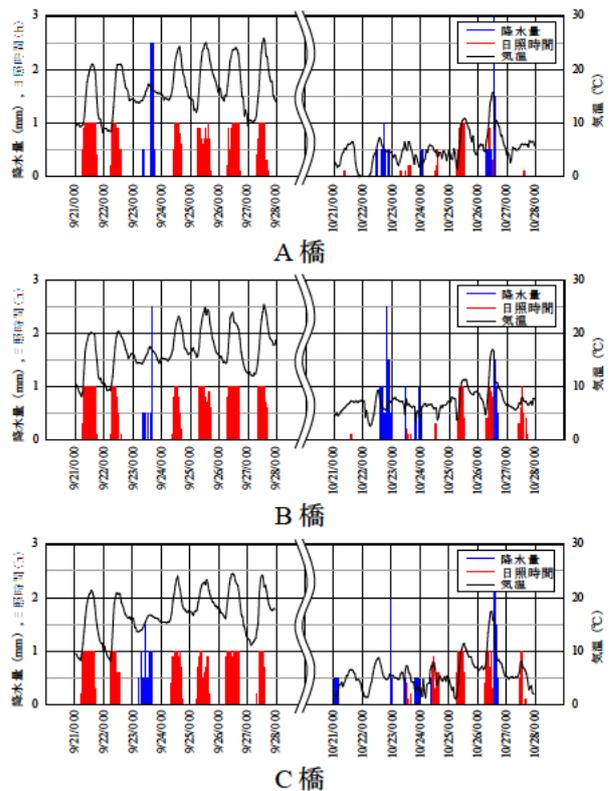


図-1 アメダスによる気象データ

2.2.3 測定環境

図-1 に、測定日近日における橋梁架橋地点の最寄りアメダスによる 1 時間降水量、日照時間、気温のデータを示す。1 日目の測定では、測定 4 日前に

4.5～8.0mmの降水記録があった後、測定日までに降水は記録されていない。また、降水後から測定日までの日平均気温は18℃程度であり、日照時間が確保されていた。2日目の測定では、測定日の3～5日前および前日に降水があり、A、B、C橋の順に、測定日までの7日間での累計降水量は11.0、15.5、10.5mm、前日の降水量は7.0、3.0、4.5mmであった。

2.3 測定結果

図-2には、測定結果として、ラインセンサカメラにより撮影した路面画像および床版上面で反射した電磁波に関する信号強度のコンター図の一例を示す。コンター図の白色が濃くなるほど信号強度が大きいことを意味する。なお、1日目と2日目の測定間隔は1ヶ月程度であり、その間に舗装や床版の劣化損傷が発生・進行していないと考えられたため、本測定では、1日目と2日目のコンター図を相対的に比較し、信号強度の変化が見られる範囲を滞水が疑われる箇所と判定することとした。

2.3.1 A橋

A橋に関して1日目と2日目の測定結果を比較すると、2日目において信号強度の増大が見られ、特に外側線より外側の範囲において信号強度の増大が顕著である(図中のa部)。また、路面画像からは2日目の測定において地覆付近が湿潤状態になっている様子が見られている。このことから、a部での信号強度の変化は地覆付近に滞水が発生していることを示している。また、A2側の伸縮装置付近(同b部)およびA1-P1径間(同c部)においても、同様に信号強度の増大が見られた。

2日目の測定結果に着目すると、1回目(8:52)と2回目(15:47)では橋面全面にわたり概ね同様の信号強度分布となっている。こうした結果より、本橋においては降水終了から1日程度が経過しただけでは滞水状況が変化せず、舗装および床版上に浸入した水が排出されていないことがわかる。

2.3.2 B橋

B橋では、2日目において全体的に信号強度が増大する傾向があるものの、A橋と比較した場合にその増大は顕著ではない。前述したとおり、本橋では舗装や床版の変状が生じておらず、供用開始から5年程度が経過した時点では床版上に滞水が発生しやすい状況には至っていない。

2.3.3 C橋

C橋では、ラインセンサカメラによる路面画像からわかるように、路面に橋梁全長にわたって橋軸直

角方向のひび割れが多数発生しており、降水後にはこれらのひび割れに降水が浸入した状態であった。そのため、2日目の測定では床版上面での滞水状況を適切に評価できなかったが、1日目と2日目に取得した信号強度の比較からは、測定範囲全面にわたって舗装内あるいは床版上に滞水が生じていたと推察できる。

2日目の1回目(10/27 10:48)と2回目(10/27 17:49)を比較すると、降雨後7時間程度が経過しても滞水状態が急激に改善されたと推察される信号強度の変化は見られなかった。したがって、A橋と同様にC橋においても、降水後1日程度では舗装内あるいは床版上の水を排出できていないといえる。

