

鋼橋の長寿命化に向けた 研究の取組



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 じょうせん 上仙 靖



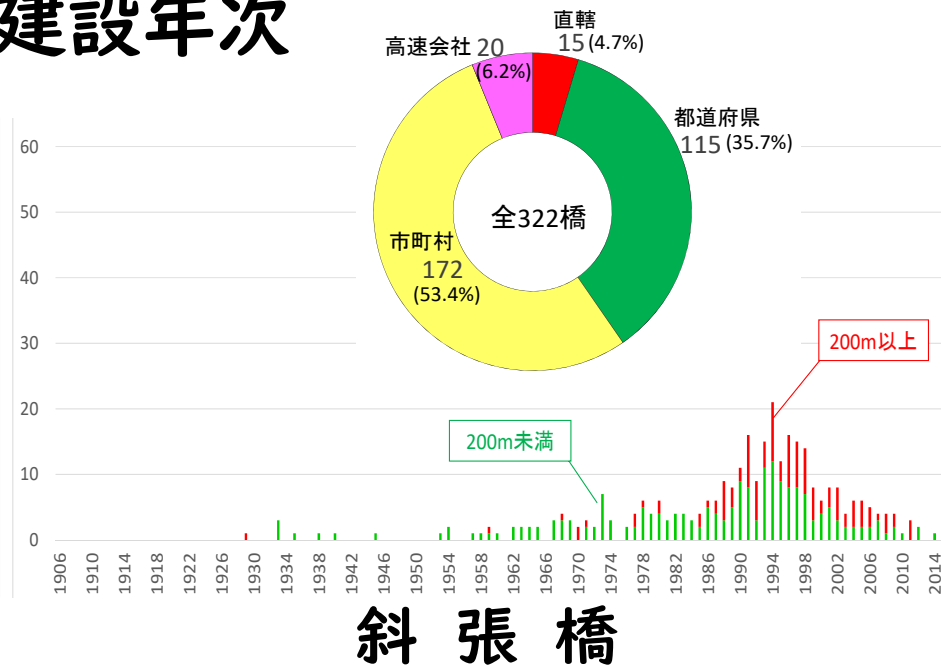
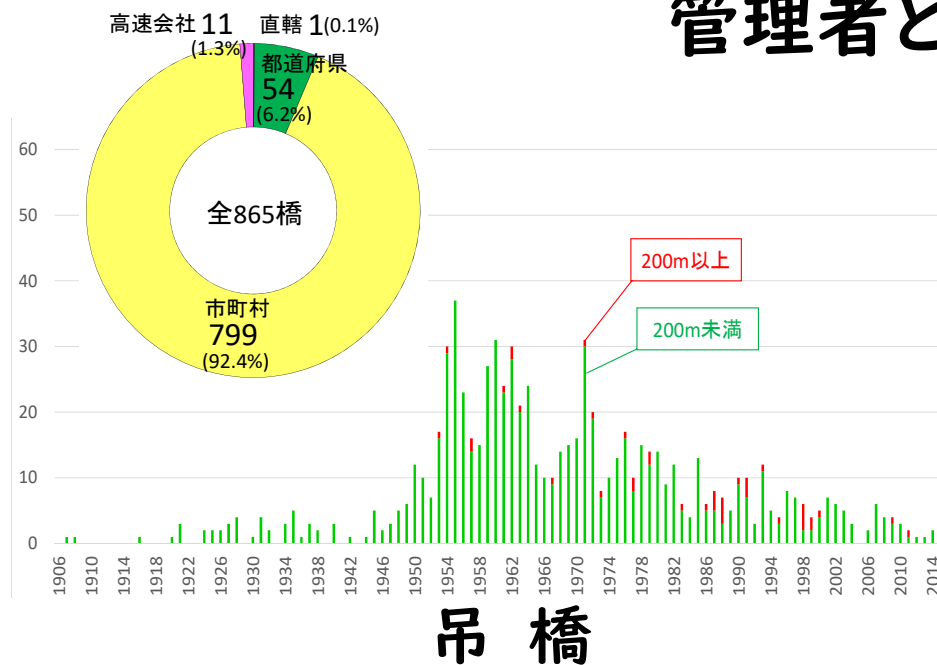
概要

