

# 道路保全における非破壊検査技術の役割

木村 嘉富

(独) 土木研究所

構造物メンテナンス研究センター

y-kimura@pwri.go.jp

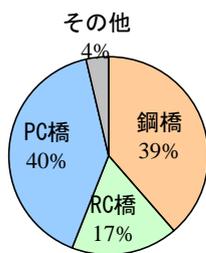
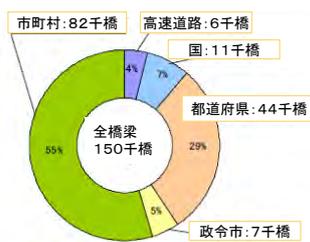
# 道路橋保全における 非破壊検査技術の役割

独立行政法人土木研究所  
構造物メンテナンス研究センター  
上席研究員 木村嘉富

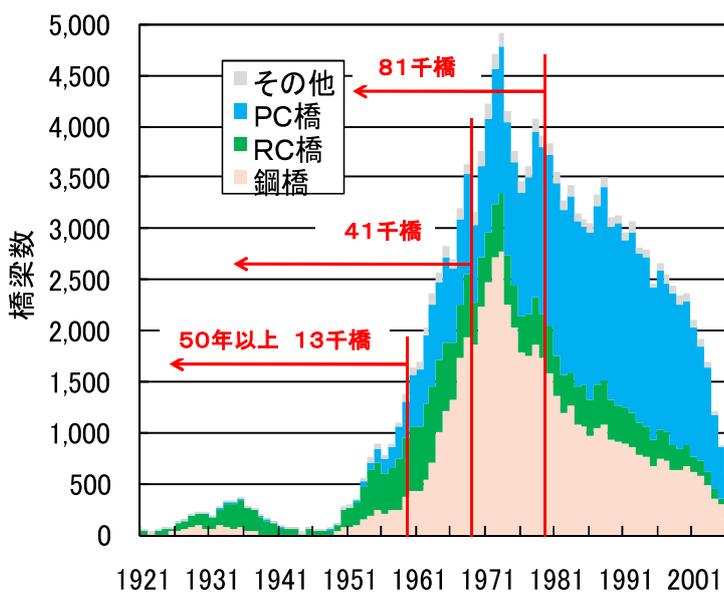


理研・土研合同シンポジウム 中性子による橋の透視への挑戦  
2010年6月30日

## 日本の道路橋



出典：道路統計年報2007



# 最近の海外での落橋事例



## コンクリート橋



**コンコルド跨道橋(カナダ、ケベック州)**  
 PCゲルバー桁橋  
 L=60.8m W=27.4m  
 1968年供用  
 損傷:ゲルバー受桁のせん断破壊



出典:調査報告書

## 鋼橋

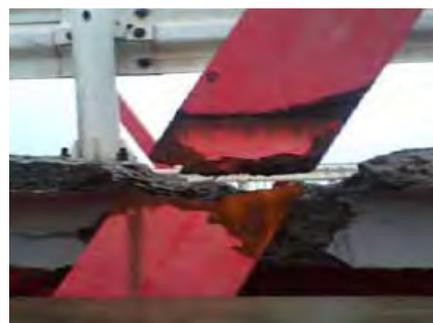


**I-35W橋(アメリカ、ミネソタ州)** 出典:John Weeks氏のHP  
 鋼上路トラス橋  
 L=581m  
 1967年供用  
 損傷:ガセットプレートが起点となり崩落

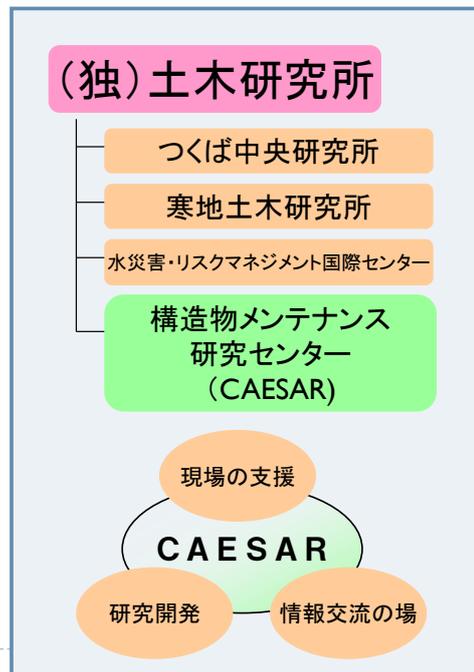
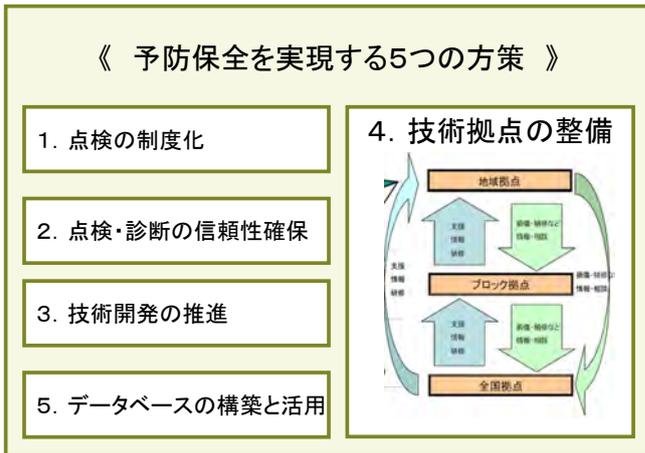
