

討議

1. あなたが土木内外連携の要所としてプロジェクトマネジメント面で大切にしていることは何ですか？
2. 社会インフラメンテナンスに限らず土木外連携が成功した例をご存知でしたら教えてください。また、なぜうまくいったが考えられることを聞かせてください。
3. 連携相手の選定において重要視していることは何ですか？
4. 土木内外連携を進めるにあたって対等な横のつながりを保つためには何が必要と考えますか？

他分野における土木外連携の取り込み

土木内他分野における土木外連携の取組みから、自らの分野にも応用可能なものを取り込む

- 他分野での連携事例を参考に、自分の分野への取り込み可否を検討することは重要。
- 他の実績を参考に自らも実績作ることが重要
- 効率的に実用化するには必要な選択肢。
- 同様な手法を他の分野で実施している場合など、必要に応じて**連携や統合して、予算の分散を抑えるのも必要**かと思います。
- ゼネコン研究所組織などでは実践されていると思う
- **そうした状況になった時にコーディネーターが必要と考える。**

土木内外連携の状況

◎事業化:インフラ管理者が事業化しているもの
○研究開発:インフラ管理者が実証実験として行うもの

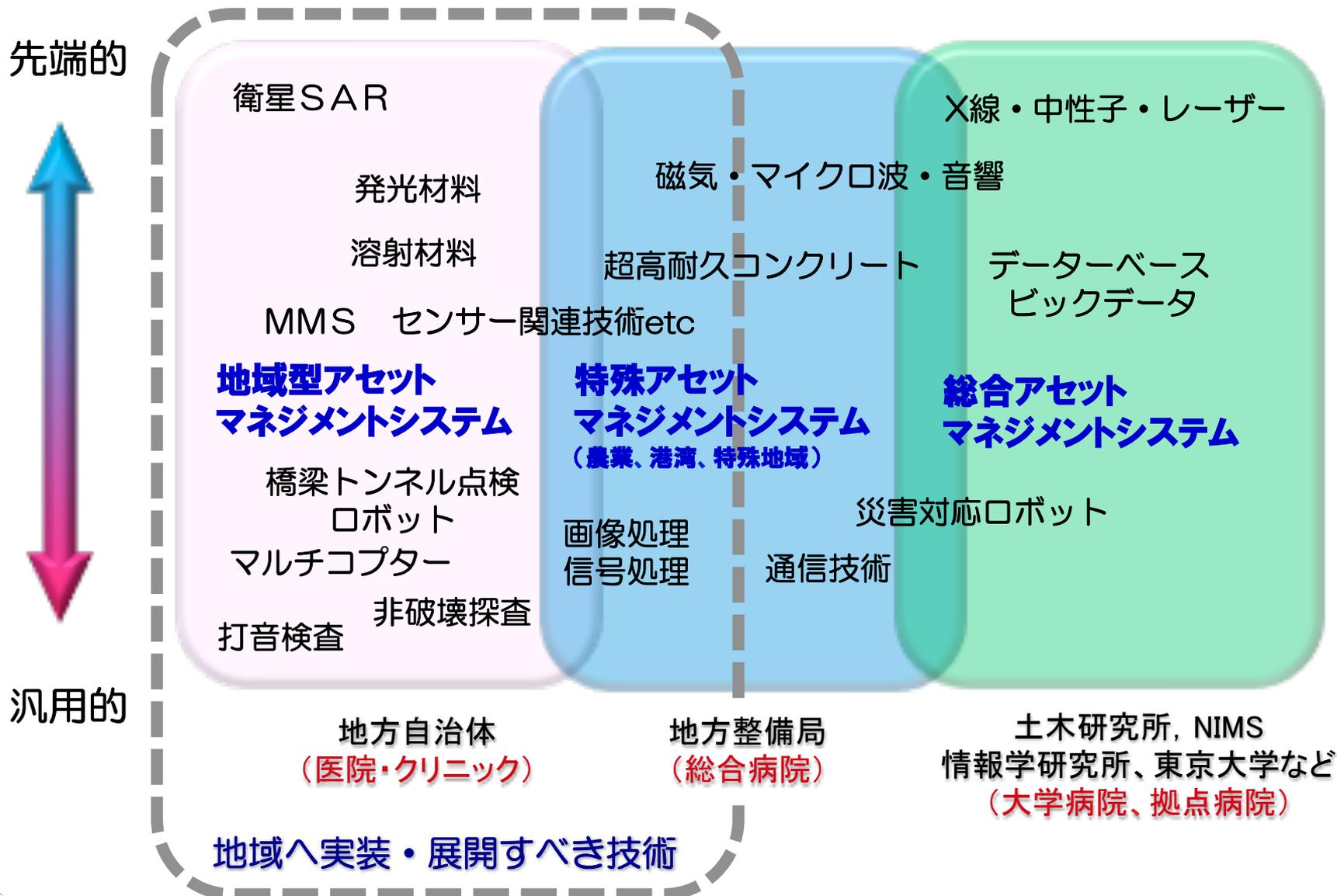
技術（大分類）	技術（小分類）	インフラ別								構造別										
		河川	上水道	下水道	道路	鉄道	港湾	鋼桁	PC/RC桁	下部工	支承	床版	高架橋	舗装	軌道	トンネル	斜面	護岸（河川）	岸壁・防波堤	管路
3次元点群データ		○			◎◎	◎◎	◎◎	◎	○	◎◎	○		◎	◎		◎	◎◎	◎		◎◎
レーザー	打音加振と集音				○										○					
	コンクリート剥離				○	○									○					
	測量（Lidar含む）	○			○	◎	○			○					◎		○	○	○	
レーダー	衛星SAR	○	○		○	○	○		○							○	○	○	○	
	地上SAR				◎	◎					◎		○	◎	◎			◎	○	
AE法					○	◎					○	◎								
磁気検査					○			○	○											
	鋼材腐食による自然電位				◎			◎	◎											
電気探査	比抵抗	○	○		○								○				○		○	
音聴調査			◎																◎	
中性子線	高出力X線・中性子線				○	○			○	○		○								
赤外線					◎	◎			◎	◎		◎								
弾性波探査	2次元表面波探査				○	◎◎			◎				○	○						
DRONE		○		○	◎◎	◎◎	◎	○	◎◎	◎◎		◎◎			◎	◎◎	◎	◎	◎	
IoT		◎◎	○		◎◎	◎◎	○	○	◎◎	◎◎	◎◎	○	○	◎		◎◎	◎	◎	○	
機械学習	画像解析による評価（ひび割れ）	○			◎◎	○	◎		○	○		○	◎		○					
	画像解析による評価(ひび割れ以外)		○	○		○		○						○			○			
	既存手法の自動化				○	○	◎◎		○	○					○		◎		◎◎	
	予測，モデル高精度化	○	○	◎	○		○					○				○	○	○	○	
	類似画像の抽出	○			○		○	○	○	○	○	○				○	○	○	○	
画像解析（機械学習以外）	変位・たわみ抽出					○					○									
	ひびわれ	○			○				○	○		○			○	○	○			
通信技術	ローカル5G					○			○											
	LPWA	○	○	◎	○	○	○							○		○		○	○	
分布型光ファイバセンサ	温度，ひずみ，振動				◎	○	◎	○	○			◎	○	○	○	○	○	○		

