

平成28年度 橋梁技術発表会

大正時代の鉄筋コンクリート床版が どうして長期使用に耐えられたのか！

～90年以上の使用に耐えた九年橋の

撤去床版から劣化過程を探る～

技術委員会 床版小委員会、保全委員会

[酒井 武志 / 川東 龍則 / 久保 圭吾 / 柿沼 努 / 春日井 俊博]



1

発表内容

1. 研究の背景
2. 九年橋の概要、歴史
3. 点検・調査方針
4. 床版撤去時の点検・調査結果
5. 撤去床版試験体の材料試験結果
6. 構造・施工の影響
7. まとめ

2

1. 研究の背景

鉄筋コンクリート床版の劣化要因

1. 疲労劣化

車両の大型化，交通量の増大，過積載，走行位置
薄い床版厚，少ない配力鉄筋量，床版支持条件

2. 材料劣化（近年，顕在化してきている）

ASR，凍害，塩害，中性化

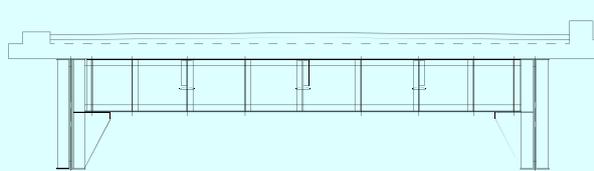


高い耐久性を有するRC床版の実現のために必要な，
設計，施工，維持管理の技術向上が求められている

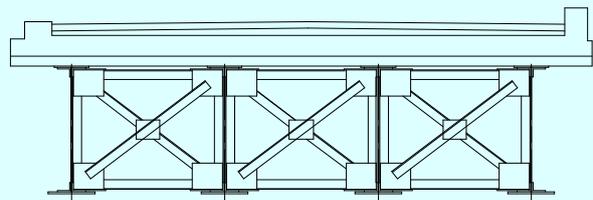
3

九年橋: 大正11年，昭和8年に建設され，その当時の
RC床版を補修補強等により**80～90年使用**

本研究では，九年橋の床版を対象とし，直接荷重を受け，非常に厳しい使用環境となるRC床版が，**長期間使用することができた理由**を探るため，RC床版の撤去前，撤去中，撤去後に実施した調査結果をもとに，RC床版の劣化要因を推定した。



断面図 2主鉄桁



断面図 4主鉄桁

4

2. 九年橋の概要



写真 九年橋(大規模修繕工事前)

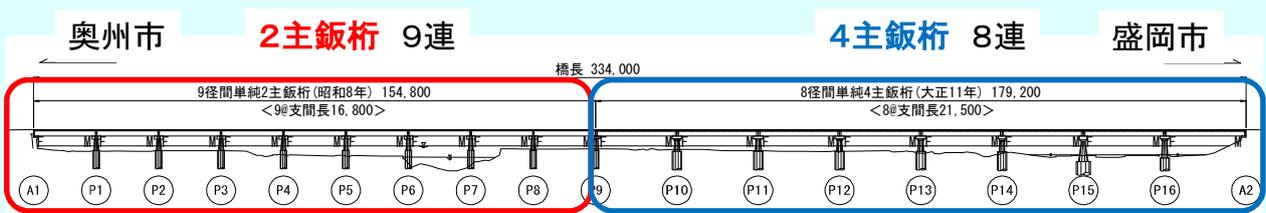
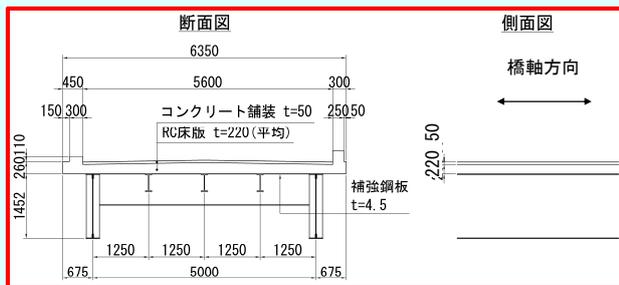
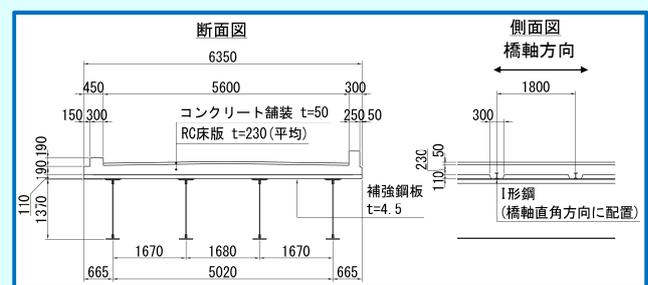


図 橋梁一般図 (大規模修繕工事前)



(a) 2主鋼桁



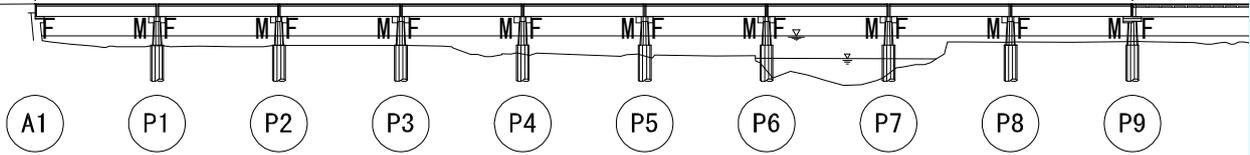
(b) 4主鋼桁

図 断面図 (大規模修繕工事前)