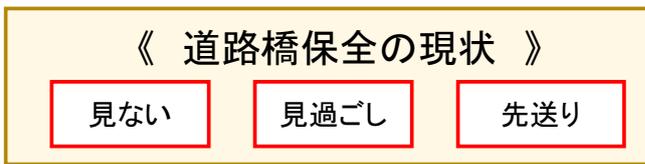


出典:CNNのHP

# 荒廃し始めた日本?

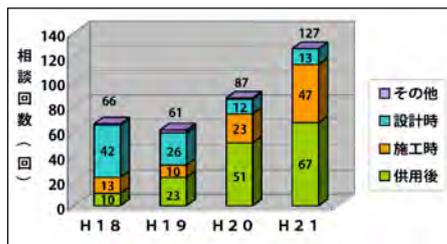


# 有識者会議の提言とCAESARの設立



道路橋の予防保全に向けた提言(H20.5.16)

# 急増する技術相談

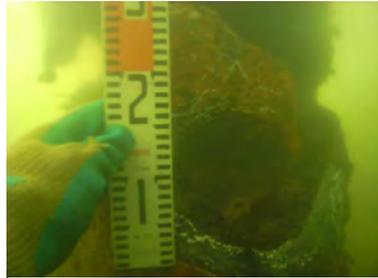


# 事例：鋼製パイルベント橋脚の腐食

## 国道9号「出雲郷大橋側道橋」

橋梁形式：3径間単純鋼桁  
橋長：L=54.46m 幅員：W=2m

損傷部位：鋼製パイルベント橋脚水中部  
損傷の種類：欠損



## 国総研・CAESAR

### 損傷原因と補修対策

- ・汽水域における水中部の腐食
- ・コンクリート巻立てによる応急措置

情報提供

## 全国の橋梁管理者

### 緊急点検

- ・鋼製パイルベント橋脚の水中部における断面欠損

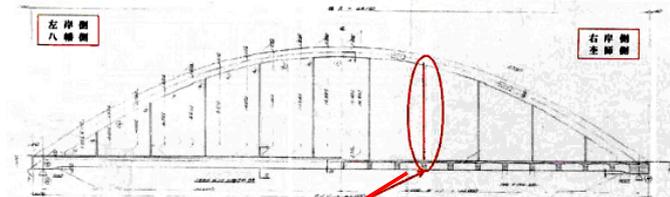


# 事例：アーチ吊材の破断

## 君津市道「君津新橋」

橋梁形式：下路式ローゼアーチ橋  
橋長：L=68.1m 幅員：W=14.0m

損傷部位：アーチ吊材(PC鋼棒)  
損傷の種類：破断



側面図

## 国総研・CAESAR

### 損傷原因と補修対策

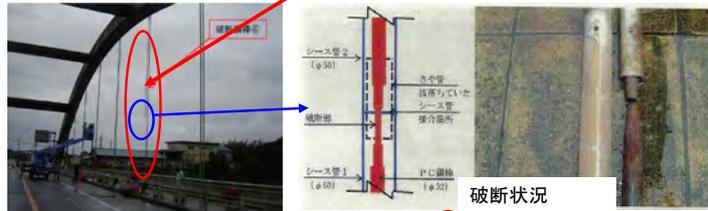
- ・異種金属接触腐食によるPC鋼棒の破断
- ・全吊材PC鋼棒をPCケーブルに交換

