

道路橋のメンテナンスサイクル におけるAI技術の活用

平成30年9月28日

国立研究開発法人 土木研究所
構造物メンテナンス研究センター(CAESAR)
石田 雅博

1

道路橋の予防保全に向けた提言（平成20年(2008)5月）

「予防保全を実現する5つの方策(抜粋)」：参考3

1. 点検の制度化（すべての道路橋で点検を実施）

点検に係る仕組みを充実し、すべての道路橋で点検を制度化。点検等の結果に基づき措置が行われるサイクル（点検→診断→措置）を確立。重大損傷発生時の全国緊急点検などの再発を防止するための仕組みの構築。

2. 点検及び診断の信頼性確保（技術基準、資格制度、人材育成を充実）

路線の管理レベルと橋の状態（交通量・構造等）に応じた点検基準の設定。（例：交通量の少ない市町村道の中小橋梁は簡潔に）。点検者等の資格制度や道路管理者の教育・研修制度の充実により、点検等の信頼性確保。

3. 技術開発の推進（信頼性を高め、負担を軽減する技術開発を推進）

点検・診断・補修補強の各分野において国が中心となって技術開発を推進。点検等において得られた知見を、新設及び補修補強の設計・施工・維持管理の品質改善や技術開発に活用。

4. 技術拠点の整備（損傷事例の集積と発進、高度な専門技術者の育成）

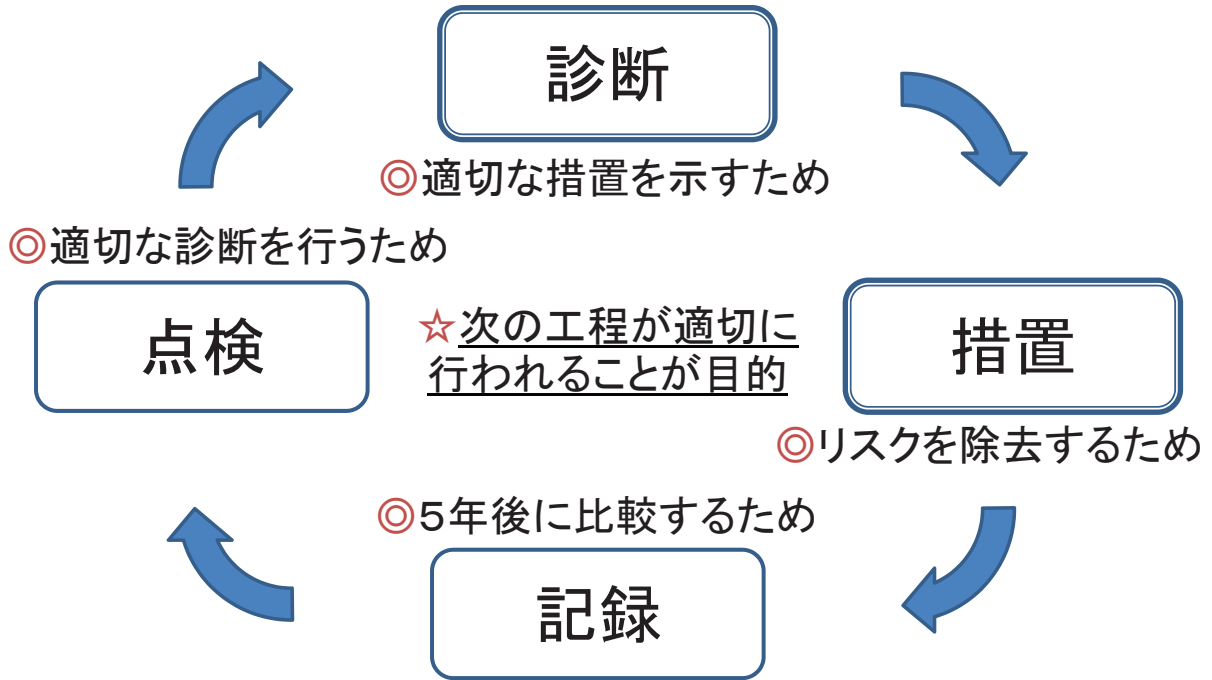
点検等の技術支援を行う拠点を中央・地方ブロック毎に整備し、集積した損傷事例等の最新情報を全国の道路管理者等に提供。また、これらの技術拠点で維持管理に関する高度な専門技術者の育成を支援。

5. データベースの構築と活用（効率的な維持管理とマネジメントサイクルの確立）

全国の道路橋に共通するデータベースを構築し、効率的で確実な維持管理の実施と緊急点検時の活用。既設橋から得られた知見を新設橋の設計等に反映し、管理を念頭に置いたマネジメントサイクルの確立。的確な指標の設定やわかりやすい情報を国民に速やかに公表。

2

メンテナンスサイクル それぞれ何のために行うのか？



3

定期点検の義務化 省令・告示の施行、点検要領の通知(道路管理者の義務の明確化)

〔点検〕 橋梁(約70万橋)・トンネル(約1万本)等は、国が定める統一的な基準により、5年に1度、近接目視による全数監視を実施



道路法施行規則(平成26年3月31日公布、7月1日施行)(抄)

(道路の維持又は修繕に関する技術的基準等)

……点検は、……、近接目視により、五年に一回の頻度で行うことを基本とすること。

〔診断〕 統一的な尺度で健全度の判定区分を設定し、診断を実施

トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示(平成26年3月31日公布、7月1日施行)

トンネル等の健全性の診断結果については、次の表に掲げるトンネル等の状態に応じ、次の表に掲げる区分に分類すること。

区分		状態
I	健全	構造物の機能に支障が生じていない状態
II	予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態
III	早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態
IV	緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態

4

橋梁名	路線名	所在地	起点側	緯度	43° 11′ 02″	
〇〇橋 (フリガナ)マルマルバシ	国道〇号	〇〇県△△市□□地先			経度 141° 19′ 28″	
管理者名	点検実施年月日	路下条件	代替路の有無	自専道or一般道	緊急輸送道路	占用物件(名称)
〇〇県△△土木事務所	2013.5.〇	市道	有	一般道	二次	水道管

部材単位の診断(各部材毎に最悪値を記入)				点検者	(株)〇〇コンサルタント	点検責任者	△△ □□
点検時に記録				措置後に記録			
部材名	判定区分 (Ⅰ～Ⅳ)	変状の種類 (Ⅱ以上の場合に 記載)	備考(写真番号、 位置等が分かる ように記載)	措置後の 判定区分	変状の種類	措置及び判定 実施年月日	
上部構造	主桁	Ⅱ	腐食	写真1、主桁02	Ⅰ	2014.8.〇	
	横桁	Ⅱ	腐食	写真1、横桁02	Ⅰ	2014.8.〇	
	床版	Ⅲ	ひびわれ	写真2、床版01	Ⅱ	2014.8.〇	
下部構造	Ⅰ						
支承部	Ⅰ						
その他							

道路橋毎の健全性の診断(判定区分Ⅰ～Ⅳ)			
点検時に記録		措置後に記録	
(判定区分)	(所見等)	(再判定区分)	(再判定実施年月日)
Ⅲ	部分的に床版の打ち替えが必要	Ⅱ	2016.7.〇

全景写真(起点側、終点側を記載すること)

架設年次	橋長	幅員
1984年	107m	11.8m



※架設年次が不明の場合は「不明」と記入する。

状況写真(損傷状況)
○部材単位の判定区分がⅡ、Ⅲ又はⅣの場合には、直接関連する不具合の写真を記載のこと。
○写真は、不具合の程度が分かるように添付すること。

上部構造(主桁、横桁)【判定区分: Ⅱ】		上部構造(床版)【判定区分: Ⅲ】	
写真1		写真2	
主桁02、横桁02		床版01	
支承部【判定区分: 】		下部構造【判定区分: 】	

② 点 検

1 まず、大きな視野で見て、

2 細部を詳しく見てみる

チェックポイント1

- 1) 高欄、防護柵、地覆の状態
- 2) 橋梁上の舗装の状態
- 3) 伸縮装置の状態
- 4) 排水装置の状態
- 5) 道路照明、道路標識の状態
- 6) 桁、床版の状態
- 7) 橋台、橋脚、基礎の状態

1)～5): 橋面からの点検

6)～7): 橋の横や下からの 遠望目視

チェックポイント2

- ① チェックポイント1よりも詳細な
桁、床版の状態
- ② チェックポイント1よりも詳細な
支承の状態
- ③ チェックポイント1よりも詳細な
橋台、橋脚、基礎の状態