2.4 まとめ

乾燥した床版面を想定した1日目および湿潤した床版面を想定した2日目の電磁波レーダ測定では、過去の定期点検により舗装および床版の変状が確認されたAおよびC橋において滞水の発生を表す信号強度の変化が著しく、地覆付近、舗装ひび割れ箇所、伸縮装置付近といった滞水が生じやすいと考えられる箇所においても信号強度の増大が見られた。

また、降水翌日に実施した2回の測定において信号強度に劇的な変化は見られなかった。このことから、舗装から床版上に浸入した水は、排水ます等の排水装置が設置されている橋梁であっても速やかに排水されることがなく、数日にわたって同一箇所に留まっていることが懸念される。

3. 排水阻害要因に関する調査

3.1 概要

土木工事における出来高管理基準^りでは、床版面形状に関する測定項目(規格値)として基準高および厚さがある。これらは床版面形状を管理するための規格値ではないため、施工後の床版面には不陸が発生していることがあり、供用開始後には、舗装から床版上に浸入した水の排出を阻害する要因になっていると考えられる。実際に新設橋では、防水層および舗装を敷設する前の床版上において、降雨後に部分的な滞水が発生し、新設時点で排水性能の低下が懸念される事例もある。

以上の背景より、床版の長寿命化を図るためには、床版面に発生する不陸を抑制できる施工方法の開発や出来高管理方法の強化を含めた、排水性能の改善が必要であると考えられる。本章では、防水層を敷設する直前の床版において床版面形状の測定を実施

