

# 道路橋維持管理における モニタリング技術の活用

構造物メンテナンス研究センター  
橋梁構造研究グループ グループ長  
金澤 文彦

1

## RAIMS概要

組合名： モニタリングシステム技術研究組合  
【略称RAIMS(ライムス)】

代表者： 理事長 依田 照彦（早稲田名誉大学教授）

設立： 2014年10月

組合員：	(研究機関)	土木研究所
	(高速道路会社)	NEXCO東日本・中日本・西日本
	(建設会社)	鹿島建設 前田建設工業
	(建設コンサルタント)	日本工営 国際航業
	(電気・通信)	沖電気工業 日本電気
		日立製作所 富士通
	(設備・センサ)	共和電業 能美防災

(2018年9月現在14団体)

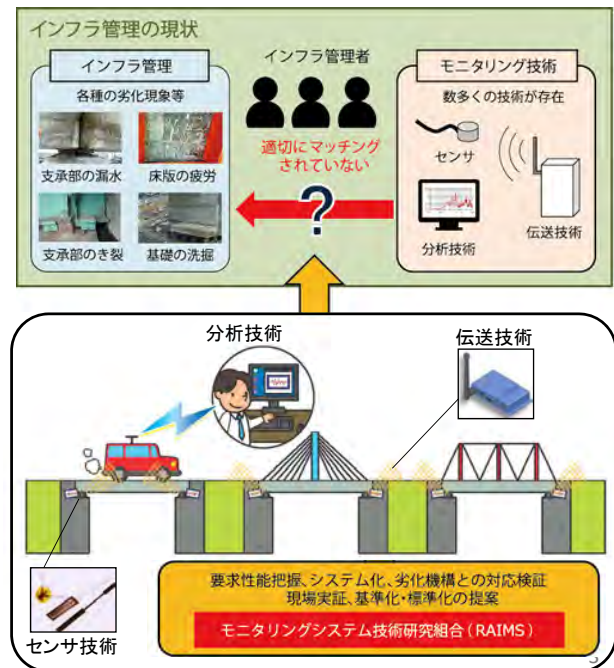
設立目的： 損傷・劣化の状態監視を社会インフラの維持管理業務へ活用するため、センサや通信・データ解析技術等を活用したモニタリングシステムの社会インフラ分野への実用化導入を図ることを目的とする。

2

# インフラモニタリングシステムの早期実用化に向けて

モニタリングシステム技術研究組合では以下の取り組みを行います。

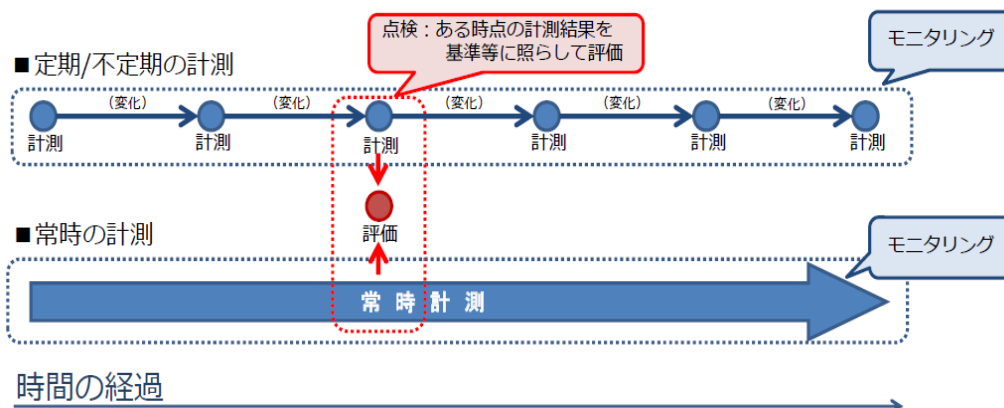
1. 管理者ニーズの把握によるモニタリングシステムの要求性能の明確化の提案
2. 構造物の各劣化機構を踏まえたモニタリング技術の適用性検証
3. 計測技術、通信技術、データ分析、評価技術を組合せたモニタリングシステムの現場実証
4. 維持管理レベルに応じたモニタリングシステムの提案



