

土木研究所資料

床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術 に関する研究

—道路橋コンクリート床版の土砂化対策—

令和 3 年 3 月

国立研究開発法人土木研究所
道路技術研究グループ 舗装チーム
構造物メンテナンス研究センター

Copyright © (2021) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、国立研究開発法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、国立研究開発法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術 に関する研究

—道路橋コンクリート床版の土砂化対策—

国立研究開発法人土木研究所
道路技術研究グループ 舗装チーム

上席研究員 藪 雅行†
総括主任研究員 寺田 剛†
主任研究員 川上 篤史*1
交流研究員 渡邊 真一†

構造物メンテナンス研究センター

上席研究員 玉越 隆史*2
上席研究員 上仙 靖†*3
総括主任研究員 田中 良樹†
交流研究員 藤本圭太郎*4
交流研究員 山本健太郎†*5

† 執筆担当

(過年度の担当者を含む, 役職は当時)

*1 平成30年3月まで

*2 平成30年7月まで

*3 平成30年8月から

*4 平成30年4月まで

*5 平成30年5月から平成31年4月まで

要旨

床版上面のコンクリートの土砂化など、劣化形態が多様化している道路橋コンクリート床版の耐久性を確保するため、防水層を含めた橋面アスファルト舗装の防水性能の確保が重要な課題である。本文では、道路橋 RC 床版と橋面舗装の現状、橋面舗装から床版への水の浸入経路、土砂化したコンクリート床版の補修範囲、床版防水に配慮した橋面舗装の端部処理方法とその評価法、及び防水性を高めた橋面舗装の開発についてとりまとめた。また、それらの結果を踏まえて、土砂化した床版の補修の考え方を含め、床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術の骨子を提示した。

キーワード：コンクリート床版、補修範囲、打継目、アスファルト舗装、グースアスファルト舗装、土砂化中間層

目 次

1. 背景と目的	1
1.1 背景	1
1.2 目的	1
1.3 報告書の構成	3
2. 道路橋 RC 床版と橋面舗装の現状	5
2.1 近年の RC 床版と橋面舗装の現状	5
2.1.1 橋面舗装の損傷と床版下面ひび割れの関係	5
2.1.2 橋面舗装の損傷と床版ひび割れ以外の損傷の関係	7
2.1.3 橋面舗装の端部、打継目等と床版ひび割れ以外の損傷との関係	8
2.1.4 まとめ	11
2.2 橋面舗装の設計基準類の調査	12
2.2.1 橋面舗装に関する調査	12
2.2.2 橋面舗装（コンクリート床版）の変遷の整理	16
2.3 橋面舗装の施工方法に関するアンケート	20
3. 橋面舗装から RC 床版への水の浸入経路に関する調査	35
3.1 概要	35
3.2 調査内容	36
3.3 各橋梁ごとの調査結果	38
3.3.1 A 橋の調査結果	38
3.3.2 B 橋の調査結果	41
3.3.3 C 橋の調査結果	45
3.3.4 D 橋の調査結果	49
3.3.5 E 橋の調査結果	53
3.3.6 F 橋の調査結果	58
3.3.7 G 橋の調査結果	62
3.3.8 H 橋の調査結果	68
3.3.9 I 橋の調査結果	73
3.4 調査結果のまとめ	76
4. 土砂化したコンクリート床版の補修範囲に関する検討	79
4.1 概要	79
4.2 道路橋コンクリート床版の劣化形態「土砂化」	80
4.3 対象床版の概要	81

4.3.1	Ki 橋	81
4.3.2	Ka 橋	85
4.4	調査方法	91
4.4.1	調査項目	91
4.4.2	コア採取	92
4.4.3	測定	95
4.5	Ki 橋の調査結果	100
4.5.1	結果	100
4.5.2	土砂化の中間層に関する考察	101
4.6	Ka 橋の調査結果	108
4.6.1	結果	108
4.6.2	排水柵付近と CL 付近の土砂化の相違点	109
4.7	微細ひび割れの観察結果	113
4.8	土砂化したコンクリート床版の適切な補修範囲	117
4.9	解決に向けた課題	117
5.	床版防水に配慮した橋面舗装の端部処理方法の提案と評価法の検討	119
5.1	床版損傷要因および対策工法の整理	119
5.2	対策工法の選定	121
5.3	対策工法評価の流れ	125
5.4	供試体一覧	126
5.5	供試体加工	127
5.5.1	橋梁端部供試体	127
5.5.2	施工打継目部供試体	128
5.5.3	加圧透水試験供試体	129
5.5.4	水浸ホイールトラッキング試験	129
5.6	試験結果	131
5.6.1	端部立上り部供試体の加圧透水試験結果	131
5.6.2	端部立上り部供試体のせん断試験結果	133
5.6.3	施工打継部供試体（縦断）の加圧透水試験結果	137
5.6.4	施工打継部供試体（縦断）のせん断試験結果	139
5.6.5	施工打継部供試体（横断）の加圧透水試験結果	143
5.6.6	施工打継部供試体（横断）のせん断試験結果	145
5.7	橋面舗装の端部の防水工法の効果に関するまとめ	149
6.	防水性を高めた橋面舗装の開発	150
6.1	概要	150

6.2	開発した橋面舗装材	150
6.2.1	従来の橋面舗装材料の概要	150
6.2.2	開発した橋面舗装材料	150
6.3	試験施工	153
6.3.1	試験施工の概要	153
6.3.2	施工状況	154
6.3.3	開発グースと樹脂充填舗装の試験結果	157
6.3.4	舗設後の現場試験結果	161
6.4	まとめ	164
7.	床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術	166
7.1	概要	166
7.2	これまでの橋面舗装の補修における課題	167
7.2.1	As 舗装の打換え	167
7.2.2	As 舗装の打換えに伴う床版補修	167
7.3	床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術の骨子	171
7.3.1	本復旧（予防保全に向けた対策）	171
7.3.2	応急復旧（時限付対策）	172
7.4	舗装打換え後の防水効果の確認	175
	謝辞等	177
	付録 橋面アスファルト舗装コアの写真	179

1. 背景と目的

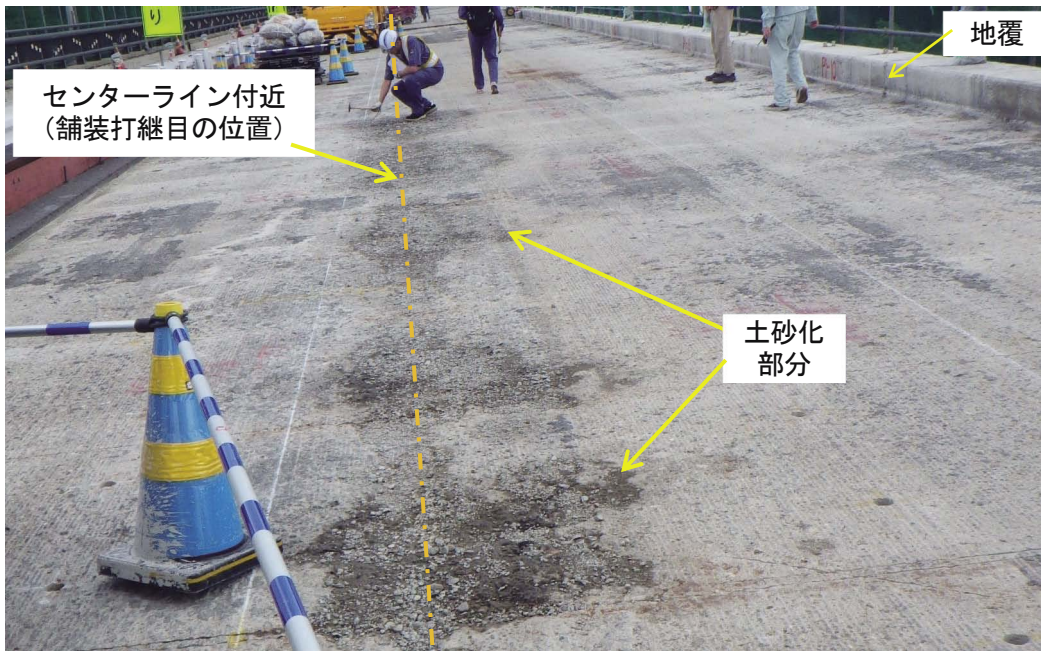
1.1 背景

道路橋の床版上面のコンクリートに損傷がない場合であっても、橋面のアスファルト舗装（以下、As 舗装という）にポットホール、深いわだち、多数のひび割れ等が見られる場合に、As 舗装を打換えることがある。その際には、床版の疲労対策、塩害対策の観点から、防水層を設置するなど、As 舗装上の路面の水が何らかの経路を経て As 舗装下の床版上に到達しないよう配慮する必要がある¹⁾。しかし、既設橋で防水層が設置されないまま、あるいは橋面 As 舗装が傷んだまま供用される間に床版のコンクリートに路面水が浸透して、疲労や塩害といった床版の劣化が As 舗装下で進んでいる場合がある²⁾。近年は、As 舗装下の床版のコンクリートが土砂化している事例の報告が増加している²⁾³⁾。

写真-1.1 に、床版上面のコンクリートが土砂化していた事例と、舗装を剥がす直前の路面状況を示す。この事例のように、輪荷重走行位置で土砂化が発生するとは限らないことから、土砂化は疲労と関係なく発生し得ることが分かっている²⁾⁴⁾。床版コンクリートの土砂化の劣化機構は必ずしも明確でなく、疲労以外に、塩害、アルカリシリカ反応（ASR）や凍害の可能性を含め、複数の要因があり得ると想定している²⁾⁴⁾。いずれの劣化機構であっても、路面からの水が床版の劣化の発生あるいは促進の因子になると考えられる。また、1990年代にスパイクタイヤが禁止されて以降、一般道においても凍結防止剤の散布量が増加しており、路面水の床版への浸透とともに塩化物イオンの浸透もほぼ同時に生じることが想定される。これらのことから、道路橋のより効率的な維持管理に向けて、床版防水の必要性が一層高まっている。

1.2 目的

本研究は、コンクリート床版の土砂化の原因となる水の浸入原因、土砂化部周囲のコンクリートの状態、及び土砂化の主たる要因を明らかにし、土砂化した床版の補修の考え方を含め、土砂化発生を未然に防止するために効果的な橋面舗装の打換え技術を提案することを目的としている。



(a) 橋面アスファルト舗装を全面剥がした床版上面の状況



(b) 舗装を剥がす直前の状況

写真-1.1 舗装打継目付近の床版土砂化の事例³⁾

1.3 報告書の構成

本報告書の構成を図-1.1 に示す。

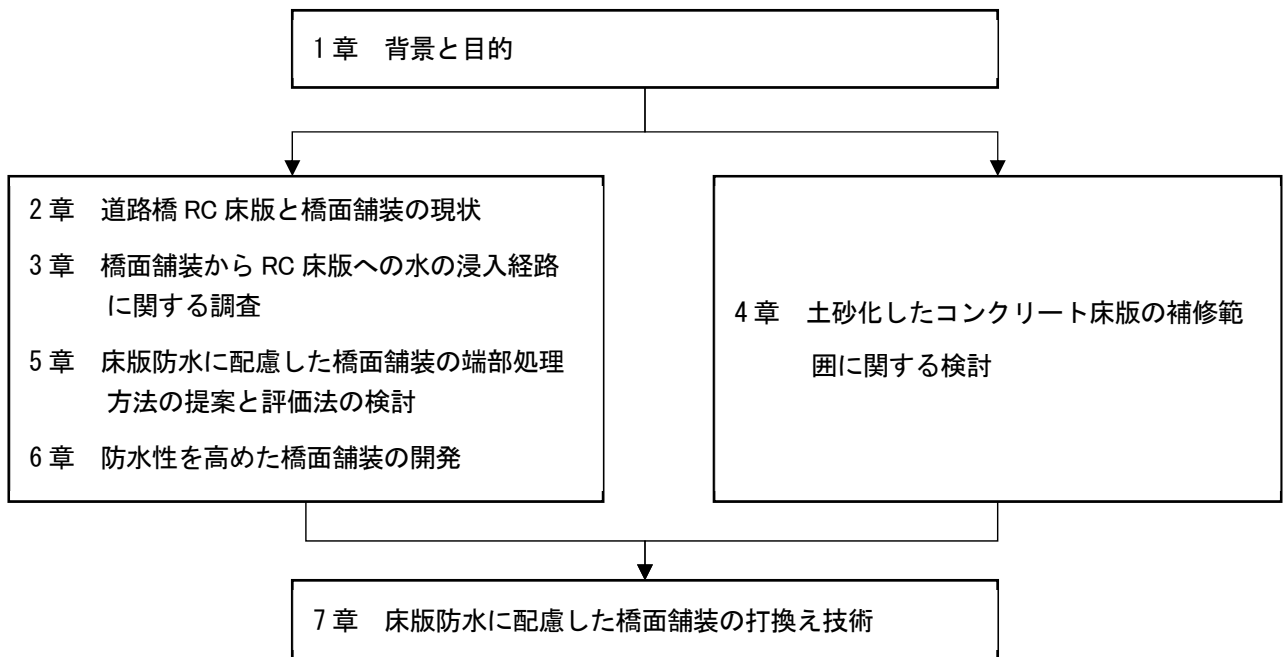


図-1.1 報告書の構成

1 章では本研究の背景と目的を述べる。

2 章では橋面舗装の現状として、(1)橋梁点検結果に基づく舗装と鉄筋コンクリート (RC) 床版の損傷の関係、(2)橋面舗装に関する基準類の整理、(3)橋面舗装の端部防水に関するアンケート結果を示す。

3 章では供用されている道路橋 RC 床版において実施した、雨水等の浸入経路に関する実態調査の結果を示す。

4 章では、供用中に土砂化が見られ、撤去された RC 床版の劣化調査の結果を示すとともに、土砂化した RC 床版の補修時における適切な補修範囲を提示する。

5 章では床版防水に配慮した橋面舗装の端部処理工法として、従来工法と提案工法を挙げ、それぞれについて実施した室内試験による評価試験結果を示す。

6 章では防水性を高めた橋面舗装として開発した、グースアスファルト混合物および特殊樹脂充填アスファルト混合物の概要と試験施工の結果を示す。

7 章ではコンクリート床版の土砂化対策の観点から、これまでの橋面 As 舗装の補修における課題を述べるとともに、上記の検討結果を踏まえて、RC 床版の土砂化対策に着目した橋面 As 舗装の打換え技術について提案を行う。

参考文献

- 1) 道路橋床版防水便覧，日本道路協会，2007.3
- 2) 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，pp.68-71，2014.6
- 3) 国土交通省道路局国道・技術課，国土技術政策総合研究所，東北地方整備局，北陸地方整備局，中部地方整備局，九州地方整備局及び北海道開発局，国立研究開発法人土木研究所：道路橋コンクリート床版の土砂化対策に関する調査研究，土木研究所資料，第 4398 号，2020.3
- 4) 田中良樹，玉越隆史，村井啓太，藤本圭太郎：道路橋コンクリート床版の土砂化部周辺の変状に関する調査，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，No.2，pp.1315～1320，2018.7

2. 道路橋 RC 床版と橋面舗装の現状

2.1 近年の RC 床版と橋面舗装の現状

2.1.1 橋面舗装の損傷と床版下面ひび割れの関係

平成 28 年度に実施した「RC 床版上面の劣化に関する調査」の結果を基に、橋面舗装と RC 床版の損傷状態の関係を再整理し、舗装の損傷が床版の劣化に及ぼす影響を分析した。

整理方法は、橋梁の主桁と横桁で区切られた範囲を 1 パネルとし、パネルごとに橋面舗装の損傷状況に対する床版下面のひび割れ状況を表 2-1 に示す損傷程度の評価区分に整理するものとした。なお、損傷程度の評価区分は橋梁定期点検要領(平成 26 年版)¹⁾に基づくものとした。今回は、33 橋梁の点検データを基に整理を行った。

表-2.1 損傷程度の評価区分の定義¹⁾

状態	床版下面 ひび割れ			
	1方向ひび割れ		2方向ひび割れ	
	ひび割れ	遊離石灰	ひび割れ	遊離石灰
a	損傷なし	なし	-	-
b	ひび割れは主として1方向 最小ひび割れ間隔は概ね1m以上 最大ひび割れ幅は0.05mm以下 (ヘアクラック程度)	なし	-	-
c	ひび割れは主として1方向 最小ひび割れ間隔は問わない 最大ひび割れ幅は0.1mm以下が主 (一部には0.1mm以上も存在)	なし	ひび割れは格子状 格子の大きさは0.5m程度 ひび割れ幅は0.1mm以下が主 (一部には0.1mm以上も存在)	なし
d	ひび割れは主として1方向 最小ひび割れ間隔は問わない 最大ひび割れ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在)	なし	ひび割れは格子状 格子の大きさは0.2~0.5m程度 ひび割れ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在)	なし
	ひび割れは主として1方向 最小ひび割れ間隔は問わない 最大ひび割れ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在)	あり	ひび割れは格子状 格子の大きさは0.2~0.5m程度 ひび割れ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在)	あり
e	ひび割れは主として1方向 最小ひび割れ間隔は問わない 最大ひび割れ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる	なし	ひび割れは格子状 格子の大きさは0.2m以下 最大ひび割れ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる	なし
	ひび割れは主として1方向 最小ひび割れ間隔は問わない 最大ひび割れ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる	あり	ひび割れは格子状 格子の大きさは0.2m以下 最大ひび割れ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる	あり

全橋梁のパネル数を 100%とし、橋面舗装の損傷と床版ひび割れの関係を分析した。分析結果を表-2.2 に示す。橋面舗装に損傷がなく、床版ひび割れも生じていないパネル割合が 27.4%と最も高い数値を示した。このことから、残りの 72.6%では橋面舗装の損傷や床版ひび割れが発生していることが分かった。

表-2.2 損傷の程度

パネル割合 (%)	床版ひび割れ								
	なし	1方向					2方向		
	a	b	c	d	e	c	d	e	
損傷なし	27.4	20.9	0.5	0.7	0.0	6.5	9.1	3.6	
ひび割れ	大	2.6	6.7	0.1	0.1	0.0	1.1	2.0	0.0
	小	2.2	7.7	0.1	0.2	0.0	2.9	2.6	0.3
ポットホール	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	
補修あと	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.4	1.2	0.1	
わだち掘れ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	
舗装の凹凸	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
うき	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
段差	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	
異常	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

さらに、橋面舗装の損傷の種類および床版ひび割れの損傷程度を問わず、損傷の有無だけに着目し、分析を行った。分析結果を表-2.3 および図-2.1 に示す。床版ひび割れの総発生割合は、67.7%となっており、多くの床版でひび割れが発生していることが分かった。また、「橋面舗装に損傷がなく、床版下面にひび割れが生じている」パネル割合は41.3%と最も高い数値を示した。

表-2.3 橋面舗装の損傷有無と床版下面のひび割れ有無

パネル割合 (%)		床版下面	
		ひび割れなし	ひび割れあり
橋面舗装	損傷なし	27.4	41.3
	損傷あり	4.9	26.4

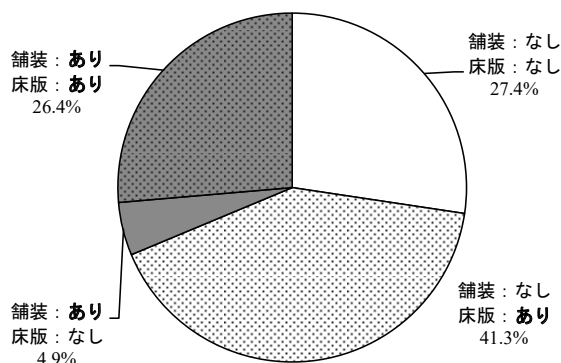


図-2.1 橋面舗装の損傷有無と床版下面のひび割れ有無の割合

これは、元データである橋梁定期点検結果では、すでに橋面舗装が補修されている場合も含まれており、床版ひび割れに影響を与える可能性がある橋面舗装の損傷に関する情報が取得できなかったためであると考えられる。

2.1.2 橋面舗装の損傷と床版ひび割れ以外の損傷の関係

全橋梁のパネル数を 100%として、床版下面にひび割れ以外の損傷である漏水・滞水や遊離石灰、うき、はく離、鉄筋露出が発生している割合をパネル割合として算出した。橋面舗装の損傷と床版ひび割れ以外の損傷の関係を表-2.4 および図-2.2 に示す。

表-2.4 橋面舗装の損傷と床版下面の損傷（ひび割れ以外）の割合

パネル割合 (%)	床版下面の損傷					
	漏水滞水	遊離石灰	うき	はく離	鉄筋露出	
損傷なし	10.7	10.5	1.7	5.0	4.1	
ひび割れ	大	1.7	1.7	0.4	0.4	0.4
	小	2.9	2.8	0.5	0.8	0.8
ポットホール	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
補修あと	0.3	0.3	0.0	0.2	0.2	
わだち掘れ	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0	
舗装の凹凸	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
うき	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
段差	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
異常	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
合計	15.6	15.5	2.7	6.6	5.5	

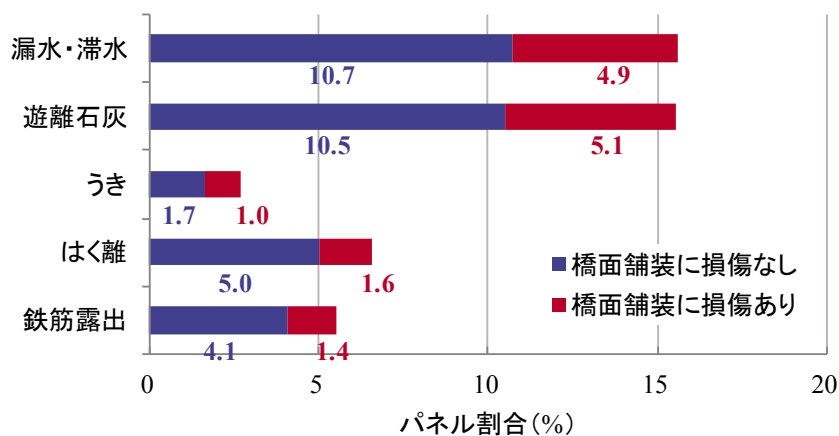


図-2.2 床版下面の損傷（ひび割れ以外）の割合

床版ひび割れ以外の損傷の発生割合は、2.7～15.6%であり、床版ひび割れ以外の損傷のうちはく離や鉄筋露出といった重大な損傷は、床版ひび割れと比較して少ないことが分かった。

次に、床版ひび割れ以外の各損傷が発生しているパネル数の合計をそれぞれ100%とし、橋面舗装の損傷の有無との関係を整理した。

分析結果を図-2.3 に示す。橋面舗装に損傷が見られなかったパネル割合は 61.9～75.7%であり、損傷の種類に関わらず、全てで過半数を上回った。これは、元データである「橋梁定期点検結果」では、すでに橋面舗装が補修されている場合も含まれており、床版ひび割れ以外の損傷に影響を与える可能性がある橋面舗装の損傷に関する情報が取得できなかったためであると考えられる。

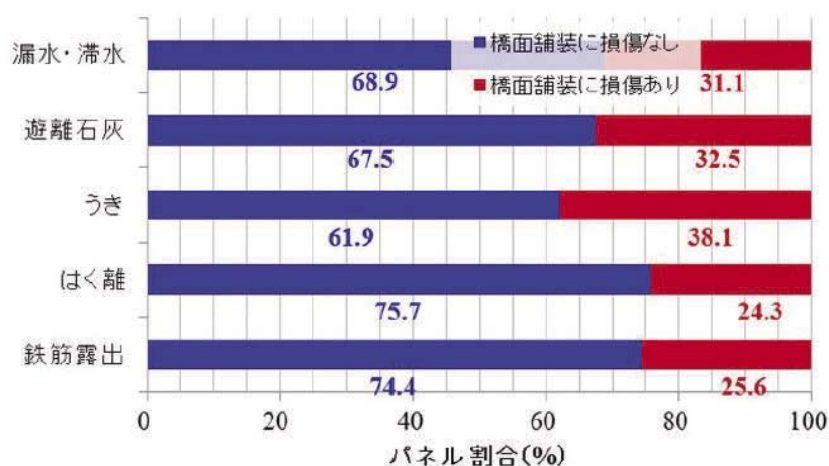


図-2.3 橋面舗装の損傷有無と床版下面の損傷（ひび割れ以外）の割合

2.1.3 橋面舗装の端部、打継目等と床版ひび割れ以外の損傷との関係

全橋梁の床版ひび割れ以外の各損傷箇所について、橋面舗装の端部や打継目などの構造的特徴箇所との関係を調べた。分析結果を表-2.5 および図-2.4 に示す。

表-2.5 橋面舗装の構造と床版下面の損傷（ひび割れ以外）の割合

箇所割合 (%)	橋面舗装の構造（端部、打継目等）					種類別の合計
	排水マス	端部		打継目	伸縮装置	
		水下	水上			
漏水・滞水	4.8	20.4	5.2	21.3	0.9	52.7
		25.7				
床版下面の損傷	4.8	19.8	5.3	19.8	0.9	50.7
		25.1				
うき	0.0	1.9	0.0	47.2	2.8	51.9
		1.9				
はく離	4.9	3.3	3.3	16.4	6.6	34.4
		6.6				
鉄筋露出	6.0	4.0	4.0	18.0	6.0	38.0
		8.0				
損傷の発生割合	4.7	14.7	4.5	21.2	2.4	47.6
		19.2				

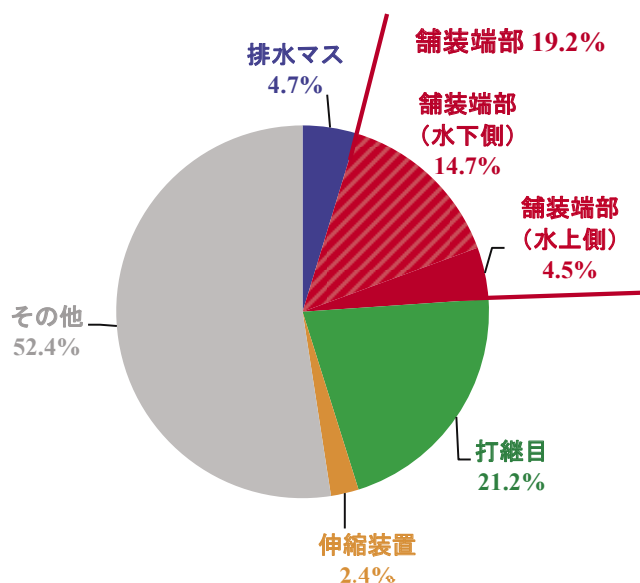


図-2.4 橋面舗装の構造と床版下面の損傷（ひび割れ以外）の割合

種類別の合計より、構造的特徴箇所で発生している割合は34.4～52.7%であった。このうち、舗装の打継目が21.2%と最も高く、次いで舗装端部が19.2%と高かった。

また、床版ひび割れ以外の損傷を種類ごとに各構造的特徴箇所で発生割合を整理した結果を図-2.5に示す。漏水・滞水および遊離石灰は、舗装端部で最も多く発生しており、特に、うきは他の損傷と比較して打継目で多く発生していることが分かる。

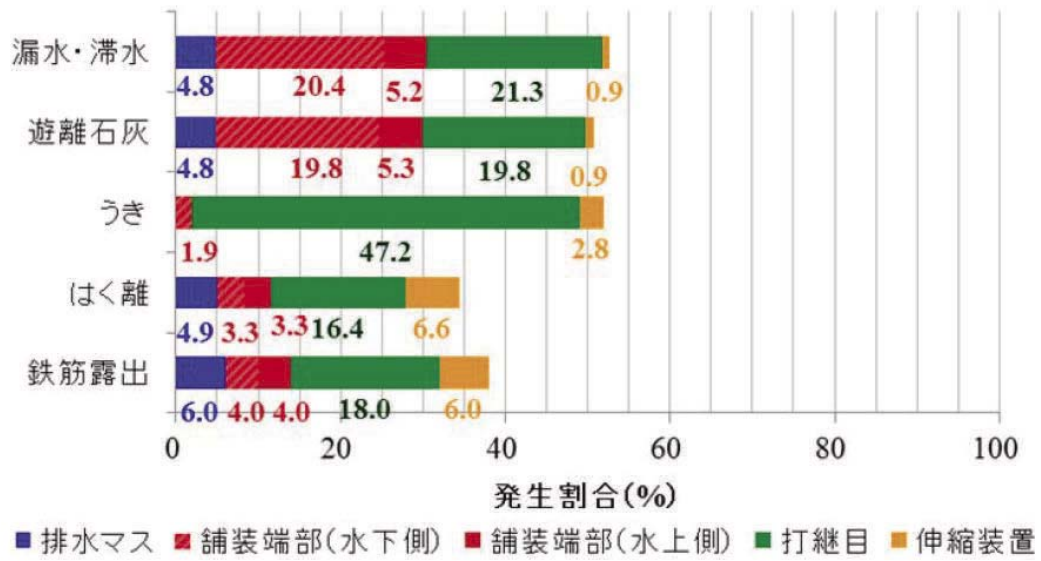


図-2.5 橋面舗装の構造と床版下面の損傷（ひび割れ以外）の割合

2.1.4 まとめ

「RC 床版上面の劣化に関する調査」の結果を元に、橋面舗装の劣化損傷状態と床版の劣化損傷状態の関係を整理し、床版劣化に及ぼす舗装の損傷の影響要因を分析した。その結果を以下に示す。

(1) 橋面舗装の損傷と床版下面ひび割れの関係

- ・全橋梁のパネル数の 72.6%で橋面舗装や床版下面に何かしらの損傷が発生していた
- ・床版ひび割れの総発生割合は 67.7%であった
- ・橋面舗装に損傷がなく、床版ひび割れが生じている割合は 41.3%と最も高かった
- ・橋面舗装に損傷があり、床版ひび割れも発生している割合も 26.4%と高かった

(2) 橋面舗装の損傷と床版下面の損傷の関係

- ・漏水・滞水等の損傷の発生割合は 2.7~15.6%であり、床版ひび割れより少なかった
- ・橋面舗装に損傷が見られないパネル割合は 61.9~75.7%で過半数を上回った

(3) 橋面舗装の端部、打継目等と床版ひび割れ以外の損傷との関係

- ・床版ひび割れ以外の損傷は、舗装打継目で最も多く発生しており、21.2%を占めた
- ・次いで舗装の端部での発生割合が多く、19.2%であった

(4) 橋面舗装の長寿命化対策

本分析によって、床版ひび割れ以外の床版下面の損傷は、橋面舗装の端部や打継目で多く発生していることが分かった。このことから、床版の損傷を遅延させるためには、舗装端部や打継目、伸縮装置付近での止水および排水を十分に行うことや橋面舗装の混合物を十分に締め固めるなど、水の浸入を防ぐことが重要であると考える。

(5) 要因分析に向けた課題

本分析結果では、橋面舗装の劣化損傷状態と床版の劣化損傷状態との間に明確な関係性を見出すことはできなかった。これは、元データである「橋梁定期点検結果」にて、すでに橋面舗装が補修されている場合も含まれており、床版ひび割れや床版ひび割れ以外の損傷に影響を与える可能性がある橋面舗装の損傷に関する情報が取得できなかったためであると考えられる。

このことから、床版の劣化損傷のメカニズムをより詳細に解明するためには、橋面舗装と床版下面をモニタリングするとともに、定期点検や補修履歴のデータを蓄積・分析していく必要がある。特に、橋面舗装においては、補修直前の状況を調査・点検し、結果を記録することが重要である。

2.2 橋面舗装の設計基準類の調査

2.2.1 橋面舗装に関する調査

以下の項目について、各機関で発刊されている指針、基準類、マニュアル等に記述されている内容を整理した。

- ・ 橋面舗装の維持修繕方法（部分打ち換え，全面打ち換え）
- ・ 橋面舗装，防水材，複合防水の施工方法
- ・ 端部，施工打継目の処理方法

調査結果を表-2.6，表-2.7，表-2.8 に示す。

表-2.6 橋面舗装・防水に関する基準の調査結果一覧(その1)

文献情報	発刊元	公益社団法人 日本道路協会				
	文献名	舗装・調査 試験法便覧	道路橋 床版防水便覧	舗装施工便覧	舗装設計 施工指針	舗装設計便覧
	発刊日	平成31年3月	平成19年6月	平成18年2月	平成18年2月	平成18年2月
内容	橋面舗装の維持修繕方法	記載なし。	「第9章 舗装全層打換え時の床版防水工」(P97～)に補修方法の記載あり。「床版の打継目など線状の弱点を覆う場合には、その両側の少なくとも1m以上を施工範囲とするのがよい。」 「8.5部分的補修」(P94～96)に部分的補修方法の記載あり。「端部等の目地の開きが認められる場合は、注入目地材で補修する必要がある。」 「防水層の重ね幅を100～150mm確保する。」	「11-6-2橋面舗装の補修」(P287～288)に記載。	記載なし。	記載なし。
	橋面舗装、防水材料、複合防水の施工方法	第3分冊中の「3-1橋梁用舗装材料の試験」(P[3]-401～)に試験方法について記載。 第4分冊中の「付056道路橋床版防水層」(P[4]-457～459)に可否判定目安について記載。	「2.2橋面舗装の現状」(P8～9)に「コンクリート床版の舗装は、一般に基層及び表層の2層から構成される。床版と基層の間には床版防水層が設けられ、表層と基層の間には、タックコートと呼ばれる接着層が設けられる。舗装の全体厚さは60～80mmが標準である。」とある。 「6.3.1床版防水層の分類」(P55～67)に防水層の種類に関する記載あり。 「6.5床版防水層の施工」(P68～73)に防水層施工方法の記載あり。	「9-2-1橋面舗装」(P176～182)に記載。	「3-2-1舗装の構成」(P47～50)に橋面舗装の構成について記載。 「橋面舗装は通常は表層および基層の二層からなり、床版上に構築される。」 「3-4-4橋梁床版および橋面舗装」(P63～66)に記載。 「床版コンクリートの劣化を防止する目的で、防水層、水抜き孔、導水管および防水目地等必要な措置を講じる。」	「7-3-1橋面舗装」(P219～226)に橋面舗装および防水材料について記載。
	端部、施工打継目の処理方法	第2分冊中の「1-5目地材料の試験」(P[2]-463～)に目地材の試験方法について記載。	「2.1.2床版防水の構成」(P7～8)に防水構成について記載あり。 「6.6橋面舗装」(P73～75)に「アスファルト舗装内部、特に基層への滞水による剥離損傷が問題。対策として導水パイプ、水抜き孔等の排水設備による舗装内部排水が最も効果的」とある。 「8.5.2その他の部位の補修」(P96)に端部の補修方法記載あり。 「付録-4床版防水の施工例」(P196～211)に代表的施工例の記載あり。	「9-2-1橋面舗装」について内の「7)目地」(P181)に記載。 「基層と構造物との接触面には、あらかじめすき間をつくっておき、注入目地材を充填するか、加熱アスファルト混合物の熱により溶着するタイプの成型目地材を設置する。」	記載なし。	「7-3-1橋面舗装」(P219～226)内のP222に「境界部分に遮水対策を行う。」と記載。

表-2.7 橋面舗装・防水に関する基準の調査結果一覧(その2)

文献情報	発刊元	国土交通省 東北地方整備局	一般財団法人 災害科学研究所	公益社団法人 土木学会	
	文献名	東北地方における道路橋の維持・補修の手引き(案)	積雪寒冷地用床版防水工設計・施工マニュアル(案)	道路橋床版の維持管理マニュアル 2016	道路橋床版防水システム ガイドライン2016
	発刊日	平成29年8月	平成28年3月	平成28年10月	平成28年10月
内容	橋面舗装の維持修繕方法	「4.6.6 補修事例」(P4-87)に補修事例について記載。 「2)橋面舗装の例」(P4-73)に「鉄筋コンクリート床版の橋面舗装は改質アスファルトⅡ型によるものとする。」と記載。また、二層構成での施工が望ましいとある。	「9.3 点検・保守」(P78～80)に点検に関する記載あり。 「9.4 補修」(P81)に緊急補修、部分補修、大規模補修について記載。	「2.1.2 点検の種類と方法」(P60～61)に「舗装の応急補修は一般に水の浸入を止めることができないことから、床版防水工敷設、舗装全面打換えにより確実な防水対策を施す必要がある。」	「6.2床版防水システムの補修」(P85～86)に「補修方法は、緊急補修、部分補修、大規模補修に区分される」
	橋面舗装、防水材料、複合防水の施工方法	「4.6.3 補修の仕様」(P4-70)に防水材料、複合防水の仕様について記載。 「4.6.5 施工時の留意点」(P4-82～4-86)に防水の施工方法について記載。	「7.8 舗装」(P70)に「アスファルト舗装と既設構造物との界面については、止水性を考慮して目地を設置する」との記載あり。 「7.7 防水層の施工」(P69)の「3)防水層の打継目」に「舗装に打継目ができる場合、防水層の継ぎ目と同じ位置にならないようにしなければならない」という記載あり。 「7.3 施工計画」(P61～62)に既設の防水層、舗装との接続方法に関する記載あり。	「(4)橋面」(P122～124)に「防水層の設置が必要であることは言うまでもないが、パッチワーク状態を長期に放置しないなど、アスファルト舗装を健全な状態に維持することも床版防水をより確実にする上で重要である。」	「3.6 床版防水層上の舗装の設計」(P36～38)に「水密性に優れたアスファルト混合物を使用することで、舗装体に水が入らないようには、舗装の耐久性向上に寄与する。」とし、透水係数が「 1.0×10^{-7} cm/s」以下を不透水としている。 「4.3.3 床版防水層の施工、施工管理、検査」(P51～62)に防水の施工方法の記載があるとともに、「複合防水の記載あり」。 「4.4 床版防水層上の舗装の施工、施工管理、検査」(P63～65)に舗装方法の記載。
	端部、施工打継目の処理方法	「4.6.3 補修の仕様」(P4-70)に「防水層は地覆、歩車道境界、伸縮装置などの舗装端部とコンクリートの境界部(立ち上げ部)にも適切な高さまで配置しなければならない。」と記載。 「4.6.4 細部構造の配慮事項」(P4-75～4-81)に構造の違いによる防水構造例が記載。 「4.6.6 補修事例」(P4-87)に打継目や端部に目地を注入している事例紹介。	「3.2 高耐久床版防水システムの構成」(P13～14)に構成の記載あり。 「4.4.1 設計一般」(P22～23)に「地覆、壁高欄、縁石および伸縮装置の端部仕上げについては、防水層を表面に露出させないように基層まで防水層を立上げ、表層については目地材により止水処理を施すことが重要となる」とある。 「図4-5 地覆部・伸縮装置の端部処理の例」(P23)に代表例が記載。	「(4)橋面」(P122～124)に「路面からの水の浸入経路」を記載し、「基層と表層で打継目の位置をずらすのが良いが、幅員が狭いと、ほとんどその距離が確保できず、結果的に弱点となりやすい。」とある。 「適切な防水層がない場合、歩車道境界は、アスファルト舗装の目地部から床版上への水の浸入が生じ易い傾向にある。」	「3.5 床版防水層の設計」(P33～35)に「床版防水層は、地覆、歩車道境界、伸縮装置などの舗装端部とコンクリートの境界部にも適切な高さまで配置するよう設計する。」 「3.6 床版防水層上の舗装の設計」(P36～38)に「舗装と地覆・壁高欄との境界部は適切に止水処理(目地処理)を施す。」 「4.4 床版防水層上の舗装の施工、施工管理、検査」(P63～65)に目地の設置に関する記載。

表-2.8 橋面舗装・防水に関する基準の調査結果一覧(その3)

文献情報	発刊元	首都高速道路(株)	阪神高速道路(株)	東日本・中日本・西日本高速道路(株)		
	文献名	舗装設計 施工要領	設計基準 第3部 構造物設計基準 (土木構造物等編) 第4編 舗装	構造物 施工管理要領	設計要領 第一集 舗装	設計要領 第二集 橋梁保全編
	発刊日	令和元年6月	平成28年1月	令和元年7月	平成29年7月	令和元年7月
内容	橋面舗装の維持修繕方法	「2.1.1.9 C81 仮舗装・パッチング」(P57)に「本施工前に一時的に交通開放するために舗設される舗装の構成」 「2.1.5 緊急補修」(P73)に「ポットホールの孔埋めなどの緊急補修は常温混合物を用いる。」	記載なし。	記載なし。	「3-7 補修工法の選定」(P3-53～3-54)に橋面舗装の補修工法について記載。 「3-8 橋面舗装の補修」(P3-54～3-56)に「コンクリート床版上の橋面舗装の補修は、床版防水や上面増厚の必要性和時期を踏まえ、図3-24に示すフローにより実施するものとする。」 「床版防水が施工済みの橋梁については、原則として表層工のみの補修を行う。ただし、橋梁レベリング層や床版防水の変化や劣化状況を勘案して、必要と考えられる場合は、全層での補修を行う。」	記載なし。
	橋面舗装、防水材、複合防水の施工方法	「1.3 舗装の構成と役割」(P7～9)に舗装の構成を記載。 「9.2 アスファルト混合物の施工」(P199～205)にアスファルト混合物の施工方法を記載。 「11.1.4 防水用接着剤～」(P214～217)にその他の材料(複合防水を含む)の施工方法を記載。	「2.1 一般」(P4-2-1～4-2-5)に「橋面舗装の表層にはポーラスアスファルト混合物を、基層には密粒度アスファルト混合物を原則として用いる。」 「SMAのコンクリート床版上基層への適用についても締固め不足の懸念があることから、適用にあたっては技術開発課と協議すること。」 「2.2 コンクリート床版上の舗装」(P4-2-6～4-2-10)に舗装断面を記載し、「表層と基層の合計で75mmの舗装厚とすること。」 「床版への浸透水に対する防護を目的として、床版上面に必ず防水層を設けること。」	「6-2(1) 床版防水層の要求性能」(Ⅱ-311～Ⅱ-312)に床版防水層の要求性能が記載。 「6-5 施工」(Ⅱ-324～Ⅱ-326)に「防水層の施工は、あらかじめ定められた施工要領書の各項に従って施工するものとする。」 「橋梁レベリング層の舗装は、設計要領第一集舗装及び舗装施工管理要領の各項に従って行うものとする。」とし、防水層および橋面舗装の施工方法について記載。	記載なし。	「2.床版の補修・補強対策工法の選定」(P5-4～5-5)に「床版の補修・補強・取替えに際しては、床版防水を施工するものとする。」 「9.床版防水」(P5-35～5-41)に防水システムの構成例が示されている。 「コンクリート床版には床版全面及び端部において床版防水層を設けなければならない。」
	端部、施工打継目の処理方法	「2.1.1.8 C74 伸縮継手前後」(P56)に伸縮継手前後の舗装構成を記載。 「2.1.4 端部構造」(P68～70)に導水管の位置などを記載。 「2.1.1.1 C04 標準部A(表・基層連続施工)」(P47～48)に「下勾配側は塗膜防水材を2倍量塗布し防水性を高める。上勾配側については、成型目地材(L型タイプ)を設置する。」 「9.2 アスファルト混合物の施工」(P199～205)に「表層の縦継目はレーンマークに合わせる。さらに新設の場合は、表層と基層の継目位置を150mm以上ずらすこととする。」	「2.1 一般」(P4-2-1～4-2-5)に「伸縮装置前後の処置として、表層を排水性舗装とした場合は、伸縮装置前後50cm程度にポーラスアスファルト混合物の空隙に半たわみ性舗装用セメントミルクを浸透させるものとする。」 「2.2 コンクリート床版上の舗装」(P4-2-6～4-2-10)に「床版防水層は端部においても適切に施工することが重要である。」 排水構造についても記載あり。	「6-2(2) 端部防水層の要求性能」(Ⅱ-311～Ⅱ-312)に端部防水層の要求性能が記載。 「6-5 施工」(Ⅱ-324～Ⅱ-326)に「伸縮装置などの人力による敷均し箇所は、混合物の温度が低下しやすいので、迅速に転圧する。」とある。	「7-1 側帯及び路肩の構造」(P7-1)に「床版防水については、端部からの雨水の浸入を防ぐため、地覆部まで立ち上げて施工を行う。」とある。 「7-2 端部の構造」(P7-2)に「舗装端部から水が浸透し、路床、路盤が軟弱化するおそれのある場合は、端部を瀝青材などでシールするものとする。」とある。	「9.床版防水」(P5-35～5-41)に「端部防水層の先行施工例」、「壁高欄・地覆立ち上げ部や伸縮装置等の床版防水層の端部は、床版防水層と床版の間に水が浸透しやすいことや、地覆・壁高欄下面へ漏水し張出床版下面の塩害などの要因にもなることから、これらの部分は床版防水層と同等以上の性能を有する端部防水層を設置することを原則とする。」

2.2.2 橋面舗装（コンクリート床版）の変遷の整理

道路橋示方書および（公社）日本道路協会が発刊する図書から防水材や橋面舗装の変遷を整理した。整理した内容を表-2.9, 表-2.10, 表-2.11に示す。

表-2.9 橋面舗装（コンクリート床版）の変遷①

道路橋示方書		日本道路協会図書	
発行年月	橋面舗装の記載内容	図書の名称	適用箇所及び橋面舗装、床版防水層設置基準(コンクリート床版)
昭和40年代	昭和47年3月 橋面舗装は原則として「アスファルト舗装要綱（日本道路協会）」および「セメントコンクリート舗装要綱（日本道路協会）」によるものとする。セメントコンクリート舗装とする場合は床版と同時に打設するのがよい。アスファルトコンクリート舗装には必要に応じて防水層を設けるものとする。 ＜アスファルトコンクリート舗装で必要に応じて防水層を設置する場合＞ ○床版や寒冷地の橋のように床版や橋体に雨水などが浸透することが懸念する場合 ○都市内高架橋連絡などで雨水などが浸透することが望ましくないような場合 ○連続げたなどの中間支点付近で負の曲げモーメントを受ける場合	アスファルト舗装要綱	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 5px;"> 表面 ・修正トベカ(13) ・密粒度アスファルト混合物(13)or(20) 【ストレータスファルト】 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 5px;"> レベリング層 ・トベカ(10) ・修正トベカ(13) ・密粒度アスファルト混合物(13) 【ストレータスファルト】 </div> <div style="margin-left: 10px;"> 規定なし 50～80mm が望ましい 平均厚さ 30～40mm </div> </div> <p>・不陸が大きい場合はレベリング層を設ける ・既製版のように床版の平坦性が良い場合には、厚さ25mm以下の薄い舗装を設けることができる</p>
	昭和50年代	昭和50年1月 橋面舗装はアスファルト舗装またはセメントコンクリート舗装とする。セメントコンクリート舗装とする場合は床版と同時に打設するのがよい。アスファルト舗装には必要に応じて防水層を設けるものとする。 ＜アスファルト舗装で必要に応じて防水層を設置する場合＞ ○床版や寒冷地の橋のように床版や橋体に雨水などが浸透することが懸念にとって書となる場合 ○都市内高架橋連絡などで雨水などが浸透することが望ましくないような場合 ○連続げたなどの中間支点付近で負の曲げモーメントを受ける場合	アスファルト舗装要綱
昭和50年代	昭和53年1月 橋面舗装はアスファルト舗装またはセメントコンクリート舗装とする。セメントコンクリート舗装とする場合は床版と同時に打設するのがよい。アスファルト舗装には必要に応じて防水層を設けるものとする。 ＜アスファルト舗装で必要に応じて防水層を設置する場合＞ ○床版や寒冷地の橋のように床版や橋体に雨水などが浸透することが懸念にとって書となる場合 ○都市内高架橋連絡などで雨水などが浸透することが望ましくないような場合 ○連続げたなどの中間支点付近で負の曲げモーメントを受ける場合	アスファルト舗装要綱	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 5px;"> 表面 ・密粒度アスファルト混合物(13) ・細粒度アスファルト混合物(13) ・密粒度キャップアスファルト混合物(13) 【ストレータスファルト】 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 5px;"> レベリング層 ・トベカ(10) ・密粒度アスファルト混合物(13) ・密粒度アスファルト混合物(13)or(20) 【ストレータスファルト】 </div> <div style="margin-left: 10px;"> 40mm 60～80mm が一般的である 40mm </div> </div> <p>・床版の不陸の影響を考慮して2層仕上げが望ましい ・流動防止の目的で、改質アスファルトまたは特殊結合材を使用することもある ・防水効果を高めるための防水層などを特に設けることもある</p>

表-2.10 橋面舗装（コンクリート床版）の変遷②

道路橋示方書		日本道路協会図書	
発行年月	橋面舗装の記載内容	図書の名称	適用箇所及び橋面舗装、床版防水層設置基準(コンクリート床版)
昭和60年代	<p>平成2年 橋面舗装はアスファルト舗装またはセメントコンクリート舗装とする。セメントコンクリート舗装とする場合は床版と同時に打設するのがよい。アスファルト舗装には必要に応じて防水層を設けるものとする。</p> <p><アスファルト舗装で必要に応じて防水層を設置する場合></p> <ul style="list-style-type: none"> ○合成けたの床版 ○連続けたの中間支点付近の床版 ○橋面に波しぶきがかかる橋梁の床版全面 ○塩害の恐れのある場合 ○構造上床版にひび割れが生じやすい場合 ○床版の打換が困難な場合 ○床版上面の湧水が生じやすい場合 	<p>発行年月 昭和62年 1月</p> <p>図書の名称 道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料</p> <p>表層 ・密粒度アスファルト混合物(13) ・密粒度キヤップアスファルト混合物(13) [ストレータアスファルト] [改質アスファルト]</p> <p>レベリング層 ・粗粒度アスファルト混合物(20) ・密粒度アスファルト混合物(13)or(20) [ストレータアスファルト] [改質アスファルト]</p> <p>アスファルト舗装要綱</p>	<p>適用箇所及び橋面舗装、床版防水層設置基準(コンクリート床版)</p> <p>・ 鋼道路橋のRC床版 ・ コンクリート橋</p> <p>舗装厚は60~80mmが標準である</p> <p>30~40mmとする場合が多い</p> <p>規定なし</p> <p>・ 基層は床版の不陸の影響を考慮して表層より厚くすることがある ・ 舗装は、一般に床版の不陸の影響を考慮して、2層仕上げてとすることが望ましい ・ 舗装を2層に分けて施工する場合は、上下層の縦継目および横継目の位置を適当な間隔ですらすること ・ 防水層の設置を検討すること</p>
平成50年代	<p>平成8年 橋面舗装はアスファルト舗装またはセメントコンクリート舗装とする。セメントコンクリート舗装とする場合は床版と同時に打設するのがよい。アスファルト舗装には必要に応じて防水層を設けるものとする。</p> <p><アスファルト舗装で必要に応じて防水層を設置する場合></p> <ul style="list-style-type: none"> ○合成けたの床版 ○連続けたの中間支点付近の床版 ○橋面に波しぶきがかかる橋梁の床版全面 ○塩害の恐れのある場合 ○構造上床版にひび割れが生じやすい場合 ○床版の打換が困難な場合 ○床版上面の湧水が生じやすい場合 	<p>発行年月 昭和63年</p> <p>図書の名称 道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料</p> <p>表層 ・密粒度アスファルト混合物(13)or(20) ・密粒度キヤップアスファルト混合物(13) ・細粒度キヤップアスファルト混合物(13) [漂着材料には耐流動性や耐はく離性などを考慮した改質アスファルトを用いることが多い]</p> <p>基層 ・粗粒度アスファルト混合物(20) ・密粒度アスファルト混合物(13)or(20) [漂着材料には耐流動性や耐はく離性などを考慮した改質アスファルトを用いることが多い]</p> <p>アスファルト舗装要綱</p>	<p>舗装厚は60~80mmが標準である</p> <p>30~40mmとする場合が多い</p> <p>規定なし</p> <p>・ 基層は床版の不陸の影響を考慮して表層より厚くすることがある ・ 舗装構成は基層および表層の2層を原則とする ・ 舗装を二層で施工する場合、縦および横の施工継目はそれぞれ適当な間隔ですらすること ・ 必要に応じて防水層を設ける</p>

表-2.11 橋面舗装（コンクリート床版）の変遷③

時期	道路橋示方書		日本道路協会図書	
	発行年月	橋面舗装の記載内容	図書の名称	適用箇所及び橋面舗装、床版防水層設置基準(コンクリート床版)
平成10年代	平成14年3月	(1) 橋面舗装の構造に関しては、「舗装の構造に関する技術基準」(都市・地域整備局長、道路局長通達)によるものとする。 (2) セメントコンクリート舗装とする場合は、床版コンクリートと一体の構造となるように施工するものとする。 (3) 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「 <u>防水層等</u> 」を設けるものとする。	舗装設計施工指針 舗装施工便覧	<ul style="list-style-type: none"> ・ 密粒度アスファルト混合体(13)or(20) ・ 密粒度キヤップアスファルト混合体(13) ・ 細粒度キヤップアスファルト混合体(13) ・ 排水性舗装用混合体(13) 【選定材料には前流動性や耐はく離性を考慮した改質アスファルトを用いることが多い】 表層 記述なし <ul style="list-style-type: none"> ・ 粗粒度アスファルト混合体(20) ・ 密粒度アスファルト混合体(13)or(20) ・ 排水性舗装用混合体(13)or(20) 【選定材料には前流動性や耐はく離性を考慮した改質アスファルトを用いることが多い】 基層 記述なし
	平成19年3月	(1) 橋面舗装の構造に関しては、「舗装の構造に関する技術基準」(都市・地域整備局長、道路局長通達)によるものとする。 (2) セメントコンクリート舗装とする場合は、床版コンクリートと一体の構造となるように施工するものとする。 (3) 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「 <u>防水層等</u> 」を設けるものとする。	舗装設計施工指針 舗装設計便覧 舗装施工便覧	<ul style="list-style-type: none"> ・ 密粒度アスファルト混合体(13)or(20) ・ 密粒度キヤップアスファルト混合体(13) ・ 細粒度キヤップアスファルト混合体(13) ・ ポーラスアスファルト混合体(13) 【選定材料には前流動性や耐はく離性を考慮した改質アスファルトを用いることが多い】 表層 記述なし <ul style="list-style-type: none"> ・ 粗粒度アスファルト混合体(20) ・ 密粒度アスファルト混合体(13)or(20) ・ 砕石マスチック混合体(13)or(20) 【選定材料には前流動性や耐はく離性を考慮した改質アスファルトを用いることが多い】 基層 記述なし <ul style="list-style-type: none"> ・ 舗装は原則2層構造とする(表層、基層) ・ 床版コンクリートの劣化を防止する目的で、<u>防水層、水抜き孔、導水管および防水目地等、必要な措置を講じる。</u>
平成20年代	平成24年3月	(1) 橋面舗装の構造に関しては、「舗装の構造に関する技術基準」(都市・地域整備局長、道路局長通達)によるものとする。 (2) セメントコンクリート舗装とする場合は、床版コンクリートと一体の構造となるように施工しなければならぬ。 (3) 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「 <u>防水層等</u> 」を設けなければならない。	道路橋床版防水便覧	・ 橋面にアスファルト舗装が施工されている床版
	平成29年11月	(1) 橋面舗装の構造に関しては、「舗装の構造に関する技術基準」(都市・地域整備局長、道路局長通達)によるものとする。 (2) セメントコンクリート舗装とする場合は、床版コンクリートと一体の構造となるように施工しなければならぬ。 (3) 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「 <u>防水層等</u> 」を設けなければならない。		

2.3 橋面舗装の施工方法に関するアンケート

現在行われている橋面舗装の打替え技術の実態調査として、以下の内容についてアンケートを実施した。アンケート対象は道路管理者（5 事務所）、舗装会社（6 社）である。

アンケートでは、舗装の劣化損傷状態に応じた舗装の打替え技術として、以下に示す(1)～(4)の場合における防水処理方法について回答を得たので、その結果を次に示す。

- (1) 表層の損傷のみの場合
- (2) 表基層の損傷の場合
- (3) 防水層まで損傷した場合
- (4) 床版（上部，中間）まで損傷した場合

(1) 表層のみ打換える場合

表層のみ打換える場合（図-2.6）のアンケート結果を表-2.12 に示す。

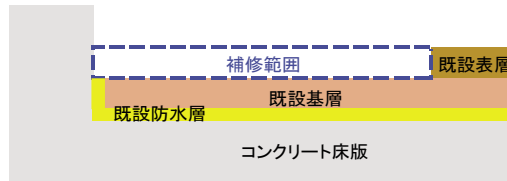


図-2.6 表層のみ打換える場合の模式図

表-2.12 表層のみ打換える場合のアンケート結果

設問		回答結果																																																																															
Q 既設基層表面にタックコートを散布するか		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 塗布する</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>2 塗布しない</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 塗布する	○	○	○	○	○	5	○	○	○	○	○	○	6	2 塗布しない						0							0																										
				道路管理者						合計	舗装会社						合計																																																																
A	B		C	D	E	A	B	C	D		E	F																																																																					
1 塗布する	○	○	○	○	○	5	○	○	○	○	○	○	6																																																																				
2 塗布しない						0							0																																																																				
A 1 塗布する 2 塗布しない																																																																																	
Q 既設表層との打継目部への処置		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 成型目地材</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>2 タックコート</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3 未処理</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 成型目地材						0		○				○	3	2 タックコート	○	○	○	○	○	5	○	○	○	○	○	5	3 未処理						0					○	1	4 その他						0						0	
				道路管理者						合計	舗装会社						合計																																																																
A	B		C	D	E	A	B	C	D		E	F																																																																					
1 成型目地材						0		○				○	3																																																																				
2 タックコート	○	○	○	○	○	5	○	○	○	○	○	5																																																																					
3 未処理						0					○	1																																																																					
4 その他						0						0																																																																					
A 1 成型目地材 2 タックコート 3 未処理 4 その他 5																																																																																	
Q 既設表層との打継目部への処置		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 成型目地材</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> <td>○</td> <td>○</td> <td>4</td> <td></td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2 タックコート</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td>1</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>○</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3 未処理</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 成型目地材	○	○		○	○	4		○	○	○	○	○	5	2 タックコート				○		1	○			○	○	3	3 未処理						0					○	1	4 その他						0						0	
				道路管理者						合計	舗装会社						合計																																																																
A	B		C	D	E	A	B	C	D		E	F																																																																					
1 成型目地材	○	○		○	○	4		○	○	○	○	○	5																																																																				
2 タックコート				○		1	○			○	○	3																																																																					
3 未処理						0					○	1																																																																					
4 その他						0						0																																																																					
A 1 成型目地材 2 タックコート 3 未処理 4 その他 5																																																																																	

1) 設問①：既設基層表面へのタックコートの塗布

道路管理者および舗装会社のいずれも全回答者が「塗布する」と回答した。

道路管理者も舗装会社も表層の撤去後に既設基層表面には タックコートを塗布しており、両者の間に違いはないことが分かった。

2) 設問②：既設表層との打継部への処置

タックコートを塗布すると答えた道路管理者は 5/5 件であったのに対し、舗装会社は 5/6 件であった。残りのうち、3/6 件は「成型目地材」を選択し、1/6 件は表層の混合物により「未処置」にすると回答した。以上の集計結果より、ほとんどの道路管理者および舗装会社ではタックコートもしくは成型目地材で処置をしており、施工打継目部の止水を考慮していることが分かった。