①～③: 橋の横や下を **近接目視**

31

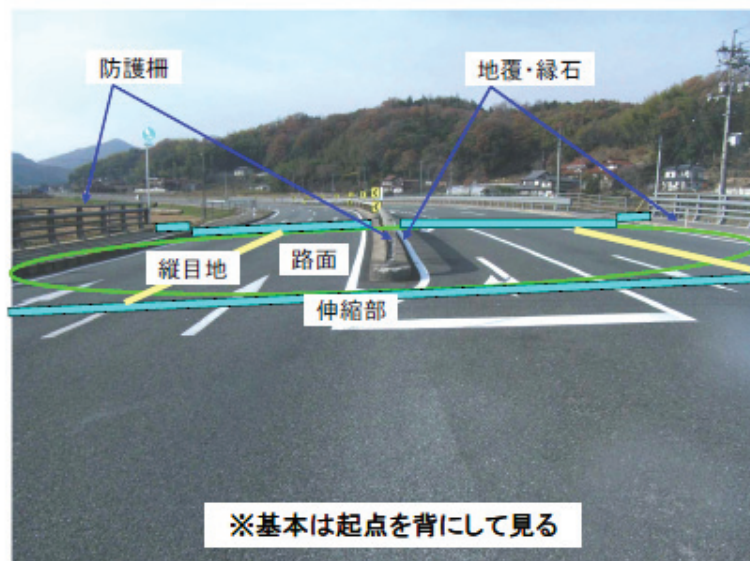
橋梁の基礎知識と点検のポイント

(国土交通省中国地方整備局中国技術事務所)

7

② 点 検 (橋梁点検の流れ)

1 橋梁正面から変状の確認



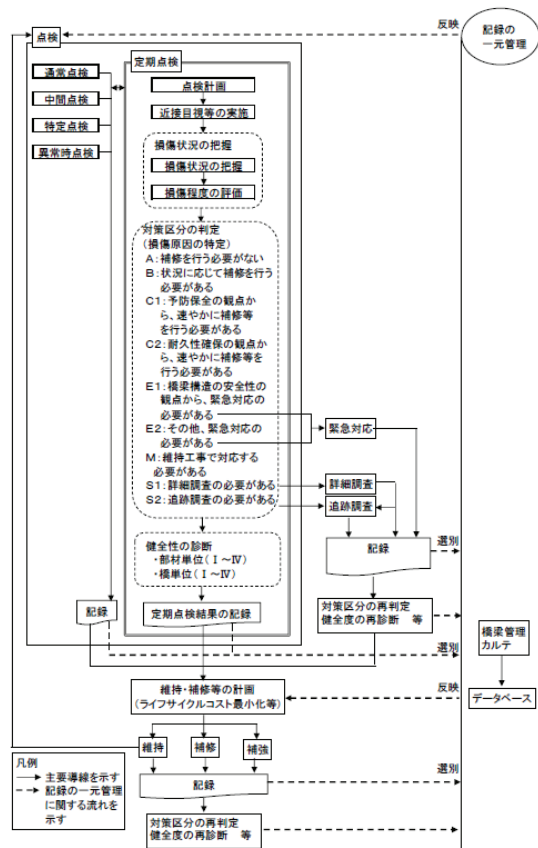
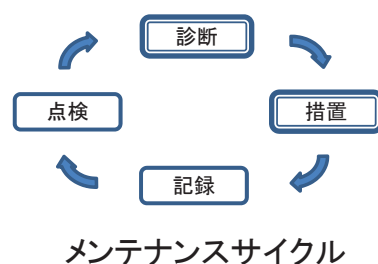
32

橋梁の基礎知識と点検のポイント

(国土交通省中国地方整備局中国技術事務所)

8

国が管理する橋梁(38,158橋)については、平成16年度から点検を実施（現在3巡目）

[illegible]

9

(参考) 橋梁定期点検要領における26の変状

- ①腐食
- ②亀裂
- ③ゆるみ・脱落
- ④破断
- ⑤防食機能の劣化
- ⑥ひびわれ
- ⑦剥離・鉄筋露出
- ⑧漏水・遊離石灰
- ⑨抜け落ち
- ⑩補修・補強材の損傷
- ⑪床版ひびわれ
- ⑫うき⑬遊間の異常
- ⑭路面の凹凸
- ⑮舗装の異常
- ⑯支承部の機能障害
- ⑰その他
- ⑱定着部の異常
- ⑲変色・劣化
- ⑳漏水・滞水
- ㉑異常な音・振動
- ㉒異常なたわみ
- ㉓変形・欠損
- ㉔土砂詰まり
- ㉕沈下・移動・傾斜
- ㉖洗掘

[illegible][illegible][illegible]

橋梁定期点検要領,国土交通省 道路局 国道・防災課,平成26年6月, pp.8~10

10

定期点検要領に記載されている「損傷程度の評価」や「損傷パターンの区分」は定性的

床版ひびわれ

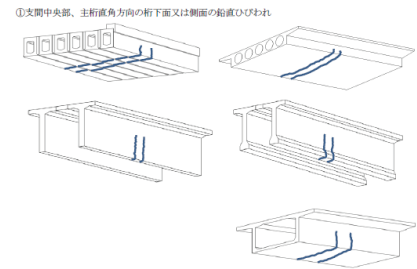
損傷程度の評価は、次の区分によるものとする。

状態	1方向ひびわれ			2方向ひびわれ		
	性状	ひびわれ	漏水・剥離状態	性状	ひびわれ	漏水・剥離状態
a		損傷なし	なし	—		
b		・ひびわれは主として1方向のみ ・最小ひびわれ間隔は20.0mm以上 ・最大ひびわれ幅は0.05mm以下 (ヘアークラック程度)	なし	—		
c		・ひびわれは主として1方向のみ ・ひびわれ間隔は開かない ・最大ひびわれ幅は0.1mm以下が主 (一部には0.1mm以上も存在)	なし		・ひびわれは格子状 ・格子の大きさは0.5m程度以上 ・ひびわれ幅は0.1mm以下が主 (一部には0.1mm以上も存在)	なし
d		・ひびわれは主として1方向のみ ・ひびわれ間隔は開かない ・最大ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在)	なし		・ひびわれは格子状 ・格子の大きさは0.5m程度以上 ・ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在)	なし
e		・ひびわれは主として1方向のみ ・ひびわれ間隔は開かない ・最大ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在)	あり		・ひびわれは格子状 ・格子の大きさは0.2m以下 ・ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在)	あり
		・ひびわれは主として1方向のみ ・ひびわれ間隔は開かない ・最大ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる	あり		・ひびわれは格子状 ・格子の大きさは0.2m以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる	あり

損傷パターンの区分

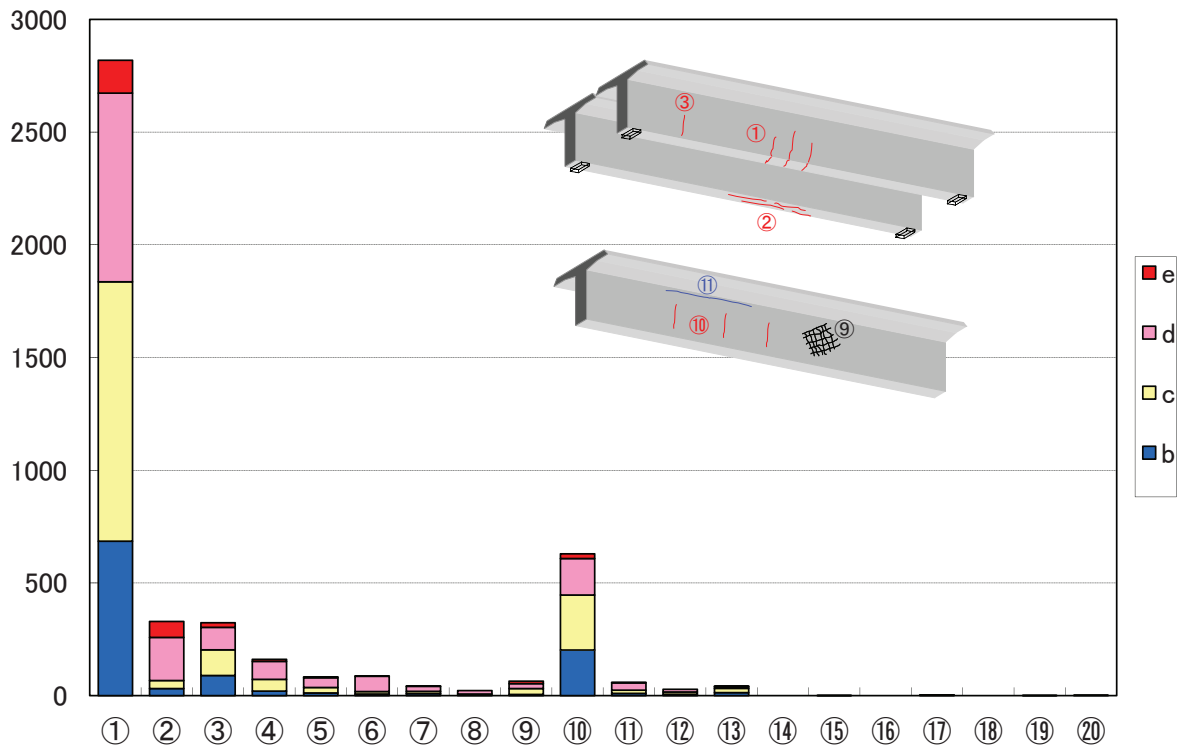
a) 上部構造 (RC, PC共通)