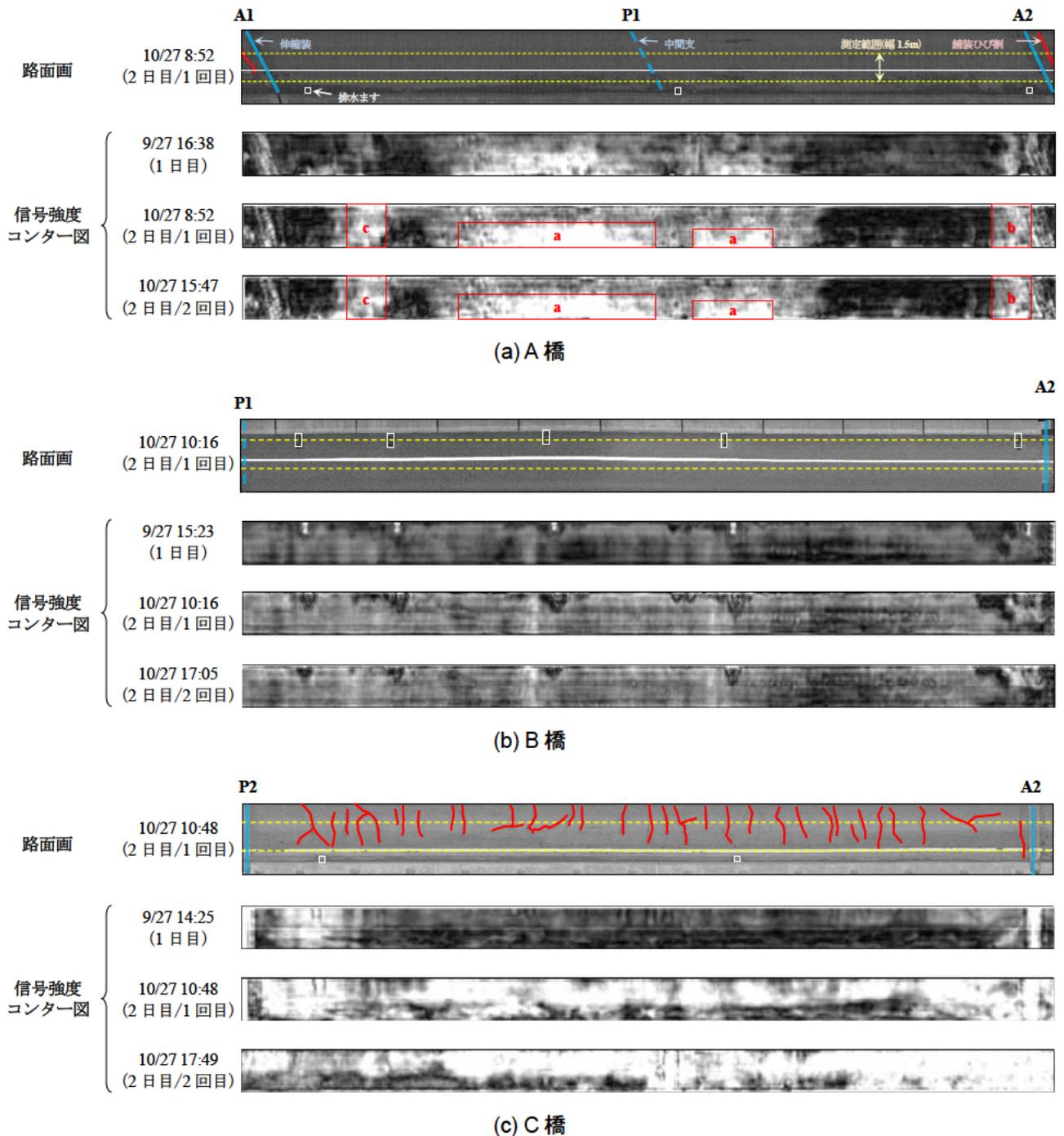


図-2 測定結果

し、実橋における床版面形状の実態を調査するとともに、散水試験により床版面形状と滞水発生傾向の関係性を調査した。

3.2 床版面形状の測定

3.2.1 測定方法

(a) 対象橋梁

本測定は、北海道内の国道橋 4 橋（以下、D～G 橋）において実施した。各橋梁の諸元を表-3 に示す。4 橋のうち D 橋は鋼コンクリート合成床版を有

する新設橋であり、調整コンクリートを打設した後のコテ仕上げ面において測定を実施した。E～G 橋は RC 床版を有する既設橋であり、いずれも舗装工事の中で舗装切削機によりアスファルト舗装を撤去した状態で測定を実施した。なお、F 橋において舗装切削不足によるアスファルト混合物の残存箇所が、G 橋において伸縮装置の前後 3m 程度の範囲で床版補修箇所があったのを除き、測定結果に影響を与えるような床版の劣化等は見られなかった。

表-3 対象橋梁の基本諸元 (設計・計画値)

| 項目 | D 橋 | E 橋 | F 橋 | G 橋 |
|---------|---------------|------------------|------------------|------------------|
| 橋長 | 38.00 | 170.00 | 19.45 | 639.60 |
| 幅員 | 18.24~19.84 | 8.10 | 12.15 | 10.25 |
| 縦断勾配 | 0.34% | Level | Level | 0.10% |
| 横断勾配 | 片 2.00% | 拝 2.00% | 片 5.00% | 拝 2.00% |
| 上部構造形式* | 単純合成鉄桁 | 単純合成箱桁 | 単純非合成鉄桁 | 単純合成鉄桁 |
| 供用開始 | 供用前 | 昭和 38 年 | 昭和 44 年 | 昭和 37 年 |
| 適用示方書 | 平成 24 年道路橋示方書 | 昭和 31 年鋼道路橋設計示方書 | 昭和 31 年鋼道路橋設計示方書 | 昭和 31 年鋼道路橋設計示方書 |

※測定を実施した径間での上部構造形式

■ 排水ます ● 床版水抜き ○ 原点 ■ 伸縮装置 ▨ 地覆 — 測定ライン

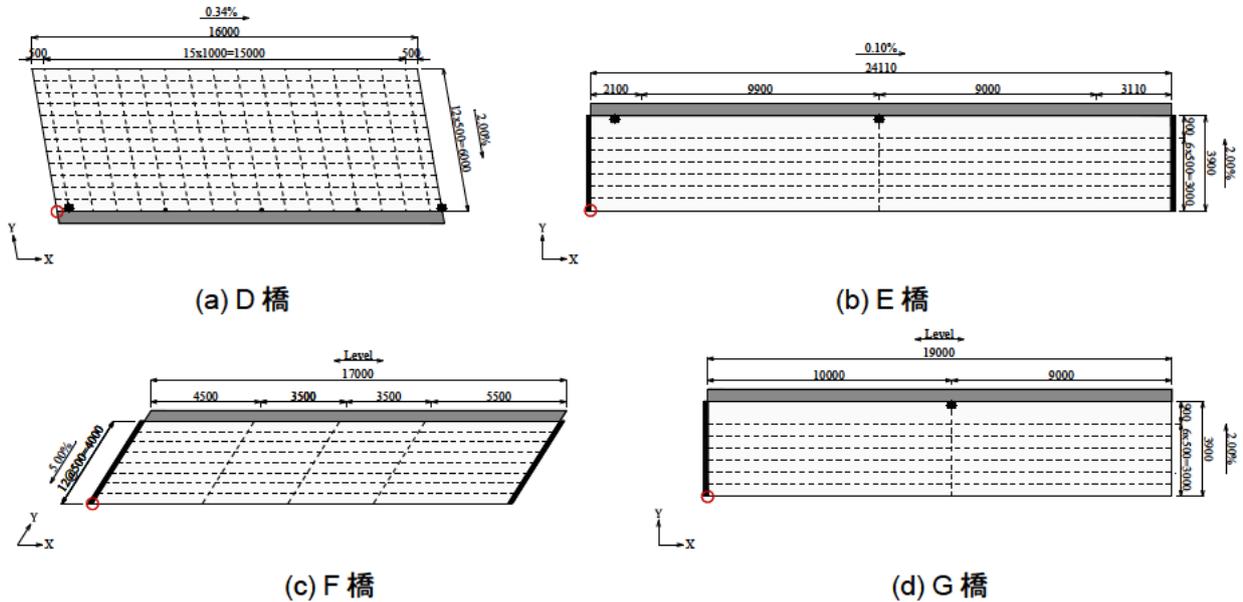


図-3 測定範囲の模式図

(b) 測定システム

床版面形状の測定には、牽引式路面性状測定装置 (MRP-3000) を使用した。本装置では、レーザ光により装置と測定面との相対高さを、内蔵されたジャイロセンサにより装置の傾きを測定することで、絶対高さでの標高測定を可能にしている。写真-1 には測定状況の写真を示す。