- 吊構造形式橋梁に関する研究
 - 1) PE被覆ケーブルの内部環境評価
- 腐食した鋼部材の補修・補強法に関する研究
 - 2) FRPによる補強設計法
 - 3) ステンレスの適用性
- RC床版に関する研究
 - 4) 連続繊維補強されたRC床版の評価法
 - 5) 土砂化中間層の調査

吊構造形式橋梁

「道路統計年報」

管理者と建設年次



- ・ 管理者 → 多くが地方公共団体
- ・ 特に吊橋は、老朽化が進んでいる可能性

吊構造形式橋梁

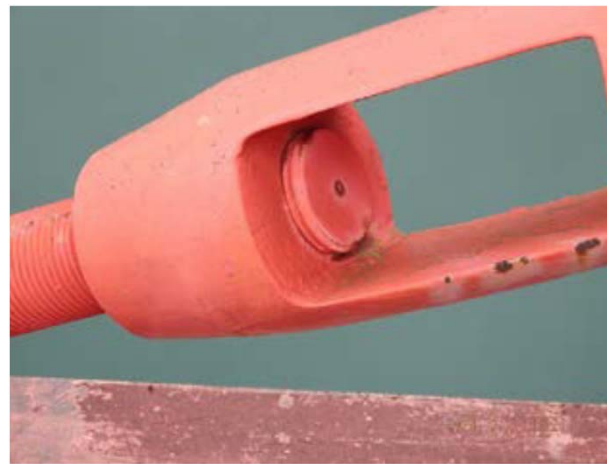
維持管理の実態



- ・ 小規模吊橋では健全度Ⅳの橋も存在
(主ケーブルの断線などによる通行止めも)
- ・ 主ケーブルの腐食により健全度Ⅲの橋も多数

吊構造形式橋梁

- 重要部位における点検困難箇所が存在
- 他形式にはない特有の構造



吊構造形式橋梁に関する研究



- 点検困難部位 → 非破壊検査による可視化、観測からの予測法 等
 - 特殊構造 → 損傷事例集、外観と内部状況 等
- ⇒ 『維持管理の手引き(案)』
→ 「〇〇橋の点検要領」

