

---

# 第13回CAESAR講演会

---

開催日：令和2年10月8日(木)

会場：一橋講堂

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)



---

## 目 次

---

### ■ 講演

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 道路橋診断 AI の開発 .....         | 3     |
| CAESAR 橋梁構造研究グループ長         | 金澤 文彦 |
| 道路橋コンクリート床版の土砂化とその対策 ..... | 25    |
| CAESAR 上席研究員               | 上仙 靖  |
| 床版土砂化要因の早期検知技術 .....       | 51    |
| CAESAR 上席研究員               | 石田 雅博 |



# 講 演



# 道路橋診断AIの開発

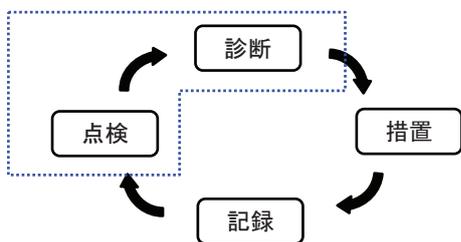
橋梁構造研究グループ長 金澤文彦

1

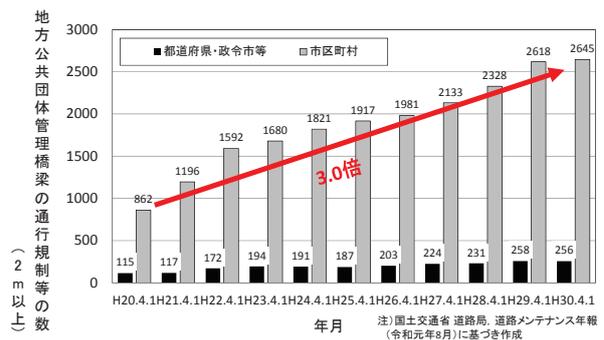
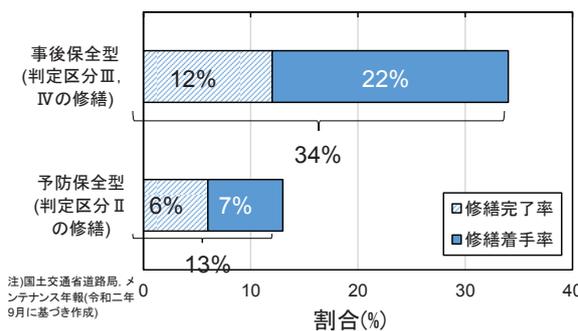
## 1.はじめに ～メンテナンスサイクルの現状～

- 定期点検が1巡し、点検・診断がされているが、措置が確実・適切に行われ、メンテナンスサイクルが円滑に回っているか？

- ・ 地方自治体も含めて定期的な点検・診断が制度化



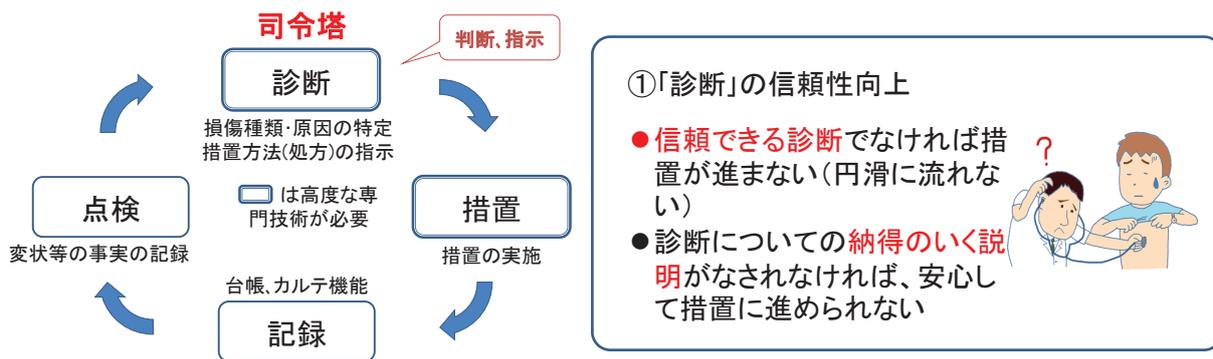
定期点検が義務化されたものの  
必ずしも措置は進んでいない



2

# 1.はじめに ～CAESARにおける技術開発の方向性～

■ メンテナンスサイクルを円滑に回していくために何が必要か？



② 予防保全を前提とした「点検・診断」

- 早い段階で、予防保全措置しないと、重傷な橋が増加し、維持管理コストも増大
  - ・ 予防保全の段階で損傷の兆候をとらえる点検技術 (例: 床版の土砂化を早期に検知する「電磁波レーダー」)
  - ・ 予防保全の段階を見極める診断、適切な予防保全のための措置を示す診断

診断を司令塔とするメンテナンスサイクルを実現する技術開発

# 1.はじめに～AIを活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究～

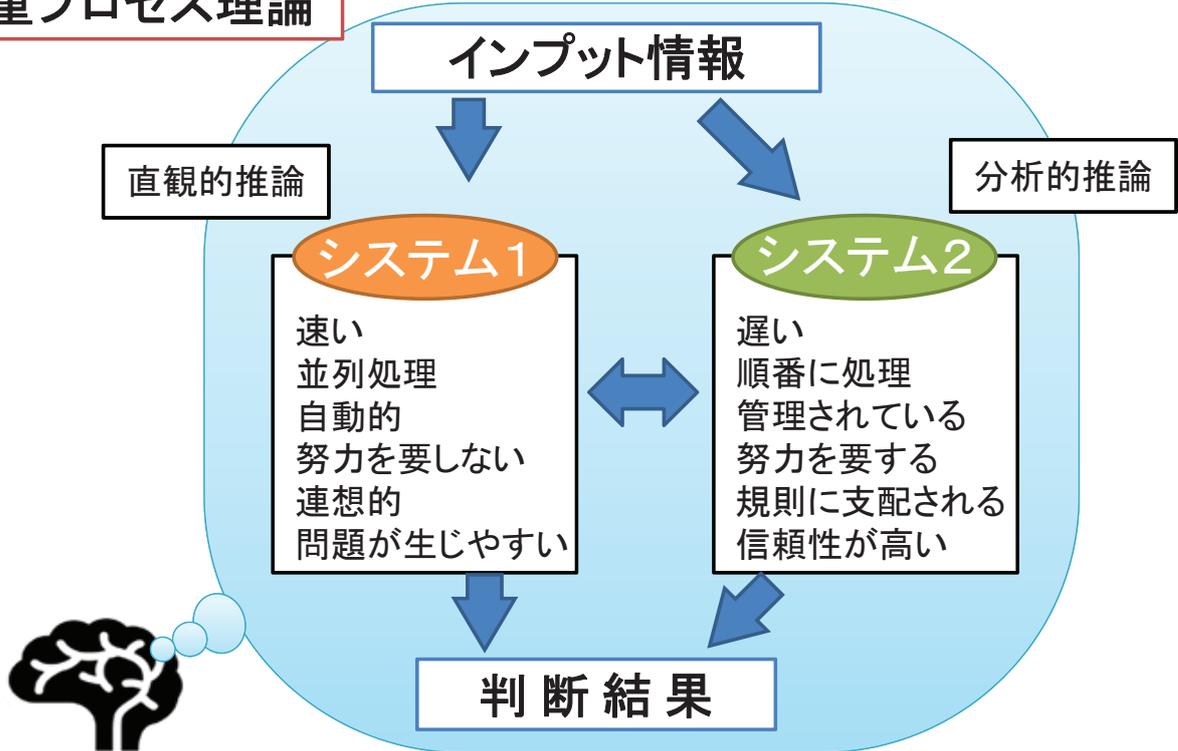
## 土研の呼びかけに官民25者が集結

官民連携で研究を推進するため、建設コンサルタント、IT企業、診断機関、研究機関、地方自治体等25者から成る共同研究体制を平成30年度に立ち上げました。

共同研究キックオフ会議 (H30.10.26開催)

## 2. 診断の思考方法 ～人の思考方法～

### 二重プロセス理論



出典:ダニエル・カーネマン「ファスト&スロー あなたの意思はどのように決まるか」

## 3.道路橋の診断方法 ～損傷メカニズムなど情報の整理～

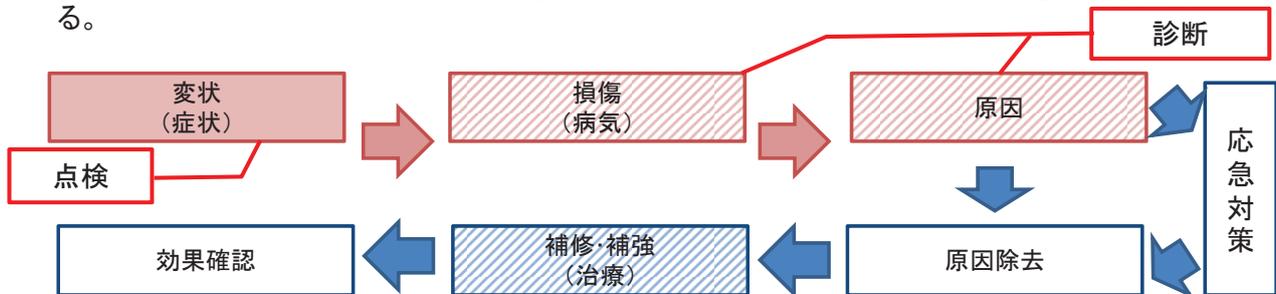
- 道路橋の診断における信頼性向上に必要なことは何か？

診断を行う技術者の知識、経験に基づいて行われており形式的に把握されていなかった。

- - ・損傷のメカニズム等診断に必要な情報の体系的な整理
  - ・診断技術者の思考方法の改善(優秀な診断技術者の思考方法を学習)
  - ・診断を支援する情報システムの活用等

### 【点検・診断・措置の流れ】

変状等の事実から、**損傷の種類**と**原因**を特定し、次回点検までの措置(補修など)を示し、実行する。



診断において、原因や損傷の特定が不完全だと誤診・早期劣化の原因になる

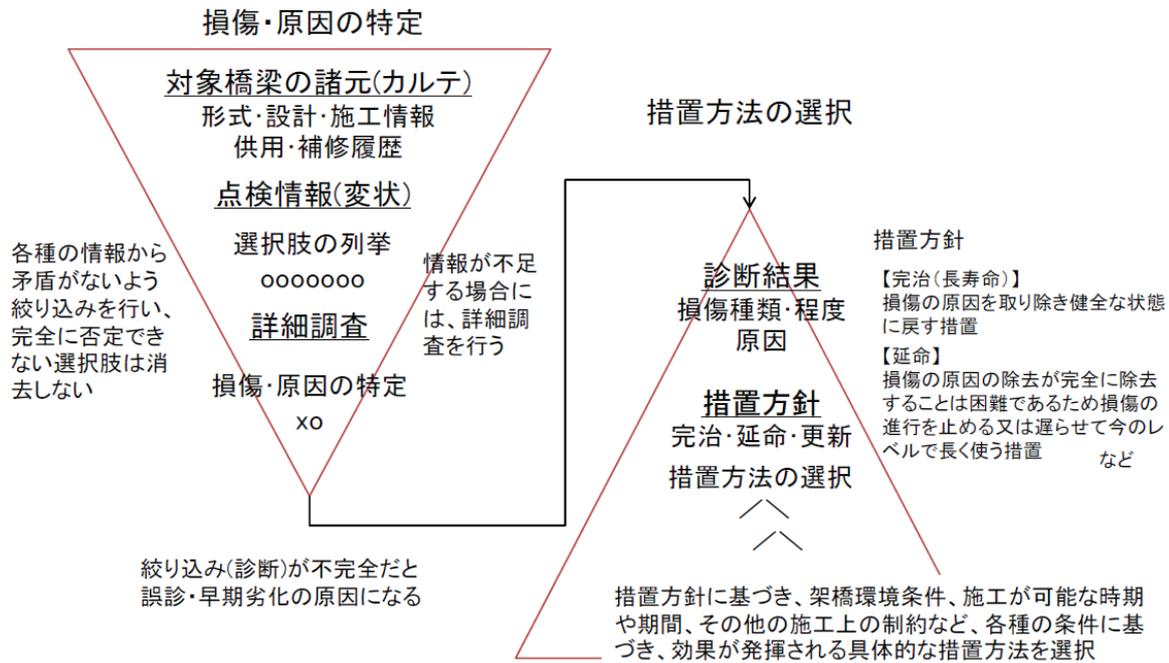
**損傷のメカニズム**(どんな原因で発症し、どんなプロセスを経て進行するか)の**説明**が、**適切な点検・診断・措置**において重要



- ・病気の原因、発症の過程、診断確定を目的とする学問(病理学)が不在。
- ・症例報告がほとんどなく、特に近年発生した損傷には仮説のメカニズムで診断、措置を行わざるを得ない。

### 3.道路橋の診断方法 ～診断技術者の思考改善～

- 熟練診断技術者はどのように診断しているのか？  
→論理的なロジック(道路管理者が納得する論理的な診断内容)



7

### 3.道路橋の診断方法 ～診断を支援する情報システムの活用～

#### ■ どうすれば診断技術の向上が可能か？

- 責任技術者のOJTが効果的
- 地方自治体や地方の民間会社では、熟練技術者がいない状況も多く、そのような場合どうするのか？

#### 診断AIシステムの開発

熟練技術者の代わりとなる診断AIを開発

#### ■ 適用するAI

- ディープラーニング ← Black Box 画像判読が得意
- エキスパートシステム ← 診断の理由が出力 (=説明)可能

点検AIに活用

診断AIに活用

#### ■ 診断AIの概要

- 診断AIは点検データ、台帳データ、カルテデータに基づき、技術者が判断するものを支援(措置まで提示)  
※AIが案を提示(不明なものは不明と提示)し、最終的には人が判断
- 診断AIのシステムはエキスパートシステム(条件分岐)

エキスパートシステムを作成するために、損傷のメカニズムと点検・診断・措置の一連のセット情報を「診断セット」と称して、この体系的な整理を実施

8

## 4.診断セット ～診断セットの概要～

□ **診断セット**は、診断AIの**教師データ**。

部材ごと損傷ごとに作成し、内容によっては、原因や構造等に応じて作成。  
熟練診断技術者等が参加する診断セット検討会で作成。

**メカニズム**:何が原因, どのように進行, 最終的にどうなるのか?(図解する)

**点検**:どの段階ならば, どんな方法で発見・確認できるのか?

**診断**:損傷特定の決め手は何か?

適切な措置を判断する根拠は何か?

- ・長寿命化: 損傷の原因を除去し、元の状態に戻す
- ・延命: 損傷の原因の完全な除去は難しく、損傷の進行をコントロールする
- ・危機管理: 損傷の進行の確実な制御が困難で、落橋等の致命的な状況にならないようにする
- ・緊急措置: 重大な損傷が生じる可能性があり、直ちに緊急的な措置を行う

**措置**:どの段階なら, どの工法の効果が期待できるのか?

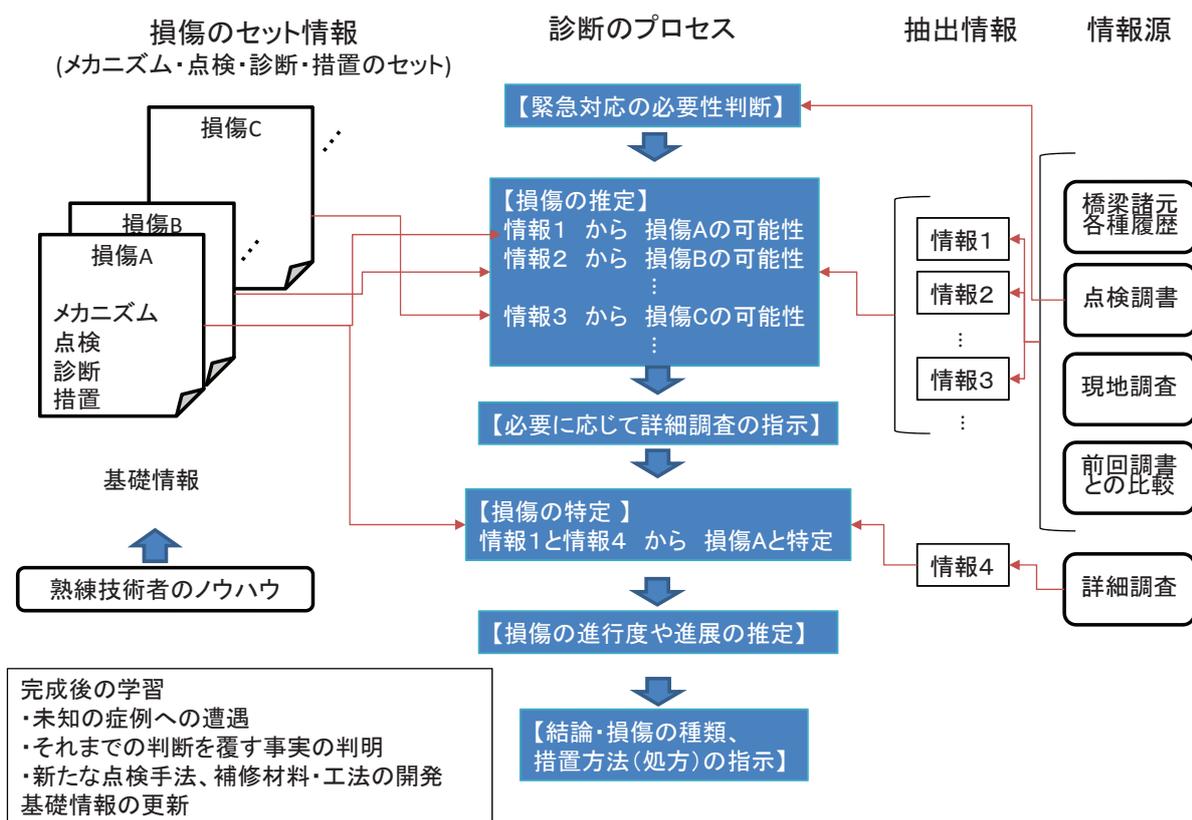
架橋環境条件、交通規制などから施工が可能な時期や期間、それらの条件から定まる施工上の制約条件など、様々な条件をもとに効果が発揮される具体措置方法を選択する。



診断セット検討会

9

## 4.診断セット ～診断セットと情報源、プロセスの関係～



10

## 4.診断セット ～診断セットの概要～

| 部材           | 損傷大項目       | 損傷小項目       | 部材      | 損傷大項目       | 損傷小項目       |      |
|--------------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|------|
| RC床版         | 疲労          | —           | 橋台・橋脚   | 凍結防止剤による塩害  | —           |      |
|              | 土砂化         | 輪荷重による土砂化   |         | 飛来塩分による塩害   | —           |      |
|              |             | 凍害による土砂化    |         | 内在塩による塩害    | —           |      |
|              |             | 凍結防止剤による土砂化 |         | ASR         | —           |      |
|              |             | ASRIによる土砂化  |         | 凍害          | —           |      |
|              | 飛来塩分による塩害   | —           | 基礎      | 洗堀          | 局所洗堀        |      |
| 海砂による塩害      | —           | 基礎の損傷       |         |             | 河床低下        |      |
| 床版橋<br>(上部工) | 外来塩による塩害    |             |         | —           |             | 地滑り  |
|              | 内在塩による塩害    |             |         | —           |             | 側方流動 |
|              | ASR         |             |         | —           |             | 液状化  |
|              | 凍害          | —           |         | 地震による杭本体の損傷 |             |      |
| 土砂化          | 輪荷重による土砂化   |             |         | 支持層への未達     |             |      |
|              | 凍害による土砂化    |             | 支承      | 腐食          | 可動部以外の腐食    |      |
|              | 凍結防止剤による土砂化 |             |         |             | ゴム支承内部鋼板の腐食 |      |
|              | ASRIによる土砂化  |             | 交通振動    | BPA支承可動部の腐食 |             |      |
| 橋台           | 凍結防止剤による塩害  | —           | 伸縮・排水装置 | 腐食          | パッド型ゴム支承の逸脱 |      |
|              | 飛来塩分による塩害   | —           |         |             | 各部材への水の浸入   | —    |
|              | 内在塩による塩害    | —           |         | 露出鋼部材の腐食    |             |      |
|              | ASR         | —           |         | 固定金具の腐食     |             |      |
|              | 凍害          | —           |         |             |             |      |

...など。今後も順次対象部材、対象損傷を追加

11

## 4.診断セット ～RC床板の診断セットの例～

### ■ RC床版の診断セットの例

| 損傷の分類   | 概要(分類の考え方)  |
|---|---|
| 1. 疲労   | 床版下面から変状が進行する損傷   |
| 2. 土砂化<br>2.1 輪荷重<br>2.2 凍害<br>2.3 凍結防止剤による塩害<br>2.4 アルカリ骨材反応 | 主として床版上面から変状が進行する損傷<br>(措置において共通する考え方は、上からの水の供給を遮断すること) |
| 3. 飛来塩による塩害   | 海から飛来する塩分に起因  |
| 4. 海砂による塩害  | 建設時のコンクリートに内在する塩分に起因                                    |



5年前の点検写真



土砂化(砂利化)による損傷

土砂化の損傷例

12

## 4.診断セット ～疲労～

### 1.コンクリート打設～乾燥収縮ひびわれ

### 2.供用開始～橋軸方向曲げひびわれ

### 3.橋軸直角方向曲げひびわれ

### 4. 曲げひびわれの進展 (格子の形成)

### 5.格子密度が飽和状態

### 6.貫通ひびわれの増加

### 7.押し抜きせん断破壊 (陥没)

### 漏水・遊離石灰が確認された場合の留意点

- 床版下面から漏水・遊離石灰が確認された場合、雨水が床版上面から浸透していること、また、貫通ひび割れが生じていることが疑われる。
- 床版上面で土砂化が生じていることが疑われる。
- 漏水・遊離石灰がひびわれ以外からも発生している場合には、土砂化を併発している可能性についても注意する。