(c) 測定範囲

図-3 に、各橋梁における測定範囲を模式的に示す。図中の矢印は横断および縦断勾配を表し、矢印の向きは標高が下がる排水方向を指す。また、図中の原点およびXY軸は、測定結果を整理する際の原点座標および座標軸を表す。

測定は、いずれの橋梁においても縦断方向に15~25m程度、横断方向4~6m程度の範囲で実施した。図中の破線が床版面形状 (縦断図あるいは横断図)



写真-1 床版面形状の測定状況

の測定ラインであり、横断方向に0.5m間隔で設置した測定ライン上において、1橋当たり6~11個の縦断図を取得した。また、横断図については、D橋では縦断方向に1m間隔で設置した16個の測定ラインで、E~G橋では測定範囲内に設置した1~3個の

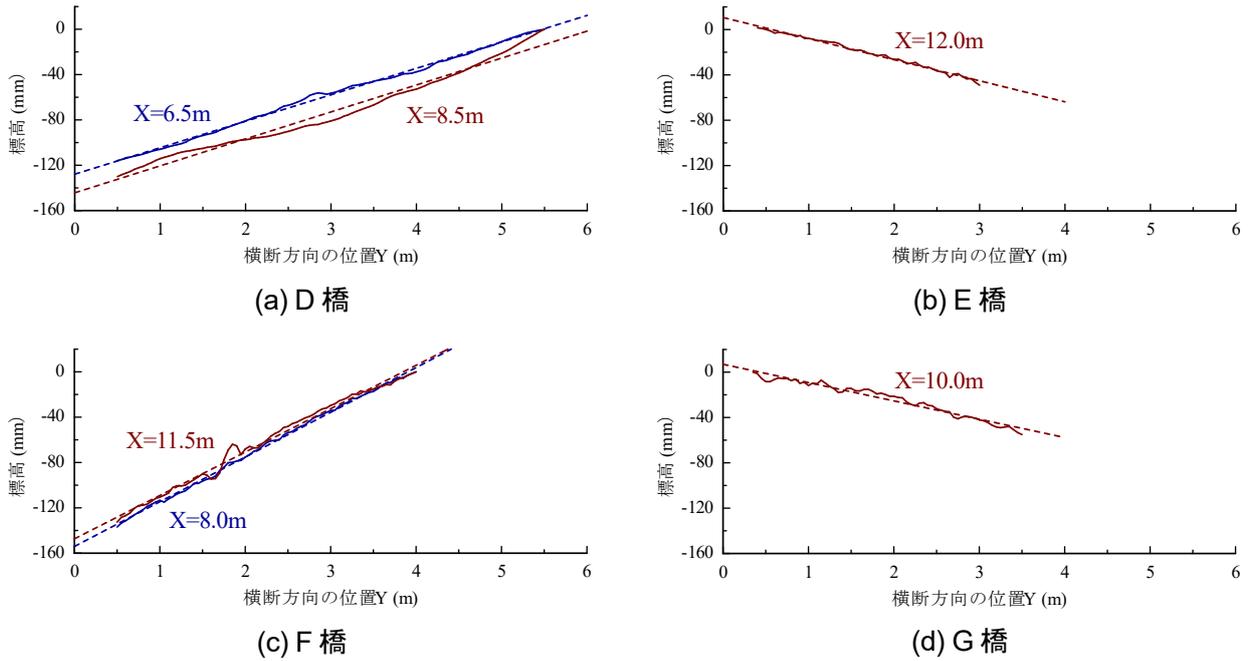


図-4 横断面の例

表-4 横断面の特性

| 項目 | | D 橋 | E 橋 | F 橋 | G 橋 |
|-------------|----|------------|------|------------|------|
| 測定ライン数 | | 16 | 1 | 3 | 1 |
| 平均横断勾配 (%) | 平均 | 2.28 | 1.86 | 3.78 | 1.62 |
| | 範囲 | 1.94~2.54 | — | 3.56~3.95 | — |
| 凸部最大高さ (mm) | 平均 | 5.44 | 2.37 | 6.83 | 5.46 |
| | 範囲 | 2.49~13.50 | — | 2.83~12.61 | — |
| 凹部最大深さ (mm) | 平均 | 4.24 | 3.86 | 7.67 | 7.19 |
| | 範囲 | 2.31~8.07 | — | 3.76~10.02 | — |
| 標準偏差 (mm) | 平均 | 2.33 | 1.31 | 2.62 | 2.96 |
| | 範囲 | 1.23~5.25 | — | 1.66~3.90 | — |

