

論文

床版が土砂化した橋面舗装の損傷調査と今後の対策

寺田剛\*, 渡邊真一\*, 藪雅行\*

\*(国研)土木研究所 道路技術研究グループ 舗装チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

近年、道路橋コンクリート床版の土砂化が問題になっている。この土砂化の発生・促進には、路面からの雨水や凍結防止剤散布に由来する塩水の浸入が多大な影響を与えることから、床版の土砂化を防ぐには橋面の防水対策は極めて重要となっている。そこで、床版が土砂化等で損傷している橋面舗装の舗装コアを採取して、床版への水の浸入経路の確認と橋面舗装の遮水性などについて実態を調査した。

キーワード：コンクリート床版、土砂化、橋面舗装、浸水位置、遮水性

1. はじめに

近年、道路橋鉄筋コンクリート床版（以下、RC 床版）に発生する損傷として「土砂化」が大きな問題となっている。土砂化が進行すると、床版の抜け落ち等の重大な事象に至るケースも見られている<sup>1)</sup>。

土砂化の原因としては、湿潤状態にある床版上での繰り返し交通荷重による疲労、凍結融解による凍害、凍結防止剤散布による塩害、ASR 等による複合劣化等が考えられるが、いずれも床版への水分の浸入が発生、促進に影響を及ぼしている<sup>2), 3)</sup>。そのため、土砂化の発生、促進を防ぐためには、水の浸入経路に対応した橋面舗装の防水対策が重要となっている。

そこで、床版が土砂化等で損傷している橋面舗装の舗装コアを採取して、床版への水の浸入経路と橋面舗装の遮水性などについて実態を調査した。

筆者らは、これまで表-1 に示す 9 橋について実態調査を行っているが A~E 橋については既発表<sup>4), 5)</sup>であるため本稿では F~I 橋の 4 橋について調査結果を報告する。

2. 調査方法

2.1 概要

今回報告する F~I 橋の 4 橋は、北海道と宮城県に位置する橋梁である。橋梁の諸元を表-1 に示す。なお、今回調査を行った橋梁は、あらかじめ車載型電磁波レーダー探査装置 (GPR) で床版の土砂化等の損傷の可能性がある橋梁を選定した。

橋梁の建設年度は、1950 年代~1990 年代となっており、設計時に適用された道路橋示方書では、床版防水層の設置が義務付けられていないものもある。なお、現在では、床版上のアスファルト舗装は 2 層構成が標準とな

表-1 調査対象橋梁の諸元

橋梁	所在地	建設年度	形式	橋長	車道幅員	橋面舗装構成	
						舗装	防水層
A	秋田県にかほ市	不明	3径間連続鉄桁橋	90m	11m	細粒度G 4cm 粗粒度 4cm	シート防水
B	新潟県糸魚川市	1975年	PCボス騰T桁橋	30.6m	8m	密粒度 5cm 密粒度 6cm	塗膜防水
C	新潟県村上市	1972年	ランガーアーチ橋	120m	6.5m	密粒度 6cm	シート防水
D	富山県富山市	1969年	逆T式橋台RC柱橋脚	88m	7.5m	密粒度 6cm	なし
E	富山県富山市	1972年	ボス騰T桁ランガー橋	426m	9m	密粒度 6cm	なし
F	北海道苫小牧市	1998年	2,3径間連続非合成版桁橋	371.2m	5m	密粒度 5cm 密粒度 5cm	シート防水
G	北海道日高市	1954年	単純鋼トラス橋、単純合成版桁橋	400.6m	5.5m	密粒度 6cm	なし
H	宮城県仙台市	1973年	3径間連続非合成版桁橋	101.0m	7m	密粒度 6cm	シート防水
I	宮城県石巻市	1959年	単純ゲルバー版桁橋、鋼ランガーアーチ橋	367.7m	6m	密粒度 6cm	シート防水