13

## 4.診断セット ～疲労～

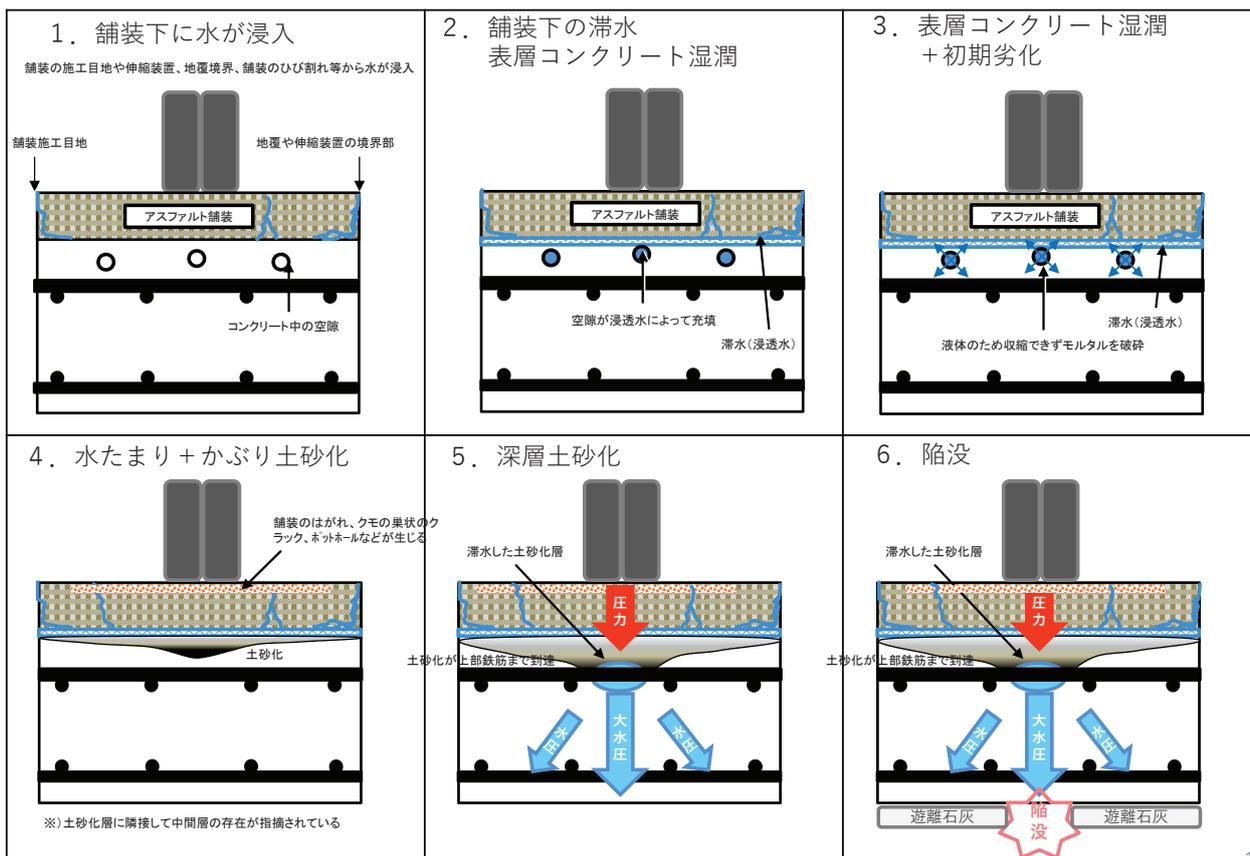
### 点検、診断の着目点と措置の方針

【対象：桁間の床版】  
(張出床版を含まない)

|            | メカニズム  | 点検における着目点 (定期点検)            | 追加情報                                | 診断に必要な詳細調査           | 診断の決め手となる情報                                | 追加情報                                | 措置の方針                        | 工法例                                    |
|------------|--|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|--|-------------------------------------|------------------------------|--|
| 外観変状<br>有り | 1.乾燥収縮によるひびわれが発生                               | ・床版下面のひび割れ                  | —                                   | —                    | ・ひびわれの発生                                   | —                                   | 損傷無し                         | —                                      |
|            | 2.乾燥収縮によるひびわれに加え、橋軸方向に曲げひびわれが発生                | ・床版下面のひび割れ                  | —                                   | —                    | ・ひびわれ幅0.2mm以上<br>・連続的なブロックは形成されていない        | —                                   | 長寿命化(曲げ補強)<br>+遮水            | 炭素繊維接着<br>+床版防水                        |
|            | 3.乾燥収縮や橋軸方向の曲げモーメントによるひびわれに加え、橋軸直角方向に曲げひびわれが発生 | ・床版下面のひび割れ                  | —                                   | —                    | ・ひびわれ幅0.2mm以上<br>・連続的なブロックは形成されていない        | —                                   | —                            | —                                      |
|            | 4.ひびわれが格子状(亀甲状)に進展                             | ・床版下面のひび割れ、漏水・遊離石灰          | ・漏水・遊離石灰を併発していない<br>・漏水・遊離石灰を併発している | —                    | ・複数の閉じたブロックを形成 <sup>注7</sup>               | ・漏水・遊離石灰を併発していない<br>・漏水・遊離石灰を併発している | 延命(曲げ補強+せん断補強)または床版更新<br>+遮水 | 炭素繊維接着+上面増厚or床版部分打替え<br>or床版全面取替え+床版防水 |
|            | 5.格子密度が飽和状態                                    | ・床版下面のひび割れとその間隔(密度)         | —                                   | —                    | ・鉄筋間隔程度(概ね15cm～20cm)の間隔でひびわれが発生している箇所を複数確認 | —                                   | —                            | —                                      |
|            | 6.貫通ひびわれの増加                                    | ・ひび割れの角落ち、前回点検からの床版下面の漏水の増加 | —                                   | 外観で判別できない場合、削孔+孔内の観察 | ・曲げひびわれが全厚を貫通<br>・貫通ひびわれに角落ち               | —                                   | 危機管理(規制+敷鋼板+床版更新)            | 床版部分打替え<br>or床版全面取替え                   |
|            | 7.抜け落ちの発生                                      | —                           | —                                   | —                    | ・押し抜きせん断による陥没の発生                           | —                                   | —                            | —                                      |

14

## 4.診断セット ～土砂化(輪荷重)～



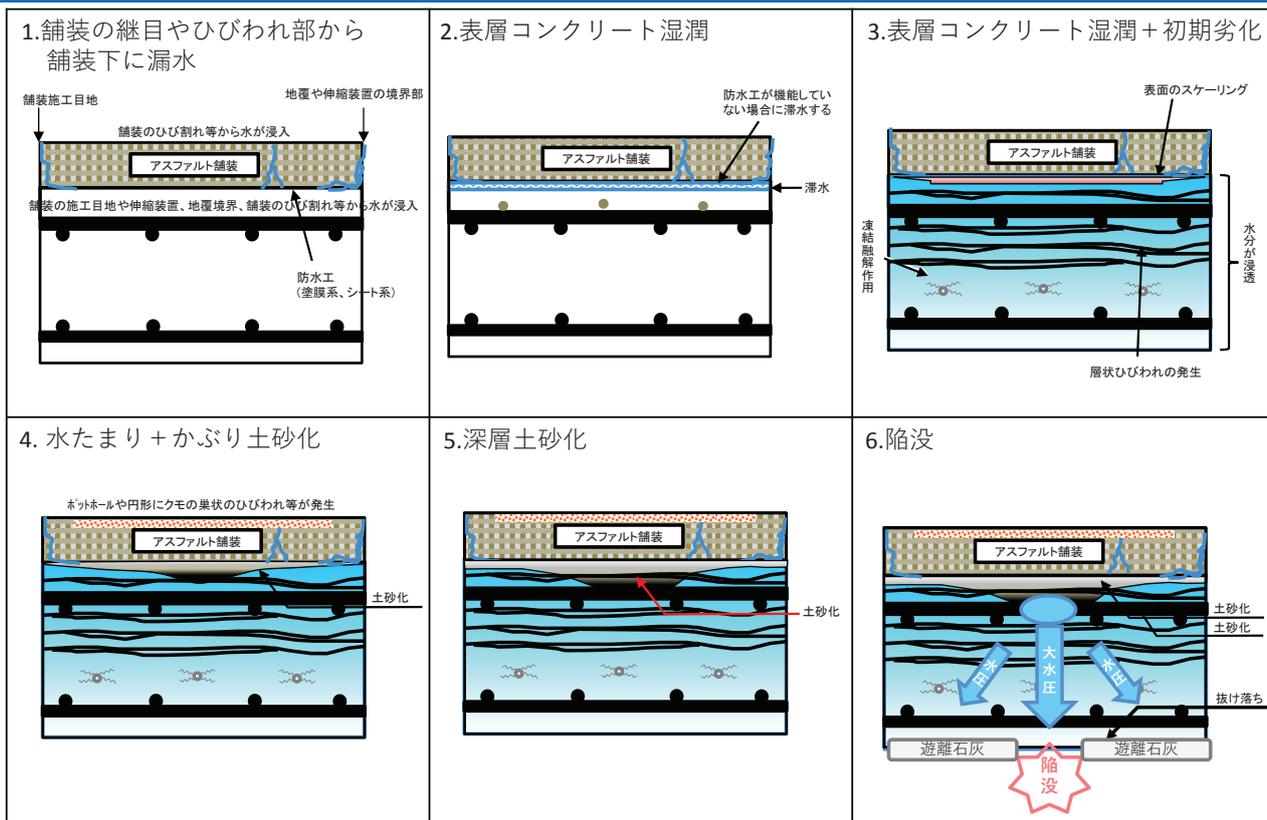
13

## 4.診断セット ～土砂化(輪荷重)～

| No | 変状の状況             | 診断の決め手となる情報   | 追加情報   | 措置の方針                | 工法例   |
|----|-------------------|---|--|----------------------|---|
| 1  | 舗装下に水が浸入          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 車道部の舗装下の滞水</li> <li>• 表層コンクリートの湿潤状態</li> <li>• 床版下面の漏水跡</li> </ul>                         | <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; color: red;">                     現状、外観情報から判断が難しいこと、および措置の方針に差がないことから、システム上は統合                 </div> | 長寿命化（遮水+排水）          | 床版防水工+スラブドレーン   |
| 2  | 舗装下の滞水・表層コンクリート湿潤 |   |  |                      |   |
| 3  | 表層コンクリート湿潤+初期劣化   |   |  |                      |   |
| 4  | 水たまり+かぶり土砂化       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 舗装下の滞水</li> <li>• 舗装の異常（はがれ、蜘蛛の巣状のクラック、ポットホール）</li> <li>• 舗装の異常が発生している箇所では土砂が噴出</li> </ul> | 今後の電磁波レーダの共研成果を反映  | 延命（遮水+舗装更新または床版更新）   | 床版防水工+スラブドレーン+断面修復工+切削+オーバーレイ<br>or 床版部分打替え<br>or 床版全面取替え |
|    |                   |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 舗装の補修箇所に再劣化</li> <li>• 舗装の異常が発生している直下の床版下面に遊離石灰</li> </ul>  | 延命+走行性の確保（床版の更新+遮水）  | 床版部分打替え<br>or 床版全面取替え                                     |
| 5  | 深層土砂化             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 床版上側鉄筋程度までの深い土砂化</li> <li>• 舗装の異常が発生している直下の床版下面に遊離石灰</li> </ul>                            | 水柱状の遊離石灰が析出している  | 危機管理（規制+敷銅板+床版更新+遮水） |   |
| 6  | 陥没                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 抜け落ちの発生</li> </ul>   |  |                      |   |

16

## 4.診断セット ～土砂化(凍害)～



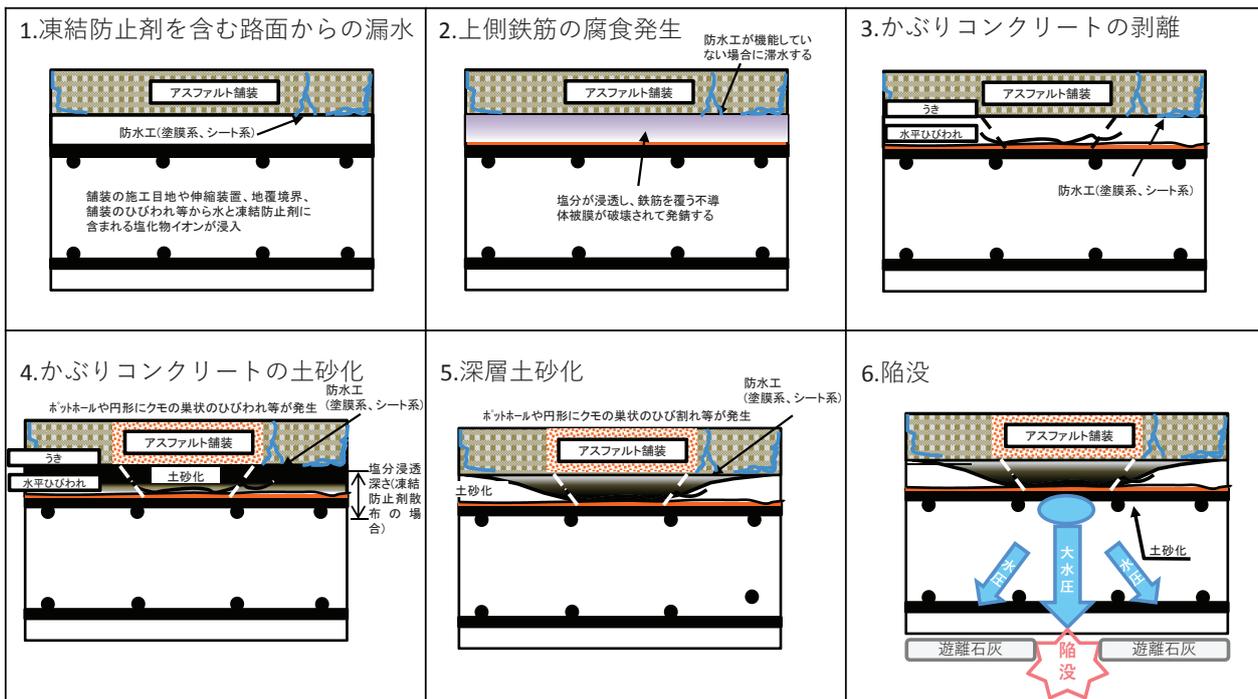
17

## 4.診断セット ～土砂化(凍害)～

| No | 変状の状況           | 診断の決め手となる情報   | 追加情報  | 措置の方針                  | 工法例   |
|----|-----------------|---|---|------------------------|---|
| 1  | 舗装下に漏水          | <ul style="list-style-type: none"> <li>舗装下の滞水</li> <li>表層コンクリートの湿潤状態</li> <li>床版下面の漏水跡</li> <li>冬期平均最低気温</li> </ul>               | 現状、外観情報から判断が難しいこと、および措置の方針に差がないことから、システム上は統合  | 長寿命化(遮水+排水)            | 床版防水工+スラブドレーン   |
| 2  | 表層コンクリート湿潤      |   |   |                        |   |
| 3  | 表層コンクリート湿潤+初期劣化 |   |   |                        |   |
| 4  | 水たまり+かぶり土砂化     | <ul style="list-style-type: none"> <li>凍害劣化の進行</li> <li>舗装の異常が発生(はがれ、蜘蛛の巣状のクラック、ポットホール)</li> <li>舗装の異常が発生している箇所では土砂が噴出</li> </ul> | 今後の電磁波レーダの共研成果を反映   | 延命(遮水+舗装更新または床版更新)     | 床版防水工+スラブドレーン+断面修復工+切削・オーバーレイ<br>or 床版部分打替え<br>or 床版全面取替え |
|    |                 |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>舗装の補修箇所に再劣化</li> <li>舗装の異常が発生している直下の床版下面に遊離石灰</li> </ul> | 延命+走行性の確保(舗装更新または床版更新) | 床版部分打替え<br>or 床版全面取替え                                     |
| 5  | 深層土砂化           | <ul style="list-style-type: none"> <li>床版上側鉄筋程度までの深い土砂化</li> <li>舗装の異常が発生している直下の床版下面に遊離石灰</li> </ul>                              | —   | 危機管理(規制+敷鋼板+床版更新)      |   |
|    |                 |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>氷柱状の遊離石灰が析出しているためより緊急性が高い</li> </ul>                     |                        |   |
| 6  | 陥没              | <ul style="list-style-type: none"> <li>抜け落ちの発生</li> </ul>   | —   |                        |   |

18

## 4.診断セット ～土砂化(凍結防止剤による塩害)～



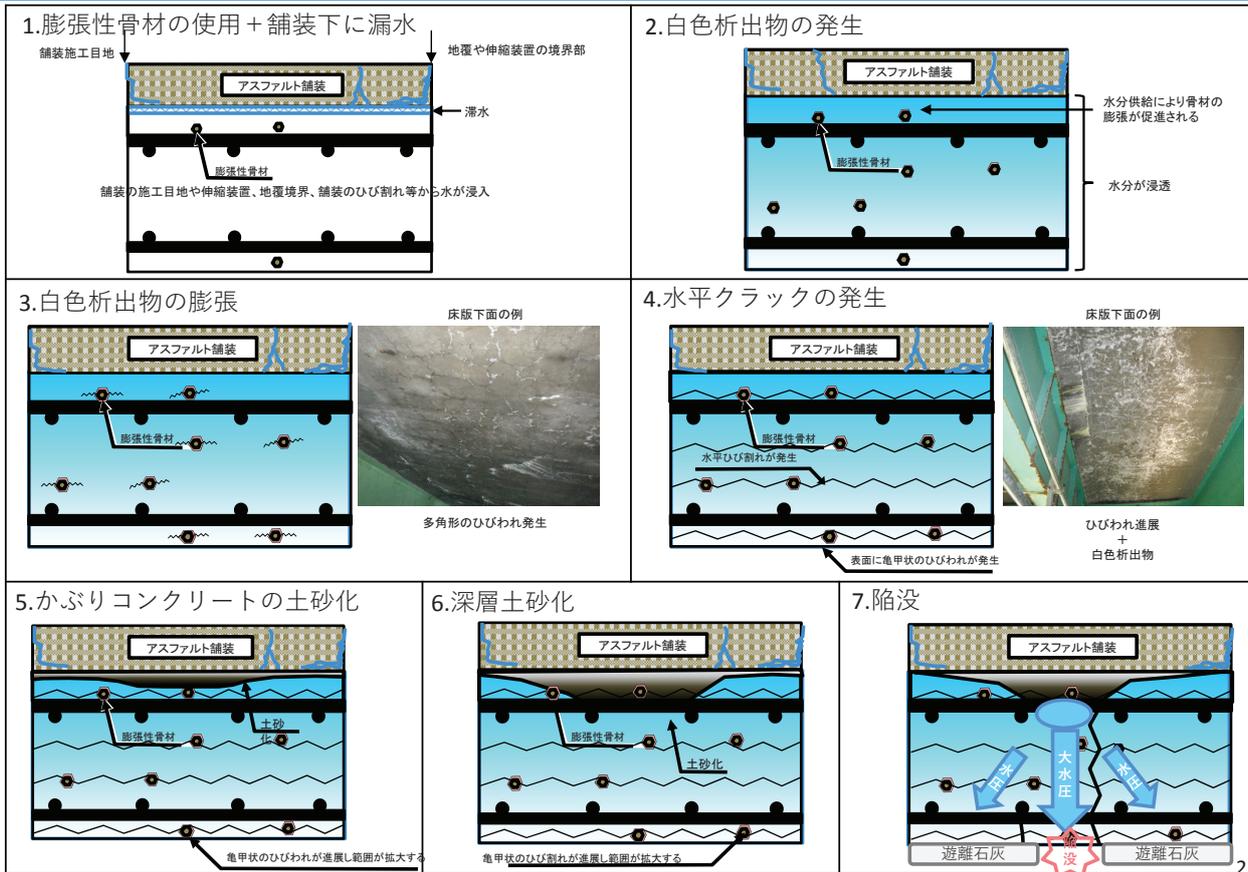
19

## 4.診断セット ～土砂化(凍結防止剤による塩害)～

| No | 変状の状況           | 診断の決め手となる情報   | 追加情報   | 措置の方針                     | 工法例                       |
|----|-----------------|---|--|---------------------------|---------------------------|
| 1  | 凍結防止剤を含む路面からの漏水 | <ul style="list-style-type: none"> <li>凍結防止剤散布有り</li> <li>床版下面の漏水跡</li> </ul>   | —  | 長寿命化(遮水)                  | 床版防水工                     |
| 2  | 上側鉄筋の腐食発生       | <ul style="list-style-type: none"> <li>上側鉄筋位置での塩化物イオン濃度 &gt; 1.2kg/m<sup>3</sup></li> </ul>   | —  | 延命<br>(塩分の除去または更新)        | 床版防水工+断面修復工<br>or 床版部分打替え |
| 3  | かぶりコンクリートの剥離    | <ul style="list-style-type: none"> <li>水平ひびわれの発生</li> <li>舗装の異常(はがれ、蜘蛛の巣状のクラック、ポットホール)</li> </ul>   | —  | 延命<br>(遮水+舗装更新または床版更新)    | 床版部分打替え<br>or 床版全面取替え     |
| 4  | かぶりコンクリートの土砂化   | <ul style="list-style-type: none"> <li>舗装の異常(はがれ、蜘蛛の巣状のクラック、ポットホール)</li> <li>上側鉄筋に著しい腐食</li> <li>舗装の異常が発生している箇所から土砂が噴出</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>舗装の補修箇所にも再劣化</li> <li>舗装の異常が発生している直下の床版下面に遊離石灰</li> </ul> | 延命+走行性の確保<br>(舗装または床版の更新) | 床版部分打替え<br>or 床版全面取替え     |
| 5  | 深層土砂化           | <ul style="list-style-type: none"> <li>床版上側鉄筋程度までの深い土砂化</li> <li>舗装の異常が発生している直下の床版下面に遊離石灰</li> <li>舗装の土砂噴出口や床版下面から錆汁が滲出する場合もある</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>氷柱状の遊離石灰が析出している場合は更なる進行が懸念されるためより緊急性が高い</li> </ul>        | 危機管理<br>(規制+敷鋼板+床版更新)     |                           |
| 6  | 陥没              | <ul style="list-style-type: none"> <li>抜け落ちの発生</li> </ul>   | —  |                           |                           |

20

## 4.診断セット ～土砂化(アルカリ骨材反応)～



## 4.診断セット ～土砂化(アルカリ骨材反応)～

| No | 変状の状況           | 診断の決め手となる情報   | 追加情報   | 措置の方針                  | 工法例                    |
|----|-----------------|---|--|------------------------|------------------------|
| 1  | 膨張性骨材の使用+舗装下に漏水 | <ul style="list-style-type: none"> <li>床版下面の漏水跡</li> <li>反応性骨材有り</li> <li>下部構造や近接構造物にASRを原因とする変状</li> </ul>   | <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; color: red;">                     現状、外観情報から判断が難しいこと、および措置の方針に差がないことから、システム上は統合                 </div> | 長寿命化(遮水)               | 床版防水工                  |
| 2  | 白色析出物の発生        | <ul style="list-style-type: none"> <li>反応性骨材有り</li> <li>ひびわれ周辺に白色析出物の発生</li> <li>床版下面の亀甲状ひびわれの発生</li> </ul>   |  |                        |                        |
| 3  | 白色析出物の膨張        | <ul style="list-style-type: none"> <li>反応性骨材有り</li> <li>白色析出物の増大、進展</li> <li>床版下面の亀甲状ひびわれの進展</li> </ul>   | —  |                        | 床版防水工+断面修復工            |
| 4  | 水平クラックの発生       | <ul style="list-style-type: none"> <li>削孔による水平クラックの確認</li> <li>反応性骨材有り</li> <li>白色析出物の増大、進展</li> <li>床版下面の亀甲状ひびわれの進展</li> <li>舗装の異常(はがれ、蜘蛛の巣状のクラック、ポットホール)</li> </ul> | —  | 延命(劣化部除去)              | 床版防水工+断面修復工 or 床版部分打替え |
| 5  | かぶりコンクリートの土砂化   | <ul style="list-style-type: none"> <li>舗装の異常(はがれ、蜘蛛の巣状のクラック、ポットホール)</li> <li>反応性骨材有り</li> <li>舗装の異常が発生している箇所です砂が噴出</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>舗装の補修箇所に再劣化</li> <li>舗装の異常が発生している直下の床版下面に白色析出物</li> </ul>   | 延命+走行性の確保(舗装更新または床版更新) | 床版部分打替え or 床版全面取替え     |
| 6  | 深層土砂化           | <ul style="list-style-type: none"> <li>床版上側鉄筋程度までの深い土砂化</li> <li>舗装の異常が発生している直下の床版下面に遊離石灰</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>氷柱状に白色析出物が析出している</li> </ul>   | 危機管理(規制+敷鋼板+床版更新)      |                        |
| 7  | 陥没              | <ul style="list-style-type: none"> <li>抜け落ちの発生</li> </ul>   | —  |                        |                        |

## 5.診断AIプロトタイプ構築 ～診断AIの検討のステップ～

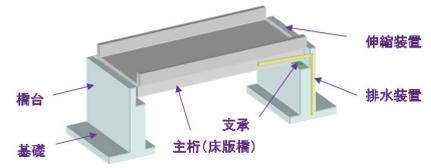
- 地方自治体の抱える課題への対応の観点から優先順位を決めて、検討を推進。

### ①RC床版

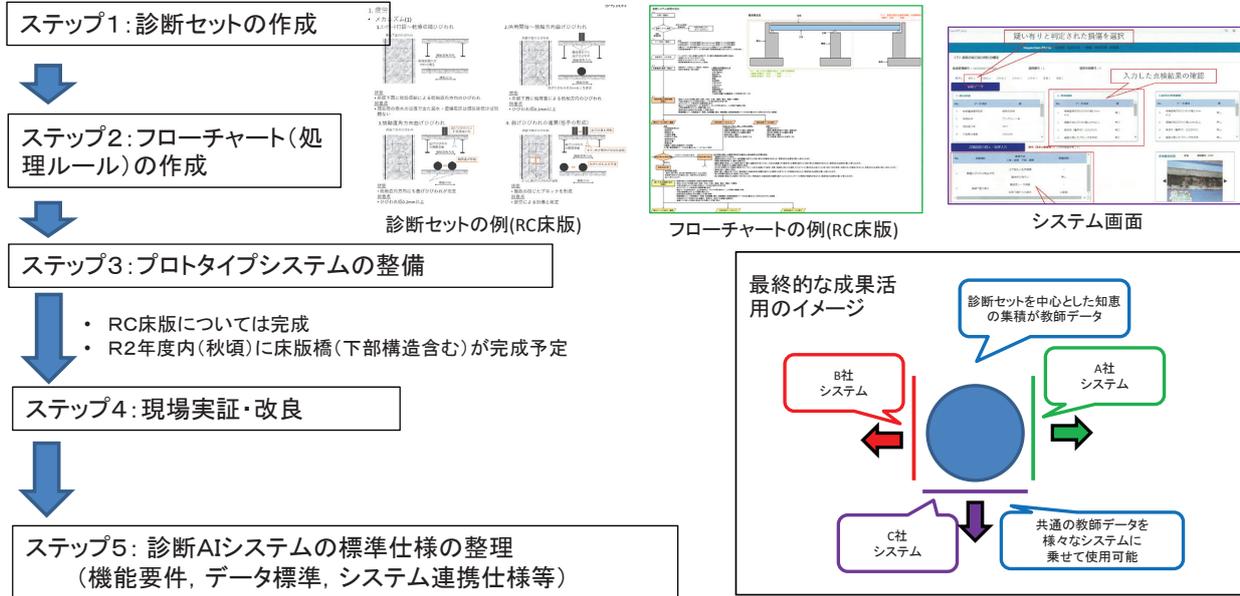
- 近年土砂化による損傷事例が生じており、外観から検知することが難しい一方、突如、床版の抜け落ちに至るなどのリスクが存在。