また、使用する材料は、道路管理者がタックコートであるのに対し、舗装会社はタックコートだけでなく成型目地材も含まれており、道路管理者は施工打継目部の止水を考慮していることが伺えた。舗装会社の中には、表層の混合物によって処置か未処置かを使い分ける回答もあった。

3) 設問③：端部立上り部への処置

道路管理者の回答で最も多かったものは「成型目地材」であり、4/5 件を占めた。次いで、「タックコート」が 1/5 件であった。一方、舗装会社で最も多かった回答は、道路管理者同様に「成型目地材」で 5/6 となった。次いで多かった回答は「タックコート」の 3/6 件であった。また、舗装会社の中には、既設舗装の状態に応じて「未処置」を選択する場合もあると回答していた。

以上の集計結果より、端部立上り部に関しては、全ての道路管理者は、成型目地材およびタックコートで処置を行っており、施工打継目部の止水を考慮していることが分かった。使用材料に関しては、道路管理者および舗装会社を問わず、成型目地材が多く使用されていることが分かった。両者の違いとして、舗装会社は道路管理者よりもタックコートの使用割合が高いことがあげられる。

(2) 床版防水層まで場合

床版防水層まで打換える場合（図-2.7）のアンケート結果を表-2.13，表--14に示す。

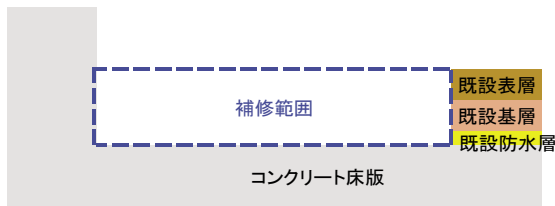


図-2.7 床版防水層まで打換える場合の模式図

表-2.13 床版防水層まで打換える場合のアンケート結果

設問		回答結果																																																																																																
1	Q 防水層撤去後のコンクリート床版表面への防水層の施工 設問1: 防水層撤去後のコンクリート床版表面 既設表層 既設基層 既設防水層 コンクリート床版	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 施工する</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2 施工しない</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 施工する	○	○	○	○	○	5	○	○	○	○	○	○	5	2 施工しない						0							0	3 その他						0					○		1																													
		道路管理者					合計	舗装会社						合計																																																																																				
A		B	C	D	E	A		B	C	D	E	F																																																																																						
1 施工する	○	○	○	○	○	5	○	○	○	○	○	○	5																																																																																					
2 施工しない						0							0																																																																																					
3 その他						0					○		1																																																																																					
A	1 施工する 2 施工しない 3 その他																																																																																																	
2	Q 既設基層との打継目部への処置（基層） 設問2: 打継部 既設表層 既設基層 既設防水層 コンクリート床版	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 塗膜防水材</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>3</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2 成型目地材</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>3 タックコート</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>4 未処理</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 塗膜防水材	○	○	○	○	○	3	○						1	2 成型目地材						0			○			○	2	3 タックコート			○			1	○	○	○	○			4	4 未処理					○	1							0	5 その他						0							0	
		道路管理者					合計	舗装会社						合計																																																																																				
A		B	C	D	E	A		B	C	D	E	F																																																																																						
1 塗膜防水材	○	○	○	○	○	3	○						1																																																																																					
2 成型目地材						0			○			○	2																																																																																					
3 タックコート			○			1	○	○	○	○			4																																																																																					
4 未処理					○	1							0																																																																																					
5 その他						0							0																																																																																					
A	1 塗膜防水材 2 成型目地材 3 タックコート 4 未処理 5 その他																																																																																																	
3	Q 既設表層との打継目部への処置（表層） 設問3: 打継部 既設表層 既設基層 既設防水層 コンクリート床版	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 塗膜防水材</td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2 成型目地材</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3 タックコート</td> <td>○</td> <td></td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>4</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>4 未処理</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 塗膜防水材		○				1						○	1	2 成型目地材						0	○	○					3	3 タックコート	○		○	○	○	4	○	○	○	○	○	○	6	4 未処理						0						○	1	5 その他						0							0	
		道路管理者					合計	舗装会社						合計																																																																																				
A		B	C	D	E	A		B	C	D	E	F																																																																																						
1 塗膜防水材		○				1						○	1																																																																																					
2 成型目地材						0	○	○					3																																																																																					
3 タックコート	○		○	○	○	4	○	○	○	○	○	○	6																																																																																					
4 未処理						0						○	1																																																																																					
5 その他						0							0																																																																																					
A	1 塗膜防水材 2 成型目地材 3 タックコート 4 未処理 5 その他																																																																																																	

表-2.14 床版防水層まで打換える場合のアンケート結果

設問		回答結果																																																																																															
4	<p>Q 端部立上り部の処理（基層）</p> <p>設問4: 端部立上り部</p> <p>表層 既設表層 基層 既設基層 既設防水層</p> <p>コンクリート床版</p> <p>A 1 塗膜防水材 2 成型目地材 3 タックコート 4 未処理 5 その他</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 塗膜防水材</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2 成型目地材</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>3 タックコート</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>4 未処理</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>道路管理者: 5 (塗膜防水材), 0 (成型目地材), 0 (タックコート), 0 (未処理), 0 (その他)</p> <p>舗装会社: 4 (塗膜防水材), 6 (成型目地材), 2 (タックコート), 1 (未処理), 0 (その他)</p>		道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 塗膜防水材	○	○	○	○	○	5	○	○	○	○	○	○	4	2 成型目地材						0	○	○	○	○	○	○	6	3 タックコート						0		○				○	2	4 未処理						0						○	1	5 その他						0							0
		道路管理者					合計	舗装会社						合計																																																																																			
		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	F																																																																																				
1 塗膜防水材	○	○	○	○	○	5	○	○	○	○	○	○	4																																																																																				
2 成型目地材						0	○	○	○	○	○	○	6																																																																																				
3 タックコート						0		○				○	2																																																																																				
4 未処理						0						○	1																																																																																				
5 その他						0							0																																																																																				
5	<p>Q 端部立上り部の処理（表層）</p> <p>設問5: 端部立上り部</p> <p>表層 既設表層 基層 既設基層 既設防水層</p> <p>コンクリート床版</p> <p>A 1 塗膜防水材 2 成型目地材 3 タックコート 4 未処理 5 その他</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 塗膜防水材</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>2 成型目地材</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>○</td> <td>3</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3 タックコート</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>○</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4 未処理</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>道路管理者: 2 (塗膜防水材), 3 (成型目地材), 0 (タックコート), 0 (未処理), 0 (その他)</p> <p>舗装会社: 3 (塗膜防水材), 5 (成型目地材), 3 (タックコート), 1 (未処理), 0 (その他)</p>		道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 塗膜防水材	○	○				2	○	○	○	○	○	○	3	2 成型目地材	○			○	○	3	○	○	○	○	○	○	5	3 タックコート						0	○	○			○	○	3	4 未処理						0						○	1	5 その他						0							0
		道路管理者					合計	舗装会社						合計																																																																																			
		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	F																																																																																				
1 塗膜防水材	○	○				2	○	○	○	○	○	○	3																																																																																				
2 成型目地材	○			○	○	3	○	○	○	○	○	○	5																																																																																				
3 タックコート						0	○	○			○	○	3																																																																																				
4 未処理						0						○	1																																																																																				
5 その他						0							0																																																																																				
6	<p>Q 表層と打継目の位置</p> <p>設問6 ずらす</p> <p>表層 基層</p> <p>コンクリート床版</p> <p>A 1 ずらす 2 ずらさない</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 ずらす</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>4</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>2 ずらさない</td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>道路管理者: 4 (ずらす), 1 (ずらさない)</p> <p>舗装会社: 6 (ずらす), 0 (ずらさない)</p>		道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 ずらす	○	○	○	○	○	4	○	○	○	○	○	○	6	2 ずらさない		○				1							0																																										
		道路管理者					合計	舗装会社						合計																																																																																			
		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	F																																																																																				
1 ずらす	○	○	○	○	○	4	○	○	○	○	○	○	6																																																																																				
2 ずらさない		○				1							0																																																																																				

1) 設問①：防水層撤去後のコンクリート床版表面への防水層の施工

防水層を「施工する」と答えた道路管理者は 5/5 件、舗装会社は 5/6 件で防水層を施工しており、防水層の必要性が認識されていることが分かった。舗装会社の残りの 1 件は、「その他」を選択しており、「既設舗装の状況に合わせて変える」と回答した。

2) 設問②：既設基層との打継目部への処置

道路管理者において最も多い回答は「塗膜防水材」であり、3/5 件を占めた。次いで、「タックコート」が 1/5 件であった。残りの 1/5 件は「未処置」と回答していた。一方、舗装会社の最も多い回答は「タックコート」であり、4/6 件を占めた。次いで、「成型目地材」が 2/6 件、「塗膜防水材」が 1/6 件であった。

ほとんどの道路管理者および舗装会社では、既設基層との打継目部に処置を必ず行っており、両者の違いが見られた。また、使用材料に関しても違いが見られ、道路管理者では塗膜防水材が最も多く使用されているが、舗装会社ではタックコートが多く使用されていた。

3) 設問③：既設表層との打継目部への処置

道路管理者の回答において、最も多かったものは「タックコート」であり 4/5 件を占めていた。次いで、「塗膜防水材」が 1/5 件となった。一方、舗装会社でも最も多かった回答は「タックコート」で 6/6 件となっている。次いで「成型目地材」が 3/6 件と多く、「塗膜防水材」と「未処置」は共に 1/6 件であった。

以上の集計結果より、ほとんどの道路管理者および舗装会社で打継目部に処置を行っており、施工打継目部の止水を考慮していることが分かった。使用材料に関しては、両者ともにタックコートが最も多いが、舗装会社は成型目地材も使用している違いが見られた。

4) 設問④：端部立上り部への処置（基層部分）

道路管理者の回答は「塗膜防水材」が 5/5 件であったのに対し、舗装会社は「成型目地材」が 6/6 件、次いで「塗膜防水材」が 4/6 件、「タックコート」は 2/6 件であった。

また、舗装会社の 1/6 件は既設に合わせて「未処置」を選択すると回答していた。ほとんどの道路管理者および舗装会社は端部立上り部の基層部分に処置を行っており、施工打継目部の止水を考慮していることが分かった。また、使用材料は、舗装会社は塗膜防水材の一択であったのに対し、舗装会社は成型目地材やタックコートも使用しており、両者に違いが見られた。

5) 設問⑤：端部立上り部への処置（表層部分）

道路管理者の回答で最も多かったものは「成型目地材」であり、3/5 件を占めた。次いで、「塗膜防水材」が 2/5 件であった。一方、舗装会社で最も多かった回答は、「成型目地材」であり、5/6 件となった。次いで、「塗膜防水材」および「タックコート」が 3/6 件であった。1/6 件は既設に応じて「未処置」を選択していた。

以上の集計結果から、ほとんどの道路管理者および舗装会社で端部立上り部に処置を行っており、施工立

上り部の止水を考慮していることが分かった。また、使用材料に関しては、割合は異なるが、主流は成型目地材であり、次いで塗膜防水材となった。

舗装会社はタックコートも使用しており、使用材料に関してもわずかに違いが見られた。舗装会社では、既設に応じて「未処置」にする場合もあることが分かった。

6) 設問⑥：表層と基層の打継目部の位置

表層と基層の打継目部を「ずらす」と回答した道路管理者は4/5件であったのに対し、舗装会社は6/6件であった。

道路管理者より舗装会社の方が、表層の打継位置に配慮していることが分かった。

(3) 床版（鉄筋上部まで）まで打換える場合

床版（鉄筋上部まで）まで打換える場合（図-2.8）のアンケート結果を表-2.15、表 2-16 に示す。



図-2.8 床版（鉄筋上部まで）まで打換える場合の模式図

表-2.15 床版（鉄筋上部まで）まで打換える場合のアンケート結果

設問		回答結果																																																																																																												
1	Q 損傷したコンクリートの補修材	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Co系材料</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>3</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2 樹脂モルタル</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>3</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>3 補修しない</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>															道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 Co系材料	○	○	○	○	○	3	○	○	○	○	○	○	○	4	2 樹脂モルタル			○	○	○	3	○	○	○	○	○	○	○	4	3 補修しない						0								0	4 その他																								
		道路管理者					合計	舗装会社						合計																																																																																																
		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	F																																																																																																	
1 Co系材料	○	○	○	○	○	3	○	○	○	○	○	○	○	4																																																																																																
2 樹脂モルタル			○	○	○	3	○	○	○	○	○	○	○	4																																																																																																
3 補修しない						0								0																																																																																																
4 その他																																																																																																														
A 1 Co系材料 2 樹脂モルタル 3 補修しない 4 その他		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th colspan="6">舗装会社</th> </tr> <tr> <th></th> <th>合計</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>道路管理者</td> <td>3</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>舗装会社</td> <td>4</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>																道路管理者					舗装会社							合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	合計	道路管理者	3	3						3					0	舗装会社	4	4					4						0																																								
		道路管理者					舗装会社																																																																																																							
	合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	合計																																																																																																	
道路管理者	3	3						3					0																																																																																																	
舗装会社	4	4					4						0																																																																																																	
2	Q 床版補修後の表面の防水層	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 施工する</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2 施工しない場合がある</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>															道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 施工する	○	○	○	○	○	5	○	○	○	○	○	○	5	2 施工しない場合がある						0	○						1	3 その他						0					○		1																												
		道路管理者					合計	舗装会社						合計																																																																																																
		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	F																																																																																																	
1 施工する	○	○	○	○	○	5	○	○	○	○	○	○	5																																																																																																	
2 施工しない場合がある						0	○						1																																																																																																	
3 その他						0					○		1																																																																																																	
A 1 施工する 2 施工しない場合がある 3 その他		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th colspan="6">舗装会社</th> </tr> <tr> <th></th> <th>合計</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>道路管理者</td> <td>5</td> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>舗装会社</td> <td>5</td> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>																道路管理者					舗装会社							合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	合計	道路管理者	5	5											0	舗装会社	5	5					1					1	0																																								
		道路管理者					舗装会社																																																																																																							
	合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	合計																																																																																																	
道路管理者	5	5											0																																																																																																	
舗装会社	5	5					1					1	0																																																																																																	
3	Q 既設基層と打継目の処理	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 塗膜防水材</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>3</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2 成型目地材</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3 タックコート</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>4 未処理</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>															道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 塗膜防水材	○	○	○	○	○	3	○						1	2 成型目地材						0		○					1	3 タックコート			○			1	○	○	○	○	○	○	5	4 未処理					○	1							0	5 その他						0							0
		道路管理者					合計	舗装会社						合計																																																																																																
		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	F																																																																																																	
1 塗膜防水材	○	○	○	○	○	3	○						1																																																																																																	
2 成型目地材						0		○					1																																																																																																	
3 タックコート			○			1	○	○	○	○	○	○	5																																																																																																	
4 未処理					○	1							0																																																																																																	
5 その他						0							0																																																																																																	
A 1 塗膜防水材 2 成型目地材 3 タックコート 4 未処理 5 その他		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th colspan="6">舗装会社</th> </tr> <tr> <th></th> <th>合計</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>道路管理者</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>舗装会社</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>																道路管理者					舗装会社							合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	合計	道路管理者	3	3	1				1						0	舗装会社	5	1	1				5						0																																								
		道路管理者					舗装会社																																																																																																							
	合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	合計																																																																																																	
道路管理者	3	3	1				1						0																																																																																																	
舗装会社	5	1	1				5						0																																																																																																	

表-2.16 床版（鉄筋上部まで）まで打換える場合のアンケート結果

設問		回答結果																																																																																																													
4	Q 既設表層と打継目部の処置																																																																																																														
	A	1 塗膜防水材	2 成型目地材	3 タックコート	4 未処理	5 その他	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">道路管理者</th> <th colspan="6">舗装会社</th> </tr> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>合計</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 塗膜防水材</td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2 成型目地材</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3 タックコート</td> <td>○</td> <td></td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>4</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>4 未処理</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>								道路管理者						舗装会社							A	B	C	D	E	合計	A	B	C	D	E	F	合計	1 塗膜防水材		○				1						○	1	2 成型目地材						0	○	○				○	3	3 タックコート	○		○	○	○	4	○	○	○	○	○	○	6	4 未処理						0						○	1	5 その他						0							0	
	道路管理者						舗装会社																																																																																																								
	A	B	C	D	E	合計	A	B	C	D	E	F	合計																																																																																																		
1 塗膜防水材		○				1						○	1																																																																																																		
2 成型目地材						0	○	○				○	3																																																																																																		
3 タックコート	○		○	○	○	4	○	○	○	○	○	○	6																																																																																																		
4 未処理						0						○	1																																																																																																		
5 その他						0							0																																																																																																		
5	Q 端部立上り部の処置（基層）																																																																																																														
	A	1 塗膜防水材	2 成型目地材	3 タックコート	4 未処理	5 その他	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">道路管理者</th> <th colspan="6">舗装会社</th> </tr> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>合計</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 塗膜防水材</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2 成型目地材</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>3 タックコート</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>4 未処理</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>								道路管理者						舗装会社							A	B	C	D	E	合計	A	B	C	D	E	F	合計	1 塗膜防水材	○	○	○	○	○	5	○	○	○	○	○	○	4	2 成型目地材						0	○	○	○	○	○	○	6	3 タックコート						0		○				○	2	4 未処理						0						○	1	5 その他						0							0	
	道路管理者						舗装会社																																																																																																								
	A	B	C	D	E	合計	A	B	C	D	E	F	合計																																																																																																		
1 塗膜防水材	○	○	○	○	○	5	○	○	○	○	○	○	4																																																																																																		
2 成型目地材						0	○	○	○	○	○	○	6																																																																																																		
3 タックコート						0		○				○	2																																																																																																		
4 未処理						0						○	1																																																																																																		
5 その他						0							0																																																																																																		
6	Q 端部立上り部への処置（表層）																																																																																																														
	A	1 塗膜防水材	2 成型目地材	3 タックコート	4 未処理	5 その他	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">道路管理者</th> <th colspan="6">舗装会社</th> </tr> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>合計</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 塗膜防水材</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>2 成型目地材</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>○</td> <td>3</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3 タックコート</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>○</td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4 未処理</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>								道路管理者						舗装会社							A	B	C	D	E	合計	A	B	C	D	E	F	合計	1 塗膜防水材	○	○				2	○	○	○	○	○	○	3	2 成型目地材	○			○	○	3	○	○	○	○	○	○	5	3 タックコート						0	○		○			○	3	4 未処理						0						○	1	5 その他						0							0	
	道路管理者						舗装会社																																																																																																								
	A	B	C	D	E	合計	A	B	C	D	E	F	合計																																																																																																		
1 塗膜防水材	○	○				2	○	○	○	○	○	○	3																																																																																																		
2 成型目地材	○			○	○	3	○	○	○	○	○	○	5																																																																																																		
3 タックコート						0	○		○			○	3																																																																																																		
4 未処理						0						○	1																																																																																																		
5 その他						0							0																																																																																																		
7	Q 表層と基層の打継目部の位置																																																																																																														
	A	1 ずらす	2 ずらさない	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">道路管理者</th> <th colspan="6">舗装会社</th> </tr> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>合計</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 ずらす</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>4</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>2 ずらさない</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>												道路管理者						舗装会社							A	B	C	D	E	合計	A	B	C	D	E	F	合計	1 ずらす	○	○	○	○	○	4	○	○	○	○	○	○	6	2 ずらさない	○					1							0	3						0							0	4						0							0	5						0							0
	道路管理者						舗装会社																																																																																																								
	A	B	C	D	E	合計	A	B	C	D	E	F	合計																																																																																																		
1 ずらす	○	○	○	○	○	4	○	○	○	○	○	○	6																																																																																																		
2 ずらさない	○					1							0																																																																																																		
3						0							0																																																																																																		
4						0							0																																																																																																		
5						0							0																																																																																																		

1) 設問①：損傷したコンクリート床版の補修材料

道路管理者も舗装会社も最も多い回答は、「Co 系材料」および「樹脂モルタル」であり、それぞれ 3/5 件、4/6 件であった。なお、回答の中の「ポリマーセメントモルタル」は、Co 系材料に含めた。

全ての道路管理者および舗装会社は損傷したコンクリート床版を Co 系材料もしくは樹脂モルタルで補修しており、床版の保全に配慮していることが分かった。

2) 設問②：コンクリート床版補修後の表面の防水層

コンクリート床版の補修後に表層へ防水層を「施工する」と答えた道路管理者は 5/5 件であったのに対し、舗装会社は 5/6 件にとどまった。舗装会社の 1/6 件は「施工しない場合がある」および「その他」を選択しているが、具体的な内容に関しては記述がなかった。

道路管理者は必ず防水層を使用していたが、舗装会社の一部は施工しないという違いが見られた。

3) 設問③：既設基層と打継目部への処置

既設基層と打継目部の処理に用いる材料として、道路管理者で最も多かった回答は「塗膜防水材」であり、3/5 件を占めた。次いで「タックコート」と「未処置」が共に 1/5 件であった。舗装会社では 5/6 件を占めた「タックコート」が最も多く、次いで、「塗膜防水材」と「成型目地材」が共に 1/6 件であった。

舗装会社では必ず既設基層との打継目部に処置を行っていたが、道路管理者の 1 件は未処置であり、両者の違いが見られた。また、使用材料に関しても違いが見られ、道路管理者では塗膜防水材が最も多く使用されているが、舗装会社ではタックコートが多く使用されていた。

4) 設問④：既設表層と打継目部への処置

道路管理者の回答において、最も多かったものは「タックコート」であり 4/5 件を占めていた。次いで、「塗膜防水材」が 1/5 件であった。一方、舗装会社でも最も多かった回答は「タックコート」で 6/6 件。次いで「成型目地材」が 3/6 件と多く、「塗膜防水材」と「未処置」は共に 1/6 件であった。

以上の集計結果より、ほとんどの道路管理者および舗装会社で打継目部に処置を行っており、施工打継目部の止水を考慮していることが分かった。使用材料に関しては、両者ともにタックコートが最も多いが、舗装会社は成型目地材も使用している違いが見られた。また、舗装会社では既設に合わせて未処置にする場合もあることが分かった。

5) 設問⑤：端部立上り部への処置（基層部分）

道路管理者の回答は「塗膜防水材」が 5/5 件であったのに対し、舗装会社は「成型目地材」が 6/6 件、次いで「塗膜防水材」が 4/6 件、「タックコート」は 2/6 件であった。

また、舗装会社の 1/6 件は既設に合わせて「未処置」を選択すると回答していた。ほとんどの道路管理者および舗装会社は端部立上り部の基層部分に処置を行っており、施工打継目部の止水を考慮していることが分かった。また、使用材料は、舗装会社は塗膜防水材の一択であったのに対し、舗装会社は成型目地材や

タックコートも使用しており，両者に違いが見られた。

6) 設問⑥：端部立上り部への処置（表層部分）

道路管理者の回答で最も多かったものは「成型目地材」であり，3/5 件を占めた。次いで，「塗膜防水材」が 2/5 件であった。一方，舗装会社で最も多かった回答は，「成型目地材」で 5/6 件となった。次いで，「塗膜防水材」および「タックコート」が 3/6 件であった。残りの 1/6 件は既設に応じて「未処置」を選択していた。

以上の集計結果から，ほとんどの道路管理者および舗装会社で端部立上り部に処置を行っており，施工立上り部の止水を考慮していることが分かった。また，使用材料に関しては，割合は異なるが，主流は成型目地材であり，次いで塗膜防水材となった。

舗装会社はタックコートも使用しており，使用材料に関してもわずかに違いが見られた。舗装会社では，既設に応じて「未処置」にする場合もあることが分かった。

7) 設問⑦：表層と基層の打継目部の位置

表層と基層の打継目部を「ずらす」と回答した道路管理者は 4/5 件であったのに対し，舗装会社は 6/6 件であった。

道路管理者より舗装会社の方が，表層の打継位置に配慮していることが分かった。

(4) 床版（鉄筋下部まで）まで打換える場合

床版（鉄筋下部まで）まで打換える場合（図-2.9）のアンケート結果を表-2.17、表-2.18 に示す。



図-2.9 床版（鉄筋下部まで）まで打換える場合の模式図

表-2.17 床版（鉄筋下部まで）まで打換える場合のアンケート結果

設問		回答結果												
1	Q 損傷したコンクリートの補修材	道路管理者						舗装会社						
	<p>設問1: 損傷した コンクリート床版</p> <p>既設・ 既設基層 既設防水層</p> <p>上部鉄筋</p> <p>コンクリート床版</p> <p>A 1 Co系材料 2 樹脂モルタル 3 補修しない 4 その他</p>	A	B	C	D	E	合計	A	B	C	D	E	F	合計
		1 Co系材料					3							5
		2 樹脂モルタル		○			1						○	1
		3 補修しない					0							0
		4 その他	○				1							0
		<p>道路管理者: 3 Co系材料, 1 樹脂モルタル, 0 補修しない, 1 その他</p> <p>舗装会社: 5 Co系材料, 1 樹脂モルタル, 0 補修しない, 0 その他</p>												
2	Q 床版補修後の表面の防水層	道路管理者						舗装会社						
	<p>設問2: コンクリート床版 補修後の表面</p> <p>既設表層 既設基層 既設防水層</p> <p>上部鉄筋</p> <p>コンクリート床版</p> <p>A 1 施工する 2 施工しない場合がある 3 その他</p>	A	B	C	D	E	合計	A	B	C	D	E	F	合計
		1 施工する					5							5
		2 施工しない場合がある					0							0
		3 その他					0						○	1
		<p>道路管理者: 5 施工する, 0 施工しない場合がある, 0 その他</p> <p>舗装会社: 5 施工する, 0 施工しない場合がある, 1 その他, 0 0</p>												
3	Q 既設基層と打継目の処理	道路管理者						舗装会社						
	<p>設問3: 既設基層と打継目</p> <p>既設表層 既設基層 既設防水層</p> <p>上部鉄筋</p> <p>コンクリート床版</p> <p>A 1 塗膜防水材 2 成型目地材 3 タックコート 4 未処理 5 その他</p>	A	B	C	D	E	合計	A	B	C	D	E	F	合計
		1 塗膜防水材	○	○			2	○						2
		2 成型目地材					0			○			○	2
		3 タックコート		○	○		2		○	○	○	○	○	5
		4 未処理				○	1						○	1
		5 その他					0							0
		<p>道路管理者: 2 塗膜防水材, 0 成型目地材, 2 タックコート, 1 未処理, 0 その他</p> <p>舗装会社: 2 塗膜防水材, 2 成型目地材, 5 タックコート, 1 未処理, 0 その他</p>												

表-2.18 床版（鉄筋下部まで）まで打換える場合のアンケート結果

設問		回答結果																																																																																														
<p>Q 既設表層と打継目部の処置</p> <p>設問4: 既設表層と打継目</p> <p>表層 基層 既設表層 既設基層 既設防水層</p> <p>上部鉄筋</p> <p>コンクリート床版</p> <p>A 1 塗膜防水材 2 成型目地材 3 タックコート 4 未処理 5 その他</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 塗膜防水材</td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2 成型目地材</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3 タックコート</td> <td>○</td> <td></td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>4</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>4 未処理</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>道路管理者</p> <p>舗装会社</p> <p>0% 20% 40% 60% 80% 100%</p> <p>■ 塗膜防水材 ■ 成型目地材 ■ タックコート ■ 未処理 ■ その他</p>		道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 塗膜防水材		○				1						○	1	2 成型目地材						0	○	○				○	3	3 タックコート	○		○	○	○	4	○	○	○	○	○	○	6	4 未処理						0						○	1	5 その他						0							0
				道路管理者					合計	舗装会社						合計																																																																																
		A		B	C	D	E	A		B	C	D	E	F																																																																																		
1 塗膜防水材		○				1						○	1																																																																																			
2 成型目地材						0	○	○				○	3																																																																																			
3 タックコート	○		○	○	○	4	○	○	○	○	○	○	6																																																																																			
4 未処理						0						○	1																																																																																			
5 その他						0							0																																																																																			
<p>Q 端部立上り部の処置（基層）</p> <p>設問5: 端部立上り部</p> <p>基層 既設表層 既設基層 既設防水層</p> <p>上部鉄筋</p> <p>コンクリート床版</p> <p>A 1 塗膜防水材 2 成型目地材 3 タックコート 4 未処理 5 その他</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 塗膜防水材</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2 成型目地材</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>3 タックコート</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>4 未処理</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>道路管理者</p> <p>舗装会社</p> <p>0% 20% 40% 60% 80% 100%</p> <p>■ 塗膜防水材 ■ 成型目地材 ■ タックコート ■ 未処理 ■ その他</p>		道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 塗膜防水材	○	○	○	○	○	5	○	○	○	○	○	○	4	2 成型目地材						0	○	○	○	○	○	○	6	3 タックコート						0			○			○	2	4 未処理						0						○	1	5 その他						0							0
				道路管理者					合計	舗装会社						合計																																																																																
		A		B	C	D	E	A		B	C	D	E	F																																																																																		
1 塗膜防水材	○	○	○	○	○	5	○	○	○	○	○	○	4																																																																																			
2 成型目地材						0	○	○	○	○	○	○	6																																																																																			
3 タックコート						0			○			○	2																																																																																			
4 未処理						0						○	1																																																																																			
5 その他						0							0																																																																																			
<p>Q 端部立上り部への処置（表層）</p> <p>設問6: 端部立上り部</p> <p>表層 基層 既設表層 既設基層 既設防水層</p> <p>上部鉄筋</p> <p>コンクリート床版</p> <p>A 1 塗膜防水材 2 成型目地材 3 タックコート 4 未処理 5 その他</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 塗膜防水材</td> <td></td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> <td>3</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>2 成型目地材</td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>2</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3 タックコート</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4 未処理</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5 その他</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>道路管理者</p> <p>舗装会社</p> <p>0% 20% 40% 60% 80% 100%</p> <p>■ 塗膜防水材 ■ 成型目地材 ■ タックコート ■ 未処理 ■ その他</p>		道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 塗膜防水材		○	○	○		3	○	○	○	○	○	○	3	2 成型目地材		○			○	2	○	○	○	○	○	○	5	3 タックコート						0	○	○				○	3	4 未処理						0						○	1	5 その他						0							0
				道路管理者					合計	舗装会社						合計																																																																																
		A		B	C	D	E	A		B	C	D	E	F																																																																																		
1 塗膜防水材		○	○	○		3	○	○	○	○	○	○	3																																																																																			
2 成型目地材		○			○	2	○	○	○	○	○	○	5																																																																																			
3 タックコート						0	○	○				○	3																																																																																			
4 未処理						0						○	1																																																																																			
5 その他						0							0																																																																																			
<p>Q 表層と基層の打継目部の位置</p> <p>設問7 ずらす</p> <p>表層 基層 既設表層 既設基層 既設防水層</p> <p>上部鉄筋</p> <p>コンクリート床版</p> <p>A 1 ずらす 2 ずらさない</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">道路管理者</th> <th rowspan="2">合計</th> <th colspan="6">舗装会社</th> <th rowspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 ずらす</td> <td>○</td> <td></td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>4</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>2 ずらさない</td> <td></td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>道路管理者</p> <p>舗装会社</p> <p>0% 20% 40% 60% 80% 100%</p> <p>■ ずらす ■ ずらさない</p>		道路管理者					合計	舗装会社						合計	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	1 ずらす	○		○	○	○	4	○	○	○	○	○	○	6	2 ずらさない		○				1							0	3														4														5													
				道路管理者					合計	舗装会社						合計																																																																																
		A		B	C	D	E	A		B	C	D	E	F																																																																																		
1 ずらす	○		○	○	○	4	○	○	○	○	○	○	6																																																																																			
2 ずらさない		○				1							0																																																																																			
3																																																																																																
4																																																																																																
5																																																																																																

1) 設問①：損傷したコンクリート床版の補修材料

道路管理者の最も多い回答は、「Co 系材料」であり、全体の 3/5 件であった。次いで「樹脂モルタル」および「その他」が共に 1/5 件であった。道路管理者の「その他」には「補修厚さとボリュームによる」と回答されていた。舗装会社は「Co 系材料」が 5/6 件を占め、「樹脂モルタル」は 1/6 件であった。

全ての道路管理者および舗装会社は損傷したコンクリート床版を Co 系材料もしくは樹脂モルタルで補修しており、床版の保全に配慮していることが分かった。使用材料に関しては、割合は異なるが Co 系材料が主流であった。

2) 設問②：コンクリート床版補修後の表面の防水層

コンクリート床版の補修後に表層へ防水層を「施工する」と答えた道路管理者は 5/5 件であったのに対し、舗装会社は 5/6 件であった。舗装会社の残りの 1/6 件は「その他」を選択しているが、具体的な内容に関しては記述がなかった。

道路管理者は必ず防水層を使用していたが、舗装会社の一部は施工しないという違いが見られた。

3) 設問③：既設基層と打継目部への処置

既設基層と打継目部の処理に用いる材料として、道路管理者で最も多かった回答は「タックコート」および「塗膜防水材」2/5 の件であった。次いで「未処置」は 1/5 件であった。舗装会社は「タックコート」が最も多く 5/6 件を占めた。次いで、「塗膜防水材」と「成型目地材」が共に 2/6 件で、「未処置」は 1/6 件であった。

以上の集計結果から、両者には処理の有無および使用材料に違いが見られた。

4) 設問④：既設表層と打継目部への処置

道路管理者の回答において、最も多かったものは「タックコート」であり 4/5 件を占めていた。次いで、「塗膜防水材」が 1/5 件であった。一方、舗装会社でも最も多かった回答は「タックコート」で 5/6 件であった。次いで「成型目地材」が 3/6 件であり、「塗膜防水材」と「未処置」は共に 1/6 件であった。以上の集計結果より、ほとんどの道路管理者および舗装会社で打継目部に処置を行っており、施工打継目部の止水を考慮していることが分かった。使用材料に関しては、両者ともにタックコートが最も多いが、舗装会社は成型目地材も使用している違いが見られた。また、舗装会社では既設に合わせて未処置にする場合もあることが分かった。

5) 設問⑤：端部立上り部への処置（基層部分）

道路管理者の回答は「塗膜防水材」が 5/5 件であったのに対し、舗装会社は「成型目地材」が 6/6 件、次いで「塗膜防水材」が 4/6 件、「タックコート」は 2/6 件であった。

また、舗装会社の 1/6 件は既設に合わせて「未処置」を選択すると回答していた。ほとんどの道路管理者および舗装会社は端部立上り部の基層部分に処置を行っており、施工打継目部の止水を考慮していることが

分かった。また、使用材料は、道路管理者は塗膜防水材の一択であったのに対し、舗装会社は成型目地材やタックコートも使用しており、両者に違いが見られた。

6) 設問⑥：端部立上り部への処置（表層部分）

道路管理者の回答で最も多かったものは「塗膜防水材」であり、3/5 件を占めた。次いで、「成型目地材」が2/5 件であった。一方、舗装会社で最も多かった回答は、「成型目地材」で5/6 件であった。次いで、「塗膜防水材」および「タックコート」が共に3/6 件であった。残りの1/6 件は既設に応じて「未処置」を選択していた。

以上の集計結果から、ほとんどの道路管理者および舗装会社で端部立上り部に処置を行っており、施工立上り部の止水を考慮していることが分かった。また、使用材料に関しては、割合は異なるが、主流は成型目地材であり、次いで塗膜防水材となった。

舗装会社はタックコートも使用しており、使用材料に関してもわずかに違いが見られた。舗装会社では、既設に応じて「未処置」にする場合もあることが分かった。

7) 設問⑦：表層と基層の打継目部の位置

表層と基層の打継目部を「ずらす」と回答した道路管理者は4/5 件であったのに対し、舗装会社は6/6 件であった。

道路管理者より舗装会社の方が、表層の打継位置に配慮していることが分かった。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道・防災課：橋梁定期点検要領, 2014.6

3. 橋面舗装から RC 床版への水の浸入経路に関する調査

3.1 概要

北海道・東北・北陸地方の9橋を対象に、橋面舗装の防水性に関する実態調査を行った。調査を実施した順に A 橋～I 橋とし、橋梁の諸元を表-3.1 に、位置図を図-3.1 に示す。

橋梁の建設年度は、1950 年代～1970 年代のものが多く、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、A, B, C 橋は、後年の補修時に床版防水層が敷設されている。さらに、アスファルト舗装部は2層構成が現在では標準となっているが、C, D, E, G, H, I 橋は概ね6cmのアスファルト舗装1層構成であった。

表-3.1 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	1988年	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ポステン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	ポステンT桁ランガー橋	426m	7.5m	密粒度 6cm	なし
E	富山県富山市	1972年	3径間鋼合成単純鉄桁橋	88m	9m	密粒度 6cm	なし
F	北海道苫小牧市	1998年	2,3径間連続非合成鉄桁橋	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, 単純合成鉄桁橋	400.6m	5.5m	密粒度 6cm	なし
H	宮城県仙台市	1973年	3径間連続非合成鉄桁橋	101m	7m	密粒度 6cm	シート防水
I	宮城県石巻市	1959年	単純ゲルバー鉄桁橋, 鋼ランガーアーチ橋	367.7m	6m	密粒度 6cm	シート防水

*舗装厚は実測値による概算

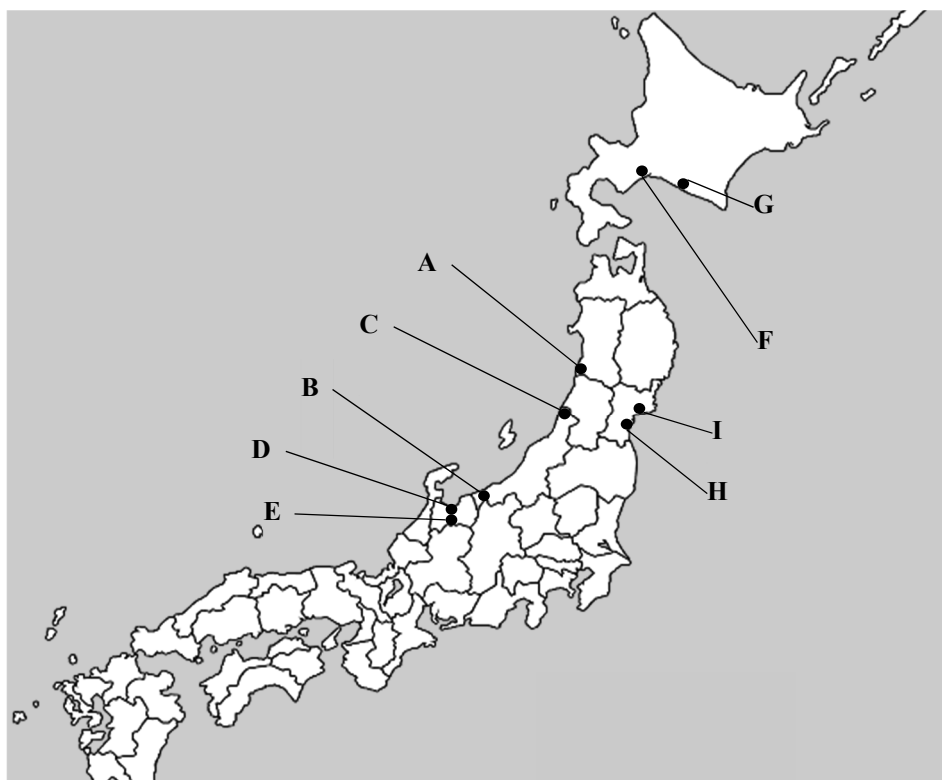


図-3.1 調査対象橋梁位置図

3.2 調査内容

各橋梁にて実施した調査項目を表-3.2 に示す。C 橋から I 橋については、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目視調査を行った。

表-3.2 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	○	○	○	○	○	○	○	○	○

また、A 橋から I 橋までの全ての橋梁において、舗装コアの採取を行った。コア採取時には、開孔部の床版面の水分の有無を確認するため、乾式カッターを用いて削孔を行った。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。コア採取位置のイメージは、図-3.2 に示すとおりである。健全部としては、車道上ひび割れ等の損傷がない①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施工打継目部、⑤伸縮装置近傍、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、D, E 橋については、コア採取時の舗装と床版の付着状況および、開孔部への水の浸入の有無について目視観察を行った。さらに G, H, I 橋については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た。なお、水分量はカウント値で測定しており、提案されているカウント値の目安は表-3.3 のとおりである¹⁾。

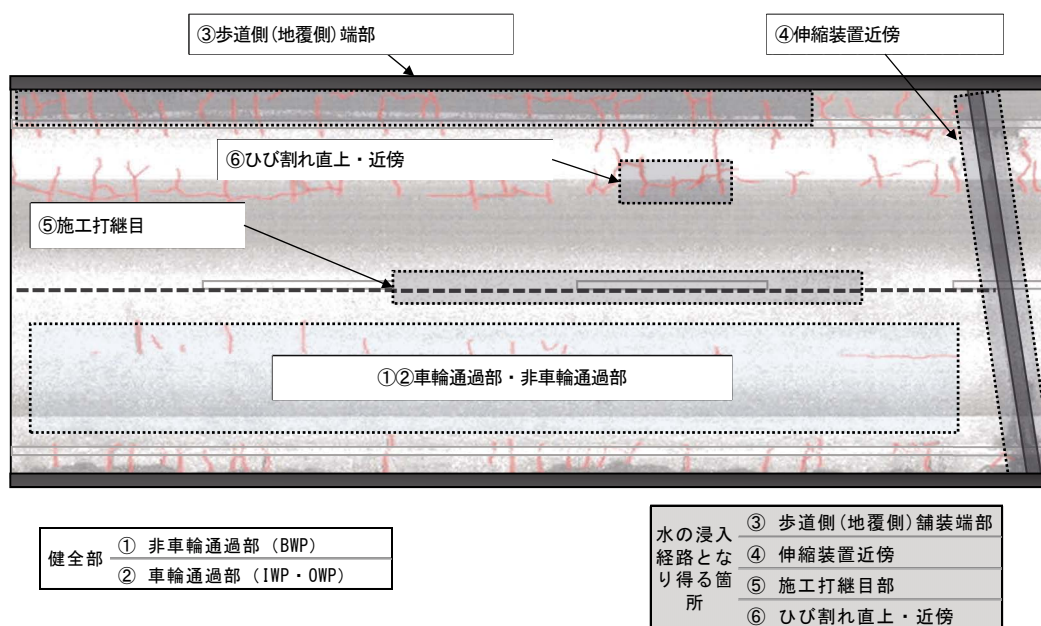


図-3.2 舗装コア採取位置イメージ図

表-3.3 水分量とカウント値の関係¹⁾

コンクリート表面の水分状態	カウント値の目安		
① 絶乾状態	10	～	55
② 乾燥状態	60	～	132
③ 表面乾燥状態	137	～	230
④ 湿潤状態	235	～	520
⑤ 滞水状態	521	～	744

3.3 各橋梁ごとの調査結果

3.3.1 A 橋の調査結果

(1) A 橋のコア採取箇所

A 橋では、アスファルト舗装のコア採取による調査を行った。図-3.3 に A 橋のコア採取箇所を示す。

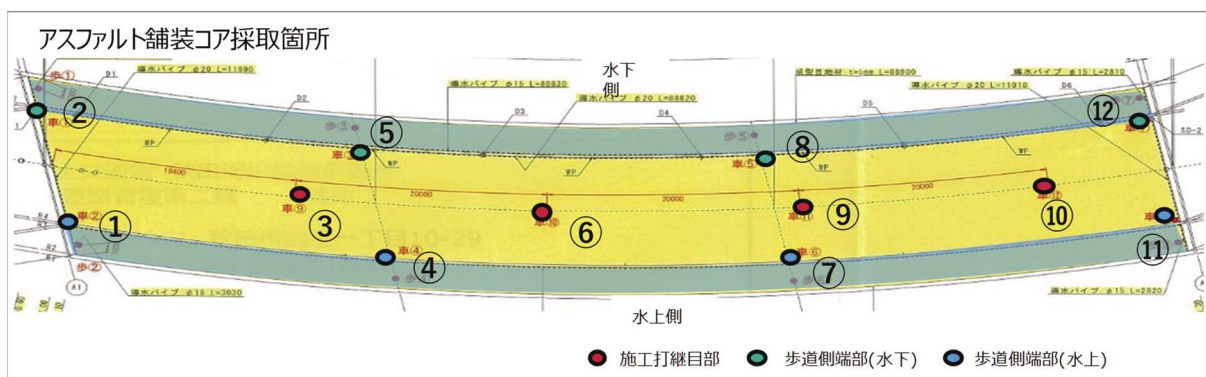


図-3.3 A 橋のアスファルト舗装コア採取位置

A 橋では車線中央部の 1) 施工打継目および 2) 歩道側端部（水上及び水下）3) 伸縮装置近傍にて計 12 個のアスファルト舗装コアを採取した。なお本橋のアスファルト舗装は表層，基層からなる 2 層構成だったので，舗装コアを表層と基層に切断し，それぞれ試験を行った。

(2) 採取コアを用いた室内試験結果

図-3.4，図-3.5 にアスファルト舗装コアの密度試験結果を示す。

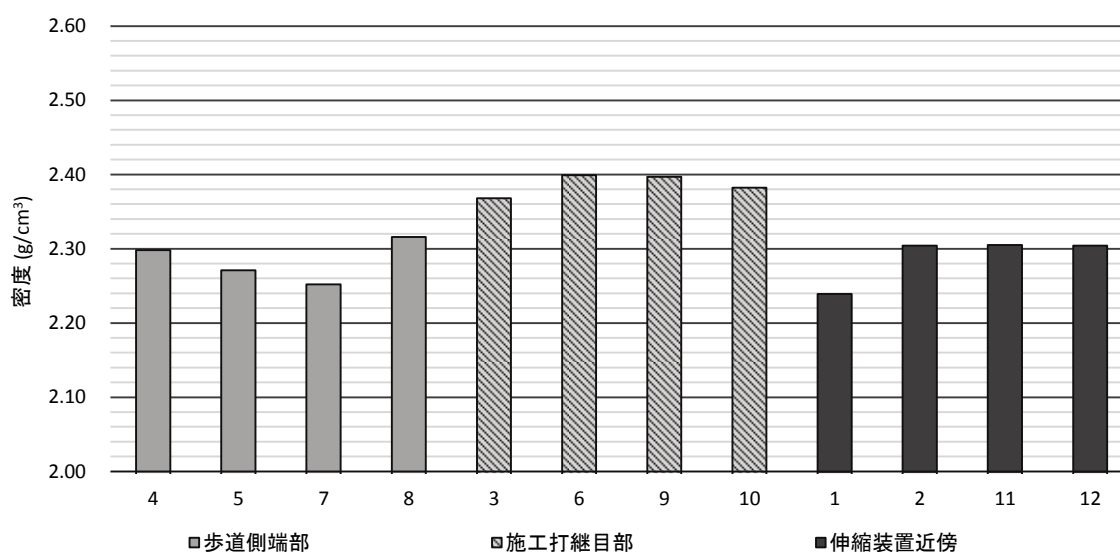


図-3.4 A 橋の密度試験結果（表層）

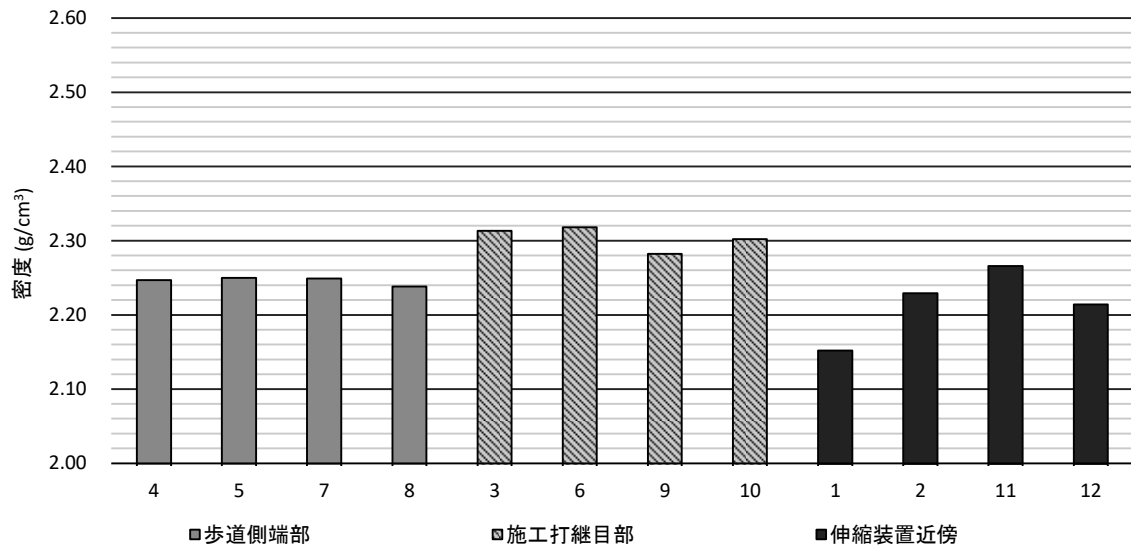


図-3.5 A橋の密度試験結果（基層）

密度については、表層部・基層部とも施工打継目部(車道中央)に比べ、歩道側端部および、伸縮装置近傍の密度が低い結果となっている。

次に加圧透水試験の結果を図-3.6, 図-3.7 に示す.

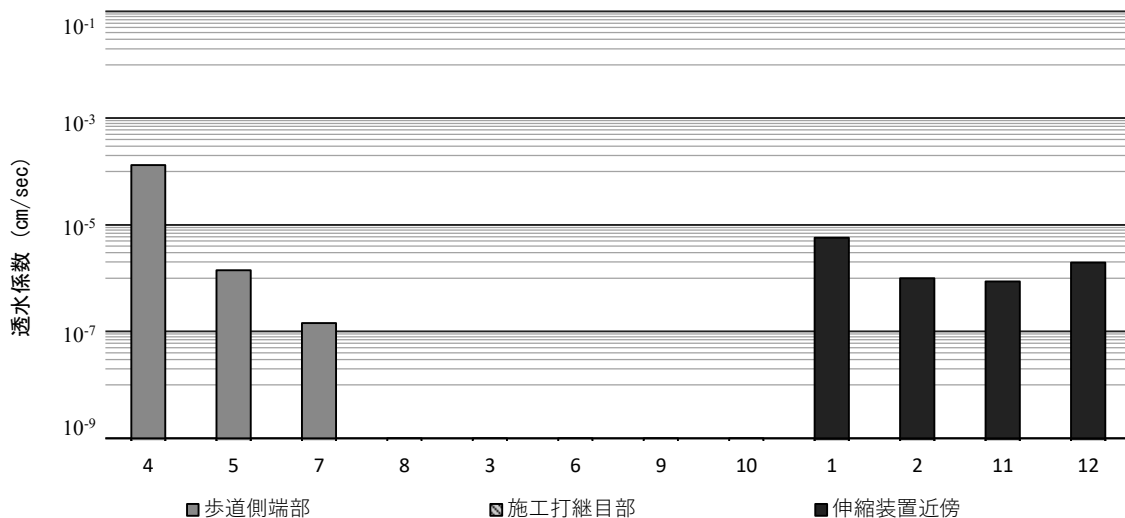


図-3.6 A橋の加圧透水試験結果（表層）

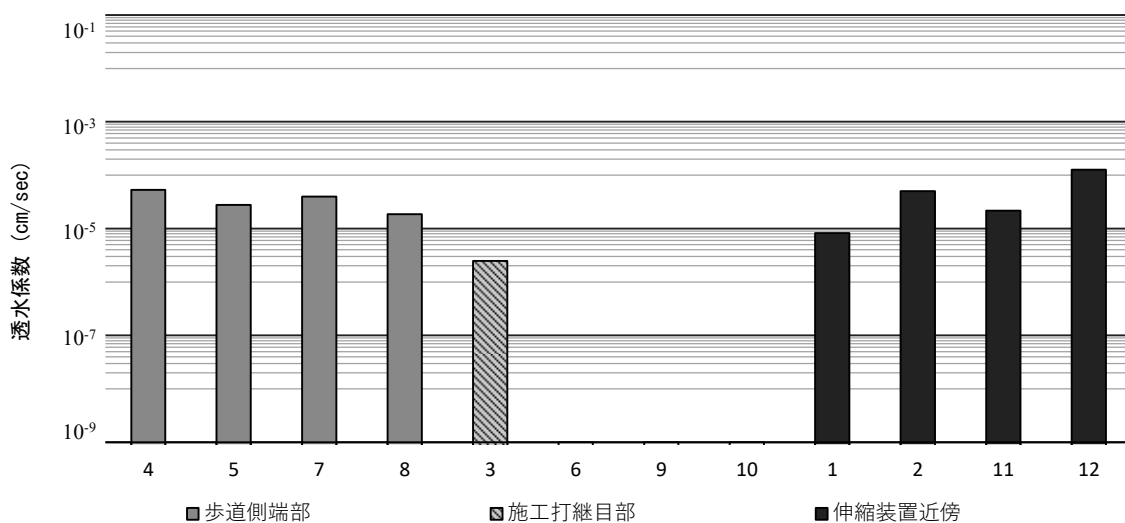


図-3.7 A橋の加圧透水試験結果（基層）

試験結果より、表層の透水係数は、施工打継目部は全て不透水、歩道側端部と伸縮装置近傍は透水係数 $10^{-7} \sim 10^{-4} \text{cm/sec}$ 程度の低い透水性が確認された。

基層の透水係数は、施工打継目は概ね不透水、歩道側・伸縮装置近傍は透水係数 10^{-5}cm/sec 程度の低い透水性が確認された。また基層は粗粒度アスファルト混合物であるため、密粒度アスファルト混合物の表層よりも透水性は高い傾向がみられる。

3.3.2 B 橋の調査結果

(1) B 橋のコア採取箇所

B 橋ではアスファルト舗装のコア採取による調査を行った。図-3.8 に B 橋のコア採取箇所を示す。B 橋ではひび割れ等の損傷のない比較的健全な 1) 非車輪通過部 2) 車輪通過部, また水の浸入経路となりうる 3) 施工打継目および 4) 歩道側端部にて計 21 個のアスファルト舗装コアを採取した。なお本橋のアスファルト舗装は表層, 基層, レベリング層からなる舗装構成だったので, 舗装コアを表層と基層に切断し, それぞれ試験を行った。

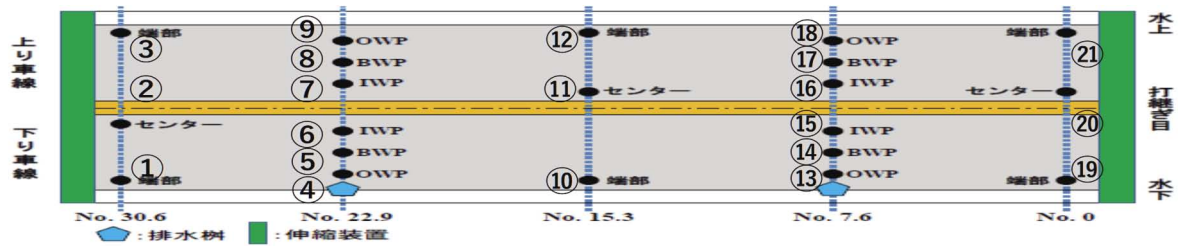


図-3.8 B 橋のアスファルト舗装コア採取位置

写真-3.1 に採取したアスファルト舗装コアの 1 例を示す。写真のとおり, 基層下に厚いレベリング層があり, 底面部は大きな凹凸があることから, 床版に不陸があったものと考えられる。

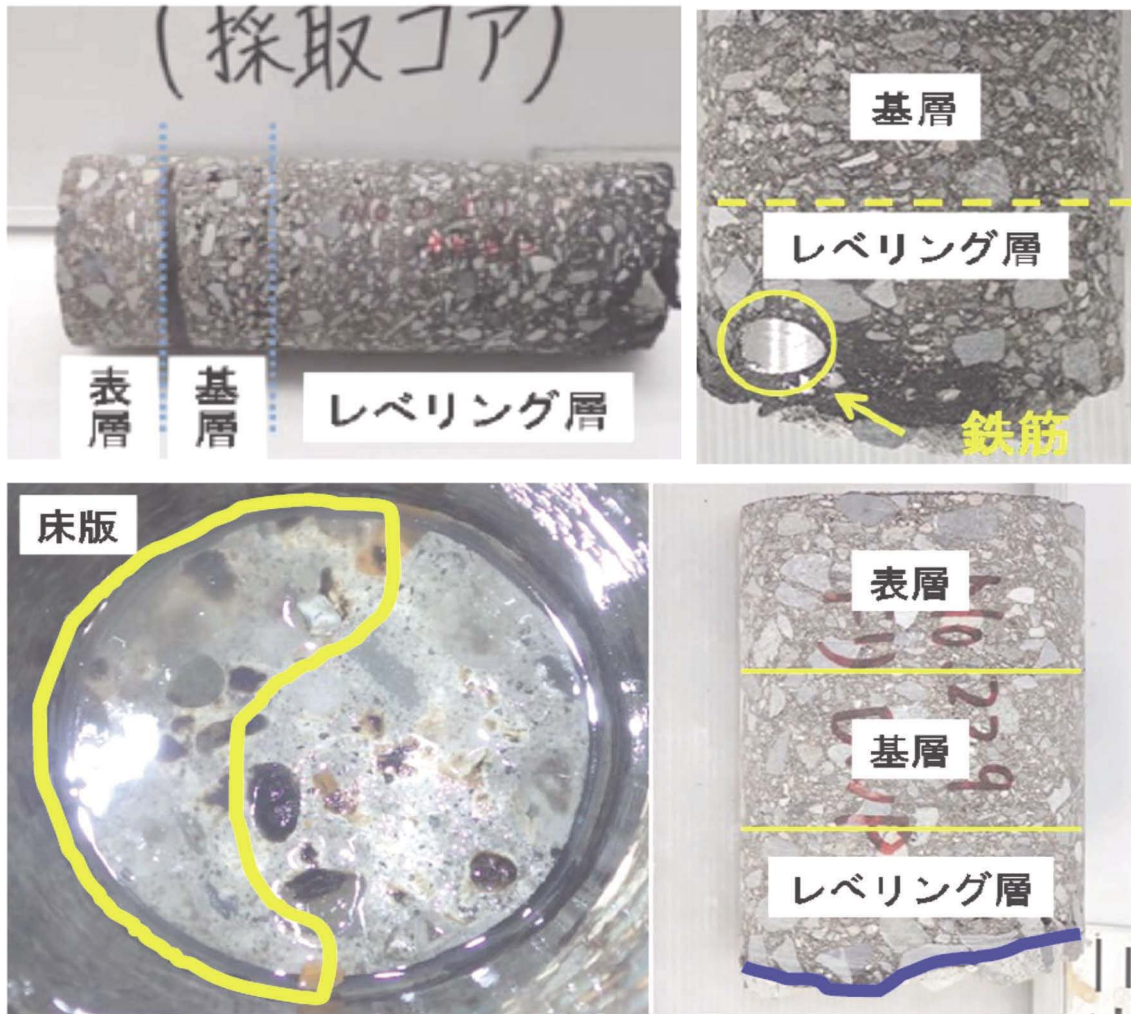


写真-3.1 B橋のアスファルト舗装コア

(左下：黄囲い部が凹となり水が溜まっている 右下：レベリング層下部が不陸の形状)

(2) 採取コアを用いた室内試験結果

図-3.9, 図-3.10 にアスファルト舗装コアの密度試験結果を示す。

密度については、健全部（車輪通過部・非車輪通過部）に比べ、施工打継目はやや小さく、歩道側端部はさらに小さい値となっている。また、表層と基層の密度試験の結果は同様の傾向となっている。

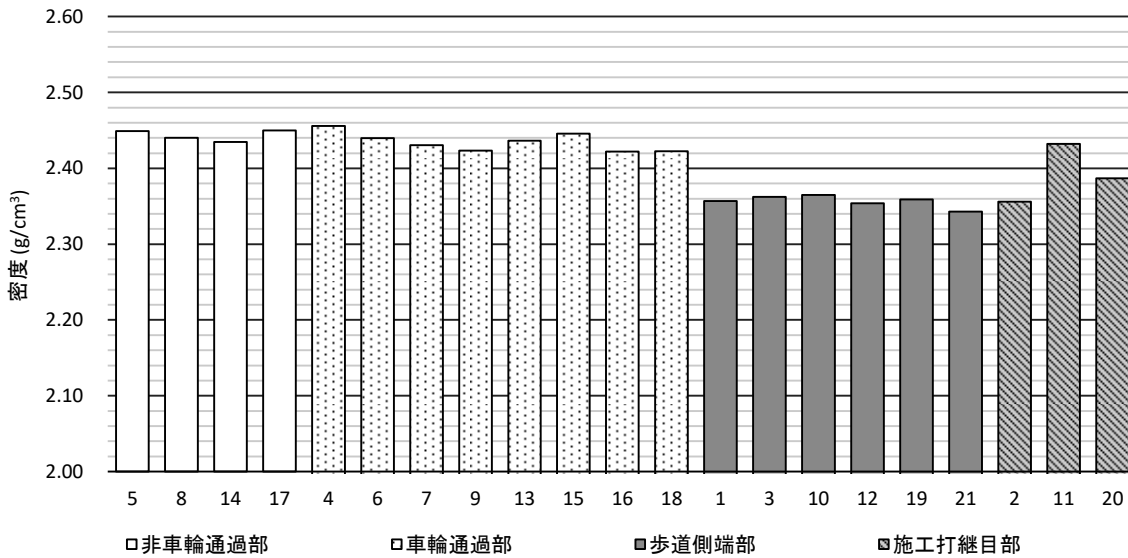


図-3.9 B橋の密度試験結果（表層）

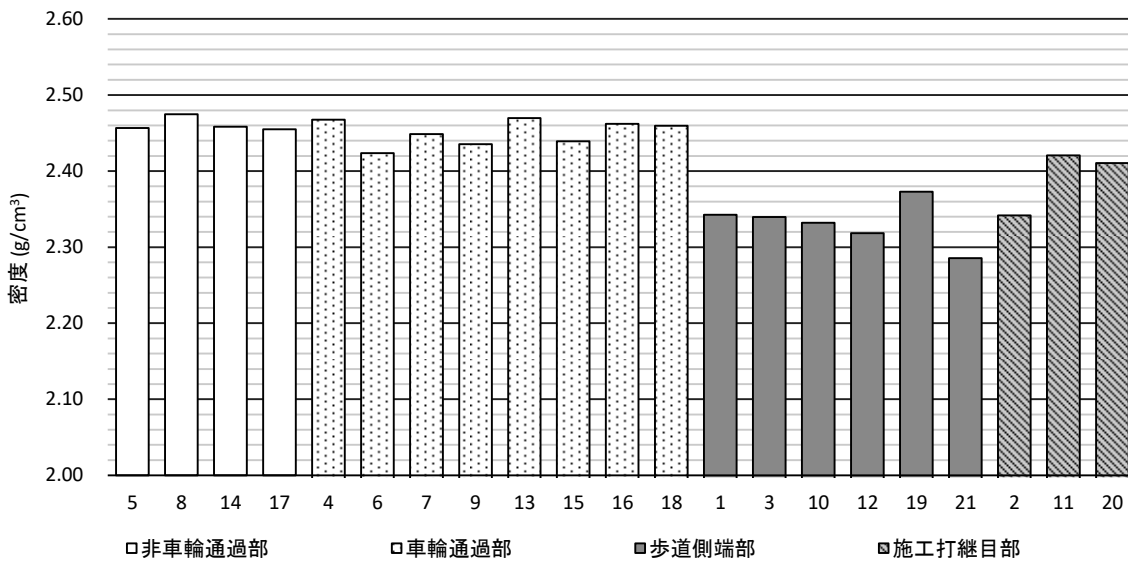


図-3.10 B橋の密度試験結果（基層）

次に加圧透水試験の結果を図-3.11, 図-3.12 に示す.