奥州市

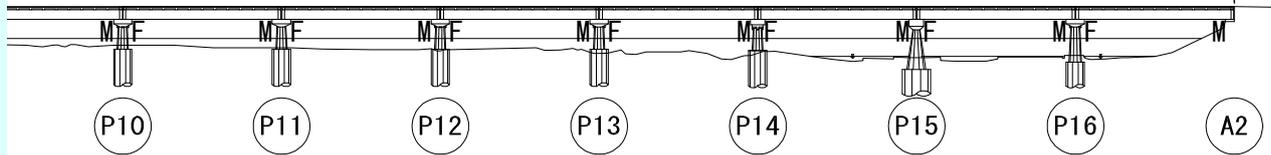
橋長 334,000

9径間単純2主鈹桁(昭和8年) 154,800
<9@支間長16,800>



盛岡市

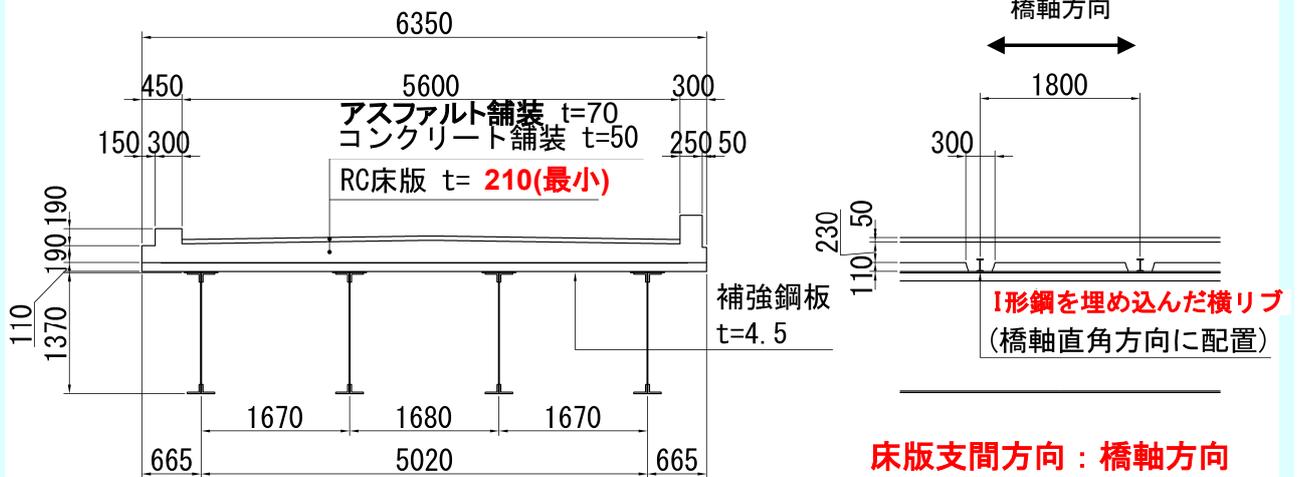
8径間単純4主鈹桁(大正11年) 179,200
<8@支間長21,500>



7

断面図

側面図



(b) 4 主鈹桁

8

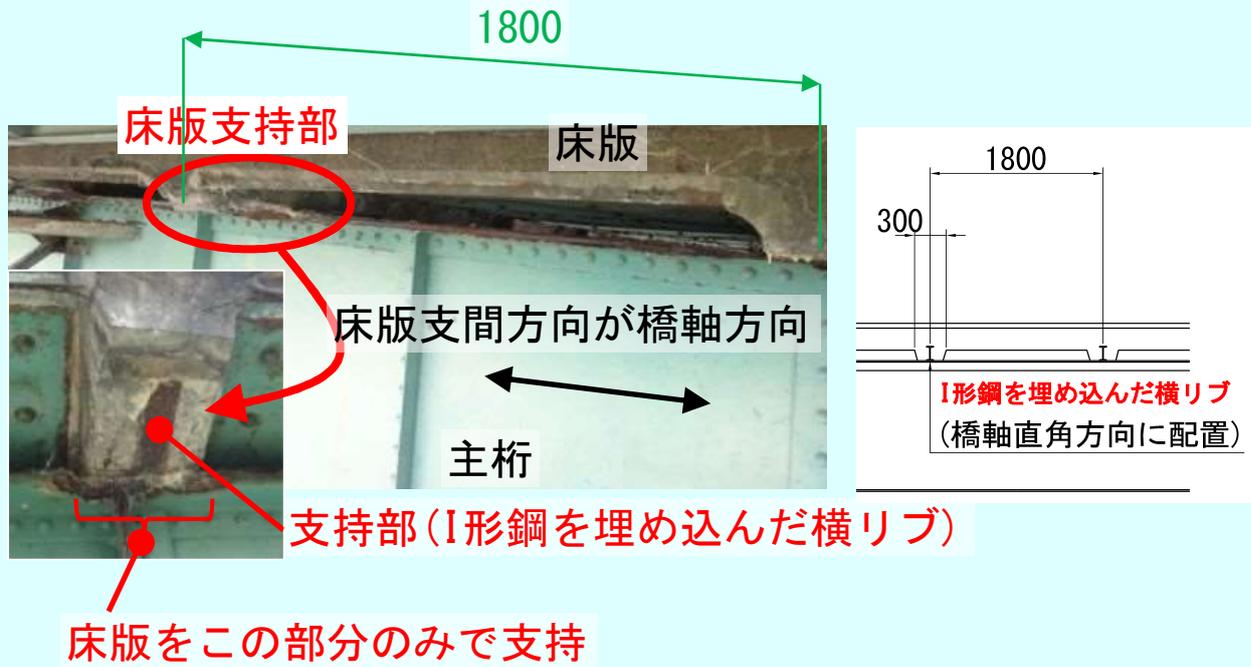
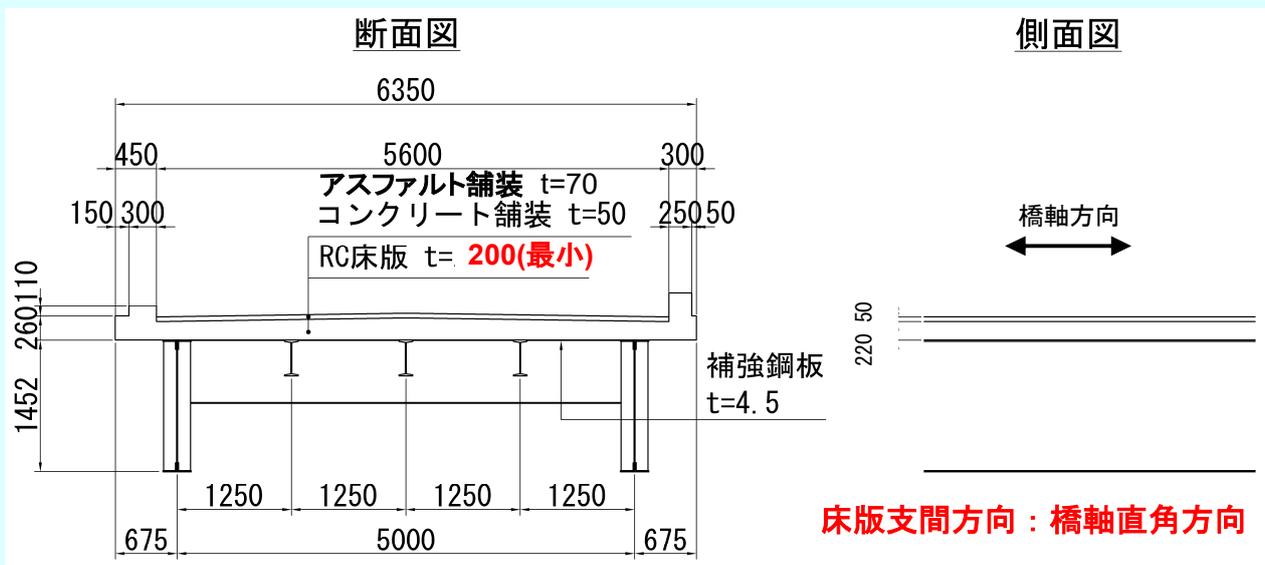


写真 4主鋼桁の床版支持状況



(a) 2主鋼桁

表 九年橋の補修補強履歴と適用基準の変遷

	九年橋			設計基準と 設計荷重の変遷	我が国の 自動車 保有台数
	管理者	4主鈹桁	2主鈹桁		
大正8年 (1919)	国			「道路構造令」 国道 車両荷重：2100貫[7.875t] 転圧機：12米t[10.886t]	7,000台
大正11年 (1922)		完成			
大正15年 (1926)				「道路構造に関する細則」 国道(二等橋) 自動車荷重：8t 転圧機：11t	4万台
昭和8年 (1933)		舗装取替 硬質タークレー舗装 →コンクリート舗装	完成		
昭和14年 (1939)				「鋼道路橋設計示方書案」 国道，一等橋：13t	11万台
昭和31年 (1956)					
昭和39年 (1964)		歩道部拡幅 (20t主桁補強不要)	主桁縦桁補強	「鋼道路橋設計示方書」 国道，一等橋：20t	100万台
昭和40年 (1965)			歩道部拡幅		
昭和46年 (1971)			ひび割れ補修 鋼板接着補強		600万台
				800万台	
				1,900万台	