情報提供

## 全国の橋梁管理者

### 緊急点検

- ・吊り材の緊急点検



破断状況



関連部位の損傷



# 事例：RCゲルバー桁



【未補修部】

【補修部】

## 市管理橋梁

橋梁形式：11径間RCゲルバー桁橋  
橋長：L=253.7m  
竣工年：1935年  
活荷重：T-13

床版及びゲルバー部に鋼板接着  
昨年の地震で橋脚の一部が損傷  
→ 重量制限6トン

地方整備局道路保全  
企画官を経由して  
技術相談

## 国総研・CAESAR

### 損傷状況調査と当面の措置

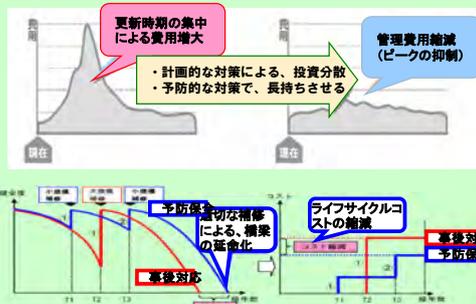
- ・ヒンジ部を中心に亀裂の状況を調査
- ・車両荷重規制の継続

# 「荒廃する日本」としないために



## 計画的な保全

橋梁の状態を評価・予測し、適切な時期に、適切な補修を行う。



- ・劣化状況を把握
- ・劣化の進行を予測
- ・LCCを最小にするための補修の実施時期・の選定法

他

機能の保持  
(通行止めさせない)

## 安全管理

落橋に至る致命的な損傷を見逃さない。



損傷状態を評価し、交通規制等、適切な対応を行う。

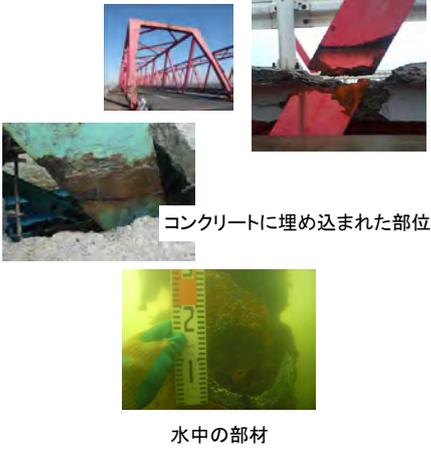
- ・致命的な損傷の事前検知
- ・耐力評価に必要な情報を調査
- ・通行規制等判断のための耐力評価
- ・構造物の性能回復法
- ・モニタリング

他

利用者の安全  
(落橋させない)

# 損傷状況の把握

## ▶ 目視できない箇所



## ▶ 外部からは把握できない情報



## 非破壊検査

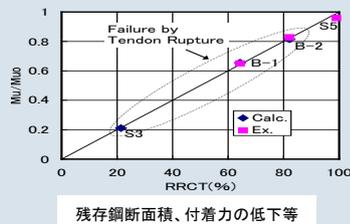
- ・損傷の著しい箇所を把握
- ・詳細な損傷情報を把握

# 損傷部位の耐荷力評価

## 撤去桁の载荷試験



## 損傷状況に応じた耐荷力評価法



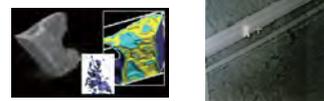
## 耐力評価に用いる損傷情報が不明



## 試験後の解剖調査



## 非破壊検査

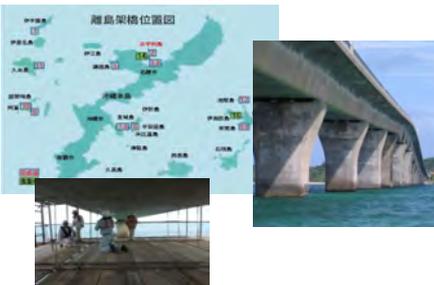


# 劣化予測

## ▶ 実構造物でのデータの蓄積が不足

### 沖縄県離島架橋100年耐久性検証プロジェクト

**既設橋**



既往の多数の実橋梁に関する実態データの集積と分析

**新設橋(伊良部大橋)**

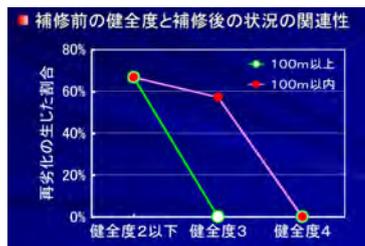


各橋脚やコンクリート桁において、コンクリート中への塩分浸透状況や鋼材の腐食状況を長期計測(建設時に、測定装置を設置)

