

# 4年目に入った インフラメンテナンス ～見えてきた課題と新技術～

国立研究開発法人 土木研究所  
理事長 西川和廣

k-nishikawa@pwri.go.jp

1

## 自己紹介その1

- 1953年7月 東京生まれ 大学・大学院では**鋼構造物の疲労試験**
- 1978年 建設省入省 **土木研究所 橋梁研究室 研究員**
- 鋼橋の設計・施工・維持管理担当
  - 荒廃するアメリカに留学
- 1987年 道路局 国道第二課課長補佐
- 日米建設摩擦、道路橋示方書改訂
- 1989年 **東北地方建設局 酒田工事事務所長**
- 塩害で国道7号の**PC橋**15橋が全滅
- 1991年 **土木研究所 橋梁研究室長**
- 事故調査対応（六郷橋、広島新交通etc.）
  - 設計活荷重改訂20→25トン、応力頻度計測
  - 道路橋床版の輪荷重走行試験（試験機導入）
  - 兵庫県南部地震、**鋼製橋脚の耐震補強**工法
  - 道路橋示方書改訂、性能規定化、疲労設計指針
  - 道路橋長寿命化提案、**橋梁点検技術**研修開始
  - **ライフサイクルコスト**、**ミニマムメンテナンス**、**アセットマネジメント**

2

## 自己紹介その2

- 2001年 国土技術政策総合研究所 企画部 評価研究官
- 2003年 独立行政法人 土木研究所 企画部長
- 鋼製橋脚疲労損傷対応
- 2005年 国総研 研究総務官 兼 総合技術政策研究センター長
- 鋼床版疲労損傷対応→YBB SFRC舗装
  - 入札・契約制度、総合評価型落札方式
  - 道路橋の予防保全に向けた有識者会議委員
- 2009年 国土技術政策総合研究所長
- 2012年（一財）橋梁調査会 専務理事 兼 橋梁診断室長
- 直轄管理橋梁の**診断業務**、橋梁診断室にて**診断士教育**
  - **道路橋点検士**制度
- 2015年（一財）土木研究センター 理事長
- 2017年（国研）土木研究所 理事長
- 構造物メンテナンスセンター（CAESAR）長兼任
  - 橋梁の**点検・診断**への**AI**の活用

3

# 4年目に入った インフラメンテナンス ～見えてきた課題と新技術～

## I インフラメンテナンスの課題

- 点検はしたけれど（日経コンストラクション11月13日号）  
▶ 信頼に足る**診断**の不在が本質的な課題

## II 新技術活用の可能性

1. RST（イオン透過抵抗測定法）
2. レーザー（塗膜除去装置）
3. 電磁波レーダー（浸透水探査）
4. モニタリング
5. AI（人工知能）

4

# I 点検はしたけれど

日経コンストラクション11月13日号

- ① 診断出ても方針決まらず (十津川村、田辺市他)
  - 長寿命化修繕計画の弊害
    - すべての橋が長寿命化可能と仮定した計画では...
  - 撤去？急に言われても...
    - 利用者の理解が困難、時間が必要
- ② 「一律は不合理」、国に訴え (豊田市)
  - Engineering Judgmentの入る余地がない
    - 初めての経験、次回に向けたレビューが重要
- ③ 独自の直営主義で難局打破 (島根県)
  - 判定会で健全度、補修の要否を評価、修正
    - セカンドオピニオンの必要性

5

共通する本質的な問題は？  
信頼に足る**診断**の不在！

本日は、  
信頼できて説得力のある診断  
についてお話しします

- そもそも**点検**と**診断**の違いは何か？
- 点検と診断は何のために行うのか？
- 信頼できる診断とはどんなものか？
- どうしたら信頼される診断ができるようになるか？

6

## まずは**点検**と**診断**の違いから

### 点検とは

- 損傷（病気）の疑いを示す変状（症状）を見つけて記録し、（医師に）報告すること
  - 看護師の役割

### 診断とは

- 点検結果から、損傷の種類（病名）と原因を特定し、補修方法（処方）を示すこと
  - 医師の役割

### 定期点検とは

- 定期的な点検を中心とした維持管理の制度を指す（定期健康診断）

7

## 変状・損傷・原因 症状・病気・原因

### 人の場合

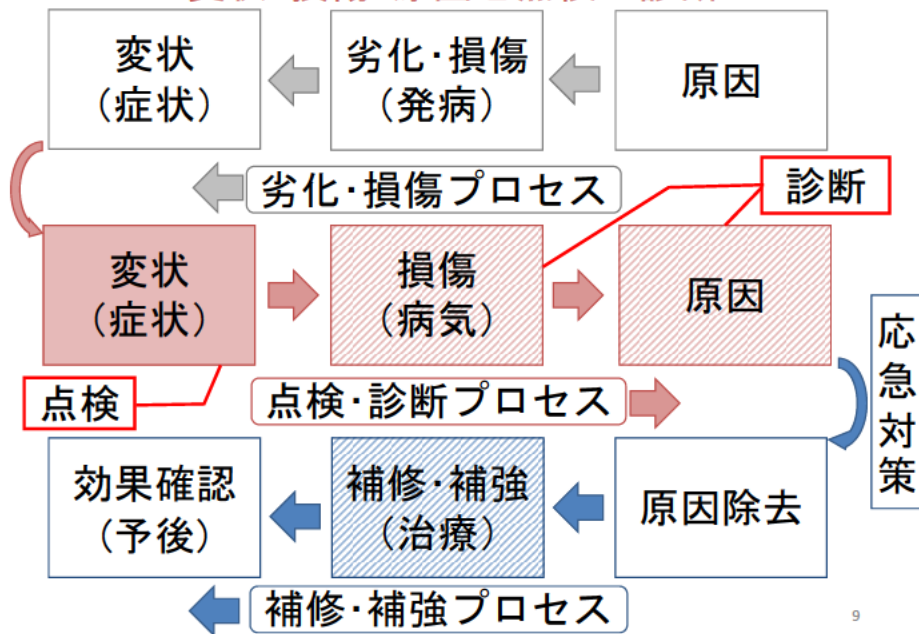
- 何らかの**原因**があって**病気**になり、その結果様々な**症状**（発熱、痛み、出血など）が現れる

### 橋の場合

- 何らかの**原因**があって**損傷**が生じ、その結果様々な**変状**（ひび割れ、亀裂、錆など）が現れる

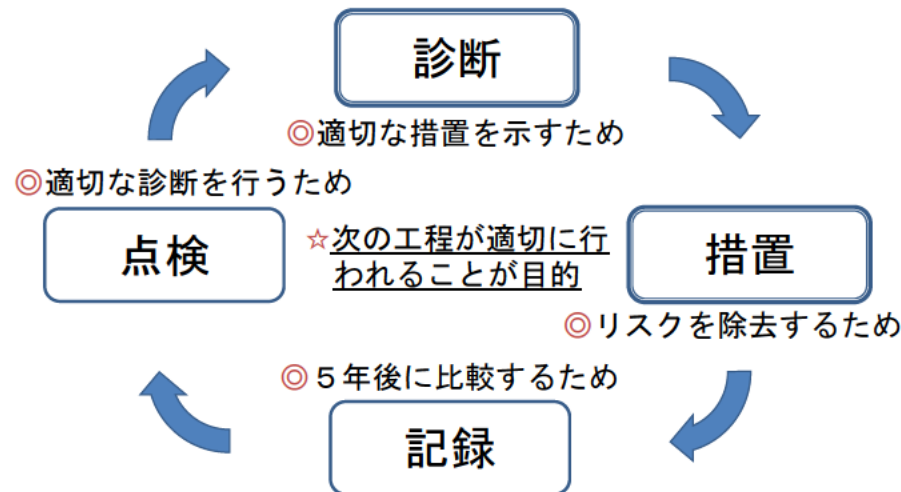
8

## 変状・損傷・原因と点検・診断



9

## メンテナンスサイクル それぞれ何のために行うのか？



10

## 現状の点検では信頼性の高い 診断は難しい

### 理由 1

- 損傷は時間とともに進行するもの。一度きりの点検で得られる情報では不十分
  - 進行が遅い変状は問題が少なく、進行しない変状は損傷ではない
  - 変状：前回から**変化した状態** (変な状態)
  - 「5年に1度」は、橋に生じる大半の損傷に対する点検として適切な間隔