### ②床版橋

- 地方自治体で最も多い形式（全体の5割以上を占める）

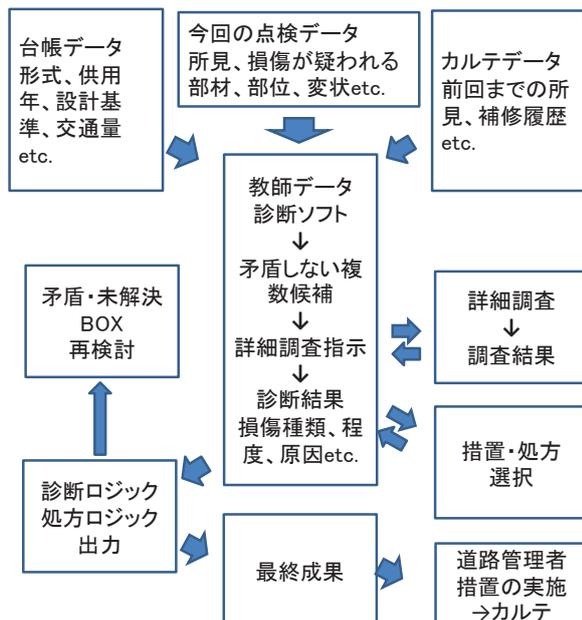


床版橋

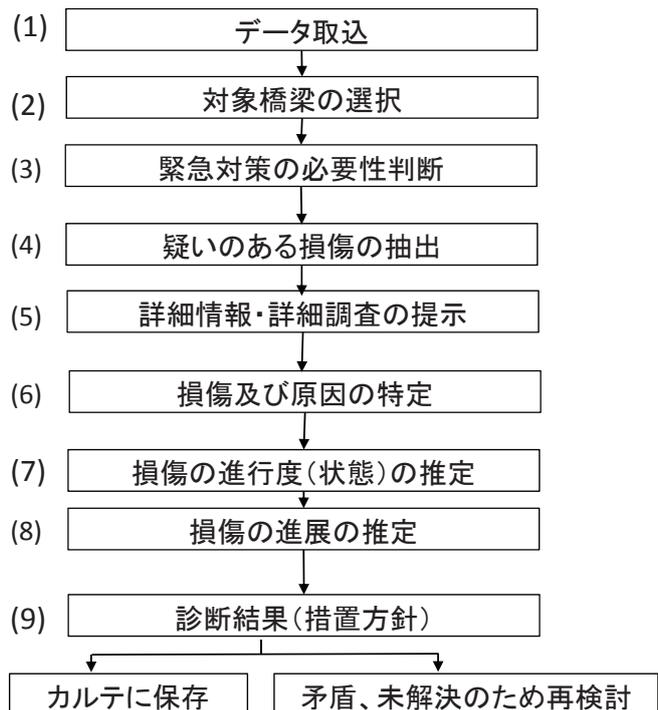


## 5.診断AIプロトタイプ構築 ～診断AIのシステムイメージ～

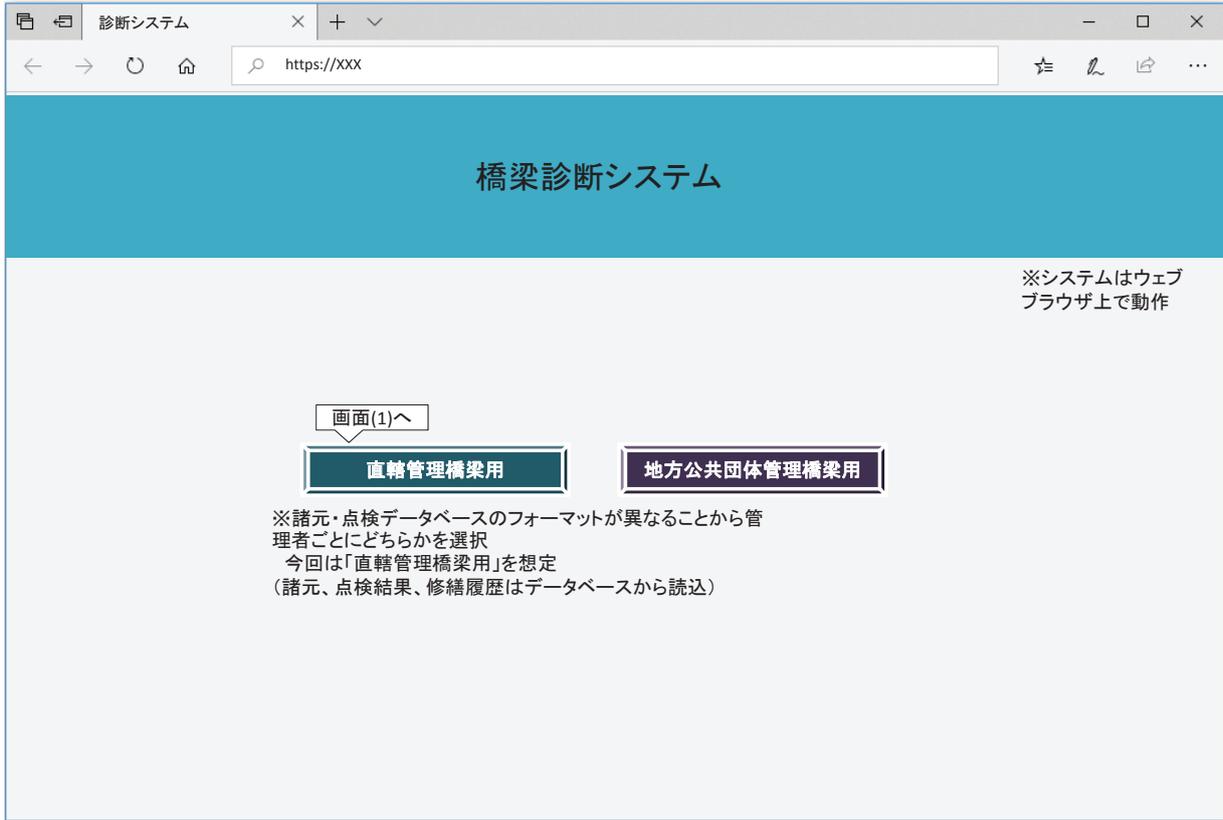
### システムイメージ



### システム処理の流れ



## 5.診断AIプロトタイプ of 構築 ～プロトタイプ of 画面イメージ～



25

## 5.診断AIプロトタイプ of 構築 ～プロトタイプ of 画面イメージ～



26



## 5.診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

緊急対策の必要性判断 × +

https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (3)緊急対策の必要性判断

|    |    |    |
|----|----|----|
| 床版 | 主桁 | ○○ |
|----|----|----|

(1)診断データの取り込み

(2)対象橋梁の選択

**(3)緊急対策の必要性判断**

(4)疑いのある損傷の抽出

(5)詳細情報・詳細調査の提示

(6)損傷及び原因の特定

(7)損傷の進行度(状態)の推定

(8)損傷の進展の推定

(9)診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

**基礎データ** 橋梁点検結果から以下を読み込みました。間違いがあれば修正を確認して下さい。

**1.踏元関連**

| No. | データ項目  | 値      |
|-----|--------|--------|
| 1   | 床版種類   | 場所打床版  |
| 2   | 架設竣工年  | 1971年  |
| 3   | 大型車交通量 | 380台/日 |
| 4   | 防水層の有無 | 無し     |

**2.点検結果**

| No. | データ項目             | 値   |
|-----|-------------------|-----|
| 1   | 連続的な角欠け           | 無し▼ |
| 2   | 舗装の異常箇所直下に漏水・遊離石灰 | 無し▼ |
| 3   | 走行性に影響を与える舗装異常    | 無し▼ |

**3.前回の点検結果**

| No. | データ項目             | 値   |
|-----|-------------------|-----|
| 1   | 連続的な角欠け           | 無し▼ |
| 2   | 舗装の異常箇所直下に漏水・遊離石灰 | 無し▼ |
| 3   | 走行性に影響を与える舗装異常    | 無し▼ |

**データ確定**

基礎データに間違いが無ければ確定ボタンを押す

↓

緊急対策の必要性判断

直ちに抜け落ち、走行性や耐荷性の低下、および第三者被害の発生する可能性は低く、緊急対応の必要性は低いと考えられます。

**点検部材写真** 床版 部材番号: 0801

29

## 5.診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

緊急対策の必要性判断 × +

https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (4)疑いのある損傷の抽出

|    |    |    |
|----|----|----|
| 床版 | 主桁 | ○○ |
|----|----|----|

(1)診断データの取り込み

(2)対象橋梁の選択

(3)緊急対策の必要性判断

**(4)疑いのある損傷の抽出**

(5)詳細情報・詳細調査の提示

(6)損傷及び原因の特定

(7)損傷の進行度(状態)の推定

(8)損傷の進展の推定

(9)診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

**基礎データ** 橋梁点検結果から以下を読み込みました。間違いがあれば修正を確認して下さい。

**1.踏元関連**

| No. | データ項目  | 値      |
|-----|--------|--------|
| 1   | 床版種類   | 場所打床版  |
| 2   | 架設竣工年  | 1971年  |
| 3   | 大型車交通量 | 380台/日 |
| 4   | 防水層の有無 | 無し     |

**2.点検結果**

| No. | データ項目         | 値   |
|-----|---------------|-----|
| 1   | 格子状ひび割れ       | 無し▼ |
| 2   | 橋軸直角方向ひび割れ    | 有り▼ |
| 3   | 複数の閉じたブロックの形成 | 無し▼ |

**3.前回の点検結果**

| No. | データ項目         | 値   |
|-----|---------------|-----|
| 1   | 格子状ひび割れ       | 無し▼ |
| 2   | 橋軸直角方向ひび割れ    | 有り▼ |
| 3   | 複数の閉じたブロックの形成 | 無し▼ |

**データ確定**

基礎データに間違いが無ければ確定ボタンを押す

↓

疑いのある損傷の抽出

| No. | 損傷の疑い    | 有無 | 理由  |
|-----|----------|----|---|
| 1   | 疲労       | 有り | 橋軸方向に幅0.2mmのひび割れが発生している。                          |
| 2   | 土砂化(輪荷重) | 有り | 床版防水が設置されていない。降雨後に床版下面・排水樹周辺から漏水が発生。舗装の異常が発生している。 |
| 3   | 土砂化(凍害)  | 有り | 冬期平均気温が低く、凍害の恐れがある。床版以外でも凍害に特徴的な損傷がある。            |

**点検部材写真** 床版 部材番号: 0801

30

## 5.診断AIプロトタイプ構築 ～プロトタイプ画面イメージ～

緊急対策の必要性判断 × +

https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (5)詳細情報・詳細調査の提示(疲労)

疲労1
疲労2
土砂化1
土砂化2
土砂化3

詳細調査の提示・結果入力
疲労(雨水有り)の損傷・状態特定のためには、以下の詳細調査が必要です

(1)診断データの取り込み

(2)対象橋梁の選択

(3)緊急対策の必要性判断

(4)疑いのある損傷の抽出

(5)詳細情報・詳細調査の提示

(6)損傷及び原因の特定

(7)損傷の進行度(状態)の推定

(8)損傷の進展の推定

(9)診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色:現在位置, 太字:診断済

| No. | 調査項目              | 調査方法<br>上段:直接 下段:間接  | 調査結果  |
|-----|-------------------|----------------------|---|
| 1   | 格子状(亀甲状)ひび割れの発生状況 | 近接目視<br>—            | <input type="checkbox"/> 広範囲 <input type="checkbox"/> 局部的 <input checked="" type="checkbox"/> 無し                              |
| 2   | 貫通ひび割れの発生状況       | コア削孔+孔内観察<br>連続的な角欠け | <input type="checkbox"/> 有り <input type="checkbox"/> 無し<br><input type="checkbox"/> 有り <input checked="" type="checkbox"/> 無し |

データ確定

疑いのある損傷原因毎に詳細情報を入力し確定する

点検部材写真 床版 部材番号:0801



貫通ひび割れ(サンプル写真)



31

## 5.診断AIプロトタイプ構築 ～プロトタイプ画面イメージ～

緊急対策の必要性判断 × +

https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (6)損傷及び原因の特定(疲労)

疲労1
疲労2
土砂化1
土砂化2
土砂化3

基礎データ

(1)診断データの取り込み

(2)対象橋梁の選択

(3)緊急対策の必要性判断

(4)疑いのある損傷の抽出

(5)詳細情報・詳細調査の提示

(6)損傷及び原因の特定

(7)損傷の進行度(状態)の推定

(8)損傷の進展の推定

(9)診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色:現在位置, 太字:診断済

**1.諸元関連**

| No. | データ項目  | 値      |
|-----|--------|--------|
| 1   | 床版種類   | 場所打床版  |
| 2   | 架設竣工年  | 1971年  |
| 3   | 大型車交通量 | 380台/日 |
| 4   | 防水層の有無 | 無し     |

**2.点検結果**

| No. | データ項目         | 値   |
|-----|---------------|-----|
| 1   | 格子状ひび割れ       | 無し▼ |
| 2   | 橋軸直角方向ひび割れ    | 有り▼ |
| 3   | 複数の閉じたブロックの形成 | 無し▼ |

**3.前回の点検結果**

| No. | データ項目         | 値   |
|-----|---------------|-----|
| 1   | 格子状ひび割れ       | 無し▼ |
| 2   | 橋軸直角方向ひび割れ    | 有り▼ |
| 3   | 複数の閉じたブロックの形成 | 無し▼ |

詳細調査の提示・結果入力

| No. | 調査項目              | 調査方法<br>上段:直接 下段:間接  | 調査結果  |
|-----|-------------------|----------------------|---|
| 1   | 格子状(亀甲状)ひび割れの発生状況 | 近接目視<br>—            | <input type="checkbox"/> 広範囲 <input type="checkbox"/> 局部的 <input checked="" type="checkbox"/> 無し                              |
| 2   | 貫通ひび割れの発生状況       | コア削孔+孔内観察<br>連続的な角欠け | <input type="checkbox"/> 有り <input type="checkbox"/> 無し<br><input type="checkbox"/> 有り <input checked="" type="checkbox"/> 無し |

診断(特定)

これまでの入力データを再確認し、間違い無ければ確定し、損傷および原因を特定

格子状(亀甲状)のひび割れが発生していないことから、「疲労」以外の損傷であると考えられます。

点検部材写真 床版 部材番号:0801



32

## 5.診断AIプロトタイプ of 構築 ～プロトタイプ of 画面イメージ～

緊急対策の必要性判断 × +

https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (6) 損傷及び原因の特定(土砂化(輪荷重))

疲労1 疲労2 土砂化1 土砂化2 土砂化3

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

**(6) 損傷及び原因の特定**

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

#### 基礎データ

##### 1. 踏元関連

| No. | データ項目  | 値      |
|-----|--------|--------|
| 1   | 床版種類   | 場所打床版  |
| 2   | 架設竣工年  | 1971年  |
| 3   | 大型車交通量 | 380台/日 |
| 4   | 防水層の有無 | 無し     |

##### 2. 点検結果

| No. | データ項目         | 値   |
|-----|---------------|-----|
| 1   | 格子状ひび割れ       | 無し▼ |
| 2   | 橋軸直角方向ひび割れ    | 有り▼ |
| 3   | 複数の閉じたブロックの形成 | 無し▼ |

##### 3. 前回の点検結果

| No. | データ項目         | 値   |
|-----|---------------|-----|
| 1   | 格子状ひび割れ       | 無し▼ |
| 2   | 橋軸直角方向ひび割れ    | 有り▼ |
| 3   | 複数の閉じたブロックの形成 | 無し▼ |

#### 詳細調査の提示・結果入力

| No. | 調査項目            | 調査方法<br>上段: 直接<br>下段: 間接 | 調査結果   |
|-----|-----------------|--------------------------|--|
| 1   | 車線部の舗装<br>下面の滞水 | 電磁波レーダー                  | —  |
|     |                 | 床版下面から漏水                 | <input type="checkbox"/> 広範囲 <input checked="" type="checkbox"/> 局部的 <input type="checkbox"/> 無し |
| 2   | 土砂化深さ           | 舗装除去+床版上面の観察             | <input checked="" type="checkbox"/> 上側鉄筋より上<br><input type="checkbox"/> 上側鉄筋より下                  |
|     |                 | 舗装の異常箇所と床版下面漏水箇所的位置関係    | <input checked="" type="checkbox"/> 同位置 <input type="checkbox"/> 関係無し                            |

診断(特定)

これまでの入力データを再確認し、間違い無ければ確定し、損傷および原因を特定

車線部の床版上面が常に滞水し、土砂が発生していることから、「土砂化(輪荷重)」であると考えられます。

#### 点検部材写真 床版 部材番号: 0801



33

## 5.診断AIプロトタイプ of 構築 ～プロトタイプ of 画面イメージ～

緊急対策の必要性判断 × +

https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (6) 損傷及び原因の特定(土砂化(凍害))

疲労1 疲労2 土砂化1 土砂化2 土砂化3

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

**(6) 損傷及び原因の特定**

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

#### 基礎データ

##### 1. 踏元関連

| No. | データ項目  | 値      |
|-----|--------|--------|
| 1   | 床版種類   | 場所打床版  |
| 2   | 架設竣工年  | 1971年  |
| 3   | 大型車交通量 | 380台/日 |
| 4   | 防水層の有無 | 無し     |

##### 2. 点検結果

| No. | データ項目         | 値   |
|-----|---------------|-----|
| 1   | 格子状ひび割れ       | 無し▼ |
| 2   | 橋軸直角方向ひび割れ    | 有り▼ |
| 3   | 複数の閉じたブロックの形成 | 無し▼ |

##### 3. 前回の点検結果

| No. | データ項目         | 値   |
|-----|---------------|-----|
| 1   | 格子状ひび割れ       | 無し▼ |
| 2   | 橋軸直角方向ひび割れ    | 有り▼ |
| 3   | 複数の閉じたブロックの形成 | 無し▼ |

#### 詳細調査の提示・結果入力

| No. | 調査項目    | 調査方法<br>上段: 直接<br>下段: 間接 | 調査結果   |
|-----|---------|--------------------------|--|
| 1   | 舗装下面の滞水 | 電磁波レーダー                  | —  |
|     |         | 床版下面から漏水                 | <input type="checkbox"/> 広範囲 <input checked="" type="checkbox"/> 局部的 <input type="checkbox"/> 無し |
| 2   | 土砂化深さ   | 舗装除去+床版上面の観察             | <input checked="" type="checkbox"/> 上側鉄筋より上<br><input type="checkbox"/> 上側鉄筋より下                  |
|     |         | 舗装の異常箇所と床版下面漏水箇所的位置関係    | <input checked="" type="checkbox"/> 同位置 <input type="checkbox"/> 関係無し                            |

診断(特定)

これまでの入力データを再確認し、間違い無ければ確定し、損傷および原因を特定

冬期平均気温が低く、土砂化が発生していることから「土砂化(凍害)」であると考えられます。

#### 点検部材写真 床版 部材番号: 0801



34

-19-

## 5.診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (7) 損傷及び原因の特定(土砂化(輪荷重))

|     |     |      |      |      |
|-----|-----|------|------|------|
| 疲労1 | 疲労2 | 土砂化1 | 土砂化2 | 土砂化3 |
|-----|-----|------|------|------|

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

(6) 損傷及び原因の特定

**(7) 損傷の進行度(状態)の推定**

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

**基礎データ**

**1. 踏元関連**

| No. | データ項目  | 値      |
|-----|--------|--------|
| 1   | 床版種類   | 場所打床版  |
| 2   | 架設竣工年  | 1971年  |
| 3   | 大型車交通量 | 380台/日 |
| 4   | 防水層の有無 | 無し     |

**2. 点検結果**

| No. | データ項目         | 値   |
|-----|---------------|-----|
| 1   | 格子状ひび割れ       | 無し▼ |
| 2   | 橋軸直角方向ひび割れ    | 有り▼ |
| 3   | 複数の閉じたブロックの形成 | 無し▼ |

**3. 前回の点検結果**

| No. | データ項目         | 値   |
|-----|---------------|-----|
| 1   | 格子状ひび割れ       | 無し▼ |
| 2   | 橋軸直角方向ひび割れ    | 有り▼ |
| 3   | 複数の閉じたブロックの形成 | 無し▼ |

**詳細調査の提示・結果入力**

| No. | 調査項目        | 調査方法<br>上段: 直接<br>下段: 間接 | 調査結果   |
|-----|-------------|--------------------------|--|
| 1   | 車線部の舗装下面の滞水 | 電磁波レーダー                  | —  |
|     |             | 床版下面から漏水                 | <input type="checkbox"/> 広範囲 <input checked="" type="checkbox"/> 局部的 <input type="checkbox"/> 無し |
| 2   | 土砂化深さ       | 舗装除去+床版上面の観察             | <input checked="" type="checkbox"/> 上側鉄筋より上<br><input type="checkbox"/> 上側鉄筋より下                  |
|     |             | 舗装の異常箇所と床版下面漏水箇所の位置関係    | <input checked="" type="checkbox"/> 同位置 <input type="checkbox"/> 関係無し                            |

診断(特定)

損傷の特定と措置の方針 次ページへ続く

点検部材写真 床版 部材番号: 0801

## 5.診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (7) 損傷及び原因の特定(土砂化(輪荷重))

|     |     |      |      |      |
|-----|-----|------|------|------|
| 疲労1 | 疲労2 | 土砂化1 | 土砂化2 | 土砂化3 |
|-----|-----|------|------|------|

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

(6) 損傷及び原因の特定

**(7) 損傷の進行度(状態)の推定**

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

**損傷の特定と措置の方針**

① 舗装下に漏水  
② 表層コンクリート湿潤  
③ 表層コンクリート湿潤 + 初期劣化  
④ 水たまり + かぶり土砂化  
⑤ 深層土砂化  
⑥ 5. 陥没

舗装下面が滞水しており、かぶりコンクリートが土砂化しているため、「土砂化(輪荷重): 状態④」と考えられます。

## 5.診断AIプロトタイプ構築 ～プロトタイプ画面イメージ～

緊急対策の必要性判断
+
+
+

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (7) 損傷及び原因の特定(土砂化(凍害))

疲労1 疲労2 土砂化1 土砂化2 土砂化3

**損傷の特定と措置の方針**

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

(6) 損傷及び原因の特定

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

凍害が疑われる環境で有り、表層コンクリートは常に湿潤状態で、かぶりコンクリートが土砂化しているため、「土砂化(凍害): 状態④」と考えられます。

37

## 5.診断AIプロトタイプ構築 ～プロトタイプ画面イメージ～

緊急対策の必要性判断
+
+
+

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (8) 損傷の進展の推定

疲労1 疲労2 土砂化1 土砂化2 土砂化3

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

(6) 損傷及び原因の特定

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

定期点検における損傷程度の評価区分

| No. | データ項目         | 前回点検 | 今回結果 |
|-----|---------------|------|------|
| 1   | 点検結果: 床版ひび割れ  | b    | d    |
| 2   | 点検結果: 剥離・鉄筋露出 | —    | —    |
| 3   | 点検結果: 漏水・遊離石灰 | d    | d    |