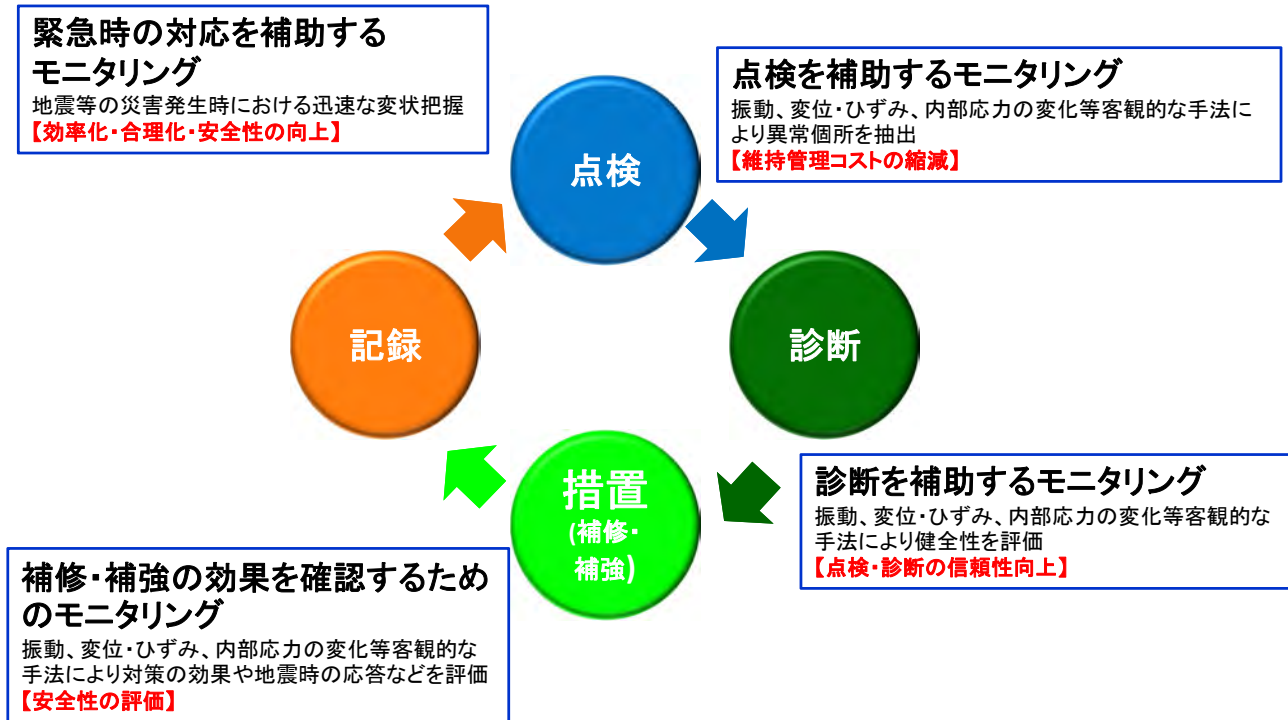
## モニタリングの定義

ガイドラインにおけるモニタリング技術の定義は、国土交通省の社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会における考え方を踏襲することとし、「構造物等の状況を常時もしくは複数回(常時/定期/不定期, 最低2 時点)で計測し、状態変化を客観的に把握する技術」とする。

また、この計測する技術に加えて、データを収集または伝送する技術、ならびにそのデータを保存・蓄積するとともに必要に応じて活用する技術を含めて、その総称を「モニタリングシステム」と呼ぶことにする。



# モニタリングの位置づけ



5

# 維持管理フローとモニタリングの活用場面

モニタリングの役割	管理者ニーズ	モニタリングの目的	タイプ
(1)点検の補助	日常点検時の変状の見逃しを低減する(スクリーニング)。	何らかの異常があった箇所を把握する(事象は特定できなくてよい)。	A
	定期点検の範囲を絞り込み、点検時間・費用を削減する。	健全性を確認している範囲を把握する。	B
(2)診断の補助	予防保全対策の実施により劣化損傷の重症化を防ぐ。	予防保全対策をとるべき状態に達したことを把握する。	C
	措置の優先順位づけを行う。	定量的データを取得し、比較する。	D
	健全度評価の精度を向上する。	健全度評価のための定性的、定量的データを取得する。	E
	供用状態を維持する。	通行制限あるいは通行止めにするべき状態に達したことを確認する。	F
補修・補強等の対策を講じるまでの間の状態を確認する。		G	
(3)補修・補強の効果の確認	対策の妥当性を確認する。	対策の効果, 持続性を確認する。	H
(4)緊急時の対応を補助	交通開放するまでの時間を短縮する(高速道路)。	落橋の危険が予測される箇所を把握する。	I
	通行危険箇所を放置する時間を短縮する(一般道)。		