11

## 現状の点検では信頼性の高い 診断は難しい

### 理由 2

- 変状と損傷の種類は1対1で対応しない
  - 例えばコンクリートのひび割れは…乾燥収縮、硬化熱、疲労、鉄筋腐食etc. 様々な原因、メカニズムによる
- だから、総合的な判断が必要
  - 施工時期、設計基準、使用材料、周辺環境、交通量、補修履歴etc.
- 診断士 (医師) と点検士 (看護師) の技量 (責任も) の差は大きい

12

# どうしたら信頼される診断ができるようになるか？

## JBEC方式

- 論理的な診断と診断書の作成
- 研修医方式の実務研修
- 目標は総合診療医 Dr.General

# 信頼されるのは論理的な診断 わかりやすい診断書

## ● 理論的と論理的の違いは？

正しように聞こえるが釈然としない

### 理論的 Theoretical

- すでに存在する理論（セオリー）に沿っていること
- 理論は正しくても、使う場所（適用の範囲）を間違えたらそれは誤り（＝論理的でない）

信頼（信用）を得られやすい

### 論理的 Logical

- 話の筋道が物事の道理（ロジック）に沿っていること
- 筋が通っている（＝理解しやすい、説得力がある）

➤ 理論は誰かがつくったもの、論理は自分でつくるもの

# 論理的な診断の基本

- a. 診断には、以下の要素が不可欠
  - なぜその**変状**から損傷の可能性が疑われたのか
  - なぜその**損傷**が――だと特定できるのか
  - なぜその損傷の**原因**が――だと断定できるのか
- b. 「なぜ」をしっかり記載することが**信頼**に繋がる
- c. これを逆にたどると処方を示すことができる
  - 損傷を生じさせた原因を除去（原因の除去方法）
  - 損傷部を補修（補修の可能性、工法の選択）
- d. 断定できない場合には、詳細調査法を示す
  - どんな調査で何を確認すれば何を確定できるのか
  - 単なる詳細調査、経過観察は責任放棄

ご存じですか？

## 「総合診療医 Dr. General」 (NHK総合TV)

- ベテラン医師が若手**研修医** 3名を訓練するプロセスをバラエティ化した番組 医師のOn the Job Training
- 患者の訴えをビデオで見せ、診察データと併せて考えられる病名を挙げさせる
  - それはどんな病気か、なぜそう考えたのか、判断するために必要な検査は、など質問が飛ぶ
  - 追加のビデオ、**考えられる病名をすべて挙げて議論**（カンファレンス）
- 最終結論＝**病名の特定**
- 橋の診断と共通する点が多く大いに参考になる
  - 病名が正しく特定されていない診断、補修事例が多い

## 道路橋の診断 “Dr.General 流”

- 何という損傷（病気）だと思いますか？
- それはどんな損傷（病気）か説明してください
- なぜその損傷（病気）だと思いましたか？
- 変状（症状）やその他の条件で合っていないところはありませんか？
- 他に考えられる損傷（病気）はありませんか？
- どんな詳細調査（精密検査）をしたら判断できますか？
- 原因は何だと考えられますか？
- どんな補修（治療）方法に効果がありますか？
- 予防するにはどうしたらいいですか？

17

## 目指すのは総合診療医 総合診療医と専門医

- 患者が最初に訪れるのは**総合診療医**  
（役割は病名と原因の見極めと治療方針）
- 特殊な疾患についての深い知識、治療技術を保有しているのが**専門医**  
コンクリート診断士  
鋼構造診断士etc.
- 大病院の総合診療医とかかりつけの医者の機能は同じ  
足りないのはここ！
- 専門性が必要とされる場合
  - 大病院では内部の専門医と相談
  - 町医者では専門医への紹介状確かな損傷（病名）の見立てが、その後の措置の成否を決める
- 全国にたくさん必要なのは**総合診療医**

18

## ドボク塾

日経コンストラクション連載

- 160808 正しい維持管理
- 161010 設計と維持管理の違い
- 161212 橋の診断実践編「RC床版」
- 170313 橋の診断実践編「PC橋の塩害」
- 170724 橋の診断実践編「鋼橋の塩害」

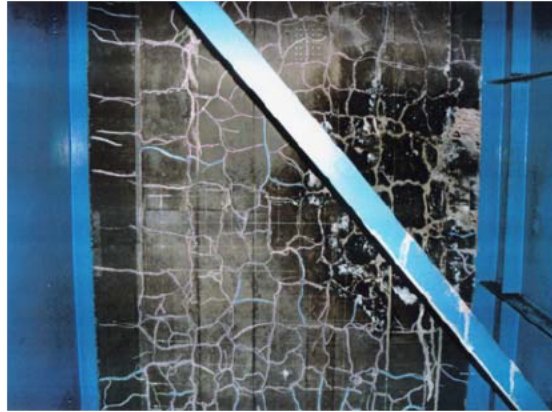
19

## 具体的な診断事例について

- その損傷のメカニズムを説明できますか？
  - たとえ仮説でも
- どの点検データから推測できますか？
- どんな補修方法がありますか？
  - a. RC床版の損傷  
近年、損傷の種類が多様化  
➢ 4種類の損傷メカニズム
  - b. 鋼橋の腐食とくに耐候性鋼橋  
鋼橋の塩害も深刻  
➢ 塩害を受けた鋼橋の補修は大仕事
  - c. PC橋の塩害  
外観に現れたら手遅れ  
➢ 外観に現れない深刻な損傷

