

大規模吊橋における RC床版の疲労損傷について

(株)第一コンサルタンツ
設計部 橋梁構造課 兵頭 学

1. 対象橋梁の位置



2. 橋梁の概要



竣工: 昭和46年3月
橋長: 321.36m
支間割: 32.6m + 250.8m + 32.6m
有効幅員: 6.00m (全幅6.60m)
上部工形式: 2ヒンジ補剛トラス吊橋 + 単純合成I桁橋
橋台形式: RC橋台
橋脚形式: RCラーメン式橋脚

3

3. 上吉野川橋の歴史

竣工: 1971年(昭和46年)3月

当時の平行線ケーブルを用いた吊橋としては日本最長であったことから、その後架橋される本州四国連絡橋建設にむけた長大吊橋の試験橋として、設計・施工において様々な試行がなされた歴史的に見ても貴重な橋。

上吉野川橋における
主ケーブルの定着構造
(異なるのは世界的に珍しい)

※PWS工法(下流側)
プレファブパラレル
ワイヤースtrand工法

- ・我が国における
現在の主流
- ・工場製作したStrand
(ワイヤーの束)を
現場で設置



PWS工法
(下流側)

※AS工法(上流側)
エアスピニング工法

- ・歴史の古い
欧米の主流
- ・現場でワイヤーを
1本ずつ設置して
Strandを構成

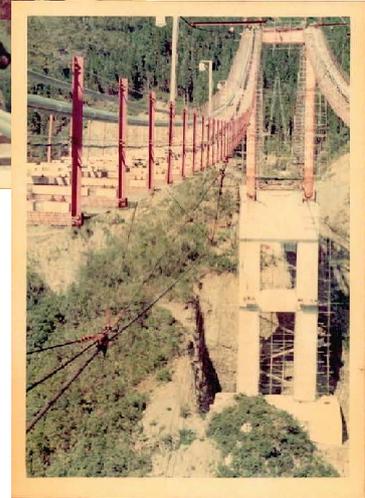
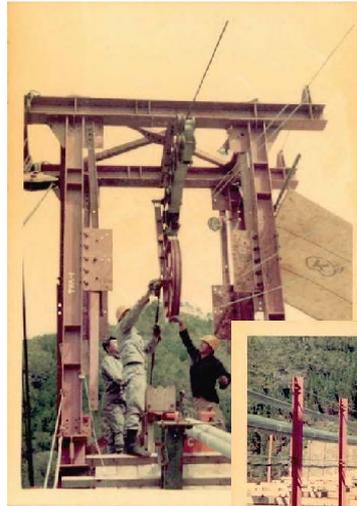
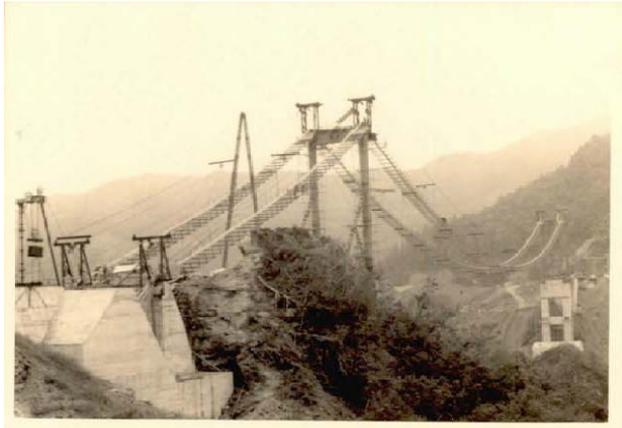


AS工法
(上流側)