①多分野で事業化まで進む技術：点群データ， DRONE, IoT

②複数分野で事業化まで進む技術：地上SAR， 赤外線

③多分野で研究開発が進む技術：衛星SAR， 機械学習， 画像解析， レーザー測量， 中性子線， LPWA， 分布型光ファイバ

2) SIP統括チームとして全体をみて成功した事例を紹介



点検・モニタリング・診断技術の分類（=異分野連携）

点検支援ツール

ハンディタイプの高感度磁気センサー
AIサポートによる打音ハンマー etc

スクリーニング

衛星SAR, 航空機によるレーザー計測
車両によるレーザー計測, レーザー計測
ドローンによる高解像度カメラ etc

常設モニタリング

ネットワーク化された多数のセンサー
重要構造物, 長大橋, 斜面の監視

詳細点検技術

高出力X線, 小型中性子による非破壊探査

技術の展開

地域実装支援チーム活動紹介



ロボット点検技術の橋梁への適用

岐阜大学チーム (各務原大橋)

鳥取大学チーム (江島大橋)

地域の大型橋梁へのロボット技術の試験運用

「近接目視」がきわめて難しい橋への挑戦 = ドローンによる点検？

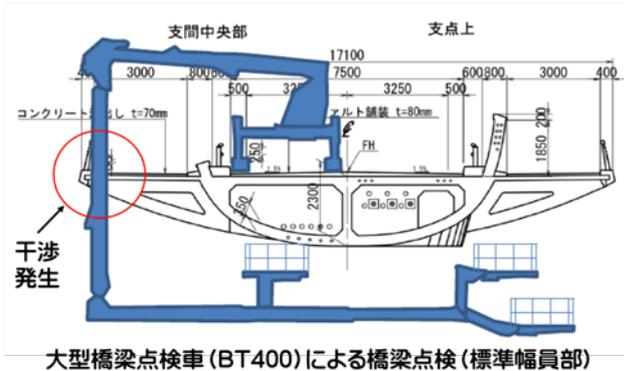


岐阜チーム



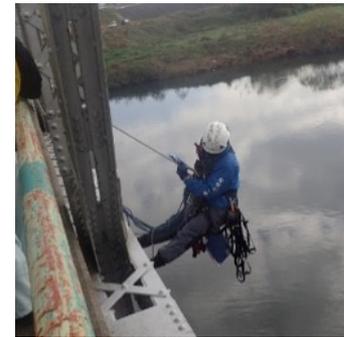
鳥取チーム

➤ 大型橋梁点検車を用いた点検が困難



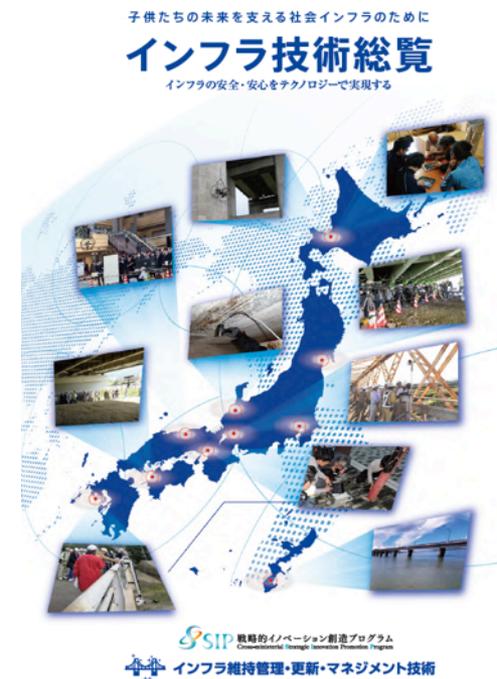
各務原大橋

管理者:各務原市
橋長:594m
全幅員:17.1m,
車道幅員:7.5m,
歩道幅員:
2@3.0m
10径間連続桁
フィンバック橋
2013年竣工



大型橋梁点検車の運用が困難・ロープアクセスの多用・移動式足場による点検

データの 集約と連携



インフラデータベースとプラットフォーム
東北大学チーム (DBMY)
国立情報学研究所

データ駆動型インフラマネジメント
東京大学チーム



橋梁点検データを一元管理!時短!経済的な点検に!

点検診断の高度化・効率化、補修計画・予算管理の適正化を実現

DBMY

■概要

- SIPにおいて研究開発された、東日本高速道路株式会社のデータベース(DB)システムを元に、自治体向けのDBシステムを構築・導入支援

■自治体が抱える課題

膨大な管理ストック

- 県と市町村はすでに1万件の点検データを蓄積
- 今後も年間1,600件ずつ増加

必要な情報を探して準備するのが大変!

市町村の対策の遅れ

- 老朽橋対策のカギは市町村

市町村管理橋梁 (要対策 2,411橋)



■活用実績・予定等

- 平成28年度 山形県でサービス開始
- 平成29年度 山形県内全35市町村が「山形県道路橋梁メンテナンス統合データベース(DBMY)」を導入

DBMYを共同運用

東北大学 IMC | 山形県 (本庁) | 山形県建設技術センター

山形県 (総合支庁) | 県内全35市町村

料金 | サービスの提供

DBMYを共通基盤とした市町村への技術支援

市町村に展開

自治体向けインフラDB

開発への協力 | 成果を提供

東北大学 IMC | 宮城県建設センター

宮城県の市町村様式にカスタマイズ

平成30年度、宮城県と仙台市に導入予定
福井県(平成30年導入準備)

その他、導入を検討される自治体が増加中!