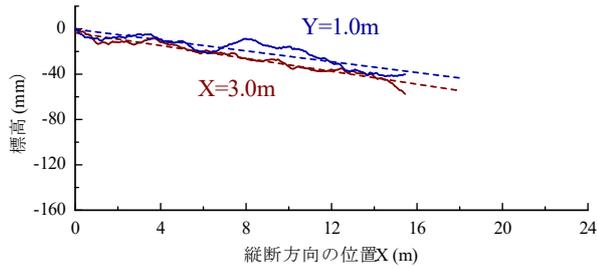
測定ラインで取得した。なお、標高値の取得は測定装置の移動距離 50mm 毎に行った。

3.2.2 測定結果

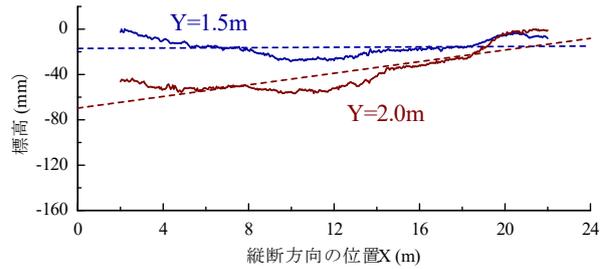
以下には、各橋梁で測定した横断面図および縦断面図の例を示す。本研究では、それぞれの図における最大標高を標高 0mm として基準化した相対的な横断面図および縦断面図により示す。また、横断面図および縦断面図の特性を把握するため、それぞれの縦断面図および横断面図に対して最小二乗法による直線近似から平均的な床版面形状（以下、平均横断面および平均縦断面）を求め、近似直線の傾き（以下、平均横断勾配および平均縦断勾配）、近似直線と実測値との差の最大値（以下、凸部最大高さおよび凹部最大深さ）、近似直線に対する実測値の標準偏差を整理した。

(a) 横断面図

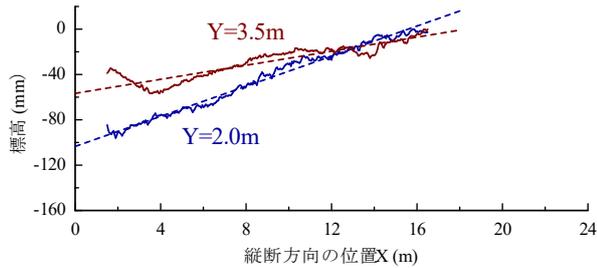
図-4 は各橋梁で得られた横断面図の例であり、図中の実線が実測値、破線が平均縦断面を示す。測定を実施した 4 橋においては、後述する縦断方向と比較して、横断方向において床版の不陸が小さくなる結果であった。平均横断面との差を見たとき、D 橋では、X=8.5m のように Y=2~5m の範囲で数メートルにわたって最大深さ 8mm 程度の凹部が形成されている箇所や、X=6.5m のように Y=2.5~3m の比較的狭い範囲に最大高さ 5mm 程度の凸部が形成されている箇所があった。E 橋では、他橋と比較して横断方向に対する不陸が小さく、概ね一様の横断面が形成されている。F 橋の X=11.5m では、Y=1.5~2m にかけて局所的に不陸が大きくなる箇所があるが、これは前述した舗装切削不足によりアスファルト混合物が残存している箇所と一致する。この残存



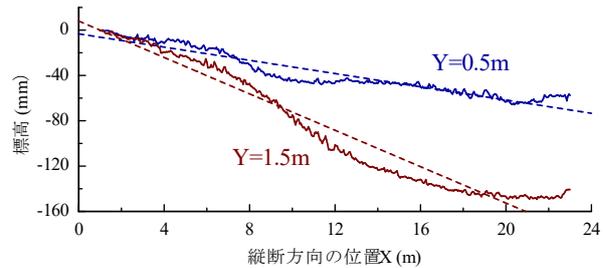
(a) D 橋



(b) E 橋



(c) F 橋



(d) G 橋

図-5 縦断面図の例

表-5 縦断面図の特性

| 項目 | | D 橋 | E 橋 | F 橋 | G 橋 |
|-------------|----|------------|------------|------------|-------------|
| 測定ライン数 | | 11 | 6 | 7 | 6 |
| 平均縦断勾配 (%) | 平均 | 0.28 | 0.24 | 0.56 | 0.62 |
| | 範囲 | 0.24~0.36 | -0.05~0.69 | 0.31~0.79 | 0.29~0.80 |
| 凸部最大高さ (mm) | 平均 | 10.58 | 20.09 | 15.88 | 27.82 |
| | 範囲 | 5.03~20.22 | 8.35~33.11 | 8.97~24.98 | 13.79~36.85 |
| 凹部最大深さ (mm) | 平均 | 9.61 | 13.23 | 11.66 | 18.63 |
| | 範囲 | 7.21~11.55 | 7.15~18.80 | 8.54~18.43 | 13.01~21.64 |
| 標準偏差 (mm) | 平均 | 4.71 | 8.10 | 5.54 | 9.64 |
| | 範囲 | 2.68~7.09 | 3.72~11.86 | 3.48~7.44 | 6.03~12.09 |