表-2 調査項目

調査項目		A橋	B橋	C橋	D橋	E橋	F橋	G橋	H橋	I橋
目視調査	舗装路面	-	-	○	○	○	○	○	○	○
	床版上面	-	-	○	○	○	○	○	○	○
舗装コア採取	開孔部観察	-	-	-	○	○	○	○	○	○
	床版上面含水量測定	-	-	-	-	-	○	○	○	○
	密度試験	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	加圧透水試験	○	○	○	○	○	○	○	○	○

っているが、G, H, I 橋は 6 cm のアスファルト舗装 1 層構成であった。

2.2 調査内容

各橋梁にて実施した調査項目を表-2 に示す。今回報告する F~I 橋の 4 橋において、舗装路面および舗装切削後の床版上面の損傷状態について、どのような損傷があるか目視調査を行った。また、水の浸入経路を明らかにするため、舗装コアの採取を行った。コアの採取位置は、水の浸入のない健全部と、水の浸入経路となりうる箇所とした。コアの採取位置のイメージは、図-1 に示すとおりである。健全部としては、ひび割れ等の損傷がない①

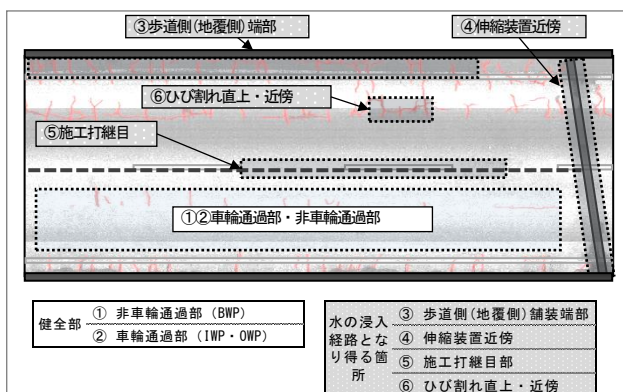


図-1 舗装コア採取位置イメージ図

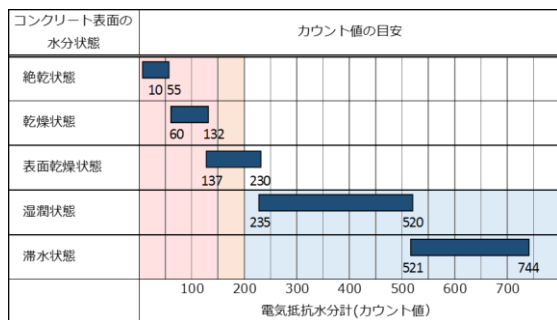


図-2 カウント値の目安

非車輪通過部 (BWP), ②車輪通過部 (OWP, IWP), 水の浸入経路となりうる箇所としては, ③歩道側 (地覆側) 端部, ④伸縮装置近傍, ⑤施工打継目部, ⑥ひび割れ近傍・直上とした。コア採取後, 室内にてコアの密度試験および加圧透水試験を実施し, 採取位置①～⑥ごとの試験結果の比較を行った。

また, 水の浸入経路と浸入の有無について, コア削孔部の床版上面の含水量を電気抵抗式水分計で測定し確認した。なお, 水分量はカウント値 (電気抵抗換算値) で測定しており, カウント値の目安は図-2 のとおりである。カウント値が 521 以上であれば滞水状態で水分があると判断でき, その箇所から浸水したと考えられる。

### 3. 調査結果

#### 3.1 F 橋の調査結果

##### (1) 橋面舗装の損傷状況

写真-1 に路面の状況を示す。橋面舗装の損傷状況は, 舗装路面中央部の施工打継目沿いおよび車輪通過部に大きな線状ひび割れがあり, 車輪通過部には多数の補修跡も見られた。

##### (2) コア採取箇所の浸水有無の調査

F 橋のコア採取箇所を図-3 に, 舗装コア削孔部にて測定した床版上面の水分量の結果を図-4 に示す。その結果, 521 を超える滞水状態となっているのは, No4 と No15 の歩道 (地覆) 側端部であった。コア採取後の浸水状況として写真-2 に No4, 写真-3 に No15 の状況を示すが,