※九年橋の名前は、明治九年に明治天皇のご巡幸にあたり、初代の木橋がかけられたことに由来する。

表 九年橋の補修補強履歴と適用基準の変遷

	九年橋			設計基準と 設計荷重の変遷	我が国の 自動車 保有台数
	管理者	4主鈹桁	2主鈹桁		
昭和50年 (1975)	岩手県				2,800万台
昭和56年 (1981)			鋼板接着補強		3,900万台
昭和58年 (1983)		鋼板接着補強 (20t対応) 水切り取付け 塗替え塗装	鋼板接着補強 床版打替え 水切り取付け 塗替え塗装		4,300万台
昭和60年 (1985)					4,600万台
平成5年 (1993)				「道路橋示方書」 県道，A活荷重：25t	6,400万台
平成9年 (1997)			7,200万台		
平成27年 (2015)	北上市	大規模修繕 桁補強・床版取替			8,100万台
平成28年 (2016)		側道橋完成			

3. 点検・調査方針

表 九年橋のRC床版の劣化要因と調査項目および調査方法

劣化要因		九年橋に該当	調査項目	調査方法
構造		●	作用応力度	現行基準による照査
材料	コンクリート	●	強度	材料試験
	骨材(ASR)	●	変状の有無	外観観察
	鉄筋	●	錆の有無	外観観察
施工		●	ジャンカの有無, 均一性	新設当時の施工状況の調査
荷重		●	荷重条件の履歴	適用基準の変遷の調査
環境条件	凍結融解	●	強度, 静弾性係数	材料試験
	飛来塩分	—	—	海岸線までの距離: 約55km
	凍結防止剤による塩分	●	塩化物イオンの分布	材料試験
維持管理の状況		●	補修補強の履歴	補修補強履歴の調査

13

① 床版撤去時の点検・調査

● 床版撤去前の実橋調査

- ・ アスファルト舗装と床版下面の目視点検
- ・ 床版下面の打音検査

● 床版撤去中の調査

- ・ アスファルト舗装撤去後のコンクリート舗装の上面観察
- ・ 切断面の観察

● 撤去床版試験体の調査

- ・ 外観観察
- ・ 床版下面からの打音検査

② 撤去床版試験体の材料試験

圧縮強度試験, 静弾性係数試験, 配合推定, EPMAによる面分析

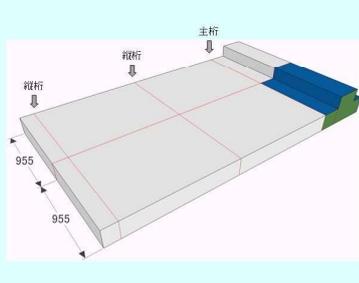
③ 構造・施工等の影響

復元設計等による活荷重や構造の影響, 鋼板接着補強の効果

14

4. 床版撤去時の点検・調査結果

表 床版撤去前後の調査結果(2主鉄桁の劣化と判定した一例)

2主鉄桁の実橋調査		
<p>実橋調査結果=劣化 試験体 No.4-1</p> <ul style="list-style-type: none"> 床版上面の舗装路面 アスファルト舗装のひび割れ 床版下面 接着鋼板の腐食は広範囲 	<p>床版上面のアスファルト舗装路面</p> 	<p>床版下面</p> 
2主鉄桁の撤去床版試験体の外観観察		
	<p>地覆部近傍の上面</p> 	<p>地覆部近傍の断面</p> 

床版撤去前後の調査結果 (2主鉄桁の劣化と判定した一例)

2主鉄桁の実橋調査

床版上面のアスファルト舗装路面



実橋調査結果=劣化
試験体No.4-1

床版下面



主な損傷

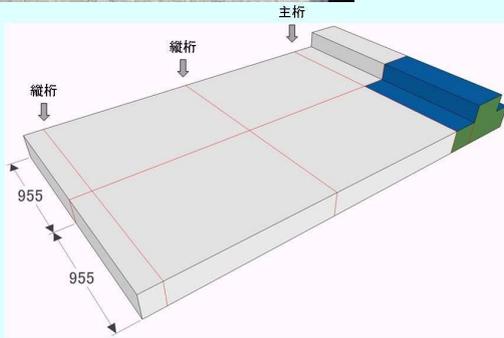
- 床版上面の舗装路面: アスファルト舗装のひび割れ
- 床版下面: 接着鋼板の腐食は広範囲

床版撤去前後の調査結果 (2主鉄桁の劣化と判定した一例) 2主鉄桁の撤去床版の調査

地覆部近傍の上面



地覆部近傍の断面



コンクリートの充填不良

実橋調査

妥当性の確認

試験体調査

試験体	実橋調査結果	補強鋼板		舗装と床版の構成	舗装の構成	床版と舗装の剥離	床版内の水平打継ぎ目	外観観察結果	補修・補強
		アンカー径	剥離範囲						
2主鉄桁	No.1-1 L側	健全	M16 広範囲	コンクリート舗装	コンクリート	なし	なし	健全	昭和58年鋼板接着
	No.4-1 L側	劣化: 舗装 ひび割れ	M16 広範囲	コンクリート舗装	コンクリート	なし	あり(剥離)	充填不良 ひび割れ	昭和58年鋼板接着
	No.4-2 L側	劣化: 舗装 ひび割れ	M6 広範囲	アスファルト舗装	部分的に アスファルト	あり	あり(剥離)	砂利化 充填不良 段差 欠損	昭和56年鋼板接着
	No.4-3 R側	健全	— 広範囲	コンクリート舗装	コンクリート	なし	なし	充填不良 ひび割れ (軽微)	昭和58年 床版打替 (合成床版の可能性)
	No.5-2 L側	劣化: 舗装 ひび割れ	M6 広範囲	コンクリート舗装 水平ひび割れ	コンクリート	あり	あり(剥離)	充填不良 ひび割れ 打継ぎ目の剥離	昭和58年 床版打替
	No.5-3 R側	健全	M6 広範囲	コンクリート舗装 水平ひび割れ	コンクリート	なし	あり(剥離)	ひび割れ 剥落	昭和56年鋼板接着
4主鉄桁	No.14-2 R側	劣化: 舗装 ひび割れ	M16 部分的	コンクリート舗装 アスファルト舗装 (一部)	部分的に アスファルト	あり	なし	ひび割れ	昭和59年鋼板接着
	No.15-1 L側	健全	M16 部分的	コンクリート舗装	コンクリート	なし	なし	健全	昭和60年鋼板接着
				コンクリート舗装	コンクリート	あり	なし	充填不良 ひび割れ	昭和60年鋼板接着

4主鉄桁の損傷は限定的

表 床版撤去前後の調査結果のまとめ

主な損傷状況(現地での点検結果)

- ・アスファルト舗装のひび割れ
- ・接着鋼板の腐食(塗膜劣化と漏水が原因)

現地での点検結果
舗装や接着鋼板で**直接床版が見えない**状況で床版の健全性を推定

概ね一致

撤去床版の調査結果
切断面等の外観観察から健全性を判定

**直接床版が見えなくても、
舗装や接着鋼板の点検は床版の健全性判定に有効**

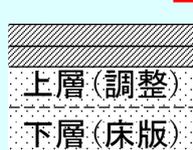
撤去床版の外観観察の結果 (2主鉄桁)