6

# 維持管理フローとモニタリングの活用場面

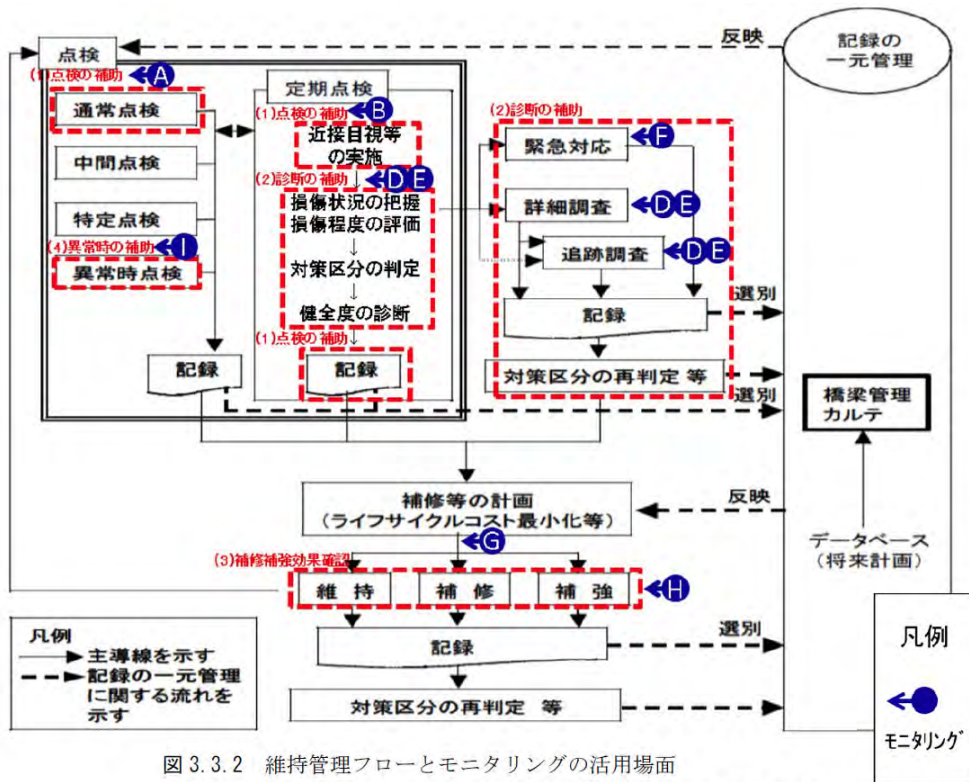
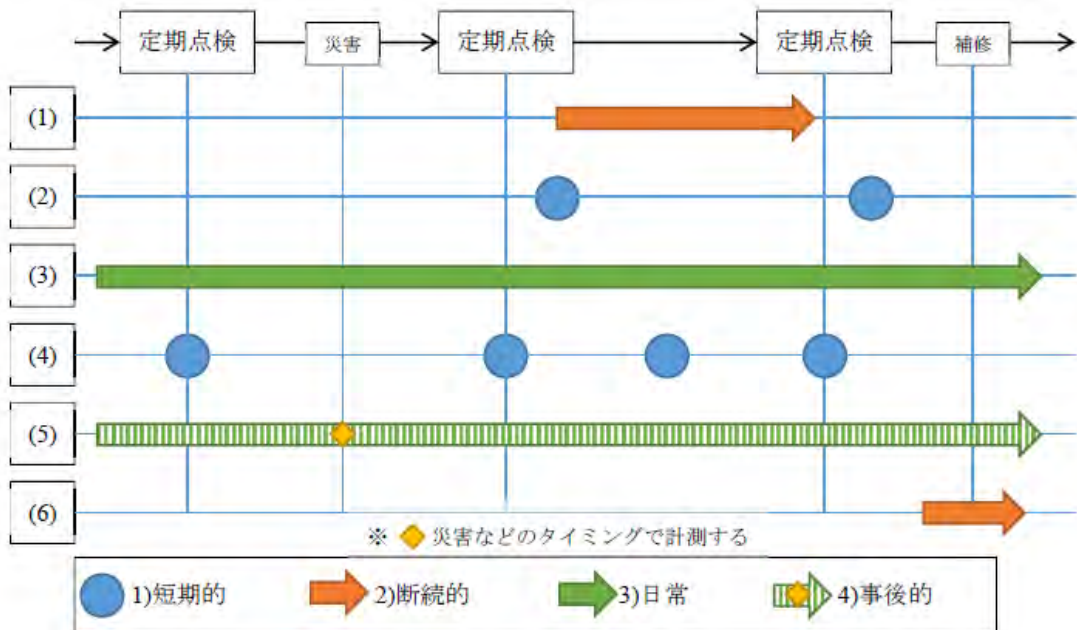