写真-1 路面の状況 (F 橋)

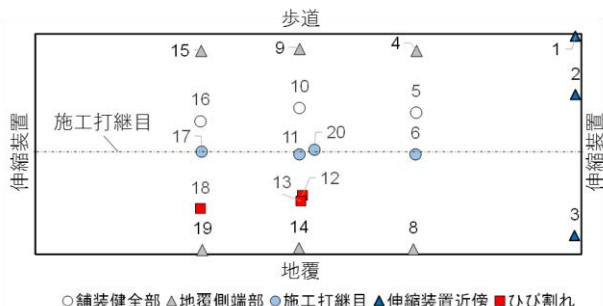


図-3 コア採取箇所 (F 橋)

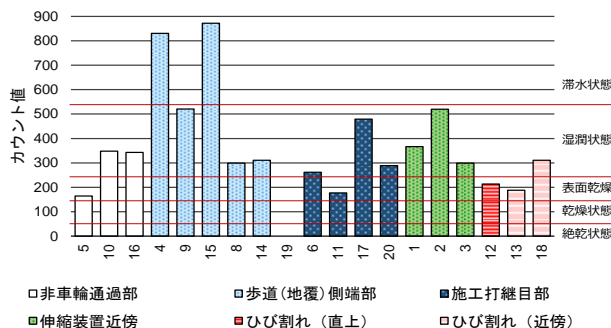


図-4 床版上面の水分量測定結果 (F 橋)

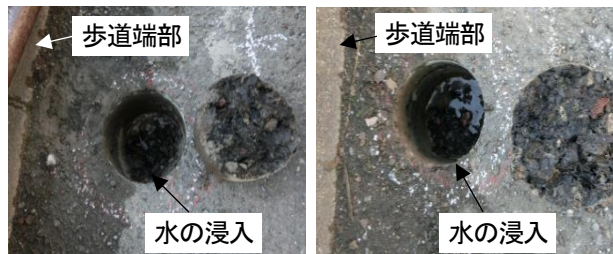


写真-2 コアの水浸状況 (No4)

写真-3 コアの水浸状況 (No15)

両箇所とも雨水の浸水が確認でき歩道 (地覆) 側端部から浸水している結果であった。それ以外の箇所は, 521 以下となっており, 湿潤状態の箇所もあるが, コア採取後の目視観察は, 浸水は見られなかった。なお, No17 の施工打継目および No2 の伸縮装置近傍ではカウント値が高く湿潤状態となっており, 施工打継目および伸縮装置近傍からも浸水している可能性は高い。その他の箇所ではややばらつきがあるが, 概ね 300 以下であり, 目視観察でも浸水はしていなかった。

写真-4 に歩道の状況, 写真-5 に歩道を取り壊している状況を示す。歩道側端部に浸水がみられるが, 本橋梁は歩道を床版施工後に後付けで施工したため, 経年劣化した歩道の舗装から雨水が浸透したことが原因と思われる。歩道を床版施工後に後付けで施工する場合は防水対



写真-4 歩道状況



写真-5 歩道を取り壊している状況



写真-6 施工打継目部のひび割れ状況 (No20)



写真-7 ひび割れ直上のひび割れ状況 (No12)

策が重要と思われる。

線状ひび割れが発生していた舗装路面中央部の施工打継目沿いのNo20とひび割れ直上部のNo12のコアの状況を写真-6と写真-7に示すが、本橋梁は2層構成の舗装であったためひび割れ深さは表層にとどまっておらず、施工打継目部とひび割れ直上部では、床版面には浸水はしていない。