下津井瀬戸大橋: 1988年(昭和63年) 架設工法: AS工法
明石海峡大橋: 1998年(平成10年) 架設工法: PWS工法

4

3. 上吉野川橋の歴史



5

4. 損傷の外観状況

平成3年調査

名称		37		2		22		2		2	
所在地	自 高知県土佐郡土佐町大字大河内	距離	自	至	至	管轄	高知県	コード	管理機関	高知県	調整年月日
	至					本山土木事務所			橋梁コード		平成3年 11月30日
写真番号	21	区間番号	2	メ	モ	写真番号	22	区間番号	2	メ	モ
部材名	床版	部材番号	Dc 0203	⑩橋脚中心22m		部材名	床版	部材番号	Dc 0437		
損傷の種類	⑩-Ⅰ⑩-Ⅱ	損傷状況	⑩-Ⅰ⑩-Ⅱ	写真番号20参照		損傷の種類	⑩-Ⅲ	損傷状況	⑩-Ⅲ		
写真番号	23	区間番号	2	メ	モ	写真番号	24	区間番号	2	メ	モ
部材名	床版	部材番号	Dc 0210	写真番号240下		部材名	舗装	部材番号	Pn 0201	写真番号23の上	
損傷の種類	⑩-Ⅰ⑩-Ⅱ	損傷状況	⑩-Ⅰ⑩-Ⅱ	面		損傷の種類	⑩-Ⅲ⑩-Ⅳ	損傷状況	⑩-Ⅰ⑩-Ⅱ		
写真番号	25	区間番号	2	メ	モ	写真番号	26	区間番号	2	メ	モ
部材名	床版	部材番号	Dc 0210	写真番号240下		部材名	舗装	部材番号	Pn 0201	写真番号23の上	
損傷の種類	⑩-Ⅰ⑩-Ⅱ	損傷状況	⑩-Ⅰ⑩-Ⅱ	面		損傷の種類	⑩-Ⅲ⑩-Ⅳ	損傷状況	⑩-Ⅰ⑩-Ⅱ		

6

4. 損傷の外観状況

平成25年調査

補強材の染み跡



写真番号	433
部材名	床版
要素番号	Ds0329
損傷の種類	漏水・遊離石灰
損傷程度	c
メモ	

多量の遊離石灰



写真番号	417
部材名	床版
要素番号	Ds0208
損傷の種類	漏水・遊離石灰
損傷程度	e
メモ	

錆汁跡



写真番号	418
部材名	床版
要素番号	Ds0208
損傷の種類	漏水・滲水
損傷程度	c
メモ	

舗装の異常(滲水)



写真番号	443
部材名	舗装
要素番号	Pm0101
損傷の種類	舗装の異常
損傷程度	a
メモ	

5. 環境条件

- ・道路交通量(H27道路センサス)
24時間交通量:843台/日
うち大型車交通量:119台/日
- ・標高:約350m
- ・過去10年間の最低気温:-9.5℃
(本川観測所)



・交通量は決して多くはないが、設計当初は想定されていなかった重量の大型車両が通行している状態で、塩害、凍害の影響による複合劣化が懸念される環境。



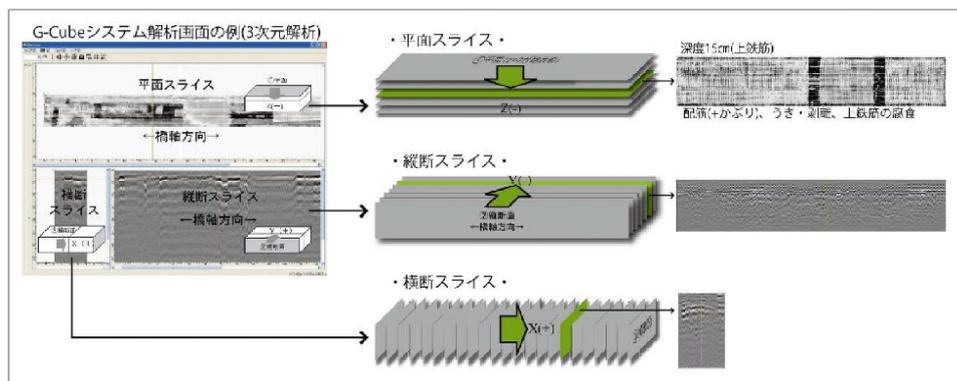
主径間における詳細調査の概要

- ①路面からの床版非破壊調査
- ②床版上面のはつり調査
- ③コンクリートコア調査(水平クラックの観察)
- ④中性化、塩分濃度、圧縮強度試験
- ⑤床版下面のはつり調査

①路面からの床版非破壊調査

		スケルカート		
使用	探査性能	探査幅	1.0m	
		探査深度	0.5m 程度	
		探査速度	4km/h 程度	
	適用条件	路面状態	路面に滞水、積雪がある場合は調査不可	