■導入のメリット

1橋分の橋梁診断書(カルテ)作成に要する時間

手作業 ※資料を探しながら入力

約3時間

→

統合データベースシステム

約3分

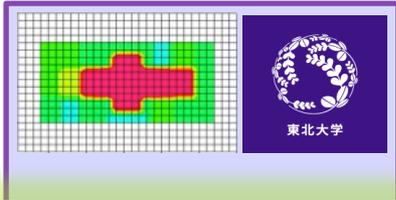
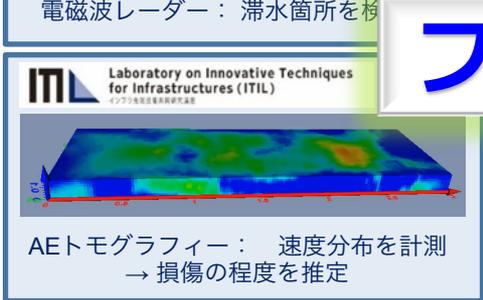
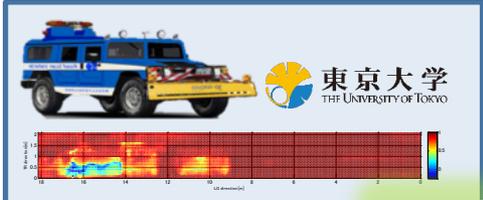
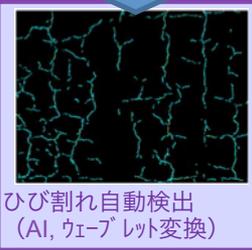
「自治体向けインフラDB」を活用させていただき、山形県版にカスタマイズしている。これにより、県が保有していた様式等の大幅な変更もなく、高性能で使いやすいデータベースシステムを短期間でかつ経済的に開発することができた。

山形県県土整備部

Society5.0 : 橋梁診断(フィジカル空間)と将来予測(サイバー空間)

非破壊試験

SIP開発技術による非破壊試験 



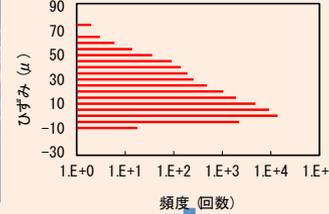
モニタリング

光ファイバーセンサー: ひずみ

加速度計



長期モニタリング



ひずみ (μ)

頻度 (回数)

フィジカル空間

画像、信号など ↓

センサーデータ ↓

ビッグデータ ↓

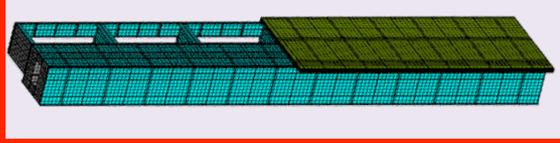
マルチスケール解析

サイバー空間に橋梁を作りこむ
→ 将来の状態を計算機内に再現

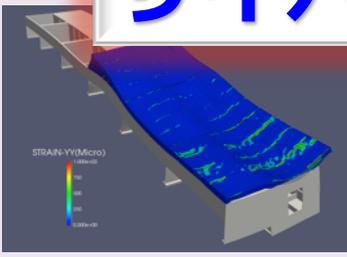
実橋梁



コンピュータの中の橋梁



ひび割れ・変形予測図



サイバー空間

解析を活用した診断・対策

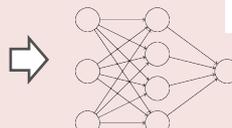
未来の環境を入れて予測する → 合理的な判断
税負担が軽減

補修しないときの未来 Ex 

補修したときの未来 

マルチスケール解析を教師としてAI学習

解析データ 

AI学習 

output 

高速化
普及促進
生産性向上

討議2)