位置	ひびわれパターン
支間中央部	①主桁直角方向の桁下面又は側面の鉛直ひびわれ ②主桁下面縦方向ひびわれ
支間1/4部	③主桁直角方向の桁下面又は側面の鉛直又は斜めひびわれ
支 点 部	④支点付近の腹部に斜めに発生しているひびわれ ⑤支承上の桁下面又は側面に鉛直に発生しているひびわれ ⑥支承上の桁側面に斜めに発生しているひびわれ ⑦ゲルバー部のひびわれ ⑧連続桁中間支点部の上側の鉛直ひびわれ
そ の 他	⑨亀甲状、くもの巣状のひびわれ ⑩桁の腹部に規則的な間隔で鉛直方向に発生しているひびわれ ⑪ウェブと上フランジの接合点付近の水平方向のひびわれ ⑫桁全体に発生している斜め45°方向のひびわれ
支間1/4部又は支点部	⑬桁下面又は側面の橋軸方向ひびわれ (⑩に該当するものは除く。)
支間全体	⑭上フランジのひびわれ
横 桁	⑮支間全体で桁腹部に発生している水平方向ひびわれ ⑯横桁部のひびわれ

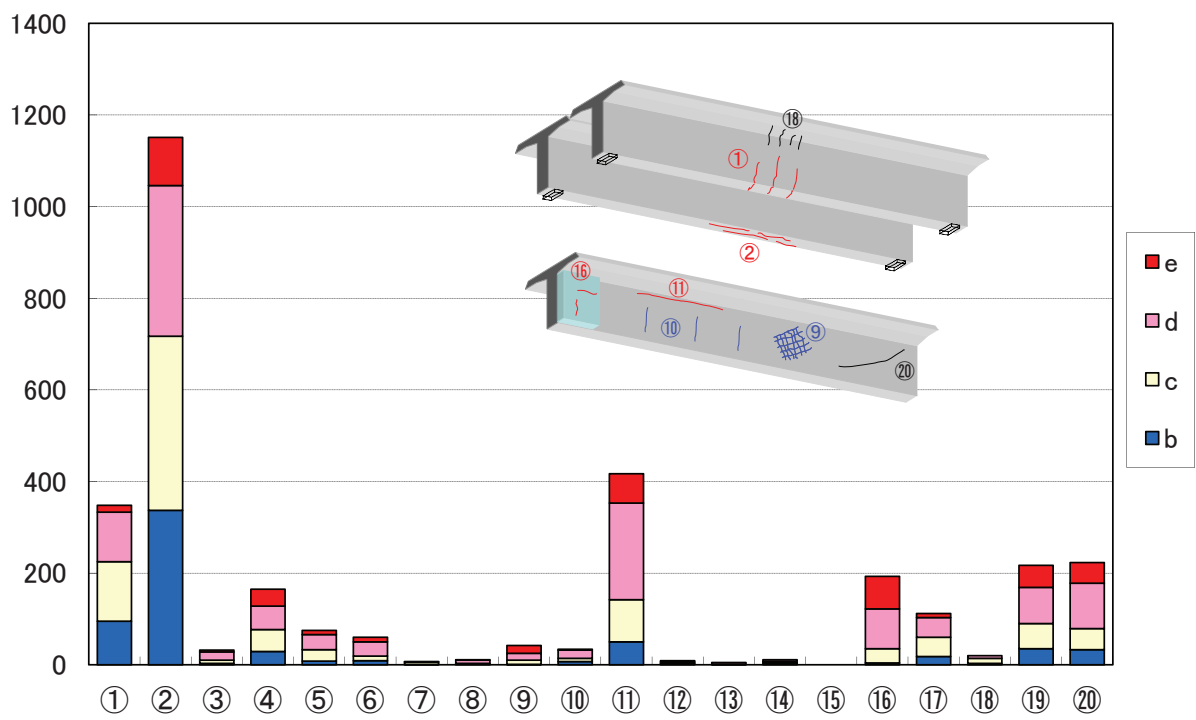


→ カメラ画像やレーダー等により得られた記録も活用

直轄管理コンクリート橋損傷状況 RCT桁

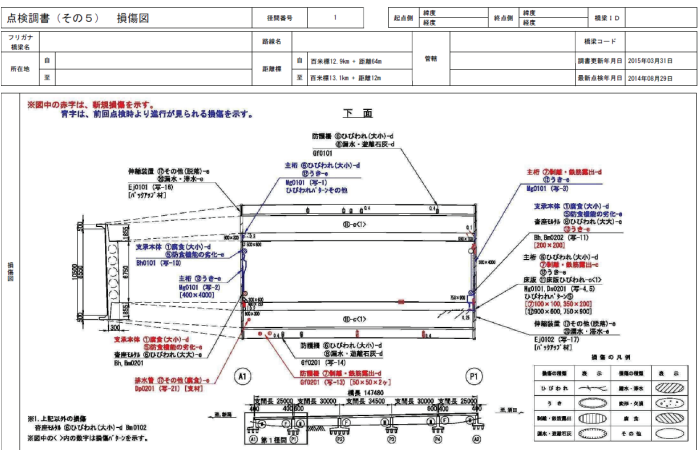


直轄管理コンクリート橋損傷状況 ポステンT桁



診断・措置の支援

国が管理する橋梁(38,158橋)については、平成16年度から点検を実施（現在3巡目）
→ 大量の過去データがある



- 専門家が総合的に診断
 - ・ 橋梁形式、供用年代、環境条件(交通量、塩害区分)
 - ・ 桁下の状況と路面の状況の突き合わせ
 - ・ 過去からの変状の進展具合、補修・補強の履歴
- ※ 人間がデータを分析するには相当な時間を要す
- 専門家の仮説(暗黙知)をAIで分析・検証

↓
診断・措置の支援

点検調書(その6) 損傷写真		橋梁番号	1	起点側	橋脚	終点側	橋梁ID
写真番号	1	2014.08.25	写真番号	2	2014.08.25	写真番号	3
損傷箇所	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚
損傷状況	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚
写真							

点検調書(その6) 損傷写真		橋梁番号	5	起点側	橋脚	終点側	橋梁ID
写真番号	10	2014.08.25	写真番号	11	2014.08.25	写真番号	12
損傷箇所	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚
損傷状況	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚
写真							