橋梁点検結果から読み取り、間違いがあれば修正を確認

定期点検における損傷の進展性の有無

定期点検における損傷程度の評価区分に変化がない場合で、同一部材の損傷写真に進展性がある場合はチェック

進展の確認チェック

進展無し    進展有り

前回点検写真

今回点検写真

データ確定

38

## 5.診断AIプロトタイプ構築 ～プロトタイプの画面イメージ～

緊急対策の必要性判断 × +

https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (9)診断結果(措置方針)

| 床版 | 主桁 | 支承 | 基礎 | 橋脚 | 橋台 |
|----|----|----|----|----|----|
|----|----|----|----|----|----|

**措置及び原因**

- ・車線部の床版上面が常に滞水し、土砂化が発生していることから、「土砂化(輪荷重による破砕)」であると考えられます。
- ・冬期平均最低気温が低く、土砂化が発生していることから、「土砂化(凍害)」であると考えられます。

**損傷の進行度(状態)の推定**

【土砂化(輪荷重による破砕)】舗装下面が滞水しており、かぶりコンクリートが土砂化しているため、「状態④」であると考えられます。

【土砂化(凍害)】凍害が疑われる環境であり、表層コンクリートは常に湿潤状態で、かぶりコンクリートが土砂化しているため、「状態④」と考えられます。

**損傷の進展の推定**

前回の点検時と今回の点検時を比較すると、損傷の進行が確認されませんでした。

**措置方針(案)**

【土砂化(輪荷重による破砕)】【土砂化(凍害)】

状態④の可能性があることから延命措置が必要と考えられます。

<必要な対策(案)>

- ・床版防水+スラブドレーン+断面修復+切削+オーバーレイ
- ・床版部分打ち替え or 床版全面取替え

**措置及び原因**

(1) 診断データの取り込み  
 (2) 対象橋梁の選択  
 (3) 緊急対策の必要性判断  
 (4) 疑いのある損傷の抽出  
 (5) 詳細情報・詳細調査の提示  
 (6) 損傷及び原因の特定  
 (7) 損傷の進行度(状態)の推定  
 (8) 損傷の進展の推定  
**(9) 診断結果(措置方針)**

[凡例]  
 茶色: 現在位置, 太字: 診断済

診断結果に問題なければ、「カルテに保存」、特定されなかった場合、疑問があった場合は「矛盾、未解決の為再検討」を選択

カルテに保存

矛盾、未解決の為再検討

## 5.診断AIプロトタイプ構築 ～今後目指す利用イメージ～

### ①現場に行く前の情報整理

事務所(点検現場へ行く前)

- 現場に行く前にカルテ等の情報をシステムに入れる
  - ・ カルテデータ(橋梁諸元、架橋環境条件など)
  - ・ 前回の定期点検データ

データ IN

データが保存されている  
ファイルサーバーやPC

現場へ持っていく  
タブレット

### ②現場における変状データの適切な取得

現場(定期点検)

- 事務所で入れた情報に基づき、診断で必要となる入力項目がシステム上に表示されるため、タブレットに従い、現地で橋の状態を見ながら情報を入力

～以下タブレットの画面イメージ～

**床版下面**

複数の格子状(亀甲状)のひび割れがある

角落ちがある

○○

次へ

**アシスト機能**

複数の格子状(亀甲状)のひび割れの説明

0.2mm以上のひび割れが橋軸方向及び橋軸直角方向に生じ、格子状(亀甲状)に生じており、その格子状(亀甲状)のひび割れが、隣接して複数発生している変状。

(該当する状態の例)

**床版下面**

複数の格子状(亀甲状)のひび割れに遊離石灰又は漏水を伴っている

データ入力の最後

入力完了

チェック機能

以下のデータが不足しているため入力してください

- 床版コンクリートの剥離・剥落がある

### ③診断(結果の出力)

現場・事務所(いつでも)

システム画面

- ・ 詳細調査の指示
- ・ 損傷及び原因、進行度、措置方針等の提示

## 今後の検討課題

- ✓ 特定の部材・損傷を対象にしたプロトタイプを構築し現場で実証
- ✓ 診断AIシステムの標準仕様となる機能要件、データ標準、システム連携仕様等の検討
- ✓ 診断を支援するサブシステム(類似事例検索、データ入力支援、損傷原因の推定支援)とも連携可能となるよう検討
- ✓ 診断AIの導入・普及展開における官民の協調領域と競争領域の検討
  - 協調領域(共通データ基盤、システムの機能要件定義やプロトタイプの構築など)
  - 競争領域(システムの操作性、機能性、セキュリティなど)
- ✓ 共通データの提供方法・更新方法、診断AIで出力した結果の共有方法、更新データによる診断AIの拡張方法
- ✓ 診断セットの対象部材、損傷を拡張するとともに、優先度の高い損傷のメカニズムを解明しメカニズムに適合した予防保全型の点検・診断・措置技術の開発を検討
- ✓ 各道路管理者の保有する既存DBの仕様がバラバラであるため、診断に用いる標準的なデータ仕様を検討
- ✓ 電磁波レーダーによる床版上面の水分検知技術など新技術により取得された詳細調査情報とのシステム連携方法の検討

41

## おわりに

- ✓ 本日は、AI共同研究における診断AIの開発状況について中間的に報告しました。(検討途上で、今後内容の変更もあります)

ご静聴ありがとうございました

42



# 道路橋コンクリート床版の土砂化とその対策

CAESAR上席研究員  
上仙 靖

1

## コンテンツ

### 一般道におけるコンクリート床版の土砂化<sup>1)</sup>

- 床版の土砂化
- 土砂化の中間層
- 補修時の適切な除去範囲

### 土砂化対策を意識した橋面舗装の打換え<sup>2)</sup>

- これまでの橋面舗装の補修における課題
- 床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術の骨子

1) 橋梁と基礎, 2020.8. 及び 土木研究所資料第4398号, 2020.3.

2) 土木技術資料, 2020.7.

2

# 国交省国土技術研究会指定課題「道路橋コンクリート床版の土砂化対策に関する調査研究」(H30-R1)

## 地整等と連携

つくば・寒地の関係チームが参加

効率的に情報共有，実橋調査

参加地整等\*  
東北地整  
北陸地整  
中部地整  
九州地整  
北海道開発局

国総研  
土研



道路基盤研

舗装T

CAESAR(床版)

物理探査

CAESAR(レーダ)

寒地構造T

\*) 全地整等に連絡，参加は任意

3

# 国交省国土技術研究会指定課題「道路橋コンクリート床版の土砂化対策に関する調査研究」(H30-R1)

広く普及するため，  
報告書を作成し配布



指定課題の様子と土研資料

ISSN 0386-5878  
土木研究所資料第 4398 号

道路橋コンクリート床版の土砂化対策  
に関する調査研究

令和2年3月

国土交通省 道路局 国道・技術課  
国土技術政策総合研究所  
東北地方整備局  
北陸地方整備局  
中部地方整備局  
九州地方整備局  
北海道開発局  
国立研究開発法人 土木研究所