土木内外連携の成功例

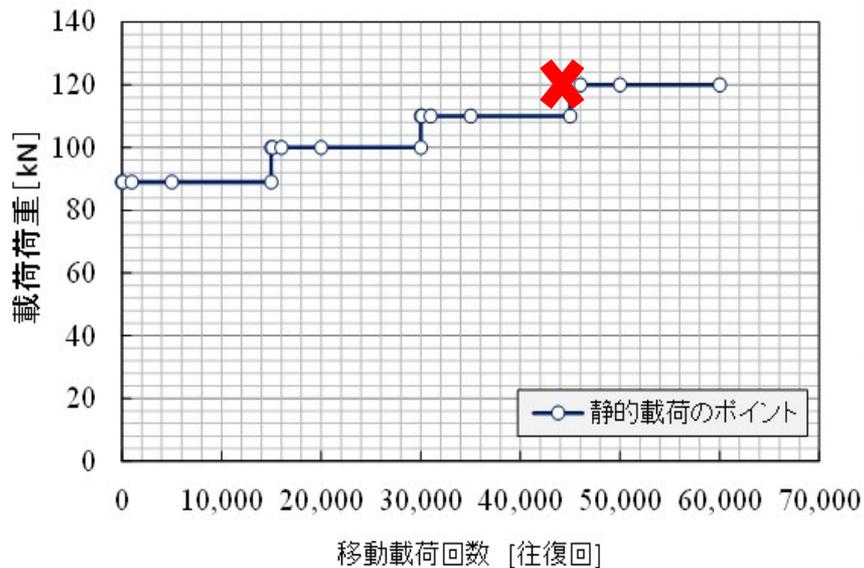
RC床版の疲労損傷実験



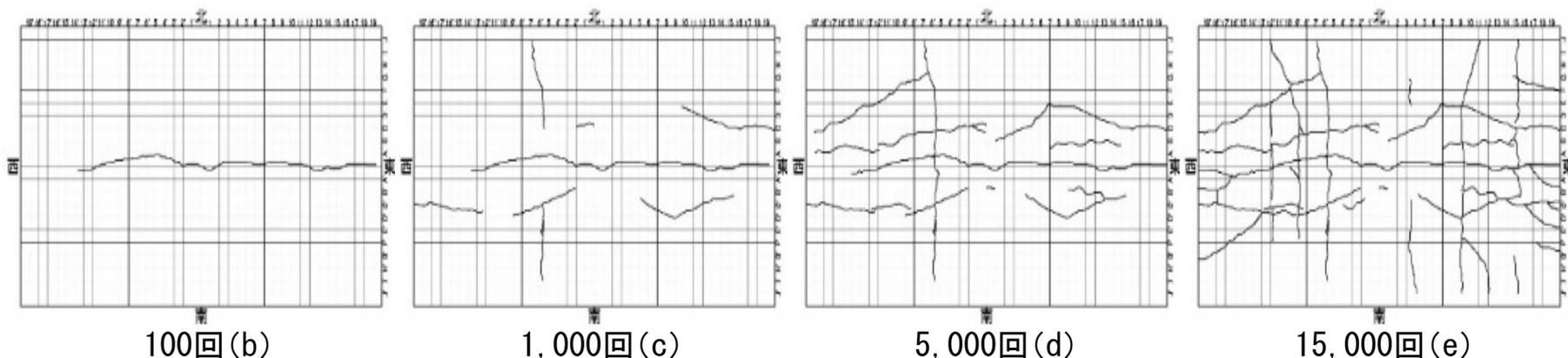
輪荷重走行試験



センサの設置状況(床版下面)

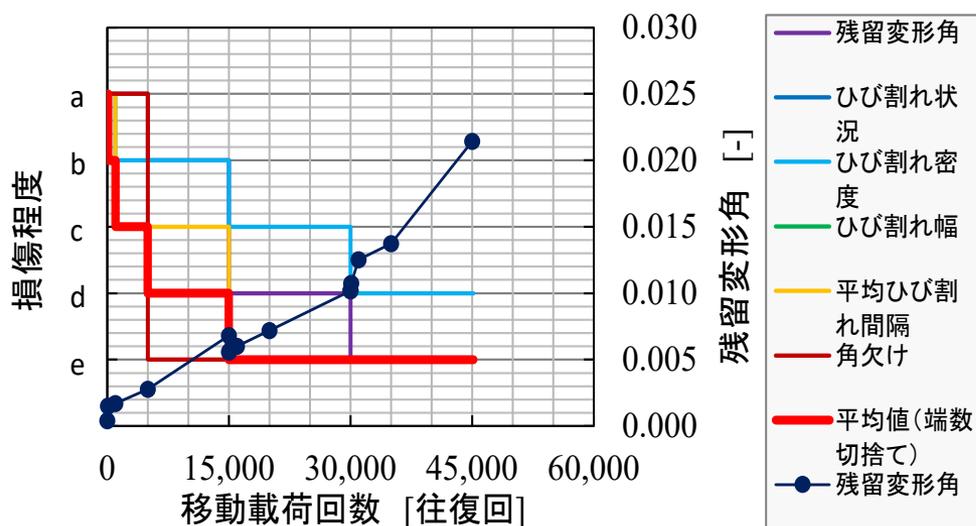


床版の損傷程度の評価

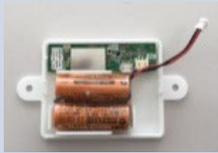
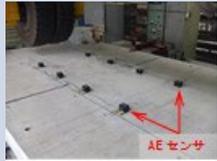


損傷程度と走行回数の関係

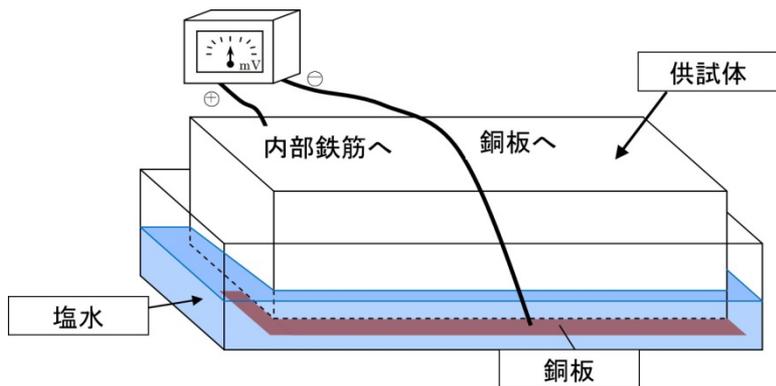
走行回数	損傷程度	健全性
試験開始～100回	a	I
100～1,000回	b	II
1000～5,000回	c	
5000～15,000回	d	III
15,000～45,167回	e	IV



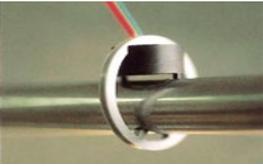
床版実験に使用したモニタリング技術一覧

項目	たわみ・振動			ひび割れ			
				表面		内部	
センサ	無線加速度センサ	加速度センサ	加速度センサ	光ファイバ	デジタルカメラ	デジタルカメラ	AEセンサ
							
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> 固有振動周波数の変化をモニタリング 	<ul style="list-style-type: none"> たわみ評価 スペクトルピーク分析 	<ul style="list-style-type: none"> 動特性（共振周波数, 減衰比）分析 	<ul style="list-style-type: none"> ひび割れマップ ひび割れ割合 	<ul style="list-style-type: none"> 静止画像撮影, 解析 	<ul style="list-style-type: none"> 動画撮影 ひび割れ開閉量分析 	<ul style="list-style-type: none"> AEヒット数分析 AEエネルギー分析
モニタリング技術の固有名称	固有振動数分析技術	低周波加速度特徴解析	振動センシング	ひずみ分布計測システム	ひび割れ撮影、画像解析システム	画像センシング	AE法