### (3) 床版上面の損傷状況の調査

写真-8 にアスファルト舗装撤去後の床版上面の損傷状況を示す。床版上面は径間によっては概ね健全な径間も見られたが、地覆側端部や施工打継目部が局部的に土砂化している箇所が見られた。また、歩車道ブロック下面の防水処理がなされておらず、歩道から水の浸入が原因で土砂化が発生したと思われる。

### (4) 採取コアを用いた室内試験結果

図-5 にアスファルト舗装コアの密度試験結果を、図-6 に加圧透水試験の結果を示す。図-5 の表層部の密度試験の結果を見ると、非車輪通過部よりも伸縮装置近傍、施工打継目部、歩道側端部、の順に密度が特に低くなっている。また図-6 の加圧透水試験の結果では、表層部は歩道側端部、施工打ち継ぎ目部で透水係数が  $10^{-5} \sim 10^{-7}$  cm/sec とやや高い値になっている。これらの結果からも施工打ち継ぎ目、歩道側端部から雨水等が浸水し易い状況が伺える。

## 3.2 G 橋の調査結果

### (1) 橋面舗装の損傷状況

写真-9 に路面の状況を示す。車輪走行部に多数の補修跡が見られ、舗装厚が薄く床版面が露出している箇所も散見された。ひび割れについては、横断方向のひび割れが多く見られた。



写真-8 床版上面の損傷状況

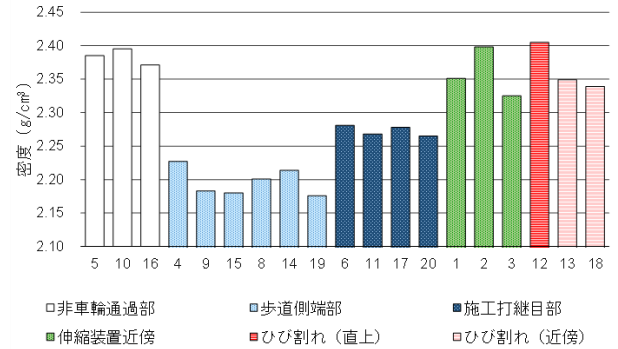


図-5 F 橋の密度試験結果 (表層)

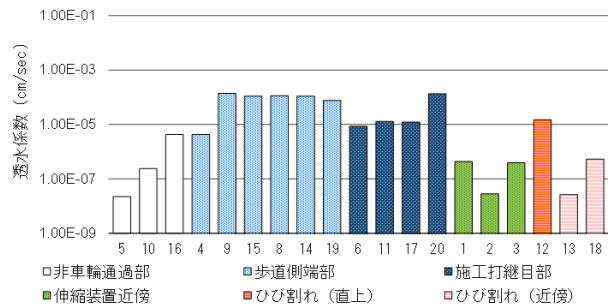


図-6 F 橋の加圧透水試験結果 (表層)



写真-9 路面の状況 (G 橋)

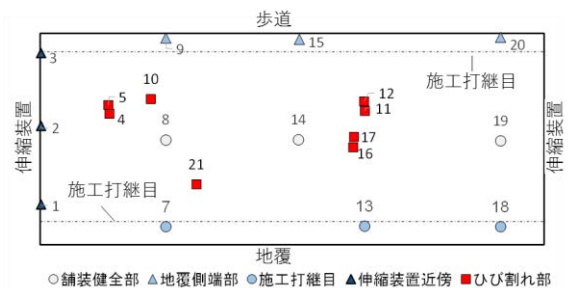


図-7 コア採取箇所 (G 橋)

### (2) コア採取箇所の浸水有無の調査

G 橋のコア採取箇所を図-7 に、舗装コア削孔部にて測定した床版上面の水分量の結果を図-8 に示す。カウント値 521 を超える滞水状態となっているのは、No9 と No15 の歩道側端部、No13 と No18 の施工打継目部、No1 と No2