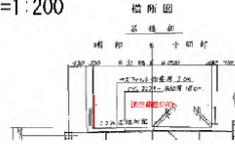
＜スケルカデータ＞



6. 詳細調査(主径間)

床版調査(非破壊調査:地中レーダー)解析結果図 A1~A2 (1/5) S=1:200

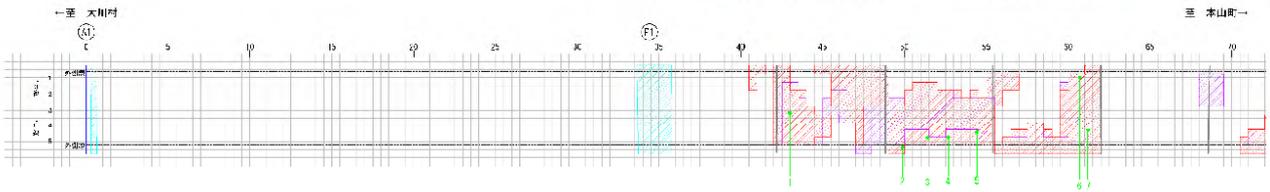
走査箇所: 県道本川大杉線 上吉野川橋 上下線
走査日: 平成25年9月9日



【凡 例】

調査範囲	[Blue line]
路面変状箇所	[Green dot]
床版上部劣化判別箇所	[Red hatched area]
床版内部異常信号箇所	[Purple hatched area]
ジョイント	[Green line]

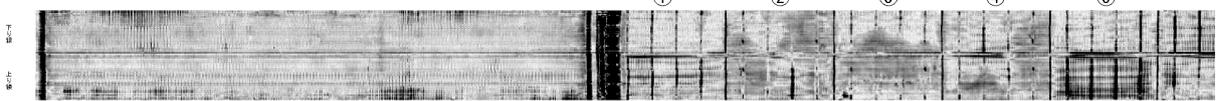
※比誘電率=0.0で設定



床版上面深度付近:スケルカデータ



上部鉄筋深度付近:スケルカデータ



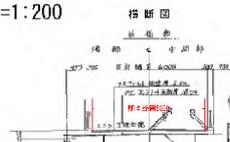
床版内部深度付近:スケルカデータ



6. 詳細調査(主径間)

床版調査(非破壊調査:地中レーダー)解析結果図 A1~A2 (4/5) S=1:200

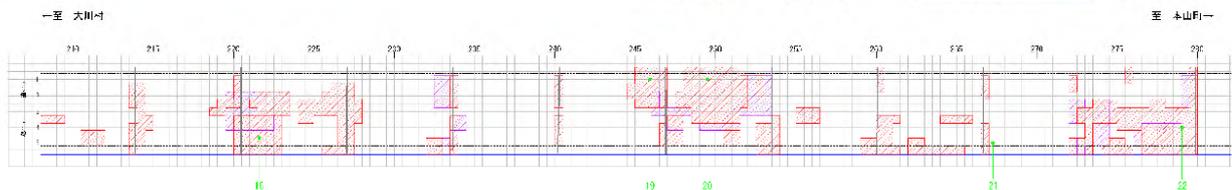
走査箇所: 県道本川大杉線 上吉野川橋 上下線
走査日: 平成25年9月9日



【凡 例】

調査範囲	[Blue line]
路面変状箇所	[Green dot]
床版上部劣化判別箇所	[Red hatched area]
床版内部異常信号箇所	[Purple hatched area]
ジョイント	[Green line]

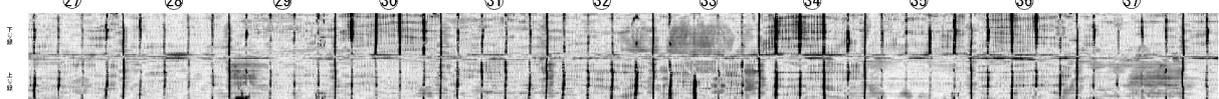
※比誘電率=6.0設定



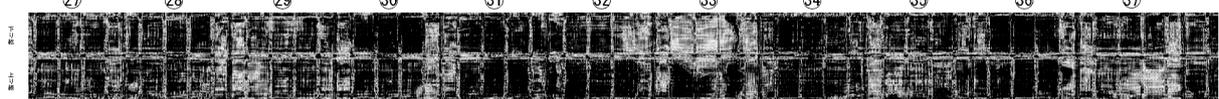
床版上面深度付近:スケルカデータ



上部鉄筋深度付近:スケルカデータ



床版内部深度付近:スケルカデータ



②床版上面のはつり調査(劣化部1)