図 3.3.2 維持管理フローとモニタリングの活用場面

※国土交通省、橋梁定期点検要領、図-2.1 を参考に作成した。

# モニタリングの実施

## モニタリングの実施に関する概要図(実施パターンのイメージ)



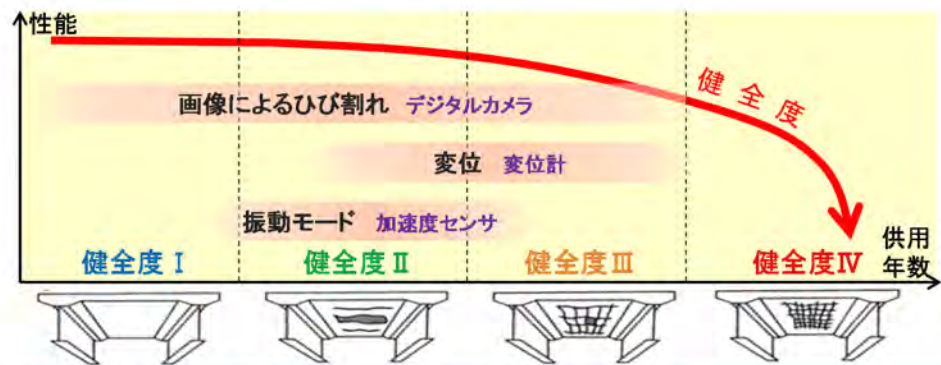


# モニタリングの活用イメージ

- ① 変状を確認したら行うモニタリング
  - (1) 変状の進行監視
  - (2) 健全度を評価するための情報収集
- ② 変状の早期発見のために行うモニタリング
  - (3) データの継続確認による異常発見
  - (4) 近接目視困難箇所の確認
  - (5) 災害時の変状箇所の早期把握
- ③ 補修・補強の効果を確認するために行うモニタリング
  - (6) 補修・補強前後の効果確認

9

# モニタリング技術のマッピング



【現状の点検を補助】 ・記録保存の合理化 ・安全性確保	画像によるひび割れ(定期的) デジタルカメラ			
		変位のモニタリング(常時) ロッド式変位計		
【診断を補助】 ・高度な評価		振動のモニタリング(定期的) 加速度センサ		
【補修・補強効果の確認】※ ・対策の効果・持続性		振動のモニタリング(定期的) 加速度センサ		

※検証は未実施だが、モニタリング技術の効果が期待できる

## RC床版の維持管理におけるモニタリングの種類と役割

10

# モニタリングの実証実験

## モニタリングの活用イメージ

- ① 変状を確認したら行うモニタリング
  - (1) 変状の進行監視
  - (2) 健全度を評価するための情報収集
- ② 変状の早期発見のために行うモニタリング
  - (3) データの継続確認による異常発見
  - (4) 近接目視困難箇所の確認
  - (5) 災害時の変状箇所の早期把握
- ③ 補修・補強の効果を確認するために行うモニタリング
  - (6) 補修・補強前後の効果確認

11

## 実証実験事例①

### —画像撮影によるRC床版のひび割れモニタリング—

#### 現在の点検での問題点

- 点検結果の客観性が担保できない。
- 点検者の技能による見落とし。
- 手間を要するスケッチ図作成。

• 客観的かつ正確な記録が必要。

#### カメラを使って画像を撮影

撮影画像に座標を持たせて、ひび割れ位置を管理することにより、別の時期に撮った写真との比較し、ひび割れ進行の確認が可能になる。

12

# 実証実験事例① —画像撮影によるRC床版のひび割れモニタリング—



東北自動車道 大森川橋

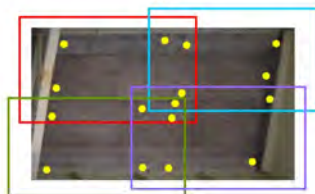


中央自動車道 城山川第二橋



# 実証実験事例① —画像撮影によるRC床版のひび割れモニタリング—

## ①撮影



オーバーラップ撮影、  
高精細画像と3次元  
座標(標定点)を取得

## ②正規化処理



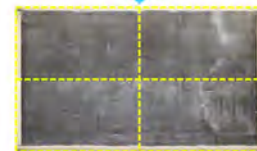
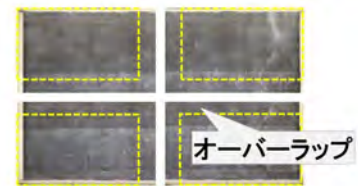
中心投影画像