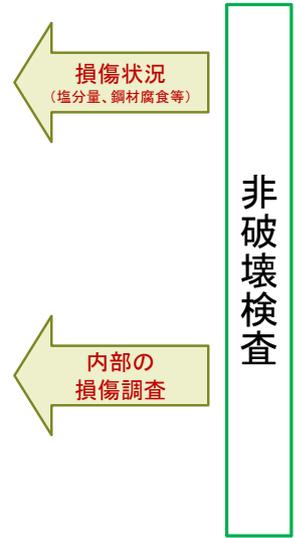
## 非破壊検査

# 補修・補強工法

## ▶ 効果的な補修・補強工法の選定



損傷原因、健全度に応じた工法選定が必要



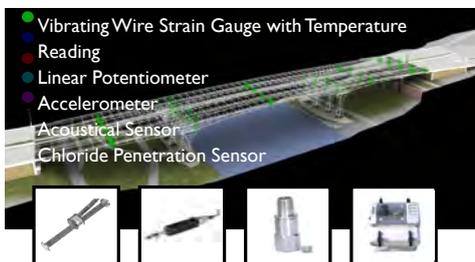
## ▶ 補修・補強部位の損傷把握



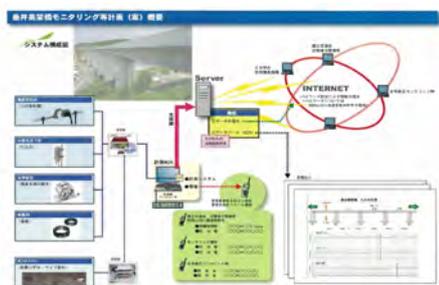
# モニタリング



## ヘルスマニタリング?



## 損傷橋梁の安全監視



定期的  
調査

監視すべき  
部位・現象

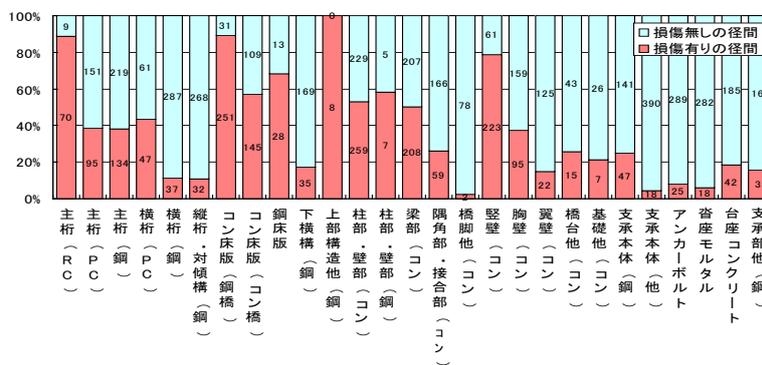
非破壊検査



# 建設時の品質検査



## 初回点検の分析例



資料提供: 国土技術政策総合研究所

非破壊検査



## 非破壊検査に期待する調査項目例：コンクリート橋

### 塩害



- ・鋼材の腐食状況
- ・プレストレスの低下
- ・コンクリート表面・中の塩分濃度
- ・グラウト充填状況



修復材による被覆

- ・修復材内部の劣化状況

### ASR



- ・コンクリート内部のひび割れ進展状況
- ・鋼材破断、付着力低下の有無
- ・コンクリート強度・剛性の低下



表面被覆

- ・被覆内部の劣化状況

### 老朽橋



- ・鋼材の配置状況  
(位置、径)
- ・鋼材の腐食状況
- ・プレストレスの低下
- ・コンクリート内部のひび割れ進展状況



鋼板接着による補修

- ・鋼板内部の劣化状況

## 非破壊検査に期待する調査項目例：鋼橋

### 腐食



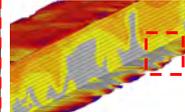
照明柱基部の腐食欠損  
土中、コンクリート中の腐食状態が計測できないか？



トラス斜材の腐食欠損

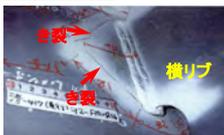


表面の錆を除去せずに、腐食量を簡易に計測できないか？

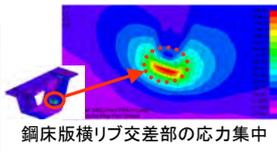


- 目視困難部位の状態
- ・表面の錆層下の欠損状況
- ・埋設部の腐食状況

### 疲労



き裂が懸念される部位の応力を非接触で計測できないか？



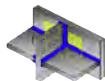
鋼床版横リブ交差部の応力集中



目視困難部位のき裂を確実に検出できないか？

- ・き裂が懸念される部位の応力
- ・死荷重時の応力
- ・目視困難部位のき裂進展状況

### 鋼材・溶接部



溶接内部の3次元欠陥を高精度で可視化できないか？



現行基準を満たさない橋梁の耐荷力(鋼材の実強度)