【床版はつり】



2段目の鉄筋

【コンクリート床版上面】



床版上面クラック、
漏水、土砂化

【鉄筋状況】



鉄筋に錆び
鉄筋に錆び

②床版上面のはつり調査(劣化部2)

開削状況



開削状況



舗装が不安定な状態であった

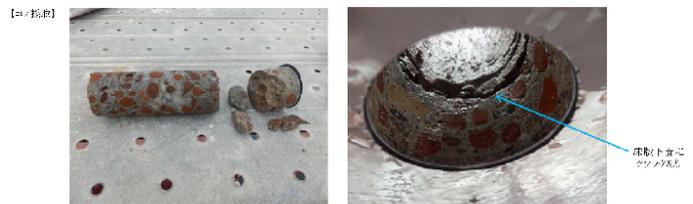
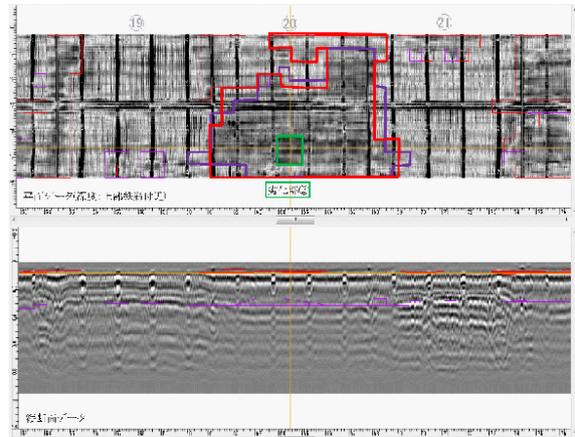
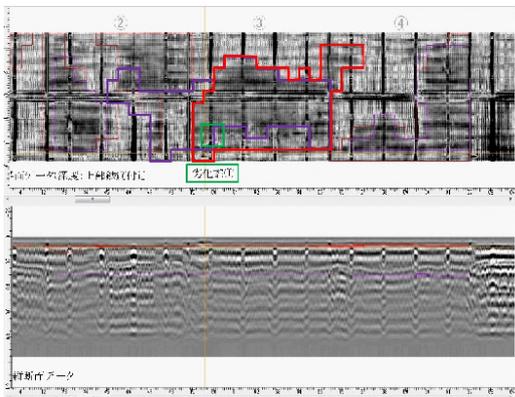
【コンクリート床版上面】



【床版はつり試験状況】

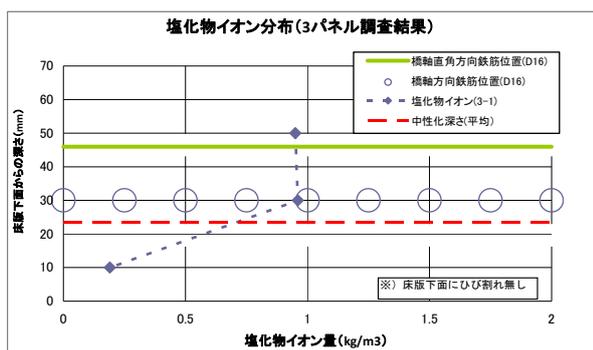


③コンクリートコア調査(水平クラックの観察) (劣化部1) (劣化部2)