電食・浸漬試験による塩害モニタリング



塩害モニタリング技術の適用性

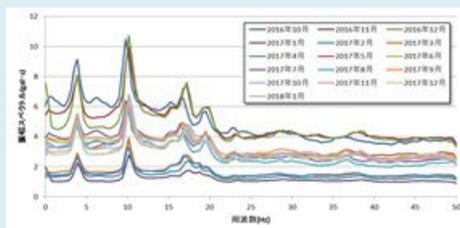
モニタリング方法	指標	概要(適用性)
GBRC腐食試験法 (ミニセンサー)	鉄筋位置の自然電位、 分極抵抗、液抵抗 	● 新設、既設構造物のいずれも鉄筋近傍に固定でき、鉄筋腐食モニタリングが可能。(○)
鉛照合電極 PbM-5型	鉄筋位置の自然電位、分極抵抗、液抵抗 	● 鉄筋の電位を測定するための基準電極。 ● 10年を超える実績があり、日本のスタンダード品となっている。(○)
RFID腐食環境検知システム (有線・無線)	模擬鉄筋の切断 	● コンクリート構造物内における腐食環境と表面から与える無線電場で計測・診断する。 ● 削孔設置が困難。また深さ方向の複数設置も難しい。(×)
アノード・ラダー・システム	模擬鉄筋の腐食 (腐食電流、電位、抵抗等) 	● 新設構造物を対象とし、鋼材の腐食危険性を常時監視する。 ● 削孔による設置が困難。(×)
エクспанション・リング・システム	模擬鉄筋の腐食 (腐食電流、電位、抵抗等) 	● 新設構造物を対象とし、鋼材の腐食危険性を常時監視する。 ● センサーが充填材を介さずに直接既設コンクリートに接触して計測可能。(○)
腐食センサ CS4・CS5	模擬鉄筋の腐食 (電位、抵抗) 	● 細い鉄線が腐食によって切断することを鉄線両端に生じる電位差によって検知する。 ● 電圧測定という簡単な操作で情報を得られる。(○)

RC床版のモニタリング実証実験(センシング)

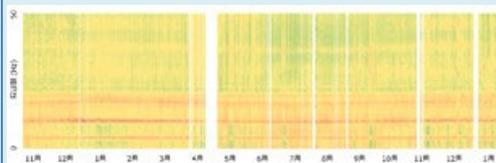


東北自動車道
大森川橋

無線加速度センサ (沖電気)

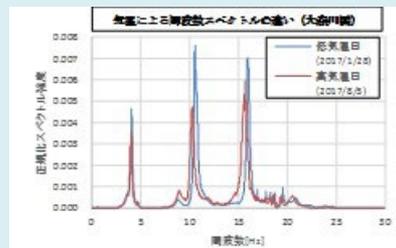


周波数分析結果の例

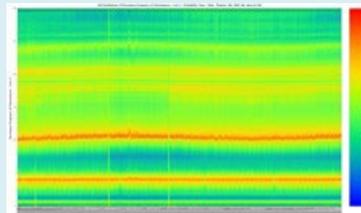


スペクトルグラム の例

3軸加速度センサ (能美防災)

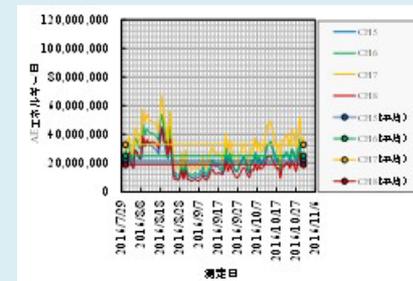


周波数スペクトルの例



カラーマップの例

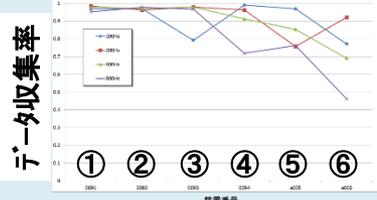
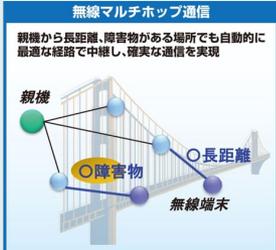
AEセンサ (鹿島建設)



AEエネルギー
の推移の例

RC床版のモニタリング実証実験(データ回収方法)

無線マルチホップ (沖電気工業)



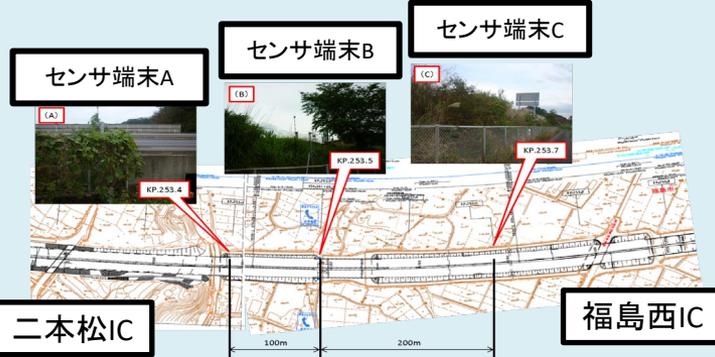
東北自動車道
大森川橋

LPWA伝送実験 (沖電気工業)