点検調書（その1） 橋梁の諸元と総合検査結果				起点側		終点側		橋梁ID									
				経度		経度											
フリガナ 橋梁名	路線名			管轄		橋梁コード											
所在地	自	至	距離	自	至	調査更新年月日	2015年03月31日										
			距離	自	至	最新点検年月日	2014年08月29日										
供用開始日	1986年10月20日	橋長	147.48m	活荷重・等級	T T - 4 3 1等橋		適用示方書	昭和53年 道路橋示方書 1共通編3コンクリート橋編	調査年	2010年							
上部構造形式	単純P Cポステン中空床版橋、3径間連続P Cポステン中空床版橋、単純P Cポステン中空床版橋			全幅員	10.50m	地盤幅	歩道幅	車道幅・車線	車道幅・車線	歩道幅	地盤幅	中央帯	中央分離帯	交通量	50,005台		
				有効幅員	9.50m	0.50m	0.00m	0.00m	0	7.00m	2	0.00m	0.50m	0.00m	0.00m	大型混入率	19.1%
下部構造形式	逆T式橋台2基、壁式橋脚（RC）4基			備考													
基礎形式	場所打ち（深礎を含む）6基																
<table border="1"> <tr> <td>健全度 (橋単位)</td> <td>II</td> </tr> </table> 本橋は供用後28年が経過した「単純P Cポステン中空床版橋+3径間連続P Cポステン中空床版橋+単純P Cポステン中空床版橋」である。 (1) 健全度 ◇道路橋の機能に支障を生じていないが、主桁のひびわれ、うき、剥離・鉄筋露出や床版のひびわれ、伸縮装置からの漏水など予防保全の観点から措置を講じることが望ましい部材があるため、区分Ⅱとした。 (2) 対策区分 ※「Ⅰ」の後ろは代表的な補修工法等 E1・E2：緊急対応の必要がある損傷 ◇なし C2：橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修する必要がある損傷 ◇なし C1：予防保全の観点から、速やかに補修する必要がある損傷 ◇ひびわれ：主桁（第1・2・4・5径間）→ 叩き落とし+断面修復 ◇床版ひびわれ：床版（第5径間）→ 叩き落とし+断面修復 ◇その他：伸縮装置（第1径間）→ 非排水バックアップ材の更新 S1：詳細調査の必要がある損傷 ◇なし S2：追跡調査の必要がある損傷 ◇なし M：維持工事で対応する必要がある損傷 ◇舗装の異常：舗装（第5径間）：舗装ひびわれ ◇支脚・欠損：防護欄（第2径間）：反り板の更新 B：状況に応じて補修する必要がある損傷 ◇腐食：支保本体、アンカーボルト、排水ます ◇ひびわれ：主桁、柱部・壁部、堅壁、寄座モルタル、落橋防止システム、防護欄 ◇漏水・遊離石灰：主桁、防護欄 ◇床版ひびわれ：床版 ◇路面の凹凸：舗装 ◇支脚・欠損：主桁、伸縮装置 (3) 特記事項 ◇主桁のひびわれ、うき、剥離・鉄筋露出や床版のひびわれは、直上伸縮装置からの漏水により継続的に進行しているため、予防保全の観点からC1判定とした。 ◇伸縮装置からの漏水は直下主桁や床版のひびわれやうき、支保の腐食等の進行誘因となっているため、伸縮装置は予防保全の観点からC1判定とした。 ◇剥離・鉄筋露出：主桁（第1・2・4・5径間）→ 断面修復 ◇うき：主桁（第1・2・4・5径間）→ 叩き落とし+断面修復 ◇漏水・漏水：伸縮装置（第1・4・5径間）→ 非排水構造の更新 ◇その他：排水管（第3径間）：取付ボルトの設置 ◇土砂詰り：伸縮装置（第1・4径間）、舗装（全径間）、排水ます（第2径間） ◇防食機能の劣化：支保本体、アンカーボルト、排水ます ◇剥離・鉄筋露出：防護欄 ◇補修・補強材の損傷：柱部・壁部 ◇うき：主桁、床版、柱部・壁部、寄座モルタル ◇その他：排水管																健全度 (橋単位)	II
健全度 (橋単位)	II																

点検調書（その5） 損傷図				径間番号		1		起点側		終点側		橋梁ID																					
				経度		経度																											
フリガナ 橋梁名	路線名			管轄		橋梁コード																											
所在地	自	至	距離	自	至	調査更新年月日	2015年03月31日																										
			距離	自	至	最新点検年月日	2014年08月29日																										
※図中の赤字は、新規損傷を示す。 青字は、前回点検時より進行が見られる損傷を示す。 下 面 ※1. 上記以外の損傷 寄座モルタル ⑥ひびわれ(大小)-d Bm0102 ※図中の「>」の数字は損傷パタンを示す。 損 傷 の 凡 例 <table border="1"> <thead> <tr> <th>損傷の種類</th> <th>表 示</th> <th>損傷の種類</th> <th>表 示</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ひびわれ</td> <td></td> <td>漏水・漏水</td> <td></td> </tr> <tr> <td>うき</td> <td></td> <td>剥離・欠損</td> <td></td> </tr> <tr> <td>剥離・鉄筋露出</td> <td></td> <td>腐食</td> <td></td> </tr> <tr> <td>漏水・遊離石灰</td> <td></td> <td>その他</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>														損傷の種類	表 示	損傷の種類	表 示	ひびわれ		漏水・漏水		うき		剥離・欠損		剥離・鉄筋露出		腐食		漏水・遊離石灰		その他	
損傷の種類	表 示	損傷の種類	表 示																														
ひびわれ		漏水・漏水																															
うき		剥離・欠損																															
剥離・鉄筋露出		腐食																															
漏水・遊離石灰		その他																															

点検調査（その6） 損傷写真				径間番号		1		起点側		緯度		経度		終点側		緯度		経度		橋梁ID	
フリガナ		橋梁名		路線名				管轄						橋梁コード							
所在地	自			距離標	自	百米標12.9km + 距離64m				調査更新年月日		2015年03月31日									
	至				至	百米標13.1km + 距離12m				最新点検年月日		2014年08月29日									

損傷写真	写真番号	1		径間番号	1		撮影年月日	2014.08.25		写真番号	2		径間番号	1		撮影年月日	2014.08.25	
	部材名	主桁		要素番号	0101		メモ		部材名	主桁		要素番号	0101		メモ			
	損傷の種類	うき		損傷程度	e		主桁にうき(800×300mm)および幅0.3mmのひびわれが見られる。 ⑥ひびわれ(大小)-d 前回点検(H21年度)損傷写真2と比較してうきの範囲に拡大およびひびわれ幅に進行(0.2→0.3mm)が見られる。 前回点検損傷程度 ⑥ひびわれ(大小)-d ⑩うき-e		損傷の種類	うき		損傷程度	e		主桁にうき(400×400mm)が見られる。 前回点検(H21年度)損傷写真1と比較してうきの範囲に拡大が見られる。 前回点検損傷程度 ⑩うき-e			
																		
	写真番号	3		径間番号	1		撮影年月日	2014.08.25		写真番号	4		径間番号	1		撮影年月日	2014.08.25	
	部材名	主桁		要素番号	0101		メモ		部材名	主桁		要素番号	0101		メモ			
	損傷の種類	うき		損傷程度	e		主桁にうき(500×400mm)および剥離・鉄筋露出が見られる。 ⑦剥離・鉄筋露出-d 前回点検(H21年度)損傷写真3と比較してうきの範囲に拡大が見られる。また、新たに剥離・鉄筋露出が見られる。 前回点検損傷程度 ⑩うき-e		損傷の種類	うき		損傷程度	e		主桁にうき(750×900mm, 900×600mm)および剥離・鉄筋露出(100×100mm, 350×200mm)、ひびわれが見られる。 ⑥ひびわれ(大小)-d ⑦剥離・鉄筋露出-c 前回点検(H21年度)損傷写真4と比較して大きな進行は見られない。また、新たに剥離・鉄筋露出が見られる。 前回点検損傷程度 ⑥ひびわれ(大小)-d ⑩うき-e			
																		

17

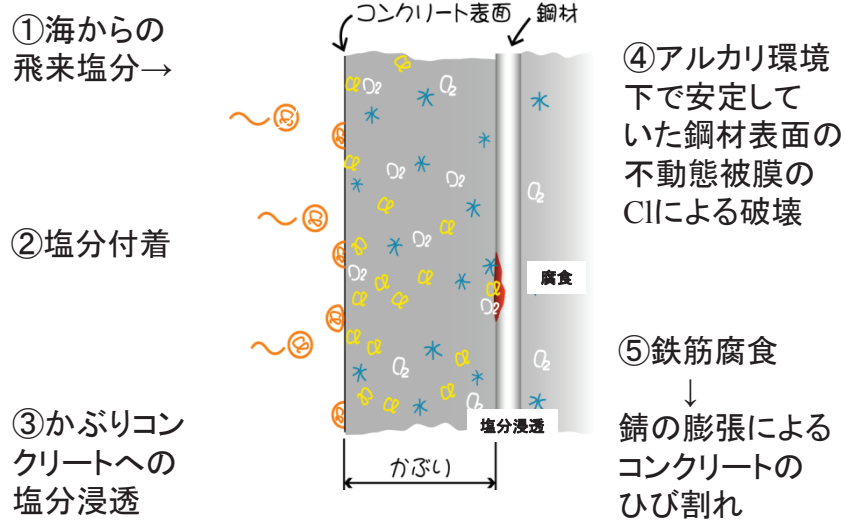
点検調査（その6） 損傷写真				径間番号		5		起点側		緯度 経度		終点側		緯度 経度		橋梁ID	
フリガナ 橋梁名				路線名				管轄						橋梁コード			
所在地	自			距離標	自	百米標12.9km + 距離64m				調査更新年月日		2015年03月31日					
	至				至	百米標13.1km + 距離12m				最新点検年月日		2014年08月29日					

損傷写真	写真番号	61	径間番号	5	撮影年月日	2014.08.26	写真番号	62	径間番号	5	撮影年月日	2014.08.29
	部材名	伸縮装置	要素番号	0102	メモ		部材名	舗装	要素番号	0101	メモ	
	損傷の種類	漏水・滞水	損傷程度	e	A2橋台上伸縮装置からの漏水が見られる。 前回点検(H21年度)損傷写真43と比較して大きな進行は見られない。 前回点検損傷程度 ⑦その他(漏水)-e		損傷の種類	土砂詰まり	損傷程度	e	舗装に土砂詰まりが見られる。 前回点検(H21年度)調査には記載されていない損傷である。	
												