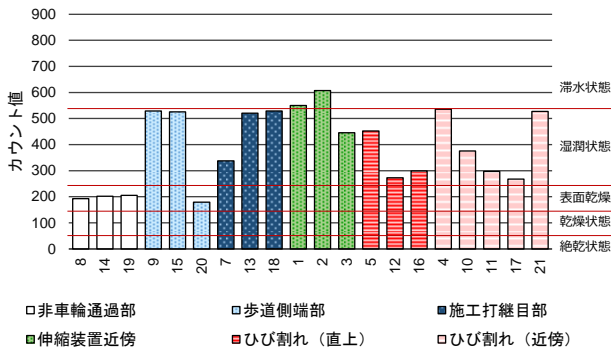


図-8 床版上面の水分量測定結果 (G橋)



写真-10 コアの浸水状況 (No2)

写真-11 コアの浸水状況 (No15)



写真-12 床版上面損傷状況 (G橋)

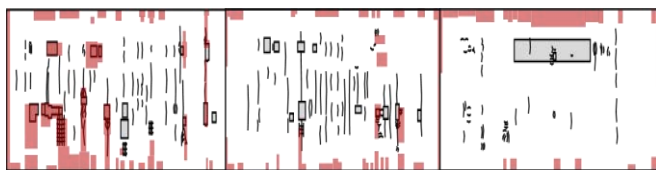


図-9 路面損傷および床版上面損傷図 (G橋)  
(黒線：ひび割れ ■：舗装の補修 赤：土砂化)

の伸縮装置近傍、および No4 と No21 のひび割れ近傍であった。コア採取後の浸水状況として写真-10 に No2、写真-11 に No15 を示すが、濡れてはいたが滞水まではしていなかった。それ以外の箇所は、521 以下となっており、コア採取後の浸水状況も湿潤状態か乾燥状態であった。

### (3) 床版上面の損傷状況の調査

写真-12 にアスファルト舗装撤去後の床版上面の損傷状況を、図-9 に橋面舗装の損傷と土砂化箇所の位置の関係を示す。写真-12 および図-9 より、床版上面は、土砂化が多数見られ、特に土砂化が発生していた箇所は両側の地覆側端部や、伸縮装置近傍および舗装補修部であった。

### (4) 採取コアを用いた室内試験結果

図-10 にアスファルト舗装コアの密度試験結果を、図-11 に加圧透水試験の結果を示す。図-10 の密度試験の結果では、歩道側端部、施工打継目部、伸縮装置近傍の密

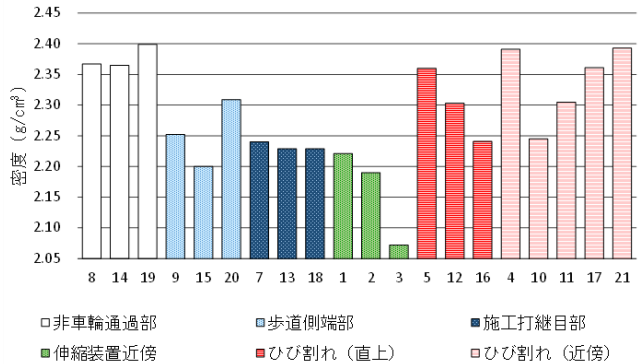


図-10 G橋の密度試験結果

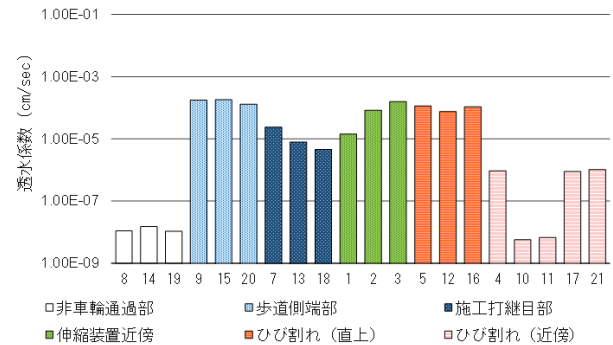


図-11 G橋の加圧透水試験結果



写真-13 路面の状況 (H橋)