- ①床版上面からのひび割れ進展と水の浸入
- ②コンクリート舗装と地覆の境界部からの水の浸入
- ③床版取替え部と、既存の床版部との境界のひび割れ
- ④床版が上下2層に分かれ、水平の打継目で剥離
- ⑤防水層はなし

- ・RC床版は上下2層に分けて施工されていた。
- ・コンクリート舗装は、床版上層のコンクリートが固まらないうちに施工されており、一体構造となっていた。

2主鉄桁

アスファルト舗装 70mm
コンクリート舗装 50mm
RC床版200mm
接着鋼板4.5mm



上層とコンクリート舗装を
一体的に施工

打継目なし
打継目あり

2 主鉄桁

アスファルト舗装 70mm
 コンクリート舗装 50mm
 R C床版200mm
 接着鋼板4.5mm

防水層なし

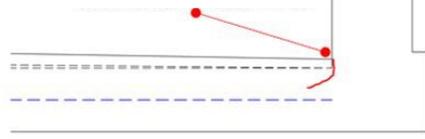


上層とコンクリート舗装を
一体的に施工

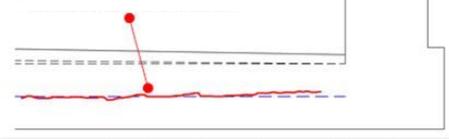
打継目なし
 打継目あり



②舗装と地覆の継目(水みち)



④床版打継目での剥離



2主鉄桁の劣化状況の例

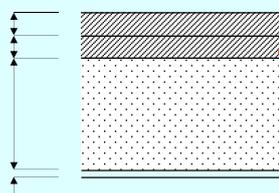
撤去床版の外観観察の結果（4主鉄桁）

- ①床版上面からのひび割れ進展と水の浸入
- ②コンクリート舗装と地覆の境界部からの水の浸入
- ③床版とコンクリート舗装の剥離
- ④防水層はなし

・調査の結果、4主鉄桁では建設当時、硬質タークレー舗装だったが、昭和8年の2主鉄桁の施工に合わせてコンクリート舗装に変更され、コンクリート舗装と床版に境目があることがわかった。

4 主鉄桁

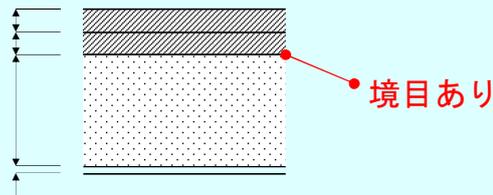
アスファルト舗装 70mm
 コンクリート舗装 50mm
 R C床版210mm
 接着鋼板4.5mm



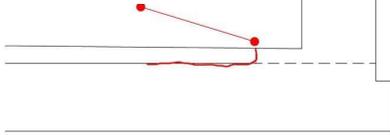
境目あり

4 主鉄桁

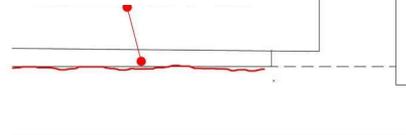
アスファルト舗装 70mm
 コンクリート舗装 50mm
 RC床版210mm
 接着鋼板4.5mm



②舗装と地覆の継目(水みち)



④床版と舗装の境目での剥離



4 主鉄桁の劣化状況の例

23

床版撤去中の調査結果

アスファルト舗装撤去後の コンクリート舗装の損傷状況

床版上面のコンクリート舗装（4主鉄桁）

・コンクリート
舗装の目地付近
で舗装の劣化



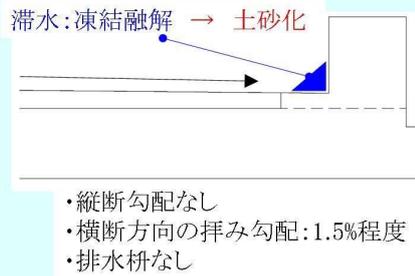
コンクリート舗装の目地から雨水が浸入し、
床版とコンクリート舗装の界面に滞水していた。

24

床版撤去中の調査結果

コンクリート舗装の路肩部の土砂化（2橋共通）

- ・滞水に起因する凍結融解
- ・両側の路肩部に滞水しやすい構造



排水計画がない(横断勾配1.0%のみ)

縦断勾配がない, 排水柵がない, 防水層等がない
→凍害受けやすい状況. 排水柵2~3個必要.

ではなぜ, 凍結融解が多いと考えられる地域で
長期の使用に耐えられたのか?

As舗装, Con舗装が防水層の役割を果たしていた

5. 撤去床版の材料試験結果

健全部から採取した供試体を使用

表 圧縮強度試験, 静弾性係数試験, 配合推定結果

試験体部位	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性 係数 (N/mm ²)	配合推定				
			単位容 積質量 (kg/m ³)	材料単位量 (kg/m ³)			水セメ ント比 (%)
				セメント	水	骨材	
4主 舗装コンクリート	54.5	13.3	2414	372	173	1869	47
鋸桁 床版コンクリート	26.1	18.4	2298	338	165	1795	49
2主 舗装コンクリート	71.7	36.4	2417	397	141	1878	36
鋸桁 調整コンクリート	50.3	27.6	2351	304	163	1884	54
床版コンクリート	41.5	23.1	2388	246	153	1989	62

建設当時のコンクリートの
設計圧縮強度135kgf/cm² (13.2N/mm²)