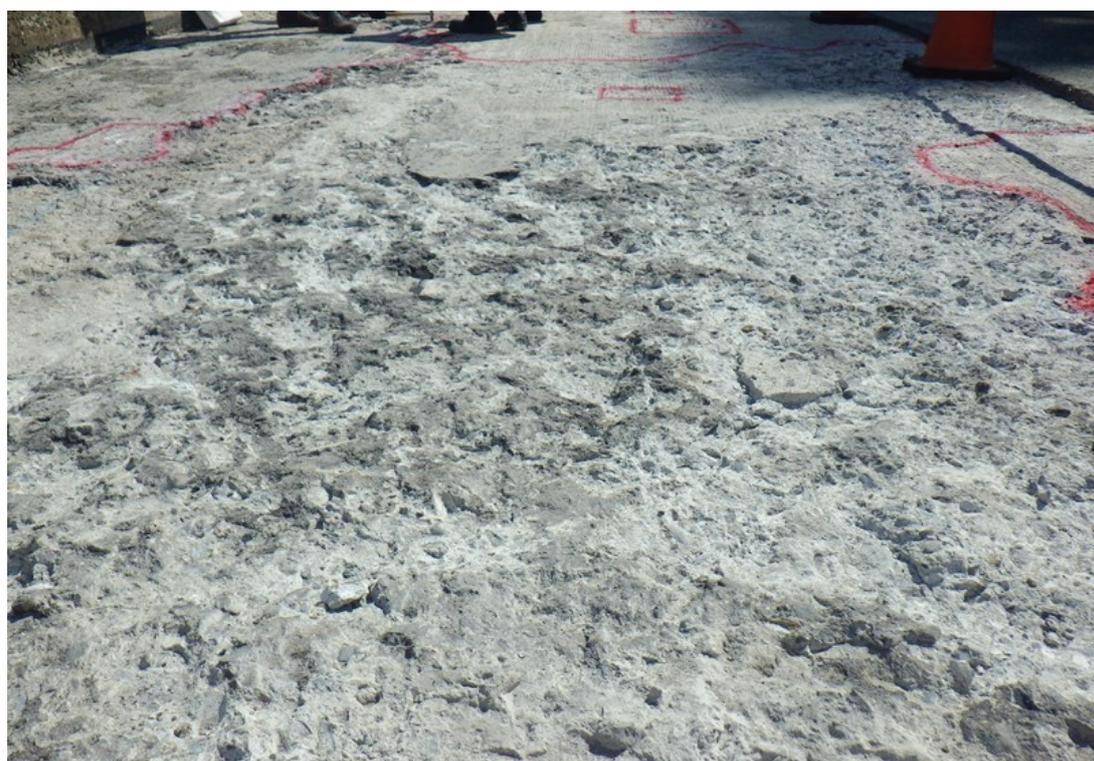
4

## 橋面の広範囲に見られた土砂化の事例



5

## 拡大写真



6

## 地覆, 排水口付近の土砂化の事例



7

## 打継目付近の土砂化の事例



8

## 除去前の橋面舗装



管理者資料より

9

## 伸縮装置付近，車輪走行位置の土砂化事例



10

## 伸縮装置付近，車輪走行位置の土砂化事例



11

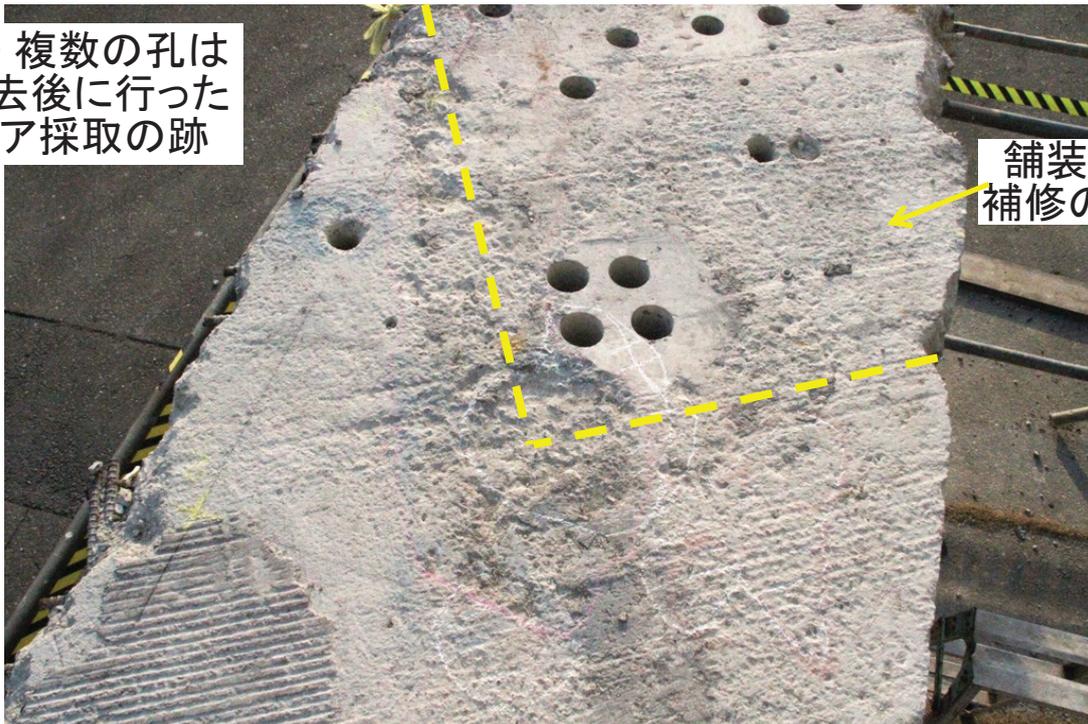
## 伸縮装置付近，車輪走行位置の土砂化事例



12

## 舗装の部分補修境界付近における 土砂化の兆候

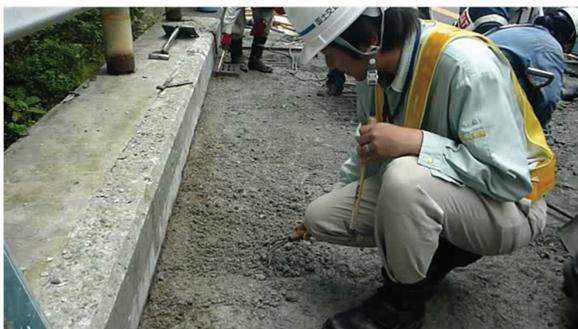
注) 複数の孔は  
撤去後に行った  
コア採取の跡



舗装部分  
補修の範囲

13

## RC床版の劣化事例



管理者資料より

## 高標高部の道路橋における床版土砂化の現状



管理者資料より

## 高標高部の道路橋における床版土砂化の現状



管理者資料より

## 高標高部の道路橋における床版土砂化の現状



管理者資料より

## 高標高部の道路橋における床版土砂化の現状



管理者資料より

# 撤去床版調査



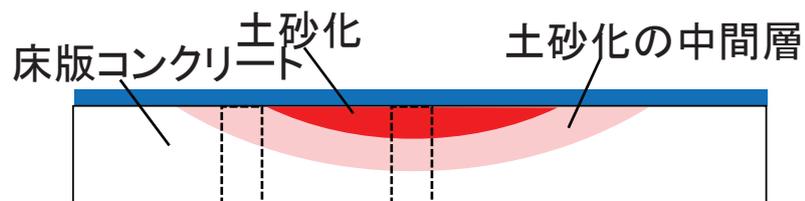
19

## 背景と目的

土砂化部の補修範囲をどうするか  
劣化部位を残さない

## 土砂化の中間層

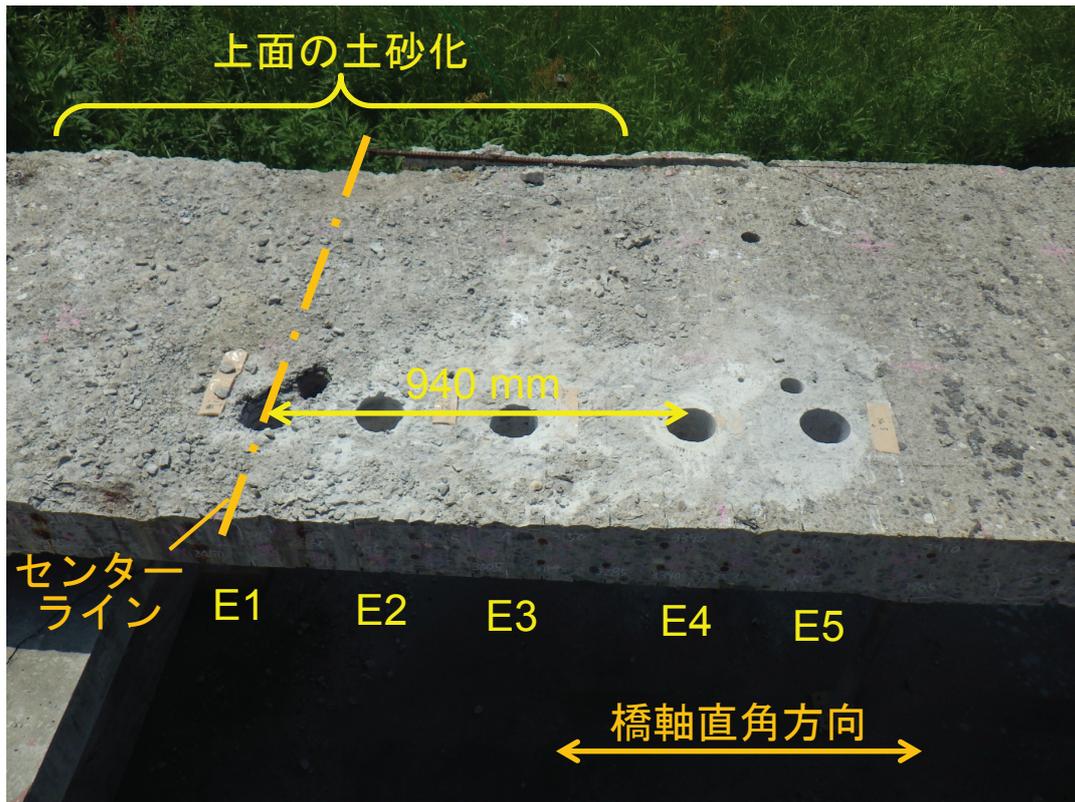
土砂化の周辺はどうなっているか



鉛直方向に劣化が進行  
深さごとに物性が変化

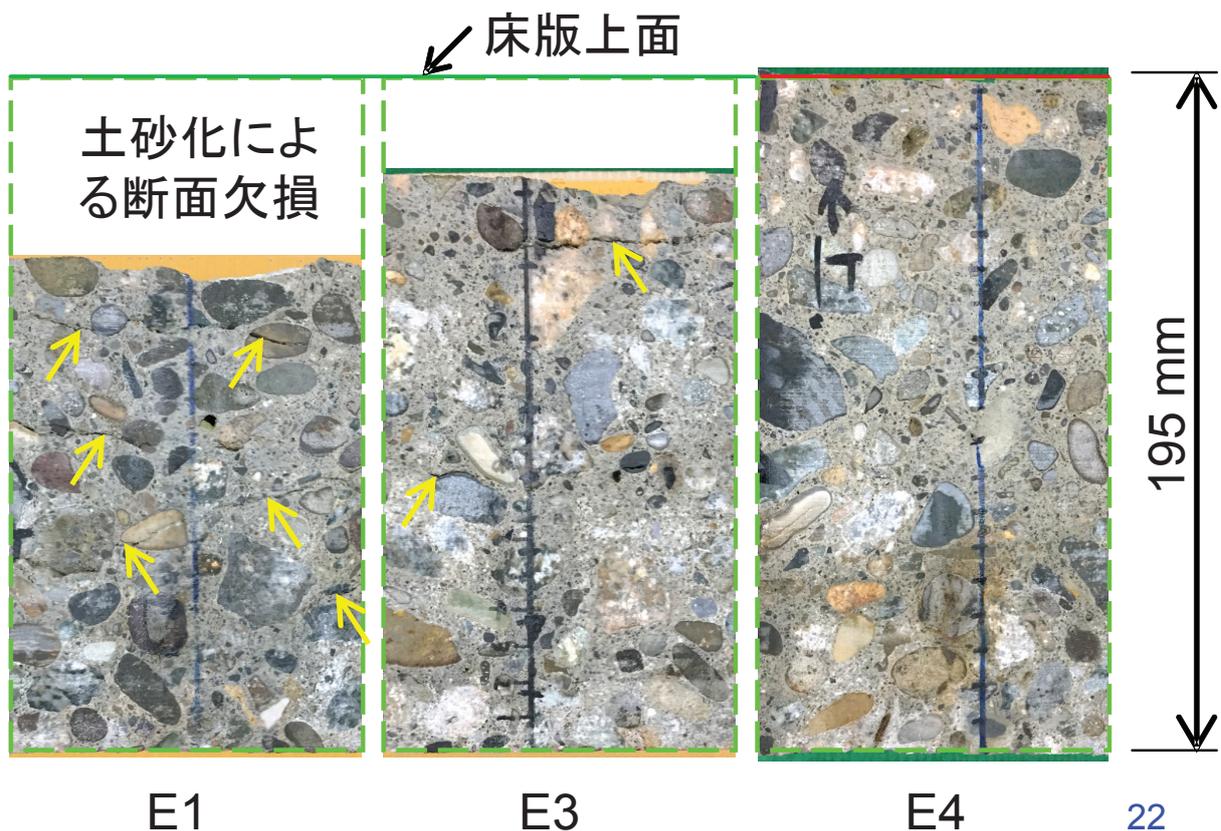
20

# 土砂化中心から健全部に亘ってコア抜き



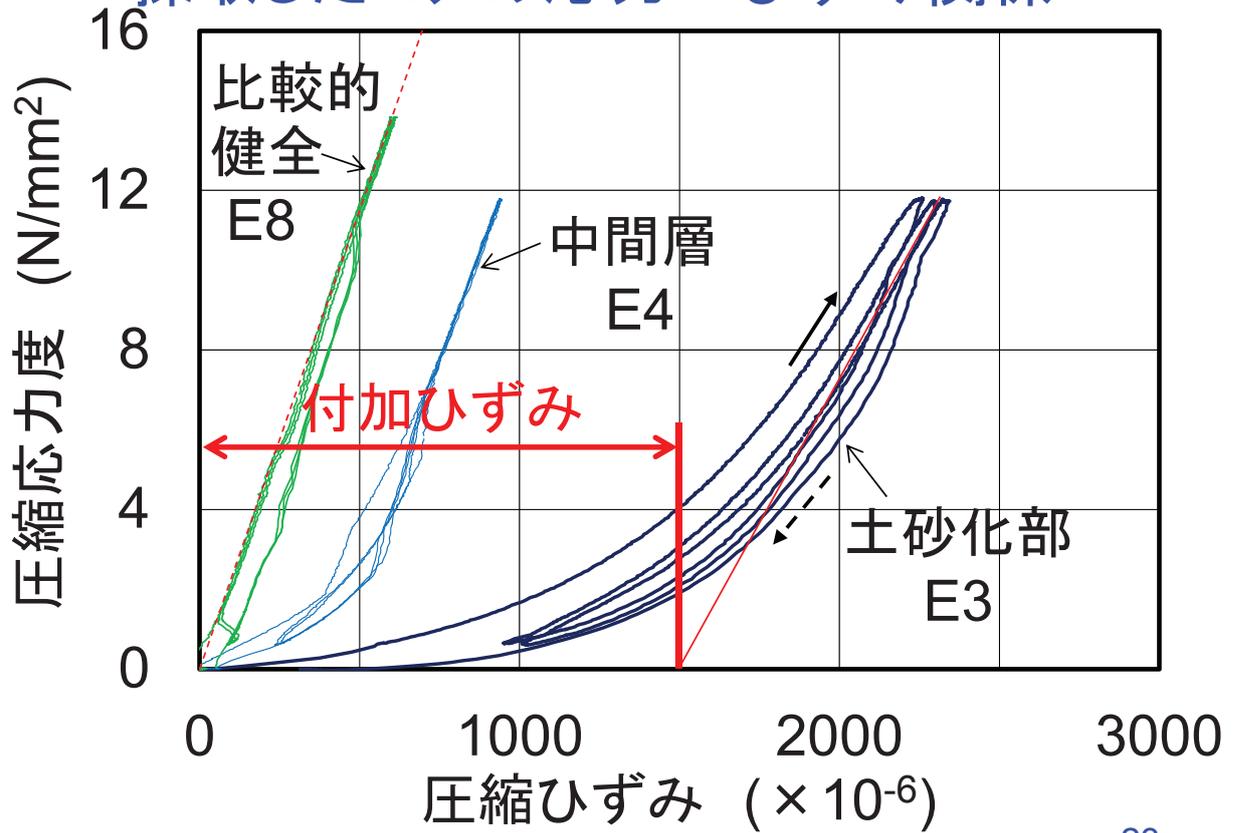
21

# コア側面（展開図のうち100mmの範囲を表示）



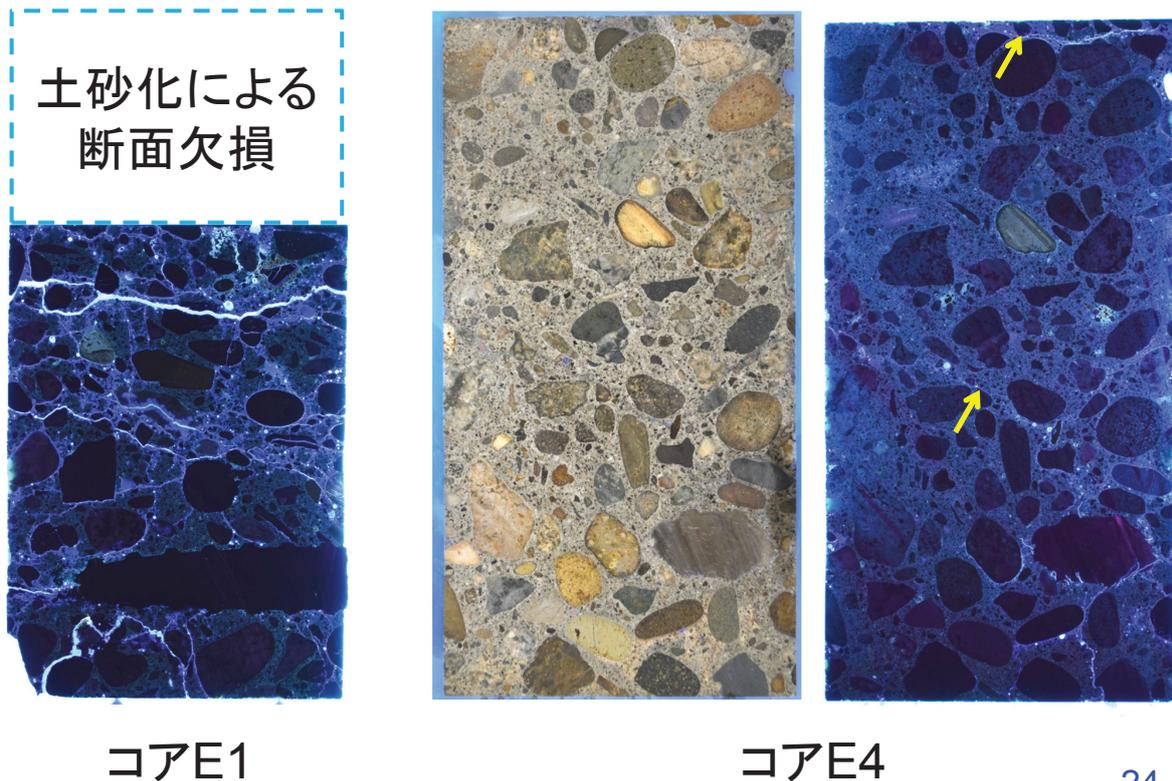
22

## 採取したコアの応力-ひずみ関係



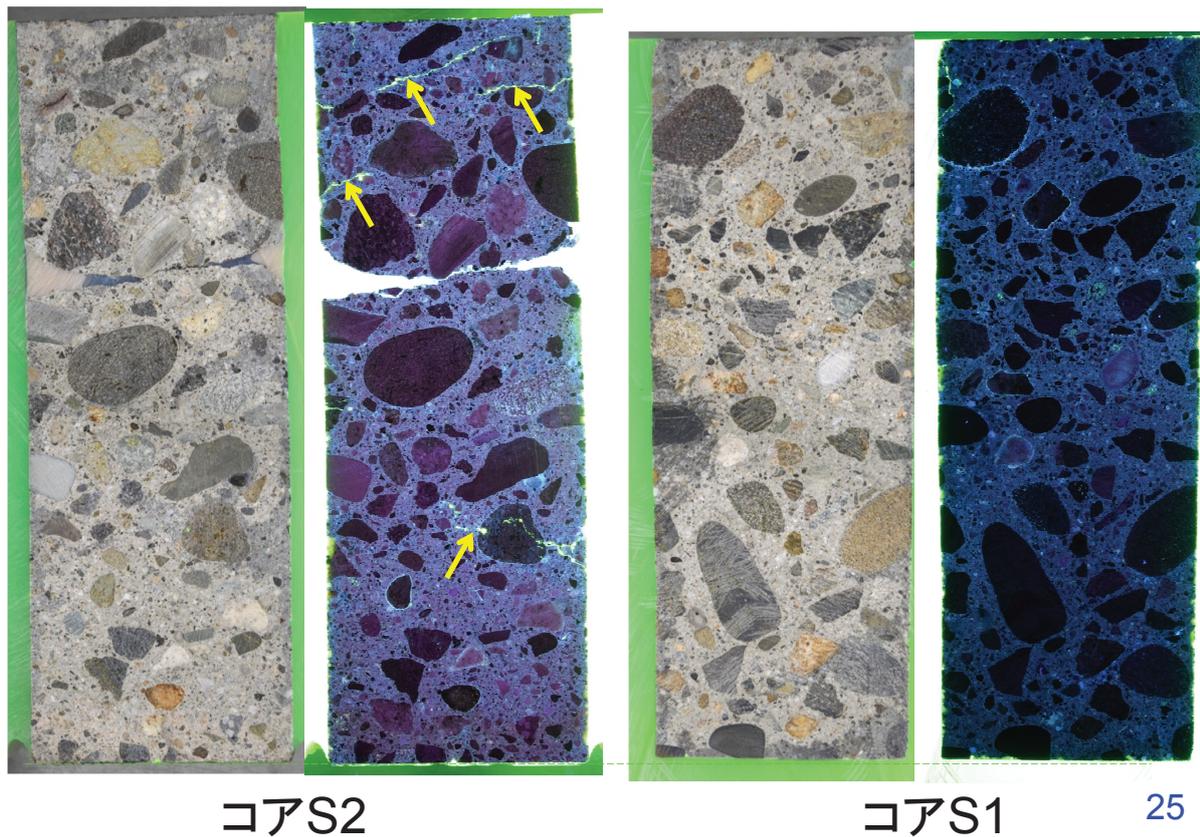
23

## コア切断面の微細ひび割れ観察

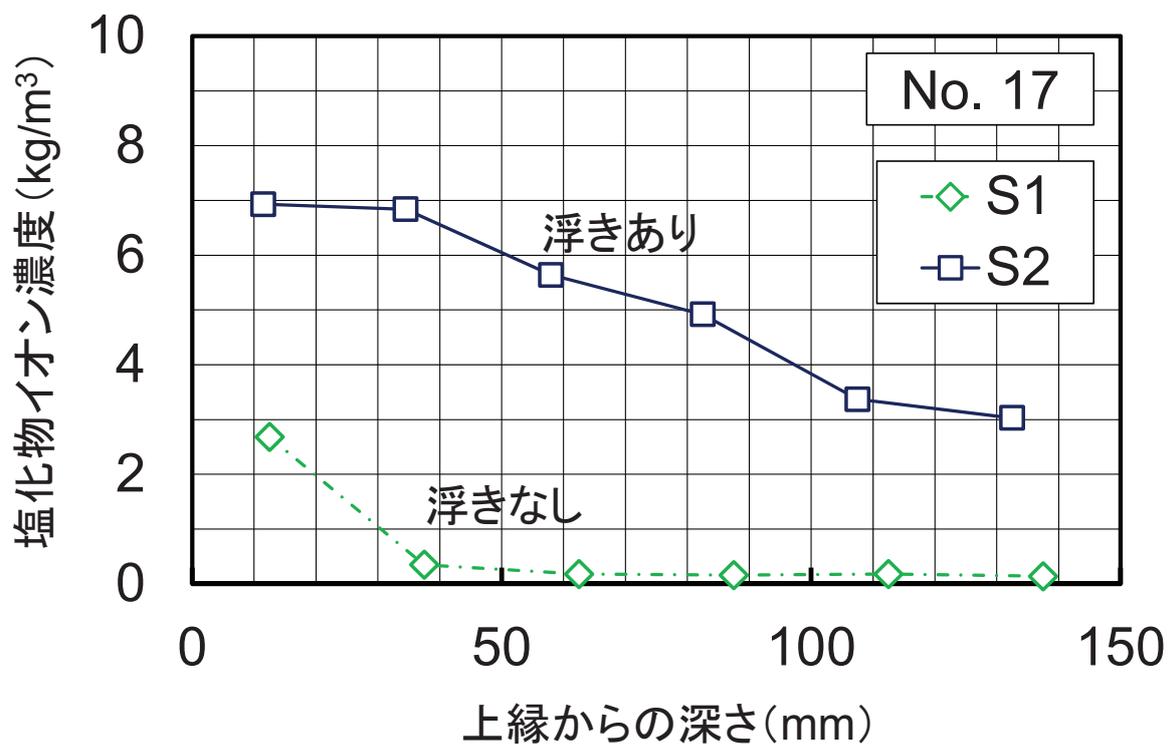


24

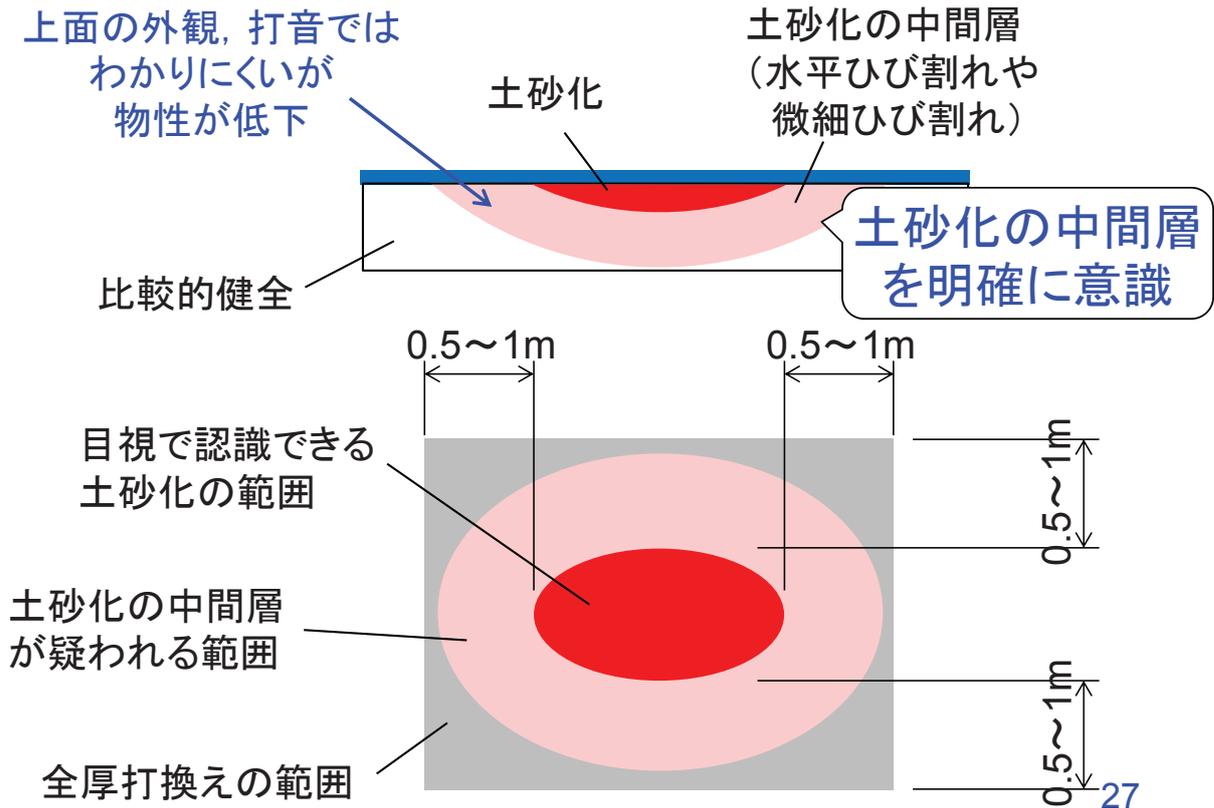
## コア切断面の微細ひび割れ観察(他の橋)