度が低くなっていることが分かる。また、ひび割れ部は密度のばらつきがやや大きい結果となっている。また、図-11 の加圧透水試験の結果では、非車輪通過部は  $10^{-7}$  cm/sec 以下となっており不透水といえるが、伸縮装置近傍、施工打ち継ぎ目、歩道側端部およびひび割れ(直上)の透水係数は高くなっており、これらの箇所から雨水等が浸水し易い状況が伺える。

## 3.3 H橋の調査結果

### (1) 橋面舗装の損傷状況

写真-13 に路面の状況を示す。舗装路面は、ひび割れや補修跡等の損傷が多数見られた。また、右の写真のようにパッチングで補修した後に、2 度目のパッチングで補修している箇所や補修箇所から損傷している箇所が多々見られた。この原因として、最初に舗装が損傷した際に床版の土砂化等の劣化部位を除去しないまま、舗装でパッチング補修を行ったことや、パッチング補修の端部の防水対策が不十分であったため、端部から雨水等が入り床版の土砂化等の劣化が更に進行して損傷したものと思われる。

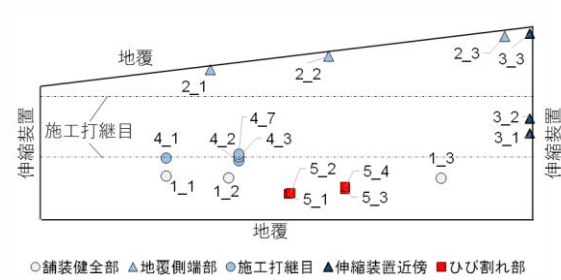


図-12 コア採取箇所 (H橋)

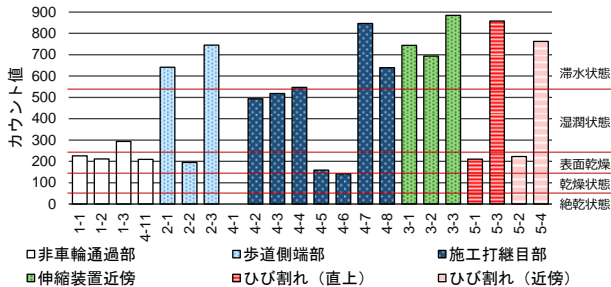


図-13 床版上面の水分量測定結果 (H橋)



写真-14 コアの浸水状況 (No2-3)



写真-15 コアの浸水状況 (No4-7)



写真-16 床版上面損傷状況 (H橋)

### (2) コア採取箇所の浸水有無の調査

図-12 に H 橋のコア採取箇所を、図-13 に測定した床版上面の水分量の結果を示す。水分量の測定結果は、非車輪通過部ではカウント値が 200~300 以下と乾燥状態となっているが、その他の箇所では低い箇所はあるものの概ね 500 程度以上と水分量が高くなっていた。カウント値が高い箇所の例として、写真-14 に No2-3 と写真-15 に No4-7 のコア採取後の浸水状況を示すが、両箇所とも帯水し土砂化もしており、本橋梁では土砂化の要因となる水が歩道側端部、施工打継目部、伸縮装置近傍およびひび割れ部から浸透したと思われる。

### (3) 床版上面の損傷状況の調査

写真-16 にアスファルト舗装撤去後の床版上面の損傷状況を、図-14 に橋面舗装の損傷と土砂化箇所の位置の関係を示す。これらの結果より、床版上面は、土砂化が

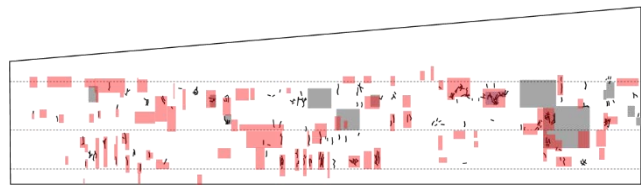


図-14 H橋の路面損傷図と土砂化箇所の関係 (黒線：ひび割れ ■：舗装の補修 赤：土砂化)