	写真番号	63	径間番号	5	撮影年月日	2014.08.29	写真番号	64	径間番号	5	撮影年月日	2014.08.29
	部材名	舗装	要素番号	0101	メモ		部材名	舗装	要素番号	0101	メモ	
	損傷の種類	舗装の異常	損傷程度	e	A2橋台背面舗装にひびわれが見られる。 前回点検(H21年度)調査には記載されていない損傷である。		損傷の種類	路面の凹凸	損傷程度	e	A2橋台伸縮装置近傍の舗装に路面の凹凸が見られる。 前回点検(H21年度)調査には記載されていない損傷である。	
												

18



塩害による鋼材腐食の発生



21

i-Bridge(橋梁分野における生産性向上)

H29年度より試行

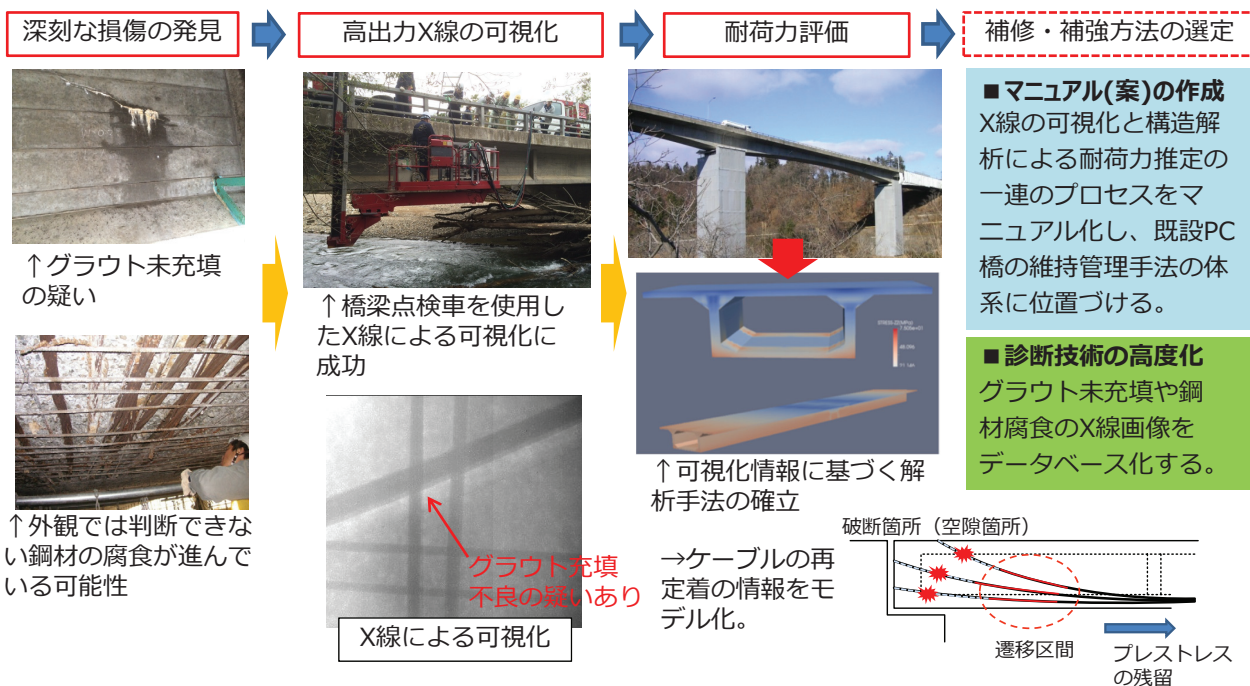
- 橋梁事業における調査・測量から設計、施工、検査、維持管理までのあらゆるプロセスにおいてICTを活用し、生産性・安全性を向上させる「i-Bridge(アイ・ブリッジ)」に取り組む。
- 平成29年度は、ECI方式を活用した3次元設計・施工や、維持管理分野におけるICTの導入を実施。

i-Bridge



15

- ◆通常の検査技術では判断が困難な部材深部における内ケーブル破損に対して、X線技術により可視化を行い、残存耐力を正しく評価する技術確立する。→**可視化情報に基づく耐荷力推定のプロセスを一元化**
- ◆高速道路など舗装切削前に床版土砂化の程度が把握できると出戻りが少ない→**可視化情報の活用**



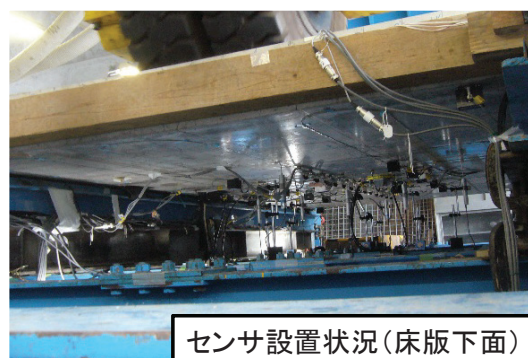
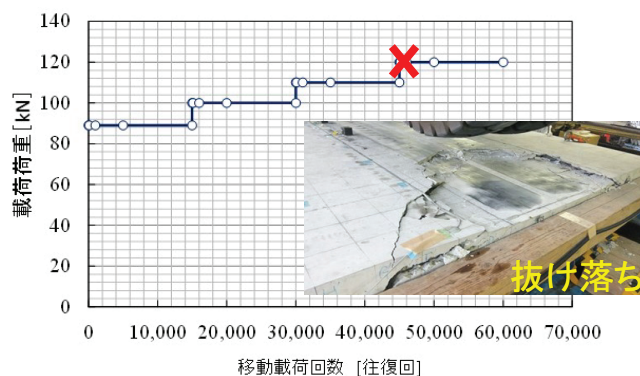
床版モニタリング室内実験

試験目的

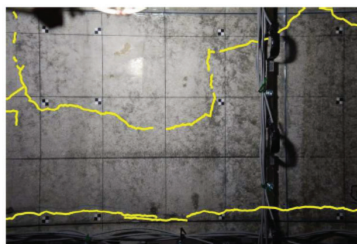
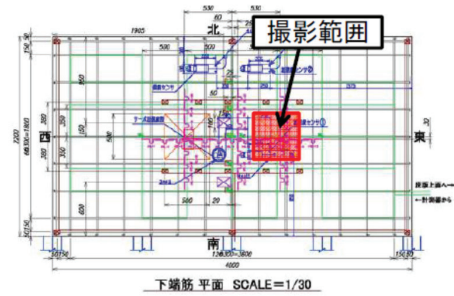
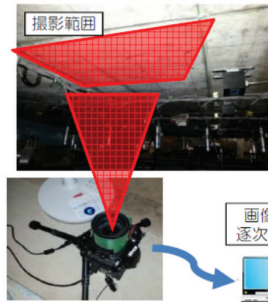
輪荷重走行試験によりRC床版の試験体を疲労損傷させ、**RC床版の疲労劣化に関するモニタリング技術の適用性の評価**を行う。

手順

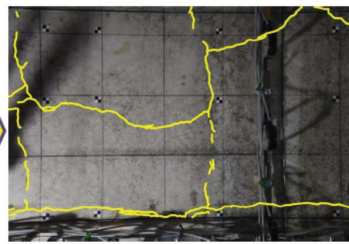
- ①走行回数と損傷程度を整理（リファレンスデータより）
- ②モニタリング技術と損傷程度の相関性を整理（どの技術がどの劣化ステージに適しているか）



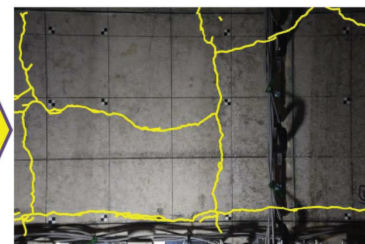
【静止画像による
ひび割れ検出技術】
カメラで撮影した静止画像
の幾何変換を行って、歪み
のない正面からの画像とし
て合成し、ひび割れを検出
する技術



荷重レベル: 89 kN
移動載荷回数 [往復回]: 5,000回
ひび割れ間隔: 13.9 cm



荷重レベル: 100 kN
移動載荷回数 [往復回]: 15,000回
ひび割れ間隔: 13.8 cm



荷重レベル: 100 kN
移動載荷回数 [往復回]: 30,000回
ひび割れ間隔: 13.7 cm

- ・ 連続撮影により、床版のひび割れが進展していく様子を捉えることができた。
- ・ 本実験の環境では高解像度の画像が得られており、0.1mmのひび割れが取得可能である。
- ・ 実橋梁では、撮影距離と取得できるひび割れ幅の関係を明らかにできると考えられる。

25

AIを活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する研究(平成30年度)