試験の結果より, 表層の透水係数は, 歩道側端部と施工打継目の一部は透水係数がやや高く, 健全部は概ね不透水となっている. また表層と基層の試験結果は概ね同様の傾向がみられる.

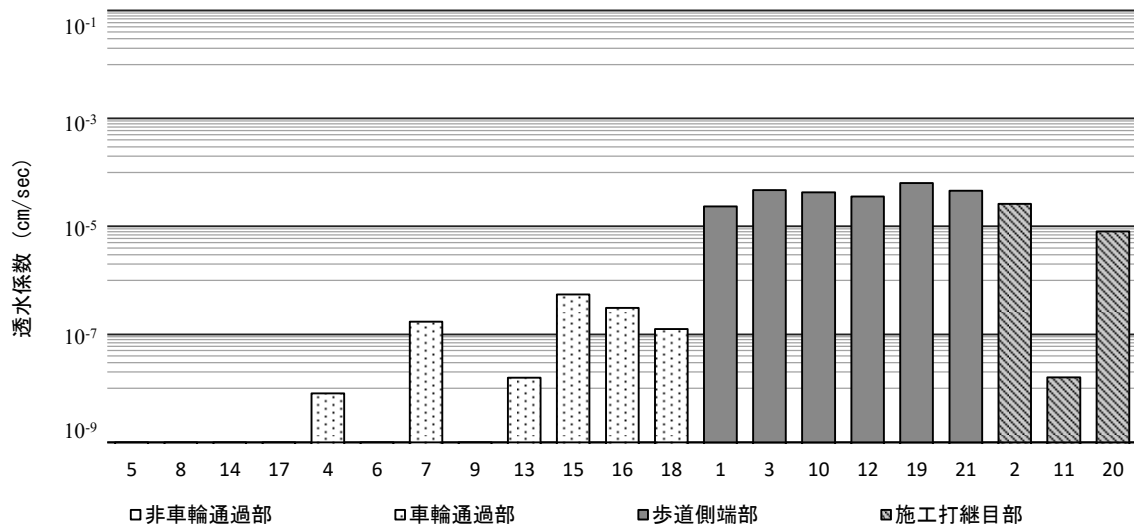


図-3.11 B橋の加圧透水試験結果 (表層)

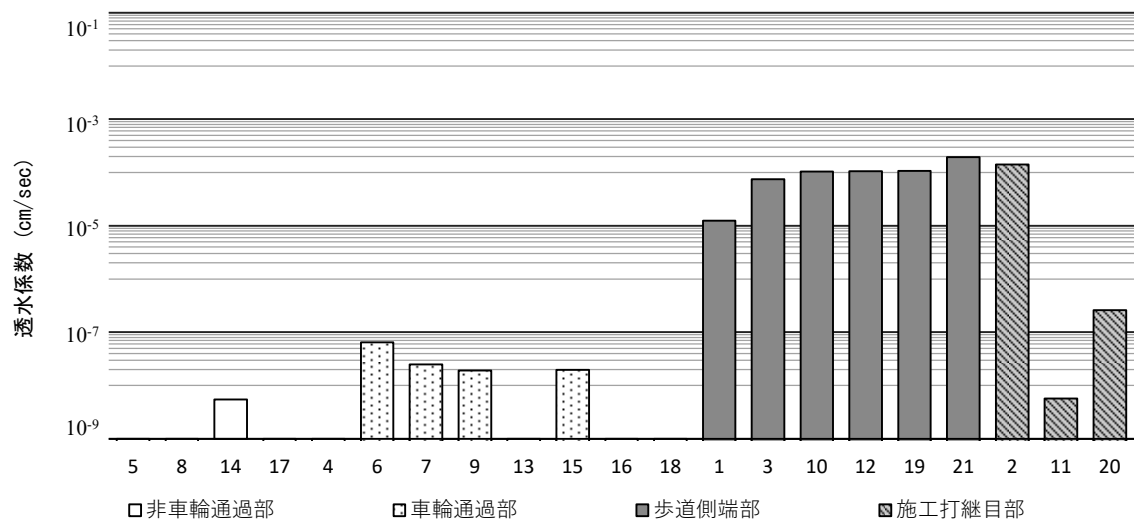


図-3.12 B橋の加圧透水試験結果 (基層)

3.3.3 C橋の調査結果

(1) C橋のコア採取位置および目視調査結果

C橋では、アスファルト舗装撤去前の路面および撤去後のコンクリート床版上面の目視調査、舗装コア採取による調査を行った。図-3.13に路面の損傷状況およびコア採取位置、写真-3.2に路面の損傷状況、写真-3.3に床版上面の目視調査の状況を示す。

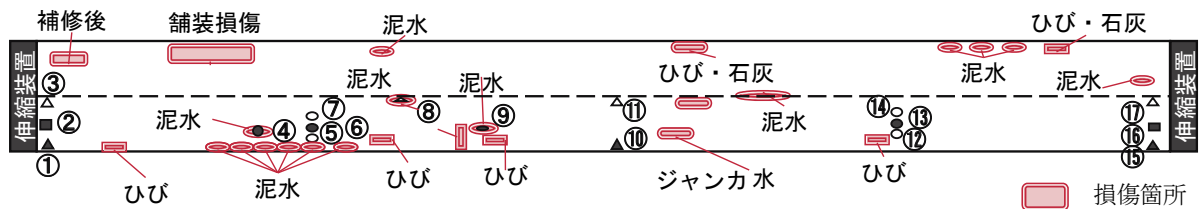


図-3.13 C橋のアスファルト舗装コア採取位置

C橋は、調査の4年前に舗装の切削オーバーレイを実施していたため、舗装路面に大きなひび割れやわだち掘れといった損傷は見られなかったが、施工打継目部や微細なひび割れから泥水の噴出が見られた。

さらに、舗装切削時には、舗装と歩車道ブロックの接着不良、防水層の剥がれや劣化、床版の湿潤状態が見られた。特に、歩道側端部においては、歩車道ブロックの下面から水の浸入が見られ、近傍の床版上面が湿潤・状態となっていた。舗装切削後の床版上面は土砂化進行箇所が多数存在し、鉄筋が露出している箇所も見られた。



(a) 路面全体



(b) 泥水噴出状況

写真- 3.2 C 橋の路面損傷状況



(a) 床板土砂化



(b) 床版防水層の剥離

写真- 3.3 C 橋の床版上面損傷状況

(2) 採取コアを用いた室内試験結果

図-3.14 にアスファルト舗装コアの密度試験結果, 図-3.15 に加圧透水試験結果を示す.

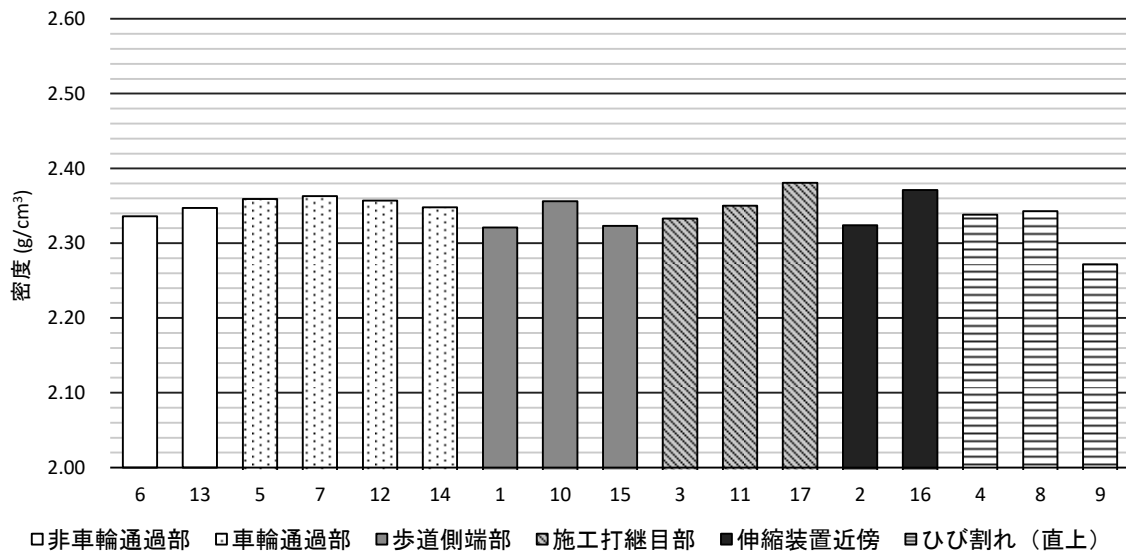


図-3.14 C橋の密度試験結果

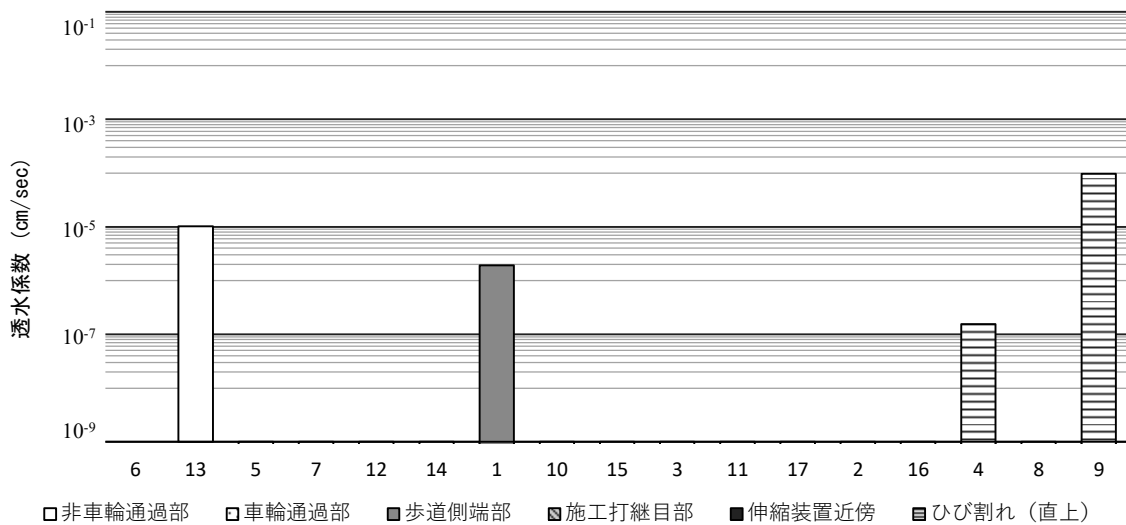


図-3.15 C橋の加圧透水試験結果

密度試験の結果を見ると, 採取場所によらず密度の差は小さくなっている.

透水係数については不透水のものが多いが, 一部 $10^{-5} \sim 10^{-7} \text{cm/s}$ 以上の透水係数となっていた. 特に No.9 のコアは密度が小さく, 透水係数が高い結果となっている. No.9 のコアは細粒分が噴出していた箇所から採取したもので, 微細な貫通ひび割れがあったため, 密度が小さく, 透水係数が高くなったものと考えられる.

3.3.4 D橋の調査結果

(1) D橋のコア採取位置および目視調査結果

D橋では、アスファルト舗装撤去前の路面および撤去後のコンクリート床版面の目視調査、コア採取による調査を行った。

図-3.16にコア採取位置、写真-3.4に路面の損傷状況を示す。

路面の損傷状況は、ほぼ全面に線状のひび割れが見られ、注入工法による補修がなされていた。

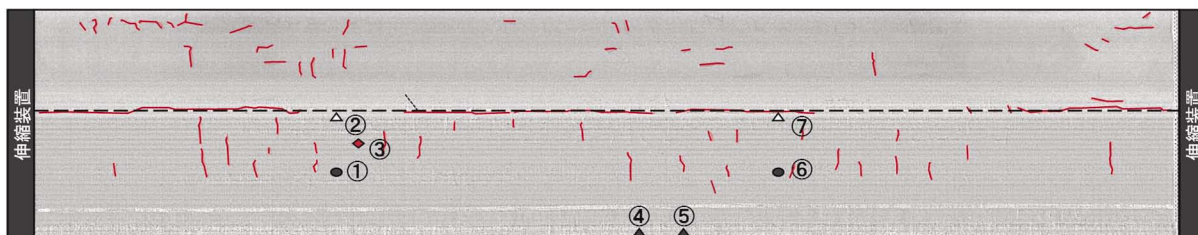


図-3.16 D橋のアスファルト舗装コア採取位置



写真-3.4 D橋の路面損傷状況

次に、コア採取時の開孔部の水浸状況、およびアスファルト舗装と床版面の付着状況を写真- 3.5、表- 3.4 に示す。



⑥非車輪通行部（浸水なし）



④地覆側端部（浸水あり）



②施工打継目部（浸水あり）



③ひび割れ直上部（浸水なし）

写真- 3.5 D橋のコア開孔部の浸水状況

表-3.4 D橋のコア開孔部の層間付着および浸水状況

採取位置	D橋			
	付着	破壊面	水の浸入	
非車輪 通過部	1 6	良 良	AS層-床版界面 AS層-床版界面	無 無
地覆側 端部	4	不良	AS層-床版界面	有
	5	不良	AS層-床版界面	有
施工 打継目部	2	良	AS層-床版界面	有
	7	良	AS層材料	有
ひび割れ 直上	3	良	AS層材料	無

開孔部調査の結果、健全部（非車輪通過部）およびひび割れ直上では水の浸入は見られなかったが、その他の場所では水の浸入が見られた。特に、地覆側端部では舗装と床版もほぼ剥離している状態だった。

さらに、D橋では、地覆側端部1か所、施工打継目部2か所にて、部分的に舗装の切削を行い床版上面の調査を行った。写真-3.6に示すように、床版上面は細かいひび割れや、地覆端部近傍において滞水の跡が見られたが、土砂化等の大きな損傷は見られず、概ね健全な状態だったといえる。



写真-3.6 D橋の床版上面損傷状況

(2) 採取コアの室内試験結果

図-3.17 にアスファルト舗装コアの密度試験結果，図-3.18 に加圧透水試験結果を示す。

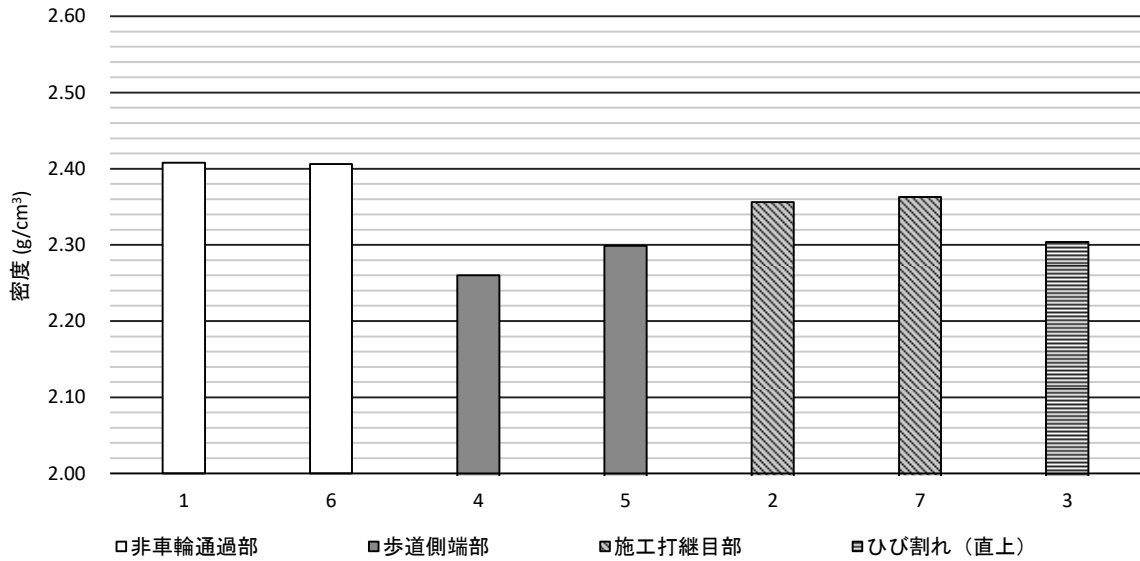


図-3.17 D 橋の密度試験結果

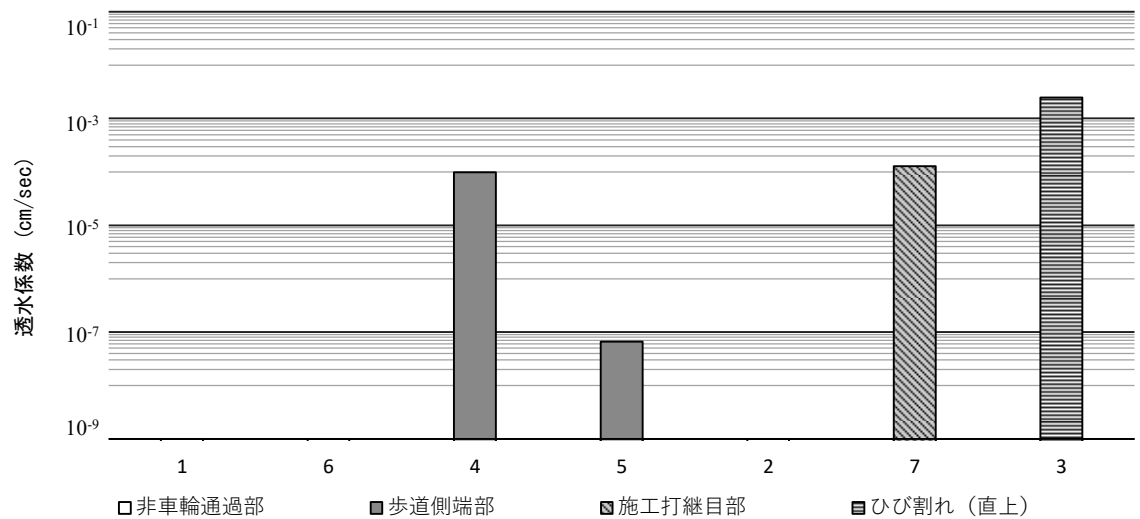


図-3.18 D 橋の加圧透水試験結果

密度については，健全部（非車輪通行部）に比べ，歩道側端部，施工打継目，ひび割れ部の値が小さくなっており，特に歩道側端部の密度が小さくなっている。

同様に，加圧透水試験の結果についても，健全部（非車輪通行部）は不透水であるのに対し，他の場所では高い透水係数を示している。

3.3.5 E橋の調査結果

(1) E橋のコア採取位置および目視調査結果

図-3.19にE橋のコア採取箇所とひび割れ図、写真-3.7に路面の損傷状況を示す。

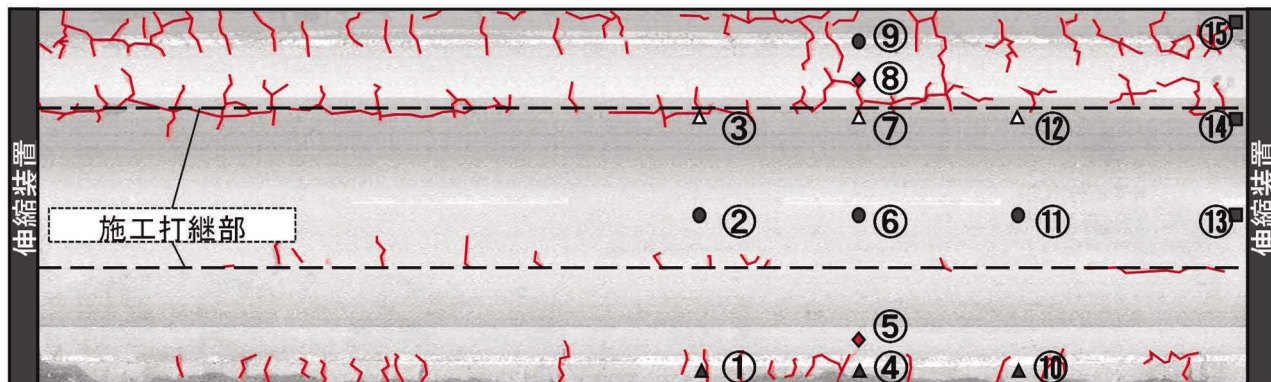


図-3.19 E橋のコア採取位置



写真-3.7 E橋の路面損傷状況

E橋の舗装路面は、車輪通過部近傍の施工打継目沿いに格子状の大きなひび割れが多数見られ、歩道側端部のひび割れからは、一部、細かい土砂が噴出している箇所もあった。

写真-3.8 にコア削孔時の開孔部の様子と、表-3.5 に開孔部の目視結果の一覧を示す。



②非車輪走行部（浸水なし）



⑨非車輪通行部（ひび割れ近傍）（浸水なし）



⑧ひび割れ直上部（浸水あり）



③施工打継目（浸水あり）



①歩道側端部部（浸水あり）



⑮伸縮装置近傍（浸水あり）

写真-3.8 E橋のコア開孔部の浸水状況

表- 3.5 E 橋のコア開孔部の浸水状況

採取位置	E橋			
	付着	破壊面	水の浸入	
非車輪 通過部	2	良	床版表面部	無
	6	良	床版表面部	無
	11	良	床版表面部	無
歩道側 端部	4	不良	AS層-床版界面	有
	10	不良	AS層-床版界面	有
	3	不良	AS層-床版界面	有
施工 打継目部	7	不良	AS層-床版界面	有
	12	不良	AS層-床版界面	有
	13	不良	AS層-床版界面	有
伸縮装置 近傍	14	不良	AS層-床版界面	有
	15	不良	AS層-床版界面	有
	5	不良	AS層-床版界面	有
ひび割れ	直上 8	良	AS層	有
	9	良	AS層-床版界面	有
	近傍 10	良	床版表面部	有

目視観察の結果によると、健全部（非車輪通過部）では舗装と床版とは良好に付着しており、水の浸入も見られなかったが、その他の場所では水の浸入が見られ、さらに歩道側端部、施工打継目部、伸縮装置近傍では舗装と床版との付着も低下していた。

写真- 3.9 にアスファルト舗装撤去後の床版上面、図- 3.20 に床版上面の損傷図を示す。



写真- 3.9 E 橋の床版上面損傷状況

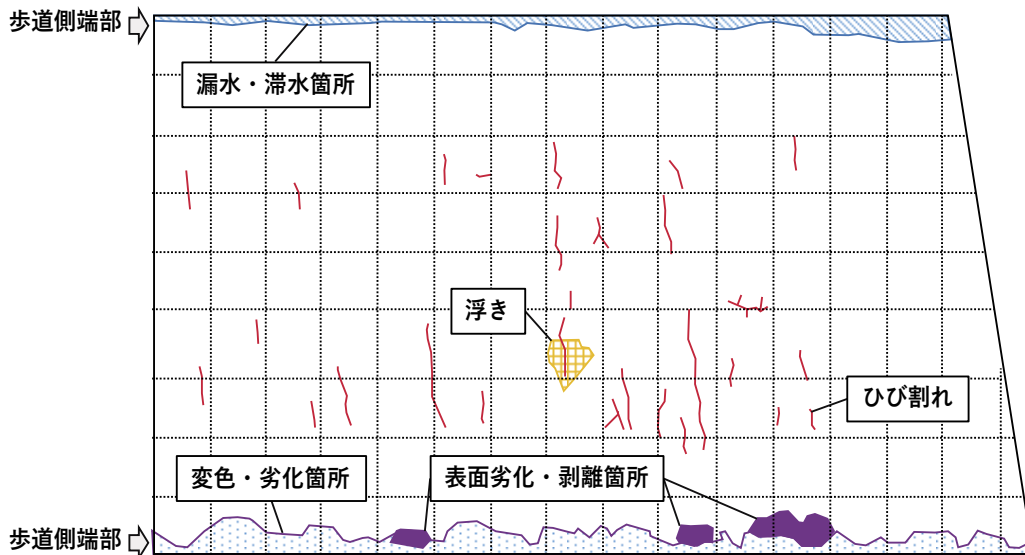


図-3.20 E橋の床版上面損傷図

アスファルト舗装撤去後、床版上面の歩道側端部において、歩車道ブロック下面から水の浸入が確認され、近傍の床版は滞水・湿潤状態となっていた。しかし、その他の床版上面では、細かいひび割れ等はあるものの、土砂化等の大きな損傷もなく、概ね健全な状態であることが確認された。

(2) 採取コアを用いた室内試験結果

図-3.21 にアスファルト舗装コアの密度試験結果, 図-3.22 に透水試験結果を示す.

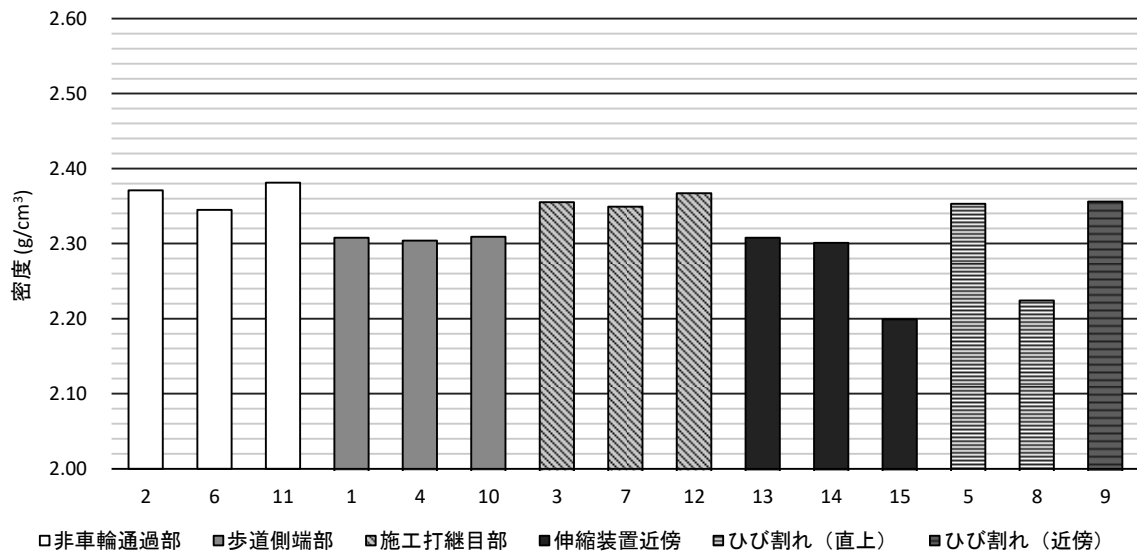


図-3.21 E橋の密度試験結果

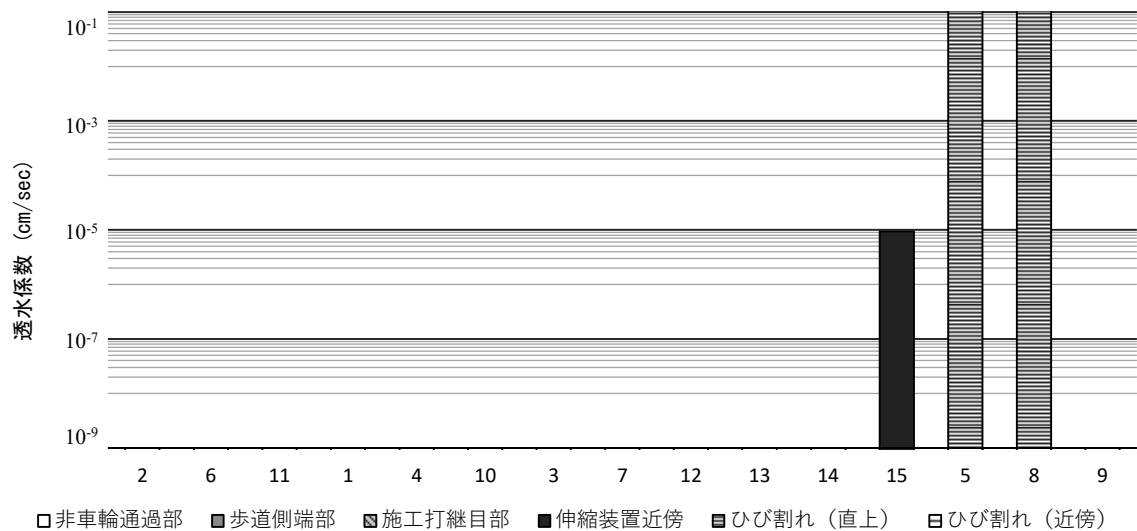


図-3.22 E橋の透水試験結果

密度試験の結果によると, 健全部(非車輪通過部)の密度が高く, 歩道側端部や伸縮装置の密度は低い結果になっている.

透水試験の結果は, ひび割れ部(No.5,8)以外では概ね不透水であったが, 歩道側端部かつ伸縮装置近傍のコア(No.15)のみ密度が小さく透水係数もやや高い結果であった. No.15は歩道側端部かつ伸縮装置近傍から採取したものであり, この位置は特に締め固めが難しく, 締め固め不足により密度が小さくなったものと推察される.

3.3.6 F 橋の調査結果

(1) F 橋のコア採取箇所および目視調査結果

図-3.23 に F 橋のコア採取箇所，写真-3.10 に路面の状況を示す。

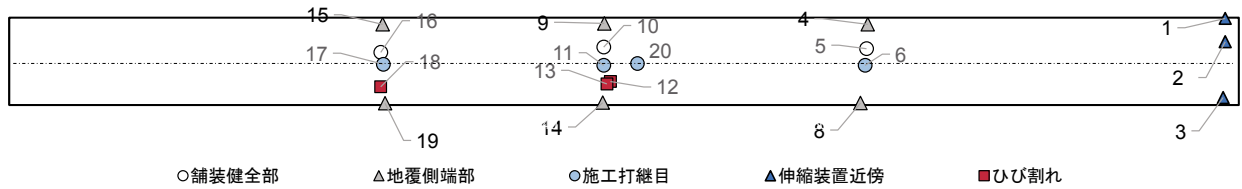


図-3.23 F 橋のコア採取位置



写真-3.10 F 橋の路面損傷状況

F 橋については，舗装路面中央部の施工打継目沿い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が見られた。

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-3.24 に示す。

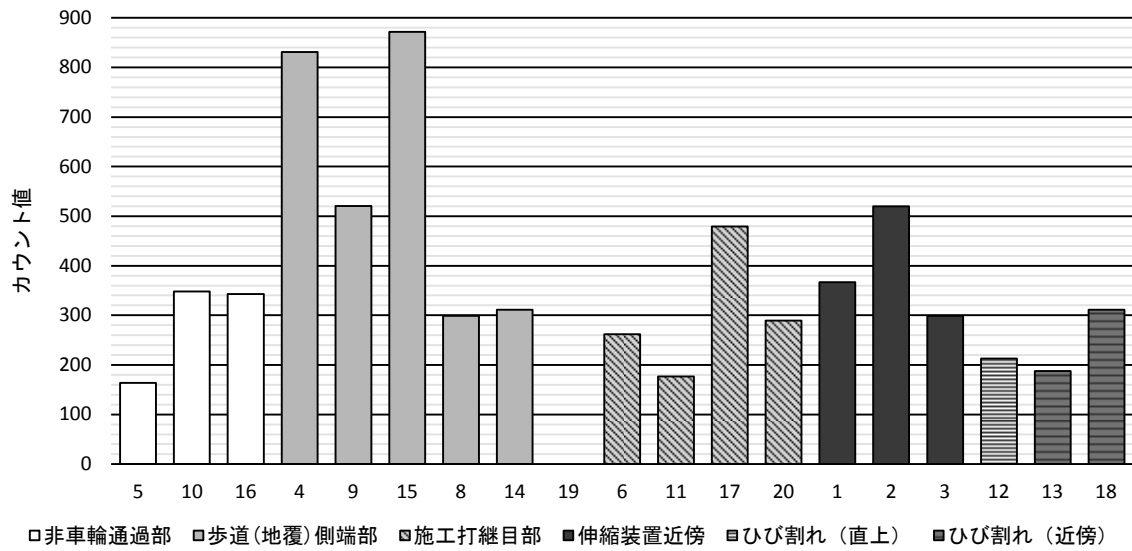


図-3.24 コア削孔部の床版上面含水量

含水量は歩道側で、500 を超える滞水状態となっており、その他の箇所ではややばらつきがあるが、概ね 300 前後になっている。

写真-3.11 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。



写真-3.11 F橋の床版上面の損傷状況

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所的に土砂化している箇所も見られた。また、歩車道ブロック下面の防水処理がなされておらず、歩道側から水の浸入が見られた。

(2) 採取コアを用いた室内試験結果

図-3.25、図-3.26 にアスファルト舗装コアの密度試験結果を示す。

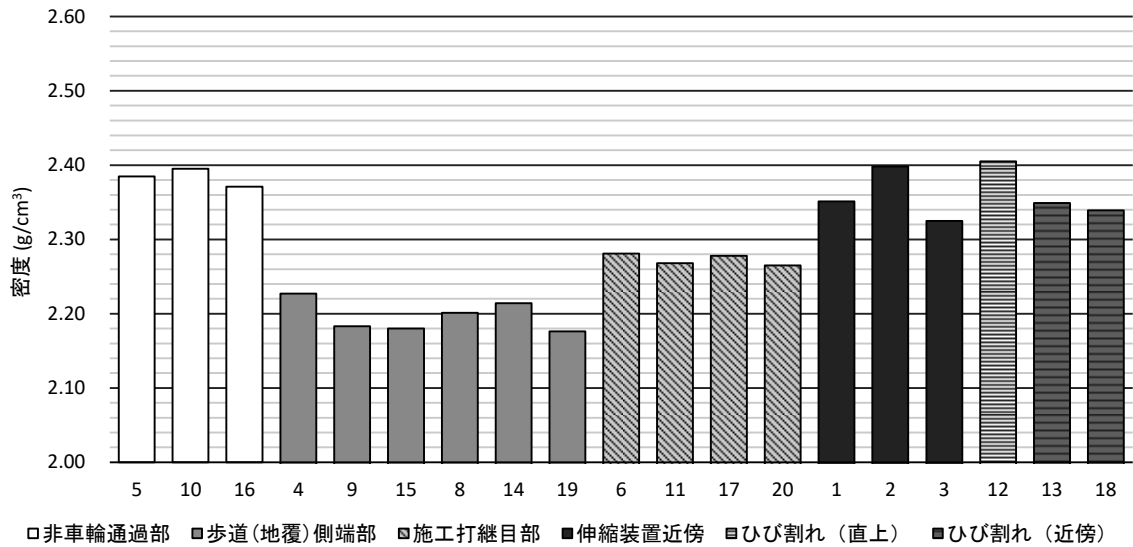


図-3.25 F橋の密度試験結果(表層)

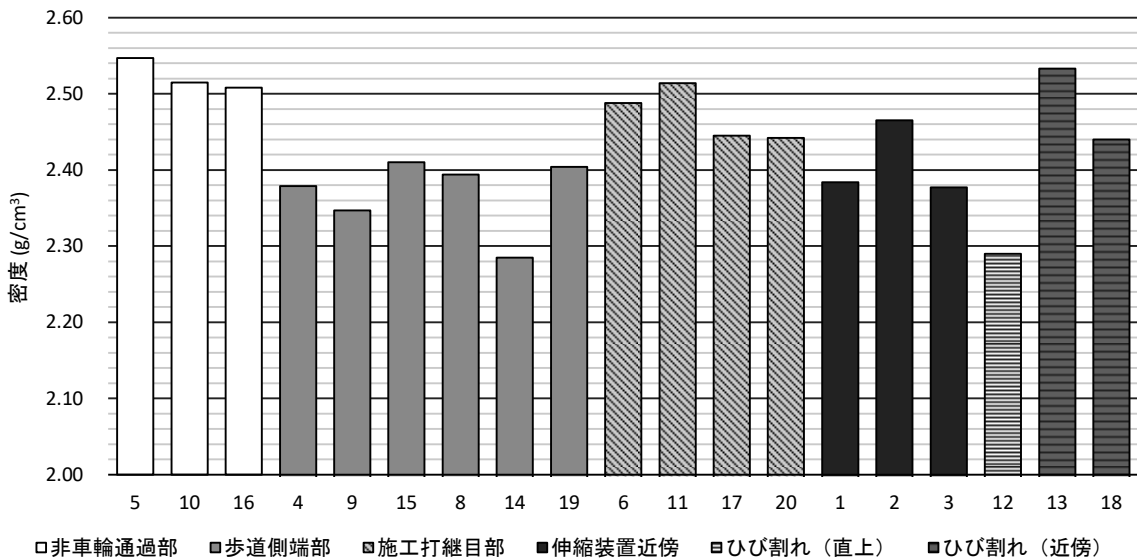


図-3.26 F橋の密度試験結果(基層)

表層部の密度試験の結果を見ると、健全部（非車輪通過部）に比べ、伸縮装置近傍、施工打継目、歩道側端部、の順に密度が特に低くなっている。基層部についても同様の傾向が見られるが、密度は基層部のほうが高くなっている。

次に加圧透水試験の結果を図-3.27、図-3.28に示す。

表層部の透水係数は、健全部（非車輪通過部）、伸縮装置近傍に比べ、歩道側端部、施工打継目部で 10^{-5} ~ 10^{-7} cm/sec とやや高い値になっている。基層部については、いずれの場所においても、値にばらつきがみられ、一部 10^{-5} cm/sec 程度とやや高い透水性となっている。

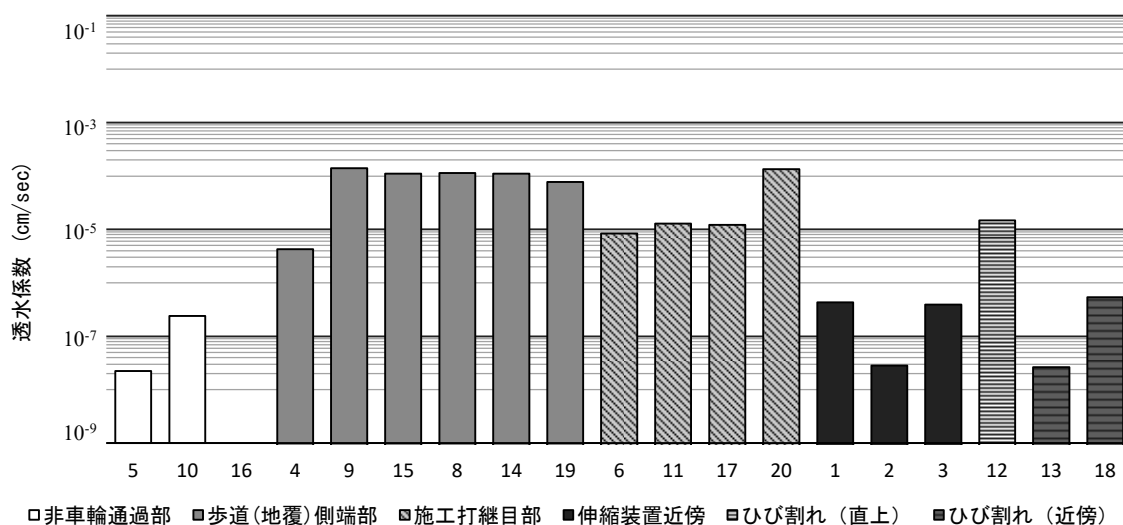


図-3.27 F橋の密度試験結果（表層）

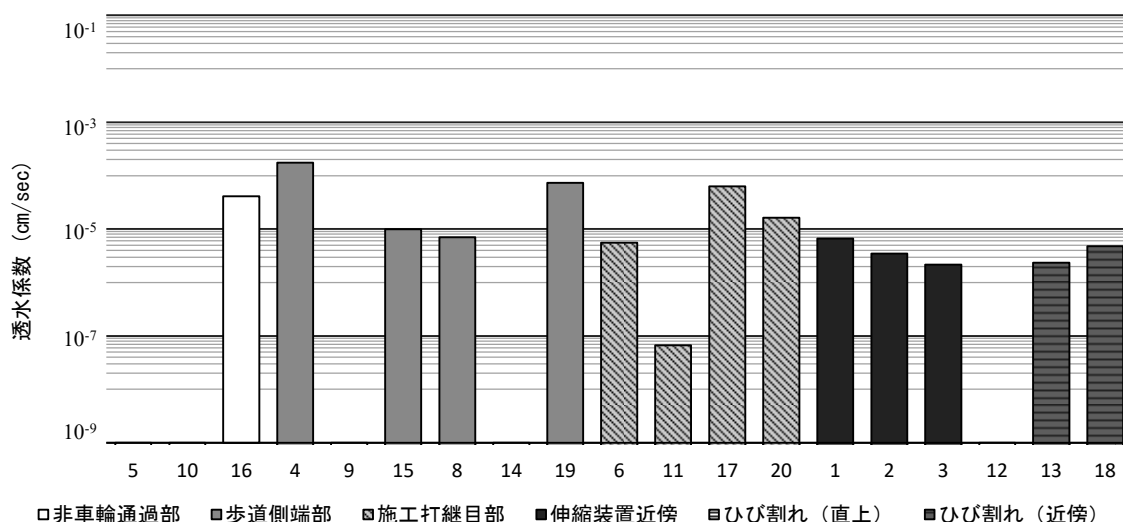


図-3.28 F橋の密度試験結果（基層）

3.3.7 G 橋の調査結果

(1) G 橋のコア採取箇所および目視調査結果

図-3.29 に G 橋のコア採取箇所，写真-3.12 に路面の状況を示す。

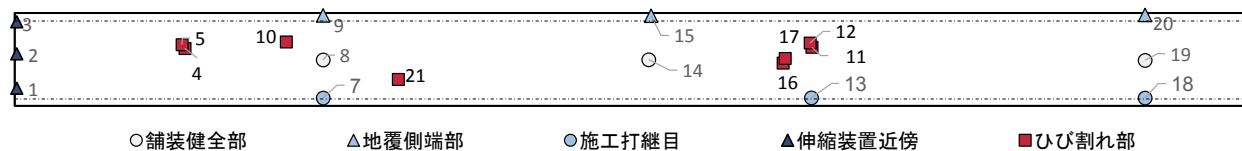


図-3.29 G 橋のコア採取箇所（第2 径間）



写真-3.12 G 橋の路面損傷状況

G 橋の舗装路面は，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，横断方向の線状ひび割れや補修跡周辺の亀甲状ひび割れが多く見られた．

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- 3.30 に示す。

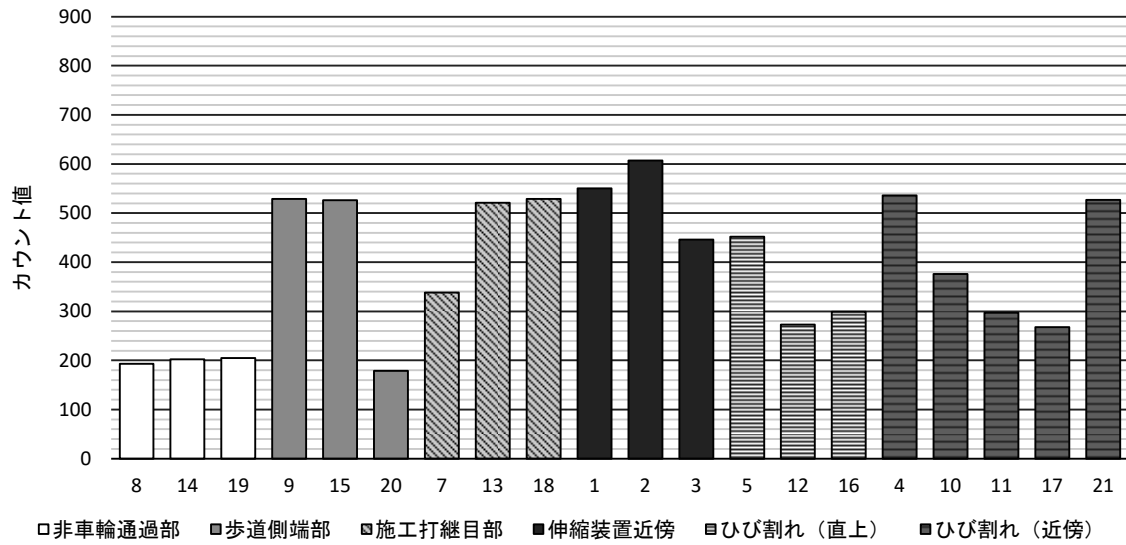


図- 3.30 コア採取箇所の床版上面水分量

健全部（非車輪通過部）ではカウント値がほぼ 200 以下で表乾状態となっているが、その他の箇所では 200～600 程度と水分量が高くなっている。

写真- 3.13 にアスファルト舗装撤後の床版上面の様子，図- 3.31，図- 3.32，図- 3.33 に路面損傷と土砂化箇所の位置の関係を示す。



写真-3.13 G橋の床版上面損傷状況

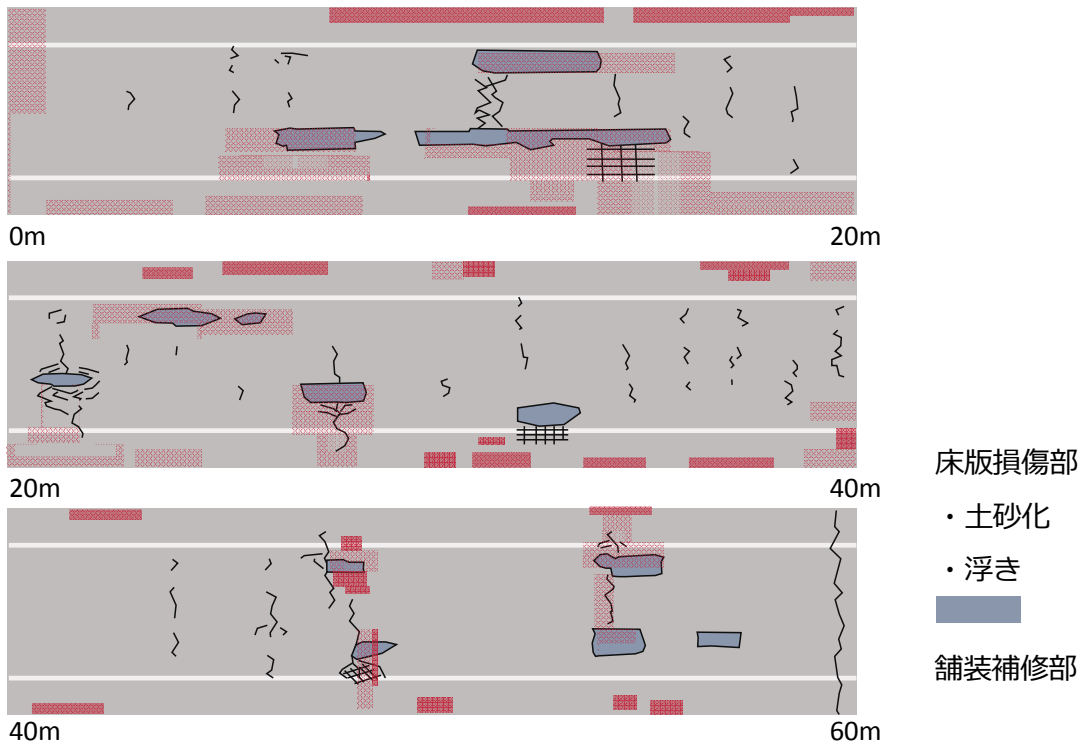


図-3.31 G 橋の路面損傷および床版上面損傷図 (第1 径間)

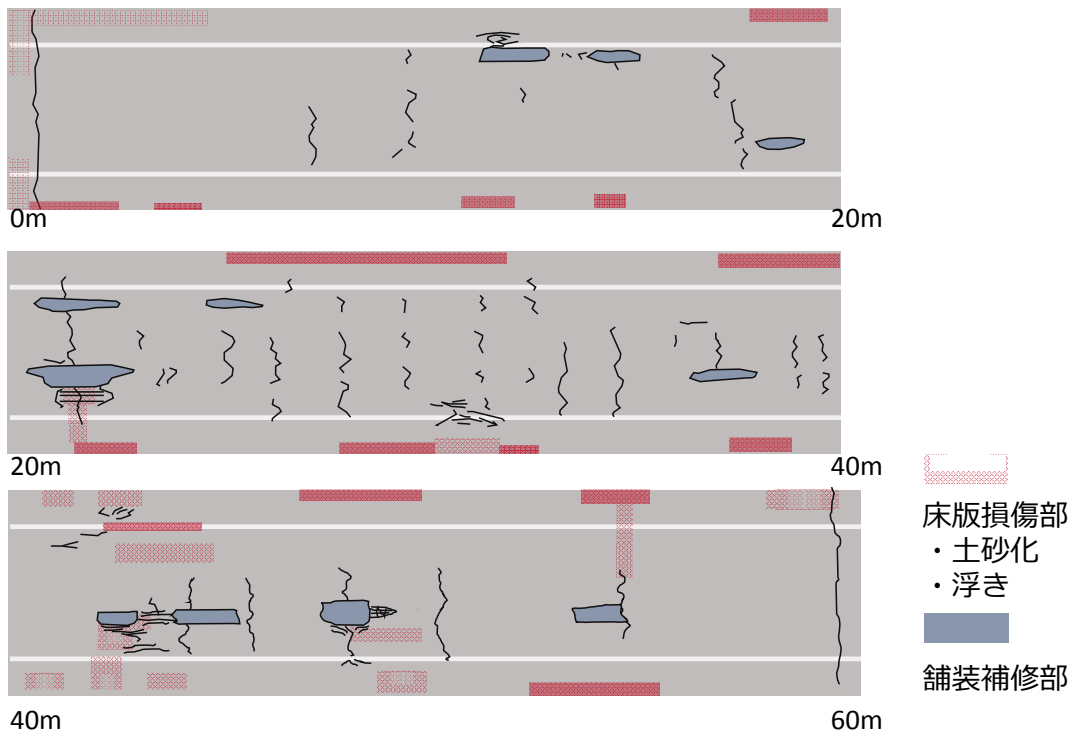


図-3.32 G 橋の路面損傷および床版上面損傷図 (2 径間)

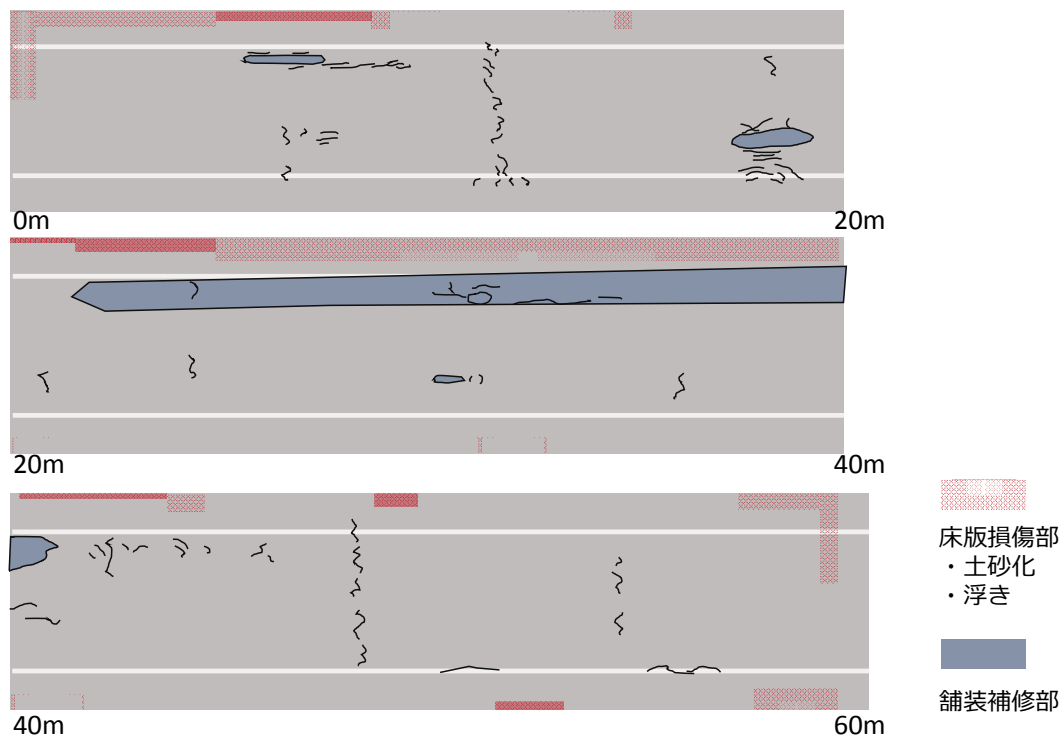


図- 3.33 G 橋の路面損傷および床版上面損傷図（第 3 径間）

写真および図に見られるように、床版上面では、全面に土砂化部が散見された。特に、地覆側端部や、舗装補修部周辺に多く土砂化が見られた。

(2) 採取コアを用いた室内試験結果

図-3.34 にアスファルト舗装コアの密度試験結果を示す。

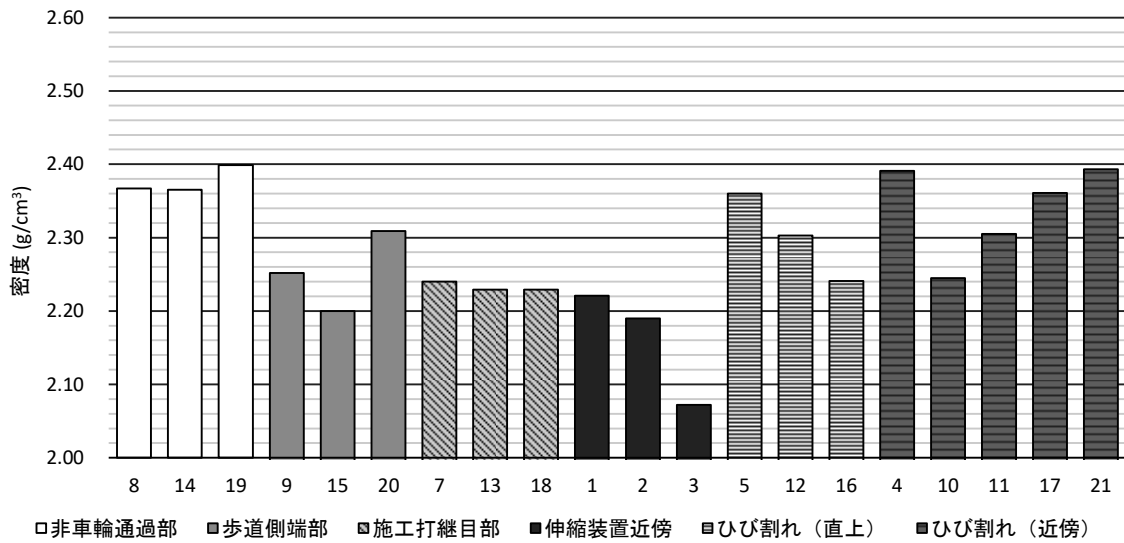


図-3.34 G 橋の密度試験結果

試験結果によると、健全部（非車輪通過部）に比べ、歩道側端部、施工打継目部、伸縮装置近傍の密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。