写真-17 舗装補修部下の床版損傷状況 (H橋)

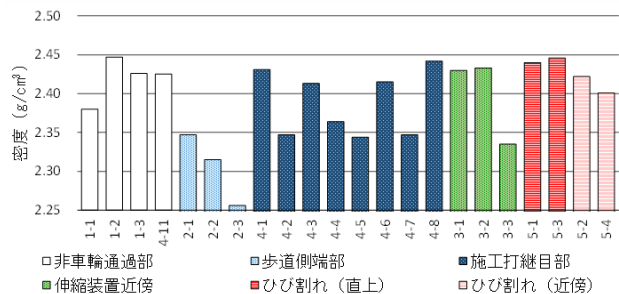


図-15 H橋の密度試験結果

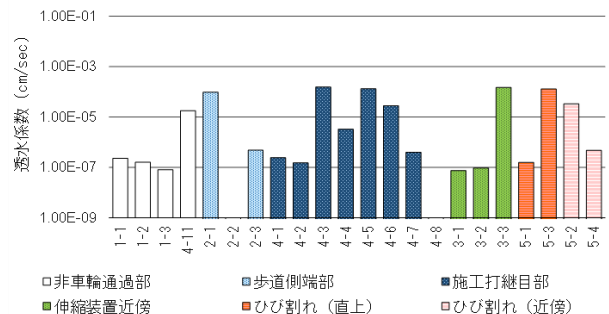


図-16 H橋の加圧透水試験結果

多数見られ、特に土砂化が発生していた箇所は両側の地覆側端部や、伸縮装置近傍および舗装補修部であった。また、写真-17 に舗装補修部下の床版損傷状況を示すが、土砂化が進行している状況であった。このことからパッチングなど舗装補修箇所の施工方法も含め防水対策が重要と思われる。

### (4) 採取コアを用いた室内試験結果

図-15 にアスファルト舗装コアの密度試験結果を、図-16 に加圧透水試験の結果を示す。図-15 の密度試験の結果では、非車輪通行部に比べ歩道側端部が特に低く、打継目部がやや低くなっている。また、図-16 の加圧透水試験の結果は、透水係数が  $10^{-7} \sim 10^{-4}$  cm/sec 程度と場所によってはばらつきがある結果であった。



写真-18 路面の状況 (I橋)

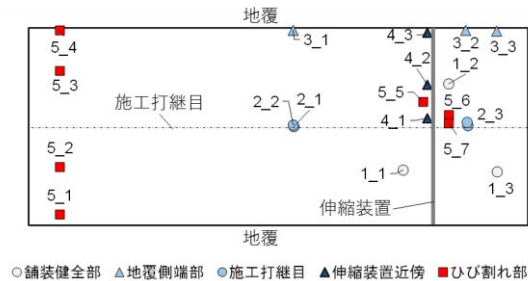


図-17 コア採取箇所 (I橋)

### 3.4 I橋の調査結果

I橋の路面の状況を写真-18に示すが、路面は施工打継目に開きと、線状ひび割れが所々で見られただけで、亀甲状ひび割れ等おおきな舗装の損傷は見られなかった。しかし、車載型電磁波レーダー探査装置で事前に調査した結果では土砂化が発生している可能性が確認されたため調査を行った。図-17にI橋のコア採取箇所を、図-18に舗装コア削孔部にて測定した床版上面の水分量の結果を示す。水分量の測定結果は、歩道側端部、ひび割れ部の水分量が高くなっていた。

写真-19にアスファルト舗装撤去後の床版上面の様子を示すが、地覆側端部やひび割れの下に土砂化が見られた。水分量の結果と一致しており、地覆側端部やひび割れ等から雨水等が浸入し土砂化したものと思われる。