正射投影画像

標定点の座標をもと  
に正規化処理を行い  
画像の歪みを除去

## ③画像接合



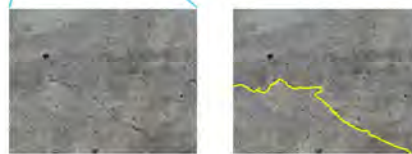
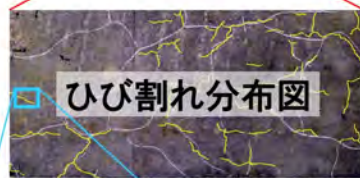
正規化した画像をパ  
ネル単位に自動接合



④ひび割れ判読

E1	D1	C1	B1	A1
E2	D2	C2	B2	A2
E3	D3	C3	B3	A3
E4	D4	C4	B4	A4

床版全体のインデックス



分布図がなくても画像から0.2ミリのひび割れを把握

⑤モニタリング



座標から劣化箇所を特定、2時期データの連動や解析も可能

モニタリングの実証実験

モニタリングの活用イメージ

- ① 変状を確認したら行うモニタリング
  - (1) 変状の進行監視
  - (2) 健全度を評価するための情報収集
- ② 変状の早期発見のために行うモニタリング
  - (3) データの継続確認による異常発見
  - (4) 近接目視困難箇所の確認
  - (5) 災害時の変状箇所の早期把握
- ③ 補修・補強の効果を確認するために行うモニタリング
  - (6) 補修・補強前後の効果確認



## 実証実験事例② —塩害のモニタリング—

### 現在の塩害補修における問題点

- 部分的に補修された構造物の既設部(未補修部)と補修部の境界付近で腐食(マクロセル腐食)が発生し、補修と再劣化を繰り返すことがある。

- 補修効果が得られたか確認が必要。

### 塩害のモニタリング

補修部の境界付近にセンサを設置し、腐食の進行を監視する。

17

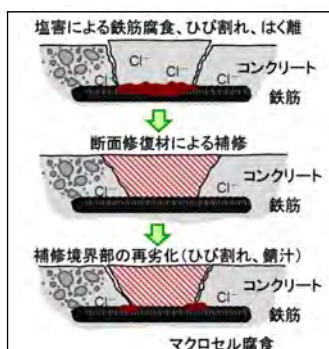
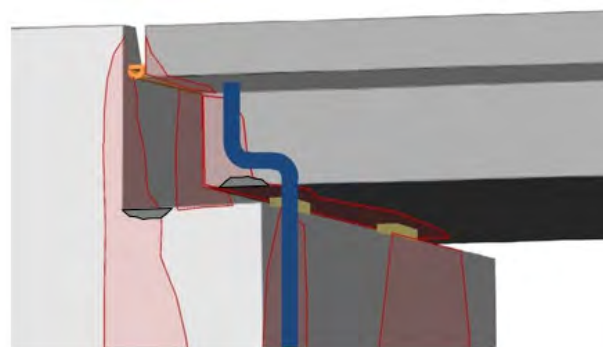
## 実証実験事例② —塩害のモニタリング—