(1) AI活用可能性調査

<点検>

- カメラ画像、電磁波レーダー画像を用いて、重要な変状等(ひびわれ等26の変状以外に、汚れ、水跡、コールドジョイント、修補跡、コンクリート床版における水の所在等も含む)の抽出・記録(点検調査書(含スケッチ)の作成、3次元データでの記録等)を行うことなどについて、AI(画像認識)の活用を検討。
- 鋼部材の表面性状や耐候性鋼橋梁のさびの状態の調査技術(例: イオン透過抵抗法(RST)の計測値)を用いて、健全度の区別に活用を検討。

リクワイアメント

- ・ 各部材、損傷の診断に使える点検内容であること。
- ・ 部材、損傷の種類ごとに設定が必要。
- ・ 最も重要な情報は「変化」。
- ・ 現在実施されている点検レベルを確保すること

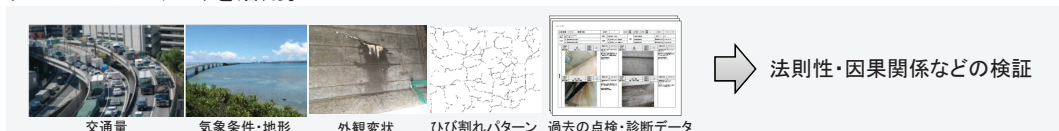


<診断>

- 点検データ(新技術含む)、診断結果データ(JBEC等の診断調査書を教師データとして活用)と橋梁基礎データ、環境データ、観測データ等から、変状と損傷との法則性、因果関係について仮説検証を行い、損傷か否か、損傷種類、程度、原因の推定と特定、処方の提示にAI(エキスパートシステム)を活用。

リクワイアメント

- ・ 措置(処方、補修・補強方針)検討に耐えること。
- ・ 責任上、ブラックボックスは不可。
- ・ ロジックの出力が必要。



26

<措置>

- 補修補強計画等(完治か延命か、更新方法、放置)の判断支援となるAI(エキスパートシステム)の活用。

<記録>

- 過去の点検データを用いて、3次元データなどを記録媒体にして、経年変化の確認にAIを活用。

リクワイアメント

- 経年変化の確認が可能なこと。
- 次回の点検、診断での判断材料として機能すること。

(2) 短中期で実現を目指すための研究開発体制の検討

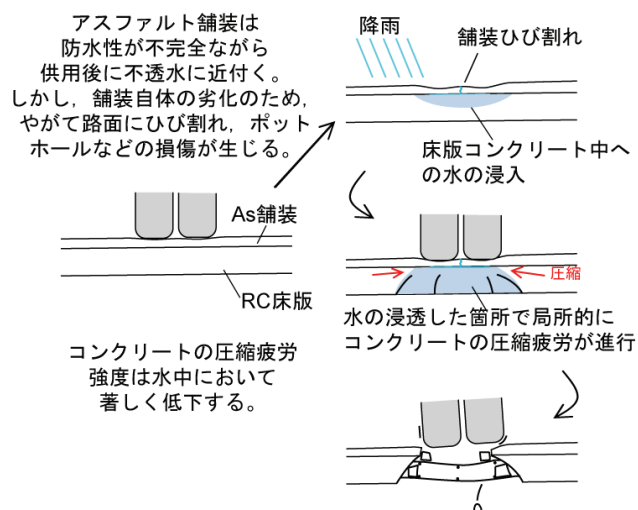
- 土研の外部に、研究組織を設立し、開発・普及展開の見通しのあるAI活用技術を開発

(土研の外部の研究組織での開発イメージ例)

- ◆ ロボット等から得られる膨大なセンシング結果から変状データをスクリーニング処理するAI等の開発環境を整備する。
- ◆ AI機能向上のために、土木技術者による正しい判断による、大量かつ正確な教師データや評価データのデータ仕様を検討し、データを整備・公表
- ◆ AI教師データとして必要な情報、様式、更新方法等を検討し、点検調査等の改善案を提案
- ◆ 試用に耐えうる段階になった損傷から順次、現場においてプロトタイプの点検・診断支援AIを活用しつつシステムをブラッシュアップ

27

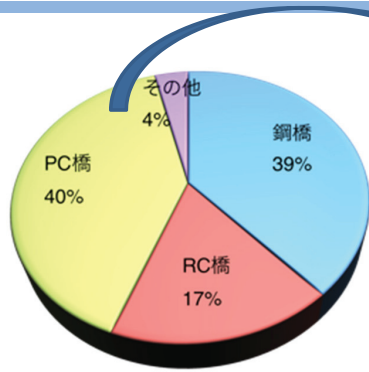
R C床版の土砂化



28

対象橋梁のポテンシャル（PC桁損傷）

29



PC橋約40%（15m以上）

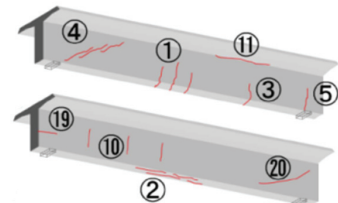
ポステンPC桁33%

構造形式	橋梁数※	
	ひび割れあり	健全含む
プレテンT桁	720	2336
プレテン中実床版	398	2635
プレテン中空床版	203	1119
ポステンT桁	897	1576
ポステン箱桁	192	231
ポステン中空床版	346	537
合計	2756	8434

※1橋で2種以上の構造形式がある場合は重複してカウントしている

→ 対象の40%にひび割れ

グラウト未充填が懸念されるひび割れ



ひび割れのうち
15%程度が②②①



→ およそ全国の1000橋が対象
(15m以上)

30

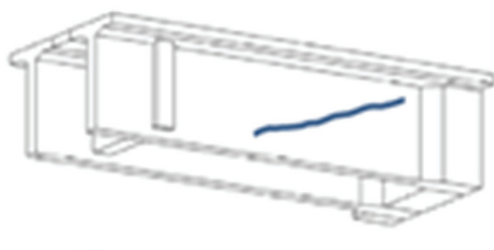
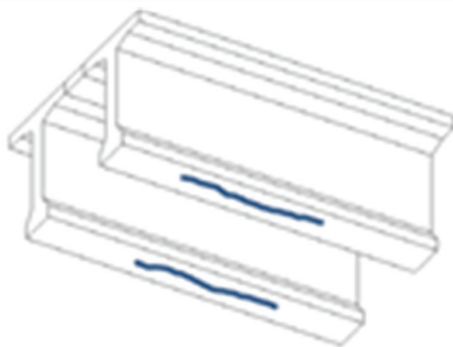


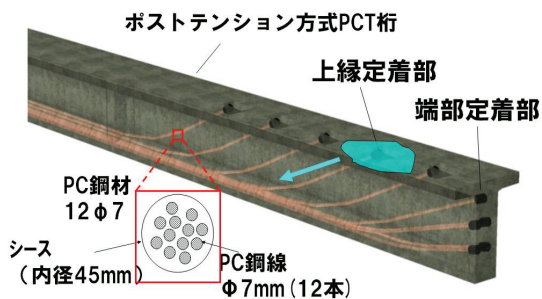
図-3 シースに沿ったひび割れの例

グラウト充填不足

橋梁	佐野橋	能生大橋	はくい 羽咋川海浜橋	T橋
充填 状況 一例	 未充填（ウェブ）	 充填不足（ウェブ）	 未充填（ウェブ）	 未充填
充填不足 調査箇所	$\frac{16}{342}$ (4.7%)	$\frac{2}{64}$ (3.1%)	$\frac{8}{145}$ (5.5%)	$\frac{0}{16}$ (0%)
未充填 調査箇所	$\frac{4}{342}$ (1.2%)	$\frac{0}{64}$ (0%)	$\frac{1}{145}$ (0.7%)	$\frac{1}{16}$ (6.3%)