試験の最小値で
設計値の2倍

高強度なコンクリートで耐荷性, 耐凍害性が向上

EPMA面分析の結果

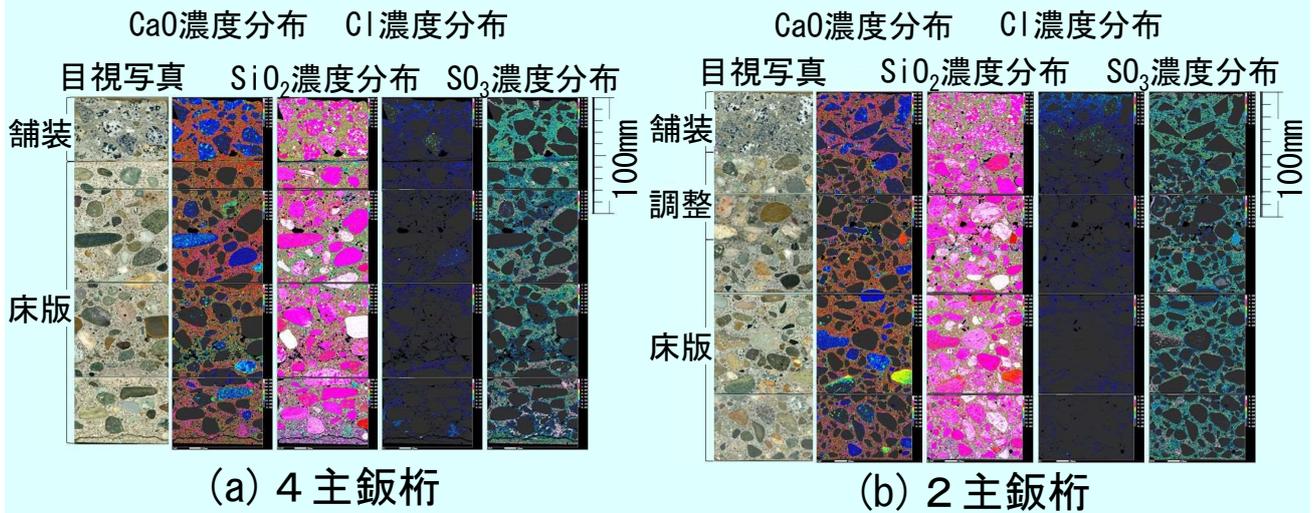
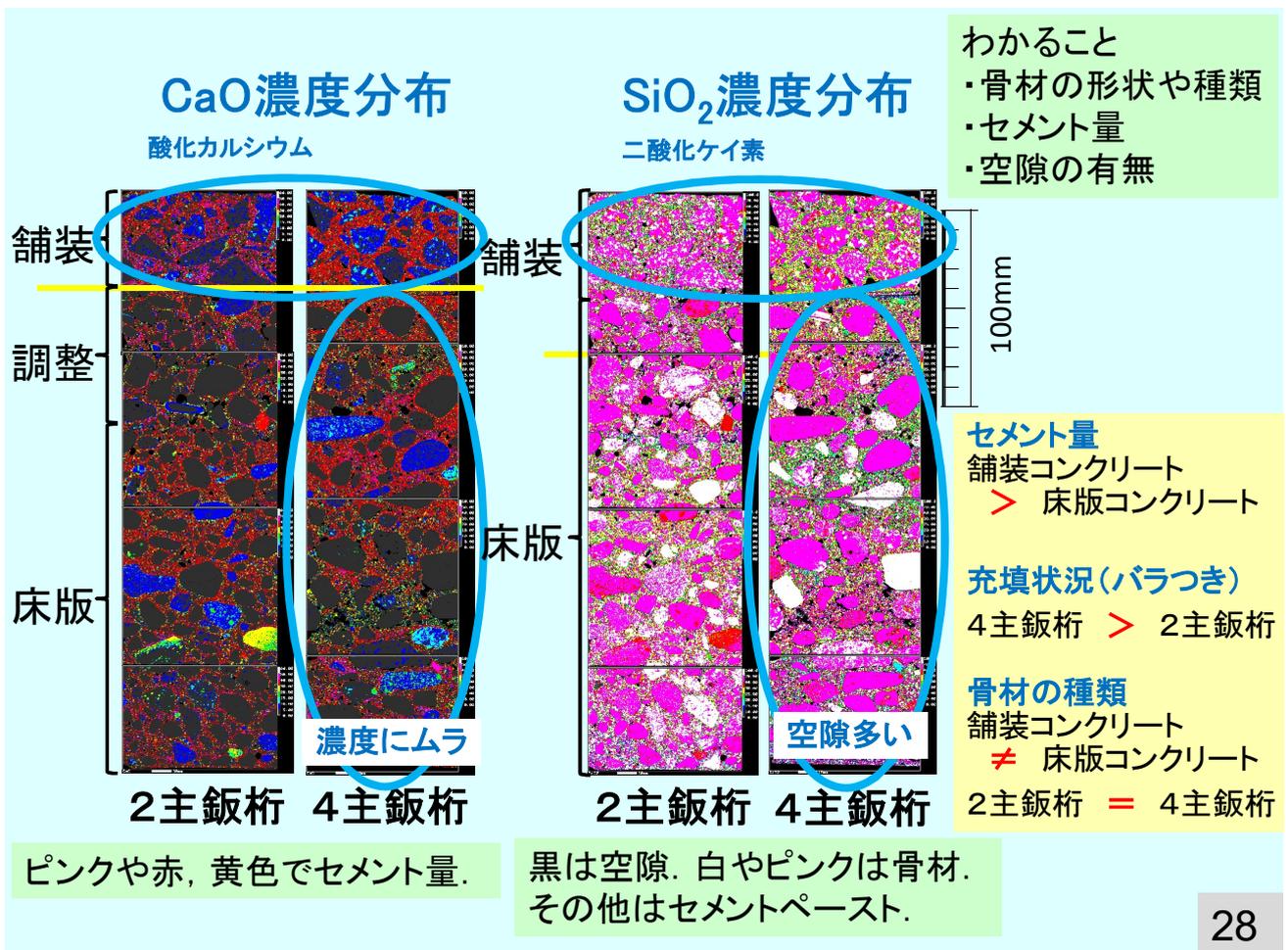


図 EPMAの面分析の結果

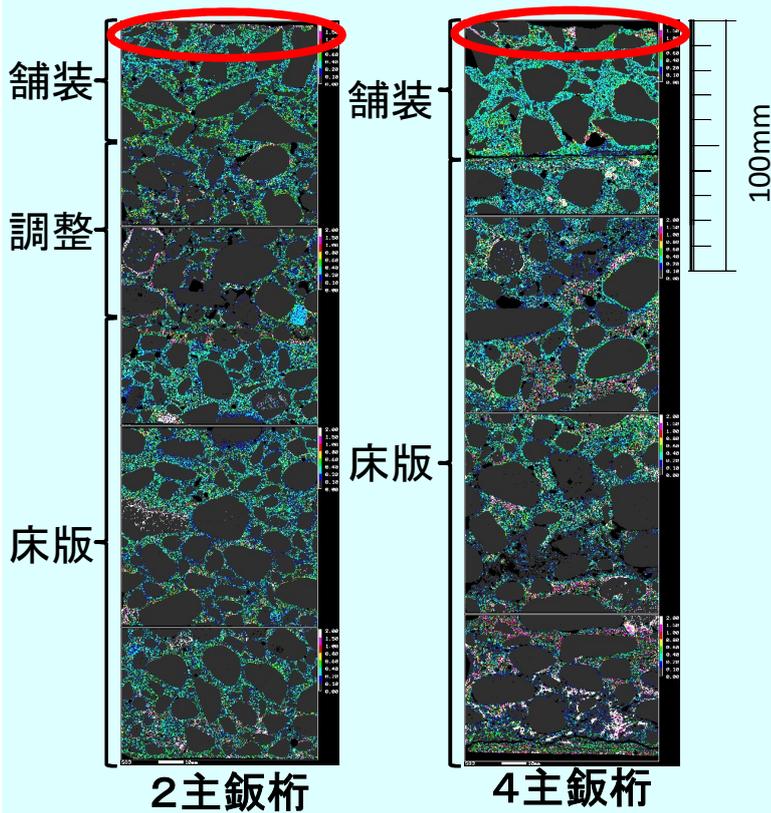
EPMA [Electron Probe Micro Analyzer]: 電子線マイクロアナライザー
電子線を照射して構成元素を分析する

濃度分布などを見て分析



SO₃濃度分布

三酸化硫黄



わかること

・炭酸化の表面からの深さ

ピンクや赤などが炭酸化部分。

炭酸化(中性化)