したアスファルト混合物は、本測定の後には的確に除去されており、防水層を設置する際にはE橋と同様に横断方向への不陸が少ない状態となっていた。G橋においては、D橋と比較して規模が小さい不陸が連なって横断面が形成される特徴がある。

表-4 に横断面図の特性をまとめる。D橋において16個の測定ラインでの平均横断勾配は1.94~2.54% (平均2.28%) であり、設計値2.00%と比較してやや大きめの勾配であった。一方、E~G橋においては平均横断勾配がそれぞれ1.86、3.78、1.62%であり、いずれも計画値と比較して横断勾配がやや小さくなる傾向がある。

床版面の不陸の程度を表す指標として標準偏差に着目すると、D橋で1.23~5.25mm (平均2.33mm)、E橋で1.31mm、F橋で1.66~3.90mm (平均2.62mm)、

G橋で2.96mmであった。F橋の結果が、前述のアスファルト混合物の残存箇所を含んだものであることを考慮すると、測定を実施した4橋においては、D橋およびG橋で不陸の程度が相対的に大きい結果であった。

(b) 縦断面図

図-5 に各橋梁で得られた縦断面図の例を示す。縦断面図に関しては、いずれの橋梁においても横断面と比較して床版面の不陸が顕著に現われている。例えばD橋のY=1.0mにおいては、X=8~12mにかけて最大高さ10mm程度の凸部が見られる。その直前のX=5~7mにかけては最大深さ6mm程度の凹み部が生じており、2m程度の範囲で平均縦断勾配の方向に反する16mmの高低差が生じていることになる。同様の床版面形状は、F橋のY=3.5mにおいてもX=2

～4m の範囲で見られている。こうした箇所は、平均縦断面とは勾配の方向が異なり局所的に上り勾配となるために滞水が生じやすく、舗装や防水層、床版の劣化損傷が懸念される箇所と言える。E 橋においては、測定を実施した 24m の範囲で下に凸となる放物線型の床版面形状が形成されていた。本橋においては、**図-5(b)**に示すように X=12m の位置に排水ますが設置されており、結果として効果的な排水装置の配置となっているが、凹部と排水装置の位置が一致しない場合には滞水箇所になり得る。

新設橋 (D 橋) と既設橋 (E～G 橋) を比較すると、既設橋において細かい不陸が形成されている傾向が見られる。これは、床版面の仕上げ方法に起因するものと考えられ、舗装切削機により舗装を撤去した後の床版面では、規模の小さな不陸が形成されやすい。こうした比較的規模の小さい不陸と床版面における滞水現象との関係性については今後検証を行う必要があるが、床版面における細かい不陸に関しては、防水層の付着性能を低下させる要因となることが指摘されており²⁾、舗装、防水層、床版の耐久性に影響を与える可能性がある。

表-5 に縦断面図の特性をまとめる。凸部最大高さおよび凹部最大深さに着目すると、対象とした 4 橋梁においては平均的な床版面に対して最大で 10～40mm 程度の凹凸が発生しており、横断方向と比較して不陸の規模が大きくなっていった。また、平均縦断面に対する標準偏差を見ても、縦断方向で不陸が顕著であることが明らかである。なお、D～G 橋の縦断面図の特性を比較すると、D 橋において不陸が最も小さく、G 橋において不陸が最も顕著である結果と解釈できるが、必ずしも床版面の不陸が排水性能の低下を招くわけではない。例えば、D 橋においては、前述のように局所的に縦断勾配が反転する箇所があり縦断方向への排水性能の低下が懸念されるが、G 橋においては、縦断方向に対して一方向に標高が低下しており、平均縦断面との標高差が排水を阻害しない。したがって、排水の観点においては、床版面の不陸と縦断勾配との組合せにより性能を評価することが重要である。

3.3 散水試験

2 章より、合計 4 橋という限られた調査結果ではあるが、床版面には排水を阻害する可能性がある不陸が発生していることが明らかとなった。本章では、前述の D 橋において散水試験を実施し、床版面の不陸と床版面に発生する部分的な滞水現象との関係性