次に加圧透水試験の結果を図-3.35 に示す。

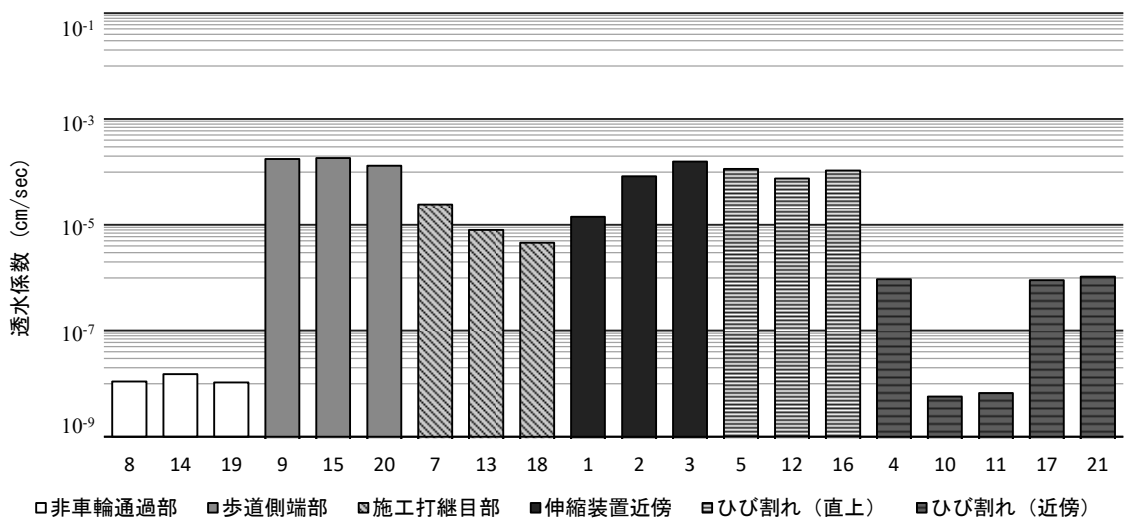


図-3.35 G 橋の加圧透水試験結果

試験の結果より、健全部（非車輪通過部）の透水係数は 10⁻⁷cm/sec 以下で不透水といえるが、歩道側端部、施工打継目部、伸縮装置近傍、ひび割れ直上部では 10⁻⁴~10⁻⁵cm/sec 程度とやや高い値となっていた。

3.3.8 H 橋の調査結果

(1) H 橋のコア採取箇所および目視調査結果

図-3.36 に H 橋のコア採取箇所，写真-3.14 に路面の状況を示す。

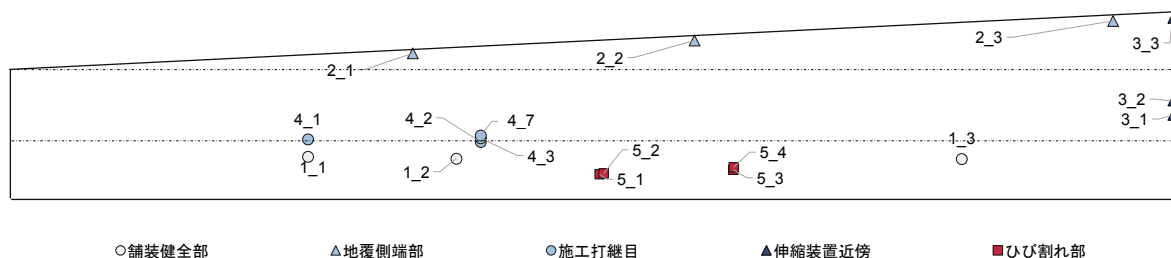


図-3.36 H 橋のコア採取箇所



写真-3.14 H 橋の路面損傷状況

舗装路面は，車輪走行位置を中心に，ひび割れ等の損傷やパッチングによる補修跡が多数見られた。パッチング部はひび割れが多く見られ，補修後早期に再劣化が生じていることが伺える。

図- 3.37 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。

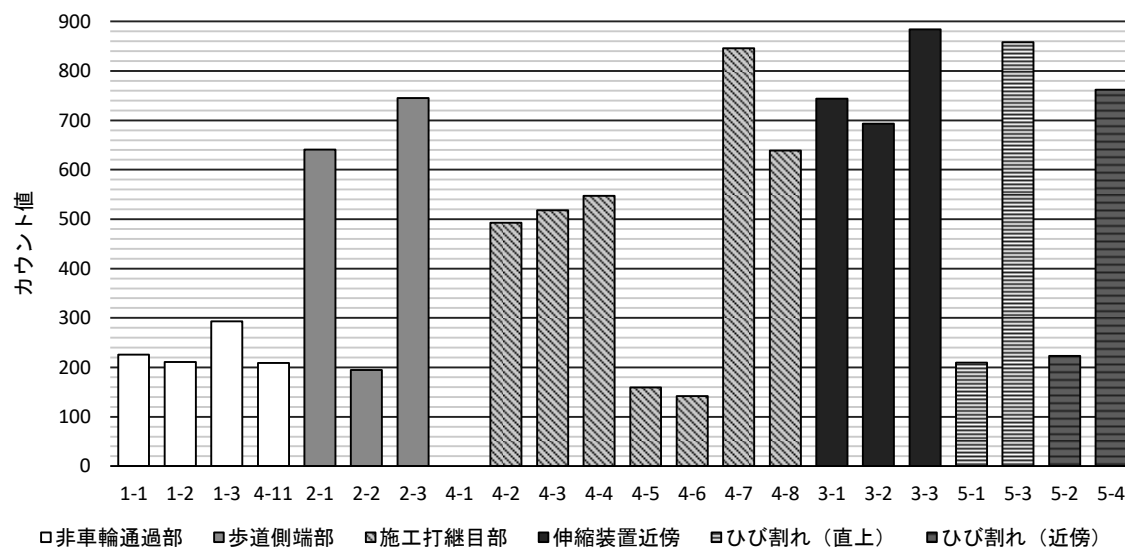


図- 3.37 コア採取箇所の床版上面水分量

図より、健全部（非車輪通過部）では水分量のカウント値が200~300となっており表乾程度の状態となっているが、その他の箇所では200程度の箇所と、500~900の湿潤状態の箇所が混在している。

写真-3.15 にアスファルト舗装撤去後の床版上面の様子，図-3.38 に路面損傷と土砂化箇所との位置の関係を
示す。



写真- 3.15 H 橋の床版上面の損傷状況

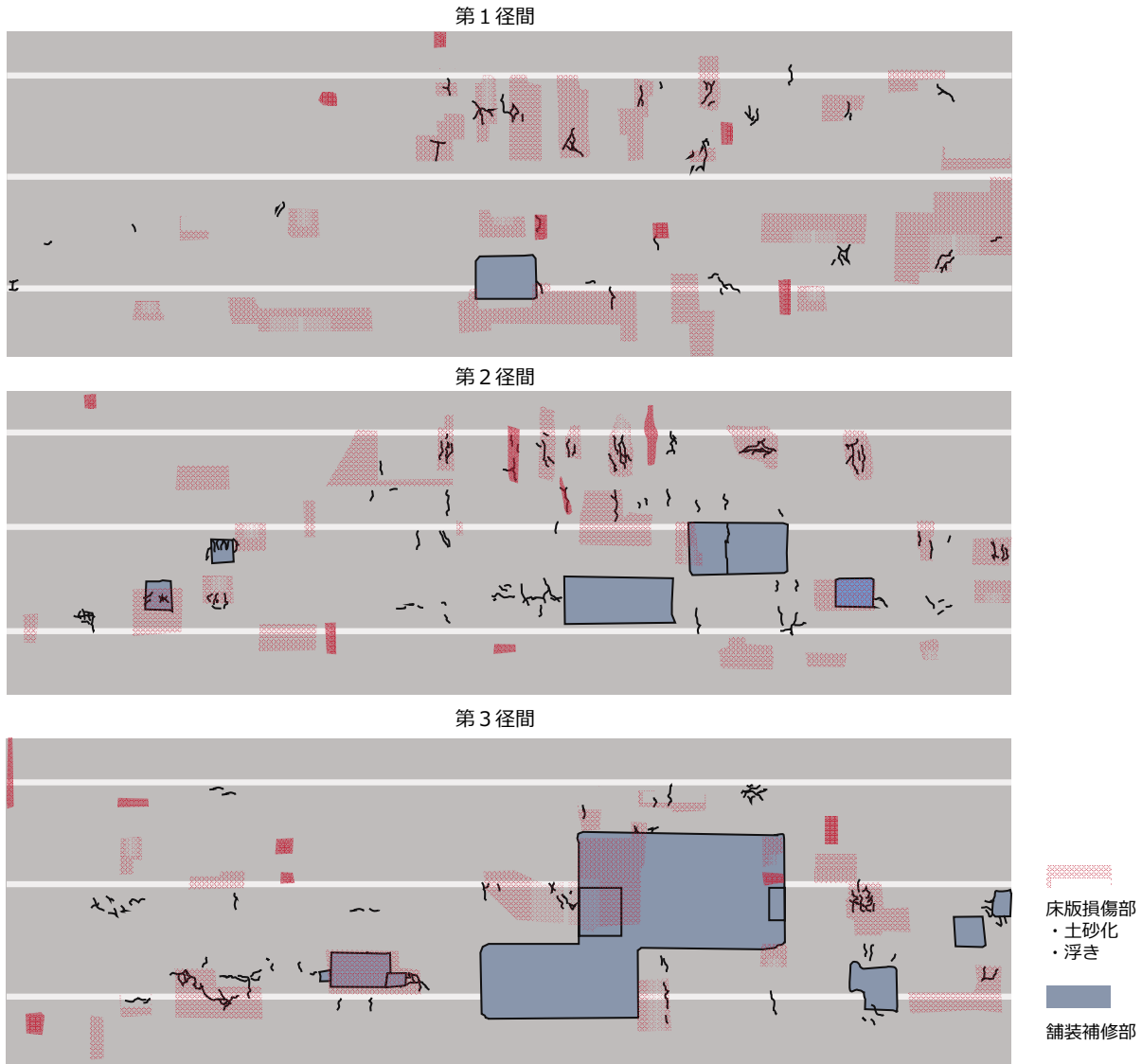


図- 3.38 H 橋の路面損傷図と土砂化箇所の関係

床版上面では、広範囲で土砂化跡が見られ、特に路面にひび割れや補修跡のあった箇所や施工打継目にて、土砂化部が多く確認された。

(2) 採取コアを用いた室内試験結果

図-3.39 にアスファルト舗装コアの密度試験結果を示す。

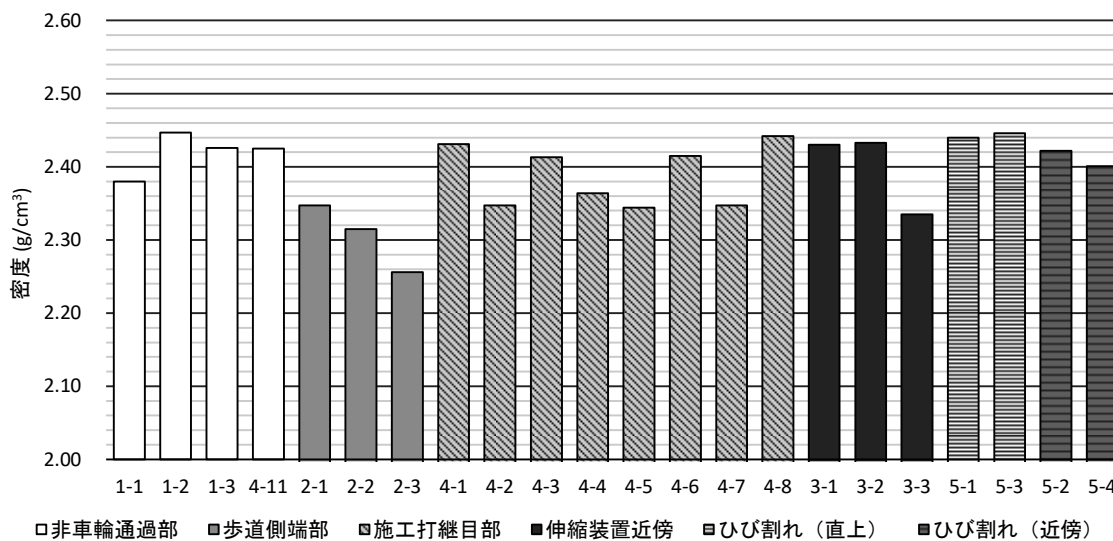


図-3.39 H橋の密度試験結果

密度については、非車輪通行部(健全部)に比べ、歩道側端部が特に低く、次いで施工打継目部がやや低くなっている。

次に透水試験の結果を図-3.40 に示す。

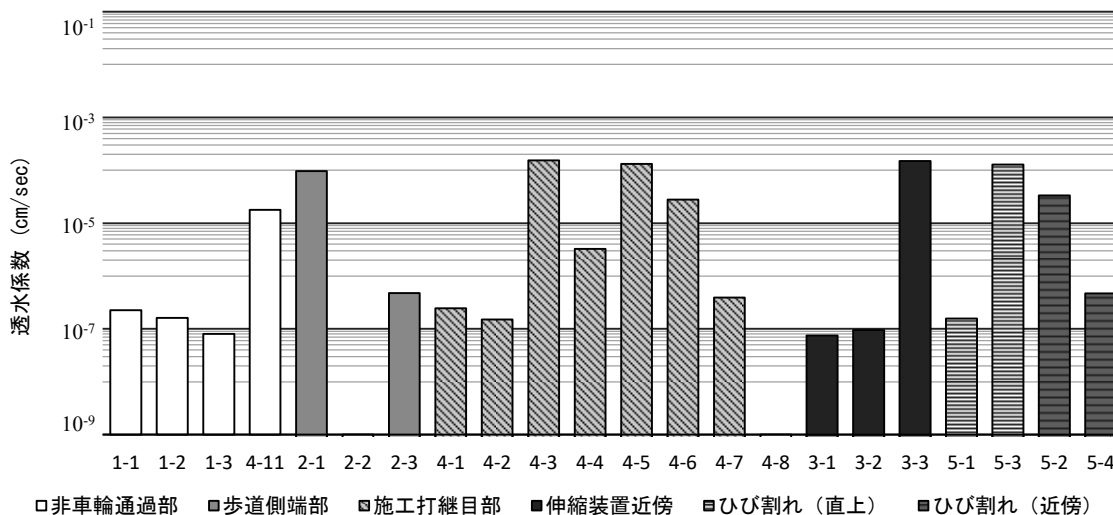


図-3.40 H橋の透水試験結果

全体的に透水係数は不透水のものや 10⁻⁷~10⁻⁴cm/sec 程度のものと、ばらつきがある結果となっているが、施工打継目部については透水係数がやや高いものが多い結果となっている。

3.3.9 I橋の調査結果

(1) I橋のコア採取箇所および目視調査結果

図-3.41 にI橋のコア採取箇所，写真-3.16 に路面の状況を示す。

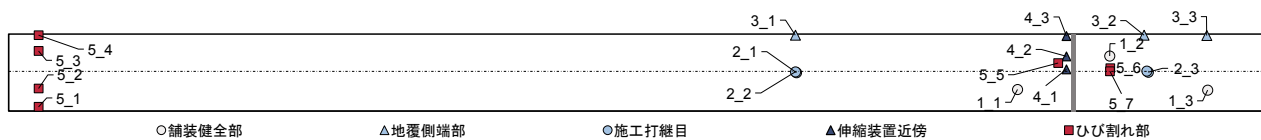


図-3.41 I橋のコア採取箇所



写真-3.16 I橋の路面損傷状況

路面は施工継目に関きが見られたほか，線状ひび割れが見られた．大きな亀甲状ひび割れ等は見られなかった．

次に，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-3.42 に示す．

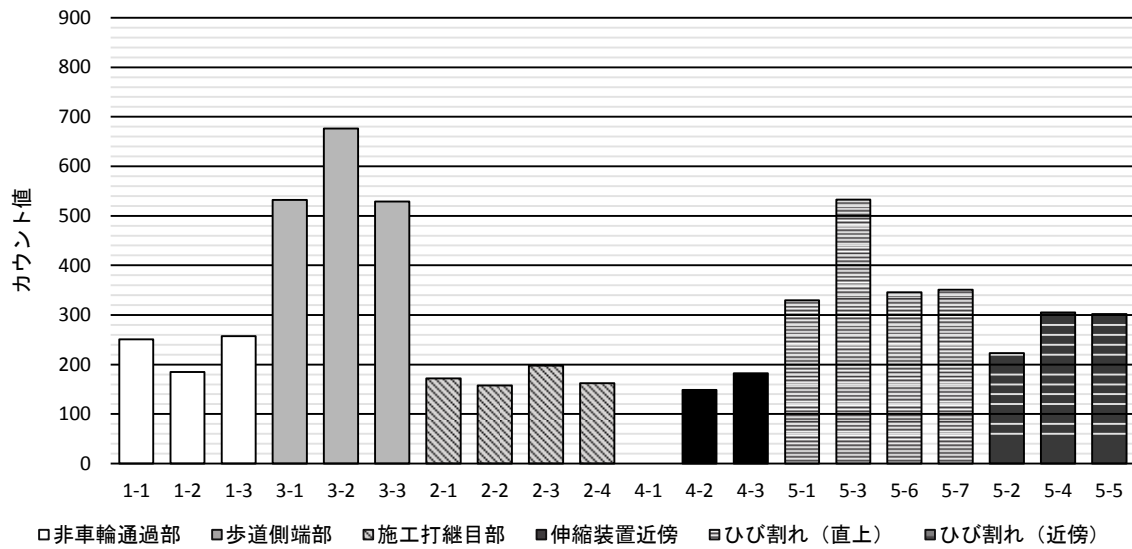


図-3.42 コア採取箇所の床版上面水分量

I橋では、歩道側端部、ひび割れ部の水分量が300~700と高く湿潤状態になっており、その他の箇所では230以下の表乾程度となっていた。

写真-3.17 にアスファルト舗装撤去後の床版上面の様子を示す。

舗装の部分撤去箇所にて確認した床版上面は、特に地覆側端部や、舗装補修部等において土砂化が多数見られた。



写真-3.17 I橋の床版上面損傷状況

(2) 採取コアを用いた室内試験結果

図-3.43 にアスファルト舗装コアの密度試験結果を示す。

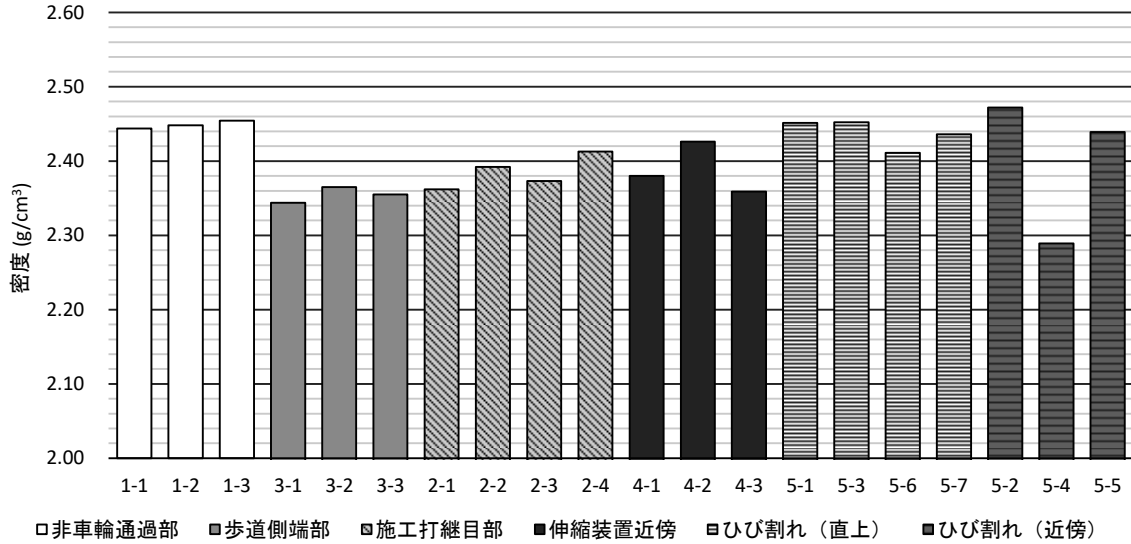


図- 3.43 I橋の密度試験結果

試験結果より、非車輪通行部(健全部)に比べ、歩道側端部、施工打継目部、伸縮装置近傍の密度が低くなっている。

次に加圧透水試験の結果を図- 3.44 に示す。

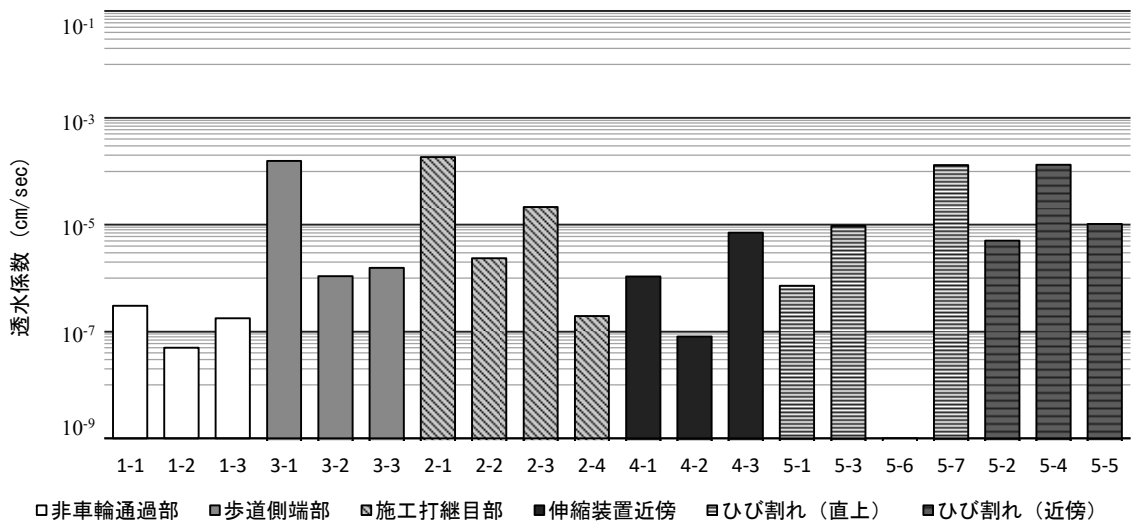


図- 3.44 I橋の加圧透水試験結果

試験結果より、健全部(非車輪通過部)では概ね 10⁻⁷cm/sec 程度となっているが、その他の箇所では 10⁻⁷~10⁻⁴cm/sec 程度とやや高くなっている。

3.4 調査結果のまとめ

調査結果の一覧を表-3.6に示す

表-3.6 調査結果のまとめ

橋梁	路面	床版上面	コア開削部		コア室内試験	
			付着・水浸状況	水分量	密度	透水
A	-	-	-	-	歩道側端部・伸縮装置近傍の密度が小さい。	歩道側端部・伸縮装置近傍の透水係数が高い。
B	-	-	-	-	施工打継目・歩道側端部の密度が小さい。	施工打継目・歩道側端部の透水係数が高い。
C	概ね健全、微細なひび割れや、細粒分の噴出が見られた。	防水層や端部防止の剥がれや浸水が見られ、多数の土砂化箇所が確認された。	-	-	採取箇所による密度の差は小さかった。	コアは採取位置によらず、概ね不透水。
D	多数の線状ひび割れ（注入処理済み）が見られた。	概ね健全。地覆側端部に变色や滞水の跡が見られた。	地覆側端部および施工打継目近傍に水の浸入が見られた。	-	歩道側端部、施工打継目、ひび割れ部の値が小さくなっている。	歩道側端部、施工打継目、ひび割れ部の透水係数が高い。
E	施工打継目沿いに格子状の大きなひび割れが多数見られた。歩道側にて細粒分の噴出も見られた。	概ね健全。部分的なひび割れや、歩道側端部に变色や滞水の跡が見られた。	歩道側端部、施工打継目部、伸縮装置近傍、ひび割れ部では水の浸入が見られ、さらに接着力も低下していた。	-	歩道側端部や伸縮装置近傍はやや低い。	歩道側端部かつ伸縮装置近傍のコアのみ透水。
F	舗装路面中央部の施工打継目沿いに大きな線状ひび割れ。車輪通過部には多数の補修跡。	概ね健全。径間によって地覆側端部、施工打継目部に土砂化箇所。また、歩道側から浸水あり。	-	歩道側端部は500を超える滞水状態。その他の箇所では概ね300前後。	伸縮装置近傍、施工打継目、歩道側端部の順に密度が特に低い。	歩道側端部、施工打継目部で透水係数が 10^{-5} ~ 10^{-7} cm/secとやや高い。
G	車輪走行部に多数の補修跡。横断方向ひび割れ多数。床版面の露出箇所も散見された。	地覆側端部や舗装補修部を中心に多数の土砂化が見られた。	-	健全部は200以下。その他の箇所では概ね200~600程度と水分量が高くなっている。	健全部に比べ、歩道側端部が特に低く、施工打継目部もやや低い。	健全部は不透水だが、歩道側端部、施工打継目部、伸縮装置近傍で 10^{-4} ~ 10^{-5} cm/sec程度とやや高い。
H	ひび割れ等の損傷および、補修跡が多数みられた。	広範囲で土砂化跡が見られ、特に路面にひび割れや補修跡のあった箇所や施工打継目にて、多く土砂化の発生が確認された。	-	健全部は200~300。その他の箇所は200程度と500以上の箇所が混在している。	健全部に比べ、歩道側端部が特に低く、次いで施工打継目部がやや低くなっている。	10^{-7} ~ 10^{-4} cm/sec程度でばらつきがあるが、施工打継目部の透水係数がやや高い。
I	施工継目の開きや、線状ひび割れが散見されたが、亀甲状ひび割れなど大きな損傷は見られなかった。	地覆側端部や舗装補修部にて土砂化が見られた。	-	歩道側端部、ひび割れ部が300~700と高くなっており、その他の箇所では230以上の表乾程度。	健全部に比べ、歩道側端部、施工打継目部、伸縮装置近傍の密度が低くなっている。	健全部は不透水に近いが、歩道側端部、施工打継目、伸縮装置、ひび割れ部は 10^{-4} ~ 10^{-6} cm/sec程度とやや高い。

調査結果より得られた知見は以下の通りである。

(1) まず、舗装路面と床版上面の損傷状況の關係に着目する。C橋では、舗装路面に土砂が噴出している箇所にて、床版の土砂化が見られたが、D、E橋では、床版の土砂化がなく、舗装の損傷状態と床版上面の損傷状態との相関はほぼ見られなかった。F橋では施工打継目にひび割れが見られたが、底面まで貫通しておらず、床版面は概ね健全であった。G橋は舗装のひび割れや補修部が多数あり、特に舗装補修部は床版上面も土砂化しているケースが多数見られた。H橋についてもG橋と同様に舗装補修部やひび割れ部の床版上面が土砂化しているケースが見られた。

以上の結果から、舗装の損傷について、ひび割れ部が貫通し、土砂が噴出している箇所は土砂化している可能性が高いといえる。また、舗装補修部は特に床版上面が土砂化しやすくなっているといえる。

(2) 次に、水の浸入経路に着目する。C橋では歩道側端部から水の浸入が見られ、舗装端部の目地材や床版防水層が劣化、剥離した状態であり、床版の湿潤、土砂化が見られた。D橋、E橋では舗装のコアボーリング後の開孔部を調査したところ、歩道・地覆側の舗装端部、伸縮装置近傍、施工打継目から水の浸入が確認された。F橋、G橋、H橋、I橋ではコアボーリング後の開孔部にて水分量の調査を実施したところ、歩道・地覆側の舗装端部、伸縮装置近傍、施工打継目にて高い水分量がみられた。このことから、これらが水の浸入経路になっていたと考えられる。

以上の結果から、橋面舗装における歩道・地覆側の舗装端部、伸縮装置近傍、施工打継目、貫通したひび割れは、水の浸入経路と成り得ると考えられる (図-3.45)。

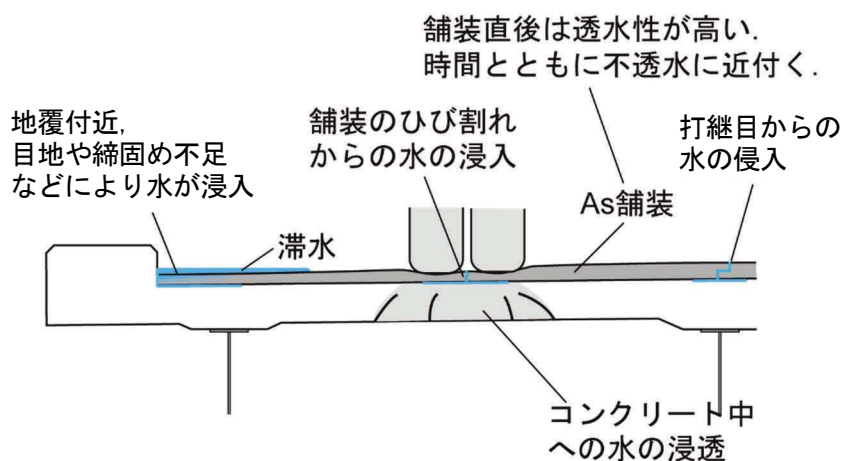


図-3.45 路面からの水の浸入経路 (概念図) ²⁾

(3) 最後に、室内試験の結果に着目する。密度試験と加圧透水試験の結果を比較すると、密度の小さいものについては透水係数が高く、水を通しやすい傾向が見られた。採取位置ごとの結果を見ると、まず、ひび割れ等のない健全部では、相対的に密度が高く、ほぼ不透水という結果だった。一方、歩道・地覆側端部、伸縮装置近傍、施工打継目部といった、舗装の端部にあたる箇所については、健全部のものに比べ密度がや

や小さく、透水係数が高くなる傾向が見られる。これは、アスファルト舗装敷設時における端部の締固め不足が原因と考えられる。

参考文献

- 1) 谷倉泉, 榎園正義, 後藤明彦:床版防水工における水分計の適用性に関する研究, 構造工学論文集, Vol.59A, pp.1112-1123, 2013.3
- 2) 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, pp.68-71, 2014.6

4. 土砂化したコンクリート床版の補修範囲に関する検討

4.1 概要

前述のとおり，道路橋のコンクリート床版に，近年，コンクリートの水平ひび割れや土砂化といった劣化が見られ，維持管理の負担となっている¹⁾。床版の損傷は通行の安全に直接影響し易い一方で，その補修には交通規制が必要となることから，床版特有の維持管理の難しさがある。それに加えて，As舗装下の床版上面で進行する土砂化は，路面からの水の浸入が影響することから，一旦症状が出始めると，劣化部位に滞水して，劣化の進行を加速させる傾向にある。また，補修しても，早期に再劣化する事例が見られる¹⁾。本章では，既設の2橋から撤去された道路橋床版を利用して，床版の土砂化の症状を具体的に調査して把握するとともに，補修に際して除去すべき補修範囲をどのように判定するのがよいか，検討を行った^{2,3)}。なお，土砂化の調査を行うにあたっては，調査方法自体が必ずしも明確でないことから，網羅的な検討が直ちに難しい状況にある。このことから，試行段階の調査，分析方法を用いた結果も含まれる。

4.2 道路橋コンクリート床版の劣化形態「土砂化」

道路橋のコンクリート床版の主たる損傷形態は疲労であったが、1990年代のスパイクタイヤの使用禁止以降、一般道でも凍結防止剤の使用が増加して、それに由来する塩害事例も報告されている⁴⁾⁵⁾。近年は、疲労や鉄筋腐食だけでなく、床版コンクリートに多数の水平ひび割れが生じる事例や、As舗装下で床版上面コンクリートの土砂化が生じる事例が報告されるようになり、道路橋の床版の損傷形態が多様化している¹⁾⁴⁾⁶⁾。

床版上面のコンクリートの土砂化とは、As舗装下でコンクリートの骨材と硬化セメントペーストが分離している状態をいう。そのとき、硬化セメントペーストは脆く崩れやすい状態または既に崩れて粒の状態である。土砂化の発生位置は、橋面のほぼ全面に見られる場合やAs舗装の打継目付近に見られる場合もあり、車輪走行位置直下に限らない。このことから、疲労以外にも土砂化の要因があると考えられる。これまでの事例では、路上からAs舗装の打継目等を通じて侵入した土粒子と混在して、まさに土砂の状態になっていた事例もあれば、As舗装を剥いただけでは一見普通の硬化コンクリートのように見えても、ハンマー等を用いて手で簡単に鉄筋の下まで掘れるような状態になっていた事例もある⁵⁾。また、土砂化の中には、粗骨材の多くに割れが生じている場合と、粗骨材の割れがほとんど見られない場合がある。路面から水の浸入、特に塩水の浸入により、コンクリートの凍害やアルカリシリカ反応(ASR)、あるいはそれらの複合的な劣化が生じることが想定され、土砂化の原因として疑われる。しかし、土砂化の症状、劣化原因、損傷過程のいずれもまだ解明されていない部分が多い。

As舗装下でコンクリートが土砂化すると、As舗装の損傷を招き(As舗装の劣化が先行する場合もあり得る)、走行性、通行の安全性を妨げる恐れがあるとともに、As舗装のひび割れからさらに路面水を床版上面に引き込んで土砂化の範囲を広げることとなる。土砂化の範囲が輪荷重走行位置に進展すれば、水により加速する疲労と組み合わせあって床版の抜け落ちを引き起こす可能性が高くなると考えられる。

土砂化が見られた床版は、一般に床版上面から土砂化した部位を除去して補修用のコンクリートで埋め戻される。しかし、数年で再劣化して、橋面の補修を繰り返すことが報告されている⁷⁾⁸⁾。これに対して、補修の材料や工法の見直しが試されているが、材料、工法以外の原因として、劣化部位の除去が必ずしも適切に行われていないことも想定しておく必要がある。

土砂化した部分の周囲には、土砂化に至っていないが健全な状態でもない中間的な部分(以下、中間層という)が存在することが想定される。しかし、中間層が認識されていない状態では、補修の際に除去されずに残存する可能性がある。中間層が残存する場合、その後の補修効果が十分に得られなかったり、As舗装の早期劣化をもたらしたりすることが懸念される。土砂化の予防保全として床版防水が一層重要であることから、適切な橋面舗装、適切な補修方法の確立に向けた課題の一つとして、土砂化の中間層を意識して、劣化部位の適切な除去範囲を設定する必要がある。これらのことから、2橋の撤去床版を用いて、土砂化の中間層の存在を確認するとともに、その特徴を表す指標を検討するため、土砂化した箇所と比較的健全な箇所からコアを採取して、採取箇所、深さに応じたコンクリートの物性の違いを調査した。

4.3 対象床版の概要

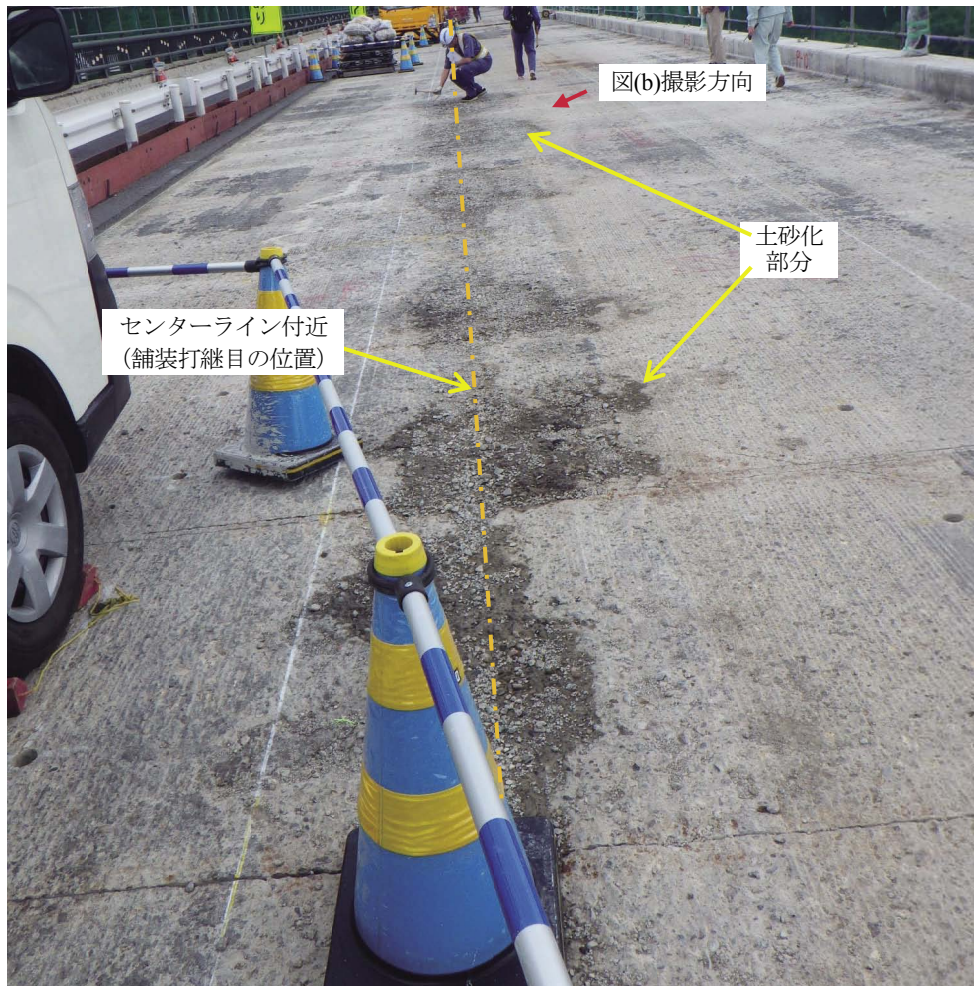
4.3.1 Ki 橋

35年間供用された道路橋において、As 舗装の打継目からの水の吹き出しや床版の抜け落ちが生じ、その際の詳細調査で、ASR の兆候や土砂化など、床版の劣化が概ね As 舗装の打継目に沿って広範囲に見られたことから、全床版の取り換えが行われた⁶⁾。その際に、劣化程度が異なる3体の切り出された床版パネルを入手した。

対象の床版は、1978年に竣工した2連の非合成連続鋼箱桁橋の床版であり、2013年の床版全面取り換えに至るまで35年間供用された。Ki橋の路線では、冬季に多量の凍結防止剤が散布されていた。1999～2000年に行われたAs 舗装打換えの際に防水層が施工された。舗装を上り下りで分割施工するため、センターライン付近に舗装、防水層の打継目が設けられた。抜け落ちが生じたときには、舗装の打継目に沿ってAs 舗装に亀甲状のひび割れや浮き、補修跡が多数見られた。水の噴き出し、土砂化、抜け落ちはいずれもこれらのAs 舗装の補修跡に近い箇所で見られた。図-4.1に、床版上面の土砂化の状況を示す。前掲の写真-1.1に示したように、舗装打継目には、ほぼ橋梁全長にわたって軽微なひび割れや開きが生じていた。

2008年の定期点検時に、これらの箇所を含めて、床版下面に目立った損傷は見られなかった。2013年の抜け落ち時、床版下面には、疲労による明確な格子状のひび割れは確認されず、抜け落ち、吹き出しや土砂化が見られた車線下を中心に、漏水痕と亀甲状のひび割れが見られた。コンクリートの詳細調査の結果、吸水率が比較的高い粗骨材が使用されていたこと、吸水膨張性が高い粗骨材が含まれていたこと、細骨材、粗骨材ともに川砂利でASRの反応性骨材が含まれ、ASRの兆候が見られたことなどがわかった。

床版取り換えの際に、下り線側の床版から、下面の劣化程度が異なる3体のRC床版を、1.5m×7.6mのパネルに切り出した状態で土木研究所に搬入した。図-4.2、4.3に、Ki橋の床版切出し位置とその状況をそれぞれ示す。また、図-4.4に、供試体No.1の土砂化の状況を示す。撤去床版のコンクリートは、一部の補修跡を除き、建設当時のままであり、切断面に最大寸法20～25mm程度の粗骨材が見られた。



(a) 橋面アスファルト舗装を全面剥がした状況¹⁾



(b) 土砂化部の拡大，ただし撮影方向は横向き（図(a)の赤矢印方向に撮影）

図-4.1 舗装打継目付近の土砂化の事例（Ki 橋，床版撤去時）

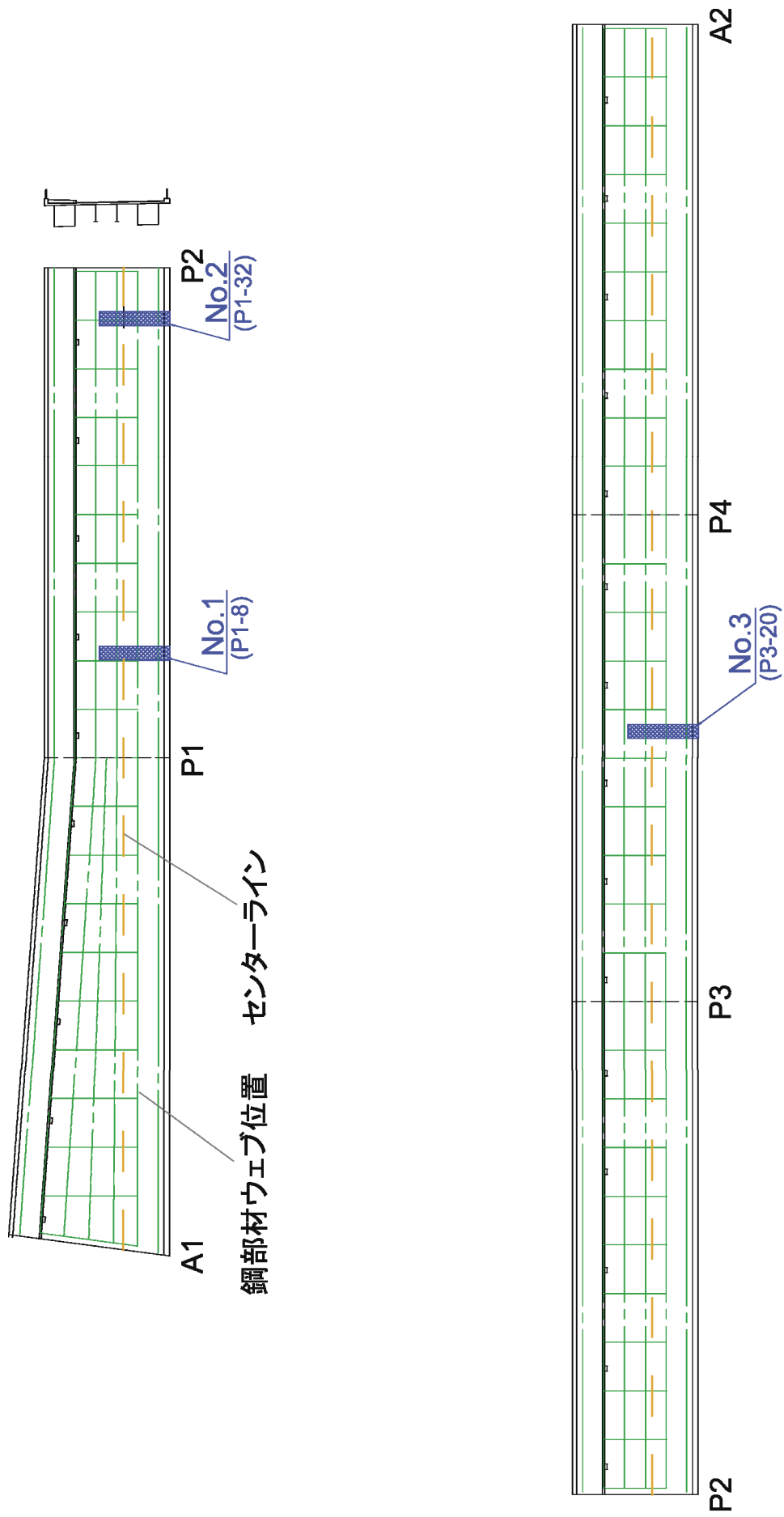


図-4.2 Ki 橋の床版切出し位置

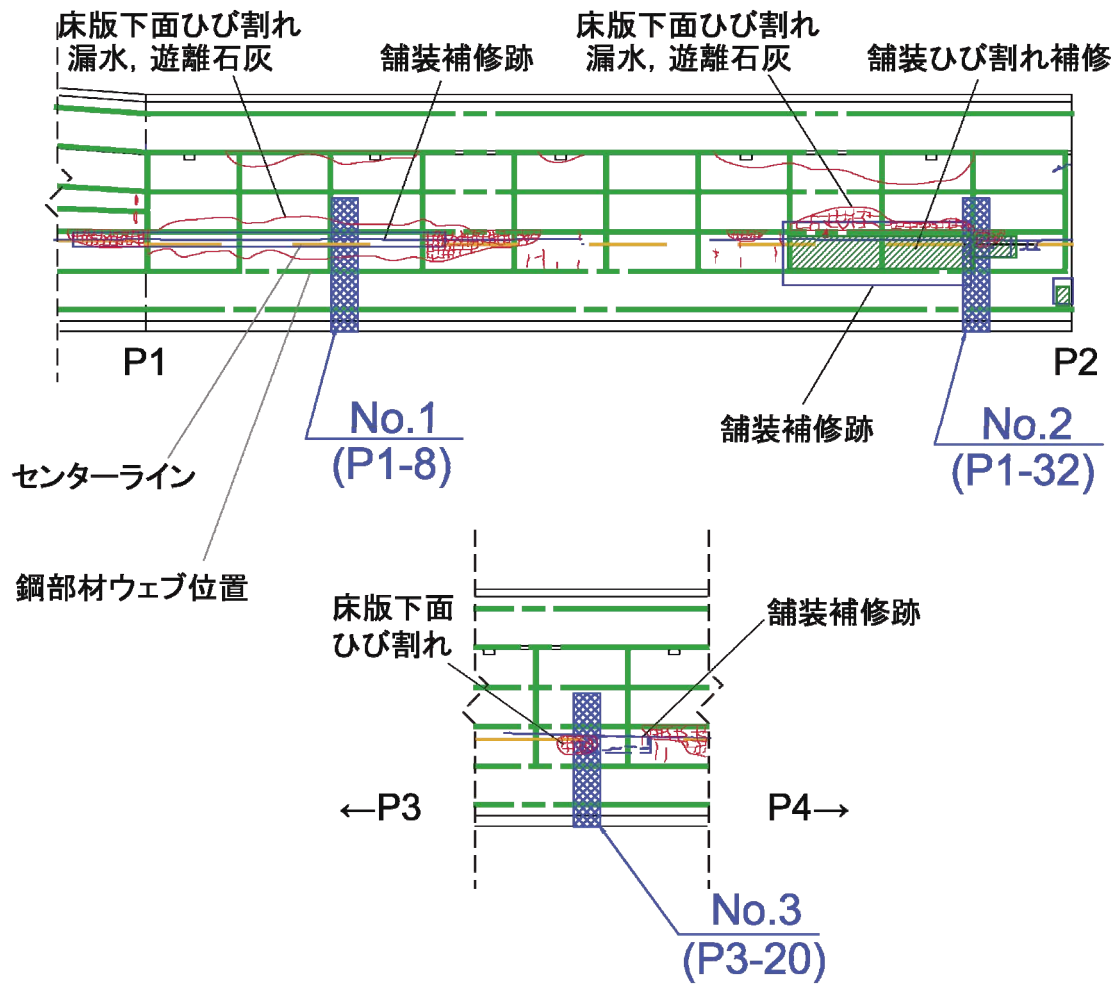


図-4.3 Ki 橋の床版切出し位置の状況

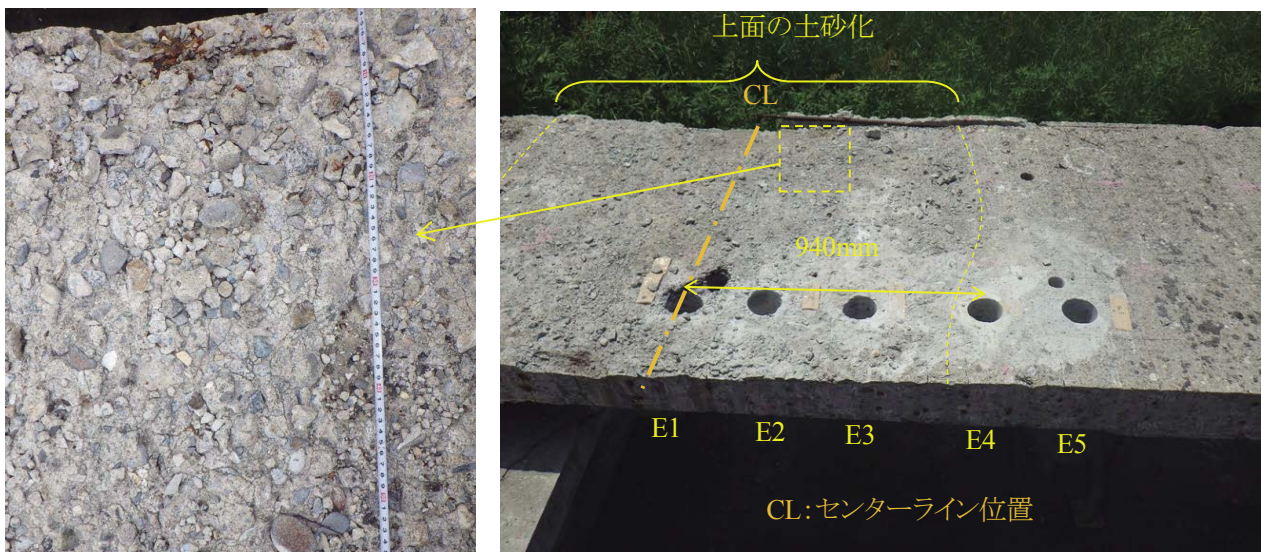


図-4.4 供試体 No.1 の土砂化とコア削孔位置 (Ki 橋) ²⁾

4.3.2 Ka 橋

借宿跨道橋（以下、Ka 橋という）は、長野県北佐久郡軽井沢町に位置する道路橋である。本橋は、橋長 26.7m の単純非合成鉄桁であり、完成年度は 1972 年である。撤去 RC 床版は、2018 年の取り換えに至るまで 46 年間供用された。架橋位置は、冬期には日最低気温（気象庁の過去の気象データ：軽井沢の過去 30 年平均値）が -9°C となり、日平均気温でも氷点下となるような寒冷地であり、凍結防止剤の散布を行っている地域である。また、交通量は 10,000 台/12h 以上であり大型車混入率は 20%程度と比較的多い。

本橋では、2009 年定期点検で床版下面のひび割れ、漏水・遊離石灰が確認され、対策区分 S（詳細調査が必要な損傷）と判定されたため実施した調査において、床版上面の土砂化が確認された。2011 年にはひび割れ注入や断面修復が実施されたが、2013 年の定期点検では、床版ひび割れ、漏水・遊離石灰が確認されており、対策区分 C（速やかに補修する必要がある損傷）と判定されている。図-4.5 は床版撤去前の路面状況の写真である。図より、CL 付近、地覆付近及び車輪走行位置付近で舗装の部分補修が行われていることがわかる。図は A1 側のものであるが、A2 側でも舗装の補修跡が確認されており、橋面上で複数の舗装の補修跡や路面のひび割れが確認された。なお、床版防水は未施工であった。

調査には、図-4.6 に示すように撤去された床版パネルのうち、No.17 及び横断方向に連続した No.27,28 の 2 パネルを抽出し使用した。図-4.7～8 に、No. 17 及び No. 27,28 の舗装路面と床版上面の状況をそれぞれ示す。路面の勾配については、横断方向は G4 から G1 へ向けての片勾配であり、縦断方向は A1 側が低い。舗装撤去時の床版上面の損傷状況は、排水柵のある G1 側地覆付近が水みち、滞水ができやすいため、土砂化が顕著であり橋軸方向に連続して確認された。図-4.9(a)に、Ka 橋床版上面の地覆部の劣化状況を示す。また、図-4.9(b)に示すように、No. 27 では、CL 付近でも土砂化が確認された。No. 27,28 の 2 パネルは CL 付近で舗装の部分補修が行われている箇所であり、すでに土砂化が顕在化していた可能性があり、健全部と土砂化部を併せもっていた。また、切断面を確認したところ、川砂利が使用されていた。No. 17 は、CL 付近で床版上面が補修されていた。



(a) A1側から撮影



(b) A2側から撮影

図-4.5 Ka橋の床版撤去前における舗装の状況

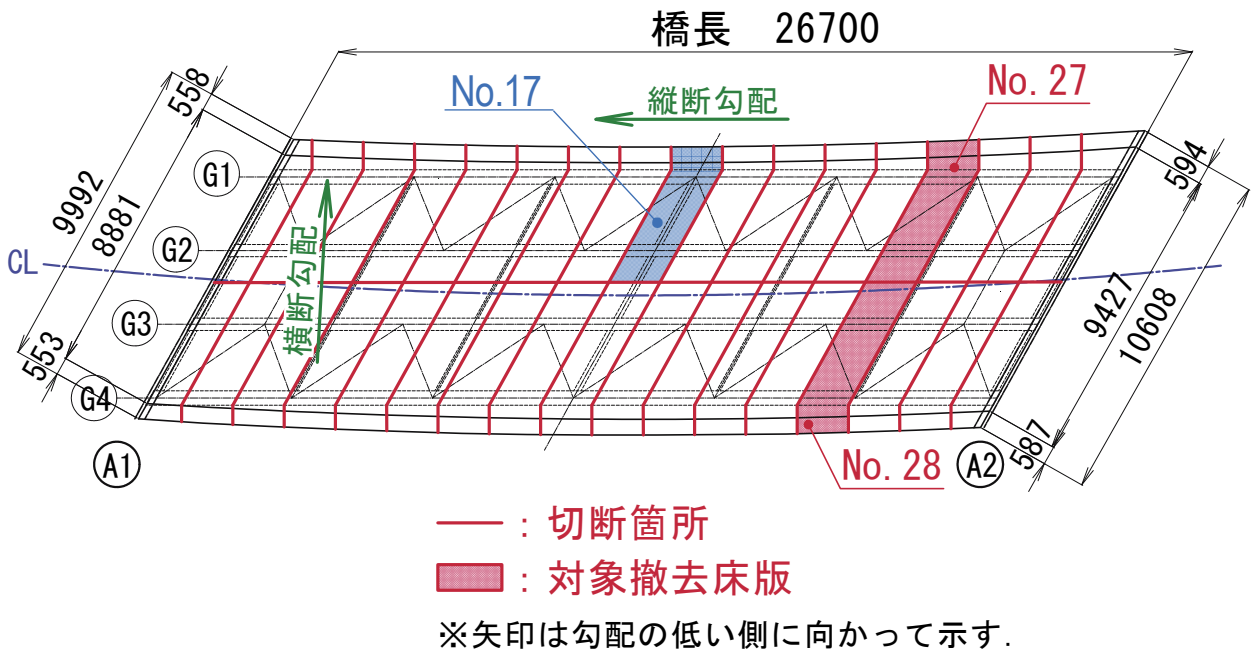
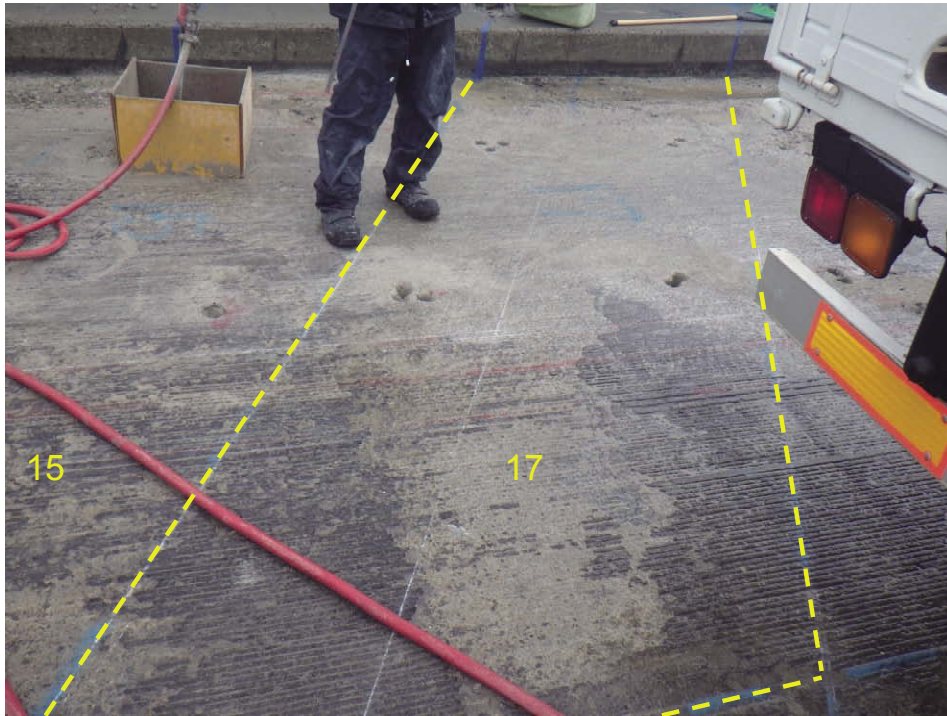
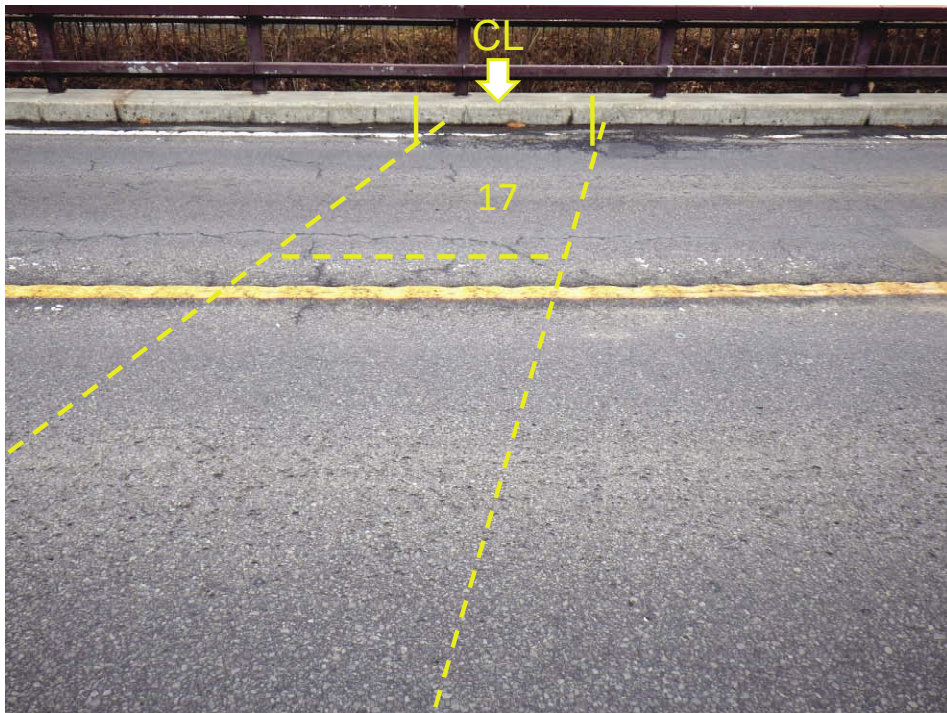