舗装コンクリート表面

1mm~2mm程度

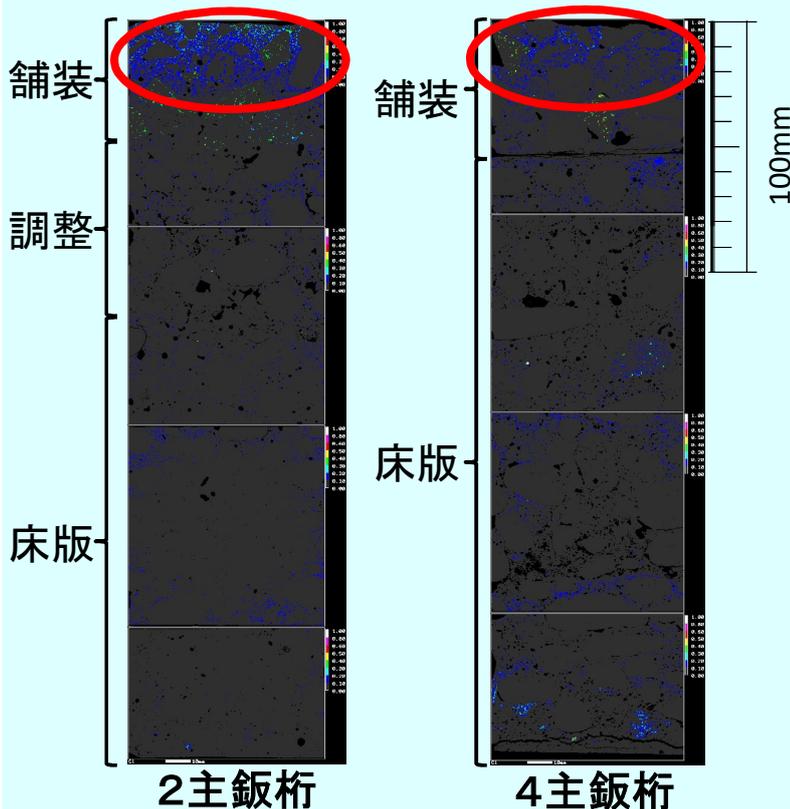
長い供用期間を考慮すると、

非常に小さい

29

Cl濃度分布

塩素



わかること

・塩分の浸入深さ

黄色や緑、青などの色
が薄いところが、塩化物

塩化物

舗装コンクリート表面

10mm~20mm程度

鉄筋に腐食なし

→塩化物による**床版劣化なし**

北上市

約10年前まで

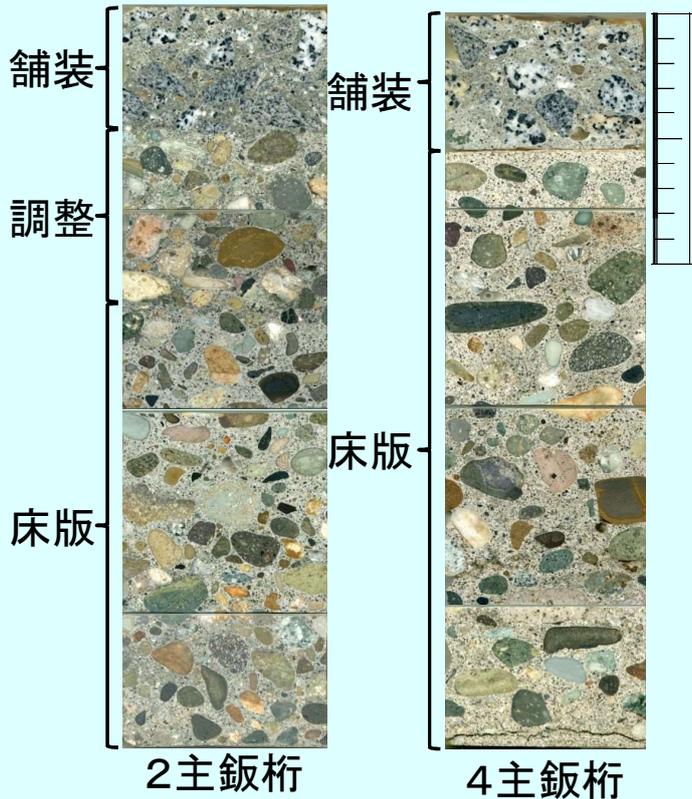
融雪剤は使用していない

最近10年

非塩化物系(尿素系)融雪剤を使用

30

目視写真(参考)



EPMA面分析の結果

EPMA面分析の結果から、
2主鉄桁と4主鉄桁で、
使用材料による差はない



2主鉄桁と4主鉄桁の損傷程度の差は、コンクリートの質によるものではなく、構造や施工等によるものと考えられる。

6. 構造・施工等の影響

- ①建設当時の基準による復元設計
- ②現行基準(A活荷重)での照査



4主鉄桁と2主鉄桁との設計条件の違いによる影響、補修補強の影響を確認



建設当時の施工方法について考察



RC床版の劣化に及ぼす構造的要因を確認

表 床版の検討条件

	4主鈹桁(8連) 大正11年(1922年)	2主鈹桁(9連) 昭和8年(1933年)
適用基準 (建設当時, 想定)	道路構造令(大正8年)	道路構造に関する細則 (大正15年)
種別	国道	国道(二等橋)
活荷重(建設当時)	車 両 : 7.875t(2100貫) 転圧機 : 10.886t(12米t)	自動車 : 8t 転圧機 : 11t
◎活荷重(現行基準)	25t(A活荷重)	25t(A活荷重)
床版支間長, 方向	1874mm, 橋軸方向	1250mm, 橋軸直角方向
◎不等沈下の影響	なし	あり(中縦桁3本)
◎アスファルト舗装厚	70mm	70mm
コンクリート舗装厚	50mm(調整コンと別施工)	50mm(調整コンと一体施工)
RC床版厚	平均230mm(210~250mm) +ハンチ110mm	平均220mm(200~240mm) (床版上下で別施工)ハンチなし
◎接着鋼板板厚	4.5mm	4.5mm
コンクリート強度 σ_{28}	設計値 : 135 kgf/cm ² ◎試験値 : 26 N/mm ²	設計値 : 135 kgf/cm ² ◎試験値 : 42 N/mm ²
コンクリートの許容応力度 $\sigma_{ca} (= \sigma_{28}/3)$	設計値 : 45 kgf/cm ² ◎試験値 : 8.7 N/mm ²	設計値 : 45 kgf/cm ² ◎試験値 : 14 N/mm ²
鉄筋の許容応力度	1200kgf/cm ² (◎120N/mm ²)	1200kgf/cm ² (◎120N/mm ²)
主鉄筋	上側 : なし 下側 : $\phi 10 \times 2$ 本@126mm	上側 : $\phi 12$ @209mm 下側 : $\phi 12$ @101mm
配力鉄筋	上側 : なし 下側 : $\phi 8$ @138mm	上側 : $\phi 10$ @313mm 下側 : $\phi 10$ @314mm
かぶり	30mm(鉄筋中心40mm)	10mm(鉄筋中心15mm)

◎は現行基準(A活荷重)での照査時に使用

6. 構造・施工等の影響 主な検討条件

復元設計

- ・活荷重
2橋とも車両8t, 転圧機11t

- ・コンクリート圧縮強度
建設当時の設計値135kgf/cm²を使用

現行基準(A活荷重)の照査

- ・コンクリート圧縮強度
材料試験値を使用(4主鈹桁:26N/mm², 2主鈹桁:42N/mm²)
- ・検討する床版厚(健全なコンクリート舗装を床版厚として考慮)
「RC床版のみ」, 「RC床版+コンクリート舗装」→増厚効果確認
- ・不等沈下の影響
2主鈹桁で付加曲げモーメントを考慮

検討する床版厚(九年橋と現行基準の床版厚との比較)

現行基準(H24道示)により必要床版厚を算出し、実際の床版厚との比較を行った。

表 検討する床版厚(現行基準との比較) (mm)

	4主鉄桁	2主鉄桁	備考
元の床版厚(d0)	210	200	
コンクリート舗装厚(dc)	50	50	
d0+dc	260	250	
必要床版厚(H24道示)	260	250	
判定	OK	OK	