### 塩害補修効果の把握、評価に役立つモニタリング

#### 【特徴】

- ①補修部の境界付近にセンサを設置し、マクロセル腐食の状況を把握
- ②表面被覆後のコンクリート内部の塩分浸透状況(遮塩効果)を把握

※塩害補修効果を把握し対策を評価することが可能



鉛照合電極、腐食センサ

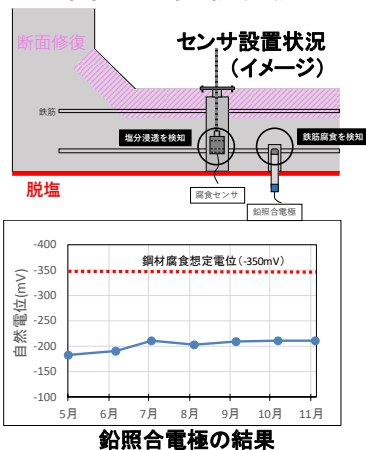
18

## 実証実験事例②

### —塩害のモニタリング(技術協力)—

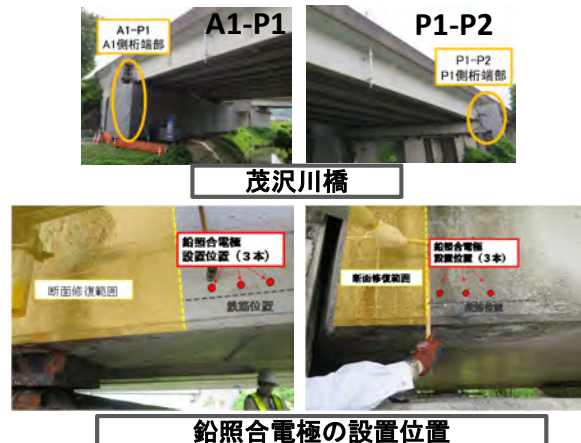
#### 碓氷橋 (上信越自動車道)

- **目的** 電気化学的脱塩工法適用後の再劣化状況の把握方法の検証
- **期間** 2017年4月～ (計測中)
- **内容** **鉛照合電極**と**腐食センサ**による**塩分浸透**と**鉄筋腐食**のモニタリング
- **現在までの成果** 初期値から変化なし
- **今後の予定** 月1回の計測を継続実施



#### 茂沢川橋 (関越自動車道)

- **目的** 断面修復後の再劣化状況の把握方法の検証
- **期間** 2017年11月～ (センサ設置済)
- **内容** **鉛照合電極**による**鉄筋腐食**のモニタリング
- **現在までの成果** 鉛照合電極設置済み
- **今後の予定** 月1回の計測を継続実施



施工・計測: NEXCO東日本

技術協力: RAIMS

19

## 実証実験事例③

### —被災した橋脚の補修効果の確認(技術協力)—

《熊本地震》 【前震】M6.5 (H28.4.14 21時26分)、【本震】M7.3 (H28.4.16 1時25分)

復旧事業: 国交省九州地整 熊本復興事務所

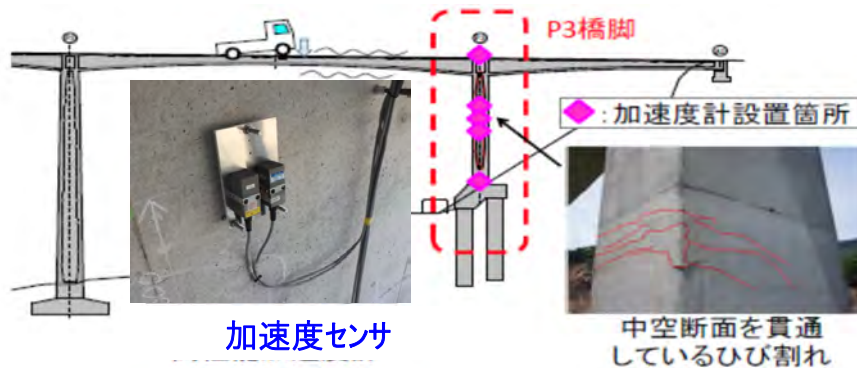
技術的助言: 国総研・土木研究所



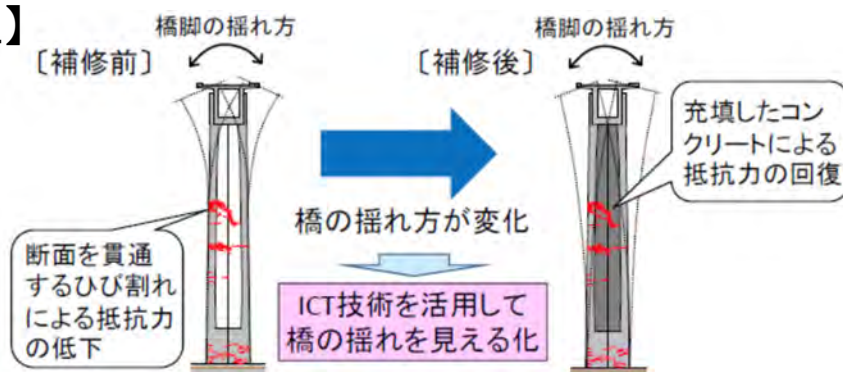
### 実証実験事例③

## 被災した橋脚の補修効果の確認(技術協力)

【振動測定】 加速度センサ (RAIMSが計測機器の選定に協力)