20

## a. RC床版の損傷



- RC床版の床版といえば**疲労損傷**
- 点検で下面からひび割れパターンを観察していれば診断できたが・・・

21

## 現在RC床版の損傷は多様化

### (1) 疲労損傷

- 古典的な損傷、移動する輪荷重による損傷

### (2) 土砂（砂利）化

- 急速劣化、現在ホットな問題
- 寒冷地の凍結融解とよく似たメカニズム

もはや下面からのクラック調査では不十分

### (3) 塩害

- **凍結防止剤**の浸透による上側鉄筋の腐食、かぶりの剥離
- **海砂**を使用したケース
- 海塩粒子による塩害

### (4) ASR

- 骨材の膨張による床版面外方向の剥離、空洞

22

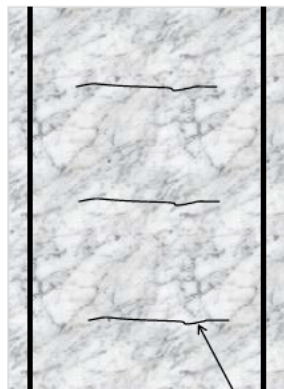
## 疲労損傷のメカニズム

仮説ですが・・・

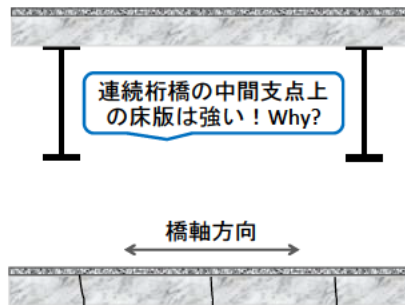
### ① コンクリート打設～乾燥収縮クラック

- 通常の乾燥クラックは想定内、損傷ではない
- 舗装前の雨水の浸透で出た遊離石灰は、舗装後に乾けば問題なし

床版下面のクラック



乾燥収縮クラック

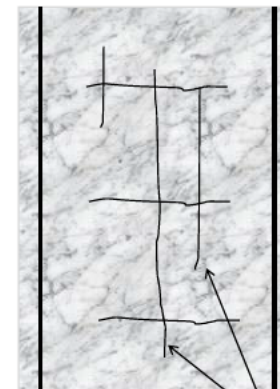


- 貫通クラックにより、版から並列梁へ
- 配力筋が多いと版挙動を維持
- 中間支点上で陥没損傷が少ない理由

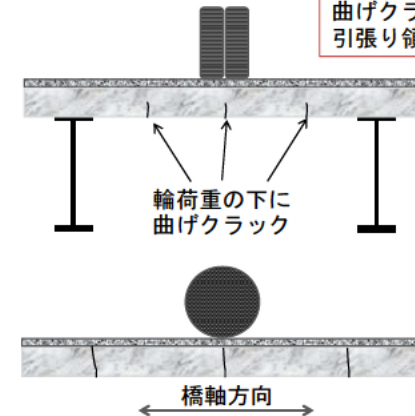
23

### ② 供用開始～橋軸方向曲げクラック

床版下面のクラック



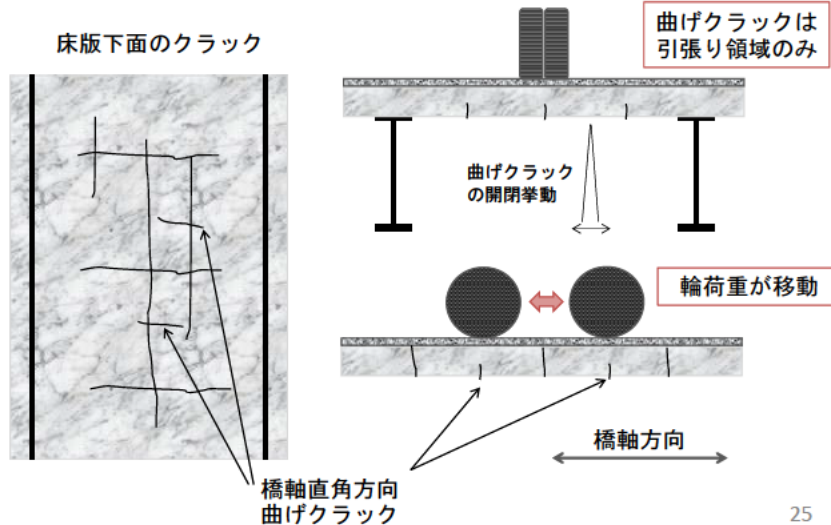
曲げクラック



24

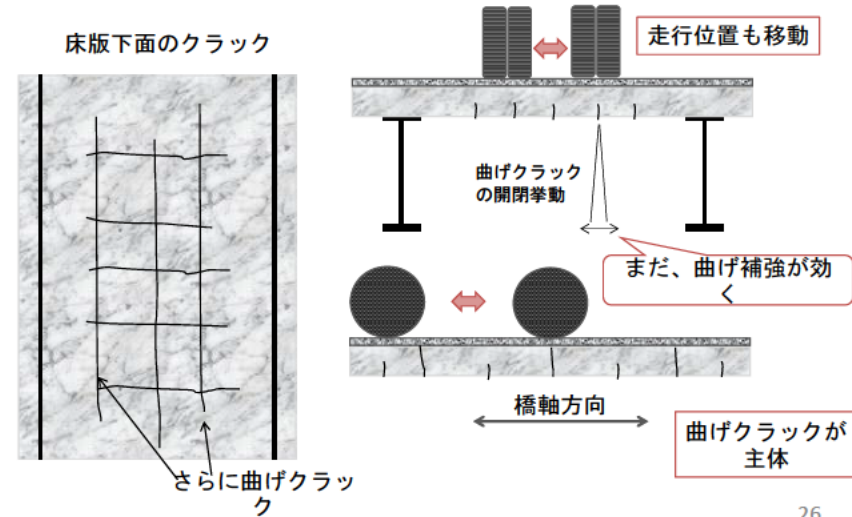
### ③ 橋軸直角方向曲げクラック

移動荷重なので、曲げクラックは何処にでも、どちらの方向にも



### ④ 曲げクラック（格子の形成）

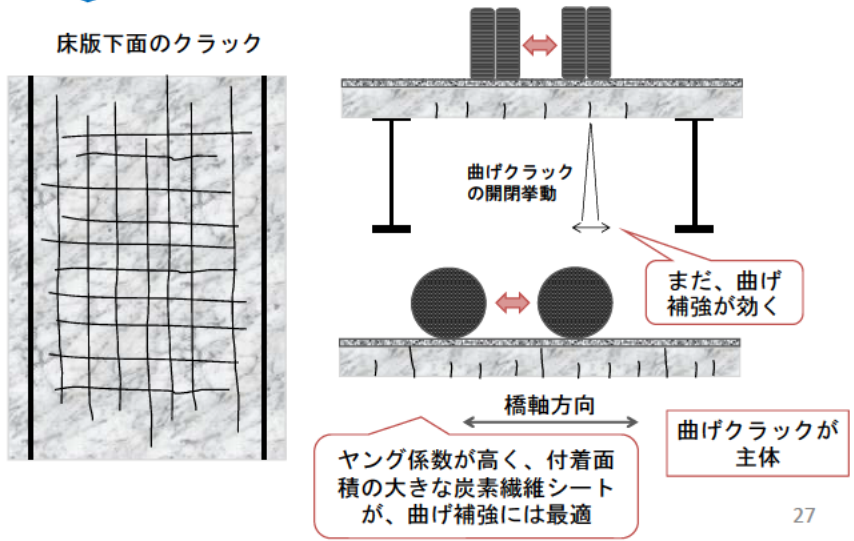
疲労損傷が確定、いずれ終局へ



### ⑤ 格子密度が飽和状態に

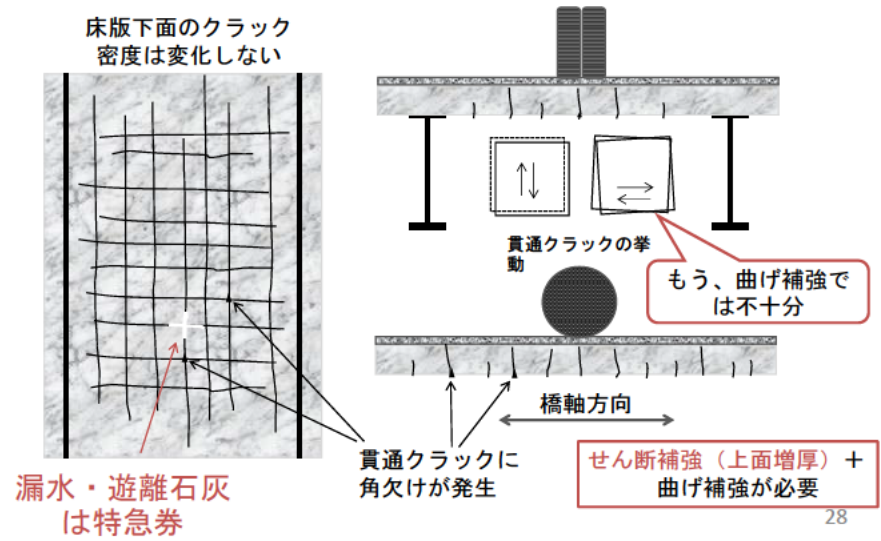
クラック密度  $\approx 10m/m^2$

下面からの曲げ補強による予防保全はここまで！



### ⑥ 貫通クラックが増加

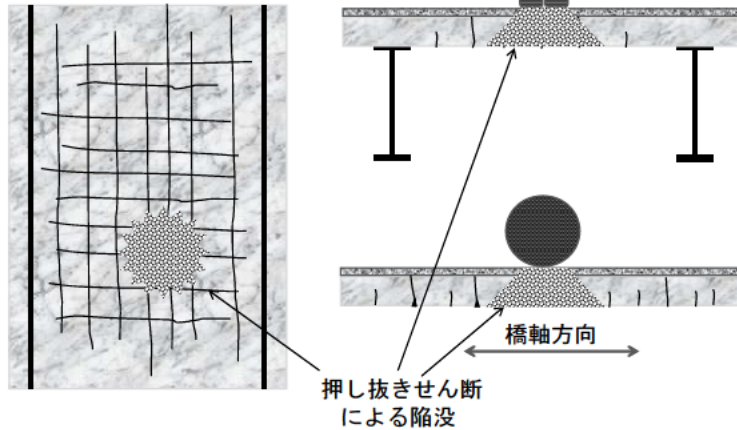
直上を輪荷重が通過すると、クラックは上に向かって伸びて貫通する



## ⑦ 押し抜きせん断破壊 (陥没)

橋の上下で第三者被害の可能性

床版下面のクラック



29

どんな損傷だろう？

RC床版の新局面  
土砂化による抜け落ちが主流に

何があったんだ！

5年前の点検写真  
損傷の兆候なし

一面の遊離石灰にも注目



大問題！下からの点検だけでは**予防保全は不可能**

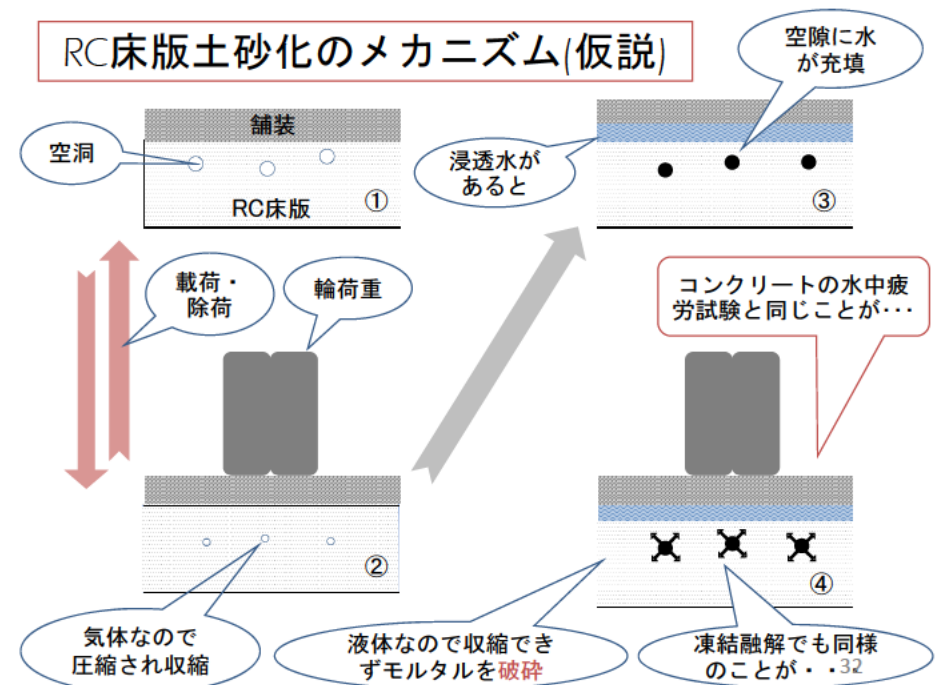
30

RC床版の上面が土砂 (砂利) 化  
舗装の下はどろどろに



31