九年橋の床版厚はコンクリート舗装と床版が一体化している限りでは、健全性を保つための条件が整っていたといえる。

表 建設当時の基準による復元設計の結果

		4主鉄桁	2主鉄桁
床版厚(最小厚) (mm)		210	200
コンクリート舗装厚 (mm)		50	50
1)有効高 (mm)	実有効高	180	185
	必要有効高	138	119
2)鉄筋量 (cm ²)	実鉄筋量	12.5	11.2
	必要鉄筋量	9.3	8.0
3)コンクリート 曲げ応力度 (kgf/cm ²)	作用応力度	26	22
	許容応力度	45	45
4)鉄筋応力度 (kgf/cm ²)	作用応力度	687	600
	許容応力度	1200	1200
5)コンクリート せん断応力度 (kgf/cm ²)	作用応力度	1.9	2.2
	許容応力度	4	4
6)鉄筋・コンクリートの 付着応力度 (kgf/cm ²)	作用応力度	3.8	5.9
	許容応力度	6	6

すべての照査を満足し、当時の設計方法により配筋された鉄筋量の妥当性が確認された。

表 4 主鉄桁の現行基準 (A活荷重) による照査結果

応力度 (N/mm ²)		床版厚 (mm)	鋼板接着前		鋼板接着後
			210	260	210
作用応力度	主鉄筋 (端支間)		182	139	33
	配力鉄筋 (支間部)		314	223	20
	鋼板		120	120	37 (板140)
許容応力度			120	120	120

増厚効果
25%低減
補強効果
80%低減
約1/6倍

コンクリート舗装が健全な場合、増厚効果が期待できる
鋼板接着補強により、大きな補強効果が確認された

37

表 2 主鉄桁の現行基準 (A活荷重) による照査結果

応力度 (N/mm ²)			床版厚 (mm)	鋼板接着前		鋼板接着後
				200	250	200
主鉄筋 (中間支間)	不等沈下	鉄筋	作用応力度	80	63	19
		鉄筋	許容応力度	120	120	120
		鋼板	作用応力度	—	—	—
	不等考慮	鉄筋	作用応力度	244	194	38
		鉄筋	許容応力度	175	175	175
		鋼板	作用応力度	—	—	42
配力鉄筋 (支間部)	鉄筋	作用応力度	200	120	2	
		許容応力度	120	120	120	
	鋼板	作用応力度	—	—	12	
		許容応力度	—	—	140	

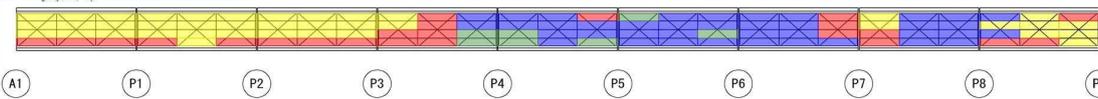
不等沈下の影響大
応力度3倍に増加
増厚効果
20%低減
補強効果
85%低減
約1/6倍

- ・不等沈下の影響が非常に大きいことが確認された
- ・4主鉄桁と同様に、増厚効果、補強効果が期待できる

38

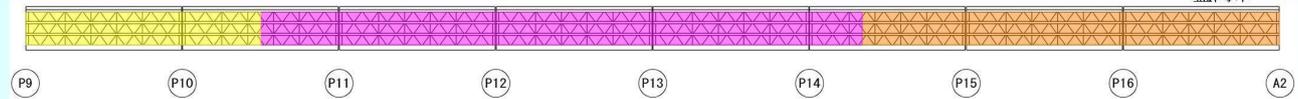
←奥州市(南側)

2主鉄桁(昭和8年架設)



4主鉄桁(大正11年架設)

盛岡市(北側)→



- :昭和46年度 鋼板接着補強
- :昭和56年度 鋼板接着補強
- :昭和58年度 鋼板接着補強
- :昭和58年度 床版取替
- :昭和59年度 鋼板接着補強
- :昭和60年度 鋼板接着補強

図 九年橋の床版の補修補強履歴

2主鉄桁:劣化部をその都度補強
 4主鉄桁:計画的に補強

4主鉄桁と比べて2主鉄桁の損傷は早かった

施工の影響

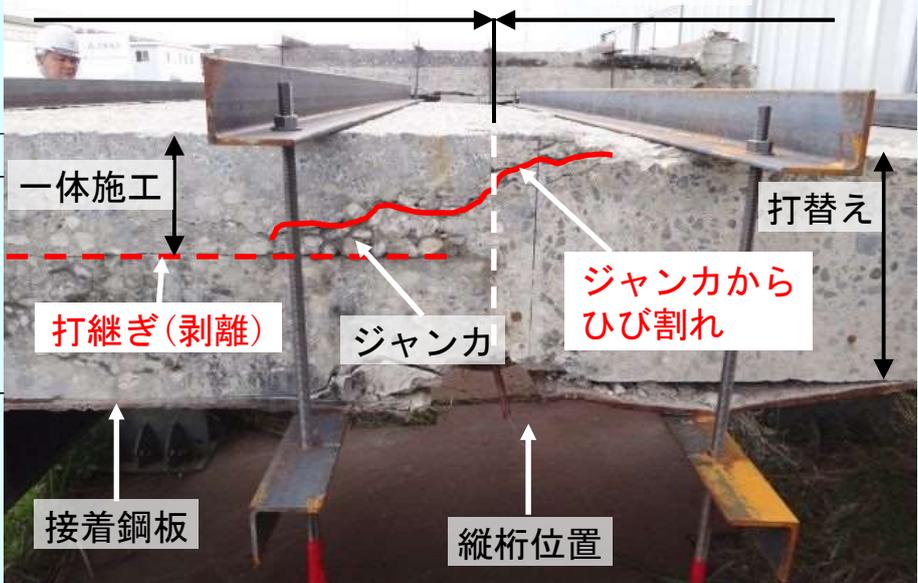
試験体名: No. 5-2

オリジナル

打替え部

Con舗装
50mm

RC床版



建設当時のコンクリートの施工は、現場で練り混ぜし、突き棒などを用いた人力での施工

写真 2主鉄桁の撤去床版

この部分の床版の損傷は施工不良に起因



写真 4主鉄桁の撤去床版

EPMA面分析の結果と同様に，4主鉄桁の方が目視確認できる空隙が多く見られた。

2主鉄桁と4主鉄桁の建設当時のコンクリートの品質や施工方法の違いによって，損傷に差が生じたと考えられる。

7. まとめ

1. 実橋の目視点検によって推定した床版の健全性と，撤去床版の切断面等の外観観察による劣化判定は，おおむね一致した。直接見えない床版のために，舗装および接着鋼板を目視し，点検することが有効であることがわかった。

現地での点検結果 \cong 撤去床版の調査結果

直接床版が見えなくても，舗装や接着鋼板の点検は，床版の健全性判定に有効

2. 大正時代や昭和初期の床版がどうして長期使用に耐えられたのか、今回の調査結果を整理し、下表に示す。

1) 主な長寿命化の要因は、「**コンクリート舗装, アスファルト舗装の防水効果**」, 「**高強度なコンクリートの使用**」, 「**コンクリート舗装による増厚効果**」と考えられる。