図-4.6 調査に使用した Ka 橋の撤去床版

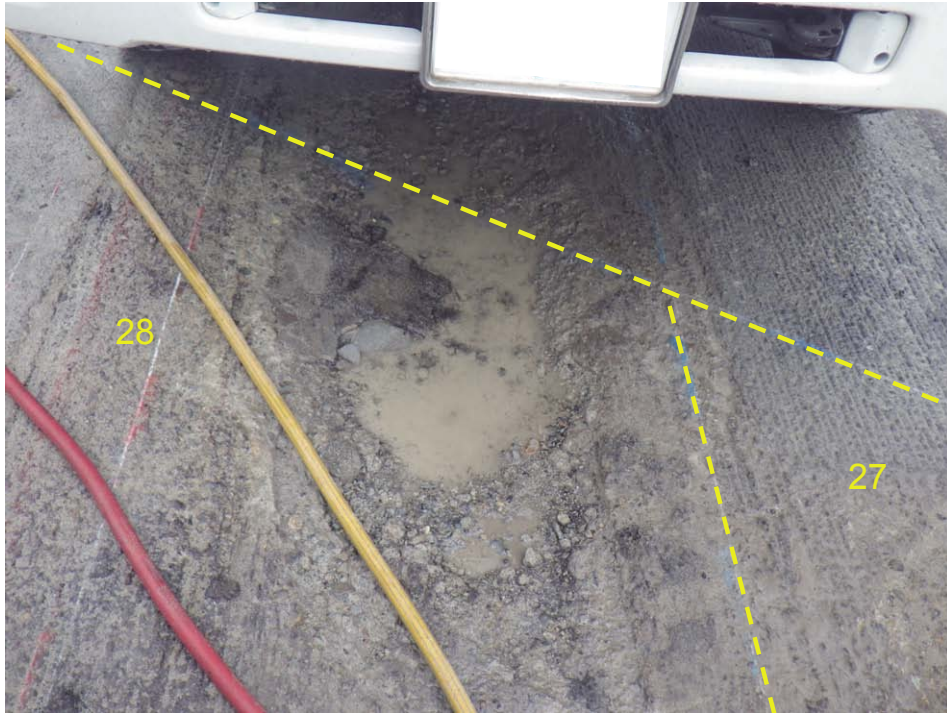


(a) 床版上面

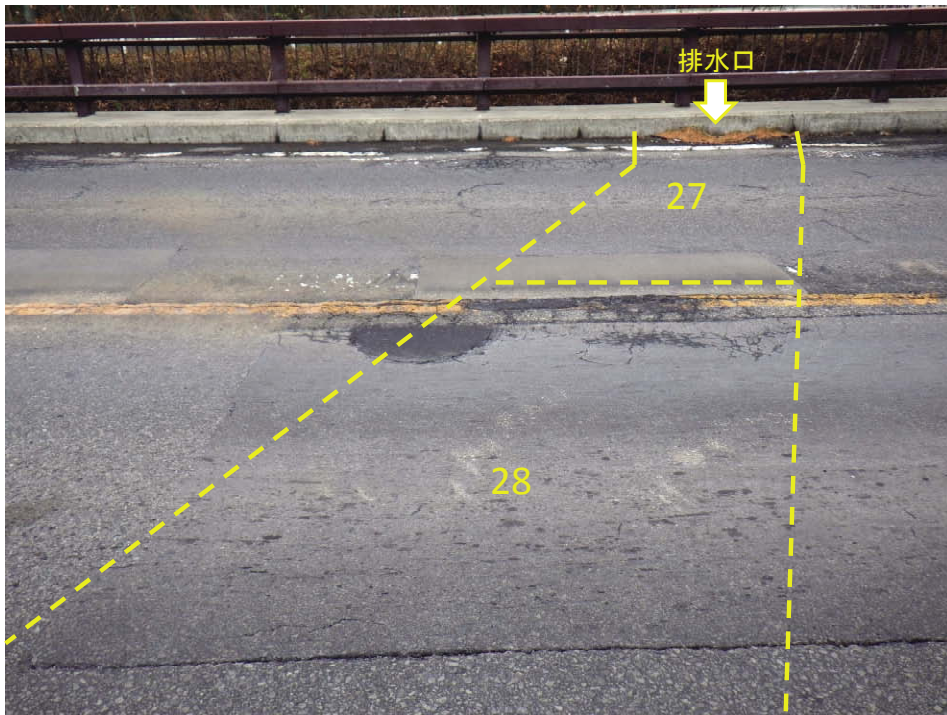


(b) 舗装路面

図-4.7 Ka 橋パネル No. 17 の舗装路面と床版上面の状況



(a) 床版上面

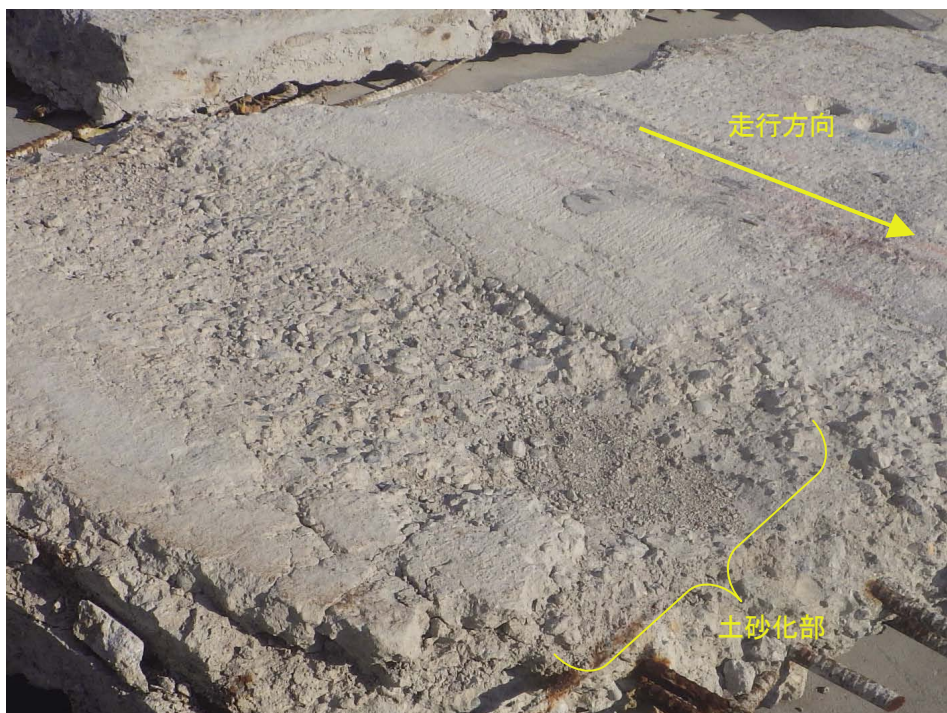


(b) 舗装路面

図-4.8 Ka 橋パネル No. 27, 28 の舗装路面と床版上面の状況



(a) パネル No. 17 の地覆付近¹⁾



(b) パネル No. 28 のセンターライン付近³⁾

図-4.9 Ka 橋の撤去後の床版上面の劣化状況

4.4 調査方法

4.4.1 調査項目

表-4.1 に、Ki 橋と Ka 橋を対象とした調査の項目一覧を示す。

表-4.1 調査項目一覧

調査項目		Ki 橋	Ka 橋
外観調査		○	○
テストハンマーによる反発度（床版上面の浮きの確認）		○	○
圧縮強度試験		○	○
深さごとの 物性測定	a) 深さごとの含水率測定	○	○
	b) 深さごとの超音波伝播速度測定	○	—
	c) 深さごとの静弾性係数測定	○	—
塩化物イオン濃度分布測定		○	○
コアの微細ひび割れ観察		○	○
パネル数		3 体	3 体
コア数		14 本	27 本

注) パネル数, コア数は, 本文で報告する数量を示す。

4.4.2 コア採取

(1) Ki 橋

図-4.10 に、供試体の外観とコア採取位置を示す。図中、舗装打継目のあったセンターラインの位置と、概ねの車輪走行位置も示す。供試体 No.1, No.2 に見られた土砂化は、いずれも舗装打継目を中心に発生していた。採取するコアは、圧縮強度試験用に $\phi 70\text{mm}$ のコア 3 本、静弾性係数等、深さ方向の物性変化調査用に $\phi 100\text{mm}$ のコア 8 本、塩分含有量測定用に $\phi 70\text{mm}$ のコア 3 本、治具等に用いる $\phi 100\text{mm}$ の予備のコア 1 本とした。コア C3~C5 は、鉄筋を含まないように貫通コアを湿式で採取した。C3~C5 は、採取直後に、JIS A 1152 により、上縁、下縁の中性化深さの測定を行った。コア E1~E8 は湿式で採取した。E1~E8 は、超音波伝播速度の測定も行うため、直径 100mm のコアとしたが、鉄筋を完全に避けて抜くことが難しい状況であった。 $\phi 100\text{mm}$ 確保と削孔のし易さを優先して、あえて鉄筋がコアの中心にくるように削孔位置を決めることとした。E1~E8 のコア採取前に、削孔位置における床版上面の反発度を JSCE-G504 により測定した。コア CL3~CL5 は乾式で削孔した。なお、コア採取が困難な箇所の塩分測定は、下面からドリル法により試料採取した (CL1, CL2)。

(2) Ka 橋

No.17, 27, 28 それぞれのパネルより、圧縮強度試験、塩分含有量試験、深さごとの静弾性係数測定のコア (深さごとの静弾性係数は No. 27, 28 のみ) を採取した。コア径は $\phi 70\text{mm}$ とし、鉄筋を可能な限り避けて湿式でコア採取した。コア採取位置を図-4.11 に示す。圧縮強度試験用コアは、床版上面で健全部と考えられる箇所より各 3 本を採取した。パネル No. 17 の塩分分析用コアは 2 本とした。パネル No. 27, 28 の塩分分析用コア及び静弾性係数用コアは、土砂化部から健全部にかけて中間層を確認する目的で採取し、塩分分析用コアは No.27 で 3 本、No.28 で 5 本とし、静弾性係数用コアは No.27 で 7 本、No.28 で 7 本とした。なお、採取したコアでは、水平ひび割れが見られたコアとコア削孔時に割れたコアが見られたため、削孔後の孔の中を観察して、水平ひび割れかコア削孔時の割れかを判別した。

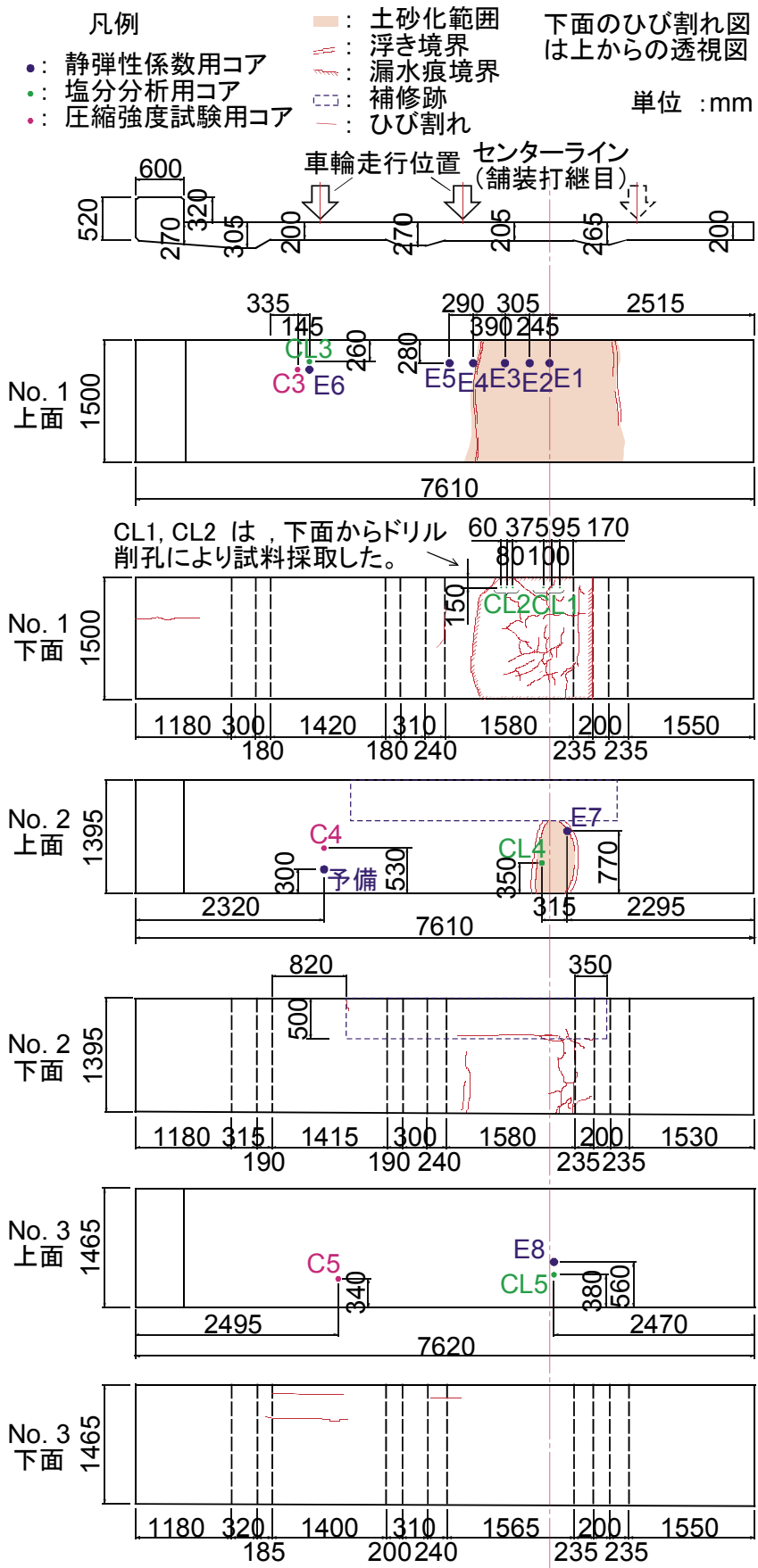
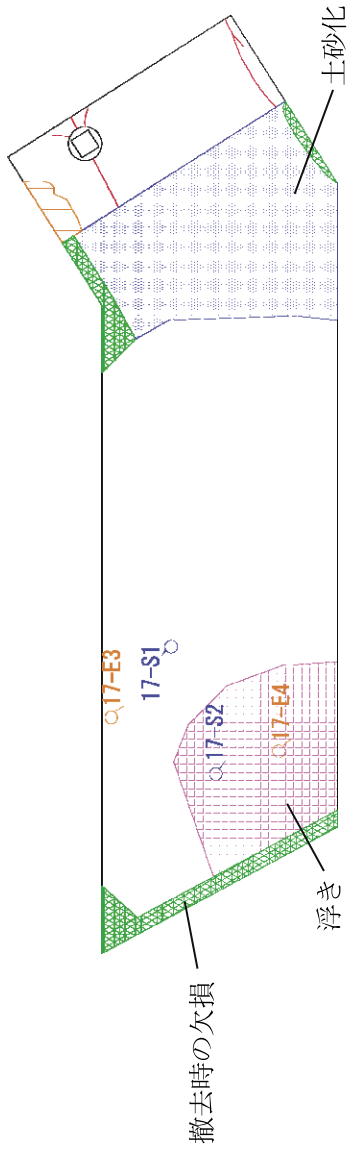


図-4.10 Ki 橋の供試体の形状寸法, 外観とコア削孔位置

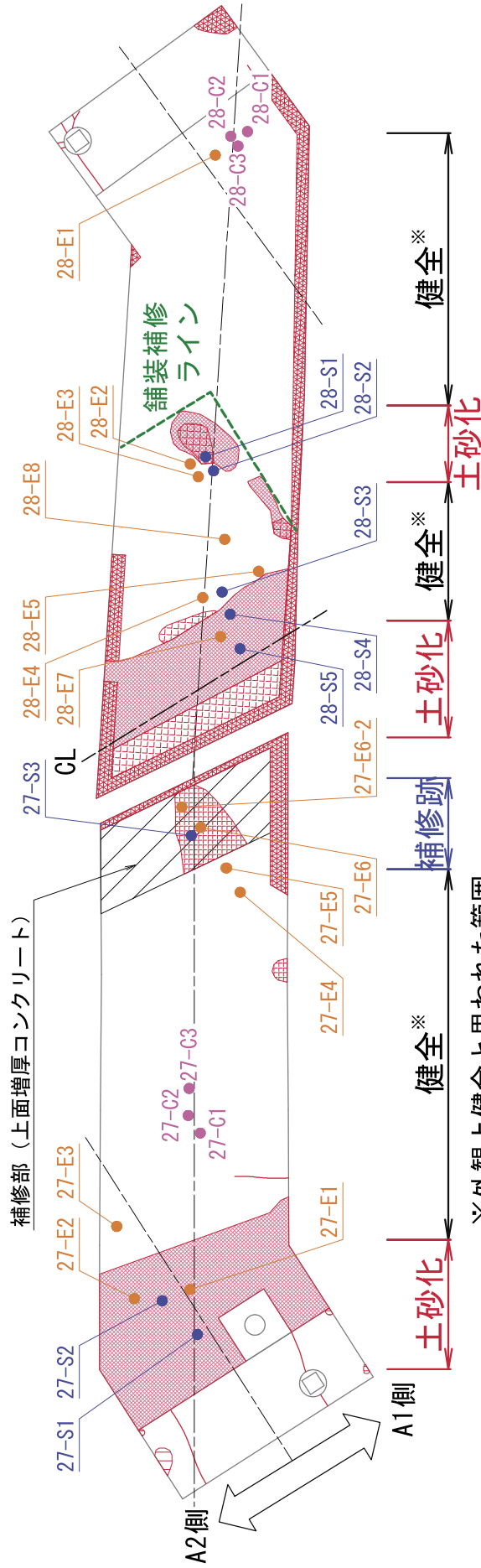


(a) パネルNo.17

注) 舗装補修ライン (舗装打継目) は、舗装路面写真から推定した概略の位置

No. 27

No. 28



※外観上健全と思われた範囲

【凡例】

- : 圧縮強度試験用コア (C)
- : 塩分分析用コア (S)
- : 静弾性係数用コア (E)

	ひび割れ		うき		土砂化		撤去時の欠損		健全*		土砂化		健全*
--	------	--	----	--	-----	--	--------	--	-----	--	-----	--	-----

(b) パネルNo.27,28

図-4.11 Ka橋の損傷図及びコア採取位置

4.4.3 測定

(1) 圧縮強度試験

上下端を切断してφ70mm×140mmの圧縮強度試験用コアとした。圧縮強度試験前にコアをイオン交換水に7日間浸漬した。圧縮強度試験はJIS A1108, 同 A1149 に準じて行い, 各コアの圧縮強度, 静弾性係数(60mmのひずみゲージによる), ポアソン比を測定した。

(2) 深さごとの物性測定 (E1~E8)

土砂化周辺のコンクリートの劣化程度は, 深さ方向にも変化していることが想定されることから, コア E1~E8 を用いて, コンクリートの含水率, 超音波伝播速度, 静弾性係数 (測定順) をそれぞれ深さごとに測定した。

深さごとの含水率及び超音波伝播速度は, いずれもコアの側面で, コアをはさんだ両面から端子, 探触子を当てて測定した。深さ方向に20mm間隔で測定するとともに, 測定位置を90°ずらして同様に測定を行った(各2回繰り返し)。端子, 探触子を当てる位置にひび割れや鉄筋がある場合は, それらに直接接触しないように測定位置を少しずらした。

a) 深さごとの含水率測定

コンクリートの含水率の測定には, 市販の二極端子を有する電気抵抗式コンクリート水分計(K社, HI-800)を用いた。図-4.12に, 深さごとの含水率の測定状況を示す。測定前にイオン交換水に1週間浸漬した状態で, 電気抵抗の指標と考えられるカウント値を読み取った。表面の水分を布で拭き取った後, 数分間は値の変化が急であったことから, 拭き取りから3分間空中に放置した後, 測定を行った。測定対象とするコンクリートの電気抵抗と含水率の関係を別途確認しておき, カウント値から含水率に換算した。

b) 深さごとの超音波伝播速度測定

超音波伝播速度の測定においても, 含水状態の影響を受けることから, 床版内での相対比較のためすべて飽水状態にして測定した。図-4.13に, 深さごとの超音波伝播速度測定の測定状況を示す。超音波伝播速度は, 超音波測定器(T社, ESI-10), φ20mm, 28kHzの探触子及びグリプスを用いて, 透過法により測定した^{9),10)}。

Ki橋では, 床版からφ100mmのコアを採取した。Ka橋では, 床版からφ68mmのコアを採取した。コアは土砂化部から健全そうな部分まで, 劣化状況が異なると想定される箇所から採取した。Ki橋では, 超音波伝播速度を測定するために直径100mmを確保したかったことから, またコア採取のし易さを考慮して, いずれも床版下段の鉄筋(D19, E5は曲上部)をあえて含む位置で採取した。

c) 深さごとの静弾性係数測定

土砂化周辺のコンクリートは, ひび割れが著しく, 一般のひずみゲージを用いた静弾性係数の測定ができない場合があると想定される。このことから, 深さごとの静弾性係数を測定するため, 図-4.14のように, 各コアの側面に, 高さ方向に20mm間隔で変位計(T社, CE-2)とコマを設置して, 圧縮载荷を行い, 各高さでの载荷方向変位を測定することとした。コマは, ひずみゲージ用の瞬間接着剤で接着した。変位計の高さが43mmであったことと, コマの10mm×15mmの面をコアに接着して固定するため, 縦方向一列にコマを配置すると測定結果にコマの剛性による干渉が生じることが懸念されたことから, 円周方向に千鳥にコマを配置した。

載荷荷重は、圧縮強度から推定される最大荷重の約 1/3 として、負荷と除荷を 3 回繰返し行った。上下の圧盤とコアの間に、Ki 橋の試験には $\phi 100\text{mm} \times 65\text{mm}$ のコンクリートコア（治具用コア）を、Ka 橋のコアには $\phi 70\text{mm} \times 50\text{mm}$ の治具用コアをそれぞれ配置した。コアの端面はできるだけ平坦に研磨しておき、部分的な断面欠損部は W/C30% 程度のセメントペーストでキャッピングした。劣化や削孔による欠損の大きいコアは W/C30% 程度の無収縮モルタルを充填した。治具用コアとの接触面には接着剤や緩衝材は配置しなかった。載荷中の荷重、変位は動ひずみ測定装置を用いて 5Hz で連続的に測定した。

図-4.15 に、コア E3 の 1 回目載荷時の荷重-変位の例を示す。変位は同じ高さの 2 点の平均値を示す。当然ながら、測定位置が上にいくほど、変位が大きくなる結果であった。しかし、E8 のように比較的健全なコアの場合は、変位が小さいため、測定精度や粗骨材（推定最大寸法 20~25 mm 程度）の影響により、測定位置が上に位置する点での変位が、すぐ下の変位よりも小さくなる場合があった。そのため、20 mm ごとの平均ひずみで静弾性係数を算定すると、健全なコアでは、みかけ上、静弾性係数が負の値となる場合があった。既知のとおり¹⁾、粗骨材の影響が見られると考えられることから、実測変位を 60mm ごとの平均ひずみに換算することとした。

上記の点から、次式により、変位を 60 mm ごとの平均ひずみに換算することとし、例として下縁から 60~120 mm の結果 ($i=3$) を示した。

$$\varepsilon_i = (u_{i+3} - u_i) / L \quad (1)$$

ここに、 ε_i : i 点から $(i+3)$ 点の間の平均ひずみ ($i=0, 1, 2, \dots$)、 u_i : i 点における実測変位（両側面 2 点の平均値、最下端が u_0 ）、 $L=3p$ 、 p : 測定間隔 (=20 mm)

後述するように、劣化したコンクリートの応力-ひずみ関係では、顕著な非線形性が見られた。概ね劣化の程度に応じて、載荷初期に大きいひずみが発生すること、載荷荷重の 1/2 程度以上は概ね直線に近い応力-ひずみ関係が見られること、繰返し載荷では 2 回目以降、概ね同じ応力-ひずみ関係が得られることから、暫定的に、これらの特長を表す指標として、3 回目の載荷時における載荷荷重の 50~100% の範囲を対象として応力-ひずみデータの相関式を求め、その傾き（あるいは式(2)）を深さごとの静弾性係数 $E'_{c,i}$ とする。

$$E'_{c,i} = \Delta\sigma / \Delta\varepsilon_i \quad (2)$$

ここに、 $E'_{c,i}$: i 点から $(i+3)$ 点の間の静弾性係数、 $\Delta\sigma$: 載荷荷重 P と $P/2$ における応力度の差、 $\Delta\varepsilon_i$: 載荷荷重 P と $P/2$ における ε_i の差（3 回目の載荷時）、なお、 $E'_{c,i}$ の中心深さ（下縁からの距離）は $x_i = (i+3/2)p$

なお、Ki 橋のときは、最上端のコマを治具用のコアに設置したため、治具と測定用コアの間のわずかな隙間の変位を含めて測定していた。Ka 橋のときは、コアの上下を反転して載荷することで、その影響を回避した。

(3) 塩化物イオン濃度分布測定 (CL3~CL5)

コア上縁から深さ方向に 20mm 間隔で切断して、各深さの試料とした。ただし、割れていたコアは、約 20~30mm を目安に各ブロックを等分するように切断位置を調整した。コンクリート中の塩化物イオン濃度（全塩分）は JIS A 1154 に従って測定した。ドリル削孔の試料 CL1, CL2 も塩分分析は同様に行った。

(4) コンクリートコアの微細ひび割れ観察

深さごと弾性係数測定用コアは、測定終了後に、蛍光エポキシ樹脂含浸による微細ひび割れ観察を行った。試料のコアは炉乾燥で絶乾にしてから真空引きし、蛍光染料を予め混ぜた流動性の高いエポキシ樹脂を含浸させた。その後ただちに、再び真空引きを行い、コアの内部の微細なひび割れに蛍光エポキシ樹脂が浸入するようにした。同樹脂が硬化した後、コアを軸方向に2分割するように切断して、切断面を研磨した。その切断面にブラックライトを当てて、写真撮影を行った。

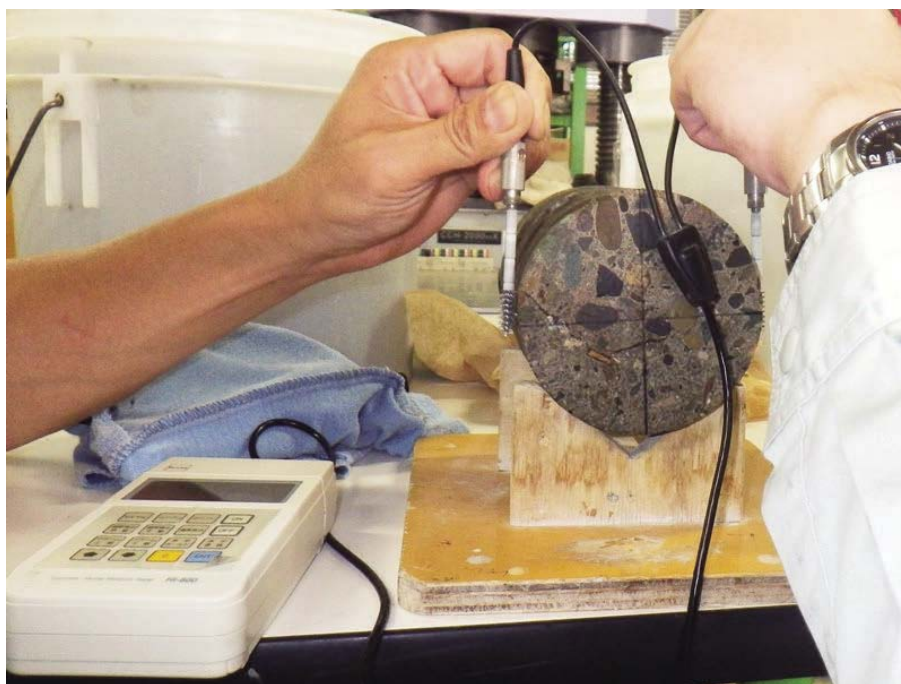


図-4.12 深さごとの含水率の測定状況



図-4.13 深さごとの超音波伝播速度測定の測定状況

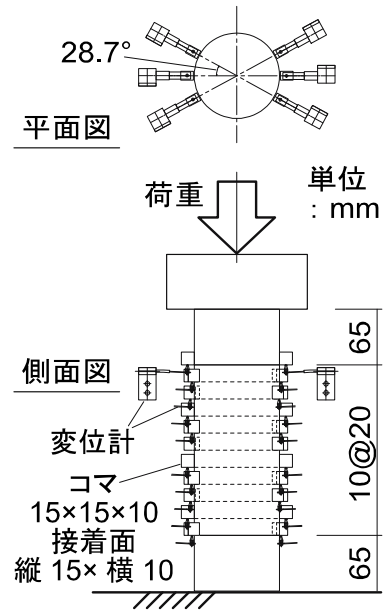


図-4.14 深さごとの静弾性係数の測定状況と測定方法

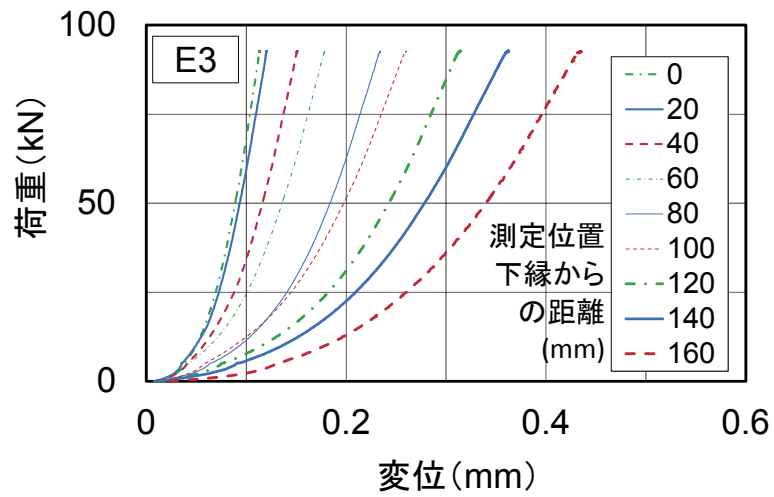


図-4.15 土砂化したコアの深さごとの荷重-変位の例 (K 橋, コア E3)

4.5 Ki 橋の調査結果

4.5.1 結果

(1) コンクリートの基本性状

表-4.2 に、圧縮強度試験結果を示す。供試体 No.1～3 の圧縮強度がそれぞれ異なっていた。

(2) コアの観察

図-4.16 に、E1～E8 のコア側面に見られたひび割れと鉄筋の位置を示す。土砂化境界部の E4 を除き土砂化した箇所から採取したコアには、いずれも複数の水平ひび割れが見られた。舗装打継目に近い E1, E7 で水平ひび割れがより多く見られた。また、いずれも上方にひび割れが多い傾向が見られた。ひび割れは、鉄筋位置でも見られたが、鉄筋に関係がないと思われる深さでも見られた。粗骨材の割れが多く見られ、ひび割れに沿った粗骨材の割れも見られた。床版上面のたたきによる調査では、土砂化した範囲のほとんどでコンクリートの浮きが確認されたが、土砂化の境界付近から採取したコア E4 に水平ひび割れは見られなかった。なお、E7 は、試料採取時に水平ひび割れで分断されていたので、エポキシ樹脂系パテでコアの形に整形した。樹脂の影響は必ずしも明確ではないが、本文では参考値として結果を示す。また、E5 は、上端部に曲げひび割れが見られるとともに、曲げ上げ部のもと思われる鉄筋が斜めに入っていた。

(3) 深さごとのコンクリートの性状

図-4.17(a)に、比較的健全なコア E8 の応力-ひずみ関係（3 回目の載荷）を示す。比較のため、E8 と同じ供試体 No.3 から採取した圧縮強度試験用コア C5 の結果も示す。E8 のデータは、C5 のひずみ測定位置と概ね同じ位置である深さ 60～120mm 間の平均ひずみを示す。一般的なコンプレッソメータと同様に、この調査で使用した変位計による 60mm 間の平均ひずみの測定は、ひずみゲージによる測定と同様の結果が得られると考えられる。

図-4.17(a)にはまた、コア E1（3 回目の載荷）を例に劣化が見られたコアの応力-ひずみ関係を示した。コア E1～E8 の結果より、概ね劣化の程度に応じて、載荷初期に大きいひずみが発生すること、載荷荷重の 1/2 程度以上は概ね直線に近い応力-ひずみ関係が見られること、繰返し載荷では 2 回目以降、概ね同じ応力-ひずみ関係が得られることがわかった。本文では暫定的に、これらの特長を表す指標として、図-4.17(a)のように、3 回目の載荷時における載荷荷重の 50～100%の範囲の応力-ひずみデータの相関式を求め、本文ではその傾きを深さごとの静弾性係数 E'_c とする。また、載荷初期の大きいひずみについては、比較的健全なコアで見られないことから劣化によるものと考えられ、ここでは便宜的に相関式と横軸との交点におけるひずみを付加ひずみ ϵ'_c とした。

図-4.18 に、コア E1～E8 の深さごとの E'_c を示す。各値の 60 mm の測定範囲内にひび割れや鉄筋が含まれるものは、それぞれ記号で示した。軸直角方向に鉄筋を含む場合に静弾性係数が低下するとの報告があるが¹²⁾、図-4.18 の結果では、明確な鉄筋の影響は見られなかった。比較的健全なコアは、変位の値が小さいため、 E'_c のばらつきが大きくなる傾向が見られた。これらの点を踏まえた上で、図-4.18 より、次の傾向が見られた。

- a) 土砂化部から採取したコアは全体に E'_c が小さい。
- b) 比較的健全なコアは目視可能なひび割れは見られなかったが、その中では、コア E5 の上部付近の E'_c が他のコアに比べて小さい傾向が見られた。

なお、コア E8 の除荷時に見られた不規則な動きを伴うヒステリシスのような挙動は、再載荷に転じたときに急に元の載荷時の挙動に戻っていることから、コアの物性そのものではなく、変位計とコマの接点の摩擦が影響した可能性があると考えられる。コア E8 のように変位が小さい場合にも対応できる測定精度が得られるよう、また摩擦の影響が解消できるよう、調査目的に応じて、測定方法を改善する必要がある。

同様に、図-4.19 に、コア E1～E8 の深さごとの付加ひずみを示す。参考として示した最上縁の値は、治具との隙間の変位を含むため、いずれも極端に大きい。土砂化部から採取したコア E1～E3 及び E7 は、いずれも付加ひずみ ϵ'_c が大きい。 ϵ'_c が大きい箇所は、いずれも目視可能な水平ひび割れが見られたことから、大きい付加ひずみの主たる要因は水平ひび割れによると考えられる。鉄筋が入っていることで付加ひずみが特段に大きくなることはないようである。コア E5 は、土砂化部から採取したものではなく、目視可能なひび割れが見られたわけでもないが、コアの上縁付近で付加ひずみがやや大きい傾向が見られた。

図-4.20 に、深さごとの E'_c と付加ひずみ ϵ'_c の関係を示す。両者の間にある程度の相関性が見られるが、比較的健全なコアの E'_c のばらつきが大きく、 ϵ'_c に比べて判定のしきい値の設定が難しい傾向にあると考えられる。

図-4.21 に、深さごとの超音波伝播速度の測定結果を示す。全体に、下端付近に比べて、上端付近の速度が遅い傾向が見られたが、土砂化部から採取したコアと比較的健全なコアとの明確な違いは見られなかった。

図-4.22 に、深さごとの含水率の測定結果を示す。この床版コンクリートの場合、概ね含水率 6% を境に、土砂化部から採取したコアの含水率はそれより高い範囲が広く見られ、比較的健全なコアの含水率はそれより低い傾向が見られた。コア E7 を除き、目視可能なひび割れが見られる箇所の方が含水率が高い傾向が見られた。

(4) コンクリート中の塩化物イオン濃度

図-4.23 に、コンクリート中の塩化物イオン濃度の測定結果を示す。As 舗装の打継目から離れて、比較的健全な箇所から採取した CL3 では、上面からの塩化物イオンの浸透がほとんど認められず、初期の塩化物イオン濃度に近い値を示すものと考えられる。一方、土砂化が見られた箇所から採取した CL4 は、上縁からの多量の塩分浸透が認められた。供試体 No.1 (CL1)、同 No.2 (CL4) とともに、コンクリート中の鋼材の発錆限界塩化物イオン濃度を超える箇所が見られた。土砂化が見られない供試体 No.3 の As 舗装打継目付近から採取したコア CL5 でも、浸透の程度は土砂化部から採取した CL4 に比べて軽微であるが、上縁からの塩分浸透が認められた。

4.5.2 土砂化の中間層に関する考察

(1) 対象床版の土砂化部周辺のコンクリートの物性

上面で土砂化が見られた範囲のほとんどでコンクリートの浮きが認められ、採取したコアを確認したところ、土砂化の下方のコンクリートに複数の水平ひび割れが見られた。また、土砂化部から少し離れたコア E5 のように、コア側面で目視可能なひび割れない場合でも、上縁付近で付加ひずみがやや大きくなるなど、比較的健全なコアと異なる性状を示す場合があった。これらのことから、対象床版の土砂化部の周囲には、深さ方向にも、平面的に広がる方向にも、土砂化と健全の中間的な物性となっているコンクリートが存在す

ると考えられる。なお、水平ひび割れがある場合は付加ひずみが顕著であったが、水平ひび割れが目視で確認できない場合であっても付加ひずみが見られたのは、コンクリート中に微細ひび割れが発生していることによると推察される。

付加ひずみが生じる状態では、As 舗装を支持する機能が低下するとともに、補修用コンクリートとの一体的な挙動が得られ難くなると推察される。コア E5 のような比較的軽微な劣化の兆候を判別するためには、付加ひずみ ϵ'_c の測定など何らかの測定が必要である。参考として、この床版の場合、劣化の兆候が見られたのは、付加ひずみ ϵ'_c が 500×10^{-6} 以上の場合であった (図-4.20)。なお、図-4.16 に記したように、E5 上縁の反発度は比較的健全なコアと同等であり、反発度では E5 の変化を判別できなかった。

図-4.24 に、直近のコア同士のデータを用いて、塩化物イオン濃度と付加ひずみの関係を示す。データはまだ限られているが、コンクリート中の塩化物イオン濃度が高い部位ほど、付加ひずみ ϵ'_c が大きい傾向が見られた。塩化物イオン濃度が高いほどコンクリートの飽水度が高くなり¹³⁾、ASR、凍害ともに発生の可能性が高くなると考えられることから、土砂化や土砂化の中間層の形成に塩化物イオンの浸入が影響している可能性があると考えられる。

(2) 土砂化の中間層の進展過程の推定

供試体 No.2 の土砂化の範囲が同 No.1 に比べて小さかったが、同 No.2 の水平ひび割れの発生位置は同 No.1 と同等の深さに至っていた。このことから、対象とした床版の事例では、深さ方向の劣化の進展の方が、平面方向の拡がりよりも速い傾向にあったと考えられる。土砂化した部分の底には路面からの塩水が滞水して、その下のコンクリートが長期に湿潤状態に置かれることが想定される。また、大気中に比べて、塩水が滞水する箇所での塩分浸透は著しく速い傾向にある¹⁴⁾。一旦土砂化が発生した後は、床版の深さ方向に劣化が加速的に進展すると推察される。

土砂化部周辺のコンクリートは、その程度に応じて水平ひび割れが多くなる傾向が見られた。凍結融解や ASR により粗骨材に割れが生じて水平ひび割れが生じる場合、起点となる粗骨材位置だけでなく、まだ健全な部位にもひび割れは進展すると考えられる。水平ひび割れに塩水が浸入すると、表面張力によってひび割れの端部付近まで塩水が早期に拡がり、塩分浸透範囲が平面的に拡がる要因の一つになると推察される。

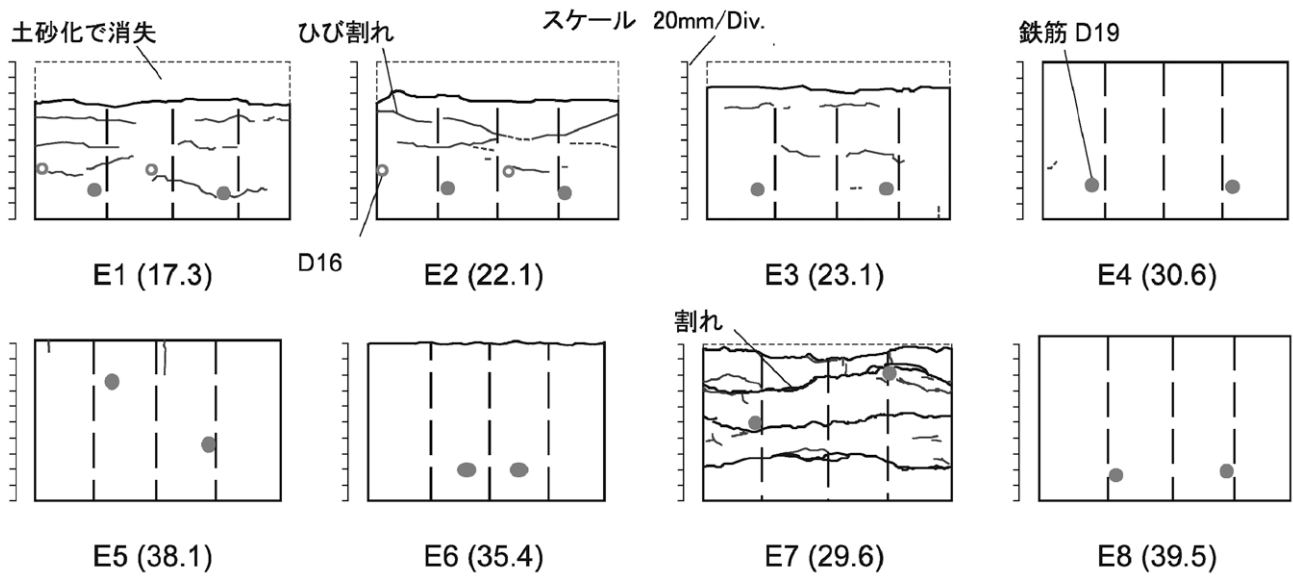


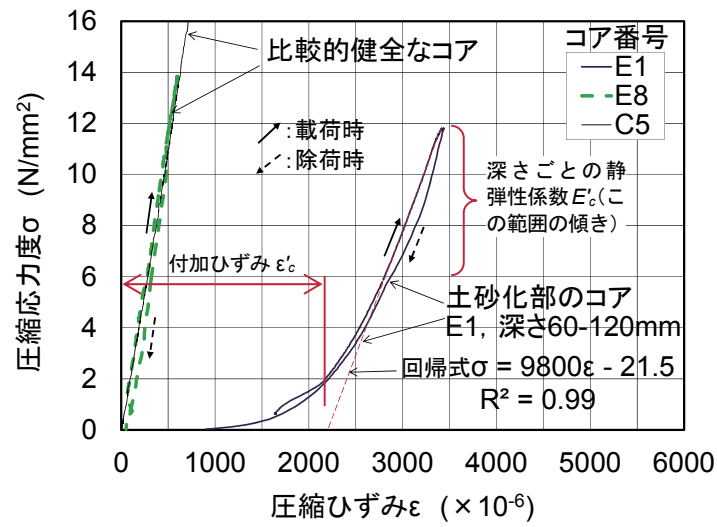
図-4.16 コア側面の状況 (括弧内はコア削孔前の反発度)

表-4.2 Ki 橋の圧縮強度試験結果及び中性化深さ

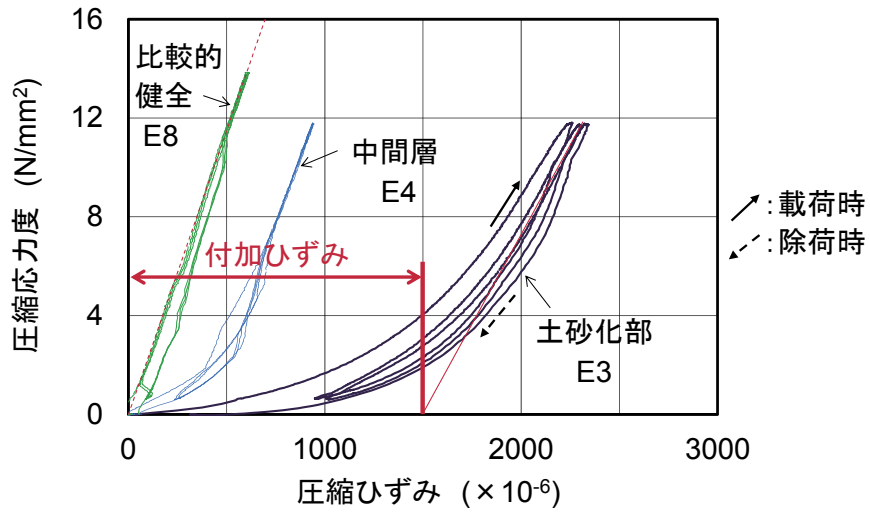
供試体番号, コア番号	No.1, C3	No.2, C4	No.3, C5
見掛け密度 (g/cm ³)	2.26	2.22	2.28
最大荷重(kN)	151	94.7	174
圧縮強度 (N/mm ²)	35.8	22.4	40.8
静弾性係数 (×10 ³ N/mm ²)	20.7	19.3	22.5
ポアソン比	0.17	0.26	0.13
中性化深さ(mm)	7.0	0.0	0.0

注 1) 中性化深さは上縁の値。下縁はすべて 0.0 mm.

注 2) コア C3 は、水中浸漬中に軽微なポップアウトが生じた。



(a) コア E1



(b) コア E3, E4

注) 圧縮ひずみは 60 mm の範囲の変位測定による。E4 の表層の浮きは測定範囲外。

図-4.17 Ki 橋の土砂化部とその周辺のコンクリートの応力-ひずみ関係
(コア E8 は比較的健全な部位から採取)

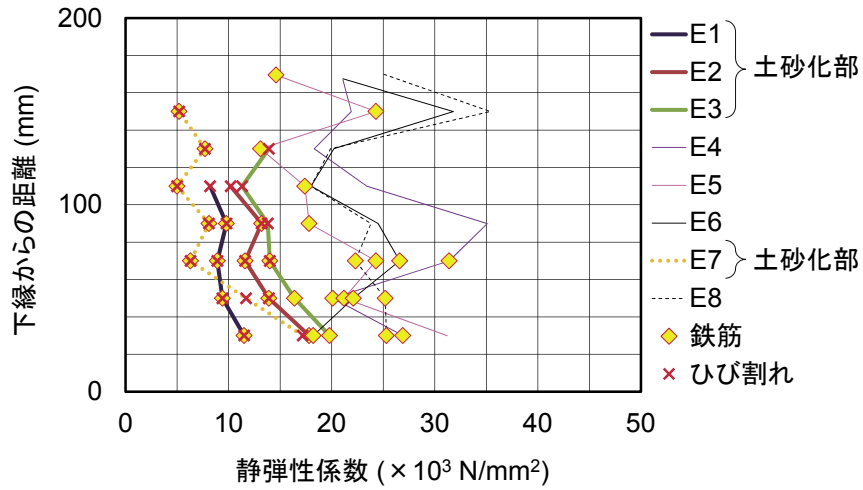


図-4.18 深さごとの静弾性係数 E'_c

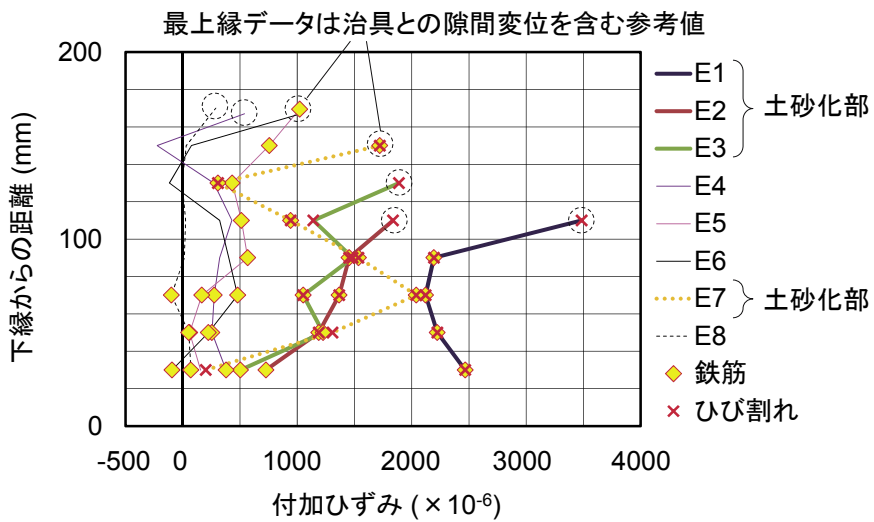


図-4.19 深さごとの付加ひずみ ϵ'_c

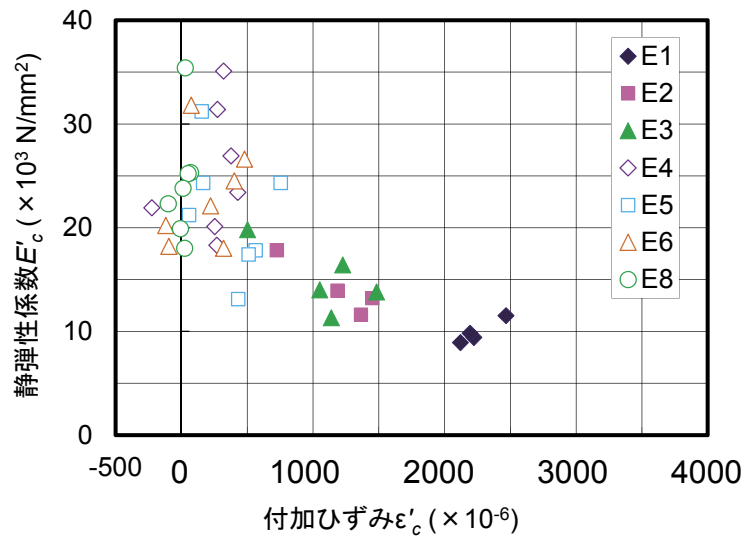


図-4.20 深さごとの静弾性係数 E'_c と付加ひずみ ϵ'_c の関係

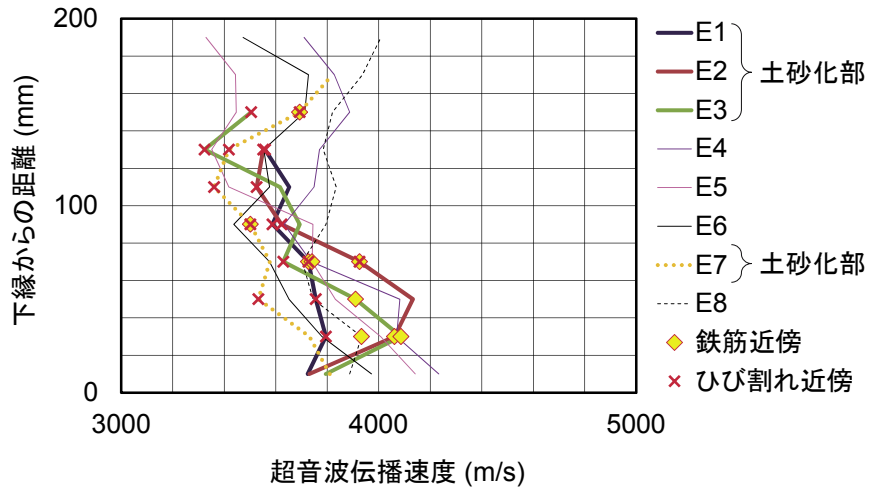


図-4.21 深さごとの超音波伝播速度の測定結果

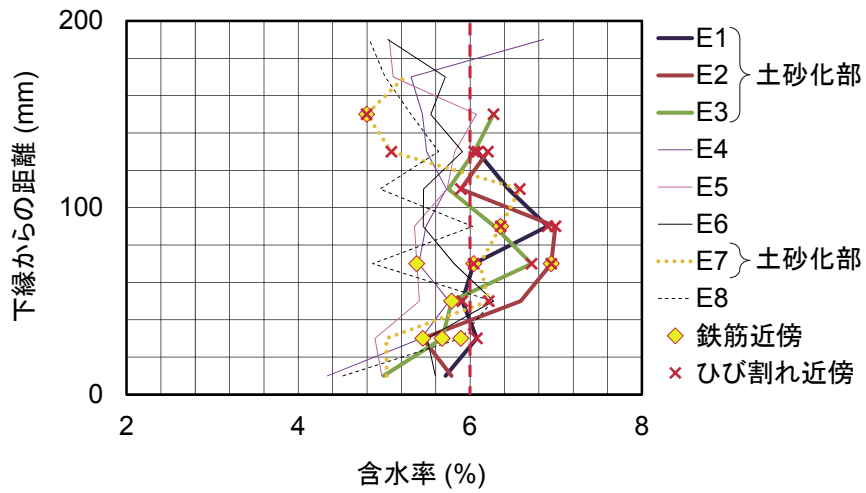


図-4.22 深さごとの含水率の測定結果

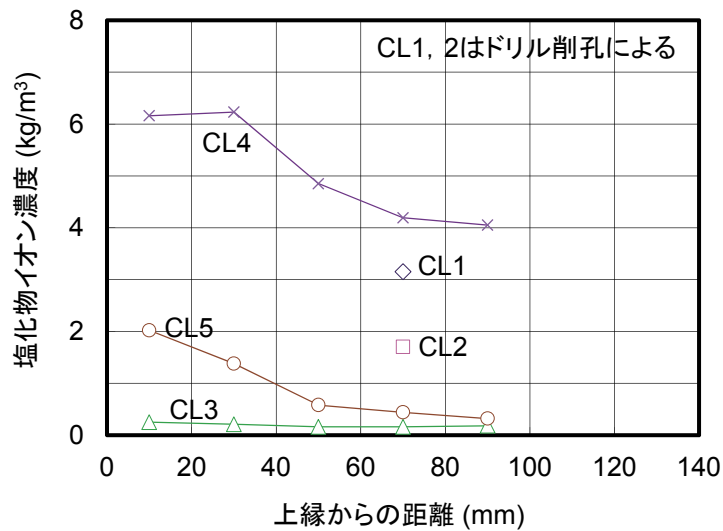
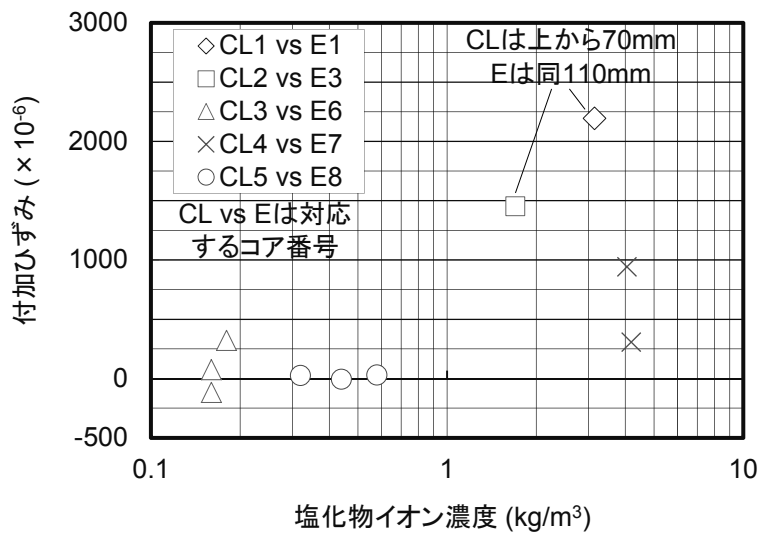


図-4.23 コンクリート中の塩化物イオン濃度の測定結果



注) CL1, CL2 は同じ深さのデータが得られていないため、近傍のデータを示す。

図-4.24 塩化物イオン濃度と付加ひずみの関係

4.6 Ka 橋の調査結果

4.6.1 結果

(1) 圧縮強度試験結果

表-4.3 に圧縮強度試験の結果を示す。表より、No.27 の圧縮強度及び静弾性係数の値が No.28 よりやや低かった。No.27 の圧縮試験用コア採取箇所は、床版上面では損傷が確認されていないが、床版下面で遊離石灰やひび割れが確認されたこと、車道部に位置することから、床版上面の外観目視だけでは分からない材料劣化が進んでいた可能性がある。一方、No.28 のコアは滞水しない地覆部に位置して外観変状もほとんど見られなかった。そのため、健全部の圧縮強度試験結果としては、No.28 の結果が妥当であると考えた。

(2) 塩分含有量試験結果

図-4.25 は、今回実施したコンクリート材料試験の結果を示している。塩分含有量の各グラフは、縦軸を床版上面からの深さ、横軸を塩化物イオン量とし、着色はコンクリート中の塩化物イオン濃度が 1.2kg/m^3 を超える箇所を示している。

横断勾配が低い側であり滞水しやすい排水枡付近は塩分含有量が多い傾向があった。特に最も横断勾配が低い 27-S1 は塩分含有量が非常に多く、深くまで浸入していた。CL 側の補修部の 27-S3 は補修下面のコンクリート中の塩分含有量が多く、また床版下面からの塩化物イオンの浸入も確認された。床版下面に漏水跡があったことから、横断勾配の高い No.28 側から塩化物イオンを含む水がつつてきたと考えられる。CL 付近の土砂化部については、土砂化による床版上面のコンクリートの消失及びコア採取時の若干の欠損により、採取したコアの長さは、28-S5 で 136mm 、28-S4 で 120mm であり、全長にわたって塩化物イオン濃度が 1.2kg/m^3 を超えていた。総じて土砂化部及び補修部の下部の塩分含有量は高かった。土砂化部の直近で採取した 28-S3 は、コアにひび割れがなく健全と判断し、深さ 100mm までの計測範囲としたが、計測範囲ではすべて高い塩化物イオン濃度を示した。目視で床版上面が健全と判断された箇所で採取した 28-S2 及び 28-S1 の塩分含有量は低いが、28-S1 の上面付近は塩化物イオンの浸入が確認された。コア採取位置の近傍には、図-4.11 に示したように舗装補修の打継目に沿った土砂化があったため、舗装補修の打継目から塩分を含んだ水が浸入したと推察される。ただし、いずれの箇所でも、鉄筋腐食によるひび割れやコア採取時に偶然含まれた鉄筋の腐食は確認されていない。

(3) 深さごとの静弾性係数測定結果

図-4.26 に健全部及び土砂化部の応力-ひずみ関係を示す。Ki 橋と同様に、土砂化部のコアでは、載荷初期に大きいひずみが発生しており、載荷荷重の $1/2$ 程度以上は概ね直線となっていることが分かる。これらの結果より、Ka 橋においても、深さごとの静弾性係数 E'_c 、付加ひずみ ϵ'_c の定義は同じとした。また、Ki 橋では、付加ひずみ ϵ'_c が 500×10^{-6} 以上となると、劣化の兆候が確認されたことから、Ka 橋ではこの値を閾値の目安とする。

図-4.25 に示す深さごとの静弾性係数及び付加ひずみの各グラフにおいて、中間層として静弾性係数は 15kN/mm^2 を下回る箇所、付加ひずみが 500×10^{-6} 以上となる箇所を網掛けで示した。また、微細ひび割れの観察により水平ひび割れが確認された深さを各グラフに示した。水平ひび割れがある箇所では付加ひずみが発生するが、27-E6、27-E6-2、28-E7 では付加ひずみの発生が確認されていない。これらのコアでは明確な水

平ひび割れが確認されたが、無収縮モルタルの充填により整形した箇所であったため、この部分については付加ひずみが発生しなかったと考えられる。ただしこれらのコアでは、静弾性係数の低下は水平ひび割れ部で確認されており、微細なひび割れもあったものと推察される。

排水柵付近及びCL付近の土砂化部直下(27-E1, 27-E2, 28-E7)は、水平ひび割れがあり、付加ひずみの発生及び静弾性係数の低下が確認された。補修材とコンクリートの界面が良好であったにもかかわらず、補修部直下(27-E6, 27-E6-2)でも水平ひび割れ、付加ひずみの発生及び静弾性係数の低下が確認されており、補修時の土砂化撤去範囲の設定が土砂化部のみでは不十分であることが推察される。床版上に土砂化が見られなかった土砂化部周辺で、27-E3, 27-E5, 28-E4においても水平ひび割れがあり、付加ひずみの発生及び静弾性係数の低下が確認された。しかし、28-E5は土砂化部直近で採取したコアであるが、水平ひび割れや材料劣化の傾向は見られなかった。また、28-E3や28-E2といった土砂化部から1m程度離れた箇所では、劣化の傾向が見られないことから、No.28のパネルでは、中間層は土砂化部のごく近傍のみで発生していると考えられる。

中間層では高い塩分濃度を示しているが、静弾性係数の低下や付加ひずみの発生がなく比較的健全と考えられる27-E1や27-E2の下部や28-E1, 28-E2, 28-E3付近では塩分含有量が低いため、塩水の供給が中間層形成の要因となっている可能性がある。

4.6.2 排水柵付近とCL付近の土砂化の相違点

表4.4に排水柵付近とCL付近の土砂化の相違点を示す。土砂化の状況は、排水柵付近では広く浅く、CL付近では狭く深いという特徴があった。中間層の深さについては、深さごとの静弾性係数測定では、排水柵付近及びCL付近で大きな差は確認できない。しかし、CL付近の方が水平ひび割れが多く、また塩化物イオンが深くまで浸入しているため、中間層における劣化がより深い傾向にある。水平方向の拡がりも、排水柵付近の方がやや広範囲であるが、土砂化部からの離れは300mm程度であった。

両者の土砂化の違いについて、2つの原因が考えられる。一点目は滞水状況である。排水柵付近は水が集まるため滞水しやすいが、CL付近(路面)はほとんど滞水しない。そのため排水柵付近は路面の滞水範囲に応じて床版上の滞水範囲は拡がるが、舗装の打継ぎ目付近は狭くなると考えられる。しかしながら、CL付近の土砂化は閉鎖された範囲で生じていたため、一旦浸入した水が抜けにくく、長期間滞水した状態となっていたと考えられる。二点目は冬期の凍結融解作用の影響である。冬期には、排水柵付近は除雪により滞雪し凍結状態が続くが、CL付近は昼夜の温度変化に合わせて凍結融解の繰り返し作用を受け、より厳しい条件であったと推察される。これらの理由が両者の土砂化の深さに影響を与えた可能性がある。

表-4.3 Ka 橋の圧縮強度試験結果及び中性化深さ

パネル番号	No.27 ¹⁾	No.28 ²⁾
見掛け密度 (g/cm ³)	2.27	2.30
最大荷重(kN)	88.9	104
圧縮強度 (N/mm ²)	24.0	27.9
静弾性係数 (×10 ³ N/mm ²)	18.8	22.3
ポアソン比	0.20	0.17
中性化深さ ³⁾ (mm)	20.5	15.0

注 1) 2本の平均値, 3本のうち1本は木片が混入していたため除外

注 2) 2本の平均値, 3本のうち1本は吸水過程で進展したと考えられる水平ひび割れが確認されたため除外

注 3) 中性化深さは3本, 下縁の平均値. 上縁はすべて 0.0 mm.