電波伝搬測定 電波到達距離の違い

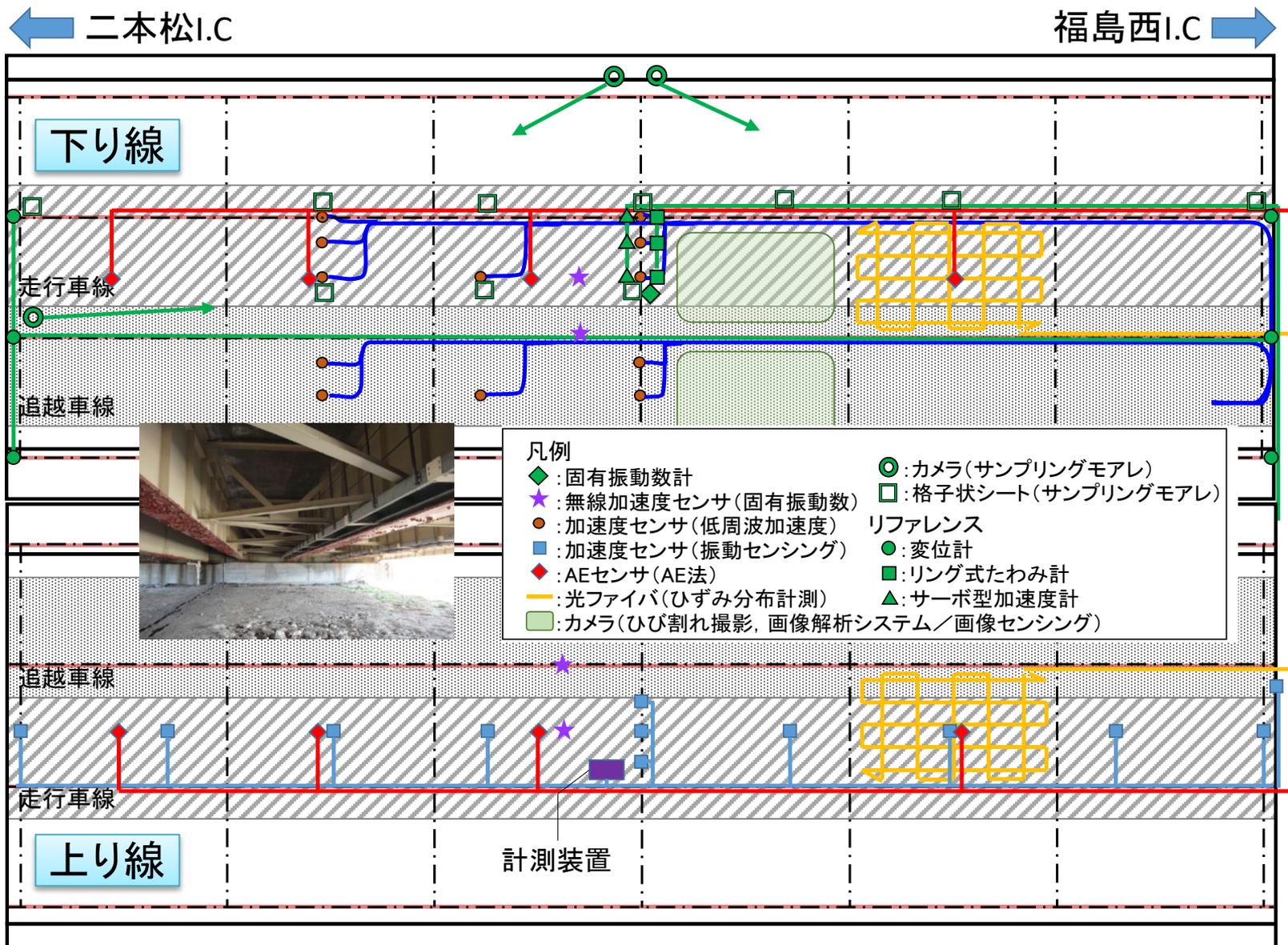
路一車間通信 (日立製作所)



センサデータ
回収用無線機



大森川橋の床版モニタリングのセンサ配置



大森川橋(床版)の現場実証試験項目

大森川橋での実証試験項目

実施項目	技術又はセンサ等名称	計測方法	計測予定期間
たわみ・振動の計測	固有振動数計	連続(4回/日)	1年
	サンプリングモアレ	基準車両走行時	1日
	振動センシング	随時	1日
	画像センシング	基準車両走行時 (その後定期(数回/年))	2日 (1年)
	無線加速度センサ	連続(1回/日)	1年
	3軸加速度センサ	連続	1年
リファレンス	リング式たわみ計	連続(12回/日)	2か月
	変位計	連続(12回/日)	1年
	サーボ型加速度計		
ひび割れの検知・計測	ひび割れ撮影、 画像解析システム	定期(1回/年)	1年
	画像センシング	基準車両走行時 (その後定期(数回/年))	2日 (1年)
	光ファイバ	連続(4回/日)	1年
	AEセンサ	連続 (その後定期(1回/年))	2か月 (1年)
リファレンス	クラックゲージ	連続(12回/日)	1年
データ伝送	マルチホップ伝送	随時	2日
	路一車間通信	随時	3日



振動センシング 計測状況

H28年度実証試験のスケジュール

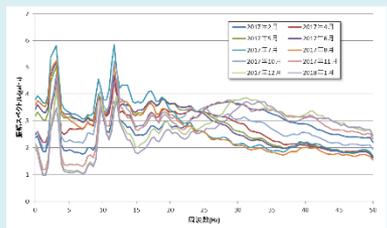
- 7/19～7/29: センサ等設置
- 8/1～ : 計測開始※
- 8/23～8/24: 基準車両による走行試験
- 8/29～8/31: 伝送試験

※H29年度床版更新まで継続して計測予定

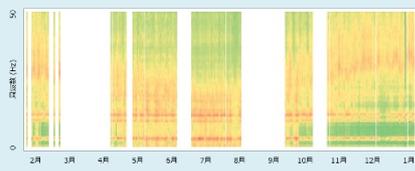


中央自動車道
城山川第二橋

無線加速度センサ (沖電気)

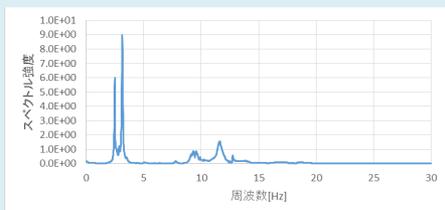


周波数分析結果の例

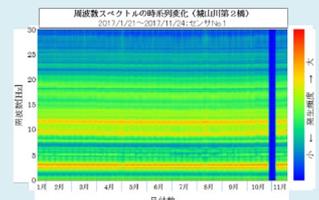


スペクトルグラム例

3軸加速度センサ (能美防災)



周波数スペクトルの例



カラーマップの例

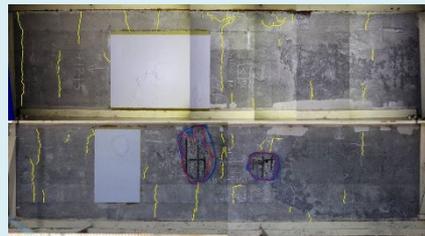
画像データ (国際航業)



撮影状況(地上)



撮影状況(足場上)



正規化および接合画像
+ひび割れ判読

塩害環境下の橋梁モニタリング実証実験

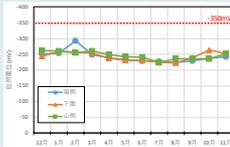
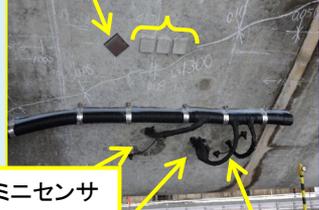
北陸自動車道 親不知海岸高架橋