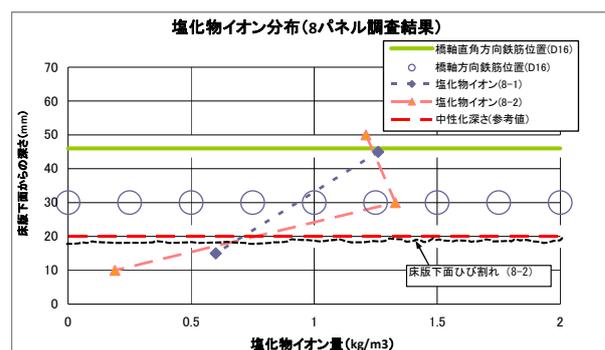


④中性化、塩分濃度、圧縮強度試験 (劣化部1) (劣化部2)

試験項目		コア番号	単位	3-1	-	備考
中性化試験(下面)	平均値		(mm)	23.5	-	JISA1152
	最大値		(mm)	30.0	-	"
圧縮強度試験			(N/mm ²)	35.0	-	設計基準強度:24.0(N/mm ²)
塩化物イオン試験	40mm~60mm		(kg/m ³)	0.95	-	試料範囲は下面からの深さ
	20mm~40mm		(kg/m ³)	0.96	-	試料範囲は下面からの深さ
	0mm~20mm		(kg/m ³)	0.19	-	試料範囲は下面からの深さ



試験項目		コア番号	単位	8-1	8-2	備考
中性化試験(下面)	平均値		(mm)	-	-	
	最大値		(mm)	20mm程度	20mm程度	現地コア側壁での簡易測定結果
圧縮強度試験			(N/mm ²)	30.4	28.9	設計基準強度:24.0(N/mm ²)
塩化物イオン試験	40mm~60mm		(kg/m ³)	-	1.21	試料範囲は下面からの深さ
	20mm~40mm		(kg/m ³)	1.26	1.33	試料範囲は下面からの深さ(試料8-1は30mm~60mm)
	0mm~20mm		(kg/m ³)	0.60	0.19	試料範囲は下面からの深さ(試料8-1は0mm~30mm)



⑤床版下面のはつり調査

(炭素繊維補強部)



設計鉄筋径 D16 → 15.68mm (橋軸直角方向鉄筋)



設計鉄筋径 D16 → 12.2mm (橋軸方向鉄筋)

17

⑤床版下面のはつり調査

(下面増厚補強部)



直角方向鉄筋
鉄筋断面が半分

18

劣化パターン①

1. 下面側で中性化が進行
2. 塩分の影響と複合して鉄筋が腐食
3. 下面側に水平クラックが発生
4. 塩分を含む雨水の浸透等で劣化が加速

劣化パターン②

1. 塩分により上面鉄筋が腐食
2. 腐食膨張によりクラックが発生
3. 上面が水がらみの疲労により土砂化
4. 塩分を含む雨水の浸透等で劣化が加速

詳細調査から分かったこと

- ・レーダー探査は概ね損傷範囲を把握することができているが、床版上面のひび割れ、土砂化、滞水等の違いまでは判別が困難であった。
- ・床版上面側に損傷がある場合、さらに下側の損傷の検出が困難であった。
- ・床版下面側のひび割れ深さが深い場合、打音調査ではうきの存在を検出できない場合があった。