RC床版土砂化のメカニズム(仮説)





## これが土砂化の兆候 RC床版の点検は舗装もチェック

橋梁点検要領には舗装の損傷も含まれている！

ポットホール、パッチング、蜘蛛の巣状クラック  
★ 橋の上で舗装が傷んだら床版を疑うべし！

ところでセンターライン付近に補修跡が多いのは何故？



33

## 舗装打換えと土砂化の関係

土砂化の要因は水と輪荷重(または低温)  
水の溜まりやすい路側部が損傷するのはわかるが…



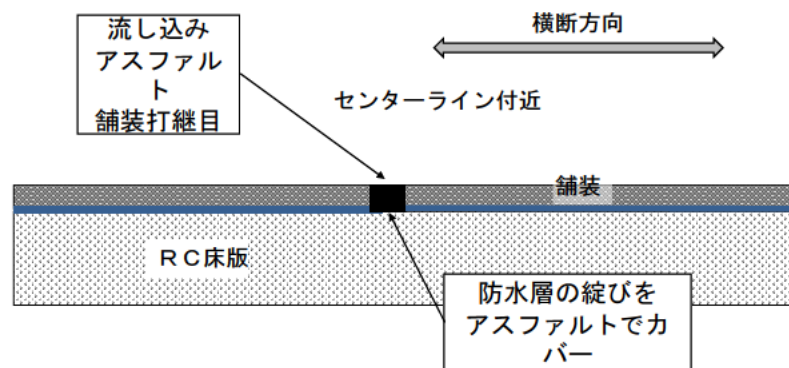
この橋もセンターライン付近に舗装補修跡が集中



舗装の打換えで補修跡消失！  
雨上がり、センターライン付近にしみ出す水の意味は？

34

## 舗装打継目の工夫



35

## 凍結防止剤による塩害とASR

- 凍結防止剤による塩害
  - 上鉄筋が腐食してかぶりが剥がれる現象
- ASR (アルカリシリカ反応、アル骨)
  - 水平クラックが生じることが報告されているが、終局に至った床版の事例は報告されていない

➤いずれも土砂化による損傷と複合して急速に重傷化する可能性があり、要注意

予防保全としては床版の防水に尽きる  
いずれも完治不能な不治の病

36

## b. 鋼橋の腐食とくに耐候性鋼橋



### どんな損傷ですか？

- 塗装等、防食機能の劣化→錆の発生→腐食による断面の減少→部材の破断等
- 凍結防止剤の塩化物イオンの影響を受けた腐食は普通の錆とは全く別物、良好な塗り替え塗装はかなり困難

37

## 鋼橋の腐食とはどんな損傷なのか

- 腐食に至る3段階
    - 塗装の劣化 → 美観の劣化
    - さび (Stain) → 汚れの発生、美観の劣化
    - 腐食 (Corrosion) → 部材のやせ細り、強度低下
  - 腐食の原因は水と酸素、塩分の存在で深刻化
    - 凍結防止剤散布開始後 (H1~) で状況は大きく変化
    - 海辺等の自然環境以上に伸縮装置、排水、スラブドレン、排水枡、打ち継ぎ目等に要注意
  - 劣化の制御が可能な段階で対処することが**予防保全**だが、塩素イオンの存在が制御を困難にする
  - 塩素イオンを制御することが本質的な**予防**になる
- 補修塗装には塩分の除去が絶対条件！

38

## 耐候性鋼橋の不具合

### ① 適用可能地域外での使用



そもそも適用環境ではない。

39

## 耐候性鋼橋の不具合

### ② 不適切な形式選定

下路橋や跨道橋は凍結防止剤の巻き上げが不可避

さびが安定するはずの耐候性橋梁で層状薄離 2013/02/07

耐候性鋼材を使って建設した国道41号の不動橋（岐阜県下呂市）に、完成後10年でも有害なさびによる深刻な損傷が生じていたことが分かった。

同橋を管理する国土交通省中部地方整備局高山国道事務所は1月21日に有識者で構成する「41号不動橋現地施工検討委員会」を設立。

有害なさびの原因を究明するとともに補修工法を検討する。



不動橋の全景

(写真：国土交通省中部地方整備局高山国道事務所)

40

## 耐候性鋼橋の不具合

### ③伸縮装置からの漏水



支点部下フランジ



支承  
(支承は塗装仕様)