## コア切断面の微細ひび割れ観察(他の橋)



## 土砂化中間層の適切な除去



## まとめ

### 土砂化の中間層

- 叩いても分からない場合あり
- 再劣化抑制のため

### 適切な除去範囲の設定

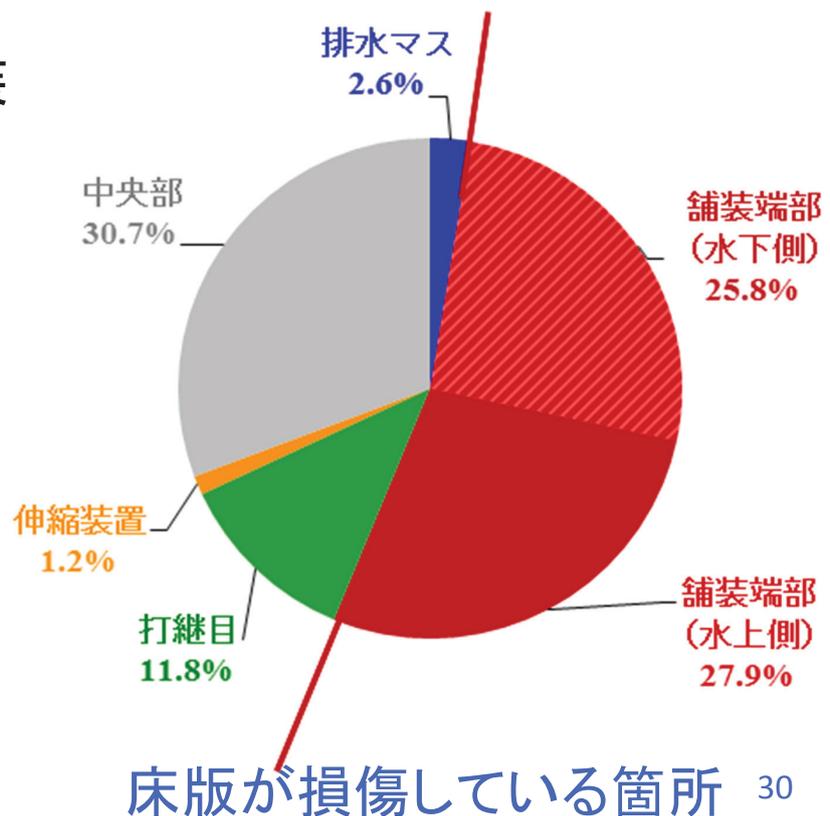
撤去床版の提供や調査にご協力いただき  
ありがとうございます。

道路橋の床版上面でコンクリートの土砂化が発生  
部分補修しても早期に再劣化  
水, 塩水の浸入が大きく影響  
橋面防水の改善

## 現状の橋面舗装の遮水性と浸入経路

24橋の橋面舗装  
の損傷位置

床版劣化に及ぼ  
す舗装の損傷の  
影響要因



## 現状の橋面舗装の遮水性と浸入経路



## 現状の橋面舗装の遮水性と浸入経路

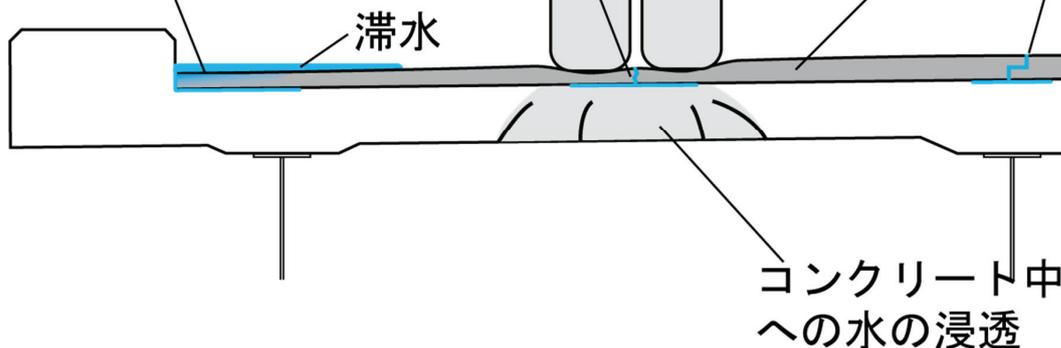
### As舗装の目地、打継目やひび割れから水が浸入

舗装直後は透水性が高い。  
時間とともに不透水に近づく。

地覆付近、  
目地や締固め不足  
などにより塩水浸入

舗装のひび割れ  
からの水の浸入

打継目からの  
塩水浸入



## 防水に配慮した橋面舗装 ゲースアスファルト舗装

アスファルト量が多く、空隙がほとんどない  
防水性が高い

基層に改質ゲースアスファルト舗装  
ゲースアスファルト自体が防水層の役割

33

## コンクリート床版用ゲースアスファルト舗装の開発 舗装チーム



34

## コンクリート床版用グースアスファルト舗装の開発 舗装チーム



35

## コンクリート床版用グースアスファルト舗装の開発 舗装チーム

従来のグース  
コンクリート床版に不向き

- 防水性が高い  
しかし、
- 施工時に**高温**
- 施工時の**臭気**
- **わだち**
- 原材料は**輸入**



開発グース

バインダ原料の変更等

施工時温度を低減  
臭気の改善  
わだち改善  
安定供給

防水性は高い

36

# 防水に配慮した橋面舗装の打換え技術の提案 舗装チーム, CAESAR

## これまでの橋面舗装の補修における課題

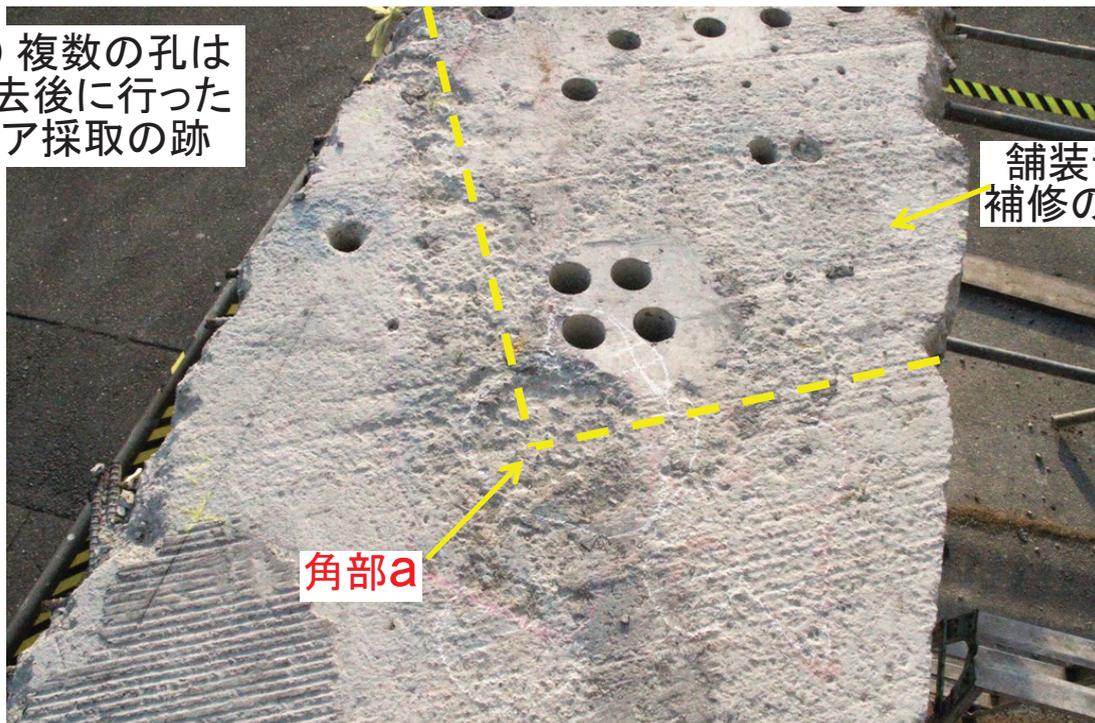
床版上面の補修について、  
応急復旧と本復旧の概念を明確化

本復旧の判定目安を提示  
橋面As舗装の全面打換え  
床版全厚の部分打換え  
床版全取換え

37

## 舗装の部分補修境界付近における 土砂化の兆候(再掲)

注) 複数の孔は  
撤去後に行った  
コア採取の跡



38

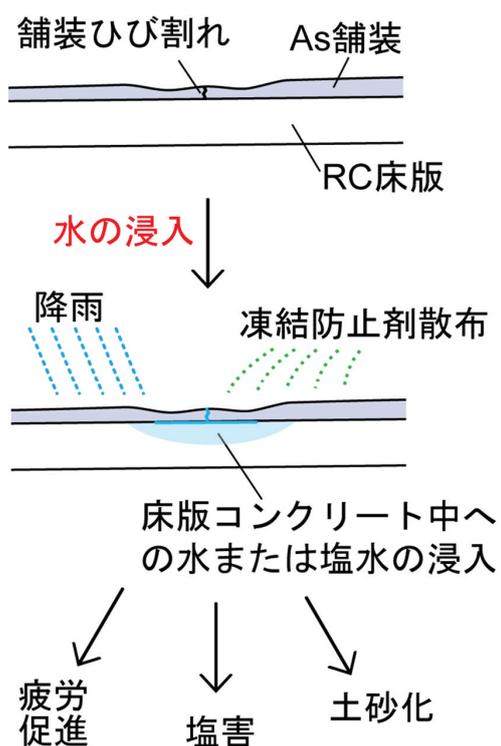
## 供用中の路面As舗装の状況



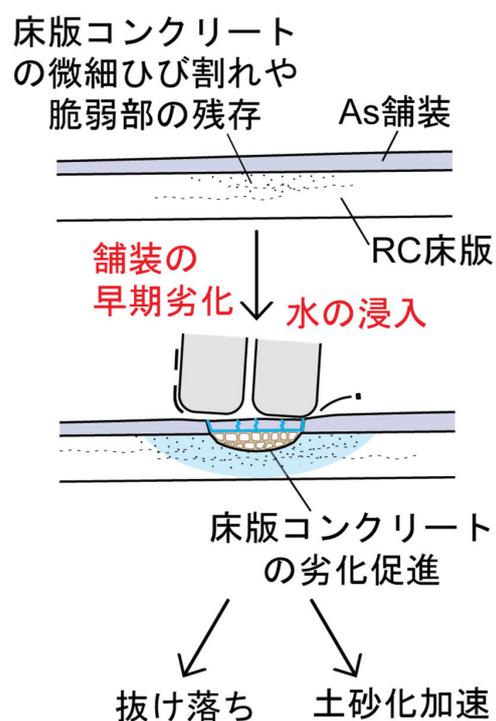
39

## 路面からの水による床版劣化パターン

### As舗装の損傷が先行

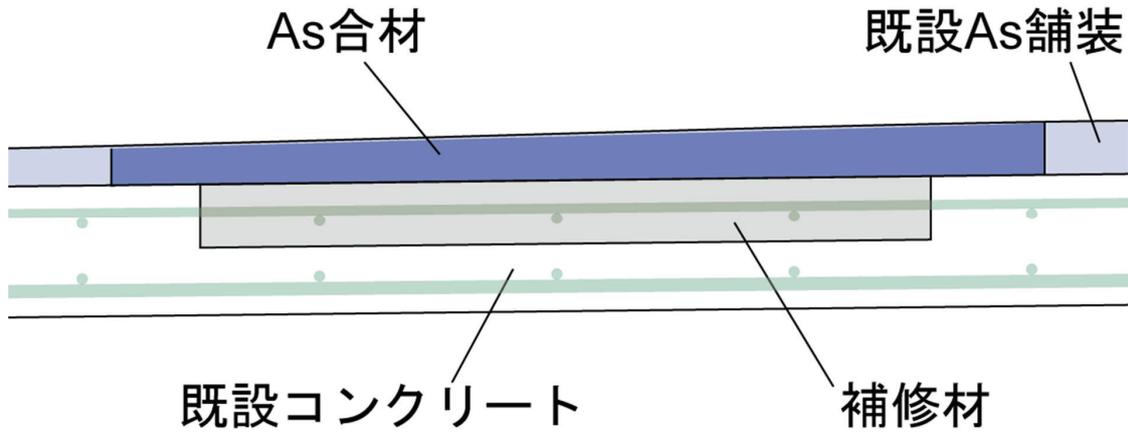


### 床版の損傷が先行



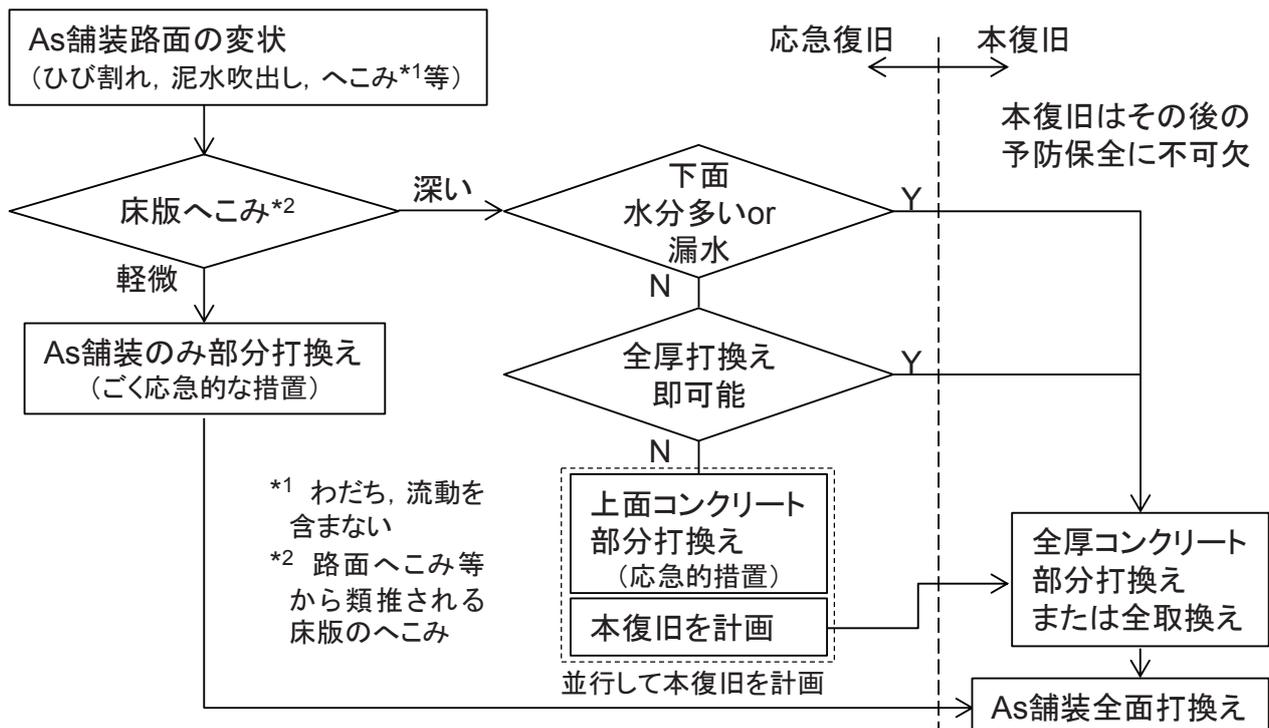
40

# これまでの一般的な補修、床版上部打換え



41

# 橋面舗装の床版防水に配慮した復旧のフロー



42

## 床版取換え検討の目安(土砂化の場合)

土砂化が  
広範囲

パッチワーク  
状態

同じ箇所の  
部分補修の  
繰返し

泥水の  
吹き出し

43

## 部分補修による橋面舗装のパッチワーク状態の事例



44

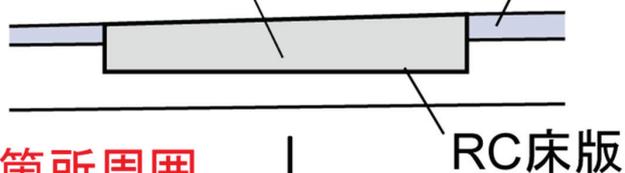
## 橋面As舗装の全層打換え時に避けるべき事例

### 舗装厚を含めたコンクリートの部分打換え

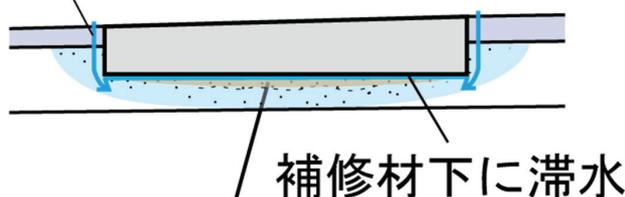
部分補修時に床版

コンクリートの補修材で舗装厚も確保

元のAs舗装



補修箇所周囲からの水の浸入



既設コンクリートの材料劣化

45

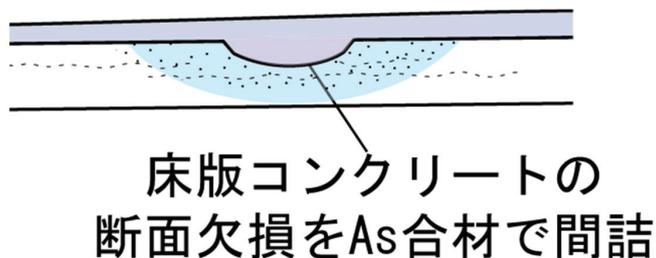
## 橋面As舗装の全層打換え時に避けるべき事例



46

## 橋面As舗装の全層打換え時に避けるべき事例

### コンクリートを補修せずにAs舗装打換え



47

## ③ 防水に配慮した橋面舗装の打換え技術の提案 (舗装T, CAESAR)

### 提案の骨子

床版上面の補修について、  
応急復旧と本復旧の概念を明確化

本復旧の判定目安を提示  
橋面As舗装の全面打換え  
床版全厚の部分打換え  
床版全取換え

土木技術資料 2020.7 に掲載

48

## まとめ

### 一般道におけるコンクリート床版の土砂化

- 床版の土砂化
- 土砂化の中間層
- 補修時の適切な除去範囲

### 土砂化対策を意識した橋面舗装の打換え

- これまでの橋面舗装の補修における課題
- 床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術の骨子



# 床版土砂化要因の 早期検知技術

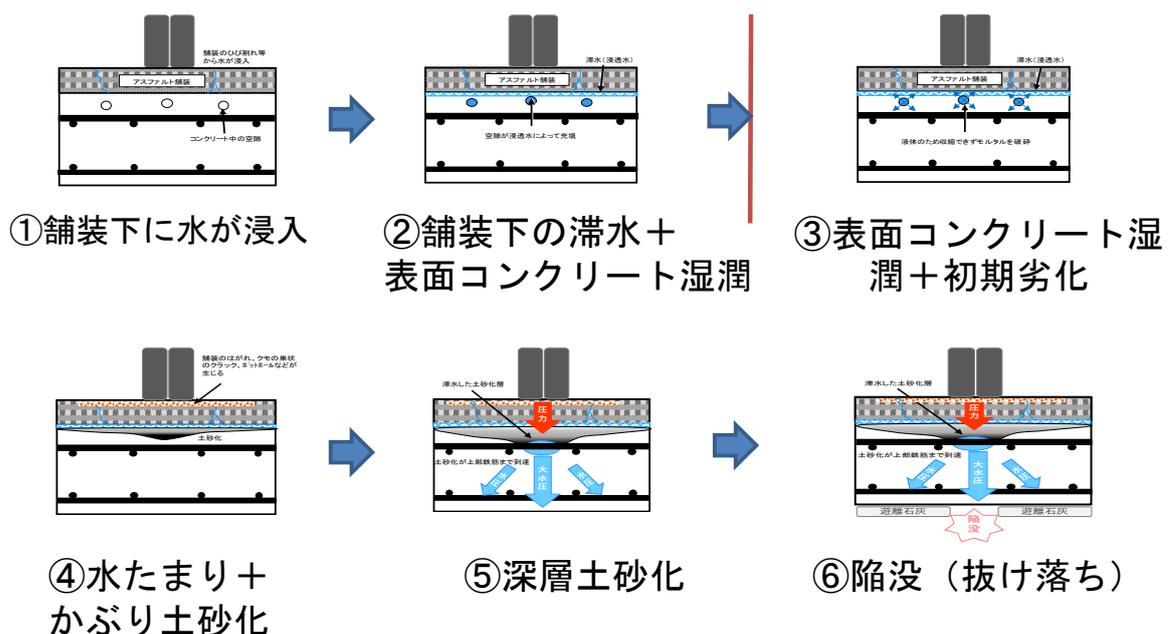
国立研究開発法人 土木研究所  
構造物メンテナンス研究センター  
上席研究員 石田雅博

2020年10月8日



## RC床版・土砂化の予防保全

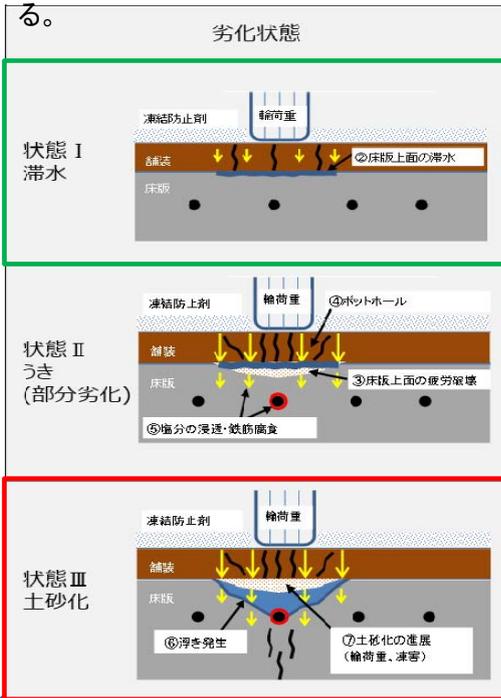
出来ればここまでで止めたい



## 点検AI（床版G）RC床版の土砂化等に対する診断

### ●水の検知を軸とした早期検出技術の確立【点検】

RC床版土砂化の補修対策には、多額のコストがかかる。  
劣化初期段階で劣化要因となる水の検知を軸とした早期検出技術が必要となる。



### ◆劣化初期段階で水を検知した場合の予防保全措置コスト小

- ・床版上面の水の浸入経路の遮断
- ・床版上面の水の排出

### ◆RC床版土砂化補修対策コスト大(数億円の事例も)

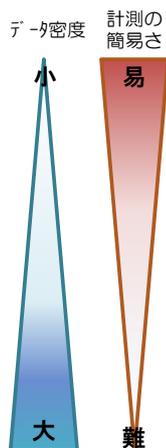


劣化状態のイメージ

CAESAR

## 電磁波レーダとは

- 様々なタイプの電磁波レーダ結果を有効に活用することが大事



| 種類    | メリット  | デメリット   | 活用方法   |
|-------|---|---|--|
| 車載式   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 規制不要</li> <li>● 計測幅が広い</li> <li>● 短時間で計測可能</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 端部や中央付近の計測が困難</li> <li>● データの取得ピッチが粗い</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 深層土砂化のスクリーニング</li> <li>● 滞水箇所、水の侵入口の推定</li> </ul> |
| カート式  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 計測幅が広い</li> <li>● 細密なデータの取得が可能</li> <li>● 短時間で計測可能</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 車線規制が必要</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 初期の土砂化を検知</li> <li>● 滞水箇所の床版上面の状態を推定</li> </ul>   |
| ハンディ式 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 最も高密度に計測可能</li> <li>● 携帯しやすい</li> <li>● リアルタイムでデータを確認可能</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 車線規制が必要</li> <li>● 計測幅が狭く、局所的な計測のみに対応</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 床版劣化箇所直下の鉄筋の発錆の有無を検知</li> </ul>                   |



車載式レーダ



カート式レーダ



ハンディ式レーダ

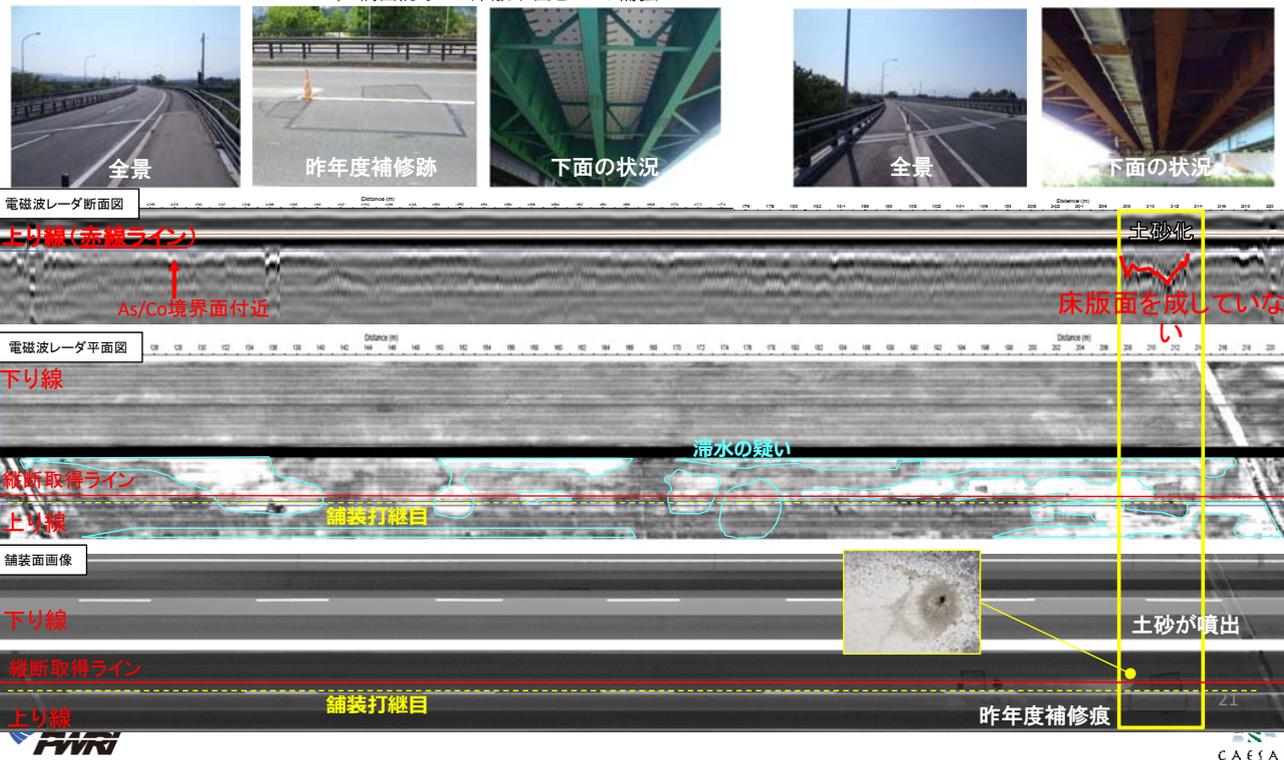
CAESAR

CAESAR

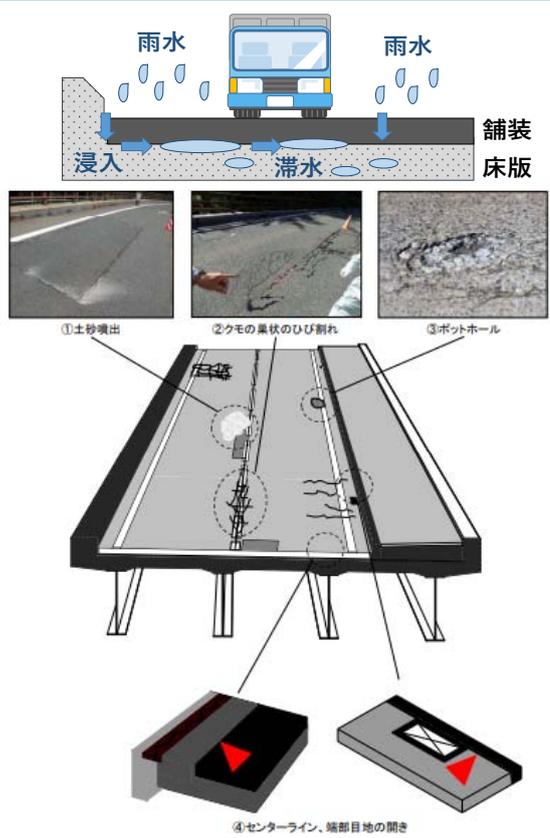
# PRISM1 RC床版の土砂化等に対する診断

## <水の検知を軸とした早期検出技術の確立>

青森河川国道事務所 弘前国道維持出張所「弘前大橋」 ・比較的供用年度が新しい橋梁と劣化が進行した橋梁にて測定を実施  
 弘前大橋(上)1980年供用 H23年:橋面防水工・床版下面をシート補強 弘前大橋(下)2012年供用



## 水はどこから浸入しているのか？



## 舗装開削後



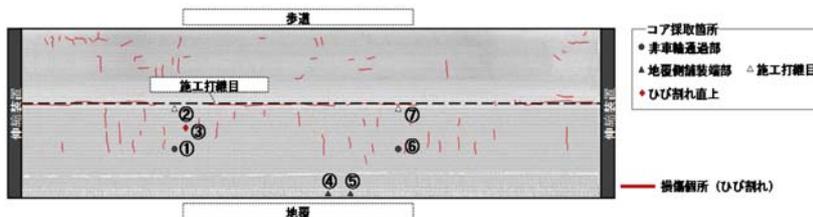
## 舗装のひび割れについて



# 舗装のひび割れについて

## 調査内容

- 舗装路面および路床面の目視調査
  - 路面・床版上面の損傷状況
- コア削孔部の目視調査
  - 舗装-床版付着状況
  - 水の浸入の有無
- 切取舗装コアを用いた室内試験
  - 密度試験, 加圧透水試験

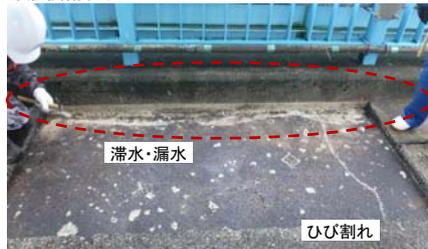


## 目視調査 (コア削孔部)



ひび割れが無くとも内部に滞水

## 床版損傷状況



## 室内試験結果

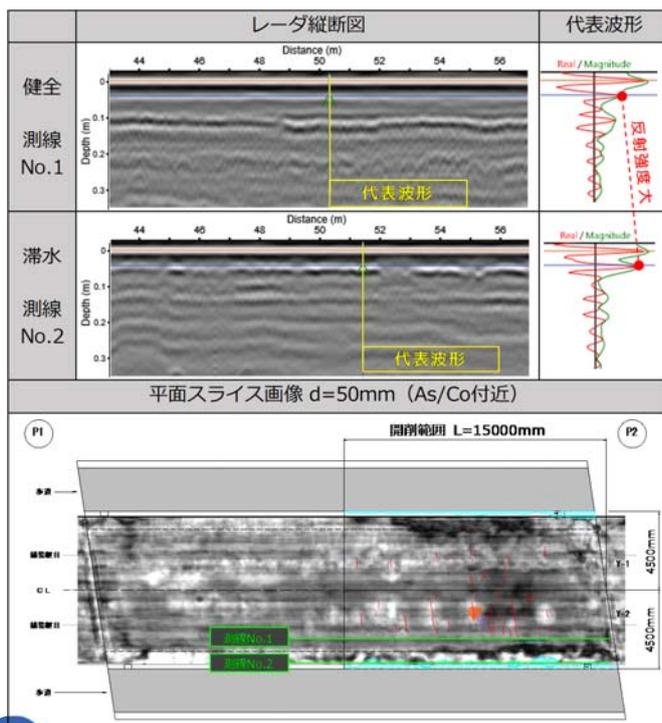
| 場所     | 目視調査結果(コア削孔時) |               | 密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 透水係数<br>(cm/sec) |
|--------|---------------|---------------|----------------------------|------------------|
|        | 付着            | 破壊面 水の侵入      |                            |                  |
| 非車輪通行部 | 1             | 良 AS層-床板界面 無  | 2.408                      | 0.0E+00          |
|        | 6             | 良 AS層-床板界面 無  | 2.406                      | 0.0E+00          |
| 地覆側端部  | 4             | 不良 AS層-床板界面 有 | 2.260                      | 9.9E-06          |
|        | 5             | 不良 AS層-床板界面 有 | 2.299                      | 6.6E-09          |
| 施工打継目  | 2             | 良 AS層-床板界面 有  | 2.356                      | 0.0E+00          |
|        | 7             | 良 AS層材料 有     | 2.363                      | 1.3E-05          |
| ひび割れ直上 | 3             | 良 AS層材料 無     | 2.304                      | 2.5E-04          |

- 舗装のひび割れが表層にとどまっているのか、貫通しているかを見極めることが重要
- 地覆部・施工打継目は水が浸入しやすい



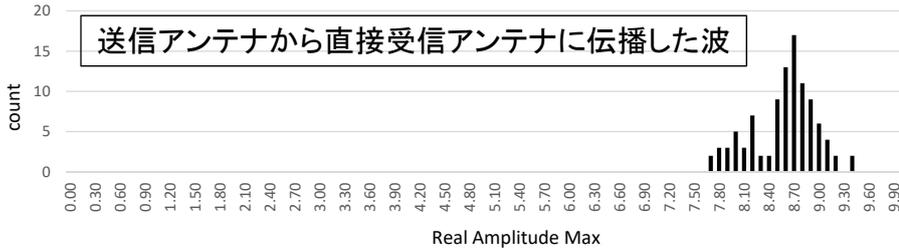
# 電磁波レーダによる調査の検証

- 開削調査を実施し、「健全部・滞水部」の状態と位置を確認
- 舗装面とコンクリート床版の境界面での波形に着目して波形の特性を分析

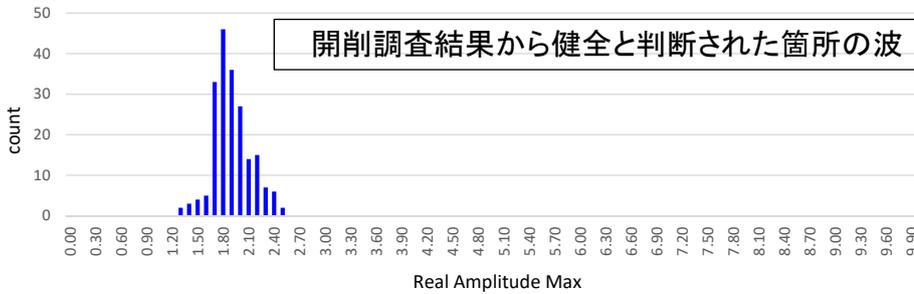


# 電磁波レーダによる計測波形

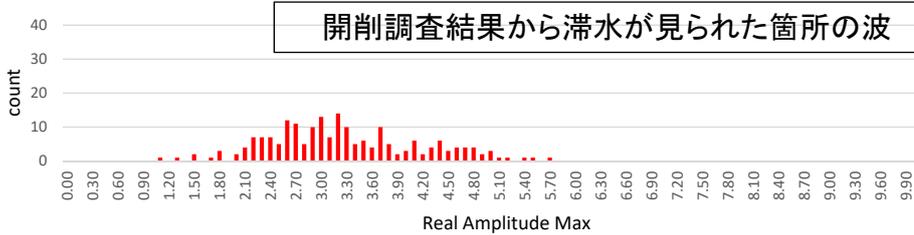
## ● 直接波



## ● 健全部

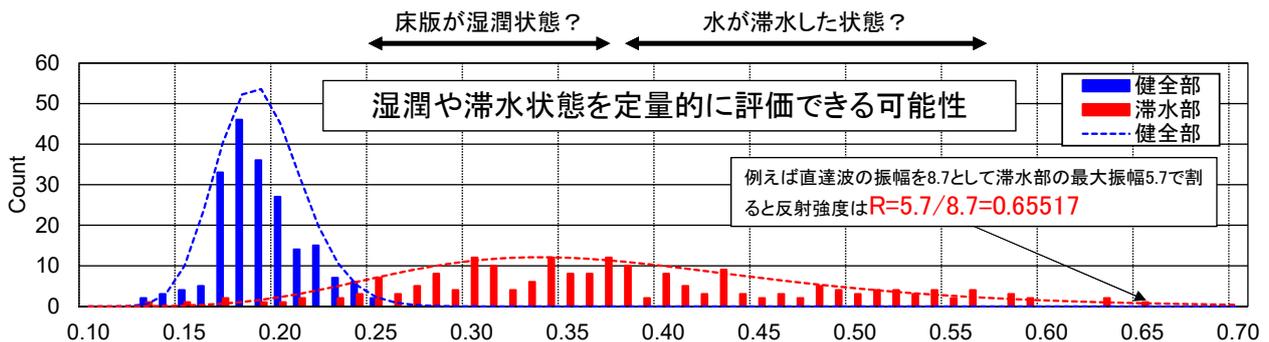


## ● 滞水部



# 反射強度による整理

## ● 直達波の最頻値で電磁波振幅を正規化



## ● 反射強度の理論値

- 電磁波がアスファルトから水へ伝播する場合

$$R = (\sqrt{4} - \sqrt{81}) / (\sqrt{4} + \sqrt{81}) = -0.63636$$

- 電磁波がアスファルトからコンクリート(乾燥or湿潤)へ伝播する場合

$$R_{min} = (\sqrt{4} - \sqrt{8}) / (\sqrt{4} + \sqrt{8}) = -0.17105$$

$$R_{max} = (\sqrt{4} - \sqrt{20}) / (\sqrt{4} + \sqrt{20}) = -0.38196$$

各媒質の比誘電率

| 媒質     | 比誘電率 ε                    |
|--------|---------------------------|
| 空気     | 1                         |
| アスファルト | 2~4(乾燥状態)<br>6~12(湿潤状態)   |
| コンクリート | 4~10(乾燥状態)<br>10~20(湿潤状態) |
| 水      | 81                        |
| 鉄筋     | ∞(誘電体)                    |