PCT桁橋のPC鋼材配置の概念図

（概ね1980年代以前）



塩分を含んだ水の侵入
によるPC鋼材の腐食・破断

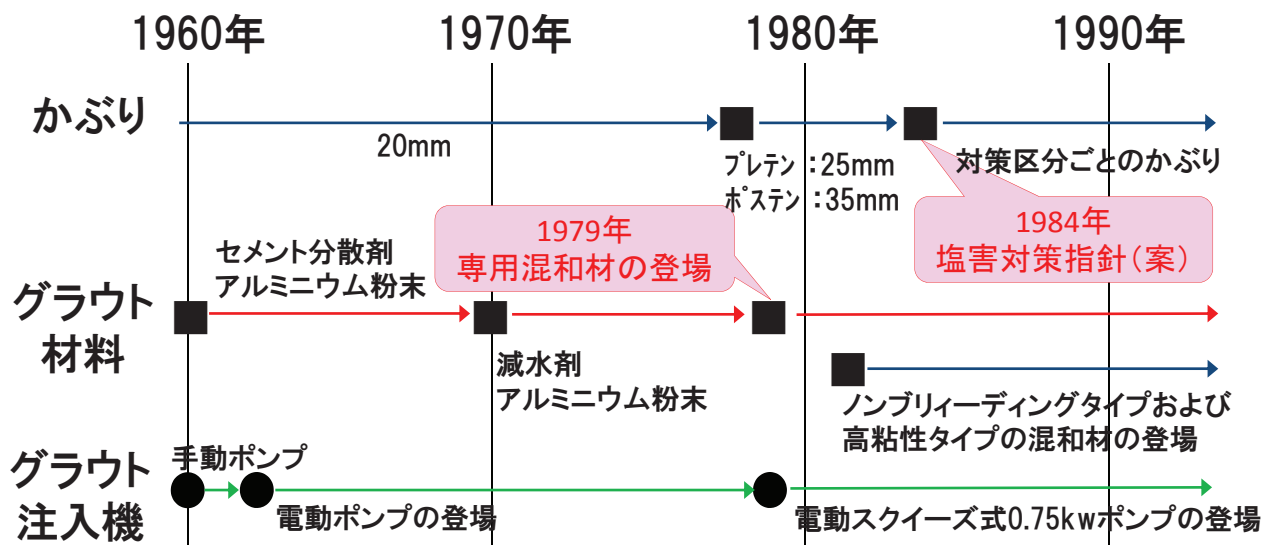


PC鋼棒の突出

31

PCのかぶりとグラウト規準の変遷

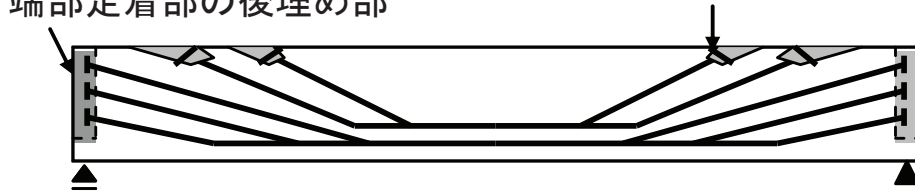
32



1993年以前

端部定着部の後埋め部

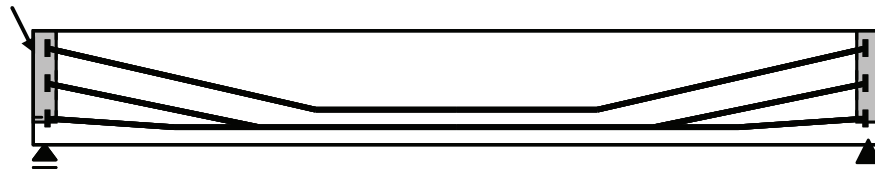
上縁定着部の切欠き部



マルチワイヤーケーブルを使用(12φ5, 12φ7など)

現在

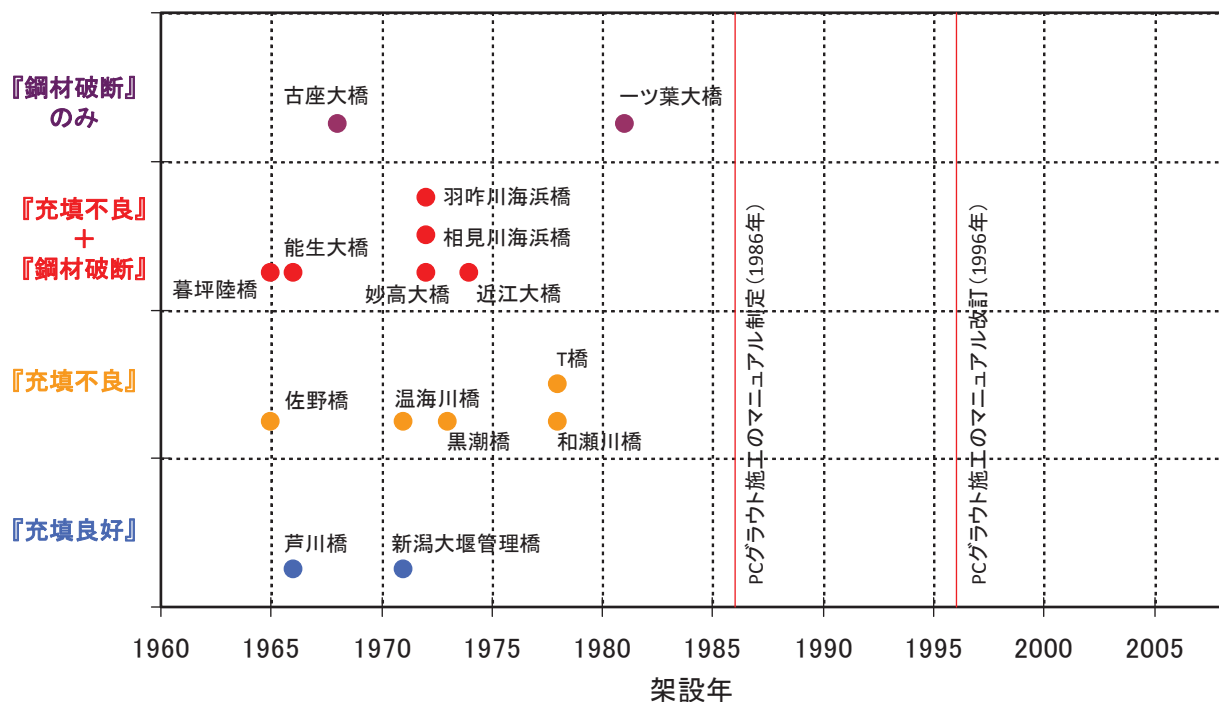
端部定着部の後埋め部



マルチストランドケーブルを使用(12S12.7, 12S15.2など)

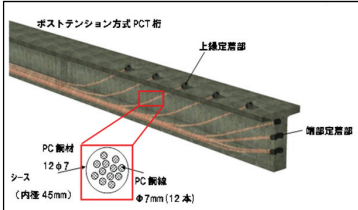
PCグラウトの充填状況

(技術相談、不具合橋梁、撤去橋梁)



グラウト不良がある場合

塩分の供給経路



初期症状



末期症状

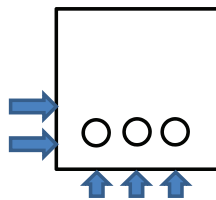


シース内からの塩分供給による内部での腐食進行 → 表面にひび割れが出にくい

→ 外観からの耐荷力評価が極めて困難

グラウト充填している場合

塩分の供給経路



初期症状



末期症状



コンクリート表面から供給される塩分により鋼材が腐食 → 表面にひび割れが発生

→ 外観からの耐荷力評価が可能

【PRISM1】RC床版の土砂化等に対する診断

背景・現状

- RC床版の土砂化やPC橋のグラウト未充填などは、外観から検知することが難しい一方、突如、床版の抜け落ちや主ケーブルの破断、横締めPC鋼棒の破断・突出に至るなどのリスクが存在。
- 特に床版の劣化による土砂化は、舗装下の変状及び促進要因の水の有無の確認が難しいことや、劣化現象が複合して進行することなどから、点検・診断や、適切なタイミングでの措置を行うことが難しい。

課題と目標

- 外観変状の特徴と劣化状態との相関を把握しにくい床版の土砂化やPCグラウトの未充填に対し、AI技術によって劣化要因の早期検知や、各種点検データや劣化状態との相関を把握。
- それにより、点検・診断の信頼性向上（内部劣化と相関の高い変状の抽出・点検での重点化）、劣化状態の早期発見（非破壊検査データからの読み取り技術の向上）、適切な対策の提案を実現。

施策の概要

現状の管理手法

○床版の土砂化は、輪荷重による疲労、水の浸入、材料劣化等の要因と、舗装のひび割れや床版下面の漏水跡など外観変状との相関が明確でなく、現状の目視点検では抜け落ち等のリスクが存在。

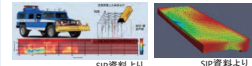
○床版の土砂化につながる劣化要因（水）の早期検知が困難であり、適切なタイミングでの的確な措置の実施が難しい。



- 目視での把握が困難
- 潜在的な劣化進行により重大な損傷が発生する可能性

【SIP成果】

- 水平ひび割れ・砂利化・水の検出
- 床版の余寿命評価技術



劣化した床版の損傷検知から余寿命評価までを行う物理モデルを構築

【本体施策】

- 実橋梁や撤去桁を活用した変状把握技術の信頼性向上・劣化要因に関する基礎研究
- 予測・診断技術の確立

劣化した床版の対策工法などハード技術を開発

残る技術的課題

- ・土砂化に至る前段階での劣化要因（水）の早期検知
- ・水の浸入から劣化に至るまでのメカニズムの解明
- ・劣化の前段階での適切な措置法の確立

【アドオン施策】

点検データに加え、非破壊試験結果なども対象としてAIによる相関分析を実施し、各種要因と劣化の相関を解明。措置の適性なども検証する。

- 水の早期検出・浸入経路特定技術の確立
- データマイニング・統計的アプローチによる各種要因と劣化の相関解析技術の確立
- 早期検知を前提とした適切な措置法の確立