伸縮装置と後打ちコンクリートの隙間から漏水も少ない

41

## 耐候性鋼橋の不具合

### ④排水管、スラブドレンの不備



漏れた水が下フランジを伝わり、損傷範囲を拡大



スラブドレンの接合部から漏水し、横桁貫通部で部材に流出

## そもそも耐候性鋼材とは

- Cu、Cr、Niを含む合金鋼 (JIS G 3114 SMA-W材)
  - 生成した緻密なさび層が安定化し、それ以上のさびを防ぐというメカニズム
  - 塩素イオンには敏感、安定化を阻害
  - 海洋性飛来塩分、凍結防止剤に要注意
- 無塗装使用、塗装使用、表面処理
  - 基本は無塗装SMA-W、塗装には効果なしSMA-P
  - 錆安定化処理という表面処理もありますが効果は？
  - 錆びたあとに塗っても無意味
- 米国では州によっては一切採用されていない
  - オーバーブリッジへの使用は禁止
  - 英語ではWeathering Steel、錆びにくいということではない
  - 無塗装耐候性鋼橋はハイリスク・ハイリターン

43

## 無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領

平成5年3月

- 土研、橋建協、鋼材倶楽部の共同研究成果
- 適用の範囲は「上路鋼道路橋」、下路は不適
- 適用可能地域、地域別に海岸からの距離
- 安定さび層が生成されやすい構造細目
- 凍結防止剤散布橋梁の排水処理に留意
- 桁端周辺、箱桁内面は塗装
- 海岸付近、跨道橋への適用はNG

➤失敗すると補修がとても大変！

44

## 耐候性鋼補修塗装工法【素地調整工程①】

一次素地調整 ダイヤモンドツール処理 除さび率；50%以上	二次素地調整 ブラスト処理（1回目） 基準値；Sa 2.5	水洗処理（1回目） (5MPa以上) 水道水
-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------

さびが残存

除さび率50%以上

水圧；7MPa

45

## 耐候性鋼補修塗装工法【素地調整工程②】

二次素地調整 ブラスト処理（2回目） 基準値；Sa 2.5	水洗処理（2回目） (5MPa以上) 水道水	二次素地調整 ブラスト処理（3回目） (戻りさび除去のため)
-------------------------------------	------------------------------	--------------------------------------

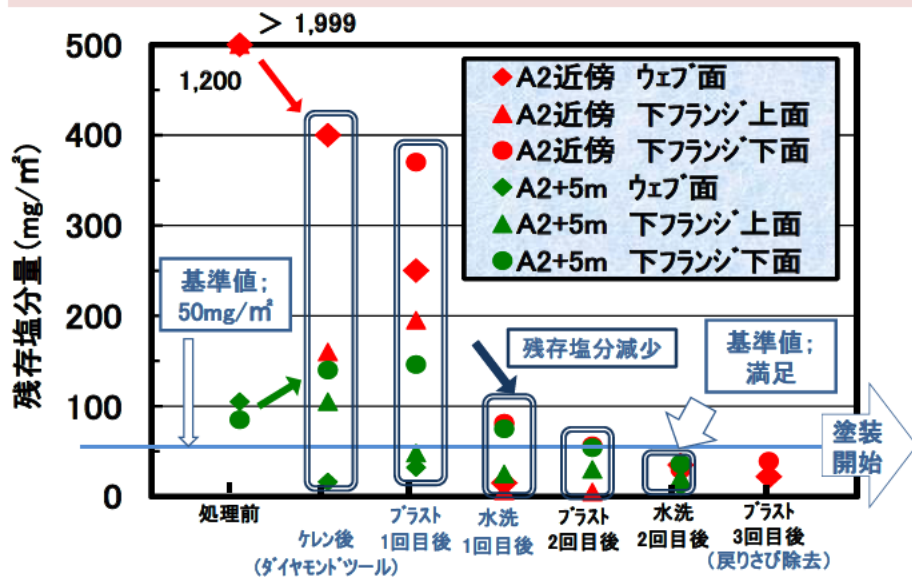
水圧；6MPa

Dグレード Sa 2.5

戻りさび除去完了

46

## 補修塗装素地調整毎の残存塩分量



ブラスト処理 2回 + 水洗処理 2回 + ブラスト処理 1回 (軽度)

## 耐候性鋼用RC-1水洗工法（5年経過）

実は結構大変な工程

~2015.3 (5.0年目) 追跡調査  
→良好

48

## C. PC橋の塩害

写真の橋は  
末期症状

塩害特有の水平クラック



PC鋼材が腐食・破断



どんな損傷ですか？

- 海塩粒子等塩分の供給→コンクリートへ表面への付着  
→内部への浸透→塩分濃度上昇→鋼材の腐食、破断
- 予防方法は表面被覆、一定の塩分浸透後は完治不可能、  
電気防食による延命効果のみ有効

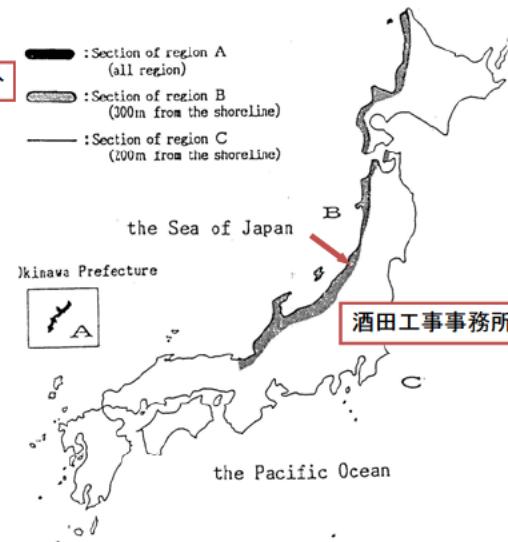
49

## 我が国の塩害地域

塩害地域の区分

- : Section of region A (all region)
- : Section of region B (300m from the shoreline)
- : Section of region C (200m from the shoreline)

冬季の季節風による  
飛来塩分が原因



酒田工事事務所

Fig. 2 Areas requiring Measures against Deterioration (Ref. Table 3) 50

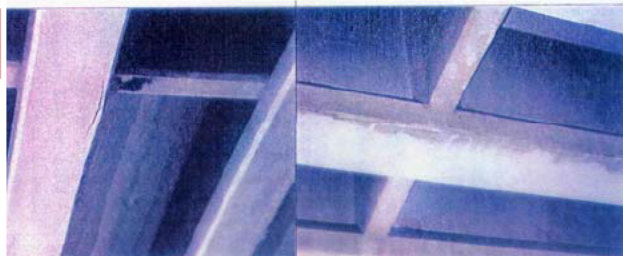
## 外観による旧来の損傷度判定

IV  
重傷



II  
軽傷

III  
やや重傷



I  
損傷なし

土木学会  
標準示方  
書はRC  
構造主体

51

## RC橋の診断では軽傷と判定

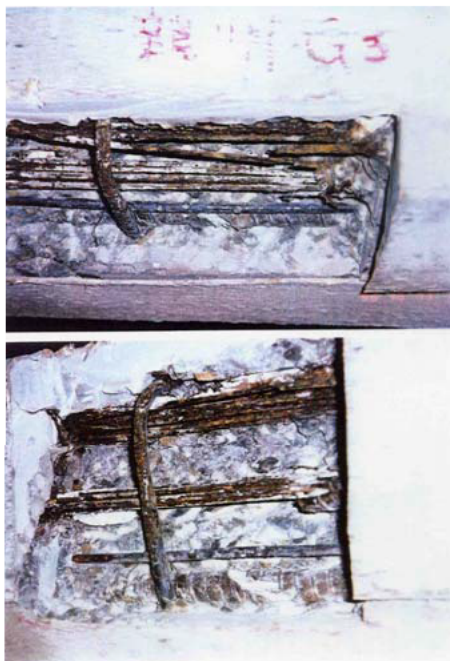


● 内部から滲み出た錆汁

52

## 実は重傷

- 鋼材が腐食してもひび割れが生じるとは限らない
- 錆汁は鉄筋を結束する針金が錆びた場合にも見られるが、重要なサイン
- 軽視せず、実際に掘って確認することが重要
- PCケーブルは不動態が生成されていないので腐食が速い(西川説)