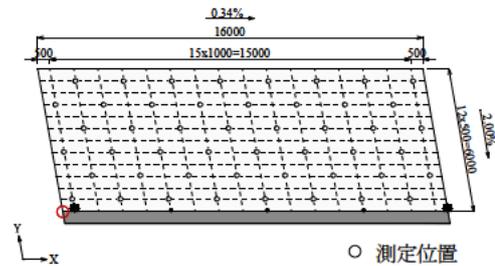


図-6 水分量の測定位置



写真-2 散水試験の状況

表-6 散水試験の手順

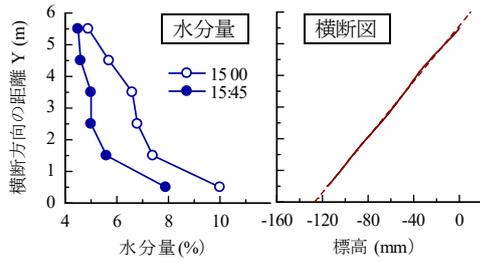
| 時刻 | 項目 |
|-------|----------------------------|
| 11:30 | 水分量測定 (1 回目) |
| 12:00 | 散水 (0.44L/m ²) |
| 14:00 | 水分量測定 (2 回目) |
| 14:30 | 散水 (0.33L/m ²) |
| 15:00 | 水分量測定 (3 回目) |
| 15:45 | 水分量測定 (4 回目) |

を調査した。

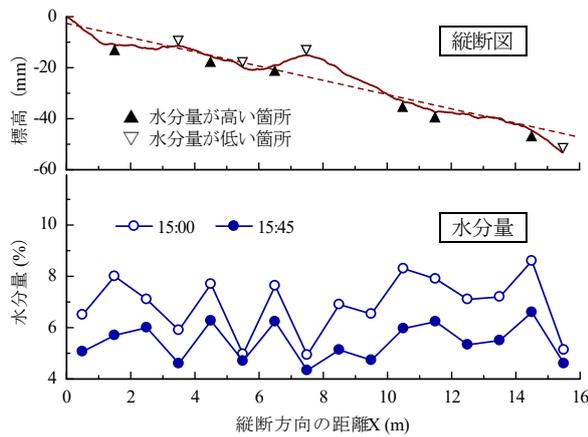
3.3.1 試験方法

散水試験は、D 橋を対象として、前述の床版面形状の測定範囲全面に散水した後に、床版面の水分量の経時変化を測定した。水分量の測定には高周波容量式水分計 (HI-520) を使用し、**図-6** に示す測定位置において実施した。試験開始日時は平成 29 年 8 月 30 日 12:00 であり、その時の天候は曇り、気温は 22.4° C、湿度は 77%であった。

写真-2 に散水試験の状況を、**表-6** に試験手順を示す。試験では、まず床版面が乾燥した状態において 1 回目の水分量測定を行い、水分量の初期値を取得した。その後、試験範囲全面に対して 1 回目の散水 (0.44L/m²) を実施し、それから 1 時間が経過した時点で 2 回目の水分量測定を実施した。1 回目の散水から 2 時間 30 分が経過した 14:30 には試験範囲全面に対して 2 回目の散水 (0.33L/mm²) を実施し、その後、15:00 および 15:45 に 3 回目および 4 回

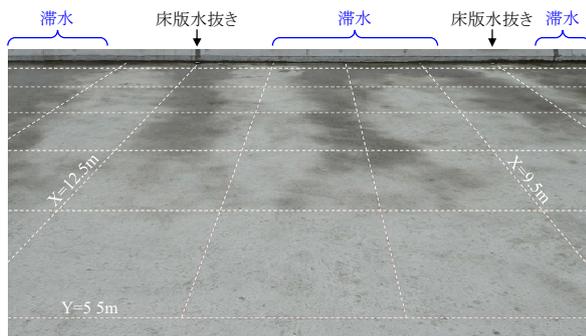


(a) 横断方向



(b) 縦断方向

図-7 水分量分布



※破線は床版面形状測定ラインの一部 (1m間隔)

写真-3 床版面の湿潤状況の例 (14:15)

目の水分量測定を実施した。

3.3.2 試験結果

水分量の測定結果として、15:00 および 15:45 において縦断面図および横断面図の上で測定した水分量の分布を図-7 に示す。ここでは、測定ライン上で取得した水分量（横断方向3点/ライン、縦断方向8点/ライン）の平均値によって各縦断面図および横断面図上での滞水傾向を整理した。また、図中には、D橋で取得した16個の横断面図および11個の縦断面図に基づく平均的な横断面図および縦断面図も示す。写真-3には、試験中における床版面の湿潤状況の例として、14:00の水分量測定を行った直後にX=9~13mの範囲を撮影した写真を示す。

図-7(a)に示す横断方向への水分量分布を見ると、概ね勾配の高い側で水分量が低く、勾配の低い地覆側に向かうにつれて水分量が高くなっている。これは、床版面に設置された勾配によって供給した水が地覆方向に流下していることを意味する。ただし、地覆に最も近いY=0.5mの測定ライン上では水分量が極端に高くなる傾向が見られている。このことは、横断勾配によって地覆付近に集められた水が縦断方向に流下せず、橋梁外に排水されていないことを表す。実際に、写真-3において地覆付近に着目すると、各排水装置の中間部において著しい滞水が発生していることが確認できる。なお、15:00から15:45の間での水分量の変化を見ると、横断方向の位置によらず水分量が概ね一様に2%程度低下していることから、水分がある量以下になると、排水ではなく表面からの乾燥が床版面の水分量低下の要因になっていたと推察される。