【評価原理】



※出典: 国総研熊本地震復旧対策研究室HP <sup>21</sup>

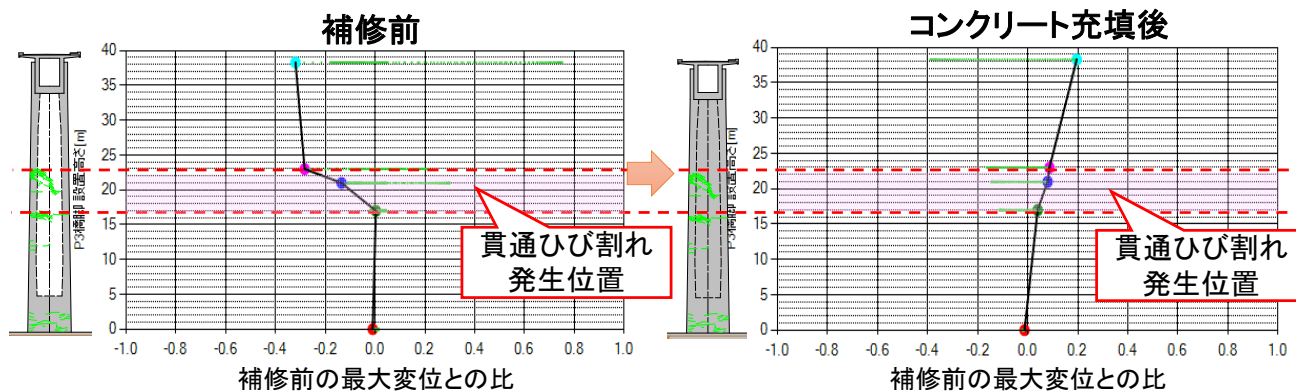
### 実証実験事例③

## 被災した橋脚の補修効果の確認(技術協力)

【計測結果の評価】

計測結果作図にモニタリングシステム技術研究組合 (RAIMS) が協力

※加速度⇒振動モードに変換し、振動形状を算出



補修前の中間高さでの不規則な挙動がなくなり、コンクリート充填後は補修設計で想定した橋脚全体での安定した振動形状に変化した。

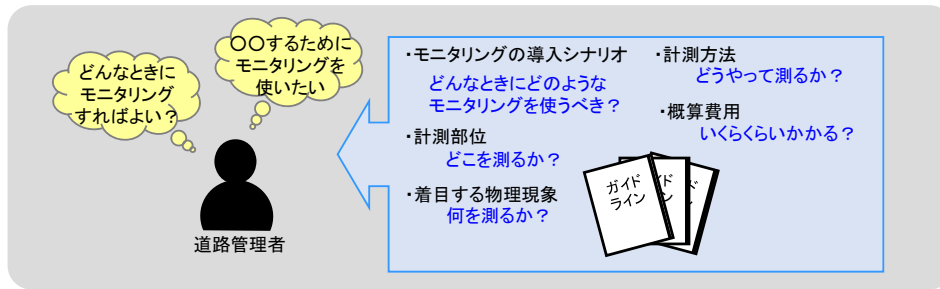
→ 補修・補強効果を確認

※出典: 国総研熊本地震復旧対策研究室HP



# 活用ガイドラインの作成

橋梁を中心とした土木構造物を対象に、モニタリングの導入シナリオ（活用イメージ）や各種技術の適用方法、導入事例などをまとめたガイドラインを提案する。  
今年度完成予定、完成後は一般に公開する。



## 土木構造物のためのモニタリングシステム活用ガイドライン(案)

序文

- |                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| 第1編 総則                     | 第6編 下部構造のモニタリング         |
| 第2編 RC床版のモニタリング            | 第7編 のり面・斜面の安定性評価のモニタリング |
| 第3編 コンクリート桁のモニタリング         | 第8編 モニタリングデータの伝送        |
| 第4編 鋼桁のモニタリング              | 第9編 データの保存・活用           |
| 第5編 塩害環境下のコンクリート構造物のモニタリング | 付属資料                    |

23

# ガイドラインの作成

## ■ ガイドラインを作成する意義

- ✓ インフラ構造物の維持管理において、ICT技術の活用に対する期待は大きい。
- ✓ 構造物の点検や診断が近年特に重要となっており、それを補完するためにモニタリング技術の活用は有効である。
- ✓ センサによる計測技術や通信技術、データの分析評価技術などは多種多様のものが開発されているが、それを現場で使用するための標準がない。
- ✓ このため、インフラ管理者がモニタリング技術の適用場所や使用方法が分からず、開発されたモニタリング技術が活用されない。