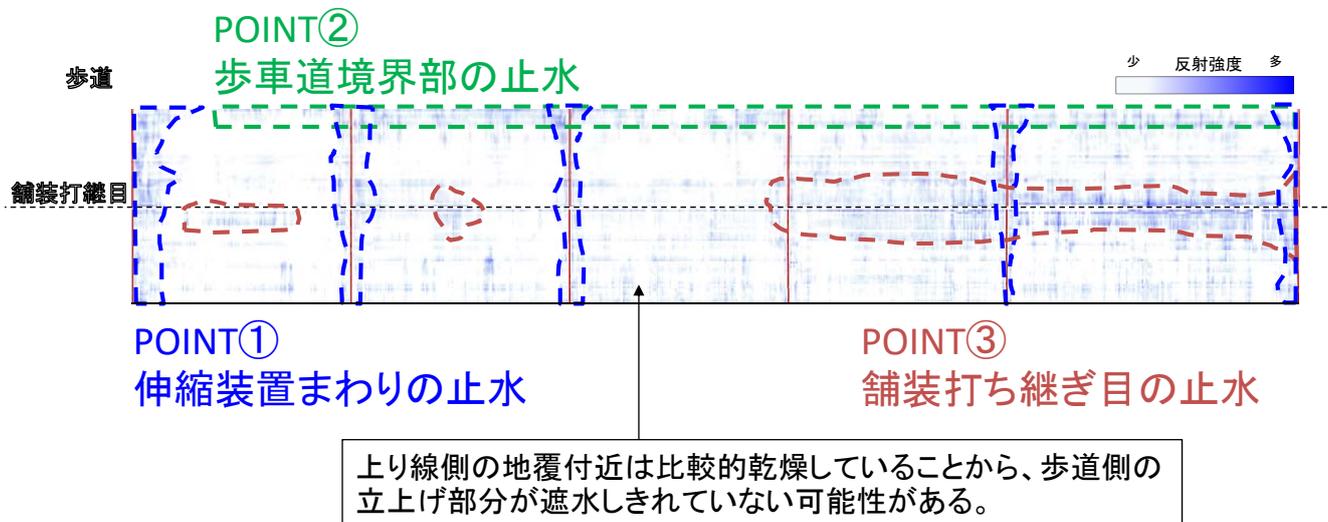
反射強度の算定式

$$R = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}}$$



## 滞水位置から想定される原因と対策

- 舗装と床版面の境界の反射強度をコンターで表現
- 反射強度が大きい⇒水に反射している(水分量が多い)



内部劣化状態の推定・措置方法決定に資する重点点検項目の把握【診断】



## 点検AI（床版G）RC床版の土砂化等に対する診断

### ・内部劣化状態の推定・措置方法決定に資する重点点検項目の把握【診断】

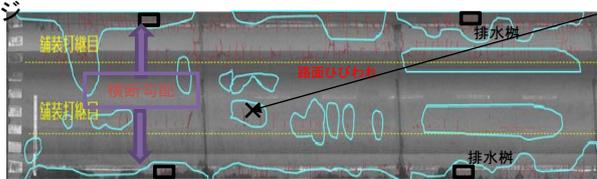
床版内部の土砂化/滞水状況と外観状態・環境条件等との相関分析を行い、維持管理上把握しておくべき内部劣化段階を整理。

スクリーニング(走行計測)調査、詳細調査などの各段階において取得すべき重点点検項目を設定。

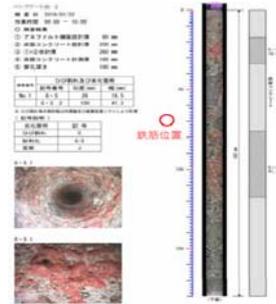
■電磁波レーダ等による計測結果による床版の内部状態および各種データ(外観変状、環境条件、路面勾配、計測データ等)との対応付けを実施。

- ・水の滞水箇所と舗装ひび割れ箇所、舗装打継目、路面勾配等との関係を
- ・小径微破壊コンクリート内部検討により、舗装の上面から床版内部の状態を観察することにより、劣化状態を診断する。

路面の状態をレーダ結果と関連付けて水の侵入経路を推定イメージ



小径微破壊コンクリート内部検査(φ9mmコア)イメージ



電磁波レーダによる計測結果と組み合わせることにより、

- ・削孔箇所の技術者判断の根拠
- ・点の診断ではなく面で評価可能になる？



## 小径微破壊コンクリート内部検査

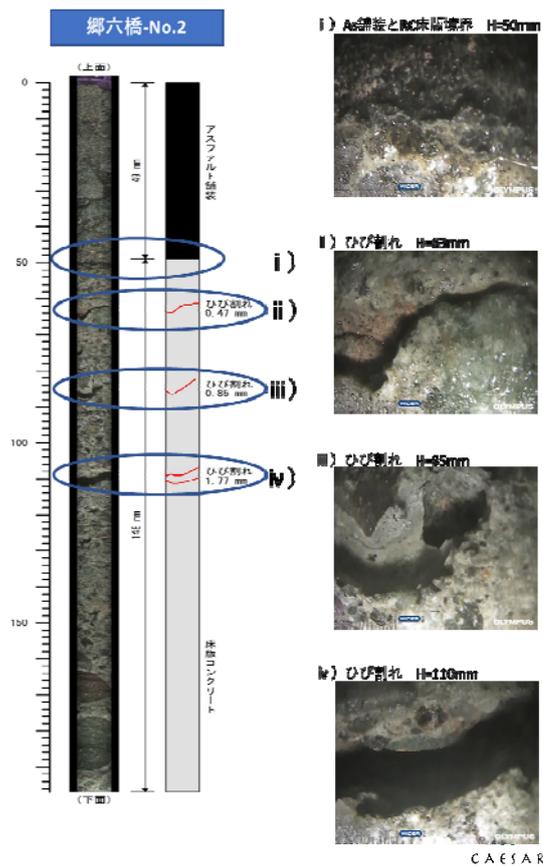


# 小径微破壊コンクリート内部検査

## ⑦ 調査報告書の作成

### ■ 調査結果

孔内記録の側視画像を処理し孔内状況を柱状図として取得



# 国道48号 仙台西道路 郷六橋 撤去床版



**R2年度**  
撤去床版を用いて各種検証実験を実施予定

- ・single-i調査
- ・解体調査
- ・各種非破壊試験
- ・誘電率調査



(参考) 郷六橋床版取り替え工事特集記事

道路構造物ジャーナルNET

<http://www.kozobutsu-hozen-journal.net/walks/detail.php?id=302>





主鉄筋に沿った水平ひび割れと、配力筋に沿った水平ひび割れを確認



検証箇所



## 水の浸入経路の確認



## 地覆と舗装との境界からの水の浸入

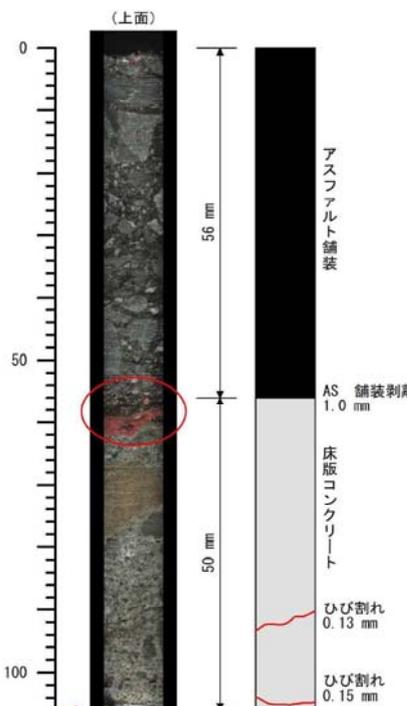
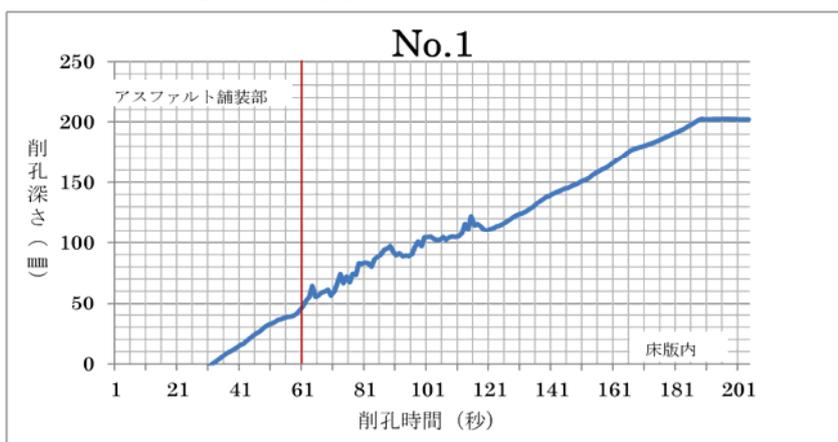


# 開削結果



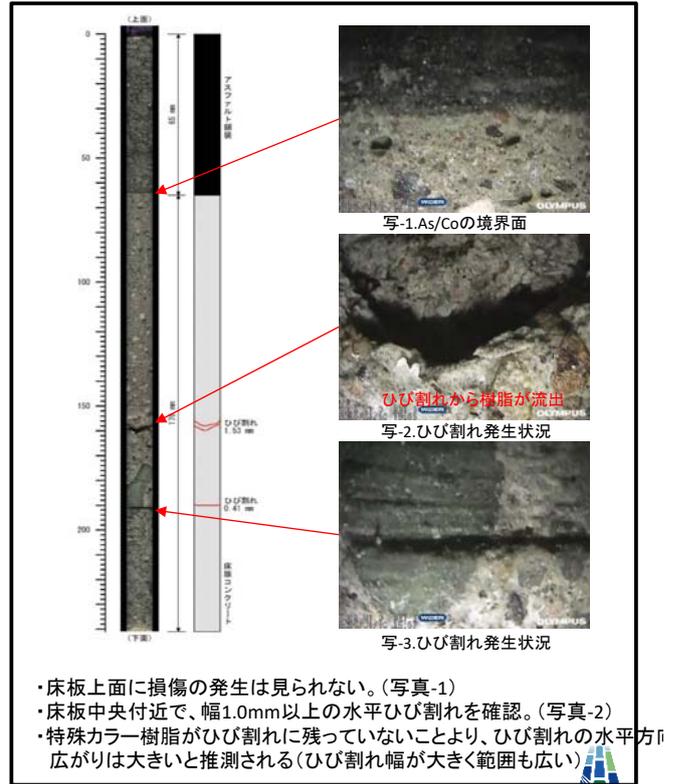
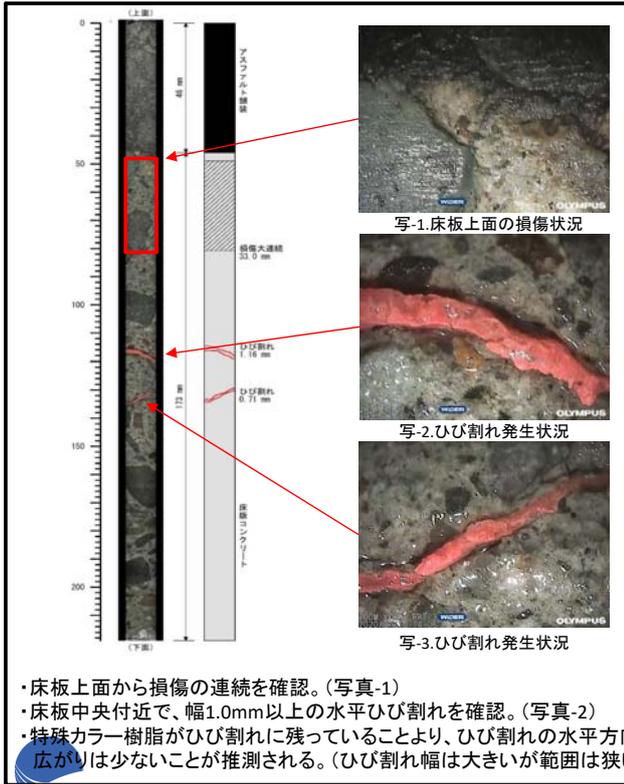
## 小径微破壊コンクリート内部検査(Single-i工法)による土砂化の診断技術の開発

土砂化の状況を判断する表現として「ドドロ」「スカスカ」「カチカチ」と定義(案)  
 コンクリートの劣化損傷状態を削孔機のトルク計測にて評価



## 小径微破壊コンクリート内部検査による床版調査

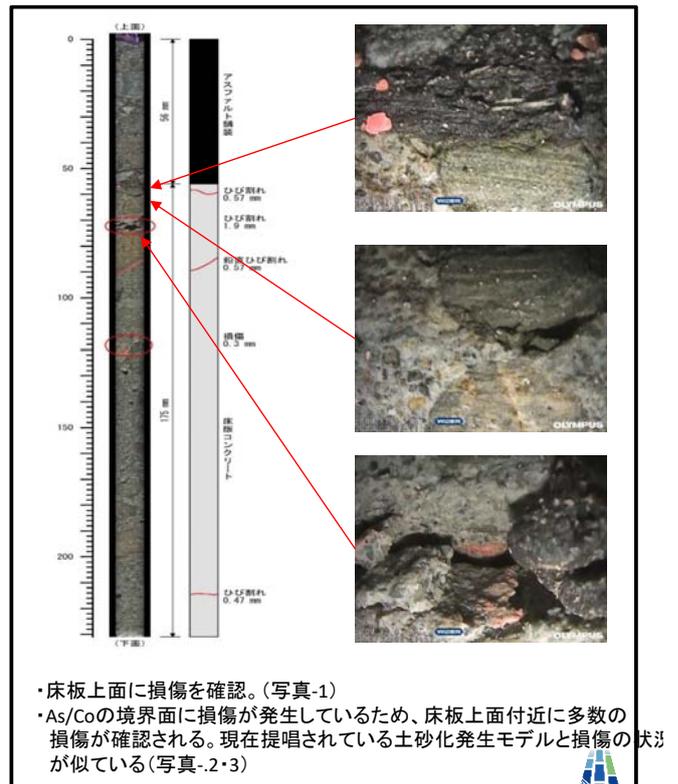
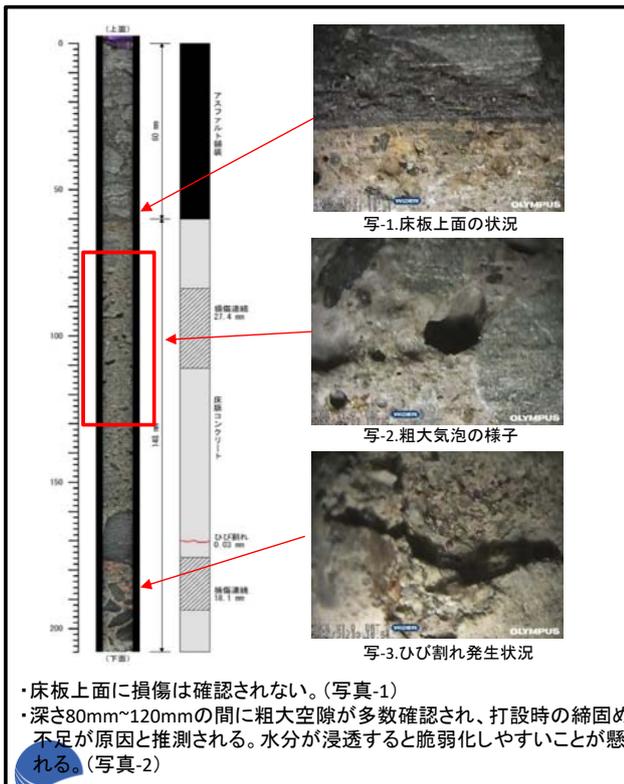
### ・郷六橋(上): 柱状画像および直視画像



CAESAR

## 小径微破壊コンクリート内部検査による床版調査

### ・天王橋: 柱状画像および直視画像



CAESAR

## 小径微破壊コンクリート内部検査による床版調査

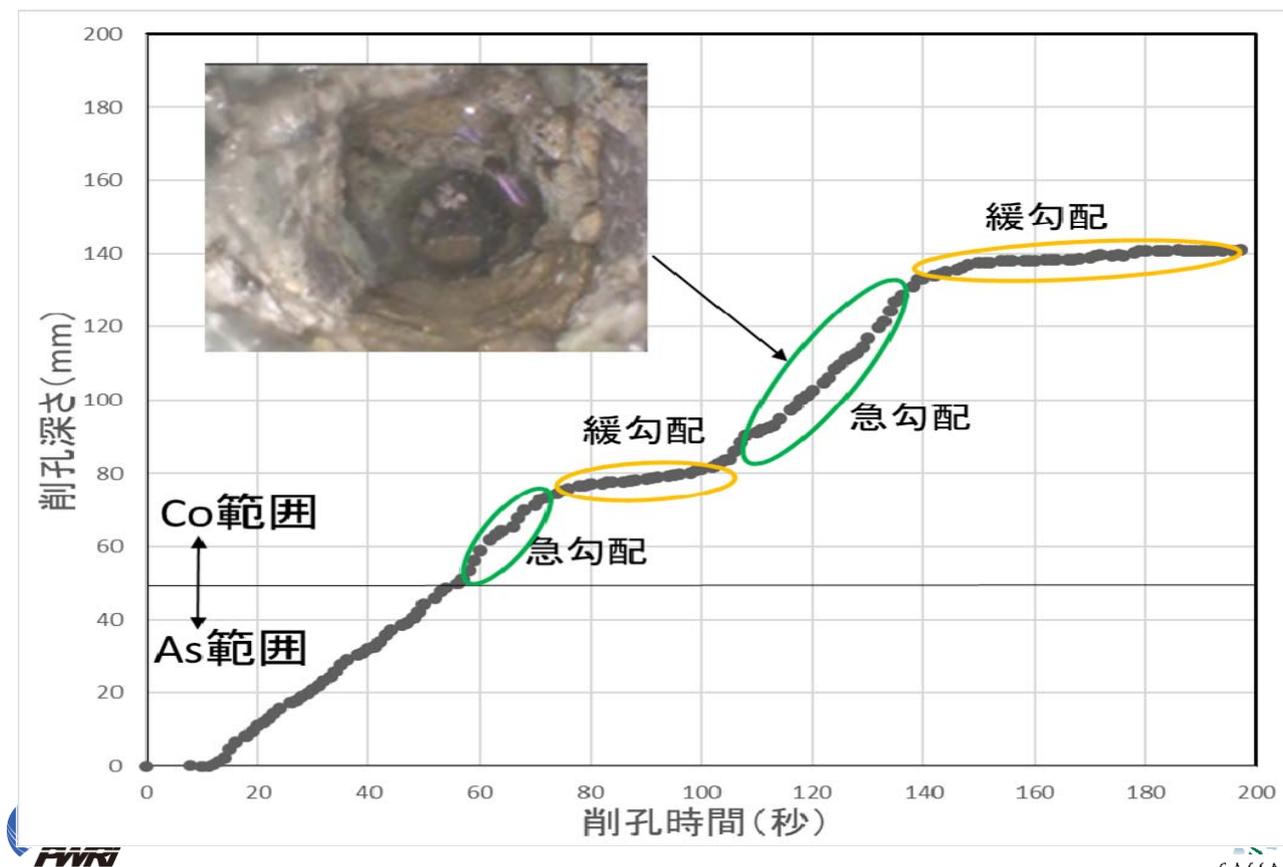
・小径削孔によるトルク調査: 郷六橋(上)  
 補足資料: その他の計測結果

表-1. 郷六橋のトルク調査結果

| 番号 | トルク調査位置 (m)         |                  | トルク調査に関するコメント  | トルク調査結果            |  |  |                           | 路面状況メモ                        |                 |
|----|---------------------|------------------|--|--------------------|--|--|---------------------------|-------------------------------|-----------------|
|    | A1ポイントセンターからの橋軸追加距離 | 側帯区画線からの橋軸直角方向距離 |  | 橋面: 近接目視           | 橋梁下面近接目視   | 近傍Single-i                                     | 舗装開削調査                    |                               | 電磁波データ法評価       |
| ①  | 63.20               | 5.50             | As舗装界面深さ60mmから110mmのRC床版、厚さ約50mm区間について、トルク値のギャップが認められる。  | 舗装補修痕あり<br>床版補修痕あり | 4m程度のRC床版下面損傷大<br>貫通ひび割れあり<br>遊離石灰あり                   | ⑰ 損傷なし ○<br>⑱ 損傷少ない △                          | No. 3: 部分的な土砂化が確認できる。     | G3グループ3: 深い土砂化・床版上面の滞水等の可能性あり | 舗装、床版補修跡        |
| ②  | 62.70               | 5.85             | As舗装界面深さ50mmから130mmのRC床版、厚さ約80mm区間について、トルク値のギャップが認められる。  | 舗装補修痕あり            |  | ⑰ 損傷なし ○<br>⑱ 損傷少ない △                          |                           | G3グループ3: 深い土砂化・床版上面の滞水等の可能性あり | 舗装補修跡           |
| ③  | 62.75               | 3.30             | トルク値の変化なし  | 舗装補修痕あり<br>床版補修痕あり | 炭素繊維シート貼付け区間あり   | ⑰ 損傷なし ○<br>⑱ 損傷少ない △                          |                           | G3グループ3: 深い土砂化・床版上面の滞水等の可能性あり | 床版補修跡、CL近傍      |
| ④  | 81.50               | 6.20             | トルク値の変化なし  | 舗装補修痕あり<br>床版補修痕あり | RC床版下面損傷小<br>水浸透箇所あり                                   |  | No. 4: RC床版補修部分の剝離等再損傷    | G1グループ1: 健全                   | 舗装、床版補修跡        |
| ⑤  | 80.00               | 5.85             | トルク値の変化なし  | 舗装補修痕あり            | 炭素繊維シート貼付け区間あり   |  | No. 5: 30mm程度のRC床版の土砂化が進行 | G1グループ1: 健全                   | 舗装補修跡           |
| ⑥  | 84.90               | 3.95             | As舗装界面深さ50mmから180mmのRC床版、厚さ約130mm区間について、トルク値のギャップが認められる。 |                    | 2m程度のRC床版下面損傷中<br>水浸透箇所あり                              |  |                           | G3グループ3: 深い土砂化・床版上面の滞水等の可能性あり | 第1車線と第2車線区画線の近傍 |
| ⑦  | 87.35               | 4.10             | As舗装界面深さ55mmから180mmのRC床版、厚さ約125mm区間について、トルク値のギャップが認められる。 | 舗装補修痕あり<br>床版補修痕あり |  |  |                           | G3グループ3: 深い土砂化・床版上面の滞水等の可能性あり | 舗装、床版補修跡        |
| ⑧  | 89.70               | 6.90             | トルク値の変化なし  | 舗装補修痕あり<br>床版補修痕あり | 全般的なRC床版損傷小<br>延べ1m程度のクラックについて、水の浸透痕跡あり<br>同箇所遊離石灰痕跡あり | ⑰ 損傷なし ○<br>⑱ 損傷大きい ●<br>⑲ 損傷少ない △<br>⑳ 損傷なし ○ |                           | G3グループ3: 深い土砂化・床版上面の滞水等の可能性あり | 床版補修跡           |
| ⑨  | 95.50               | 3.90             | トルク値の変化なし  |                    |  |  |                           | G3グループ3: 深い土砂化・床版上面の滞水等の可能性あり | 第1車線と第2車線区画線の近傍 |
| ⑩  | 94.00               | 3.90             | トルク値の変化なし  |                    |  | ⑳ 損傷大きい ●                                      |                           | G3グループ3: 深い土砂化・床版上面の滞水等の可能性あり | 第1車線と第2車線区画線の近傍 |