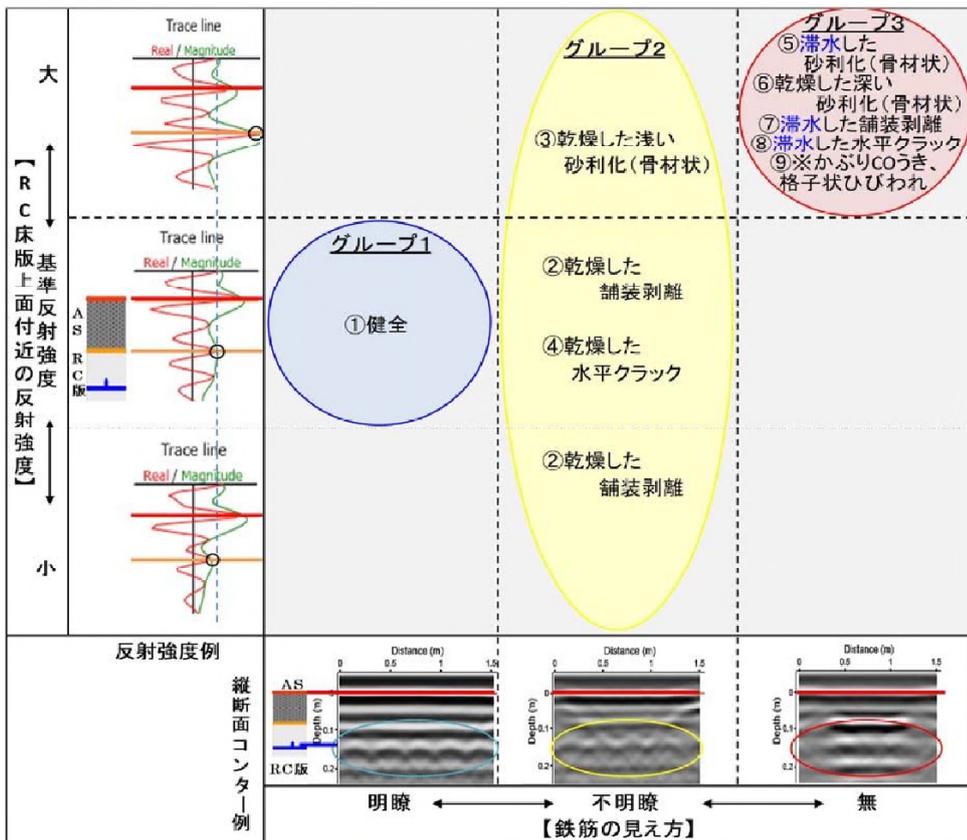
⇒補強箇所も含めてコア採取やはつり調査を併用することが有効

6. 詳細調査(側径間)

床版調査(床版キャッチャーNETIS:CB-150004-VE)



6. 詳細調査(側径間)



グループ2

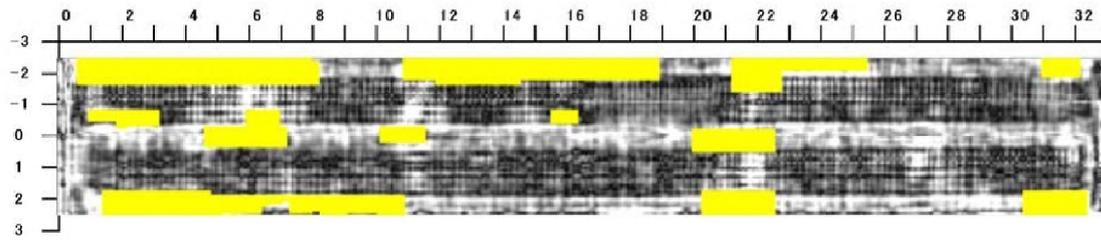


グループ3

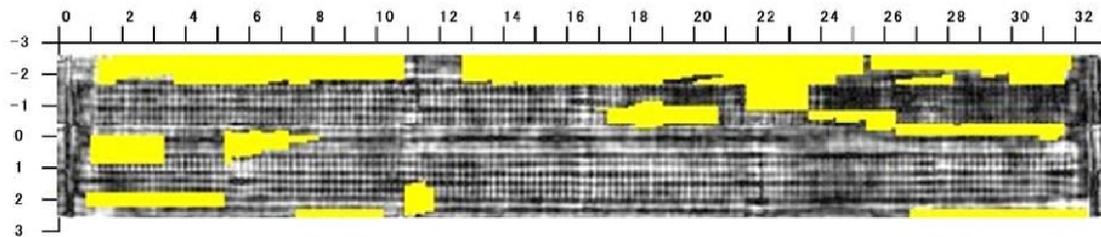


6. 詳細調査(側径間)

【起点側】 上面鉄筋付近深度の結果を抜粋



【終点側】 上面鉄筋付近深度の結果を抜粋



凡例	グループ	推定される損傷
	1	健全
	2	舗装剥離, 浅い砂利化, 水平クラック等の疑いあり
	3	深い砂利化, 床版上面の滞水等の疑いあり

23

6. 詳細調査(側径間)

- ・側径間はグループ3相当の大きな損傷は見られず。
- ・損傷の程度は左側車線が損傷の程度が大きかった。南面であり防護柵による日陰ができるため、若干でも路面が乾きづらく、水がらみの損傷につながりやすい可能性が考えられる。



24