PE被覆ケーブルの内部環境評価

- 被覆が損傷したケーブルの評価



PE被覆の割れ



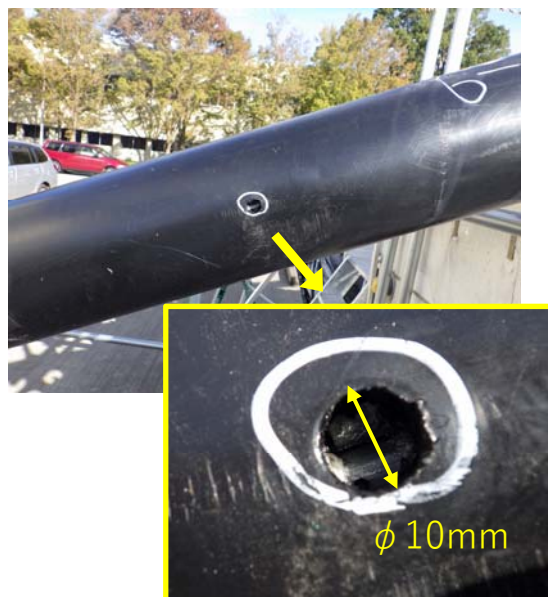
PE被覆の剥離

- 内部の腐食環境の把握
- 調査・対策手法の提案

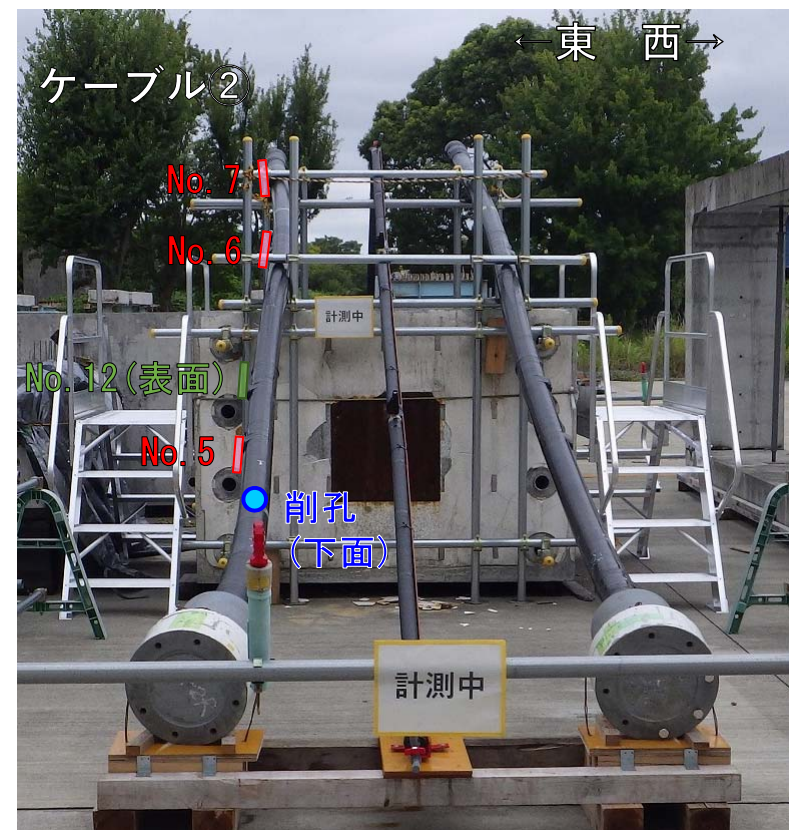
PE被覆ケーブルの内部環境評価

・ PE被覆ケーブル内部の温湿度計則

【模擬損傷イメージ】



※写真は側面に設置した計測孔のもので、模擬損傷は下部に削孔する。

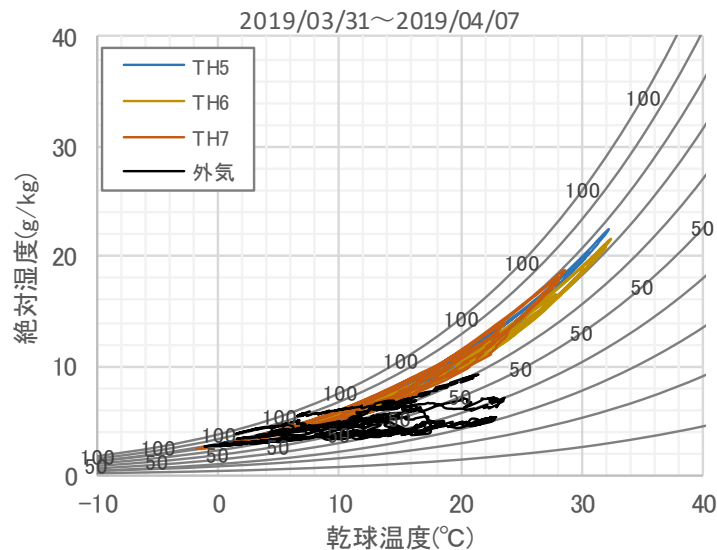
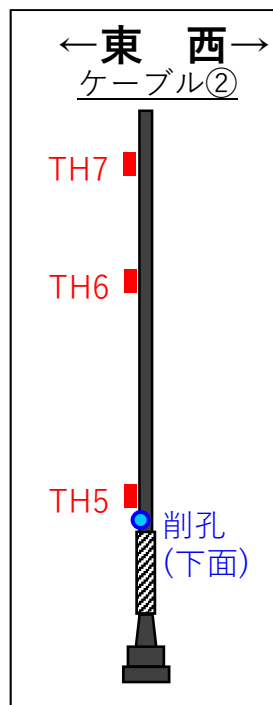