## 小径微破壊コンクリート内部検査による床版調査



・トルク調査の結果、削孔深さー削孔時間の曲線から算出した勾配(削孔速度)は比較的大きく変化していることが確認された。

・内視鏡画像において確認されたひび割れ発生位置の勾配は、概ね1.0mm/sec以上であったが、急勾配側のしきい値の検証が必要。

・緩勾配側のしきい値は0.2mm/secとしたが、明らかな緩勾配部でひび割れが確認されている。

ひび割れの検出という観点で考えれば、ひび割れ幅が小さいことから、しきい値の問題というよりはむしろ、感度(応答速度)の問題と推定することが可能で、今後はサンプリング方法、速度等につき、検証することが必要。

・今回のトルク計測は、強度推定用の専用機器を用いたものである。

Single-i調査の削孔作業と兼用してコンクリートの内部状況(「ドロドロ」、「スカスカ」、「カチカチ」)

を把握することなどについて、今後、使用機器の簡素化を含め検討する。



## 機械学習による滞水箇所分布の判定手法の検討



## 点検AI（床版G）RC床版の土砂化等に対する診断



### 飯田国道事務所飯田国道維持出張所「一之橋」

- ・調査日10月1日（9/21に降雨を観測してから降水なし）
- ・カッターおよびバックホウにより舗装部撤去（水の使用なし）
- ・舗装撤去完了後、床版水分計（電気抵抗値式）にて床版上面の水分量を計測
- ・舗装打ち継ぎ目および地覆端部にて水分量が大きくなっていることを確認

⇒電磁波レーダー計測判定の「教師データ」として活用



舗装打ち継ぎ部(カウント値669) 地覆端部(カウント値614) 健全部(カウント値139)

| コンクリート表面の水分状態 | カウント値の目安        |     |
|---------------|-----------------|-----|
| ① 絶乾状態        | 10              | 55  |
| ② 乾燥状態        | 66              | 132 |
| ③ 表面乾燥状態      | 137             | 230 |
| ④ 湿度状態        | 232             | 305 |
| ⑤ 濡水状態        | 521             | 744 |
|               | 電気抵抗式水分計（カウント値） |     |

コンクリート水分状態と水分計カウント値との関係

CAESAR

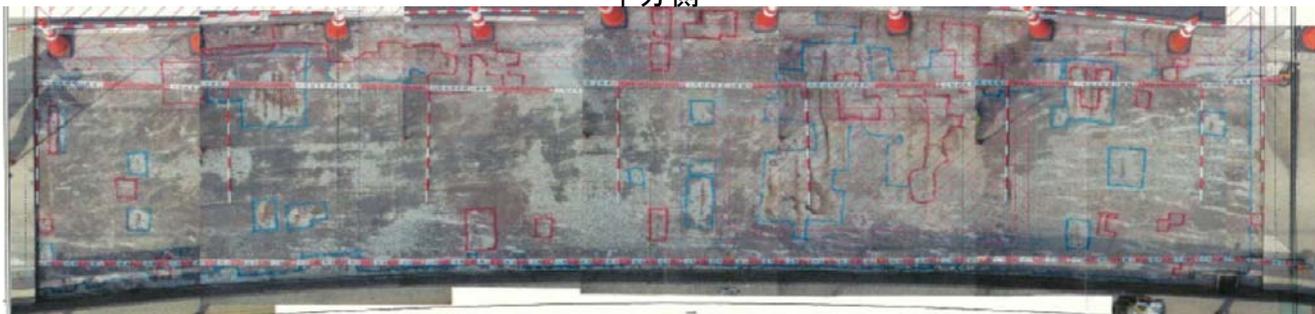
## 点検AI（床版G）RC床版の土砂化等に対する診断

### 片車線分の水分計計測値（50cmピッチ）

| A1  | 90  | 100 | 190 | 200 | 290 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 | 1550 | 1600 | 1650 | 1700 | 1750 | 1800 | 1850 | 1900 | 1950 | A2 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| 0   | 170 | 160 | 833 | 282 | 265 | 213 | 212 | 360 | 140 | 484 | 536 | 521 | 251 | 462 | 520 | 555 | 521 | 298 | 276 | 532  | 578  | 600  | 579  | 887  | 841  | 598  | 723  | 521  | 535  | 708  | 628  | 877  | 688  | 860  | 298  | 820  | 317  | 571  | 530  |    |
| 50  | 310 | 437 | 521 | 184 | 223 | 657 | 176 | 207 | 194 | 183 | 286 | 599 | 601 | 828 | 851 | 783 | 762 | 267 | 263 | 139  | 520  | 521  | 524  | 384  | 214  | 257  | 588  | 545  | 333  | 181  | 785  | 521  | 822  | 539  | 537  | 282  | 518  | 651  | 817  |    |
| 100 | 325 | 325 | 192 | 184 | 220 | 235 | 430 | 131 | 156 | 297 | 333 | 242 | 308 | 398 | 875 | 186 | 107 | 198 | 164 | 244  | 269  | 150  | 122  | 264  | 213  | 900  | 475  | 206  | 536  | 218  | 639  | 838  | 868  | 302  | 101  | 238  | 141  | 155  | 157  |    |
| 150 | 120 | 158 | 99  | 178 | 80  | 157 | 159 | 175 | 151 | 105 | 90  | 129 | 113 | 146 | 111 | 107 | 107 | 128 | 151 | 90   | 152  | 150  | 201  | 870  | 834  | 452  | 520  | 247  | 536  | 149  | 273  | 166  | 162  | 201  | 208  | 181  | 171  | 148  | 212  |    |
| 200 | 167 | 196 | 124 | 45  | 138 | 135 | 104 | 123 | 125 | 123 | 139 | 108 | 108 | 62  | 84  | 152 | 104 | 158 | 105 | 88   | 136  | 180  | 189  | 176  | 726  | 586  | 532  | 698  | 904  | 183  | 187  | 178  | 170  | 156  | 185  | 166  | 129  | 145  | 198  |    |
| 250 | 216 | 206 | 144 | 193 | 135 | 147 | 206 | 109 | 148 | 137 | 116 | 146 | 150 | 146 | 117 | 100 | 76  | 63  | 75  | 112  | 132  | 126  | 226  | 531  | 537  | 571  | 564  | 715  | 915  | 763  | 171  | 171  | 132  | 145  | 150  | 143  | 132  | 152  | 599  |    |
| 300 | 226 | 184 | 133 | 162 | 208 | 222 | 234 | 135 | 198 | 193 | 194 | 177 | 135 | 223 | 250 | 197 | 141 | 158 | 187 | 231  | 74   | 205  | 171  | 438  | 915  | 753  | 301  | 665  | 600  | 202  | 110  | 163  | 231  | 72   | 145  | 132  | 240  | 210  | 169  |    |
| 350 | 363 | 110 | 238 | 259 | 224 | 209 | 354 | 322 | 241 | 132 | 123 | 179 | 242 | 160 | 224 | 176 | 211 | 187 | 187 | 211  | 172  | 188  | 283  | 261  | 805  | 286  | 258  | 256  | 831  | 235  | 241  | 189  | 304  | 199  | 250  | 163  | 329  | 167  | 522  |    |
| 400 | 147 | 245 | 256 | 217 | 247 | 219 | 184 | 240 | 174 | 247 | 135 | 180 | 192 | 123 | 189 | 207 | 201 | 209 | 103 | 158  | 165  | 132  | 140  | 175  | 278  | 266  | 202  | 142  | 160  | 143  | 181  | 231  | 165  | 225  | 67   | 138  | 229  | 113  | 149  |    |
| 450 | 534 | 537 | 688 | 520 | 378 | 93  | 525 | 525 | 644 | 521 | 339 | 347 | 238 | 542 | 248 | 598 | 538 | 535 | 554 | 532  | 236  | 524  | 683  | 629  | 685  | 492  | 233  | 535  | 532  | 321  | 160  | 283  | 522  | 522  | 609  | 298  | 644  | 719  | 489  |    |

### 床版開削後平面写真

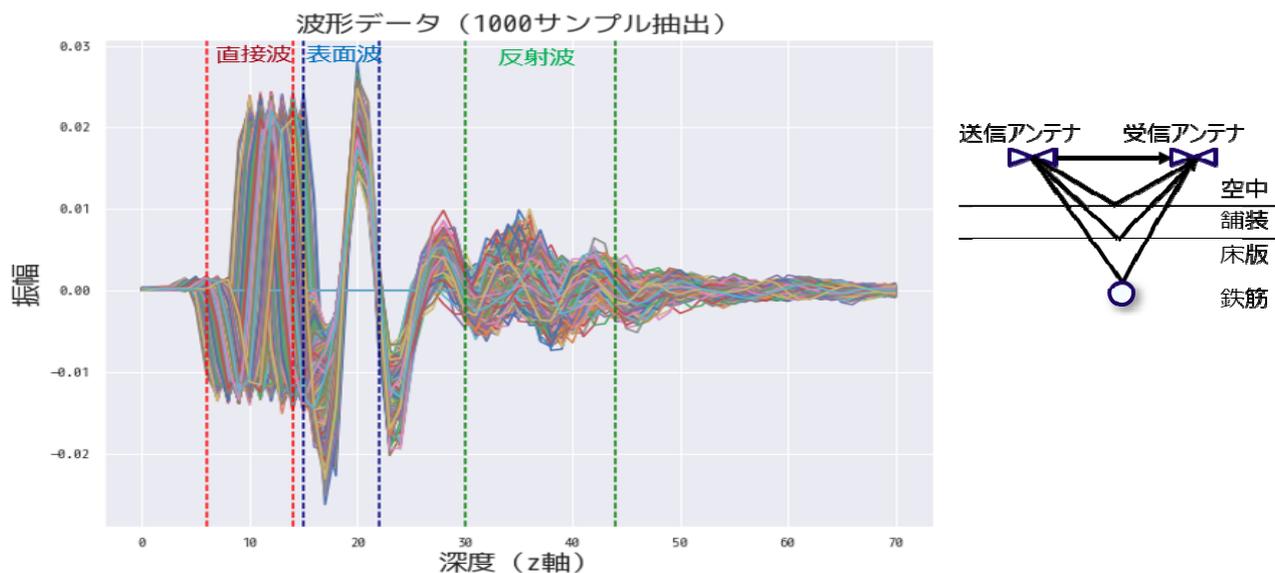
### 中分側



### 地覆側



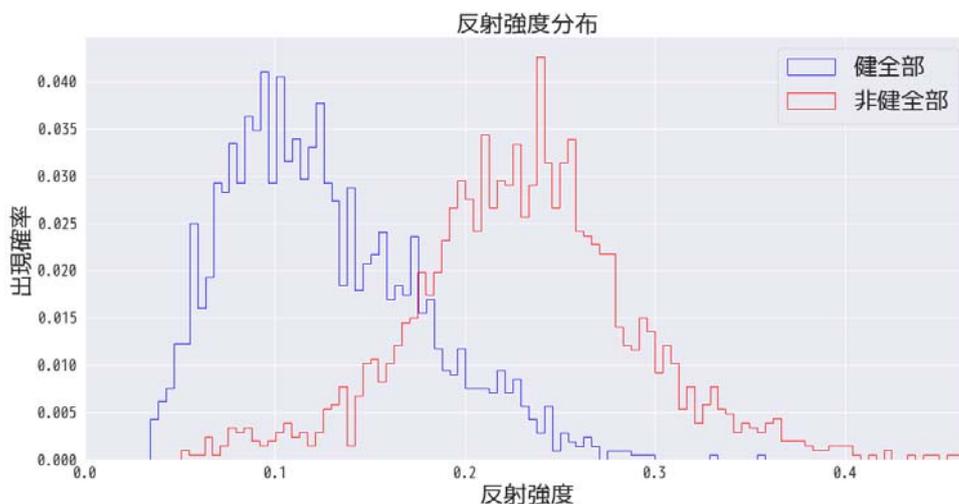
## 車載式電磁波レーダによる取得波形



直接波: 送信アンテナから受信アンテナ  
 表面波: 舗装路面での反射の波  
 反射波: 床版上面での反射の波



## 反射強度分布の比較



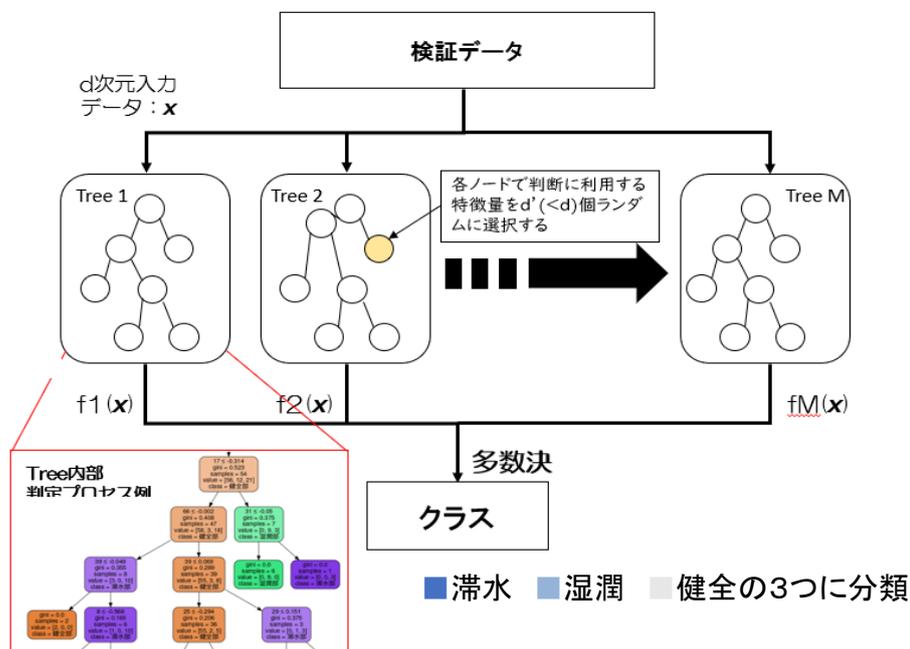
### ■ 反射強度: 反射波／直接波定義し波形を正規化

水分計の結果から、滞水部(非健全部)と健全部の箇所から取得した波形を  
 反射強度として分布を比較  
 ⇒ 反射強度の分布の違いが明確(特徴量)



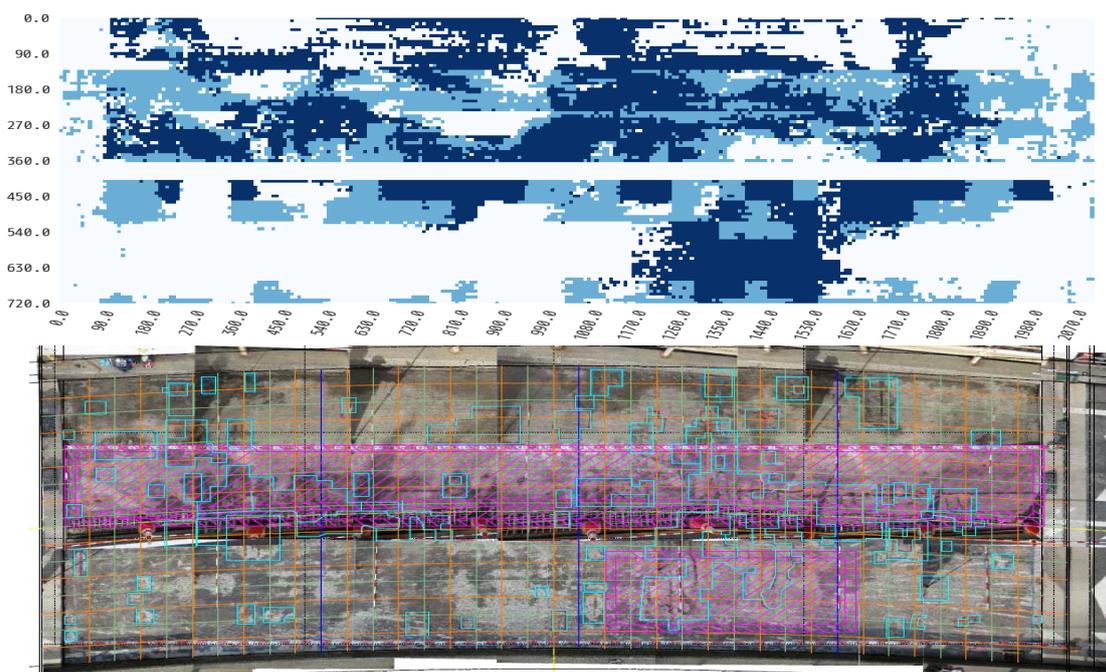
## ランダムフォレストによる分類

- Tree(木)とは学習データを基に作成されたクラス分類を行うための決定木
- ランダムフォレストでは、その決定木を1,2,3...M個用意し、
- それぞれの木の分岐による判定結果の多数決で最終的なクラスを決定する。
- 汎化性能の検証に用いるランダムフォレストでは、4959の学習データを用いて100個の決定木を作成し



## ランダムフォレストによる分類

### ■検討手法を全幅員への適用結果

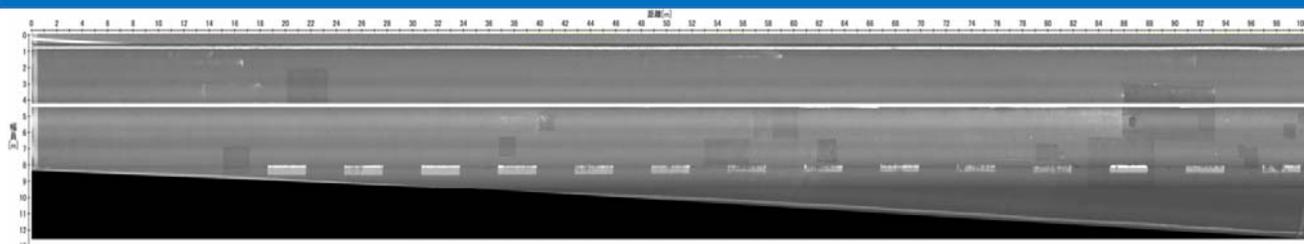


**R2年度**

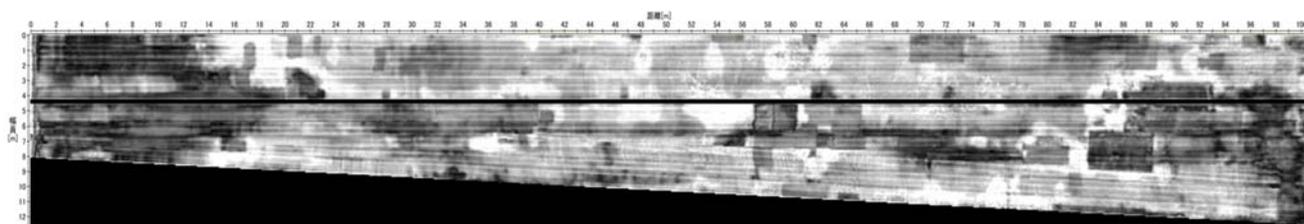
各汎用性のある水分検知プロトタイプを構築を目指す



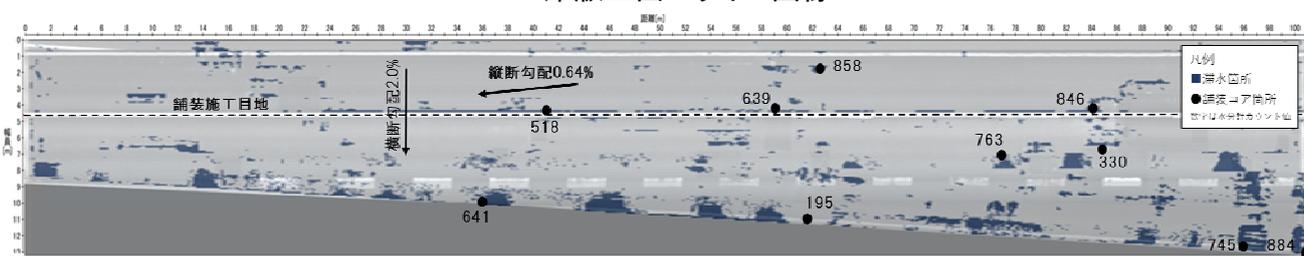
## 郷六橋



路面画像



床版上面スライス画像



反射強度による滞水箇所の分類



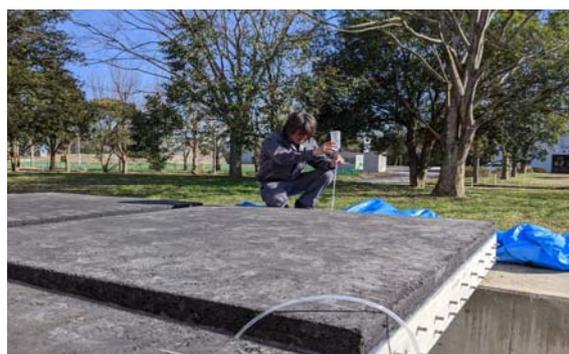
## 床版模型供試体



舗装と床版面の境界に水を滞水させることが可能



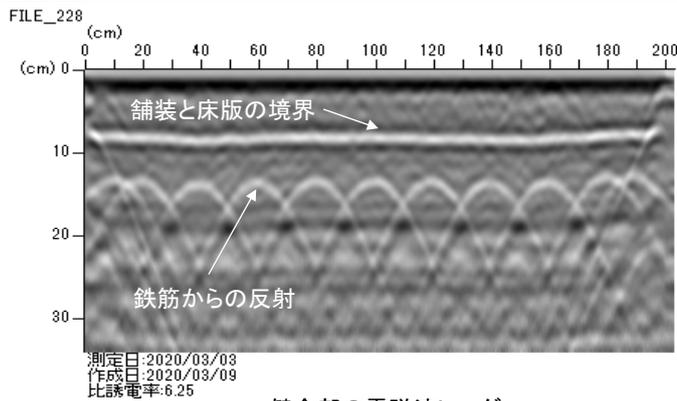
土砂化した床版面に舗装を設置



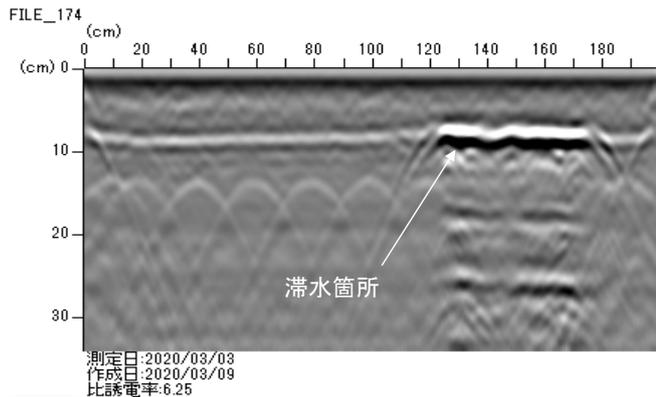
舗装と床版面の境界に水を滞水させることが可能



## 床版模型供試体



健全部の電磁波レーダ



滞水部模擬時の電磁波レーダ



### R2年度

各種条件で電磁波レーダ計測を実施し、AIによる読み取り用の教師データの整備を実施する



## 点検AI（床版G）RC床版の土砂化等に対する診断

### R1活動まとめ

#### ✓水の検知を軸とした早期検出技術の確立【点検】

- ・各道路管理者と連携して、電磁波レーダ等の技術検証を実施
  - ・舗装開削を実施し、電磁波レーダ計測結果と床版の劣化状態及び水分の分布との答え合わせを実施
- ⇒今年度実施内容を先行して共同研究報告書を作成中

#### ✓内部劣化状態の推定・措置方法決定に資する重点点検項目の把握【診断】

小径微破壊内部コンクリート調査と電磁波レーダの計測結果を関連づけることによる診断手法に着手。  
トルク管理により床版内部の状態を確認する手法の開発に着手。

#### ✓水の早期検知を前提とした新たな床版補修工法の提案【措置】

共同研究先の富山市・土研舗装チームとも連携し、床版補修工法の検討を実施  
R2年度に点検・診断結果を踏まえて、措置技術の検証を実施。  
また検証効果を確認（電磁波レーダにより止水ができているか確認）までを実施。

### R2活動にむけて

R2年度も各種現場実証を実施。  
AIをもちいた電磁波レーダの滞水検出の本格的なプロトタイプ構築と実証を予定。  
⇒診断AIとの連携および共同研究の他Gも参加可能。