図-7(b)に示す縦断方向への水分量分布を見ると、縦断方向の距離に対して水分量が徐々に増加するような水分量分布にはなっておらず、水分量の高い箇所と低い箇所が不連続に現われている。このことは、写真-3において、縦断方向に乾燥箇所と湿潤箇所が交互に現われていることから確認できる。また、縦断面図と水分量分布を比較すると、破線で示す平均面に対して標高が低い箇所、および、局所的な縦断勾配が小さい箇所では水分量が高くなる傾向がある。一方、水分量が低くなりやすい箇所の特徴に、平均面に対して標高差が高いこと（極大点になること）や不陸によって縦断勾配が局所的に大きくなることが挙げられる。

以上のことより、D橋においては、床版面に発生している不陸に起因して、縦断方向での排水性能の低下が生じていた。さらに、E~G橋においても、D橋と同様に縦断方向への不陸が顕著であったことを踏まえると、既設橋梁においては、設計時の排水計画で見込んだ排水性能に対して、縦断方向への排水性能が低下している可能性が高いと考えられる。

4. 床版面の排水性能の改善方法

床版面の不陸に起因する排水性能の低下を抑制し、さらに排水性能の向上を図るためには、以下に示す対策を講じることが必要になる。

一つは、床版面に発生する不陸を修正する方法である。第3章の結果より、新設橋および既設橋ともに床版面には排水を阻害する不陸が発生している

ことが明らかであり、これを排除し、床版上に浸入した水が排水装置に至るまでの排水経路を確保する必要がある。特に、交通開放までの時間的制約が比較的少ない新設橋においては、出来高管理基準を強化する、あるいは、現行の管理方法に加えて床版面形状の測定を行い、不陸がある場合にはコンクリートの研掃などにより不陸を解消することが望ましい。

もう一つは、排水装置を追加設置する方法である。現行の排水計画では、縦断勾配が1%以下の場合には5m間隔で、1%を超える場合には10m間隔で排水ますあるいは床版水抜きが設置する³⁾のが一般的である。しかしながら、本研究からは、上記の排水計画では床版上に浸入した水を排水するには不十分であることが示唆されることから、排水装置を追加することで排水性能の向上を図る必要があると考えられる。特に既設床版においては、時間等の制約が厳しい中で床版面の不陸を修整するのは容易でないことから、防水層の敷設や舗装打換えに併せて排水装置の追加設置を検討するのがよい。その際、単に既存の排水装置の中間に設置するのでは期待する効果が得られない可能性があることから、床版面の縦断図を測定するなどして、滞水が発生しやすい床版面の凹部に的確に設置する必要がある。

5. おわりに

本研究では、北海道内の道路橋を対象に、床版上

の滞水状況調査および床版面形状（不陸）の調査を実施し、これらを基に、現行の排水計画における問題点の整理および排水性能を改善するための方策について検討を行った。得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 電磁波レーダを使用した滞水状況調査の結果、舗装や床版の劣化損傷が発生している場合に滞水が発生しやすく、また一度床版上に水が浸入すると、排水装置が設置されている橋梁であっても速やかに水が橋梁外に排出されていないことがわかった。
- 2) 実橋における床版面では、横断方向と比較して縦断方向に不陸が顕著になる傾向があり、これによって排水が阻害されることで、縦断方向への排水性能が相対的に低下しやすいと考えられる。
- 3) 橋面の排水性能低下を抑制するため、出来形管理基準の強化や床版打設後に発生している不陸の修整、排水装置の追加設置といった対策を講じる必要があることを示した。

参考文献

- 1) 国土交通省：土木工事施工管理基準（案）、2016.
- 2) 土木学会：道路橋床版防水システムガイドライン、2016.
- 3) 日本道路協会：道路橋床版防水便覧、2007.

STUDY ON LIFE EXTENSION OF HIGHWAY BRIDGE RC SLABS BY APPROPRIATE WATER DRAINAGE

Budgeted: Grants for operating expenses

General account

Research Period: FY2015-2017

Research Team: Structures Research Team

Author: NISHI Hiroaki

KONNO Hisashi

SHIROTO Yoshitaka

KAKUMA Ko

Abstract: Not only waterproofing property but also water drainage property is required to play a roles appropriately to achieve the life extension of highway bridge RC slabs. In actually, however, degradation of asphalt pavement and slab are frequently occurred due to stagnant water on RC slabs. This study aimed to propose the water drainage method for the life extension of RC slabs. First, the actual condition of water stagnant on RC slabs was investigated, then it was suggested that the irregularity of slab surface affected water drainage between slab and pavement. From several surveys, issues on current water drainage design are analyzed and a plan to improve the water drainage property was provided.

Key words: RC slab, water drainage, life extension