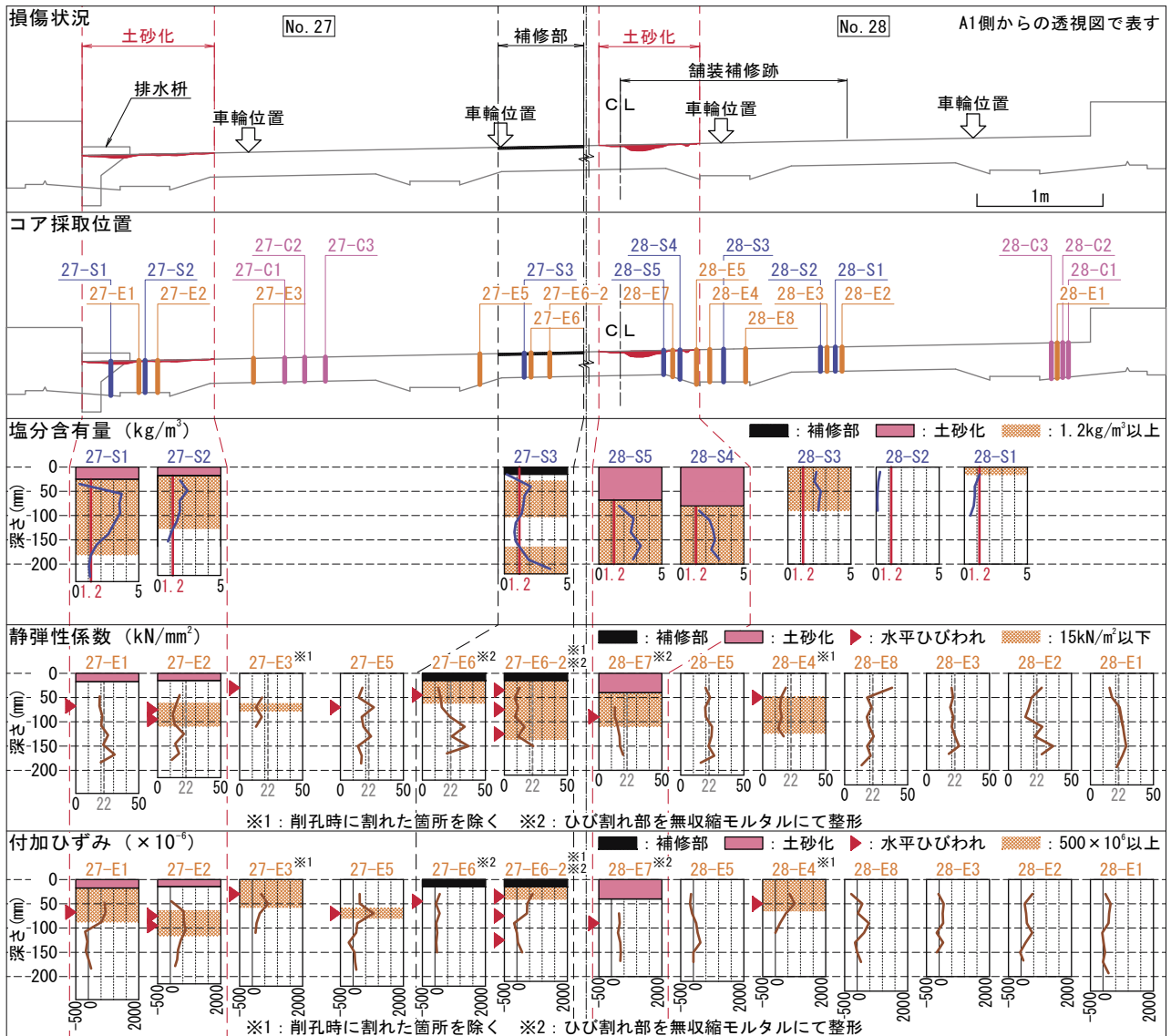


図-4.25 試験結果

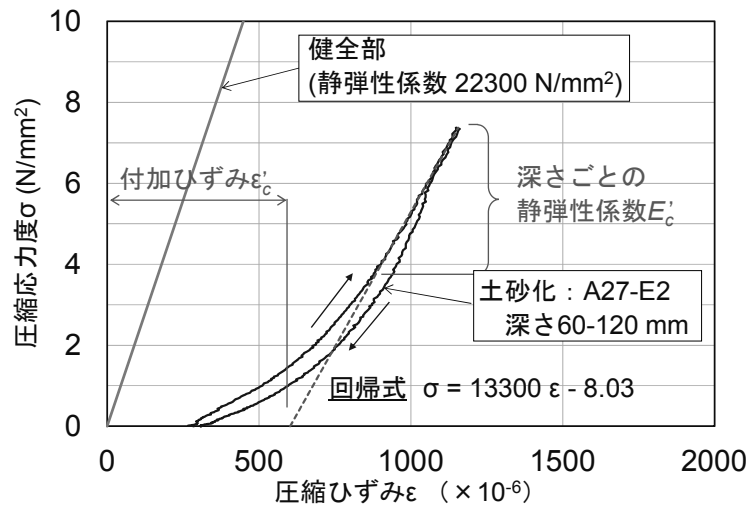


図-4.26 Ka 橋の健全部と土砂化部のコンクリートの応力-ひずみ関係

表-4.4 対象パネルの排水柵付近と CL 付近の土砂化の相違点

土砂化箇所		排水柵付近 (主桁付近)	CL 付近 (床版支間中央付近)
滞水 (想定)		有り (縦断勾配有り)	舗装補修下に滞水
滞雪 (想定)		除雪時に滞雪	無し
土砂化	範囲 (幅×延長)	広い (1m×橋軸方向全長)	狭い (0.5m×4m)
	深さ	浅い (最大 30mm)	深い (最大 60mm)
外観目視	床版補修	無し	無し
	路面の状況	土砂堆積, 路面ひび割れ	ポットホール, 舗装補修跡
	床版下面の状況	漏水・遊離石灰, ひび割れ	漏水・遊離石灰, ひび割れ
試験結果	塩分濃度 ^{※1}	床版上面から 180mm	床版上面から 200mm (全厚)
	中間層 ^{※2} 深さ方向	床版上面から 110mm	床版上面から 110mm
	中間層 ^{※2} 水平方向	土砂化部から 300mm	土砂化部から最大 150mm
	水平ひび割れ	床版上面から 90mm 程度の深さに部分的な水平ひび割れ	床版上面から 90mm 程度の深さに明確な水平ひび割れ

※1 : 塩化物イオン濃度 1.2kg/m³ 以上となっている深さを示す。

※2 : 静弾性係数の低下もしくは付加ひずみの発生が確認された範囲 (最大値) を示す。

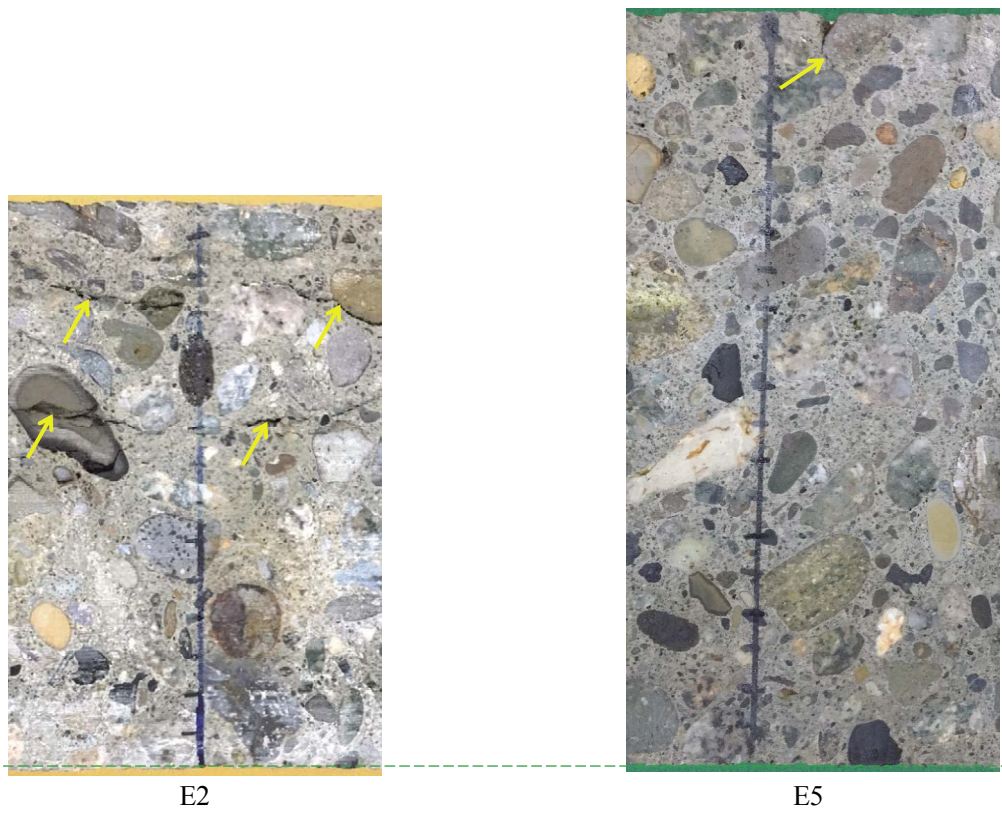
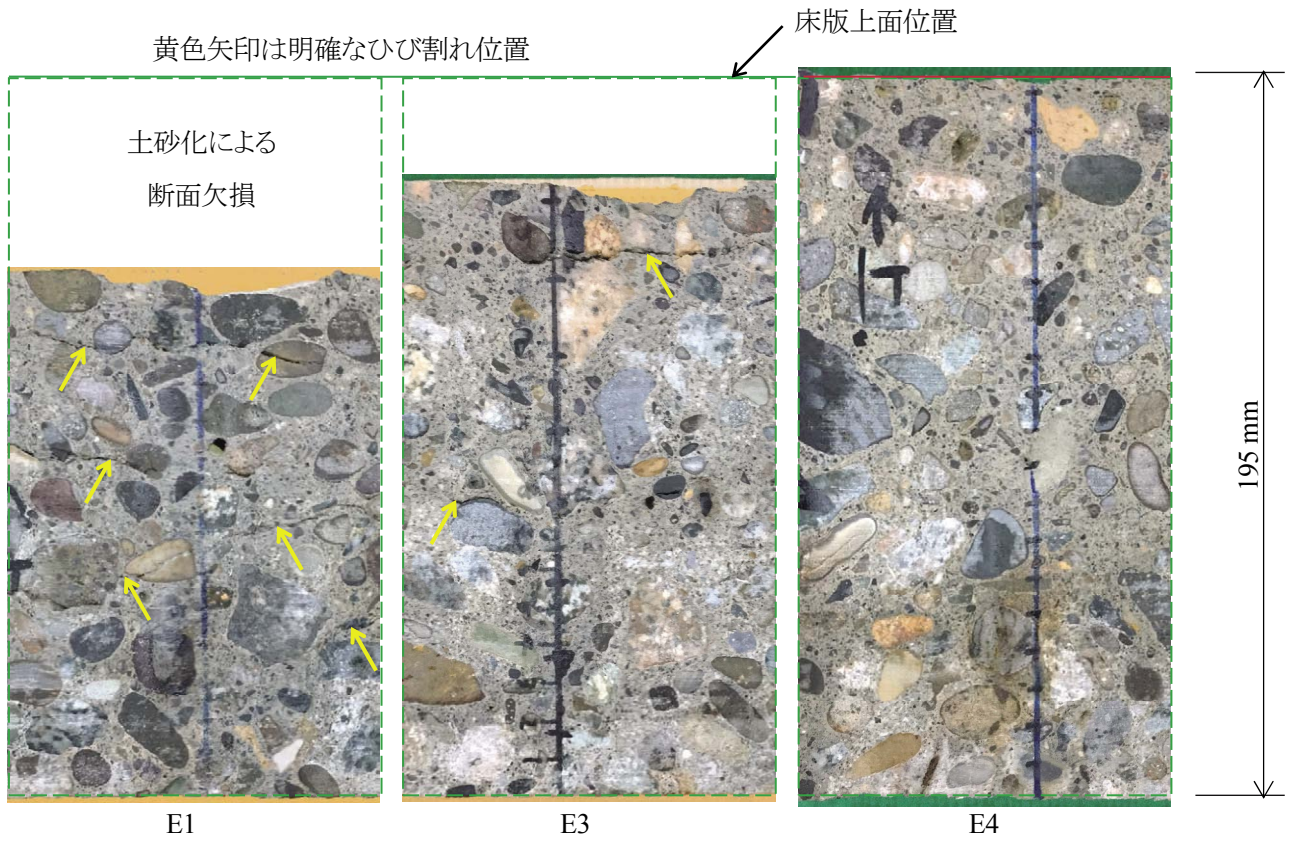
4.7 微細ひび割れの観察結果

これまで床版上面の劣化抑制のため、補修の材料や工法の見直しが試されているが、前述のとおり、土砂化した床版の補修箇所でも再劣化が生じる理由としては、劣化部位の除去が必ずしも適切に行われていない可能性があることも想定しておく必要がある。土砂化した部分の周囲には、土砂化に至っていないが健全な状態でもない中間的な部分、中間層が存在すると考えられる。一般に、舗装を剥いで明らかに土砂化している範囲（土砂化部）だけでなく、その周囲で打音で浮きが認められる範囲も、補修の際に除去されると考えられる。しかし、打音では判別できない部位でも、劣化の兆候と思われる変状が認められる。図-4.16～17に示したとおり、土砂化部直下のコア E1～E3 は、明確な水平ひび割れが見られ、载荷初期に大きい付加ひずみが発生した²⁾。付加ひずみは、As 舗装の支持地盤としての性能が低下していることを意味する。

図-4.27 に、コア E1～E5 の側面の外観を示す。これらの削孔位置は図-4.4 に示した。ごく表面の浮きを除き、打音では内部の変状がわからなかった部位のコア E4 でも、E3 よりは軽微であるが付加ひずみが認められた（図-4.17b, E4）。ただし、土砂化部周辺のコア E4 の側面には、明確なひび割れが見られなかった。

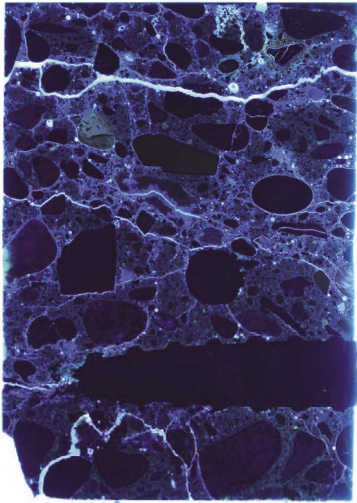
図-4.28 に、図-4.27 に示したφ100mm のコアについて行った、蛍光エポキシ樹脂含浸による微細ひび割れの観察結果を示す。これによると、コア E4 にも、微細なひび割れが認められた。また、土砂化部直下のコア E1～E3 には、明確に見られたひび割れだけでなく、一見ひび割れがない部分にも多数の微細ひび割れが生じていた。

Ka 橋では、土砂化には至っていないが、センターライン付近で比較的広範囲にコンクリート上面の浮きが認められた。その浮きのある箇所と周囲の比較的健全と思われる箇所からそれぞれコアを採取して、微細ひび割れを観察した。その結果を図-4.29 に示す。また、図-4.30 にそれぞれの近くで測定したコンクリート中の塩化物イオン濃度分布を示す。大きい割れは、鉄筋の腐食によることも想定されるが、それ以外に見られる複数の微細ひび割れは、粗骨材の割れに沿ったものが含まれ、コンクリートの材料劣化に起因する可能性がある。土砂化に及ぼす塩化物の影響は、土砂化後に浸入した塩化物イオンとの区別が難しい場合があるが、これまでの調査の範囲では、水平ひび割れや土砂化の発生が塩化物イオンの浸入と何らかの関係があると推測している^{2,3)}。

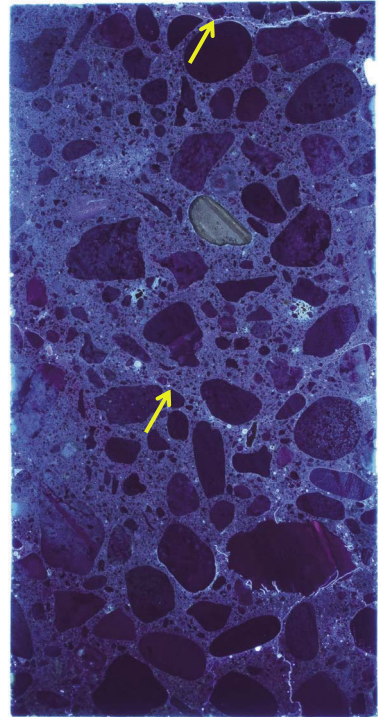


(コア側面，展開図のうち 100mm の範囲を表示)

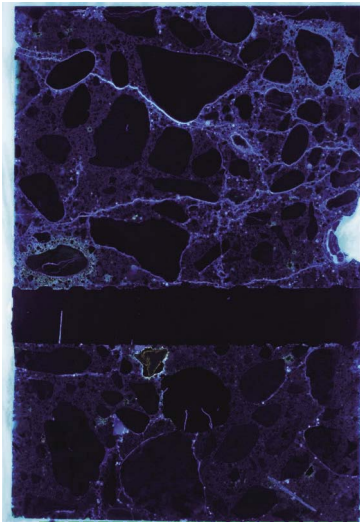
図-4.27 土砂化部とその周辺のコンクリートの状況 (Ki 橋)



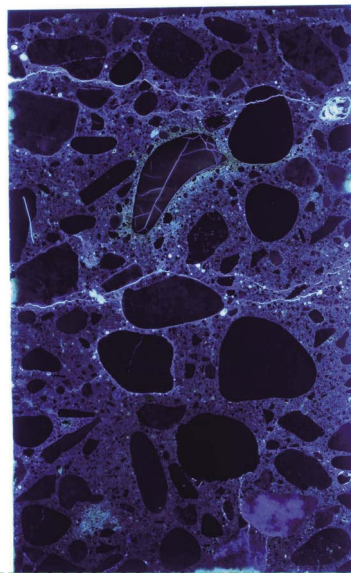
E1



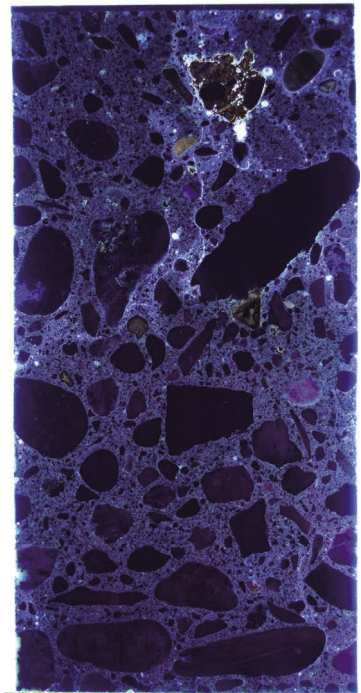
E4



E2

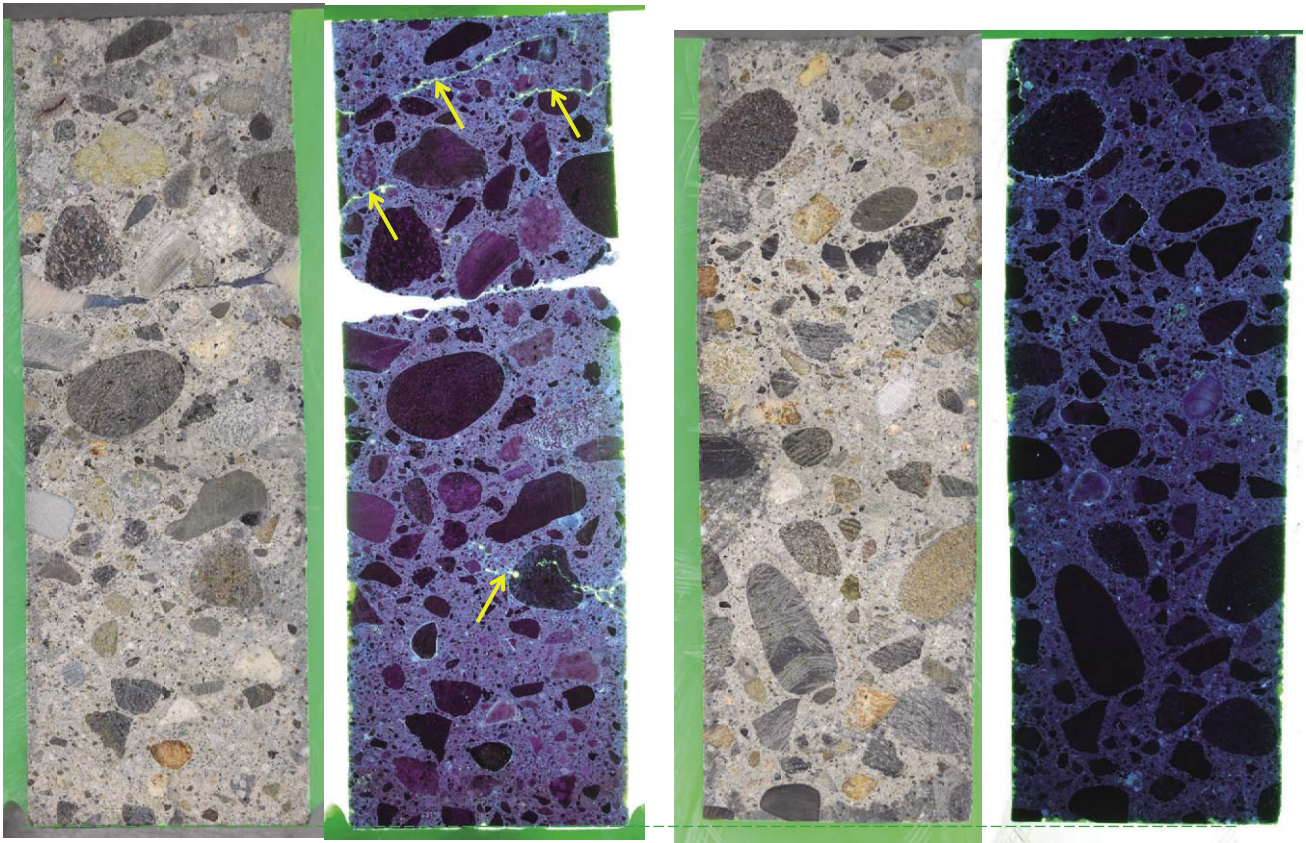


E3



E5

図-4.28 コア切断面の微細ひび割れの観察 (Ki 橋)
(ブラックライト下での撮影, E4 左図は室内照明下)



(a) コア 17-E4, 浮きあり

(b) コア 17-E3, 浮きなし

図-4.29 コア切断面の微細ひび割れの観察 (Ka 橋)
 (左は室内照明, 右はブラックライト下でそれぞれ撮影)

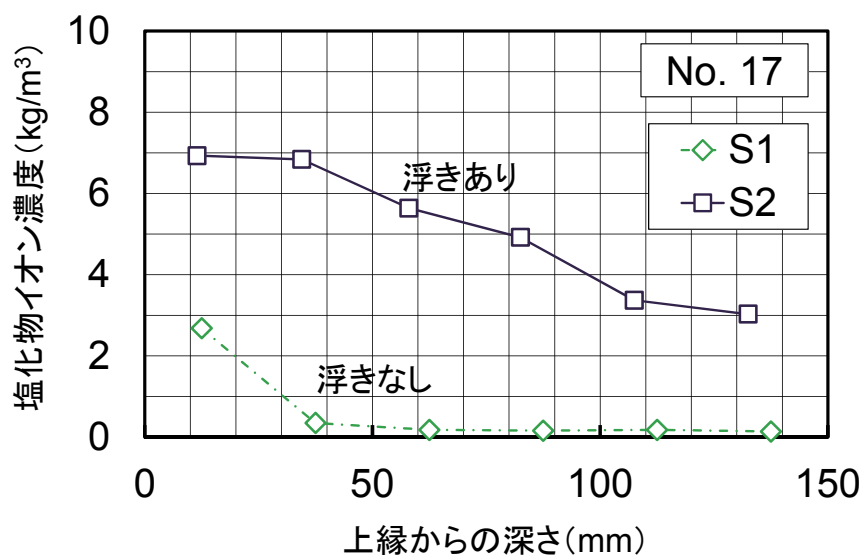


図-4.30 床版コンクリート中の塩化物イオン濃度分布 (Ka 橋)

4.8 土砂化したコンクリート床版の適切な補修範囲

これまでの調査結果を踏まえて、図-4.31 に、床版の土砂化中間層と補修範囲の概念図を示す。中間層が認識されていない状態では、補修の際に中間層が除去されずに残存する可能性があると考えられる。再劣化しにくい適切な補修方法、適切な橋面防水の確立に向けて、土砂化の中間層を意識して、劣化部位の除去範囲を設定する必要がある。図-4.31 に示した除去範囲は、さらに調査を進めて精査する必要がある。

4.9 解決に向けた課題

図-4.31 に示した床版コンクリートの全厚打換えは、再劣化防止のために重要であるが、足場設置や工法の工夫が必要となり、工費や交通規制の期間にも少なからず影響する。現場におけるこれらの負担をできるだけ軽減するため、全厚打換えを容易にするための技術開発や、全厚補修の必要性について関係者の理解を得るための配慮が必要である。

床版の水平ひび割れや土砂化の原因については、別途調査を行っている。これまでの事例では、土砂化部で塩化物イオン濃度が高くなっており、塩化物によるコンクリートの劣化促進が疑われる^{2,3)}。一般道においても凍結防止剤の散布量が増加していることから、これらの劣化対策を早期に進め、劣化の急増を未然に抑制する必要がある。

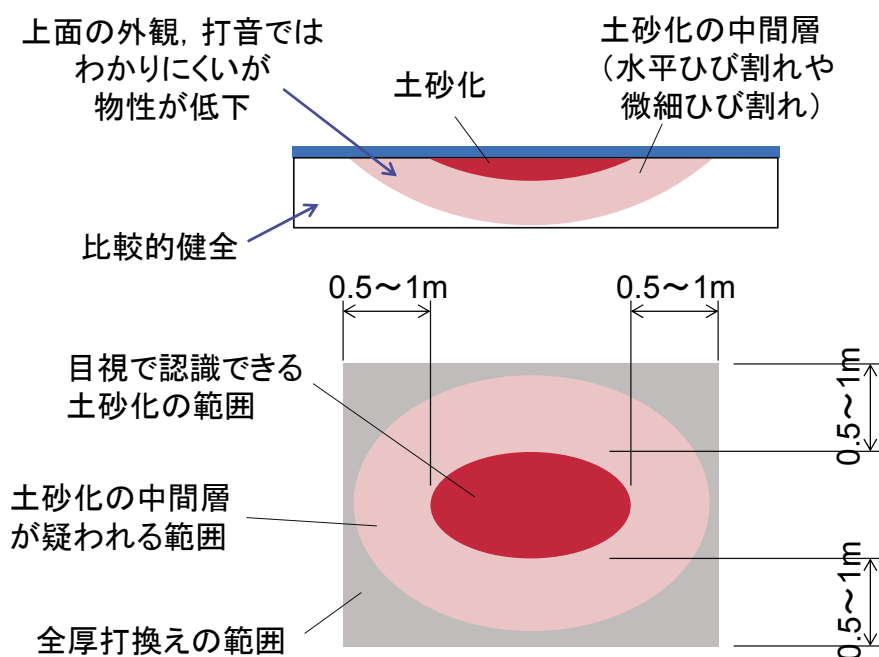


図-4.31 土砂化中間層の概念図（上：側面図）と補修範囲の概念図（下：平面図）

参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道・技術課, 国土技術政策総合研究所, 東北地方整備局, 北陸地方整備局, 中部地方整備局, 九州地方整備局及び北海道開発局, 国立研究開発法人土木研究所: 道路橋コンクリート床版の土砂化対策に関する調査研究, 土木研究所資料, 第 4398 号, 2020.3.
- 2) 田中良樹, 玉越隆史, 村井啓太, 藤本圭太郎: 道路橋コンクリート床版の土砂化部周辺の変状に関する調査, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.2, pp. 1315-1320, 2018.
- 3) 山本健太郎, 田中良樹, 上仙靖: 道路橋コンクリート床版の土砂化中間層に関する調査, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol. 19, pp. 531-536, 2019.10.
- 4) 道路橋床版の複合劣化に関する調査研究小委員会: 道路橋床版の維持管理マニュアル 2016, 鋼構造シリーズ 27, 土木学会, 2016.
- 5) 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, pp. 68-71, 2014.6.
- 6) 赤平勝也, 佐々木博臣, 菊地淳: 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 8 回道路橋床版シンポジウム論文報告集, 土木学会, pp. 37-40, 2014.10.
- 7) 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, No. 10, pp. 11-17, 2014.
- 8) 例えば, 和田吉憲, 松本政徳, 渡邊晋也: 床版上面の断面修復に浸透性接着剤を用いた場合の疲労耐久性向上に関する検討, 第 8 回道路橋床版シンポジウム論文報告集, 土木学会, pp. 81-86, 2014.10.
- 9) 弾性波法によるコンクリートの非破壊検査に関する委員会報告およびシンポジウム論文集, コンクリート技術シリーズ 61, 土木学会, 2004.
- 10) 例えば, 林田宏, 田口史雄, 嶋田久俊: 超音波伝播速度測定による実コンクリート構造物の凍害深さ推定について, コンクリートの凍結融解抵抗性の評価法に関するシンポジウム, pp. 71-76, 2006.12.
- 11) 例えば, Ross, B.E. and Hamilton III, H.R. : Evaluation of Strain Gage Lengths for Testing Limestone and Granite Aggregate Concretes, *Construction and Building Materials*, Vol. 25, No. 1, pp. 406-408, 2011.
- 12) 中田善久, 太塚秀三, 毛見虎雄: 異形鉄筋を含んだ高強度コンクリートコアの圧縮強度性状に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 28, No. 1, pp. 479-484, 2006.
- 13) MacInnis, C. and Whiting, J. D. : The Frost Resistance of Concrete Subjected to A Deicing Agent, *Cement and Concrete Research*, Vol. 9, pp. 325-336, 1979.
- 14) 田中良樹, 藤田学, 河野広隆, 渡辺博志: 高強度コンクリートの塩分浸透抵抗性, コンクリート工学年次論文集, vol. 23, No. 2, pp. 517-522, 2001.7.

5. 床版防水に配慮した橋面舗装の端部処理方法の提案と評価法の検討

5.1 床版損傷要因および対策工法の整理

表-5.1 に一般的な道路橋床版の損傷の種類と発生要因の関係、表-5.2 に2章で示した端部防水に関するアンケート結果のまとめ、表-5.3 にアンケート結果で示された、端部立上り部に最も多く用いられている材料、表-5.4 にアンケート結果で示された、施工打継目部に最も多く用いられている材料を示す。上記の調査結果に基づき、床版損傷要因およびその対策工法について検討した。

表-5.1 道路橋床版の損傷要因の整理

損傷が表れる部位	損傷の例		損傷の状況, 考えられる要因	主な発生位置
床版下部	漏水		床版防水層の損傷, 端部処理不良 舗装のひび割れからの水の流入	床版下面端部, 床版打継目, ひび割れ
	遊離石灰		床版防水層の損傷, 端部処理不良 舗装のひび割れからの水の流入	床版下面端部, 床版打継目, ひび割れ
	錆汁		床版防水層の損傷, 端部処理不良 舗装のひび割れからの水の流入	床版下面端部, 床版打継目, ひび割れ
	腐食		床版防水層の損傷, 端部処理不良 舗装のひび割れからの水の流入	鋼床版の縦リブ, 主桁上
舗装表面	ひび割れ	線状	大型車の走行によるわだち掘れ	走行軌跡部
			床版のたわみによる縦方向の線状ひび割れ	鋼床版の縦リブ, 主桁上
		亀甲状	混合物の劣化, 床版防水層と混合物の接着不良, コンクリート床版の破損	走行軌跡部から発生し, 舗装全体へ
	わだち掘れ		混合物の劣化, 床版防水層と混合物の接着不良, コンクリート床版の破損	走行軌跡部
	平坦性の低下		混合物の強度・締固め不足によるさざ波状の舗装のしわ, こぶ状のより, 床版の凹凸, 床版防水層と混合物の接着不良	走行軌跡部
	段差		伸縮装置と舗装の剛性の違い, 伸縮装置取り付け部の混合物の締固め不足	伸縮装置部
	滑り抵抗性の低下		アスファルト混合物の使用によるフラッシュ, 骨材のポリッシング	走行軌跡部
	ずれ		床版防水層と混合物の接着不良, タックコートの過多やムラ	主に走行軌跡部, 排水不良箇所
	ポットホール		混合物の強度不足により生じた舗装表面の穴への水の流入による	ひび割れ部, 排水不良箇所
	ブリスタリング		コンクリート床版の乾燥不足と緻密な混合物の使用, 鋼床版のケレン不足	
目地の開き		目地物の接着不良, 混合物の締固め不足	施工打継目	

表- 5.2 橋面舗装に関する実態調査業務報告書のアンケート結果

	基層-端部立上り部	表層-端部立上り部	基層-既設立上り部 (施工打継目部)	表層-既設立上り部 (施工打継目部)
道路管理者	A 塗膜防水	成型目地	塗膜防水	タックコート
	B 塗膜防水	塗膜防水	塗膜防水	塗膜防水
	C 塗膜防水	タックコート	タックコート	タックコート
	D 端部処理剤	成型目地	塗膜防水	タックコート
	E 塗膜防水	成型目地	未処理	タックコート
舗装会社	A 端部処理材	タックコート	塗膜防水	タックコート
	B 塗膜防水+成型目地	タックコート or 成型目地	タックコート	タックコート or 成型目地
	C タックコート or 成型目地	タックコート or 成型目地	タックコート or 成型目地	タックコート
	D 塗膜防水 or 塗膜防水+成型目地	タックコート	タックコート	タックコート or 成型目地
	E 成型目地	成型目地	タックコート	タックコート
	F 状況に応じて対応	状況に応じて対応	成型目地	状況に応じて対応
道路管理者のみ	塗膜防水 (4/5)	塗膜防水 (2/5)	塗膜防水 (3/5)	塗膜防水 (1/5)
	端部処理剤 (2/5)	タックコート(1/5)	タックコート(1/5)	タックコート(4/5)
		成型目地(3/5)	未処理(1/5)	
道路管理者 + 舗装会社	塗膜防水 (6/11)	塗膜防水 (2/11)	塗膜防水 (4/11)	塗膜防水 (1/11)
	タックコート(1/11)	タックコート(5/11)	タックコート(5/11)	タックコート(8/11)
	成型目地(4/11)	成型目地(6/11)	成型目地(2/11)	成型目地(3/11)
	端部処理材(2/11)		未処理(1/11)	
	状況に応じて(1/11)	状況に応じて(1/11)		状況に応じて(1/11)

表- 5.3 端部立上り部に多く用いられている材料

箇所	使用材料
表層	成型目地材
基層	塗膜防水

表- 5.4 施工打継目部に多く用いられている材料

箇所	使用材料
表層	タックコート
基層	タックコート

5.2 対策工法の選定

前節のアンケート結果から、端部立上り部（基層部）によく用いられている防水工法は塗膜防水であり、施工打継目部（基層部）に用いられる工法は、塗膜防水もしくはタックコートであった。

本検討においては、端部立上り部の従来工法として塗膜防水（メッシュ有）を、施工打継目部においては塗膜防水（メッシュ無）を採用することとした。

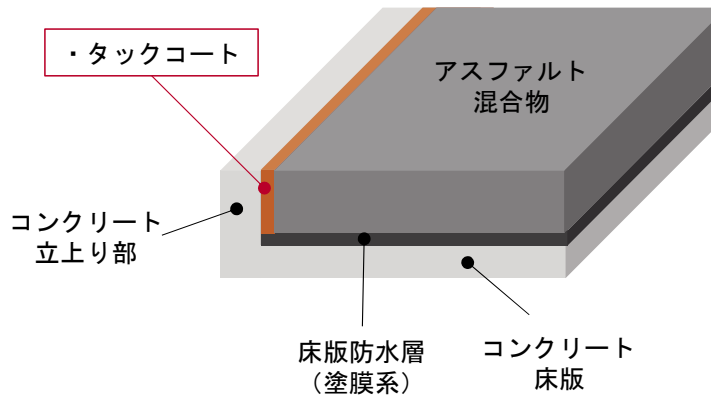
また、「道路橋床版の損傷要因の整理」より、「端部処理不良」や「施工打継目の目地部接着不良」が床版や舗装の耐久性に大きく影響することから、提案工法として成型目地材（I型，L型）を使用することとした。

橋梁端部の層構成を図-5.1に、舗装の施工打継目部の層構成を図-5.2に示す。対策工法（防水材料の組み合わせ）は、橋梁端部では表-5.5のように、舗装打継目部は表-5.6のような材料を選定した。

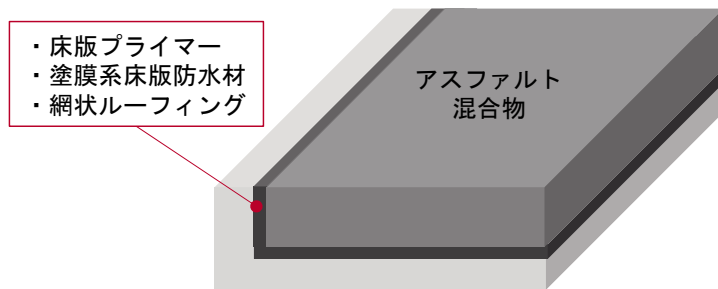
従来型の「成型目地材 I 型」に加えて、「成型目地材 L 型」を用いることで、床版部の防水材と確実にラップさせることにより、さらなる止水性を高めることができると考え提案工法②とした。

表-5.5 橋梁端部防水工法

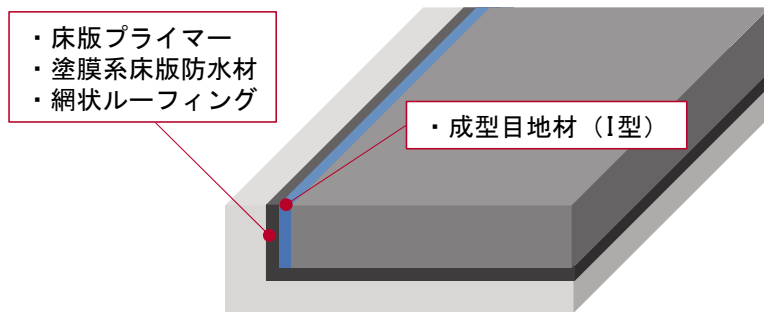
工法名	①床版部	②端部
未対策	<ul style="list-style-type: none"> ・床版プライマー ・塗膜系床版防水材 	<ul style="list-style-type: none"> ・タックコート（PK-4）
従来工法		<ul style="list-style-type: none"> ・床版プライマー ・塗膜系床版防水材 ・網状ルーフィング
提案工法①		<ul style="list-style-type: none"> ・床版プライマー ・塗膜系床版防水材 ・網状ルーフィング ・成型目地材（I型）
提案工法②		<ul style="list-style-type: none"> ・床版プライマー ・塗膜系床版防水材 ・網状ルーフィング ・成型目地材（L型）



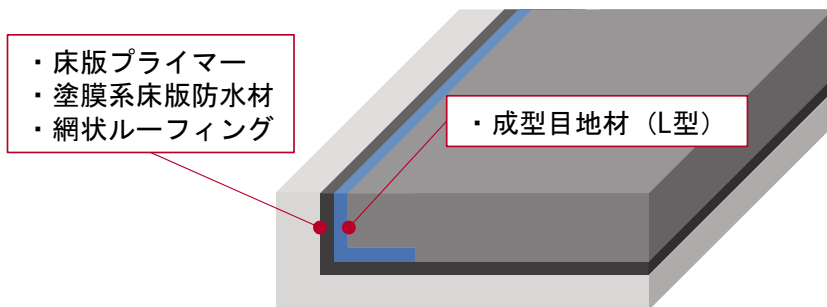
a) 未対策



b) 従来工法



c) 提案工法①

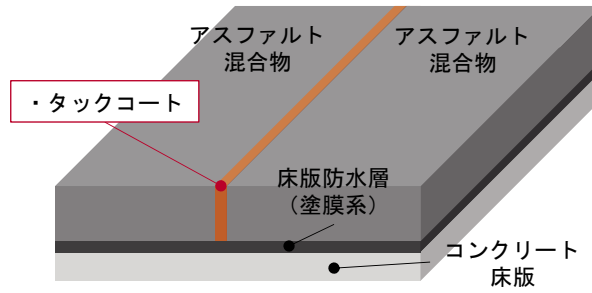


d) 提案工法②

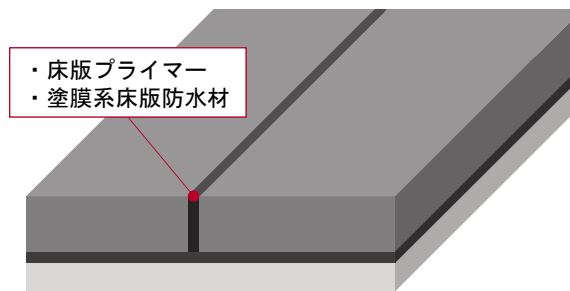
図-5.1 橋梁端部構成概略図

表-5.6 施工打継目部工法

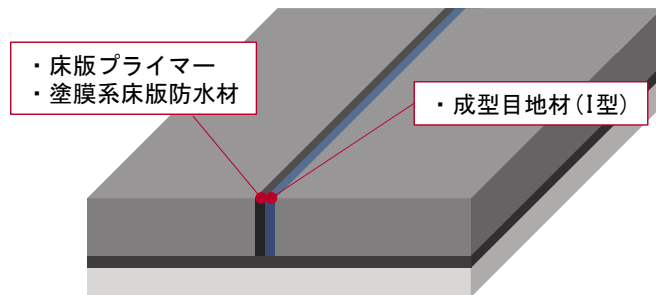
工法名	施工打継目
未対策	<ul style="list-style-type: none"> ・タックコート (PK-4)
従来工法	<ul style="list-style-type: none"> ・床版プライマー ・塗膜系床版防水材 ・網状ルーフィング
提案工法①	<ul style="list-style-type: none"> ・床版プライマー ・塗膜系床版防水材 ・網状ルーフィング ・成型目地材 (I 型)
提案工法②	<ul style="list-style-type: none"> ・床版プライマー ・塗膜系床版防水材 ・網状ルーフィング ・成型目地材 (L 型)



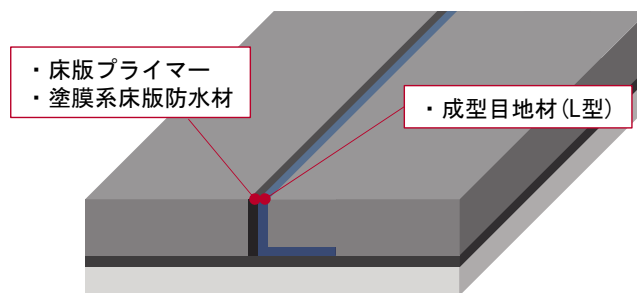
a) 未対策



b) 従来工法



c) 提案工法①



d) 提案工法②

図-5.2 舗装打継目部構成

5.3 対策工法評価の流れ

対策工法の評価は図- 5.3 に示すフローで行う。

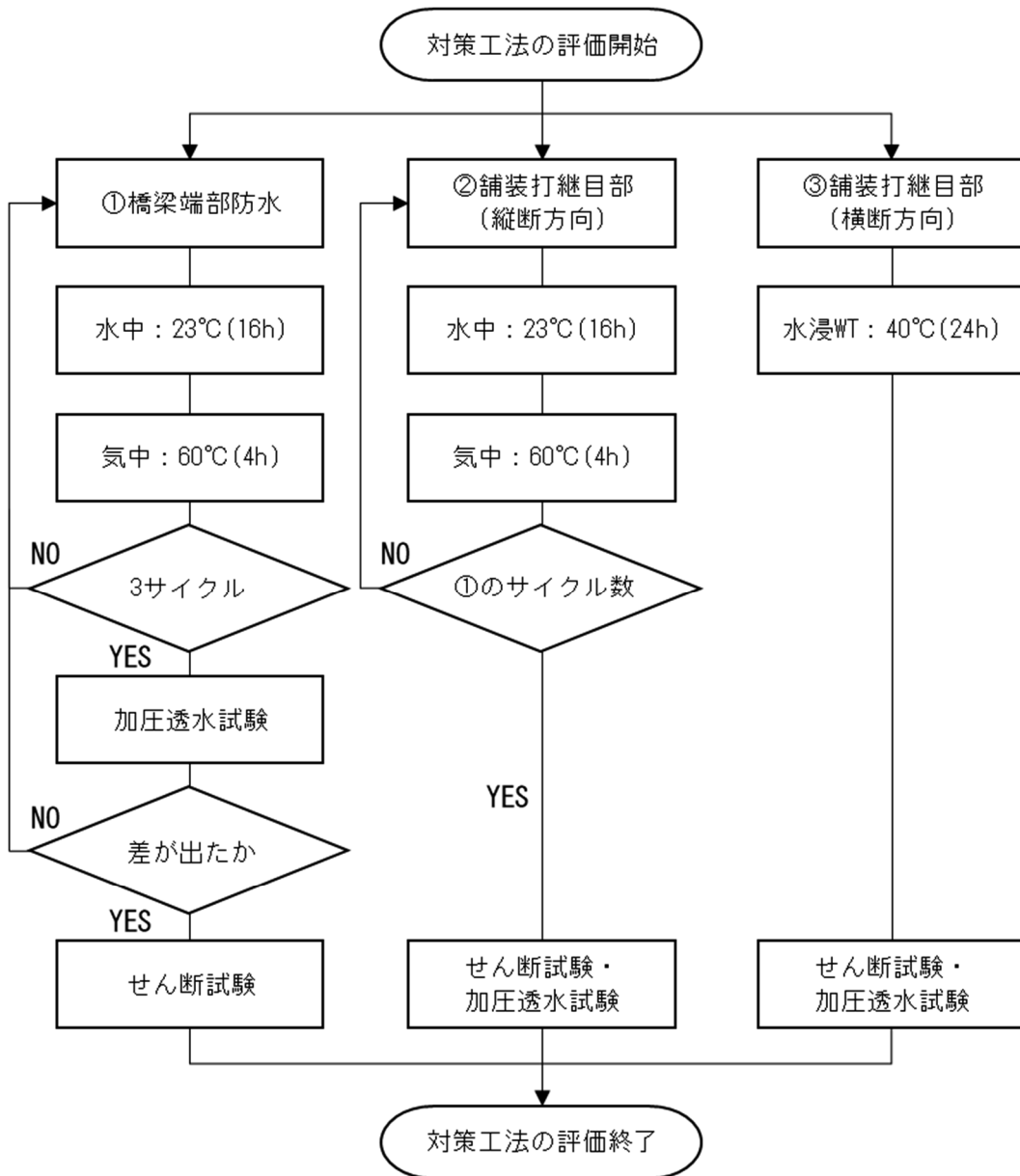


図- 5.3 対策工法評価フロー

5.4 供試体一覧

表-5.7 に供試体に与える負荷および、実施する試験を示す。

表-5.7 評価試験内容

施工部	評価方法	負荷	工法	数量	施工部	評価方法	負荷	工法	数量	施工部	評価方法	負荷	工法	数量		
端部 立上り部	加圧透水	温冷負荷	未対策	3	施工 打継目部 (縦方向)	加圧透水	温冷負荷	未対策	3	施工 打継目部 (横方向)	せん断試験	水浸 WT	未対策	3		
			従来工法	3				従来工法	3				従来工法	3		
			提案工法①	3				提案工法①	3				提案工法①	3		
			提案工法②	3				提案工法②	3			提案工法②	3			
	せん断試験	温冷負荷	未対策	3		せん断試験	せん断試験	温冷負荷	未対策			3	水浸 WT	未対策	3	
			従来工法	3					従来工法			3		従来工法	3	
			提案工法①	3					提案工法①		3	提案工法①		3		
		無	提案工法②	3				無	提案工法②		3	無	提案工法②	3	提案工法②	3
			未対策	3					未対策		3		未対策	3		
			従来工法	3					従来工法		3		従来工法	3		
	提案工法①	3	提案工法①	3		提案工法①	3									
	提案工法②	3	提案工法②	3		提案工法②	3									

5.5 供試体加工

5.5.1 橋梁端部供試体

図-5.4 に示す寸法で、橋梁端部の供試体を加工する。

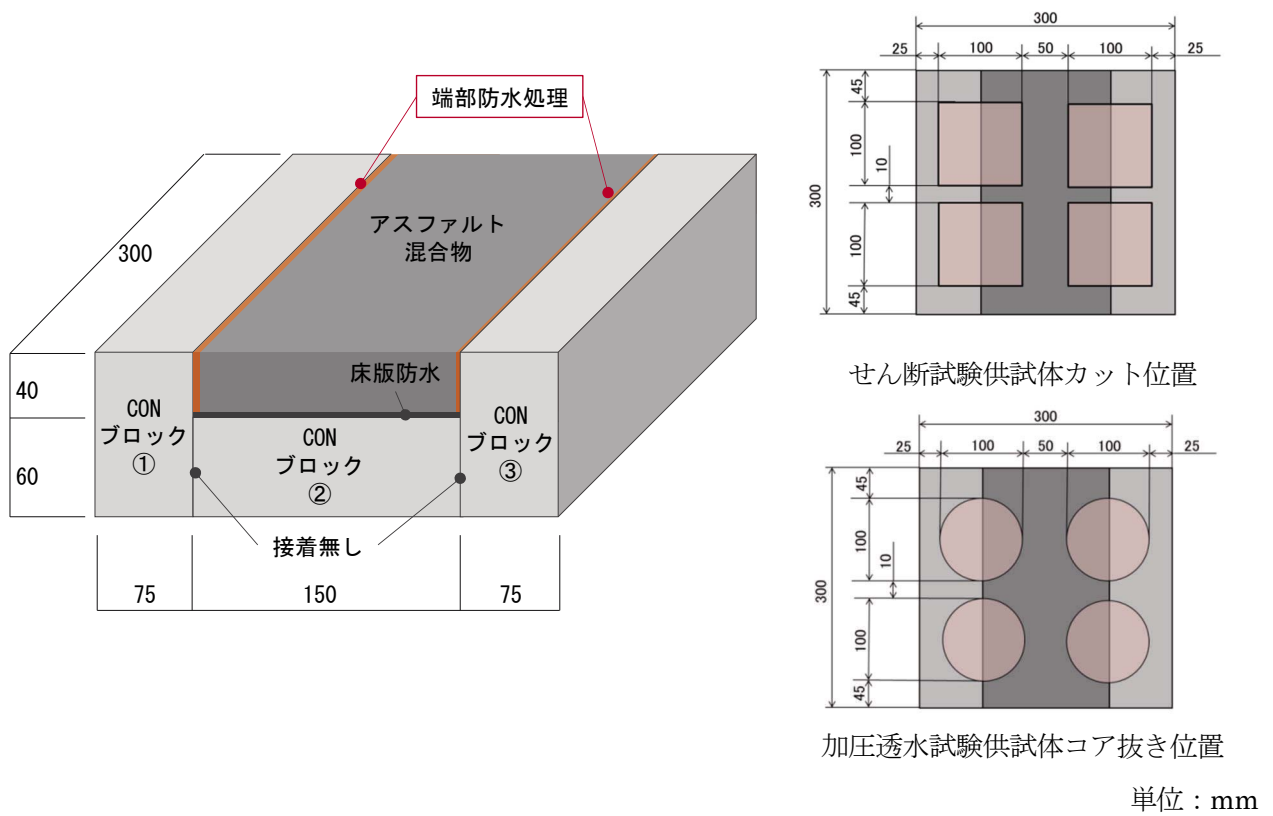
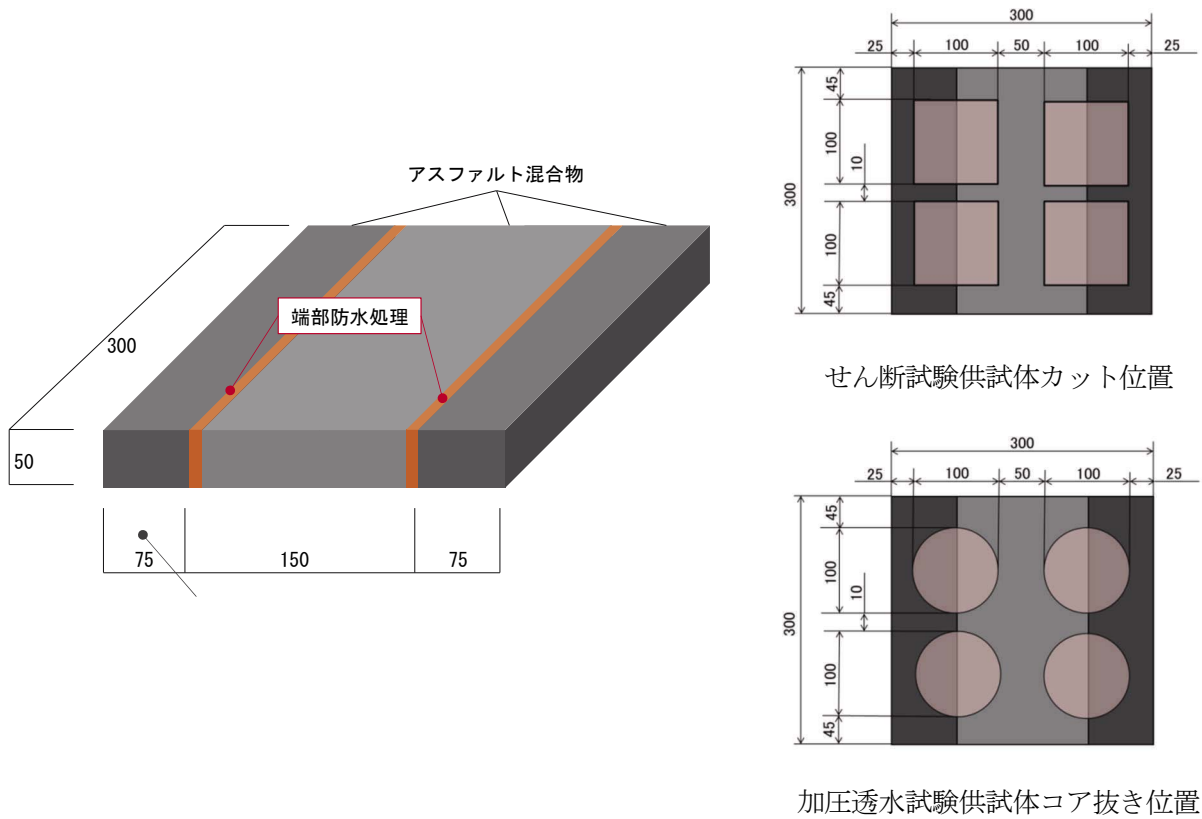