- ・溶接内部の欠陥の状況
- ・鋼材の降伏強度、材料特性

# 非破壊検査技術開発のために

## 【現場向けの非破壊検査に求められること】

- ・手間が少ない Ex. 大がかりな装置や電源が不要, 通行規制が不要, 安全面の制約が無い, etc.
- ・安価である Ex. 安価でなければ, よほどの希少価値がない限り現場では使えない
- ・構造物に与える損傷が極めて小さい Ex. 検査か? 破壊か?
- ・結果を信頼できる Ex. 適用範囲や誤判定要因の把握, etc.
- ・結果がわかりやすく示される

### 撤去橋梁での調査: 開発者



- ・各種非破壊検査技術による調査
- ・民間へ、実橋での調査機会提供

#### 非破壊検査による調査項目例

- ・コンクリート部材中の鋼材の配置、腐食状況
- ・鋼部材の残存鋼材料

適用性  
確認

### 解剖調査: CAESAR



鋼材の配置、腐食状況

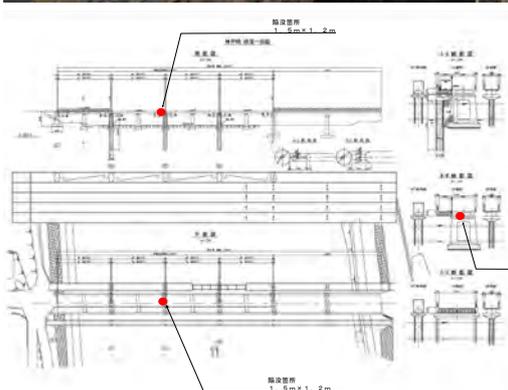
46

CAESAR

# 適用性確認予定橋梁：床版の状態



橋梁形式: 8径間RCT桁橋+2径間PC床版橋  
 橋 長: L=126.5m  
 竣工年: 1935年、1985年拡幅  
 床版の抜け落ち  
 ・雨水浸透による疲労劣化促進。  
 ・下面鋼板接着補強のため、確認できず。



## 適用性確認予定部材

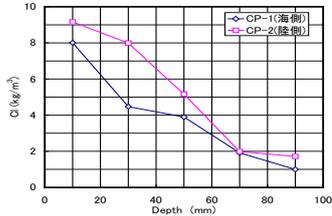
▶ コンクリート中の塩分量・鉄筋腐食等



竣工年：1971年  
撤去年：2005年(塩害)



土研に搬入し、コア抜き調査  
(鉄筋腐食程度、かぶり、塩化物イオン量)



Depth (mm)	CP-1(海側) C (kg/m³)	CP-2(陸側) C (kg/m³)
0	8.0	9.0
20	4.5	8.5
40	4.0	7.5
60	4.0	5.5
80	2.0	2.5
100	2.0	2.0



鉄筋腐食とはくり

▶ 橋脚ひび割れ状況等



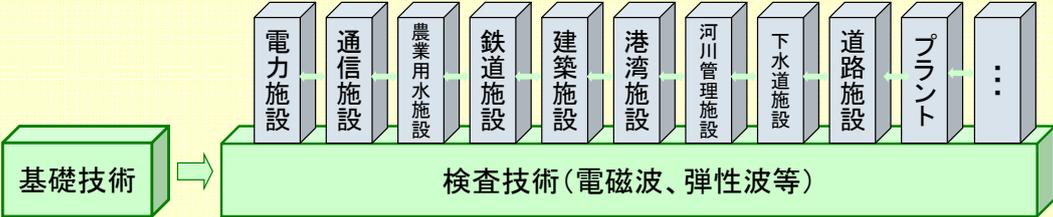
橋名：旧神戸橋(島根県出雲市)  
竣工年：1964年  
撤去年：2009年(治水事業)



- 現地調査  
非破壊試験(超音波法, 衝撃弾性波法)  
コア抜き調査
- 室内調査(土研へ運搬後)  
ひび割れ部分の解体調査

## 非破壊検査高度化のために、 広範な技術の融合を

- ・構造物の検査技術については、これまで各構造物管理者を中心に、個別に開発。  
対象構造物により、規模や計測すべき項目、必要な測定精度が異なる。
- ・基礎技術は共有できる部分が多く、基礎技術も含め、幅広い分野の技術を融合させることが効率的。
- ・基礎技術をベースに、対象構造物の特性に応じた検査方法を開発



基礎技術 → 検査技術(電磁波、弾性波等)