飛来塩分の厳しい環境下のモニタリング

- 腐食センサ
- 鉛照合電極
- ミニセンサ
- 薄板小型モルタル
- ワッペン



ワッペン 薄板小型モルタル



鉛照合電極
自然電位推移

ミニセンサ

鉛照合電極

腐食センサ

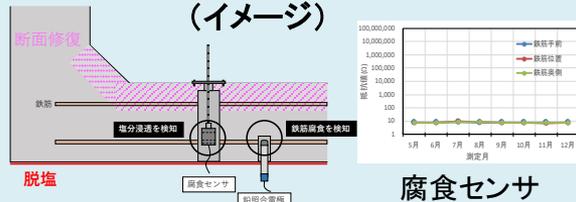
上信越自動車道 碓氷橋

脱塩工法による塩害補修効果のモニタリング

- 腐食センサ
- 鉛照合電極



センサ設置状況
(イメージ)



腐食センサ
抵抗値推移



腐食センサ



鉛照合電極

関越自動車道 茂沢川橋

断面修復後の再劣化
(マクロセル腐食) 検知
モニタリング

- 鉛照合電極



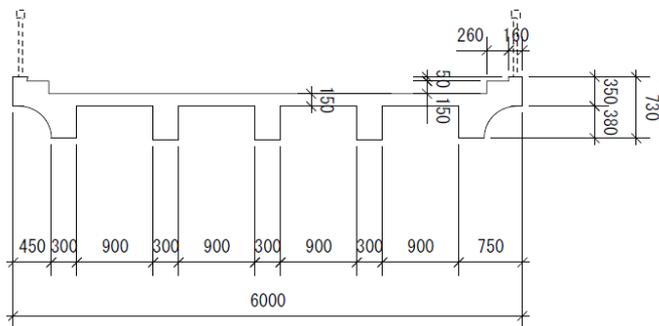
RCT桁橋のモニタリング現場実証試験



橋梁名: 五福4号橋
場 所: 富山県富山市
構造形式: RC2径間T桁橋
竣工年: 昭和2年
橋 長: 2@6m = 12.1m
総幅員: 6.1m

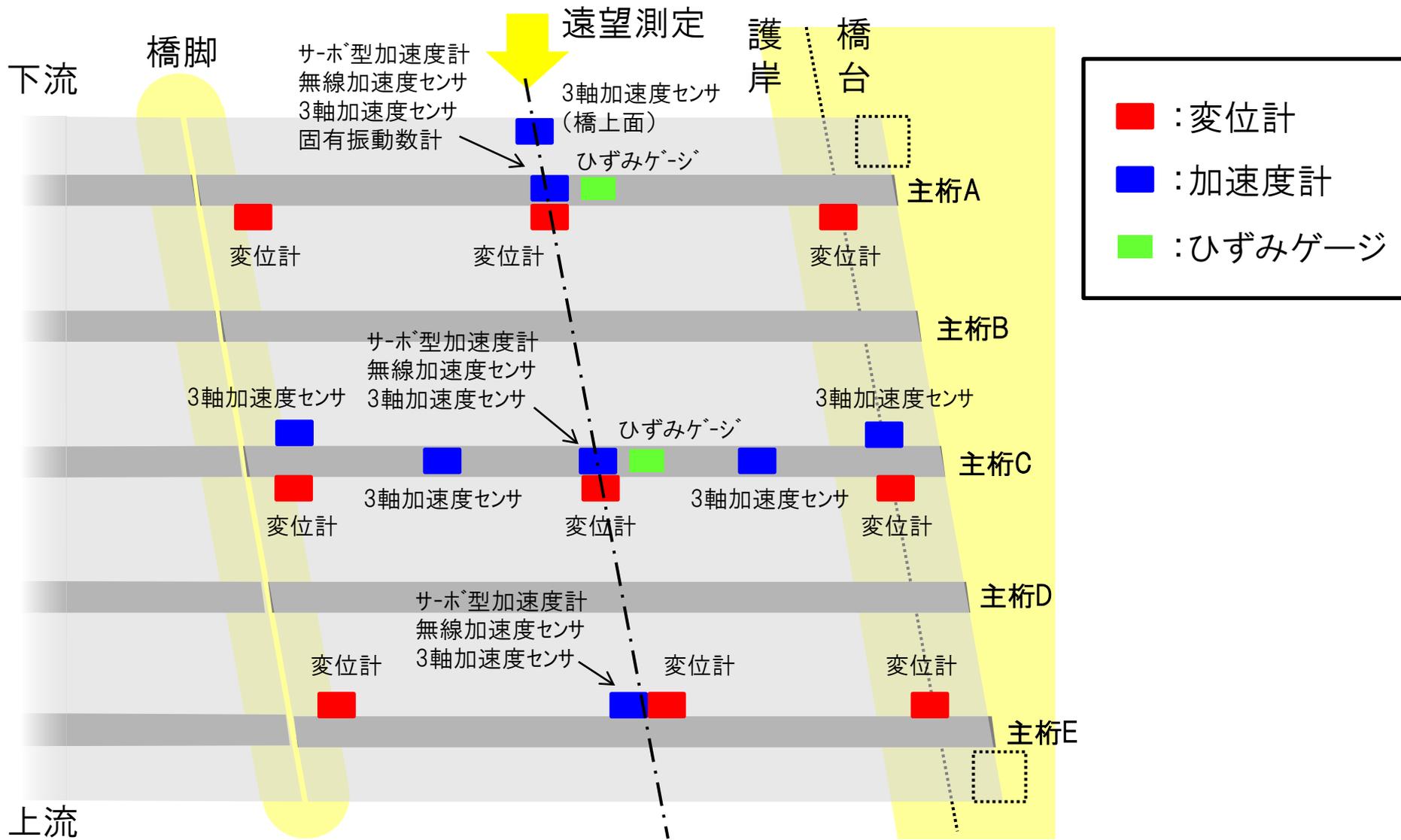
(備考)