53

## PC橋の塩害と予防保全 外観だけの判断では予防保全は不可能

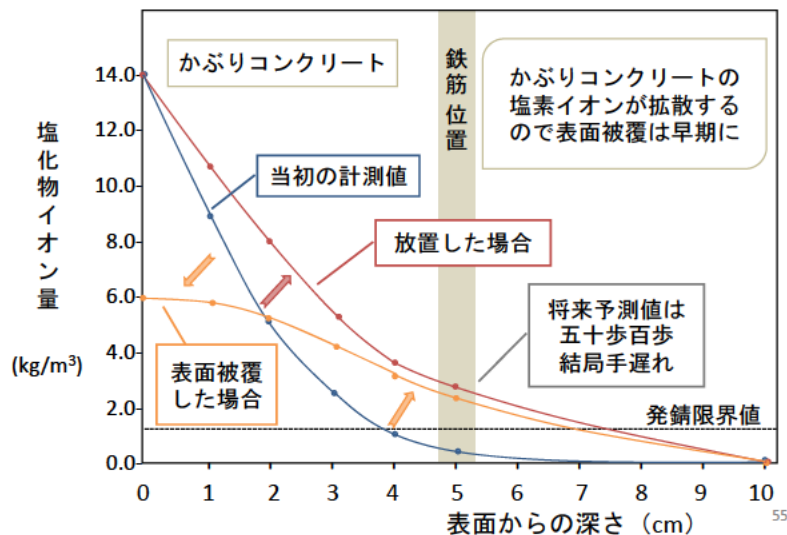
### 塩害プロセスの進行

### 外観から見た症状

- 塩素イオンの存在 (飛来塩、凍結防止剤)
  - 外観上の変化なし
- 部材表面への付着
  - 外観上の変化なし
- 部材内部への浸透
  - 外観上の変化なし
- 部材深部への拡散
  - 外観上の変化なし
- 鋼材のさび発生
  - 外観上の変化なし
- 鋼材の腐食 (断面減少)
  - かぶりコンクリートの浮き、ひび割れの場合あり
- 鋼材の破断
  - かぶりコンクリートの浮き、ひび割れの場合あり

54

## 塩化物イオンの拡散予測事例 コア採取による塩分測定で予測が可能



55

## PC橋の塩害に対する予防保全

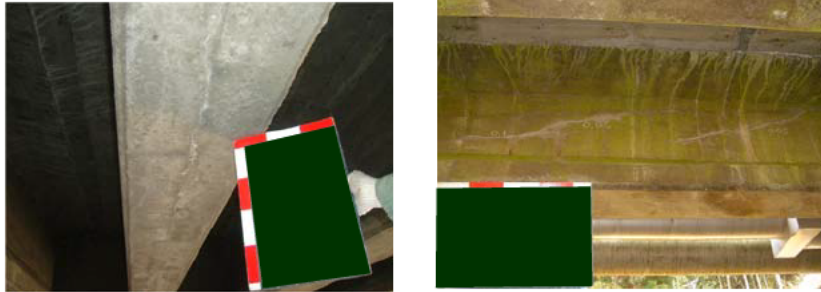
コンクリートの塩害に関する特定点  
検要領 2004.3

- 塩害は**肝臓病**と似ている
  - 我慢強い臓器、しかし**症状が出たら手遅れ**
- 定期的な**血液検査(コア抜き塩分量調査)**が必要
  - 塩分浸透・拡散の検知、予防保全工法の適用可能性を確認
- 早期の表面被覆は有効・・・ここまでが**予防保全**
  - 塩分量が限界を超えたら効かない、再劣化事例多数
- 塩分量が限界を超えたら**延命、危機管理**に移行
  - 電気防食は**延命治療**、ただしすべてに効果的とは限らない
  - 腐食が進んでいる場合、**解析も載荷試験も安全を保証しない**
    - 損傷の進行を止められるか、制御できるかの判断が重要
  - 架替え前提に、状況急変に対する**モニタリング、監視体制**

56

# 海辺以外にも塩害が ケーブルに沿ったひび割れ、遊離石灰

床版側に定着されたPCケーブルのグラウト不良の  
シースに路面から水が浸入  
凍結防止剤が含まれていると腐食が発生

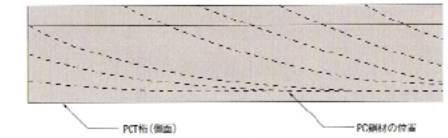


# ポステンPC桁の定着部

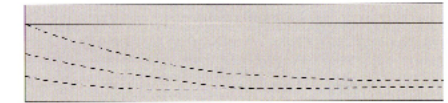
- 94年以前のポステンPC桁の定着部
- 上縁＝路面に定着したものがあ
- 路面から漏水
- 路面に凍結防止剤散布
- グラウト未充填
- ブリーディング水
- 何が起こるでしょうか？

● ポステン方式のPCT桁橋における定着部の位置

[上縁定着+地盤定着]



[端部定着のみ]



● 定着部の位置の変遷(建設省標準設計)

1969年前定	1980年改訂	1984年改訂
PC鋼材の一部を上縁に定着	橋長27m以下では、PC鋼材の一部を上縁に定着 橋長28m以上では、全てのPC鋼材を端部に定着	全てのPC鋼材を端部に定着

おすすめ!

「謎解き!橋の維持・補修」  
日経コンストラクション編より

こんな損傷も発生

## 海砂の使用が原因とされる塩害事例

90年代、国道2号高架橋  
(広島市)

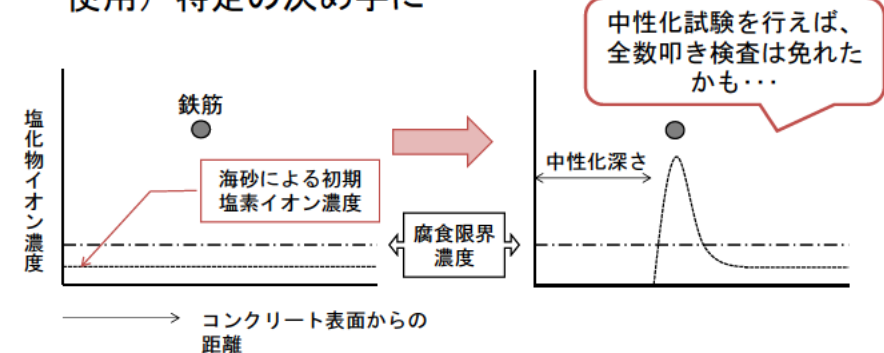
2013年5月7日  
広島市 鈴が峰高架橋



全橋たたき点検を実施することに

# 中性化による塩分濃縮

- 中性化部分の塩化物イオンが濃縮、腐食限界濃度を超えて腐食発生
- 中性化深さとコアによる塩分測定が原因(海砂使用) 特定の決め手に



## II 新技術活用の可能性

### 1. RST (イオン透過抵抗測定法)

- 耐候性鋼材の定量的評価方法

すぐにも

### 2. レーザー塗膜除去装置

- 塗膜と錆だけでなくPCB、鉛、塩分を除去

もう少ししたら

### 3. 電磁波レーダー

- 空洞ではなく水を探査

これからですが期待しています

### 4. モニタリング

- 目的にあっていれば有効ですが...