模擬損傷あり

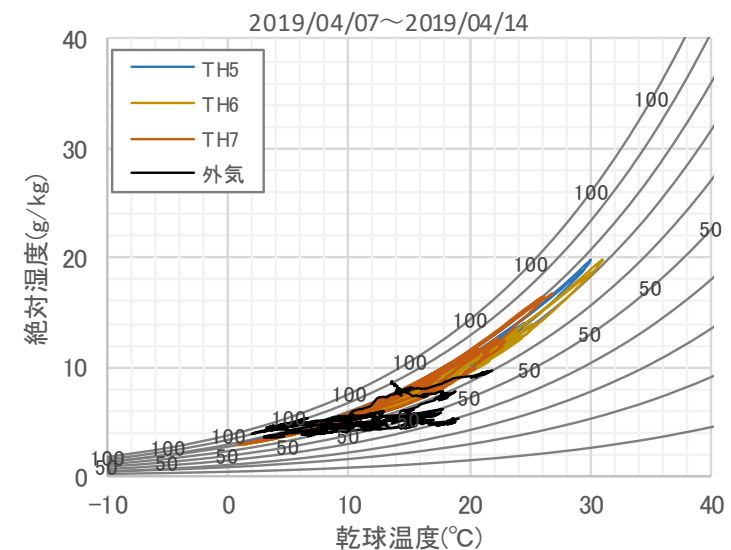
なし

PE被覆ケーブルの内部環境評価

・計測結果例（削孔前後の湿り空気線図の比較）



削孔前1週間

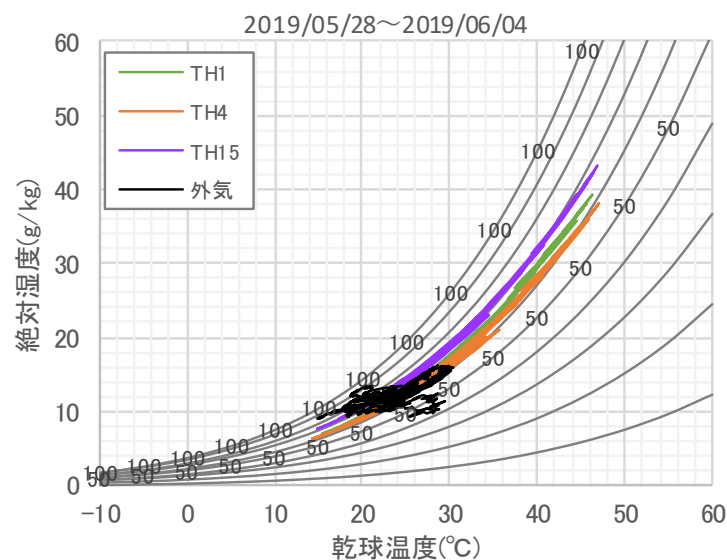
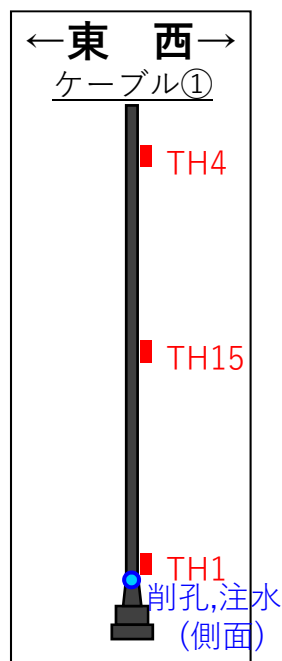