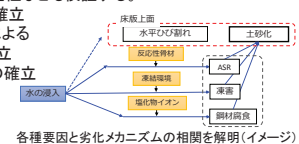
劣化促進要因をAIにより早期検知&劣化に至るまでの各種要因と劣化の相関をAIにより解明

達成したい管理手法

技術開発ニーズ

- 定期点検時に簡易な非破壊技術を用い、内部変状と相関の高い点検項目を重点的に把握し、劣化を早期に検出。（多様な情報を活用した総合的な診断）

○予防保全の効果を最大限発揮できる、劣化初期に有効な対策の実施。



重点テーマとの整合性

- RC床版の土砂化箇所やグラウト未充填箇所等における水の早期検知や、劣化要因の特定により、適切な時期での予防保全が可能となり、インフラの長寿命化に寄与。

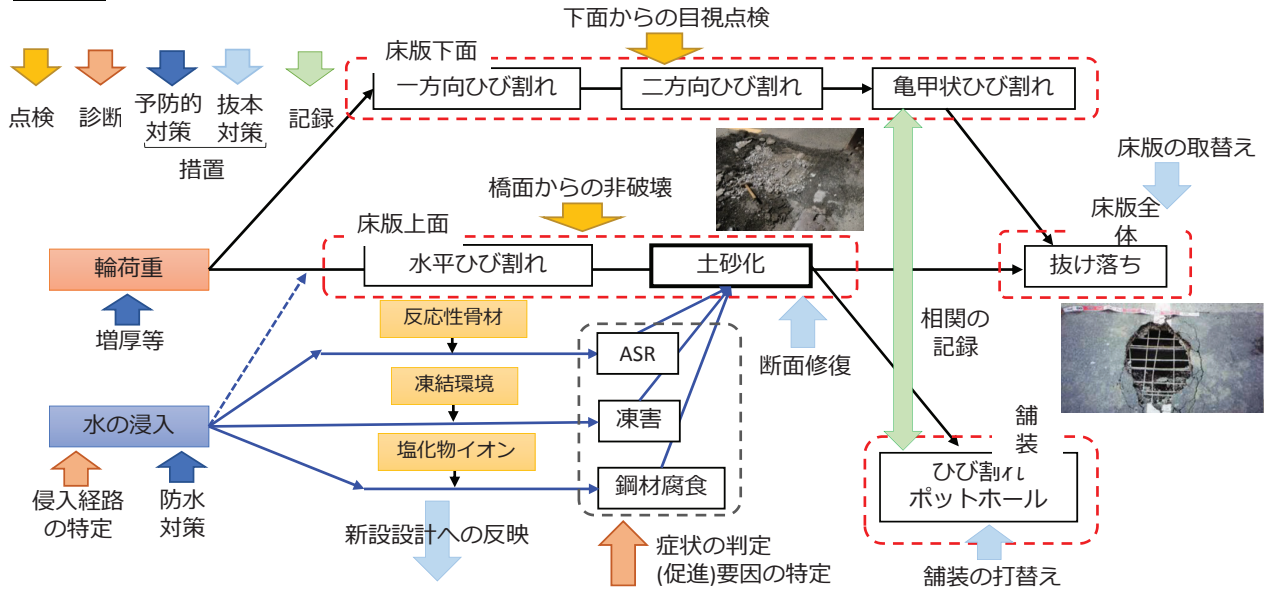
アドオン施策として申請する理由

- これまでに蓄積した、各種劣化現象に関する基礎研究や、点検結果に対する分析結果等のデータ・知見をAI技術によって統合することで、複雑な劣化事象に対する要因解明や有効な対策法の開発が促進され、点検・診断の信頼性が向上。

【PRISM1】 参考 床版の劣化(点検・診断・措置・記録)

- 現状**
- 床版の劣化による土砂化は、床版上面のひび割れとして症状が顕在化するものの、日常点検の中で舗装のポットホールとして対処されるなどにより、抜け落ち等に至るリスクが見えなくなってしまう。
 - 一方で、舗装下の変状及び促進要因の水の有無の確認が難しいことや、劣化現象が複合して進行することなどから、点検・診断や、適切なタイミングでの適切な措置を行うことが難しい。

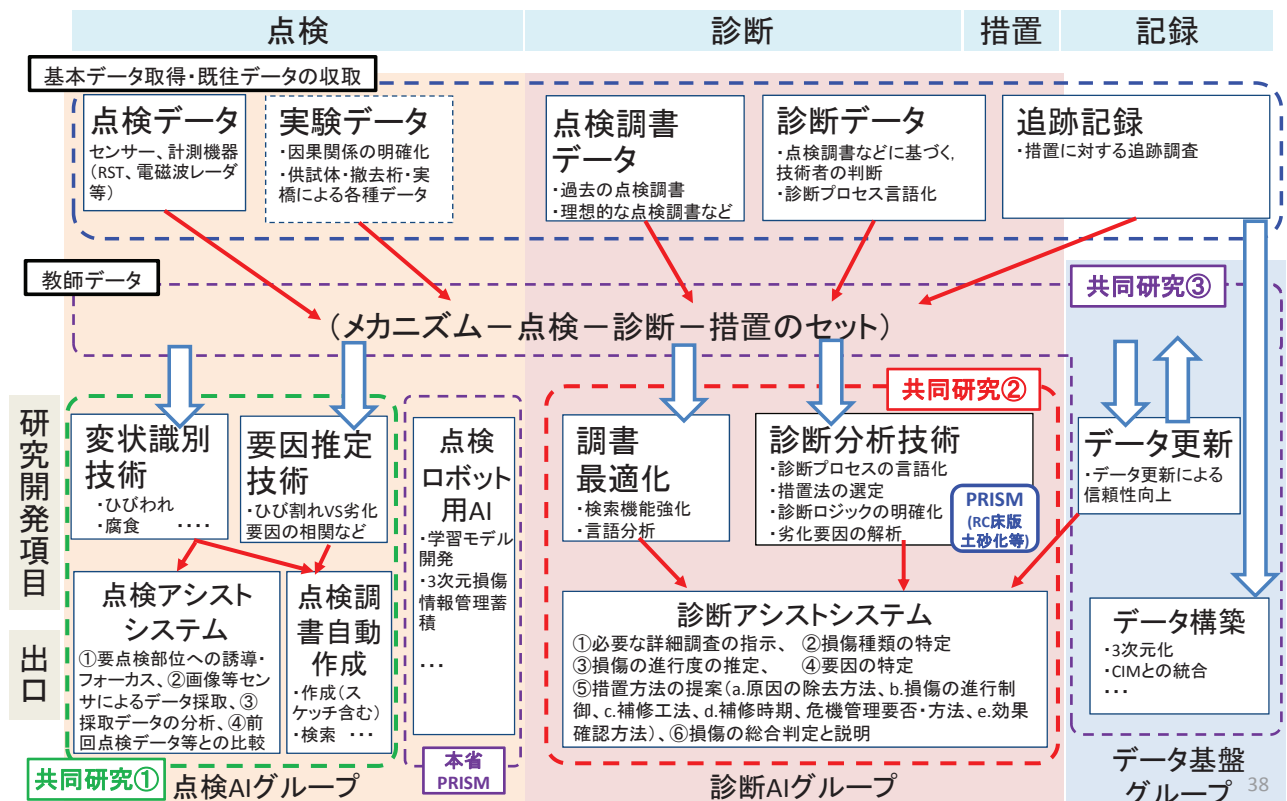
主な流れ



37

AIを活用した道路橋維持管理の効率化

- 点検AIでは、要点検部位への誘導とフォーカス、調書の自動作成などを目標
- 診断AIでは、損傷種類・要因の特定、措置方法の提案などを開発



38

点検アシストシステム

- ①要点検部位への誘導・フォーカス
- ②画像等センサによるデータ採取
- ③採取データの分析
- ④前回点検データ等との比較

診断アシストシステム

- ①必要な詳細調査の指示
- ②損傷種類の特定
- ③損傷の進行度の推定
- ④要因の特定
- ⑤措置方法の提案(a.原因の除去方法、b.損傷の進行制御、c.補修工法、d.補修時期、危機管理要否・方法、e.効果確認方法)、
- ⑥損傷の総合判定と説明

データ構築

- ・3次元化
- ・CIMとの統合
- ...

39

ご清聴ありがとうございました

40