### ガイドラインの効果

- 維持管理業務におけるモニタリング技術の導入シナリオが明示されて、インフラ管理者がモニタリングの活用を検討できる。
- 対象とする部材・部位および損傷ごとに推奨するモニタリング方法が示されて、インフラ管理者がモニタリング計画を立案しやすくなる。
- センサなどに求められる要求性能が示されて、モニタリングに必要な機器の選定に役立つとともに、メーカーにおける開発目標が明確になる。

24



## 社会実装に向けた対応

高速道路、直轄国道にモニタリング活用の推進、地方公共団体への情報発信・助言を行う。

- ① SIP地域実装支援チームとの連携
- ② 建設技術展やハイウェイテクノフェアなどの展示会への出展
- ③ 外部に向けた研究活動報告会の開催

### 今年度のRAIMSの情報発信の予定

SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術技術交流会

【日 時】平成30年7月19日(木)

【場 所】ベルサール飯田橋ファースト

建設技術展2018近畿

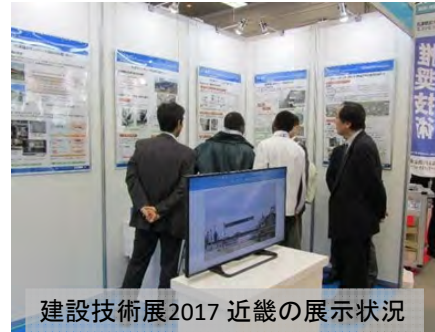
【日 時】平成30年10月24日(水)～25日(木)

【場 所】マイドームおおさか

ハイウェイテクノフェア2018

【日 時】平成30年11月28日(水)～29日(木)

【場 所】東京ビッグサイト



建設技術展2017 近畿の展示状況

社会インフラテック2018

【日 時】平成30年12月6日(水)～8日(土)

【場 所】東京ビッグサイト

25

## 社会実装に向けた対応

平成30年度RAIMS活動報告会

【日 時】平成30年7月20日(金) 11:00～18:00

【場 所】東京証券会館(東京都中央区)

【参加数】当日230名(申込み290名) ※SIP関連のご来賓を含む

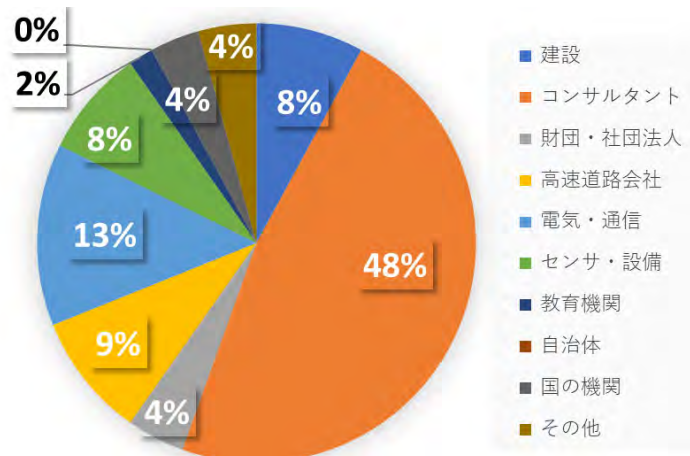
【題 目】『モニタリングシステムの活用に向けたガイドラインの提案』



講演者による活動報告の様子



会場ロビーでのパネル展示と実機デモによる活動紹介の様子



参加者の業種内訳

(アンケート回答者(230名中164名)の内訳)

※当日はSIPの田崎SPDをはじめ、内閣府・NEDO・JST・国交省のSIP関係者に参加いただくとともに、参加者と活発な質疑応答を行った。

26

### ガイドラインの作成

平成30年度にガイドラインを完成させる。完成後は一般に公開していく。

### モニタリング技術の現場への導入・普及

高速道路や直轄国道へのモニタリング技術の実装を目指す。実績を重ねることで、地方公共団体への展開をしていく。

たとえば

- ・点検の省力化
- ・すぐに補修・補強ができない場合の、対策実施までの監視
- ・塩害環境下での補修・補強効果の確認

## ご清聴ありがとうございました。

モニタリングシステム技術研究組合(RAIMS)が実施した研究は、内閣府の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の一環として国土交通省が実施する「社会インフラへのモニタリング技術の活用水深に関する技術研究開発」委託事業研究の成果を含みます。

RAIMSの活動については、下記ホームページからもご覧いただけます。

<http://raims.or.jp/>