図-5.4 橋梁端部供試体寸法

5.5.2 施工打継目部供試体

図-5.5 に示す寸法で、施工打継目部の供試体を作製する。なお、転圧方向は橋軸方向となるようにする。



単位：mm

図-5.5 施工打継目部供試体寸法

5.5.3 加圧透水試験供試体

加圧透水試験は『舗装調査・試験法便覧（平成 31 年版）』¹⁾（以降，参考文献 1）の P.159～168 に準拠して行った。

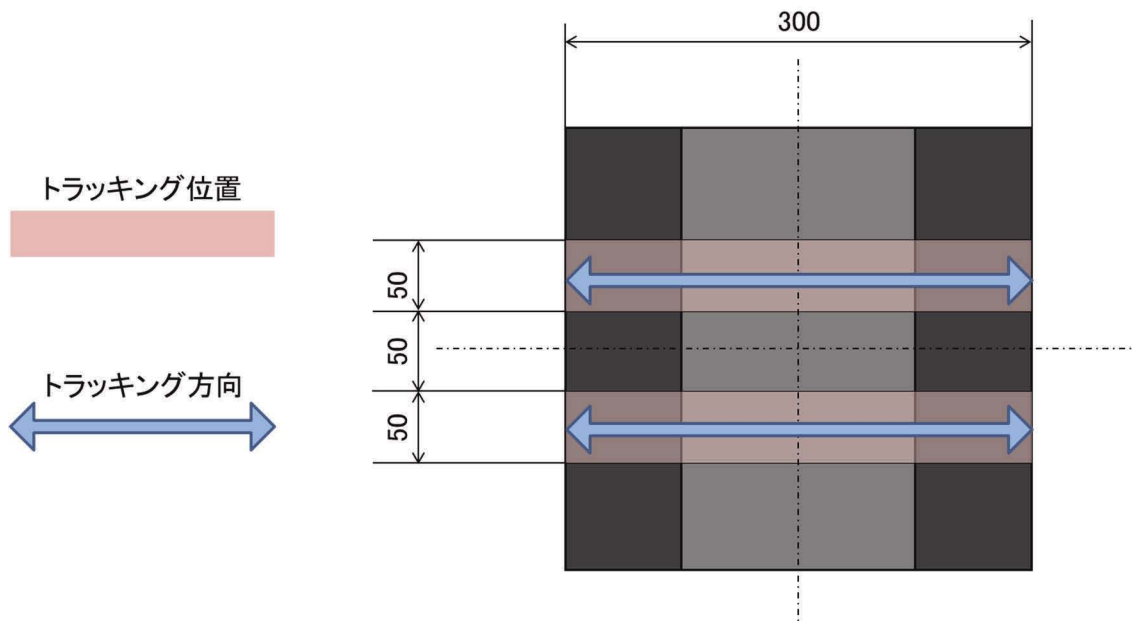
5.5.4 水浸ホイールトラッキング試験

施工打継目部（横断方向）の供試体に与える負荷として水浸ホイールトラッキング試験（以下，水浸 WT）を行った。水浸 WT は参考文献 1 の P.65～78 を参考にして行った。参考文献 1 に記載されている水浸 WT 試験（従来法）と今回実施した水浸 WT（考案法）の試験条件を表- 5.8，トラッキング方向を図- 5.6 水浸 WT に示す。

試験方法は一般的な「トラバース走行」より厳しい条件とするため，「試験対象箇所 の 24h トラッキング走行」とした。

表- 5.8 水浸ホイールトラッキング負荷試験条件

項目		従来法	考案法
環境 条件	供試体寸法	300*300*50	300*300*50
	接地圧	0.54N/mm ²	0.54N/mm ²
	試験温度（気温）	60±2°C	40±2°C
	試験温度（水温）		
試験 条件	気中養生	12 時間	12 時間
	水中養生	1 時間	1 時間
	試験温度（気温）	60±2°C	40±2°C
	試験温度（水温）		
	試験時間	6 時間	24 時間



単位：mm

図-5.6 水浸 WT 試験トラッキング方向

5.6 試験結果

5.6.1 端部立上り部供試体の加圧透水試験結果

図- 5.4 に示す供試体に対し、温冷負荷（23℃水中 16h→60℃気中 4h→-10℃水中 4h を 1 サイクルとする）を実施し、3 サイクル終了ごとに加圧透水試験を実施した（写真- 5.1）。

比較としてコンクリート単体およびアスファルト混合物単体での試験も実施した。試験結果を表- 5.9 および図- 5.7 に示す。

これより、6 サイクル終了後の従来工法においては、わずかではあるものの透水係数の増加が見られ、不透水ラインである 10^{-7}cm/sec を上回ることが確認された。よって、温冷負荷のサイクル数は 6 サイクルに決定した。



写真- 5.1 加圧透水試験状況

表- 5.9 加圧透水試験結果（端部立上り部）（単位：cm/sec）

サイクル数	未対策	従来工法	提案工法①	提案工法②	CONのみ	混合物のみ
0	2.05×10^{-4}	7.01×10^{-8}	3.58×10^{-8}	4.38×10^{-8}		
3	6.88×10^{-4}	7.73×10^{-8}	4.05×10^{-8}	5.35×10^{-8}	不透水	1.17×10^{-6}
6	3.63×10^{-4}	1.32×10^{-7}	3.97×10^{-8}	3.87×10^{-8}		

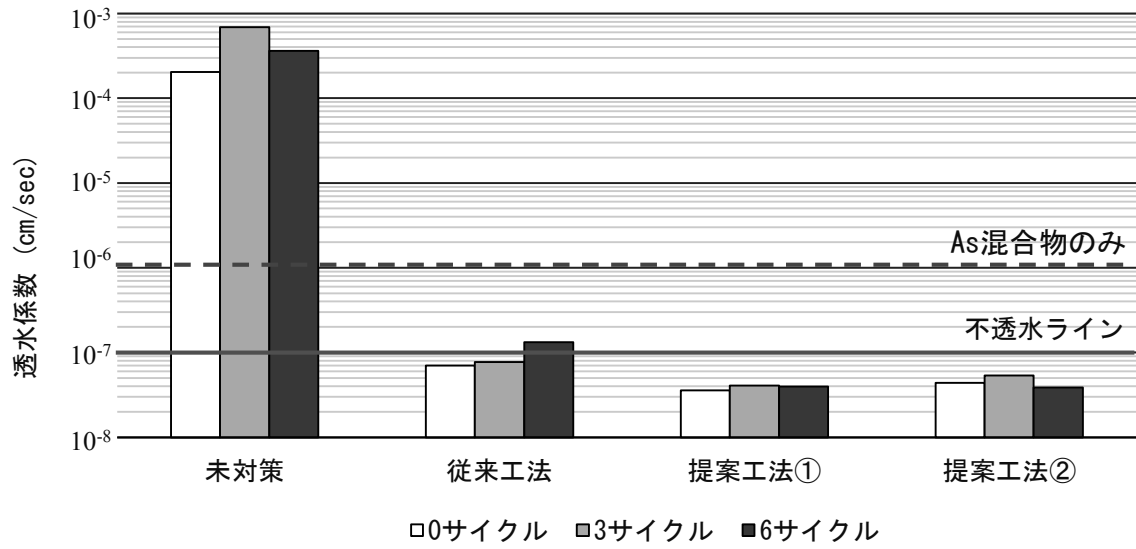


図- 5.7 加圧透水試験結果 (端部立上り部)

5.6.2 端部立上り部供試体のせん断試験結果

端部立上り部供試体について、温冷負荷を行っていない供試体と温冷負荷 6 サイクル後のせん断試験を実施した。試験結果を表- 5.10 に、せん断強度を図- 5.8 に、変位量を図- 5.9 に、試験後の供試体を写真- 5.2, 写真- 5.3, 写真- 5.4, 写真- 5.5 に示す。

わずかながら従来工法のせん断強度が低下していることから、界面の接着強度が低下し、透水係数も増大したものと考えられる。

表- 5.10 せん断試験結果

		未対策	従来工法	提案工法①	提案工法②
強度 (N/mm ²)	負荷あり	0	0.27	0.12	0.21
	負荷なし	0	0.23	0.13	0.17
変位 (mm)	負荷あり	0	5.3	12.8	6.7
	負荷なし	0	7.6	10.4	7.2

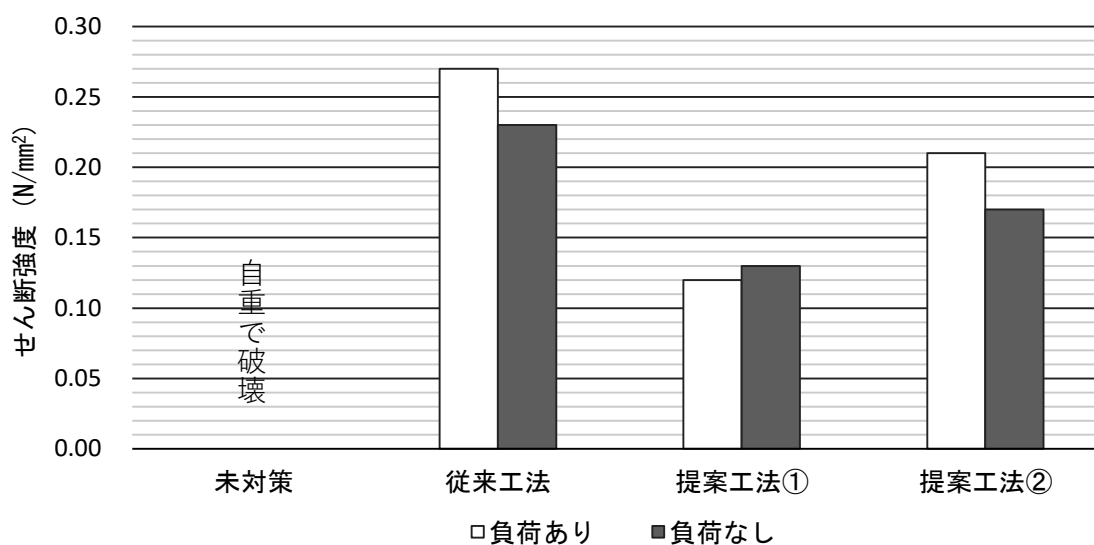


図- 5.8 せん断強度の変化

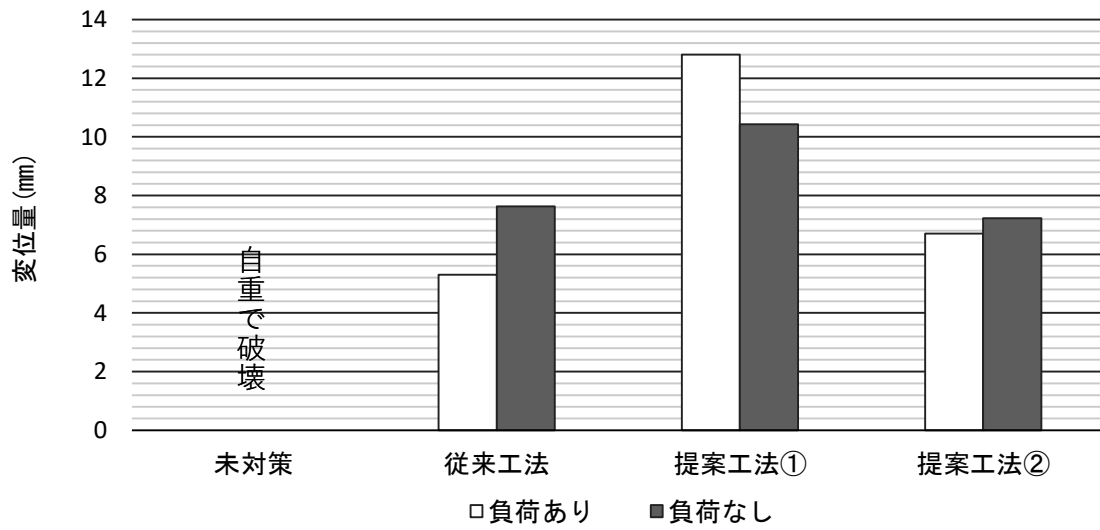


図-5.9 変位量の変化



写真-5.2 未対策（負荷後）

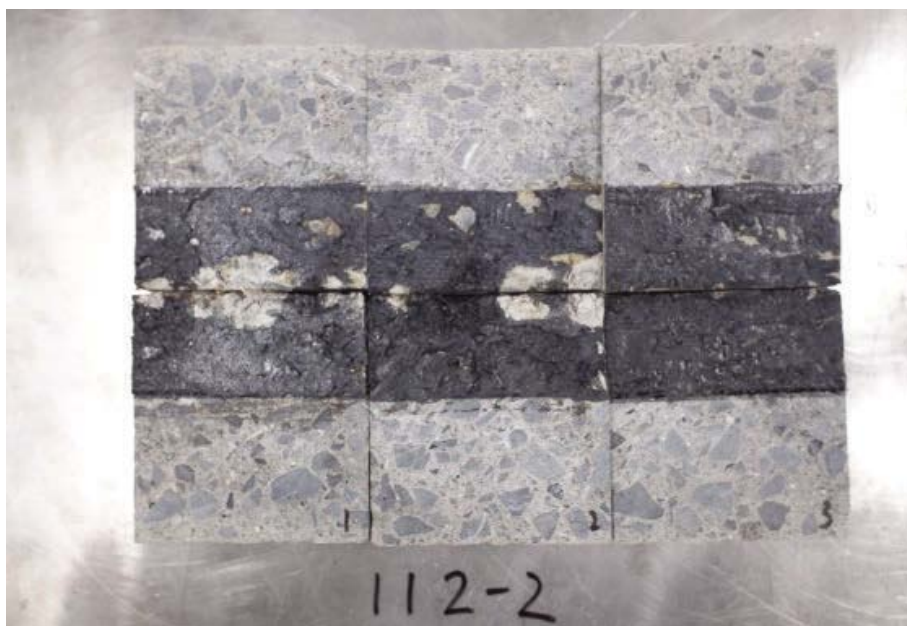


写真-5.3 従来工法（負荷後）



写真-5.4 提案工法①（負荷後）

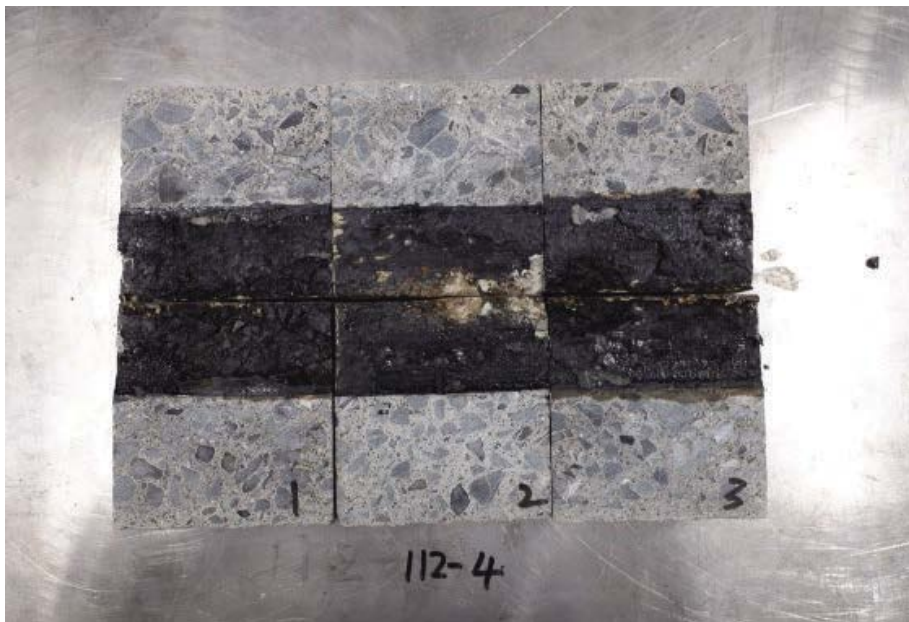


写真-5.5 提案工法②（負荷後）

5.6.3 施工打継部供試体（縦断）の加圧透水試験結果

図-5.5 に示す供試体を作製し、温冷負荷実施前と温冷負荷 6 サイクル実施後の加圧透水試験を行った（写真-5.6）。試験結果を表-5.11 および図-5.10 に示す。

これより、未対策および従来工法においては、混合物単体よりも透水係数が高くなっており、界面より漏水している可能性が高いことを示唆している。提案工法①および②は、ほぼ混合物単体と同等の性状であるため、舗装からの浸透であると考えられ、提案工法の有効性を確認することができた。

また、温冷負荷 6 サイクル後も透水係数はいずれの工法においてもほぼ横ばいであり、各工法とも良好な耐久性を有することが確認された。



写真-5.6 加圧透水試験状況

表-5.11 加圧透水試験結果（施工打継部：縦断）（単位：cm/sec）

サイクル数	未対策	従来工法	提案工法①	提案工法②	混合物のみ
0	4.39×10^{-5}	6.54×10^{-5}	3.52×10^{-6}	8.47×10^{-7}	1.17×10^{-4}
6	1.92×10^{-4}	2.63×10^{-5}	2.53×10^{-6}	1.94×10^{-6}	

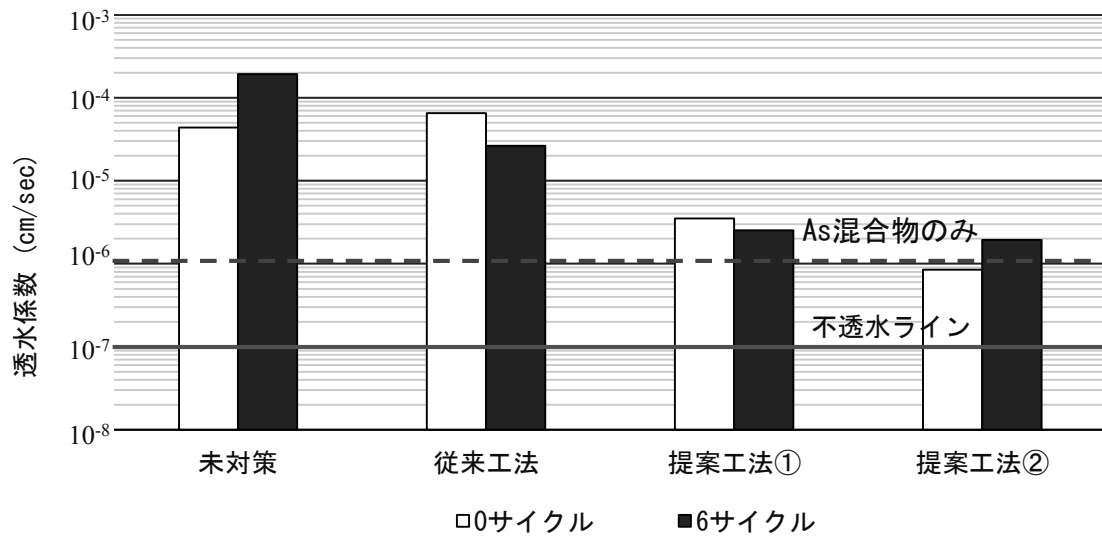


図- 5.10 加圧透水試験結果 (施工打継部：縦断)

5.6.4 施工打継部供試体（縦断）のせん断試験結果

施工打継部供試体（縦断）について、温冷負荷実施前の供試体と温冷負荷6サイクル後のせん断試験を実施した。試験結果を表-5.12に、せん断強度を図-5.11に、変位量を図-5.12に、試験後の供試体を写真-5.7、写真-5.8、写真-5.9、写真-5.10に示す。

端部立上り部同様、従来工法のせん断強度の低下が確認された。これは、温冷負荷により、防水材が収縮、膨張を繰り返したことで界面の接着力が低下したためであると考えられる。

表-5.12 せん断試験結果

		未対策	従来工法	提案工法①	提案工法②
強度 (N/mm ²)	負荷あり	0.08	0.24	0.10	0.14
	負荷なし	0.09	0.17	0.10	0.12
変位 (mm)	負荷あり	1.0	3.6	2.1	1.7
	負荷なし	1.7	4.9	2.8	2.0

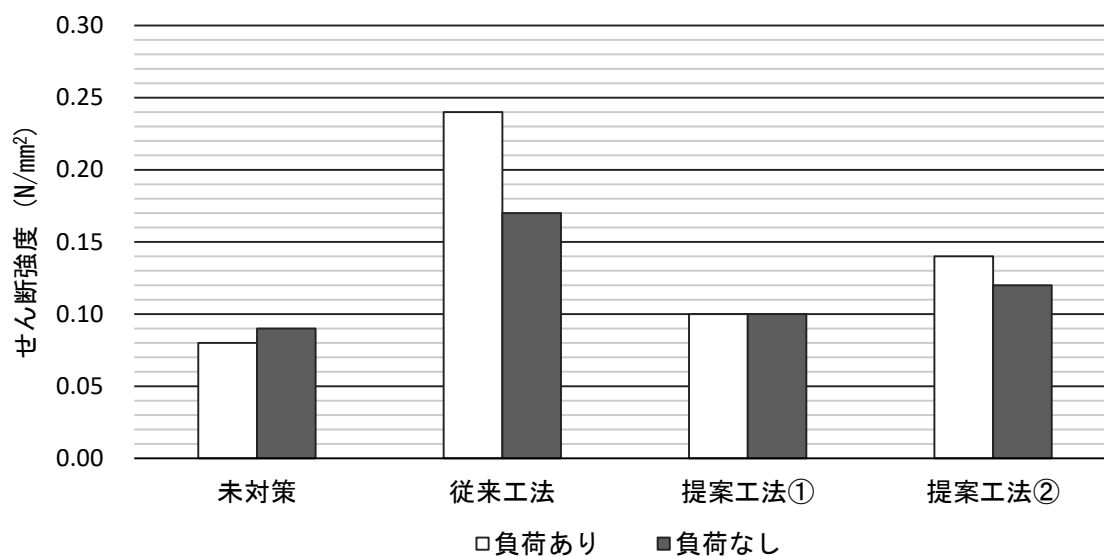


図-5.11 せん断強度の変化

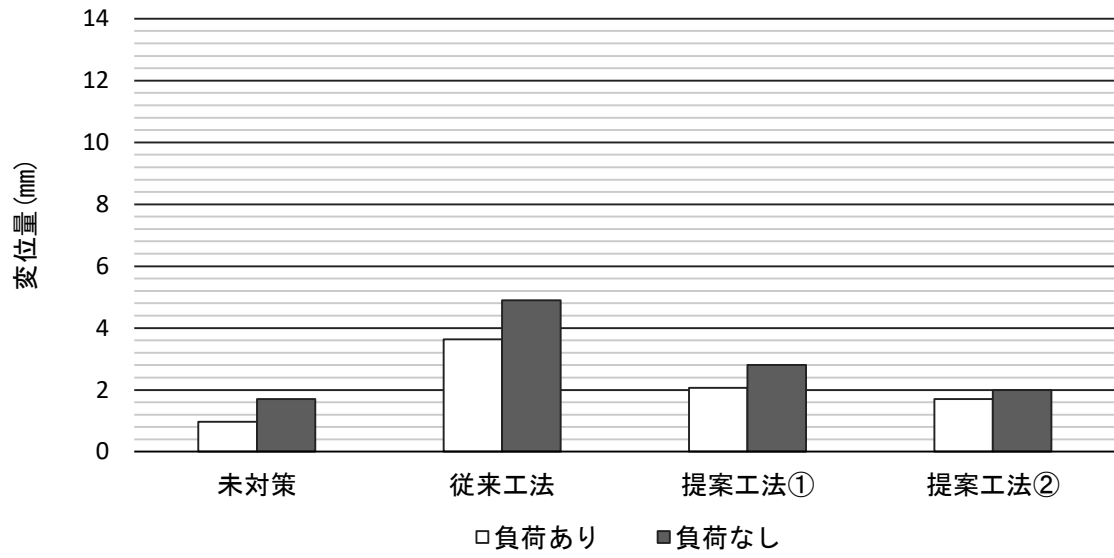


図- 5.12 変位量の変化



写真-5.7 未対策（負荷後）



写真-5.8 従来工法（負荷後）



写真- 5.9 提案工法①（負荷後）



写真- 5.10 提案工法②（負荷後）

5.6.5 施工打継部供試体（横断）の加圧透水試験結果

図- 5.5 に示す供試体を作製し，水浸ホイールトラッキング負荷後の加圧透水試験を行った（写真- 5.11）．試験結果を表- 5.13 および図- 5.13 に示す．

これより，未対策においては水浸 WT 負荷後に著しい漏水が見られたのに対し，従来工法，提案工法①および②においては改善傾向にあった．これは，水浸WT負荷試験によって，舗装が圧密されることにより，防水材料や目地材との接着が改善されたことが理由として推察される．さらに，提案工法①および②は，混合物単体の透水係数よりも低い値となっており，提案工法の優位性が確認された．



写真- 5.11 加圧透水試験状況

表- 5.13 加圧透水試験結果（施工打継部：横断）（単位：cm/sec）

サイクル数	未対策	従来工法	提案工法①	提案工法②	混合物のみ
0	4.39×10^{-5}	6.54×10^{-5}	3.52×10^{-6}	8.47×10^{-7}	1.17×10^{-6}
6	1.92×10^{-4}	2.63×10^{-5}	2.53×10^{-6}	1.94×10^{-6}	

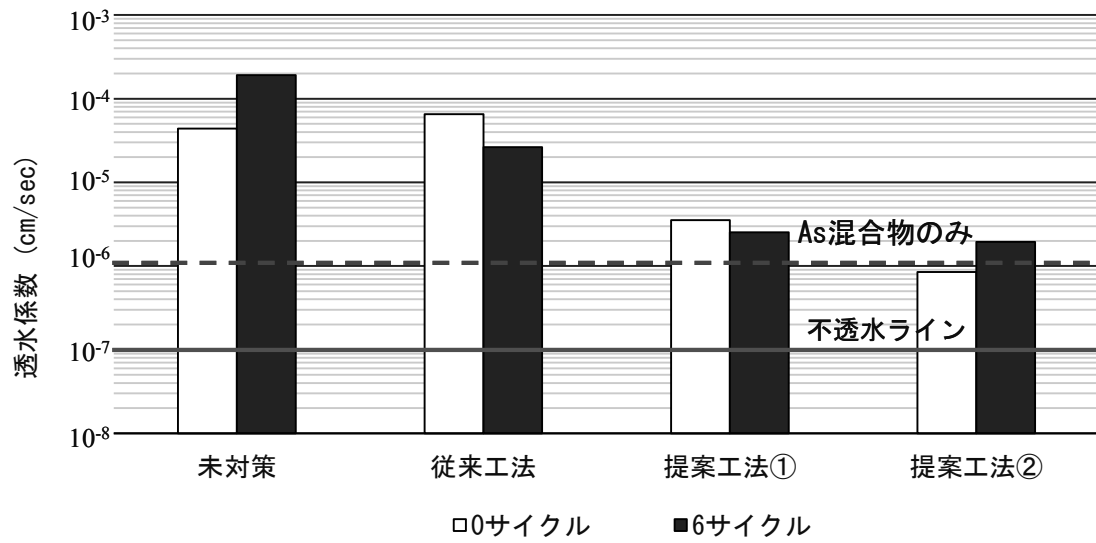


図- 5.13 加圧透水試験結果（施工打継部：横断）

5.6.6 施工打継部供試体（横断）のせん断試験結果

施工打継部供試体（横断）について、水浸ホイールトラッキング負荷後のせん断試験を実施した。試験結果を表-5.14 に、せん断強度を図-5.14 に、変位量を図-5.15 に、試験後の供試体を写真-5.12、写真-5.13、写真-5.14、写真-5.15 に示す。

水浸 WT 負荷試験を行うことで、いずれの構成においても著しい強度の向上が確認された。これは、舗装が圧密されることで舗装自体の強度が向上したためと考えられる。このため、界面の接着状態を適切に評価できていないものと考えられる。

表-5.14 せん断試験結果

		未対策	従来工法	提案工法①	提案工法②
強度 (N/mm ²)	負荷あり	0.05	0.24	0.12	0.20
	負荷なし	0.19	0.29	0.15	0.31
変位 (mm)	負荷あり	1.2	2.9	2.7	2.1
	負荷なし	1.5	4.1	1.8	2.6

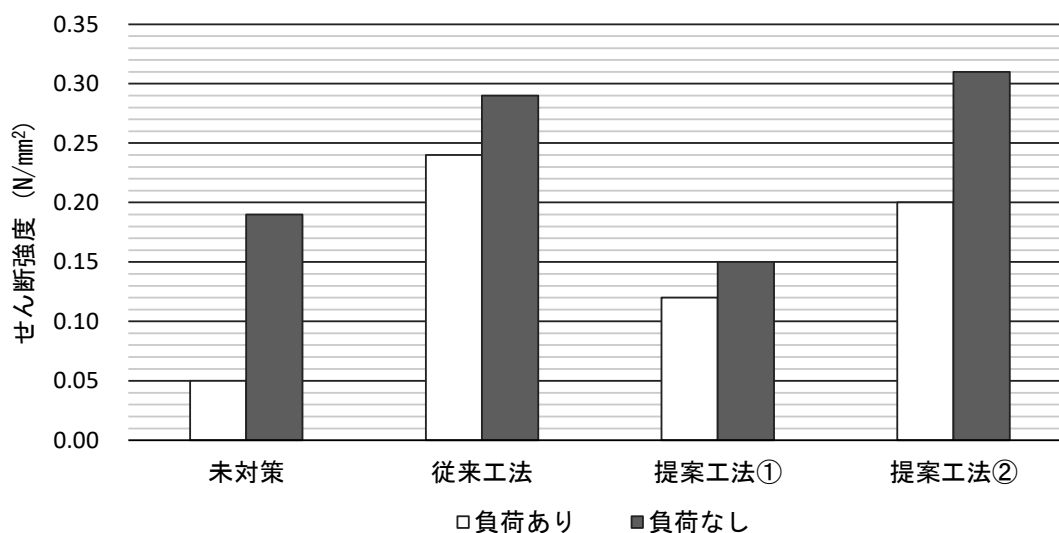


図-5.14 せん断強度の変化

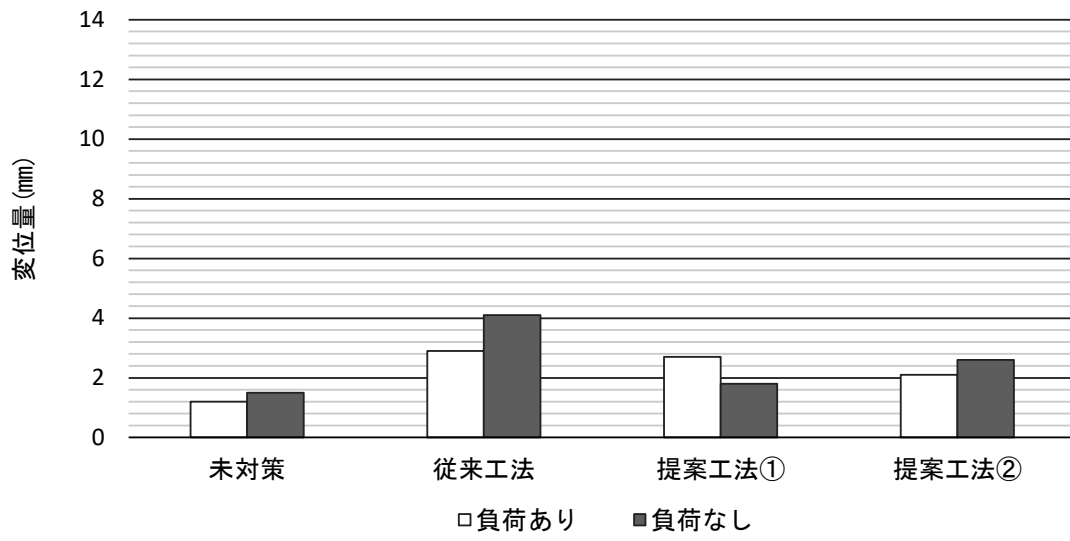


図- 5.15 変位量の変化



写真- 5.12 未対策（負荷後）



写真- 5.13 従来工法（負荷後）



写真- 5.14 提案工法①（負荷後）



写真- 5.15 提案工法②（負荷後）

5.7 橋面舗装の端部の防水工法の効果に関するまとめ

検討結果のまとめを表-5.15に、判定基準を表-5.16に示す。なお、判定基準は舗装調査・試験法便覧¹⁾および道路橋床版防水便覧²⁾に示されている値を参考に4段階の区分とした。

これより、端部立上り部や施工打継部においては、提案工法①と②が有効であり、②の方が接着性が良いという結果であった。

表-5.15 検討結果まとめ

構成	負荷の有無	評価項目	未対策	従来工法	提案工法①	提案工法②
端部立上り部	負荷無	防水性	×	◎	◎	◎
		接着性	×	◎	○	◎
	温冷負荷後	防水性	×	○	◎	◎
		接着性	×	◎	○	◎
施工打継部(縦断)	負荷無	防水性	×	×	△	○
		接着性	△	◎	○	○
	温冷負荷後	防水性	×	×	△	△
		接着性	△	◎	○	○
施工打継部(横断)	負荷無	防水性	×	×	△	○
		接着性	△	◎	○	◎
	水浸WT負荷後	防水性	×	×	◎	○
		接着性	○	◎	◎	◎

表-5.16 判定基準

防水性 (透水係数 : cm/sec)		接着性 (せん断強度 : N/mm ²)	
◎	10 ⁻⁷ 未満 (不透水)	◎	0.15~
○	10 ⁻⁷ ~10 ⁻⁶ (密粒以上)	○	0.10~0.15
△	10 ⁻⁶ ~10 ⁻⁵ (密粒以上)	△	0.05~0.10
×	10 ⁻⁵ 以上	×	0.00~0.05

参考文献

- 1) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧（平成31年版），2019
- 2) 日本道路協会：道路橋床版防水便覧，2007

6. 防水性を高めた橋面舗装の開発

6.1 概要

道路橋床版はコンクリート床版と鋼床版に大別され、床版防水としては、コンクリート床版では、床版と舗装との間に床版防水層が、鋼床版では、床版上に水密性に優れたグースアスファルト混合物（以下、グース）が一般的に使用されている。しかしながら、コンクリート床版では、床版防水層の接着不良や材料の劣化などによる床版上面への雨水の浸入を原因とした床版損傷が発生している。また、鋼床版では、施工時に発生する臭気、夏季における耐流動性の低下、およびブリスタリングの発生といった問題が生じている。

このような課題を解決するために、土木研究所では、コンクリート床版へ適用できる新たな橋面舗装材料の開発を目的に、大成ロテック(株)、東亜道路工業(株)、日本道路(株)、(株)NIPPO と共同研究「未利用アスファルト材料を用いた床版舗装の適用性に関する共同研究」を進めている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。本章では、開発した新しい橋面舗装材料について述べる。

6.2 開発した橋面舗装材

6.2.1 従来の橋面舗装材料の概要

コンクリート床版上の舗装は、一般的に表層および基層の2層から構成（舗装厚さ：60～80mm程度）され、床版と基層の間には床版防水層が設けられる。また、床版防水層としてはシート系防水層や、塗膜系防水層がある。一方、鋼床版はコンクリート床版に比べ合成が低くたわみが大きくなるため、たわみ追従性に優れ、水密性が高く、舗装体が防水層となるグースアスファルト混合物（以下、グース）が基層に用いられる。近年、たわみ追従性や水密性を考慮して、砕石マスチックアスファルト（SMA）を用いることがあるが、この場合、「舗装施工便覧（平成18年版）」⁵⁾によれば別途防水層を設ける必要があるとしている。

グースは、骨材を結合させるためのアスファルトバインダ（以下、バインダ）の原料として、トリニダードトバゴのピッチ湖で湧出される天然アスファルトのトリニダードレイクアスファルト（以下、TLA）を使用している。TLAは硬質であるため、施工時にはグースを240℃程度の高温にすることで粘性を下げ施工性を確保している。そのため、コンクリート床版に適用した場合は、コンクリート床版内部の水分が蒸発しブリスタリングの発生が懸念される。これらの理由から、コンクリート床版へのグースの施工は一般的には行われていない。

6.2.2 開発した橋面舗装材料

本研究では、グースの課題である流動によるわだち掘れやTLA特有の臭気や煙による周辺環境への影響などの課題を解決するため及びコンクリート床版へのグースの利用を行うことを目的に、未利用アスファルト材料を活用した新たな橋面舗装材料として、TLAを使用しないグースアスファルト混合物（以下、開発グース）4種と、特殊樹脂を用いた特殊樹脂充填アスファルト混合物1種を開発した。開発にあたり室内での配合や混合物試験による混合物性状の確認と試験施工による施工性とわだち掘れ等の耐久性の確認を行った。開発した橋面舗装材料の特徴を以下に述べる。

6.2.2.1 開発したグースアスファルト混合物の特徴

今回開発した4種類のグースA, B, C, Dの構成を図-6.1に, 室内試験による混合物性状試験の結果を表-6.1に示す. 参考までに, 従来用いられているグースの舗装施工便覧⁵⁾に示される目標値を示す. 開発グースは耐流動性, 臭気, ブリスタリングの要因となる施工温度等の改善が図られるように, いずれの性状もグースの目標値を上回るように独自の開発目標値を設定した.

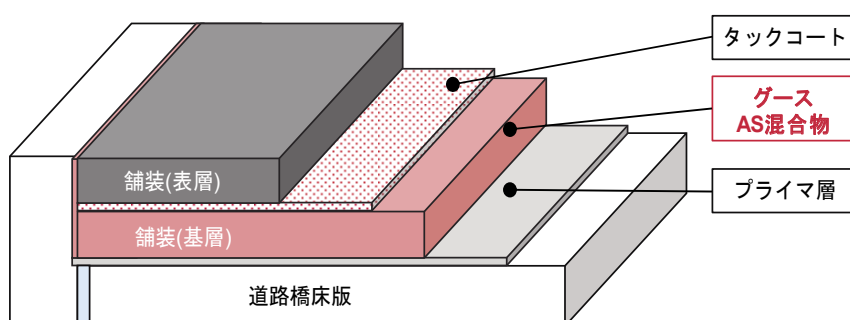


図-6.1 開発したグースの構成

表-6.1 開発グースの混合物性状

	適用箇所		バインダ原料	臭気レベル*	舗設時温度(°C)	施工性 リュエル流動性(秒)	耐流動性 動的安定度(回/mm)	安定性 貫入量(mm)	可撓性 曲げ破断ひずみ(10 ⁻³)
	CON床版	鋼床版							
従来グース	-	○	天然AS(TLA)	約600	約240	3~20	300以上	1~6	8以上
グースA	○	○	石油生成物	約400	約220	15	1033	1.4	8.2
開発グースB	○	○	ポリマー改質AS	約150	約185	15	1286	1.3	7.7
グースC	○	-	ポリマー改質AS	約300	約180	19	1872	2.1	13.6
グースD	-	○	天然AS(アスプトン)	約100	約240	10	417	-	9.5

*臭気レベルの測定には新コスモス電機(株)/XP-329ⅢⅢを使用した

(1) グースA

グースAは, 石油の精製過程で発生する副産物をバインダの原料として用いている¹⁾. 本材料は, TLAに比べ臭気が低く, 製造温度を20°C程度低減できるので鋼床版のみならずコンクリート床版への適用も可能である. さらに従来グースの動的安定度が300回/mmであるのに対し, 1,033回/mmと耐流動性も向上している. また, 従来のTLAグースに比べバインダの添加量を少なくすることができる. その他の性状は従来グースに比べ改善されている.

(2) グースB, C

グースB, Cは, バインダに特殊な改質剤を添加したバインダを開発している²⁾. 開発バインダはプレミックスタイプなので, アスファルトタンクへの貯蔵, ローリーでの直接供給が可能である. TLAに比べ臭気と煙を大幅に低減でき, 施工時の温度を180°C程度まで下げることができるので, グースAと同様にコンクリー

ト床版への適用が可能である。耐流動性も向上しており、動的安定度はグース B は 1,286 回/mm、グース C は 1,872 回/mm である。その他の性状も従来グースに比べ改善されている。

(3) グース D

グース D は、インドネシアで産出される天然ロックアスファルトの「アスプトン」をバインダの原料としている³⁾。アスプトンは TLA と同等の物理的性状を持ちながら臭気が少ない。また、TLA に比べ埋蔵量が多く、日本への輸送距離も短い等の経済的な利点もある。グースの性状としては、動的安定度が従来グースと同程度の 417 回/mm である。それ以外の性状も従来グースと同程度である。

6.2.2.2 開発した特殊樹脂充填アスファルト混合物の特徴

開発した特殊樹脂充填アスファルト混合物（以下、樹脂充填混合物）の構成を図-6.2 に、室内試験による混合物性状試験の結果を表-6.2 に示す。樹脂充填混合物は、熱可塑性の植物性特殊樹脂を原料とした材料を、アスファルト混合物層に浸透させるものである⁴⁾。本工法は、まず特殊樹脂材をコンクリート床版に対し塗布量 1.0~3.0kg/m² と大量に塗布する。この樹脂材が、基層舗設時にアスファルト混合物の空隙へ浸透し、高い接着性能および防水性能が得られる。これにより、基層には一般的な橋面舗装用基層混合物である碎石マスチックアスファルト混合物（以下、SMA）を適用しながら、従来グースと同等の防水性能が期待できる。また通常のアスファルト混合物の舗設と同じ機械編成で、橋面基層を施工することができる。

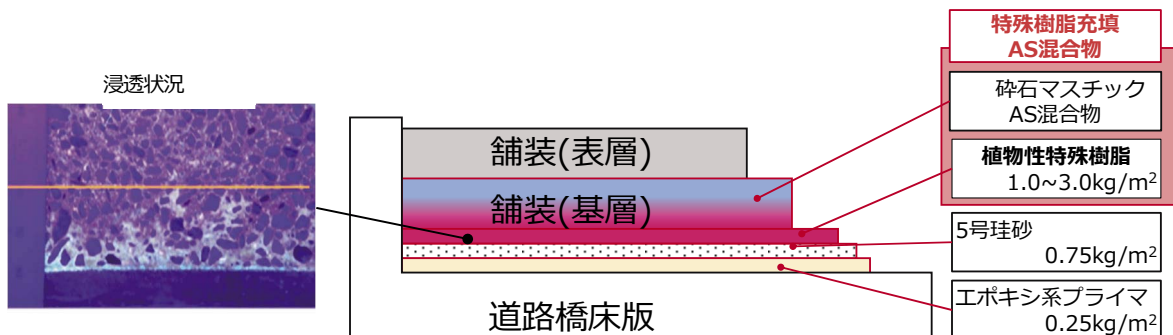


図- 6.2 樹脂充填混合物の構成

表- 6.2 樹脂充填混合物の性状

試験項目		樹脂充填混合物	基準値
耐流動性	動的安定度 (回/mm)	3500	3000以上
可撓性	曲げ破断ひずみ (10 ⁻³)	7.5	6.0以上
臭気レベル		約220	約600 (従来グース)

*臭気レベルの測定には新コスモス電機(株)/XP-329ⅢRを使用した

6.3 試験施工

6.3.1 試験施工の概要

開発した開発グースと樹脂充填混合物の施工性，防水性，および耐久性等の確認を目的として，土木研究所舗装走行実験場内の模擬鋼床版および模擬コンクリート床版上に実物大の試験舗装を構築した．写真- 6.1 に試験舗装を構築した舗装走行実験場と試験工区を示す．構築後に荷重車による促進載荷試験を行い舗装の耐久性評価を行った．図-6.3 にコンクリート床版工区，図- 6.4 に鋼床版工区の試験舗装の平面図と側面図を示す．なお，グース B は，バインダの成分配合を試験的に変えた 4 種類のグース B①～B④を舗設した．

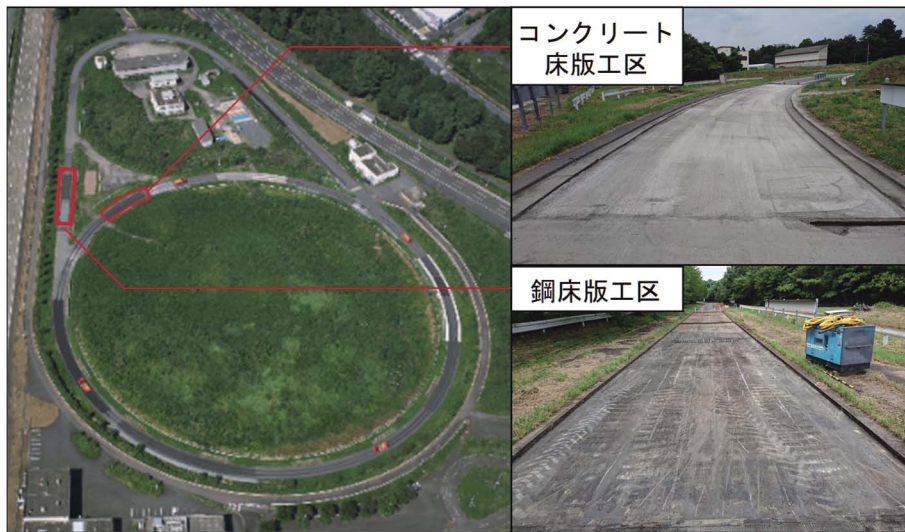


写真- 6.1 舗装走行実験場

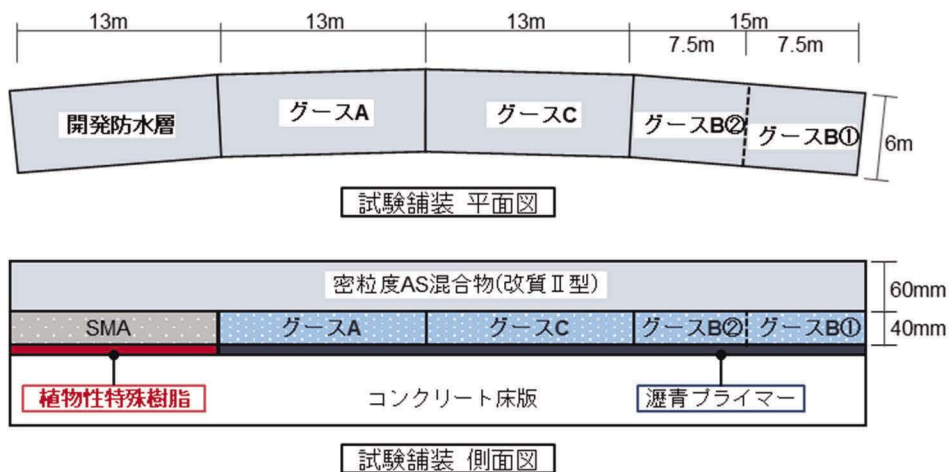


図- 6.3 コンクリート床版工区における試験舗装

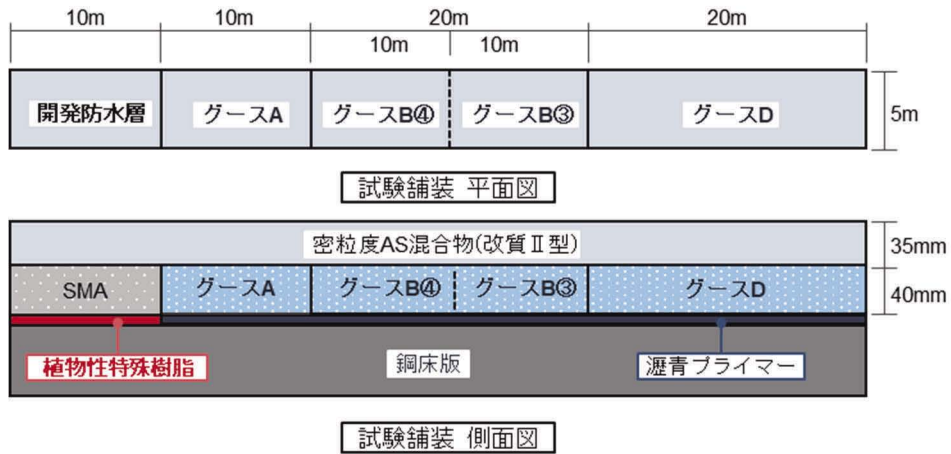


図- 6.4 鋼床版工区における試験舗装

6.3.2 施工状況

6.3.2.1 開発グースの施工状況

写真-6.2 に開発グースの施工機械を示す。開発グースの施工は特殊な機械を必要とせず、従来のグースと同じグースクッカー車およびグースフィニッシャで施工が可能である。施工性を確認するためのリュエル流動性試験と臭気の計測を行った。それぞれの測定状況を写真-6.3 に示す。



写真- 6.2 グース施工機械



写真- 6.3 施工時材料性状確認状況

表- 6.3 には、測定したリュエル流動性の値とその時のグースの温度、図- 6.5 に温度と流動性の関係を示す。

表- 6.3 開発グース施工時の温度と流動性の測定値

グース種類	グース A	グース A	グース B①	グース B②	グース B③	グース B④	グース C	グース D
適用箇所	CON	鋼	CON	CON	鋼	鋼	CON	鋼
舗設時温度 (°C)	220	244	211	185	185	185	200	227
リュエル流動性 (秒)	18	16	4.7	16	22	29	12	14

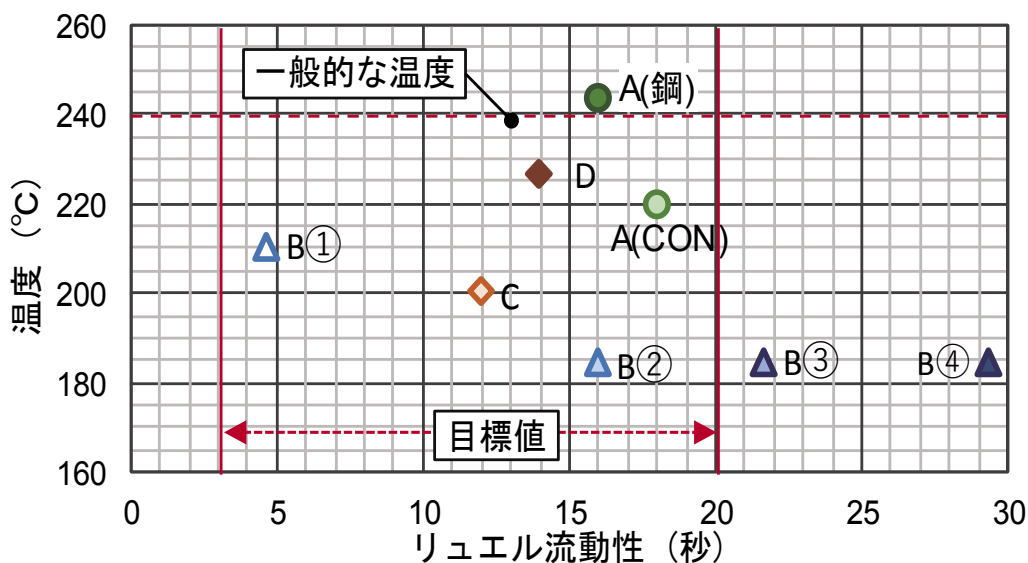


図- 6.5 開発グース施工時の温度と流動性の関係

なお、図-6.5 中の目標値は舗装施工便覧⁵⁾に示されている一般的なグースの目標値である。グース A の鋼床版工区の施工では、舗装時の目標温度の 220°C でリュエル流動性を測定したところ粘度が高かったため、240°C 程度まで温度を上げて施工を行った。なお、コンクリート床版工区の施工時には 220°C で良好な流動性が得られ施工性も問題なかった。また、グース B③、および B④については、開発グース中最も低い温度 185°C で材料を排出したが、粘度が高くリュエル流動性は目標を下回る結果であった。その他のグースは概ね目標温度にて目標の流動性が確認された。

臭気の測定は、材料の排出口、敷均し面で行なった。その結果、開発グースの臭気レベルは、従来よりも概ね低いことが確認された。しかし、測定値は風向きなどにより値が安定せず、屋外での定量的な評価方法については今後検討する必要がある。

写真-6.4に開発グースの施工状況を示す。鋼床版工区においては、概ね良好な施工性と仕上がりが確認された。コンクリート床版工区においては、従来のグースの舗設温度より低減し施工を行ったものの、一部において写真-6.5に示す微小なブリスタリングが発生した。これは施工時における床版の含水比が高かったことが要因と考えられ、コンクリート床版への施工時においては、床版の含水比が適用範囲であるかの確認が必要である。



写真-6.4 開発グース施工状況



写真-6.5 発生した微小なブリスタリング

6.3.2.2 樹脂充填混合物の施工状況

写真-6.6 に樹脂充填混合物の施工状況を示す。樹脂充填混合物は、プライマー塗布および珪砂散布後に植物性特殊樹脂材を塗布し、その後、一般的なアスファルト舗装舗設という順序にて施工される。植物性特殊樹脂材の塗布方法は、一般的なアスファルト系塗膜防水材と同様に、材料を専用の溶融釜にて高温に溶融しながらレーキによる塗布で行った。なお、植物性特殊樹脂材の塗布量は $3.0\text{kg}/\text{m}^2$ とした。植物性特殊樹脂材は、塗布後 30 分程度養生することで完全に固化し、固化後は、重機が走行しても損傷はみられなかった。



写真- 6.6 樹脂充填混合物施工状況

6.3.3 開発グースと樹脂充填混合物の試験結果

試験施工に用いた開発グースと樹脂充填舗装の性状を確認するため、表- 6. に示す混合物試験を実施した。なお、グースに関しては耐流動性と高温安定性が課題となるため、加圧透水試験と引張接着試験に加えホイールトラッキング試験、貫入試験、曲げ試験を実施した。樹脂充填混合物は基層に SMA を使用していることから、耐流動性、水密性に優れるため加圧透水試験と引張接着試験のみを実施した。

試験に用いた供試体は、施工時に排出された材料を用いて現場で供試体を作製するとともに舗装後の切取りコアを採取して試験に供した。以下に試験結果を示す。なお、図中の目標値は、舗装施工便覧⁵⁾および床版防水便覧⁶⁾に示されている一般的な材料の目標値である。

表-6.4 混合物試験

性状	試験	測定値	試験方法
耐流動性 (グース)	ホイール トラッキング試験	動的安定度	舗装調査試験法便覧 B003
安定性 (グース)	貫入試験	貫入量	舗装調査試験法便覧 C001
可撓性 (グース)	曲げ試験	曲げ破断ひずみ	舗装調査試験法便覧 B005
防水性	加圧透水試験	透水係数	舗装調査試験法便覧 B017T
接着性	引張接着試験	引張接着強度	道路橋床版防水便覧

(1) ホイールトラッキング試験

図-6.6 にホイールトラッキング試験の結果を示す。鋼床版工区におけるグース A は、施工時に粘度が高くなっていることが確認されたが、動的安定度（以下、DS）についても著しく高い値を示している。グース B は、①～④と配合の違いにより DS も 1800 回/mm 程度から 200 回/mm 程度まで異なる結果となった。グース B④とグース D の DS は目標値を下回る結果となったが、その他の開発グースの DS は全て目標値を大きく上回り 700 回/mm 以上であった。

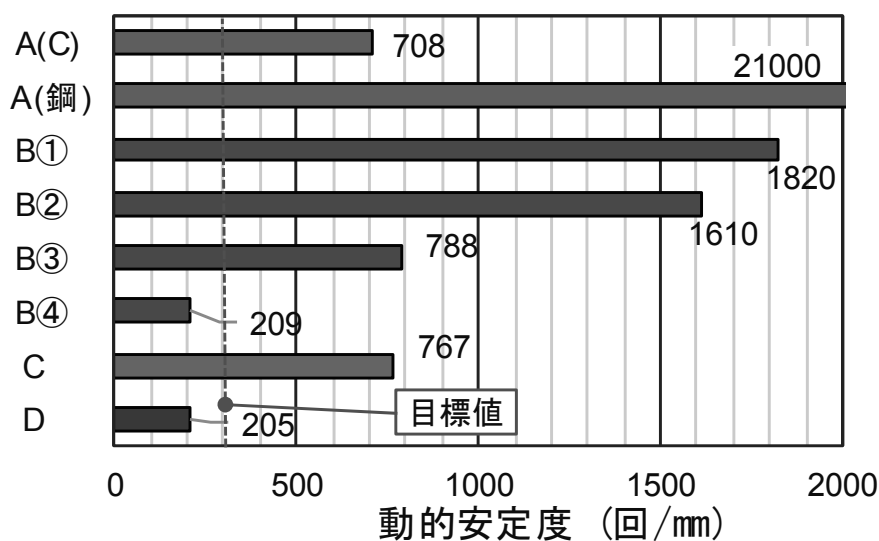


図-6.6 ホイールトラッキング試験結果

(2) 貫入試験

図-6.7に貫入試験の結果を示す。施工時の粘度の高くなっていた鋼床版工区のグース A, グース B①および, グース B②の貫入量は, 目標値よりもやや小さい値となっている。その他の開発グースの貫入量は, 目標値を満足する結果となっている。

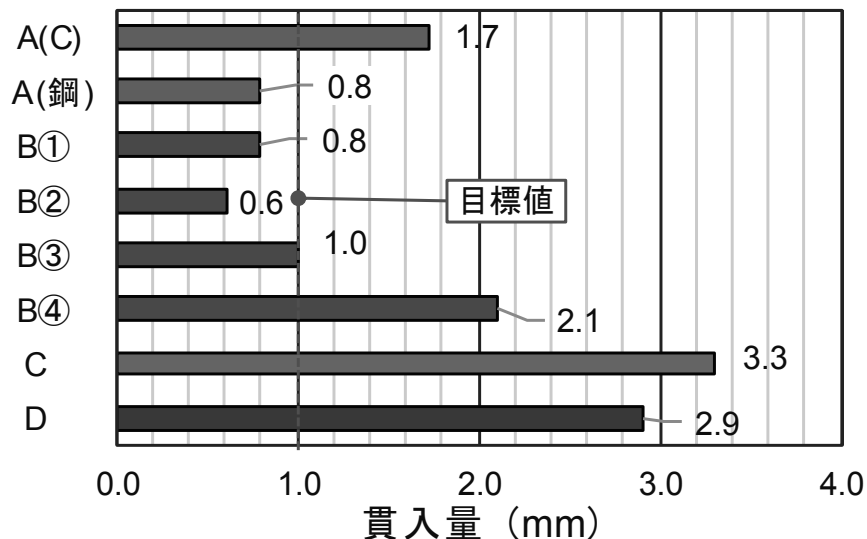


図-6.7 貫入試験結果

(3) 曲げ試験

図-6.8に曲げ試験の結果を示す。鋼床版工区のグース A は, 貫入試験結果と同様に曲げ破断ひずみについても, 目標値よりやや値が小さく, その他の開発グースの曲げ破断ひずみは, 目標値を満足する結果となっている。