### 5. AI (人工知能)

- 点検士AIと診断士AI

61

## 1. RST (耐候性鋼橋の診断)

### I. 外観評価 X

- 間接的評価、個人差によるばらつきとバイアスが不可避

保護性さび生成のモニタリングが重要

### II. 腐食速度の計測 X

- 暴露試験、間接的評価、時間がかかる

### III. さび層の対環境保護性能評価

- 偏光顕微鏡による直接評価 X
- 破壊試験なので実橋梁には適用不可能

ようやく客観的かつ速やかな診断が可能に

### ● イオン透過抵抗測定法 (RST法) ◎

- 合金元素が濃縮した錆層の電気抵抗を計測
- 20年前に手法は確立、計測時間と機材の大きさが壁
- 1点30秒に短縮、機材も小型化

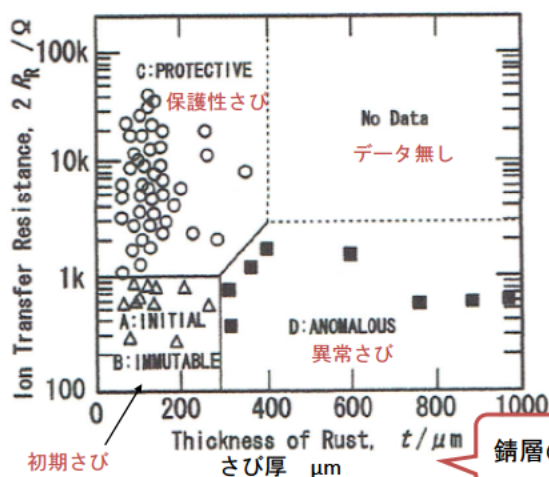
62

## イオン透過抵抗測定法と断面偏光顕微鏡観察による評価との相関

1994溶接学会誌

錆層の電気抵抗

イオン透過抵抗値  $\Omega$



初期さび

さび厚  $\mu\text{m}$

錆層の厚さ

63

## RST イオン透過抵抗測定装置



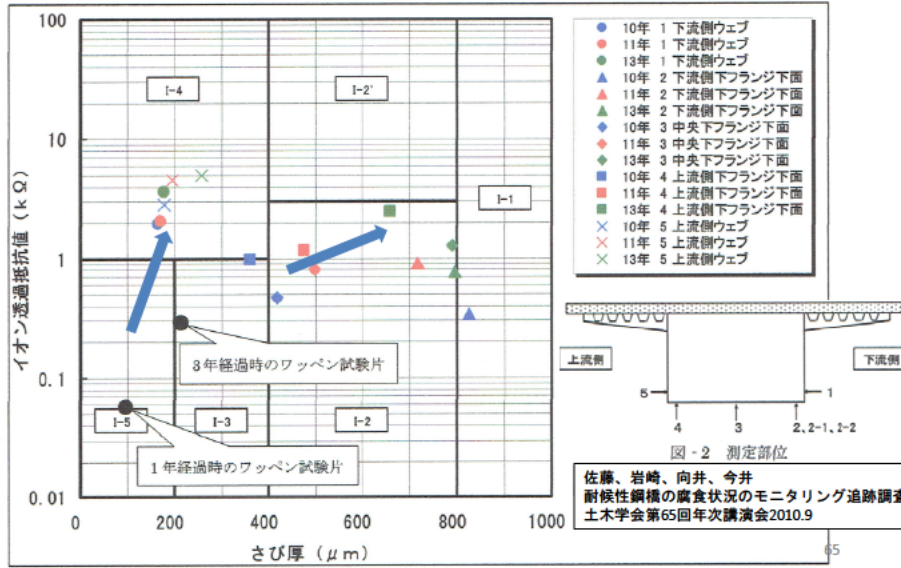
日鉄住金防蝕

64

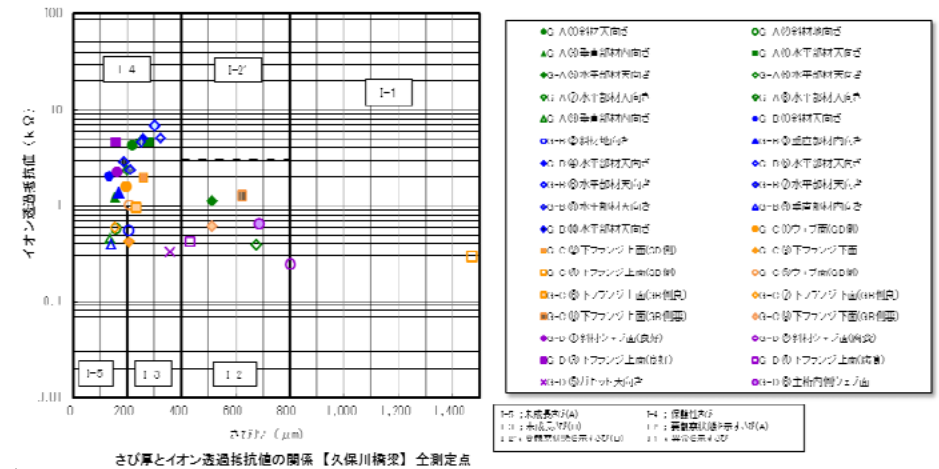


## 裸使用の事例

部位による経過の良否が明解にわかる

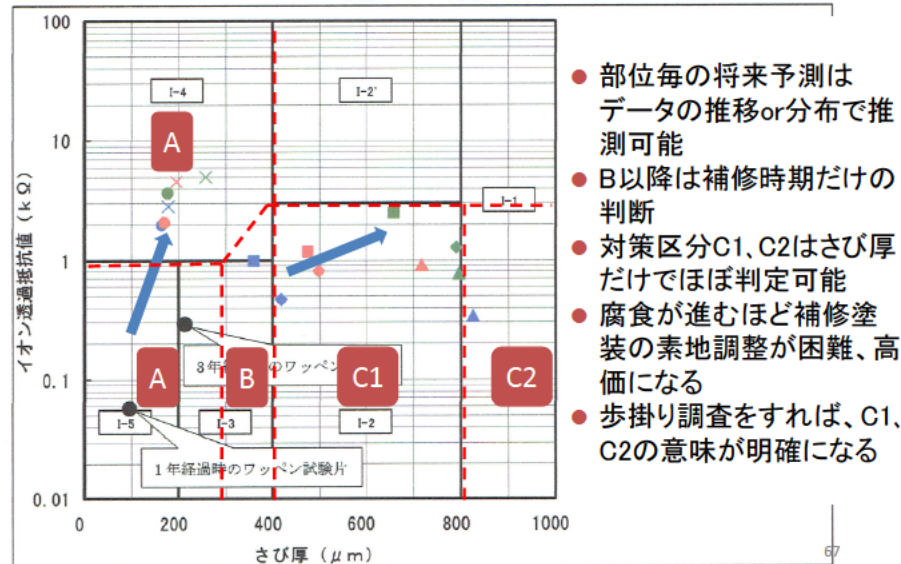


## 久保川橋梁御殿場側トラスRST 測定値 (部位ごとの状態の良否がわかる)



## 対策区分判定の提案

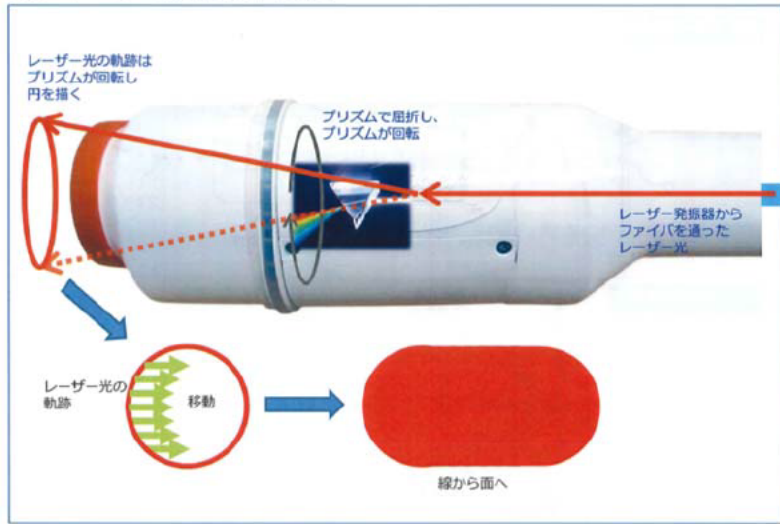
土木技術資料17年4月号参照



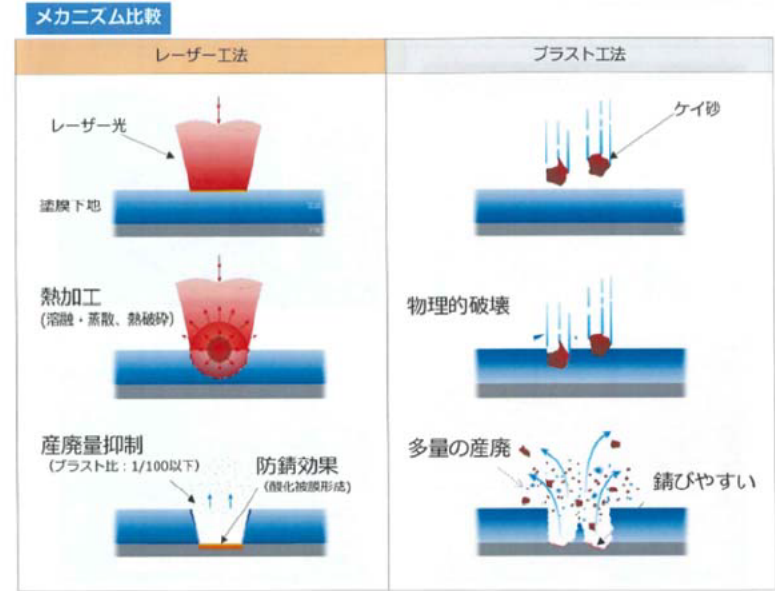
## 2. レーザー塗膜除去装置

- 強力なファイバーレーザーを、高速回転するプリズムを介して線を変換、強度をコントロールして塗膜の除去に活用
- 塗膜、錆は瞬時に蒸発し、集塵機で回収
- 粉塵による健康被害を生じさせず、養生も不要、廃棄物も最小限に
- 速度は速くないが、ブラストや剥離剤が苦手とする部位、除去対象に威力
- PCB、鉛、錆そして塩分まで除去できるのが魅力的
- 現在経産省の支援で、JIS化に向けて活動中

# 救世主になるか？ レーザー塗膜除去装置



# ブラストとの比較(メカニズム)

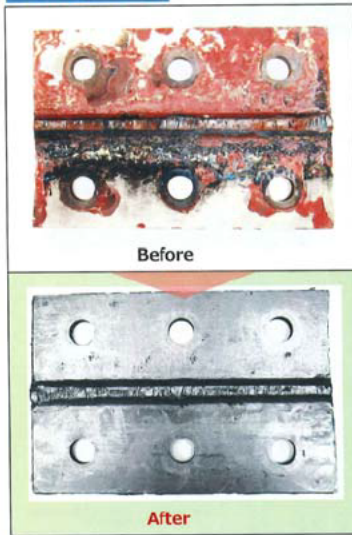


# ブラストとの比較(複雑な部位)

塗装除去の例



塗装、サビ除去の例



# 研究所で見学



## 2tトラック、コンパクトなシステム



## 3. 電磁波レーダー

まだ、図表は何もありません