	共通	4主鉄桁	2主鉄桁
の要因 劣化促進	<ul style="list-style-type: none"> ・排水計画がない ・防水層がない (床版・舗装, 地覆境界部) ・車両の大型化, 交通量増大 ・既存不適格な構造 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工不良 (硬練りコンクリート, 締固め不足) ・コンクリート舗装の目地 ・コンクリート舗装と床版の境界 	<ul style="list-style-type: none"> ・床版上下層分割施工 ・不等沈下の影響 (床版支持条件) ・床版打替部の打継目
の要因 長寿命化	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート舗装, アスファルト舗装 (水の浸入, 凍害, 中性化) の防水効果 ・高強度なコンクリートの使用 ・コンクリート舗装による増厚効果 ・非塩化物系融雪剤 (塩害) ・鋼板接着補強 	<ul style="list-style-type: none"> ・活荷重増加への対応 (予防保全, 鋼板接着補強) 	<ul style="list-style-type: none"> ・床版上層と舗装コンクリートの一体施工

43

2) 4主鉄桁と2主鉄桁の劣化状況の差は、「**2主鉄桁の不等沈下の影響**」, 「**4主鉄桁の活荷重増に対する予防保全的な補強**」によるものと考えられる。

	共通	4主鉄桁	2主鉄桁
の要因 劣化促進	<ul style="list-style-type: none"> ・排水計画がない ・防水層がない (床版・舗装, 地覆境界部) ・車両の大型化, 交通量増大 ・既存不適格な構造 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工不良 (硬練りコンクリート, 締固め不足) ・コンクリート舗装の目地 ・コンクリート舗装と床版の境界 	<ul style="list-style-type: none"> ・床版上下層分割施工 ・不等沈下の影響 (床版支持条件) ・床版打替部の打継目
の要因 長寿命化	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート舗装, アスファルト舗装 (水の浸入, 凍害, 中性化) の防水効果 ・高強度なコンクリートの使用 ・コンクリート舗装による増厚効果 ・非塩化物系融雪剤 (塩害) ・鋼板接着補強 	<ul style="list-style-type: none"> ・活荷重増加への対応 (予防保全, 鋼板接着補強) 	<ul style="list-style-type: none"> ・床版上層と舗装コンクリートの一体施工

44

3) 九年橋の劣化は2橋に共通している**排水計画**や**防水層**がないこと, さらに, 構造や施工から必要となる**目地**, **打継目**, **境界部**が弱点となって劣化が進行し, それに加えて2主鈑桁においては**不等沈下の影響**が劣化を促進したと推定され, これらの改善によりさらなる長期使用も可能と考えられる.

	共通	4主鈑桁	2主鈑桁
の要因 劣化促進	<ul style="list-style-type: none"> ・排水計画がない ・防水層がない (床版・舗装, 地覆境界部) ・車両の大型化, 交通量増大 ・既存不適格な構造 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工不良(硬練りコンクリート, 締固め不足) ・コンクリート舗装の目地 ・コンクリート舗装と床版の境界 	<ul style="list-style-type: none"> ・床版上下層分割施工 ・不等沈下の影響 (床版支持条件) ・床版打替部の打継目
の要因 長寿命化	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート舗装, アスファルト舗装(水の浸入, 凍害, 中性化)の防水効果 ・高強度なコンクリートの使用 ・コンクリート舗装による増厚効果 ・非塩化物系融雪剤(塩害) ・鋼板接着補強 	<ul style="list-style-type: none"> ・活荷重増加への対応 (予防保全, 鋼板接着補強) 	<ul style="list-style-type: none"> ・床版上層と舗装コンクリートの一体施工

45

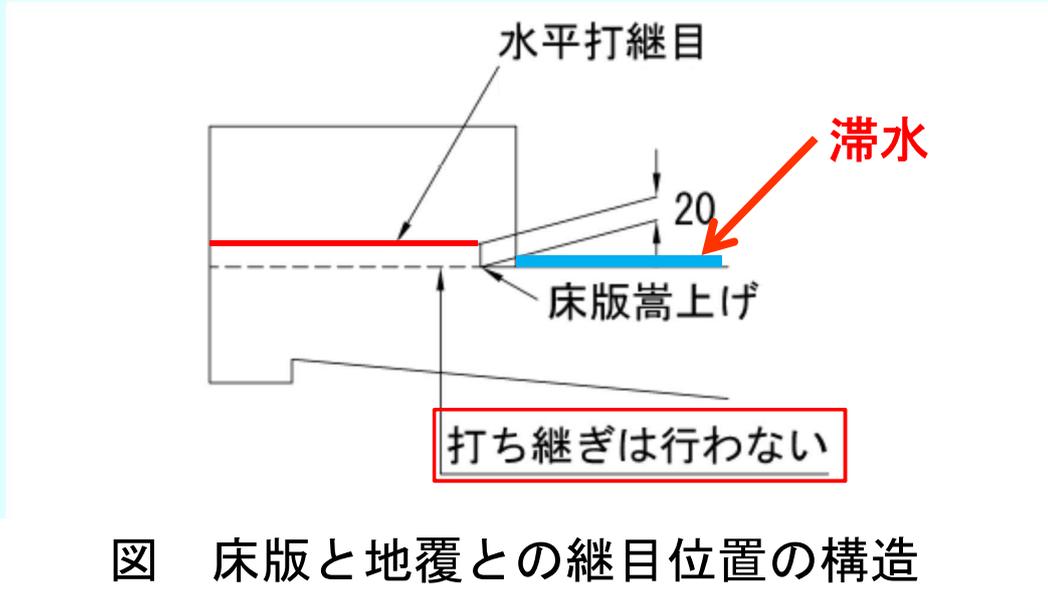
3. 本研究より, 適切な設計, 施工, 維持管理がなされれば, **RC床版でも長期の供用も可能**であることがわかった.

46

今後の課題

九年橋の劣化要因の一つとして排水計画の不備や、弱点となる施工の継ぎ目への滞水があげられる。

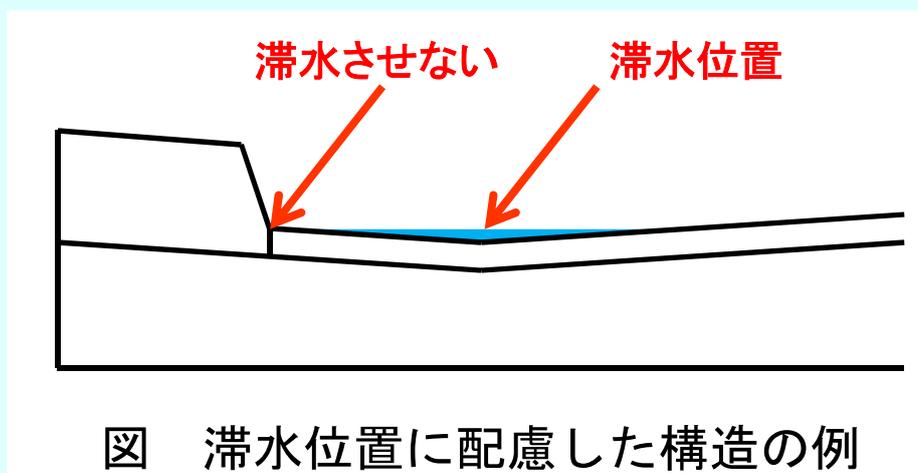
滞水位置より打継目を高い位置にした例



47

今後の課題

弱点となる床版と地覆の打継目が滞水位置とならないように配慮した例



今後、床版の施工や補修補強を行なうにあたって、床版上面の滞水対策、構造や施工方法などに配慮することが重要。

48

終

ご清聴ありがとうございました



一般
社団法人

日本橋梁建設協会

Japan Bridge Association