また、本橋梁は防水シートが施工されていたにも関わらず土砂化したのは、地覆側端部やひび割れ等から雨水等が浸入したことが原因と思われるが、この他の原因として、端部の防水シートの上に排水を促すために導水パイプが施工されていたが、写真-20に示すように排水マスが舗装および目詰まりで塞がれて排水機能がなく、逆に導水パイプに水が貯まり、土砂化の原因となったと考えられる。

### 4. まとめと考察

今回の調査結果から得られた知見として床版の土砂化を発生させないためには以下のような対策が重要である。

- ・土砂化の原因となる雨水等の浸入位置は、歩道側（地覆）端部、伸縮装置近傍、施工打継目および貫通したひび割れであることが分かった。よって、端部の接着を高める材料や対策工法の検討、施工目地やひび割れは供用とともに広がるため定期的な目地注入、ひび割れ状況に応じた打ち換えなど、ひび割れに対する管理を適切に行う必要がある。
- ・歩道を床版施工後に後付けで施工した橋梁は、経年劣

化で歩道の舗装から雨水が浸透したり、歩車道ブロック

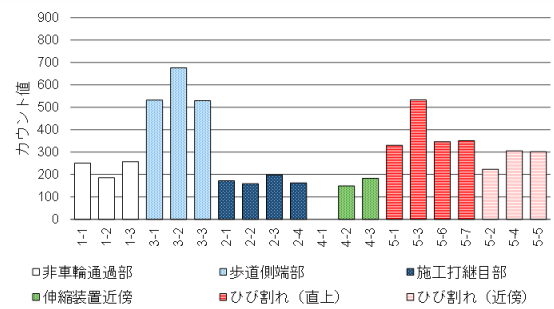


図-18 床版上面の水分量測定結果 (I橋)

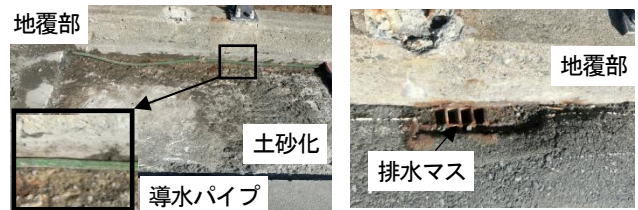


写真-19 床版上面損傷状況と導水パイプ (I橋)



写真-20 排水柵の状況と導水パイプ (I橋)

く下面の防水処理が不十分であることが原因で浸水し土砂化したことが示唆された。歩道や歩車道ブロック下面の防水対策が重要である。

- ・防水層の上に排水を促すために導水パイプを施工している場合は、排水マスが舗装および目詰まりで塞がれて排水機能がなく、逆に導水パイプに水が貯まり、それが原因で端部に土砂化が発生したと考えられるため、導水パイプを施工する場合は、目詰まり等が起きないように排水マスへの接続に注意が必要である。また排水マスの定期的な掃除が必要である。

### 謝辞

本調査の実施にあたっては、東北地方整備局および北海道開発局の関係各位に多大なご協力を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 赤平勝也, 佐々木博臣, 菊池淳: 複合劣化による鉄筋コンクリート床版の抜け落ち損傷事例について, 第八回道路橋床版シンポジウム論文報告集, pp. 37-40, 2014
- 2) 藤原英之: 道路橋コンクリート床版の「土砂化」に関する調査報告, J-BEC レポート 2014, Vol. 10, pp. 11-17, 2014
- 3) 村越潤, 田中良樹: 道路橋 RC 床版の劣化形態の多様化と防水対策, 土木施工, Vol. 55, No. 6, 2014. 7
- 4) 寺田剛, 渡邊真一, 藪雅行: 床版損傷が発生した橋面舗装の実態調査, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol. 75, No. 2, pp. I\_201-I\_207, 2019
- 5) 渡邊真一, 寺田剛, 藪雅行: 床版が損傷している橋面舗装の実態調査, 舗装, Vol. 55, No. 4, 2020. 4