- 空洞ではなく漏水等を探査
- 電磁波レーダーにとって水の探査が最も得意
- RC床板の土砂化の原因になる床板上の滞水を探知することで未然に損傷を防ぐ
- 漏水の経路をたどることで漏水元を絶つ
- PC桁の下面、側面からの探知で、シース内の水の存在を探知
- 橋の損傷の多くは水に起因している。装置の実力によっては強力な武器になり得る

74

## 4. モニタリング

「インフラメンテナンスとモニタリング」  
コンクリート工学 18年1月号

- ① モニタリングの目的
  - 目的（=判断）に適った方法を選べば有効
- ② 健康診断～健全性を確認するモニタリング
  - 定期点検は5年インターバルのモニタリング
- ③ 経過観察～損傷の進行を見極めるモニタリング
- ④ 危機管理～警告のモニタリング
  - 塩害PC橋で実施
- ⑤ 安全性評価～実働応力モニタリング
  - 応力頻度計測
- ⑥ 出来そうで出来ないモニタリング
  - 研究のための研究は失敗続出

75

## 5. AI（人工知能） 点検・診断AI

動き始めたばかりで、何も決まっていません

### AIの御三家

- ニューラルネットワーク（ディープラーニング）
- GA（遺伝的アルゴリズム）（数撃てば…）
- エキスパートシステム（医師御用達）
- 画像判読が得意
- 点検AIに
  - 変状検知AI
  - 調書作成AI
- Black Boxを回避
- 診断AIに
  - 診断書作成AI
  - 処方箋AI（Logicを出力）

76

# なぜAIをやる気になったか

## 診断AI

- 医師がエキスパートシステムを採用することでBlack Box化を免れていることを知った
- エキスパートシステムであれば、診断に至った論理、ロジックを出力できることに気がついた

## 点検AI

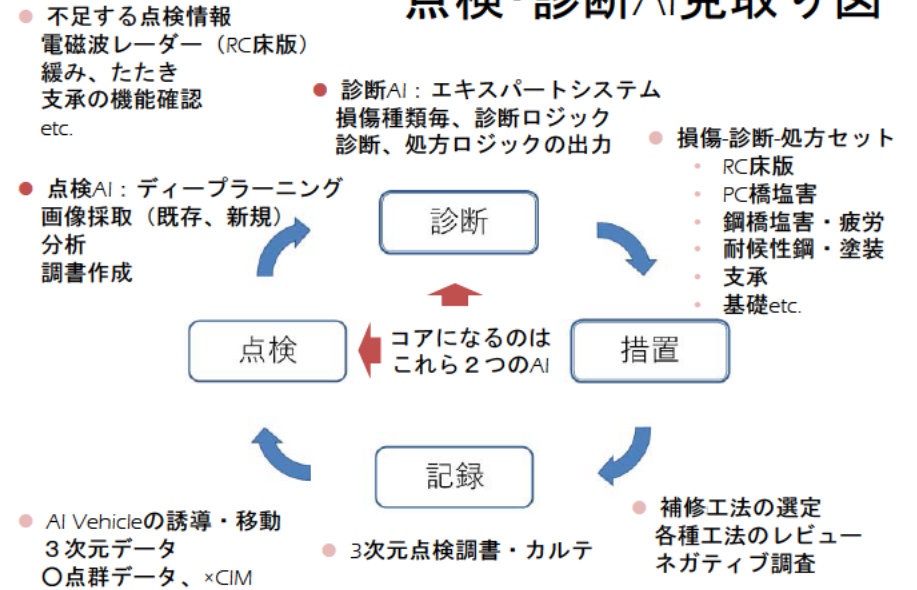
- ディープラーニングを活用すれば、データ採取、調書作成の労力軽減が期待できる
- ロボット化 (AI Vehicle) と組み合わせることができれば、コスト軽減も可能

## 技術の継承

- 高齢化している高度な診断技術者の後継者として技術の伝承が可能

77

# 点検・診断AI見取り図



78

# おわりに

- 点検もさることながら、「診断」の信頼性がきわめて重要
- 総合診療医に対応する診断士制度は未整備、様々な研修によるスキルアップが求められる
- 考える力を磨くにはNHKのDr.Generalと、5回にわたるドボク塾を是非参考に
- 論理的に考え説明する習慣を持つことで、受発注者双方にレベルアップが期待できる
- 土木研究所は点検・診断のAIを始め、新しい技術にチャレンジして行きますので、是非ご注目を

79