削孔後1週間

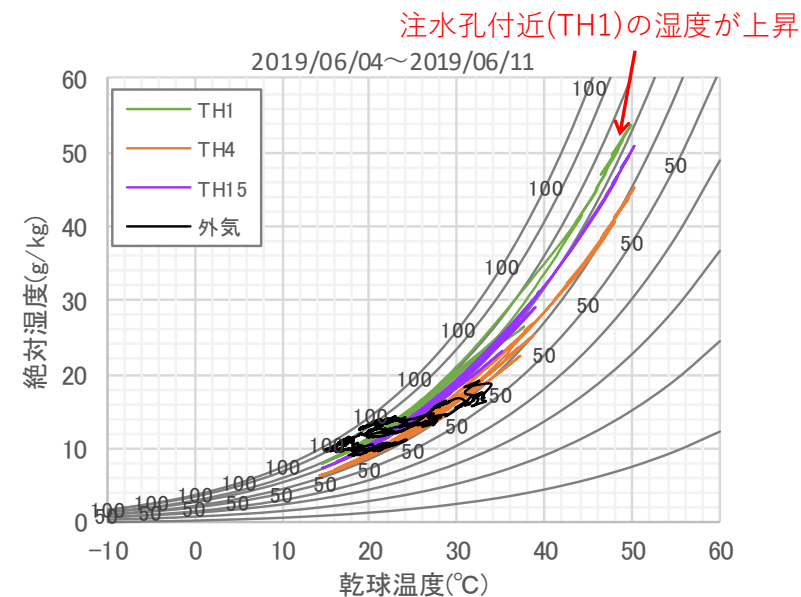
→ 削孔前後で変化なし

PE被覆ケーブルの内部環境評価

・計則結果例（注水前後の湿り空気線図の比較）



削孔前1週間

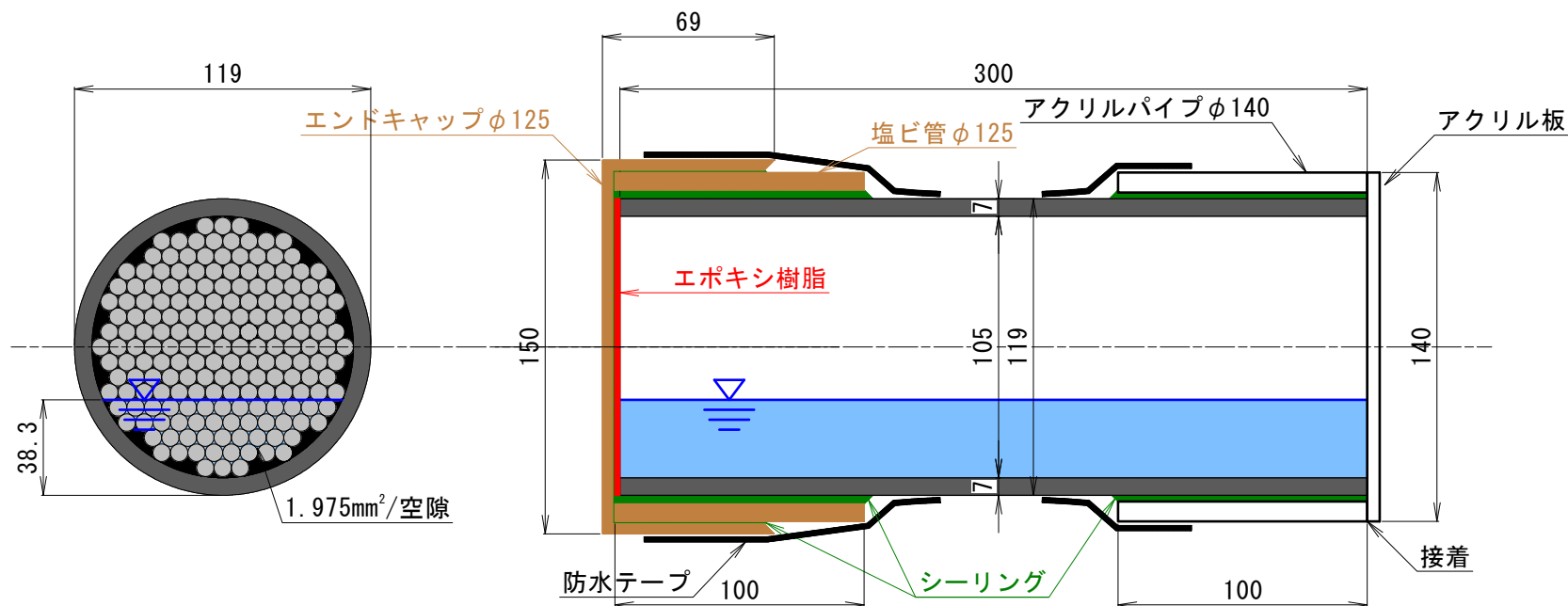


削孔後1週間

→ ケーブル下部で湿度上昇

PE被覆ケーブルの内部環境評価

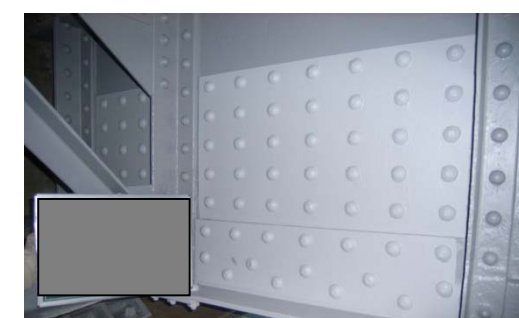
- 腐食促進試験、屋外（屋根あり）暴露試験



→ 水、孔の有無により腐食状況を比較予定

腐食した鋼桁の補修・補強

あて板補強の施工事例



腐食した鋼桁の補修・補強