- ・劣化が著しくH28.9撤去
- ・土研にて載荷試験を計画中



センサ・変位計等配置位置

センサ配置平面図



加速度計センサによる振動特性の計測



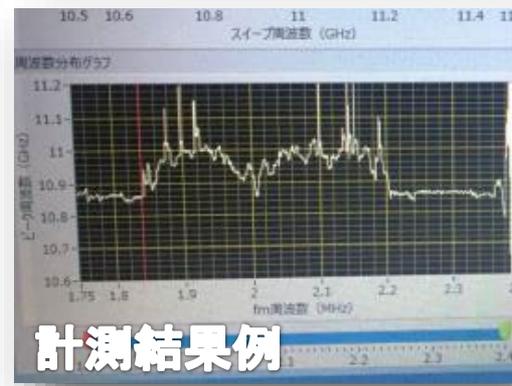
遠望測定型モニタリング



プレキャスト床版の継ぎ目部のモニタリング

光ファイバにより、疲労損傷が懸念される接合部のひずみを計測

- 橋軸方向に光ファイバを全長固定(1支間長)
- 定期的なひずみ分布計測に着手

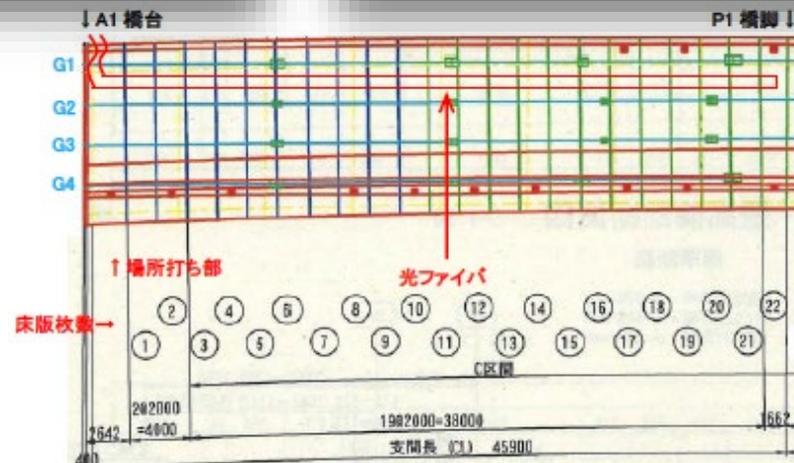


耐久性の高いプレキャスト床版は、
接合部に変状が発生しなければ健全である



【期待される効果】

- 接合部に変状が無ければ点検を省略
- 変状が発生した箇所だけを詳細に点検

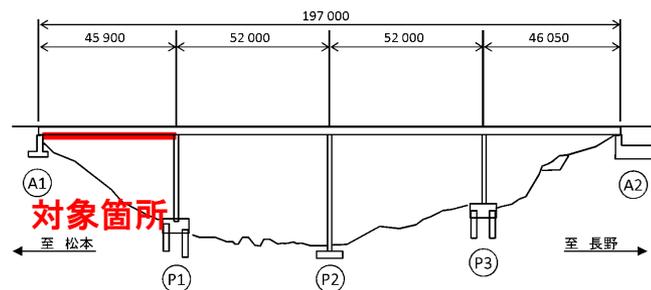
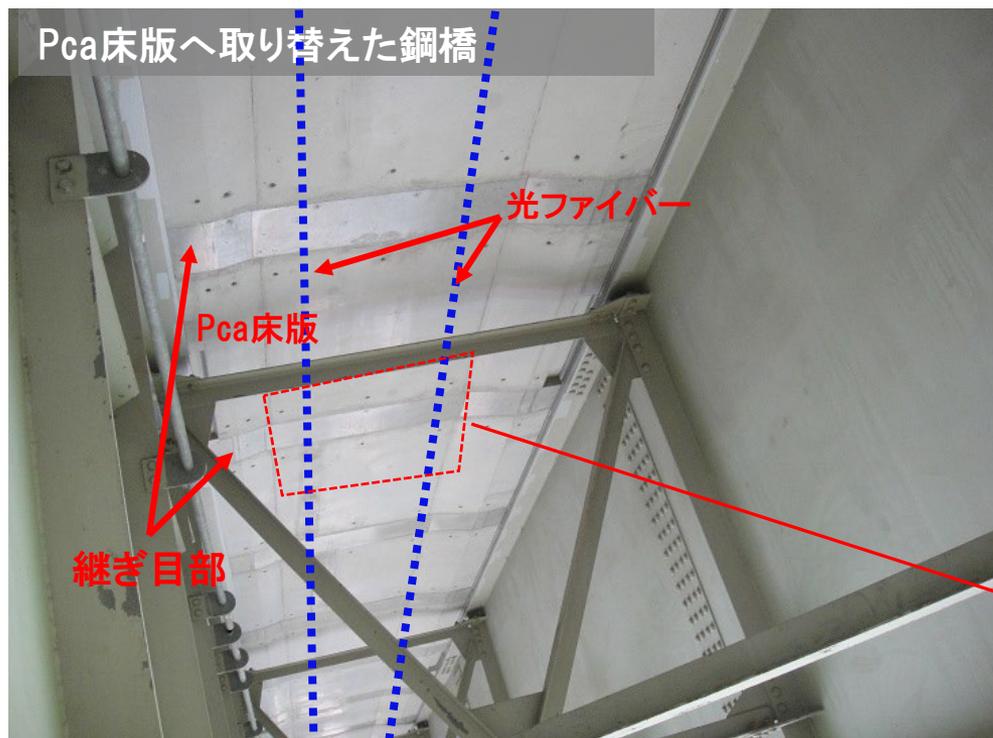


光ファイバによる床版継ぎ目部モニタリング

目的 ・疲労損傷が懸念される床版更新後の場所打ち間詰め部モニタリングの検証

期間 2017年6月～（計測中）

内容 ・A1～P1径間への光ファイバセンサ設置し、間詰め部の目開きモニタリング



構造形式：4径間連続鋼鈹桁橋



➤ 現場実証実験を出来るだけ実施

- 高速道路、一般道
- 同条件で多数データを取得
- 課題の確認と改良



実装のイメージを具体化
(管理者、企業ともに)

何がしたいか ⇔ 何ができるか

【SIP】ガイドラインの充実