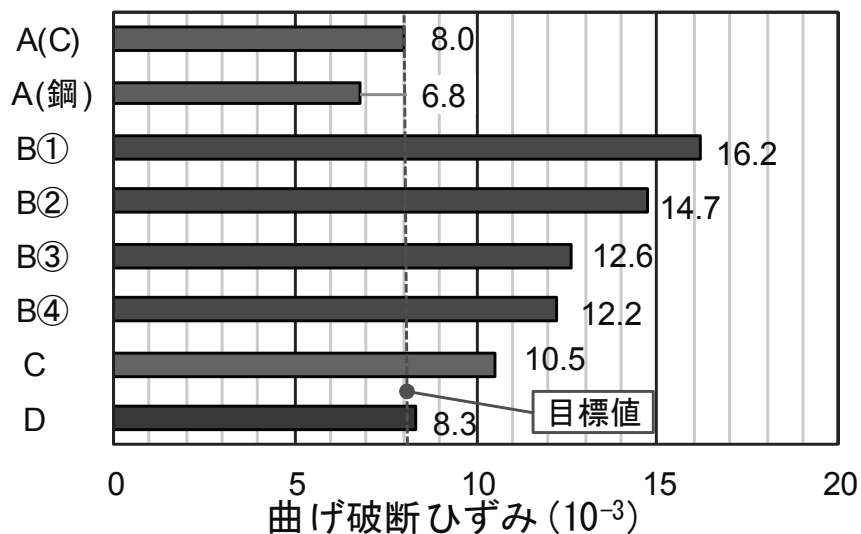


図-6.8 曲げ試験結果

(4) 加圧透水試験

現場より採取した切取りコアを用いて加圧透水試験を実施した結果、測定した全ての材料について不透水という結果が得られた。

(5) 引張接着強度試験

図-6.9, 図-6.10 に引張接着強度試験結果を示す。引張接着強度試験については、コンクリート床版工区のは切取りコア、鋼床版工区のは現場採取試料より作成した供試体を用いて試験を行った。

常温の 23°C および 20°C における試験結果では、すべての材料が目標値を満足していた。-10°C での試験結果はグース B④、グース C および、グース D の試験結果は目標値を下回っていたが、その他の全ての引張接着強度は目標値を上回っていた。

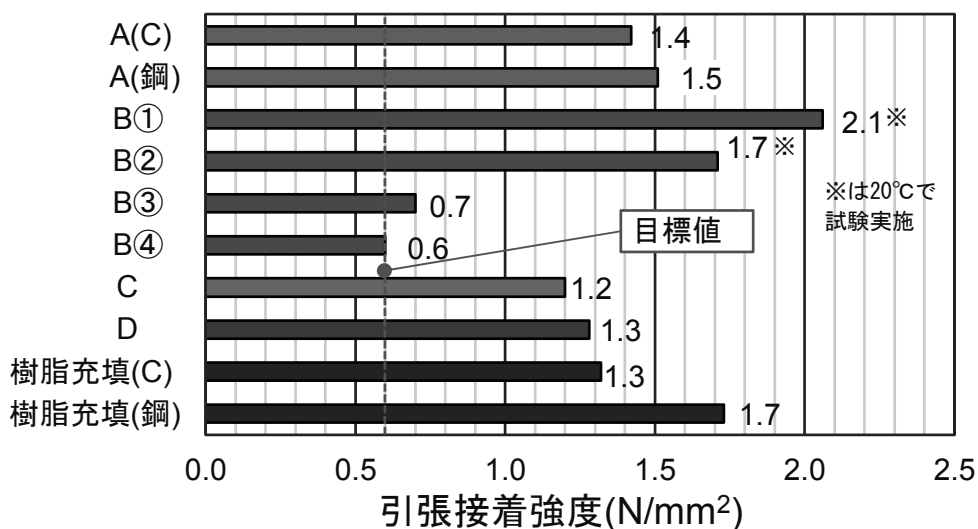


図-6.9 引張接着試験結果 (常温)

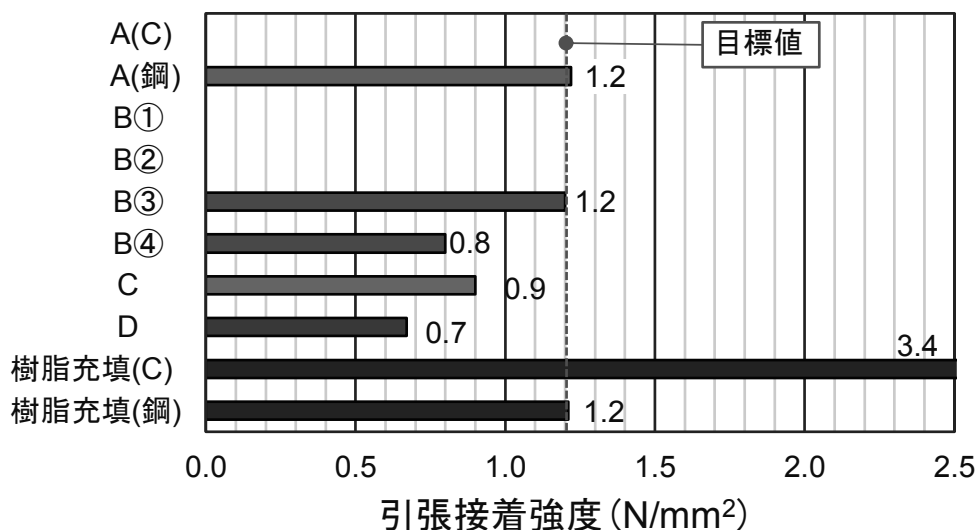


図- 6.10 引張接着試験結果 (低温)

6.3.4 舗設後の現場試験結果

6.3.4.1 グースの透気試験

開発グース舗設後に、舗装体の遮水性を確認するための現場透気試験を行った。グース B①、グース B②については透気試験(トレント法)にて透気係数を測定し、その他の開発グースは水工用アスファルト混合物の施工継ぎ目の遮水性を確認するための現場試験である真空透気試験にて透気量を測定した。写真-6.7に透



写真- 6.7 透気試験状況

表- 6.5 透気試験結果

グース	グース A	グース A	グース B①	グース B②	グース B③	グース B④	グース C	グース D	目標値
施工箇所	CON	鋼	CON	鋼	CON	鋼	CON	鋼	
透気係数 (m ²)	-	-	0.00	0.00	-	-	-	-	0.01
透気量 (MPa/分)	0.002	0.002	-	-	0.002	0.002	0.000	0.000	0.003

気試験状況，表- 6.5 に透気試験結果を示す．表より，いずれの舗装体も透気係数，透気量は十分に小さく，遮水性の高い舗装であることが確認された．

6.3.4.2 促進载荷試験

表層舗設後に，写真-6.8 に示す荷重車を用いた耐久性試験を行った．コンクリート床版工区では自動運転により 50 万輪，鋼床版工区では人力運転により 4 万輪まで载荷を行った．測定項目は，横断方向のわだち掘れ量と，目視によるひび割れ率とし，所定の走行輪数ごとに測定を行った．なお，走行輪数は輪荷重 49kN 換算輪数としている．鉛直変位の測定は写真-6.9 に示すマルチロードプロファイラを用いて行った．



写真- 6.8 荷重車による促進载荷状況



写真- 6.9 わだち掘れ量測定状況

図-6.11 にコンクリート床版工区における走行輪数とわだち掘れ量の関係，図-6.12 に鋼床版工区における走行輪数とわだち掘れ量の関係を示す．鋼床版は 4 万輪の結果であるが全ての材料で 4mm 以下，コンクリート床版工区の 50 万輪までの結果は，全ての工区において概ね 6mm 以下程度であり，夏季の走行も行ったがアスファルト混合物の流動はほとんど発生していなかった．また，ひび割れ率についても，全ての工区において 0%であった．

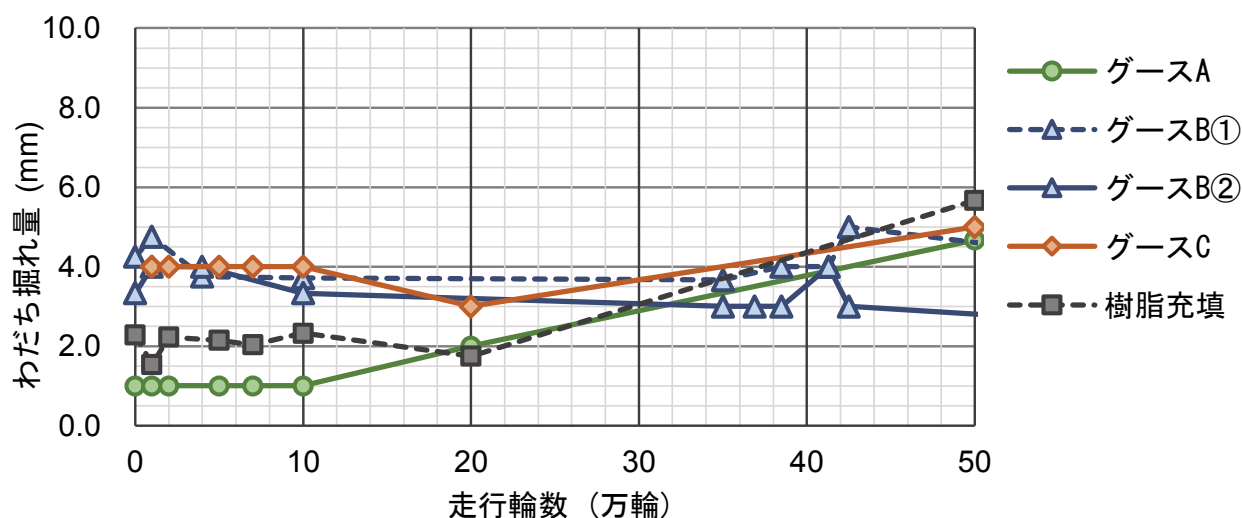


図- 6.11 走行輪数とわだち掘れ量の関係(CON 床版工区)

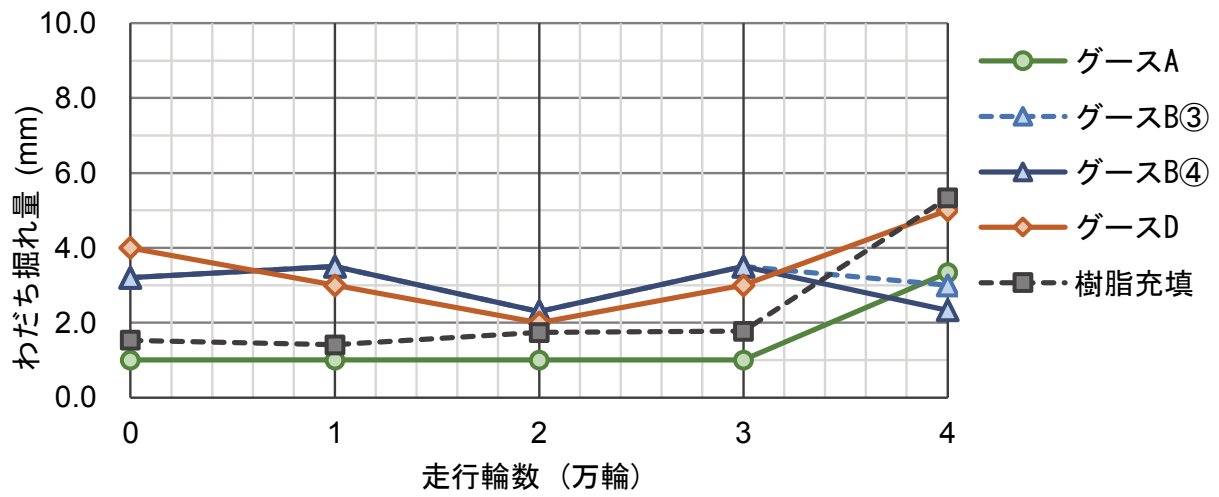


図-6.12 走行輪数とわだち掘れ量の関係(鋼床版工区)

6.4 まとめ

開発した橋面舗装材料を用いた試験施工により、下記の結果が得られた。

(1) 施工性について

- ・従来のグースと同じ施工機械にて開発グースの施工を行い、良好な施工性と仕上がりが確認された。
- ・開発グースをコンクリート床版に適用する場合には、ブリストリングの発生を抑制するため、床版の含水比を確認する必要がある。
- ・樹脂充填舗装における特殊樹脂塗布の施工性は、一般的な塗膜系防水材と同等であることが確認された。

(2) 材料の性状について

- ・現場から試料採取したグース A を用いた室内試験結果は、鋼床版工区の試料による貫入量と曲げ破断ひずみが目標値以下となったが、混合時間を調整したコンクリート床版工区の試料ではすべての性状が目標値を満足する結果となった。
- ・現場から試料採取したグース B を用いた室内試験結果は、B①、B②の貫入量、B④の動的安定度および引張接着強度(-10℃)が目標値を下回っていたが、B③の配合はすべての目標値を満足しており、現場への適用性が最も高いものとなった。
- ・現場から試料採取したグース C を用いた室内試験結果は、引張接着強度(-10℃)のみ目標値を下回っていたので、グース C は低温時の接着性が課題となる。
- ・現場から試料採取したグース D を用いた室内試験結果は、動的安定度および引張接着強度(-10℃)が目標値を下回っていたので、グース D はこれらの性状改善が課題であり、さらに混合温度等も勘案するとコンクリート床版への適用は不適と考える。
- ・開発グースの耐流動性に着目すると、グース B④とグース D を除くすべてのグースの DS は 700 回/mm 以上となっている。これは従来グースの目標値 300 回/mm に対して 2 倍以上の値であることから、これらのグースの耐流動性の向上が確認された。
- ・舗設された開発グースの遮水性を現場透気試験にて直接測定した結果、いずれも透気量は目標値を下回っており、高い遮水性が確認された。

(3) 耐久性について

- ・実際の供用を模擬した荷重車による促進載荷試験の結果、輪荷重 49kN 換算で鋼床版は 4 万輪、コンクリート床版工区は 50 万輪までの結果、夏季の走行も行ったが全ての材料で 4mm と 6mm 以下程度であり、ひび割れも発生していなかった。促進載荷試験はさらに継続していく予定であるが、上記の走行輪数までは、良好な耐久性が確認された。

以上の結果より、今回開発した各橋面舗装材料は、はじめに述べた従来の橋面舗装材料の問題点である耐流動性やグースの煙や臭気、コンクリート床版への適用に関して、優れた性能が期待できる。

今後は、更に荷重車による促進載荷試験を継続し、耐久性の評価を行うとともに、得られた知見を踏まえ利用マニュアルを作成する等実用化に向けた検討を進める所存である。

参考文献

- 1) 菊池玲児, 中村好和, 野地実: 鋼床版用流動化アスファルト混合物の新規開発に関する一検討, 第31回日本道路会議, No.3139, 2015.10
- 2) 立花徳啓, 徳光克也, 梶谷明宏, 寺田剛, 川上篤史, 藪雅行: 未利用アスファルト材料を用いたグースアスファルト混合物の開発, 第32回日本道路会議, No.3112, 2017.11
- 3) 平川一成, 湯川誠二郎, 寺田剛, 川上篤史: 天然アスファルト「AsButon」を用いたグースアスファルト混合物の施工性, 土木学会第73回年次学術講演会論文集, V-697, pp.1393-1394, 2018.8
- 4) 高橋昌史, 平戸利明, 村山雅人, 寺田剛, 川上篤史: 植物性樹脂を用いたグースアスファルト代替工法の開発, 土木学会第73回年次学術講演会論文集, V-705, pp.1409-1410, 2018.8
- 5) 日本道路協会: 舗装施工便覧, 丸善, 2006
- 6) 日本道路協会: 道路橋床版防水便覧, 丸善, 2007

7. 床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術

7.1 概要

本章では，コンクリート床版の土砂化対策の観点から，これまでの橋面 As 舗装の補修における課題と，床版防水に配慮した橋面 As 舗装の打換え技術の骨子について述べる．なお，橋面 As 舗装とコンクリート床版の深さ方向の補修範囲を分類して表-7.1 に示す．本章では，部分打換え等の「部分」は橋面全面に対する部分として用いる．また，補修の「範囲」は橋面上の範囲の意で用い，深さ方向の範囲は「深さ」と表記する．

表-7.1 橋面 As 舗装とコンクリート床版の深さ方向の補修範囲

深さ方向の補修範囲	As 舗装		防水層	床版	
	表層	基層		上部	全厚
As 舗装表層打換え	←→		(本文の対象外)		
As 舗装全層打換え	←		→		
床版上部打換え*	←			→	
床版全厚打換え*	←				→
床版取換え（更新）	←				→

注) 矢印は補修範囲を示す．

*) 鉄筋を残してコンクリートのみ打換える．

7.2 これまでの橋面舗装の補修における課題

7.2.1 As 舗装の打換え

床版が劣化していない場合や床版のコンクリートの部分的な全厚打換えが行われた場合で、橋面全面の As 舗装全層打換えを行うときの留意点は、事前調査の項目を含めて道路橋床版防水便覧に記載されている¹⁾。ただし、橋面全面の As 舗装全層打換えが必要と判断するための目安は、現在示されていない。床版の劣化が生じる前に橋面防水を改善するためには、舗装ひび割れ幅や部分補修の頻度などを指標にして、橋面全面の As 舗装全層打換え時期の目安を提示する必要がある。

橋面の全面を対象に舗装打換えを行う場合でも、上り線と下り線で分離して施工するなど、車線ごとに日を変えて施工することが多く、一般に As 舗装同士の橋軸方向の打継目が設けられる。また、ポットホールが発生した場合などには、部分的な舗装の打換えが行われることもあり、この場合も既存の As 舗装との間に舗装の打継目ができる。これらの打継目からの水の浸入（図-7.1）によって、床版上面のコンクリートが早期に劣化する事例がある。前掲の図-4.1 に示した事例はセンターライン付近の As 舗装打継目に沿って橋軸方向に広範囲に土砂化が生じていた。図-7.2 の事例は、As 舗装の部分補修の境界から水が浸入して床版上面のコンクリートが土砂化し始めていた事例である。図-7.3(a)に示すように、As 舗装の損傷部から水が浸入して床版上面のコンクリートの劣化が促進されることも想定される。

これまでの橋面 As 舗装に関する調査より、舗装打継目や舗装端部の目地部において、防水処理の不備、劣化が見られ、路面から床版への水の主要な浸入経路になっていた（図-7.4）²⁾。これまでの打継目は As 乳剤が塗布される程度であり、また舗装端部の目地部は塗膜防水材が塗布されていることが多い。

As 舗装全層の部分打換えは、単に路面の平坦性の復旧だけでなく、防水性の確保が必要である。しかし、As 舗装全層の部分打換えにおいては、打継目の課題だけでなく、締固め不足が生じやすい点でも、防水に対して不利になりやすく³⁾、具体の改善技術の開発が急務である。不用意に部分打換えを行えば、却って床版上面への水の浸入を促進してしまうこともある³⁾。

7.2.2 As 舗装の打換えに伴う床版補修

橋面の As 舗装全層打換えの際に、床版上面のコンクリートが明らかに劣化していて、橋面舗装の補修にコンクリート床版の補修も伴うことが少なからず生じている⁴⁾。これまでの床版上面の劣化に対するコンクリートの補修は、図-7.5 に示すように、床版厚の上半分程度のコンクリートを打換える工法がよく用いられる。床版上面付近が損傷していることから、一般には傷んだ範囲、深さを補修しようとするのが当然のように思われる。補修範囲は、補修費や交通規制の範囲、期間に関わることから、できるだけ小さくする方向の判断がなされる。しかし、床版厚の上半分のみを部分的に打換えた箇所では、再劣化する事例がよく見られることから、これまで、床版上部打換えのための材料や工法について、さまざまな検討、改善が試みられている⁴⁾⁶⁾。

前掲の写真-1.1 に、床版上面のコンクリートが土砂化していた事例と、舗装を剥がす直前の路面状況を示した。床版コンクリートの土砂化の劣化機構は必ずしも明確でなく、アルカリシリカ反応（ASR）や凍害の可能性を含め、複数の機構があり得ると想定している⁷⁾⁸⁾。

いずれの劣化機構であっても、路面からの水、塩水が床版の劣化の発生あるいは促進の因子になると考え

られる。1990年代にスパイクタイヤが禁止されて以降、一般道においても凍結防止剤の散布量が増加しており、路面水の床版への浸透とともに塩化物イオンの浸透もほぼ同時に生じることが想定される。

図-7.3には、路面からの水による床版劣化のパターンを模式的に示した。路面からの水の浸入によって床版コンクリートにさまざまな劣化が生じる事例がある一方で、橋面のAs舗装全層打換え時に床版のコンクリートの劣化部を残存させたままにした場合には、その後、比較的早期に橋面As舗装にひび割れが生じて、路面水の浸入経路ができてしまう事例もあると考えられる^{例えは3)}。As舗装全層打換えに際して橋面防水に配慮するためには、床版コンクリートの調査方法や補修方法についても、防水性能の確保を意識して、改善していく必要がある。

土木研究所で行ったこれまでの調査事例では、前掲の図-4.31に示すように、床版上面にコンクリートの土砂化が見られると、明確に土砂化している範囲の周囲に、明確な土砂化ではないが健全でもない中間的な部分、土砂化の中間層が存在していた⁸⁾⁹⁾。その中間層には、目視や打音検査では容易にわからない部分がある。中間層が残存すると、その後の補修材やAs舗装が早期に劣化することが懸念される。床版上面の補修でコンクリートの劣化部位を残してしまう要因として、土砂化の予兆あるいは中間層は必ずしも明確でないとともに、その範囲を現場で即時確認することが技術的に難しいことがあげられる。また、交通規制を伴うことから工事の時間に制約があり、舗装を剥いだ後に、床版上面のそのような微妙な土砂化の予兆や中間層を発見することが一層難しいと考えられる。現時点の知見では、コンクリートの劣化部位を残さずに除去するため、図-4.31のとおり、明確な土砂化の範囲の周囲0.5~1mの範囲で、深さ方向は全厚を打換える必要があると考えている¹⁰⁾。

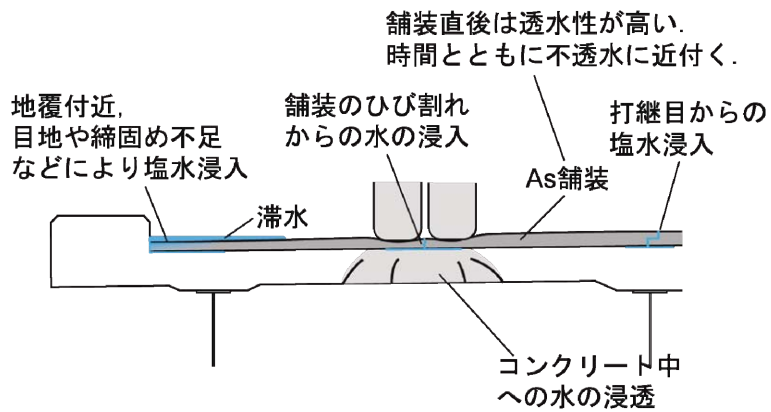
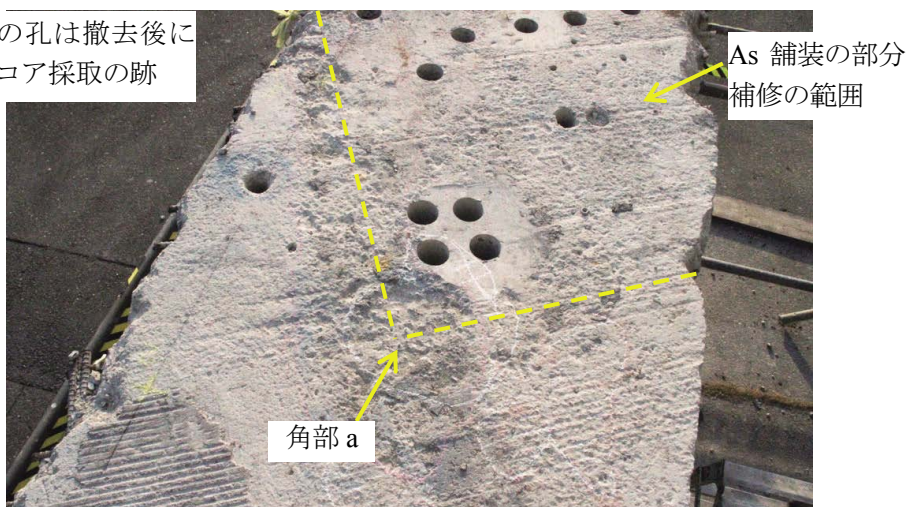


図-7.1 As 舗装の目地，打継目やひび割れからの水の浸入（概念図）⁷⁾



(a) 供用中の路面 As 舗装の状況

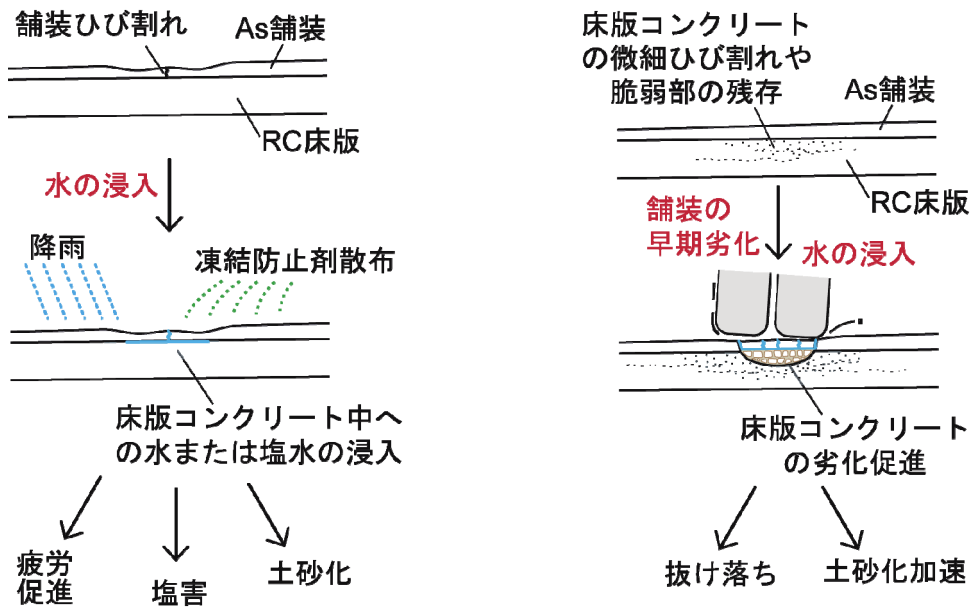
注) 複数の孔は撤去後に
行ったコア採取の跡



(b) 撤去後の床版上面の状況

(舗装打継目は舗装路面写真から推定した概略の位置)

図-7.2 As 舗装の部分補修境界付近における床版土砂化の兆候



(a) As舗装の損傷が先行

(b) 床版の損傷が先行

図-7.3 路面からの水による床版劣化パターン (概念図)



図-7.4 目地部付近の橋面 As舗装下の滞水

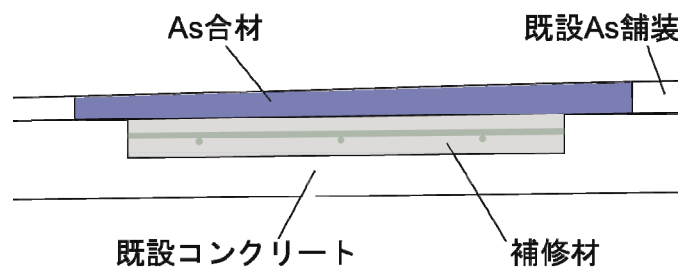


図-7.5 これまでの一般的な補修, 床版上部打換え

7.3 床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術の骨子

7.3.1 本復旧（予防保全に向けた対策）

道路橋コンクリート床版を効率的に維持管理するためには、床版の劣化を未然に防止すること（予防保全）が得策であり、そのためには前述 4.2 のとおり、まず床版への路面水の浸入を抑止する必要がある。しかし、既にコンクリート床版上面付近に土砂化等の劣化が生じたまま、あるいは床版の補修が不十分な場合は、舗装の基盤が不安定な状態であるため、グースなど、せっかく新しい舗装技術を適用したとしても、舗装の防水性が早期に失われてしまう恐れがある。床版に土砂化等の劣化が生じた後に予防保全できる状態に回復するには、以下に述べる本復旧が必要である。

図-7.6 に、床版上面の補修における応急復旧と本復旧を意識した復旧フローを示す。床版上面の補修では、応急復旧と本復旧の区別が明確にされていないことが多いと考えられる。しかし、疲労に対する水の影響だけでなく、凍結防止剤の散布量が増加している今日、床版への路面水の浸入は床版の急速な劣化につながりやすいことから、応急復旧と同時に、床版防水に有利な本復旧の実施に向けた準備を行い、本復旧を早期に実施する必要がある。

ここでいう本復旧とは、橋面 As 舗装や土砂化した床版の補修後、補修した箇所が何らかの原因となって早期に劣化しないようにすることである。土砂化した床版の補修自体は既に事後保全であるが、本復旧はその後の床版、橋面 As 舗装の維持管理を、予防保全に転換するために不可欠なステップである。この観点から本復旧には、床版が劣化していない段階での橋面全面の As 舗装全層打換えと、床版の劣化が認められる段階での床版コンクリート全厚の部分打換えまたは床版の全取換えがある。

(1) 橋面全面の As 舗装全層打換え

前述のとおり、橋面 As 舗装の打換えに際して、防水性能を確保するための配慮が必要である。しかし、いずれも目地部の十分な防水性能が得られていない事例が見られることから、打継目、端部の目地部ともに、防水性と耐久性に優れた瀝青成型目地材を用いるなど、材料、施工の改善が必要である。

As 舗装全層打換え時には、当然、防水性及び耐久性に優れた床版防水層の設置が必要である。また最近、防水層の代替としてコンクリート床版に用いるグースが開発されている。6 章に示したグースは、高い水密性を持つため防水層を必要とせず、床版防水層に比べ剛性も高いことから、施工時の損傷に対する高い耐久性が期待できる。土木研究所で民間とともに共同開発したコンクリート床版用グースは、施工温度を大幅に低減してコンクリート上であってもブリスタリングの発生を抑制するとともに、耐流動性にも優れることを確認した¹¹⁾。このコンクリート床版用グースは、現場での試験施工を経て普及を進める予定である。

部分的な As 舗装全層打換えは、前述のとおり、防水性の確保が難しいことから、ごく応急的な処置であり、同じ橋で繰返し行うものではない。既に橋面 As 舗装が部分打換えの繰返しでパッチワーク状態になっていれば（図-7.7）、橋面全面の As 舗装全層打換えを早期に行う必要があると考えられる。

(2) 床版コンクリート全厚の部分打換え

床版コンクリートの全厚での部分打換えは、適用事例が多く見られるが、適用にあたっては、その適切な打換え範囲の設定が重要である。前述のとおり、既に床版上面に土砂化が見られた箇所を補修した際に、その周囲に中間層を残すと As 舗装や補修材の早期劣化とそれに起因する路面水の早期浸入を許してしまうこ

とが懸念される¹⁰⁾。中間層は、目視や打音では容易に判定できない傾向があることから、これまでの限られた損傷事例を踏まえて、暫定的な補修範囲の目安を図-4.31に示した。

明確な土砂化が見られた事例では、その直下のコンクリートに水平ひび割れや微細なひび割れが多数見られた⁸⁾⁹⁾。舗装下に塩水が浸入して、床版上面で土砂化の症状が一旦出始めると、劣化部位に滞水して、劣化の進行を加速させる傾向にあると考えられる。これらの点から、本復旧のためには、図-7.6のとおり、全厚での床版打換えが必要であると考えている¹⁰⁾。

(3) 床版取換えの目安（土砂化の場合）

コンクリート床版の全取換えについては、プレキャスト床版を用いたさまざまな工法が提案されている¹²⁾。本文では、図-7.8のとおり、床版土砂化が生じている場合におけるコンクリート床版の取換え時期の目安を示す。a)土砂化が広範囲にわたっている、b)床版上面の部分補修が同じ場所で繰返し行われている、c)橋面As舗装が既にパッチワーク状態にある、d)部分補修部周囲の打継目から泥水等の吹き出しが見られる、という状態が複数生じている場合は、床版取換えの必要性について詳細の検討が必要である。床版取換えの必要性の詳細検討としては、状態の把握のほか、交通規制の繰返しの影響、再劣化時の走行安全性への影響、及びライフサイクルコストを考慮する必要がある。

図-4.31の補修範囲の目安は、土砂化の範囲が局所的に見られる場合を対象としているが、パッチワーク状態の橋では、劣化範囲が広範囲に散見されるだけでなく、範囲が交錯している場合がある。この場合は、コンクリート床版の部分打換えを適用する段階を超えていて、床版取換えを検討する目安であると考えられる。

7.3.2 応急復旧（時限付対策）

ここでいう応急復旧には、図-7.6に示したとおり、橋面のAs舗装のみの部分打換えや床版上部打換えを含む。路面の変状が著しいため、As舗装を全面的に剥ぐ前に、事前掘削調査により床版のコンクリートの損傷範囲をある程度把握しておく必要がある。しかし、実際にAs舗装を広範囲に剥いでみると床版の損傷がさらに広範囲に見られた、といったことが起こり得る⁴⁾。そのときの補修工法や補修範囲の選定は、工期、施工時期、交通規制の制約、天候など、さまざまな要因によって影響されると考えられる。また、橋面As舗装のみの現場施工に臨んで、舗装を剥いだときに床版上面の劣化が発見されたとしても、一般に型枠設置を要する床版全厚打換えを直ちに施工できる状態にはない。これらの例のように、やむを得ず床版上部打換えが行われる場合もあり得る。

しかし、応急復旧のままでは、路面水の浸入が再び生じて、補修箇所の周囲に以前よりも広範囲にかつ長期に滞水することから、早期に劣化をもたらす傾向にある。それだけでなく、前回補修したときよりも劣化が広範囲に拡がりやすいとともに、著しく進行している可能性が高い。このことから、応急復旧はあくまで当面の措置であり、また応急復旧の繰返しは避けるのがよいと考えられる。

図-7.9に、橋面の補修時に避けるべき事例を示す。図-7.9(a)は、舗装厚を含めたコンクリートの部分打換えが行われる事例で、夜間の規制時間が極端に短い場合など、やむを得ず行われるものと思われるが、既存のAs舗装と補修材の隙間から路面の水が浸入しやすく、却って劣化の範囲を拡大する恐れもあると考えられる。また、図-7.9(b)は、単に平坦性を確保するだけのものであり、床版の補修になっていない。

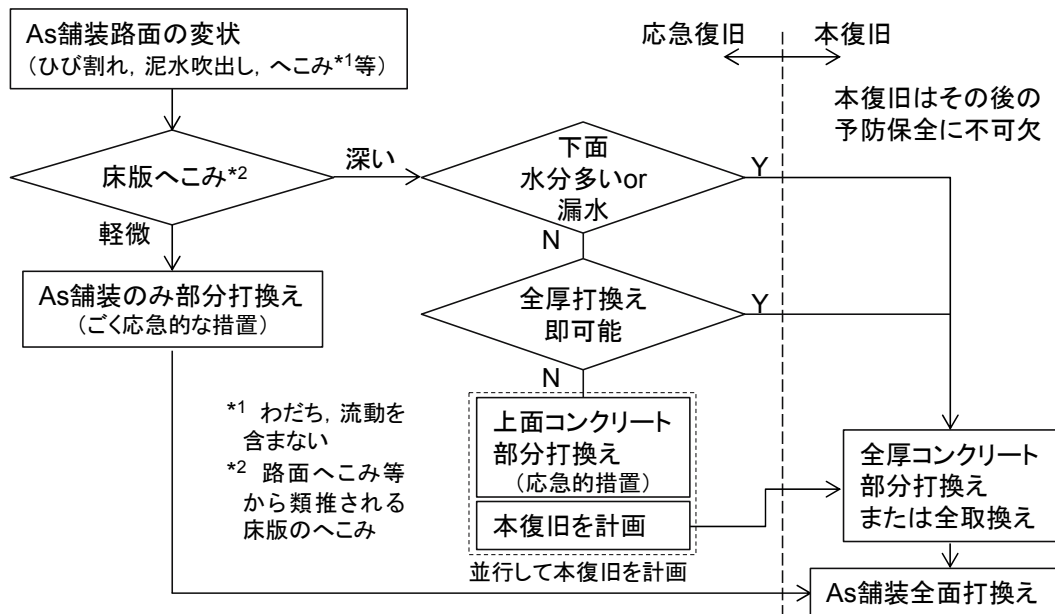


図-7.6 橋面舗装の床版防水に配慮した復旧のフロー



図-7.7 部分補修による橋面舗装のパッチワーク状態の事例

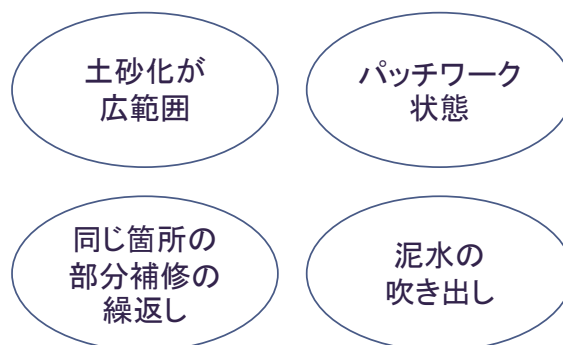
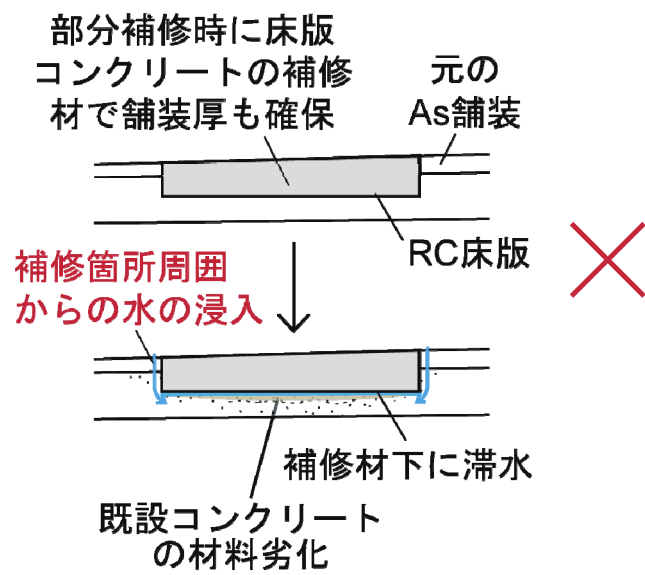
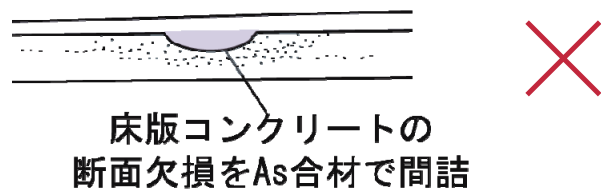


図-7.8 床版取換え検討の目安 (土砂化の場合)



(a) 舗装厚を含めたコンクリートの部分打換え



(b) コンクリートを補修せずにAs舗装打換え

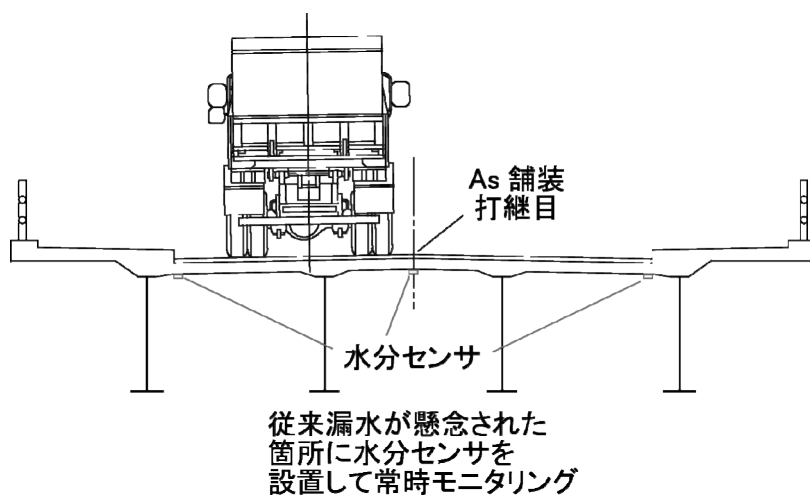
図-7.9 橋面As舗装の全層打換え時に避けるべき事例

7.4 舗装打換え後の防水効果の確認

As 舗装全層打換え後の防水の弱点となりやすい目地，打継目の処理方法や，床版のコンクリートの補修方法が，防水性能の点で適切であったかを早期に確認するため，施工後の防水性能のモニタリングを行うことが有効である．また，モニタリングは既存の防水層の現場での性能評価や施工品質の評価，As 舗装自体の防水性の評価など，橋面防水の技術向上，品質向上に向けて，重要な役割を果たすと考えられる．例えば，床版への水の浸透は比較的速いことから¹³⁾，図-7.10のように，床版下面の含水状態を測定することが防水性能の効果確認として有効であると考えられる．これを応用した，床版下面の含水状態を一定期間にわたりモニタリングする機器の開発が必要である．さらに，路面からレーダ等非破壊技術で As 舗装下，床版上面の含水状態を把握する技術も期待される¹⁴⁾．



(a) 水分計による測定例



(b) 漏水モニタリングのイメージ

図-7.10 コンクリート床版の含水状態の確認

参考文献

- 1) 道路橋床版防水便覧, 日本道路協会, 2007.3.
- 2) 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.
- 3) 田中良樹, 村越潤: 橋面アスファルト舗装の変状と RC 床版の疲労, 土木技術資料, Vol. 53, No. 2, pp. 22-27, 2011.
- 4) 国土交通省道路局国道・技術課, 国土技術政策総合研究所, 東北地方整備局, 北陸地方整備局, 中部地方整備局, 九州地方整備局及び北海道開発局, 国立研究開発法人土木研究所: 道路橋コンクリート床版の土砂化対策に関する調査研究, 土木研究所資料, 第 4398 号, 2020.3.
- 5) 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, No. 10, pp. 11-17, 2014.
- 6) 例えば, 和田吉憲, 松本政徳, 渡邊晋也: 床版上面の断面修復に浸透性接着剤を用いた場合の疲労耐久性向上に関する検討, 第 8 回道路橋床版シンポジウム論文報告集, 土木学会, pp. 81-86, 2014.10.
- 7) 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, pp. 68-71, 2014.6.
- 8) 田中良樹, 玉越隆史, 村井啓太, 藤本圭太郎: 道路橋コンクリート床版の土砂化部周辺の変状に関する調査, コンクリート工学年次論文集, Vol. 40, No. 2, pp. 1315-1320, 2018.7.
- 9) 山本健太郎, 田中良樹, 上仙靖: 道路橋コンクリート床版の土砂化中間層に関する調査, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol. 19, pp. 531-536, 2019.10.
- 10) 田中良樹, 上仙靖: 道路橋コンクリート床版の土砂化に関する調査～土砂化中間層とその適切な除去範囲～, 土木技術資料, Vol. 61, No. 7, pp. 53-54, 2019.
- 11) 寺田剛, 渡邊真一, 藪雅行: 新しい橋面舗装材料の開発状況の紹介, アスファルト, Vol. 62, No. 235, pp. 23-29, 2019.12.
- 12) 例えば, プレキャスト PC 床版による道路橋更新設計施工要領, プレストレストコンクリート工学会, 2018.3.
- 13) 田中良樹, 村越潤, 吉田英二: 撤去された鉄筋コンクリート床版の水張り試験, 第 8 回道路橋床版シンポジウム論文報告集, 土木学会, pp. 145-148, 2014.10.
- 14) 野田翼, 松本直士, 石田雅博: 電磁波レーダによる RC 床版の滞水の検出, 土木技術資料, Vol. 62, No. 4, pp. 18-21, 2020.

謝辞等

道路橋床版の土砂化対策については、平成 30 年度及び令和元年度の国土交通省国土技術研究会の指定課題「道路橋コンクリート床版の土砂化対策に関する調査研究」を通じて、国土交通省国道・技術課，国土技術政策総合研究所，東北，北陸，中部，九州各地方整備局及び北海道開発局，並びに土木研究所のつくば，寒地の関係チームが連携して相互の情報共有を図った。第 3 章の橋面舗装の実態調査は，それに関連して東北地方整備局，北陸地方整備局及び北海道開発局のご協力の下で円滑に実施することができた。また，同実態調査については，富山市と構造物メンテナンス研究センターの「橋梁の維持管理に関する研究協力協定」の下で，富山市にも協力していただいた。

第 2 章の調査に用いた詳細調査，補修，補強等の参考資料は，平成 28 年度に実施した「RC 床版上面の劣化に関する調査」の一環として各地方整備局及び沖縄総合事務局より提供していただいた。また，同調査の一環として，第 4 章の Ka 橋床版の現地調査及び部材の提供に関して，関東地方整備局長野国道事務所にご協力いただいた。

第 2 章 2.3 の橋面舗装の施工方法に関するアンケートは，上記の指定課題に関連して，東北地方整備局，北陸地方整備局及び九州地方整備局にご協力いただいた。加えて，舗装材料の供給，施工の観点から，大林道路株式会社，鹿島道路株式会社，東亜道路株式会社，日本道路株式会社，株式会社 NIPPO，前田道路株式会社にご協力いただいた。

第 4 章の Ki 橋床版の部材提供及び関連資料の提供に関して，東北地方整備局にご協力いただいた。

この場を借りて，本調査研究にご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

付録. 橋面アスファルト舗装コアの写真

C 橋 舗装コア写真

測点

路面

床版上面

コア

1



2



3



4



5



測点

路面

床版上面

コア

6



7



8



9



10



測点

路面

床版上面

コア

11



12



13



14



15



測点

路面

床版上面

コア

16



17



18



D 橋 舗装コア写真

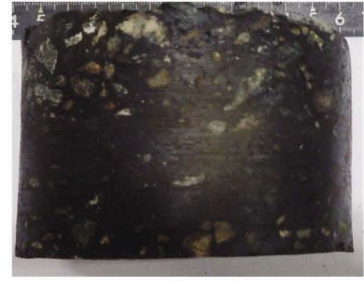
測点

路面

床版上面

コア

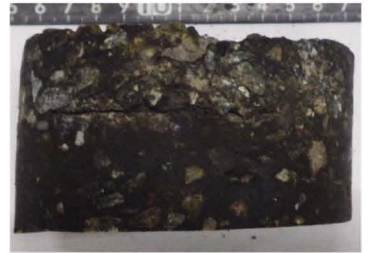
1



2



3



4



5



測点

路面

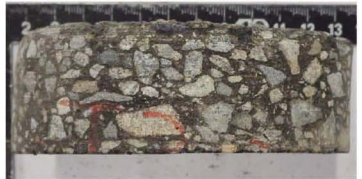
床版上面

コア

6



7



E橋 舗装コア写真

測点

路面

床版上面

コア

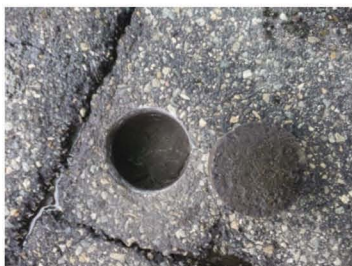
1



2



3



4



5



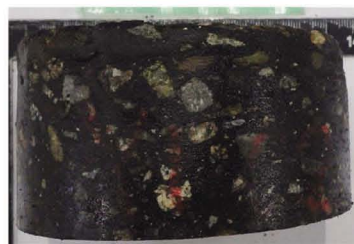
測点

路面

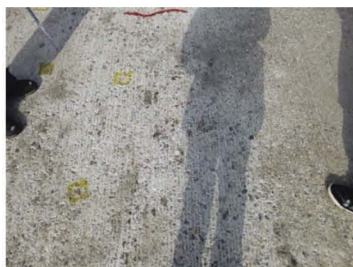
床版上面

コア

6



7



8



9



10



測点

路面

床版上面

コア

11



12



13



14



15



F橋 舗装コア写真

測点

路面

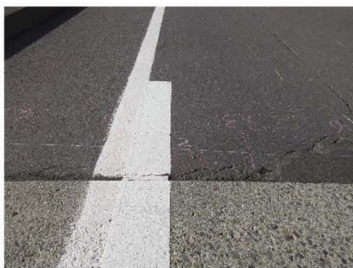
床版上面

コア

1



2



3



4



5



測点

路面

床版上面

コア

6



7



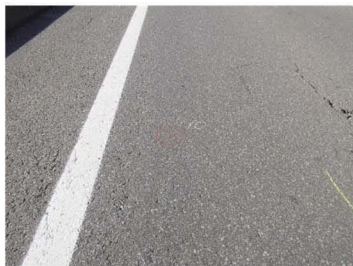
8



9



10



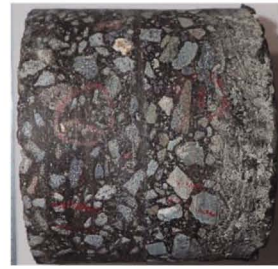
測点

路面

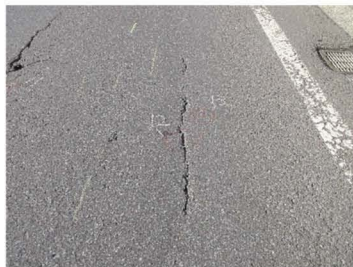
床版上面

コア

11



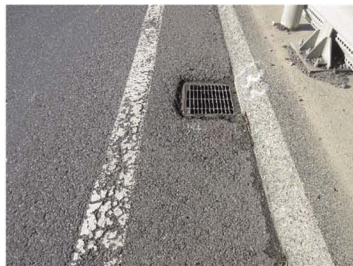
12



13



14



15



測点

路面

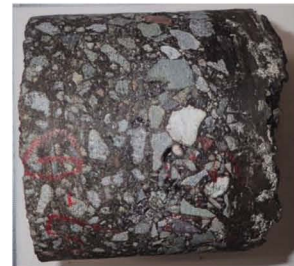
床版上面

コア

16



17



18



19



20



なし



G 橋 舗装コア写真

測点

路面

コア

1



2



3



4



5



測点

路面

コア

6



7



8



9



10



測点

路面

コア

11



12



13



14



15



測点

路面

コア

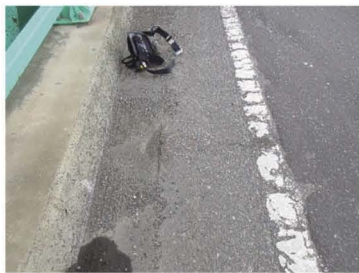
16



17



18



19



20



H橋 舗装コア写真

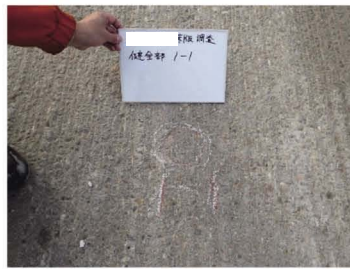
測点

路面

床版上面

コア

1-1



1-2



1-3



2-1



2-2



測点

路面

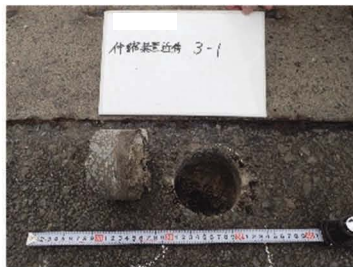
床版上面

コア

2-3



3-1



3-2



3-3



4-1



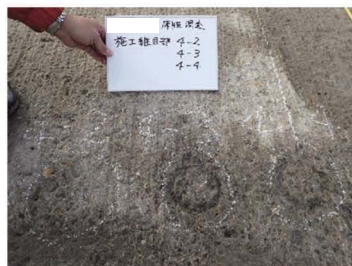
測点

路面

床版上面

コア

4-2



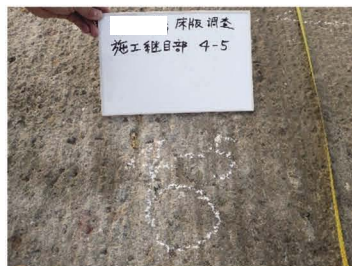
4-3



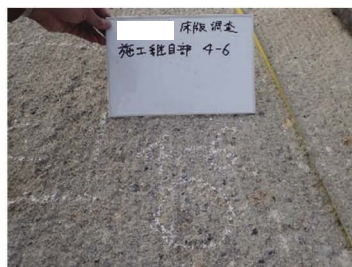
4-4



4-5



4-6



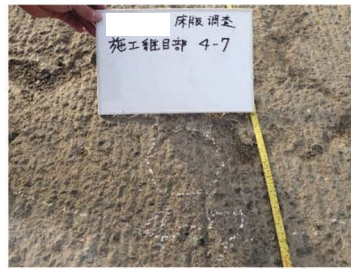
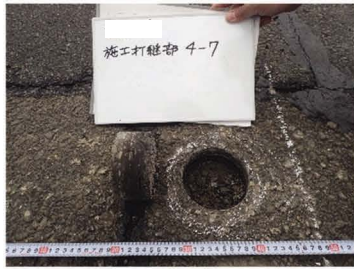
測点

路面

床版上面

コア

4-7



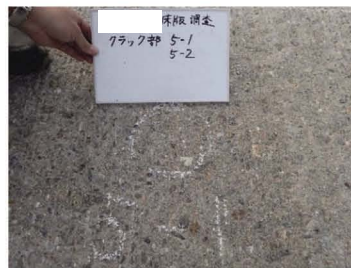
4-8



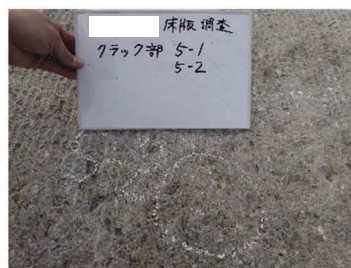
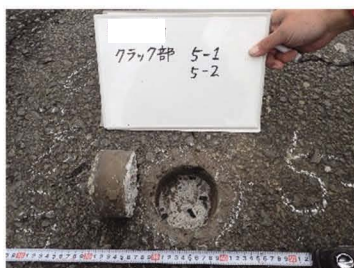
4-11



5-1



5-2



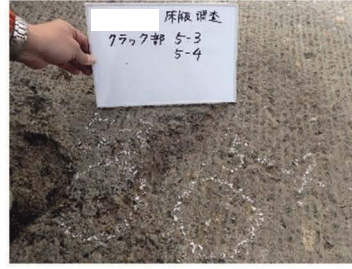
測点

路面

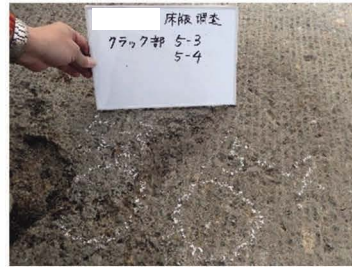
床版上面

コア

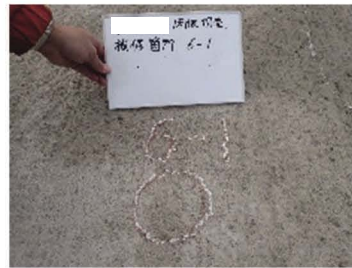
5-3



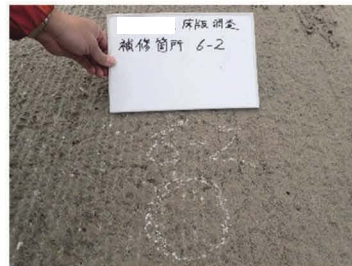
5-4



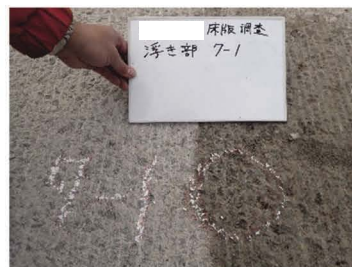
6-1



6-2



7-1



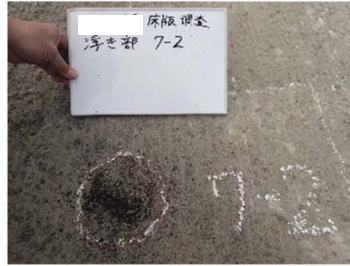
測点

路面

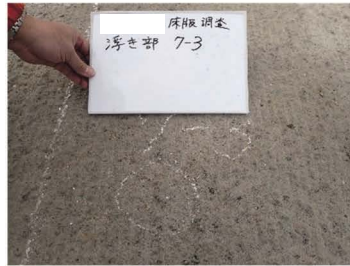
床版上面

コア

7-2



7-3



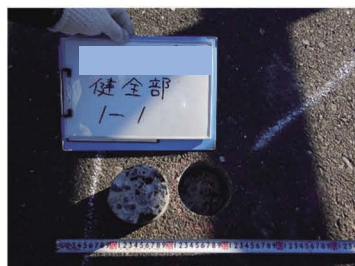
1橋 舗装コア写真

測点

路面

コア

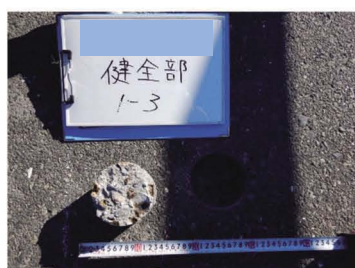
1-1



1-2



1-3



2-1



2-2



測点

路面

コア

2-3



2-4



3-1



3-2



3-3

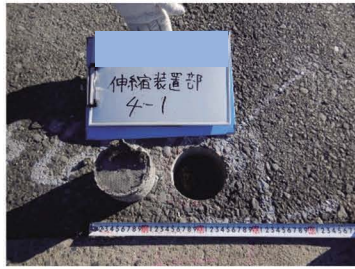


測点

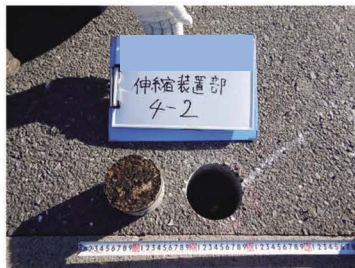
路面

コア

4-1



4-2



4-3



5-1



5-2



測点

路面

コア

5-3

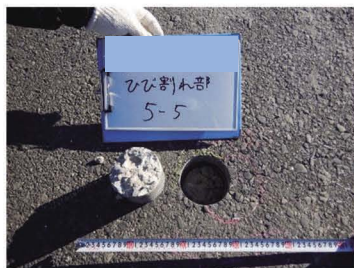


5-4

なし



5-5



5-6



5-7



土木研究所資料
TECHNICAL NOTE of PWRI
No. 4410 March 2021

編集・発行 ©国立研究開発法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

国立研究開発法人土木研究所 企画部 業務課
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話029-879-6754