部分更新（部材交換）の施工事例



腐食した鋼桁の補修・補強

当て板補強、部材追加した事例



腐食した鋼桁の補修・補強法

伸縮装置からの漏水による再腐食の事例



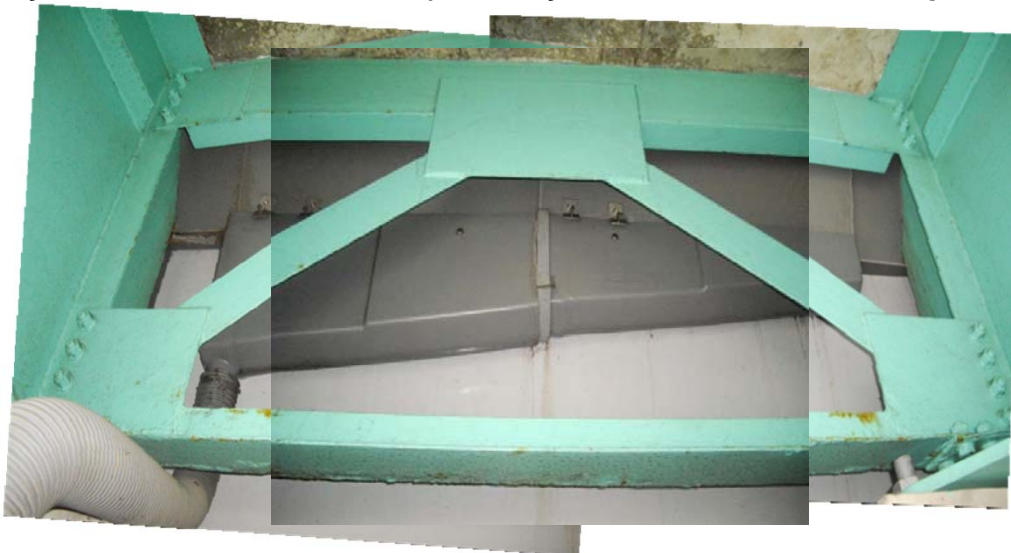
補強前



補強後の再腐食

桁端部の環境改善例

伸縮装置下への排水装置の設置事例



腐食した鋼桁の補修・補強法

隙間からの再腐食の事例



補修中



補強後の再腐食

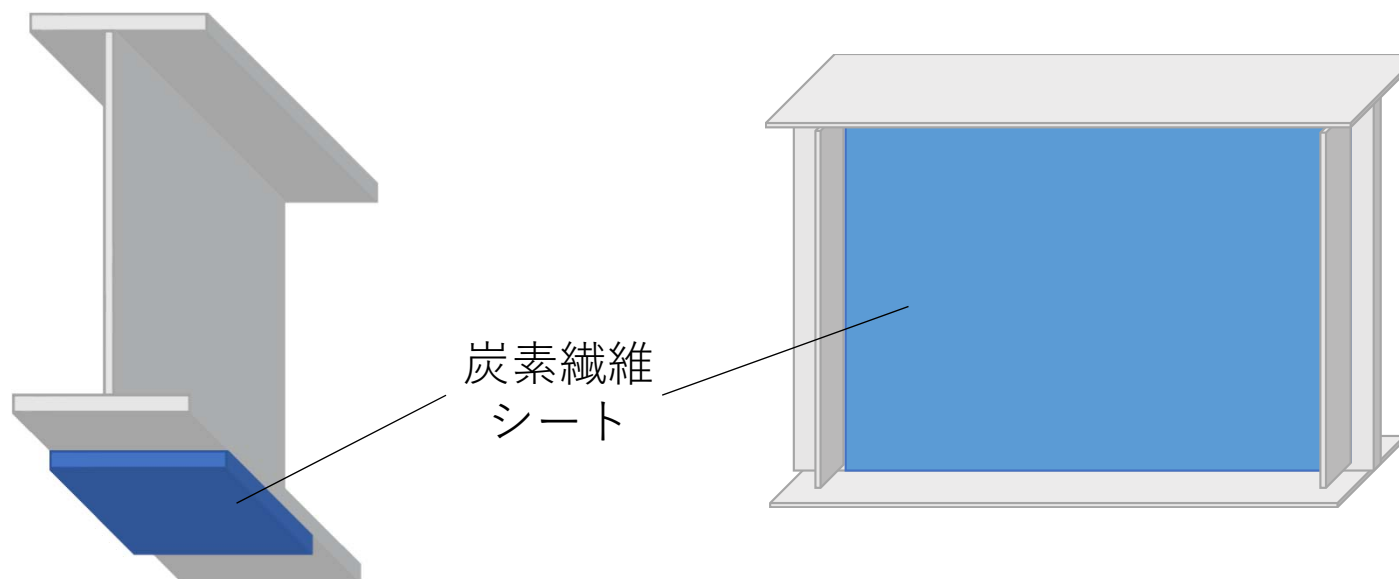
FRPによる補強設計法に関する研究

『道路橋のFRPを用いた複合構造化による 補修補強の評価方法に関する共同研究 (H30~R3)』

土研・早大・長岡技大・首都大・京大・東北工大・弘前大・日大・長野高専

鋼材チーム と コンクリートチーム

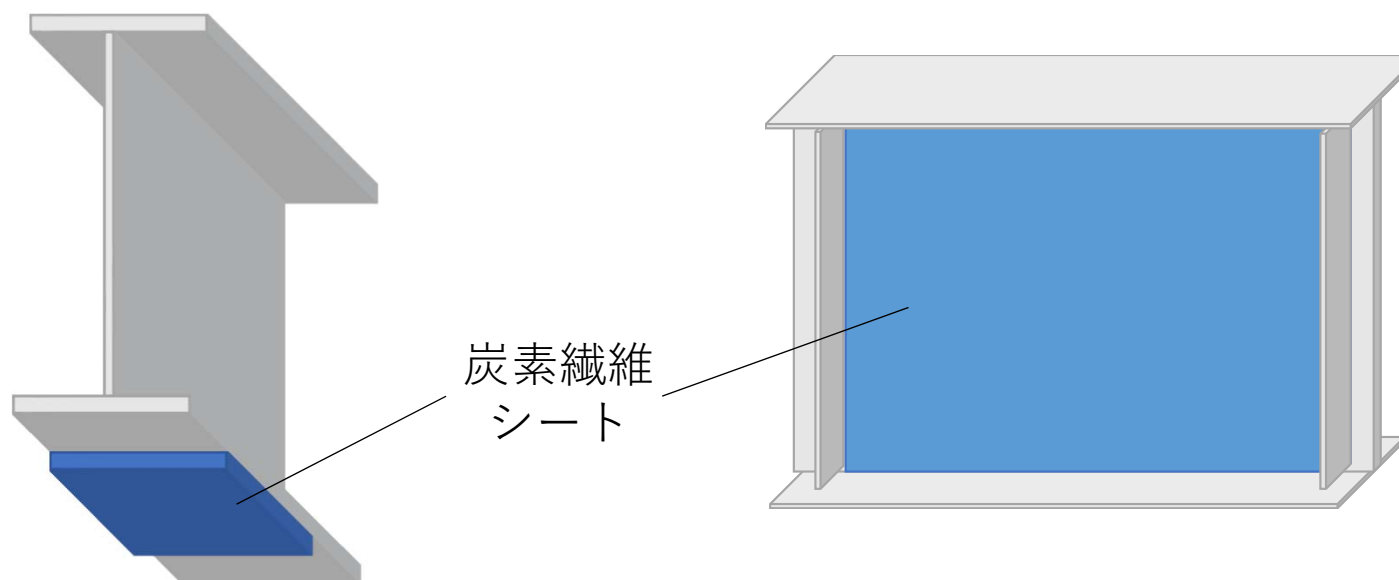
鋼桁の対象部材 (当面)



FRPによる補強設計法に関する研究

破壊モードの確認実験 及び 解析的検討

- 鋼材の降伏
- 炭素繊維シートの剥離
- 炭素繊維シートの破断
- ・ 腐食の有り無し
- ・ パテ材
- ・ 積層数、定着長、



ステンレスの適用性に関する研究

『耐久性向上のための高機能鋼材の道路橋への 適用に関する共同研究(H29~R2)』

土研・日本鋼構造協会・日本橋梁建設協会・PC建設業協会・
本四高速・早大・長岡技大・長岡高専

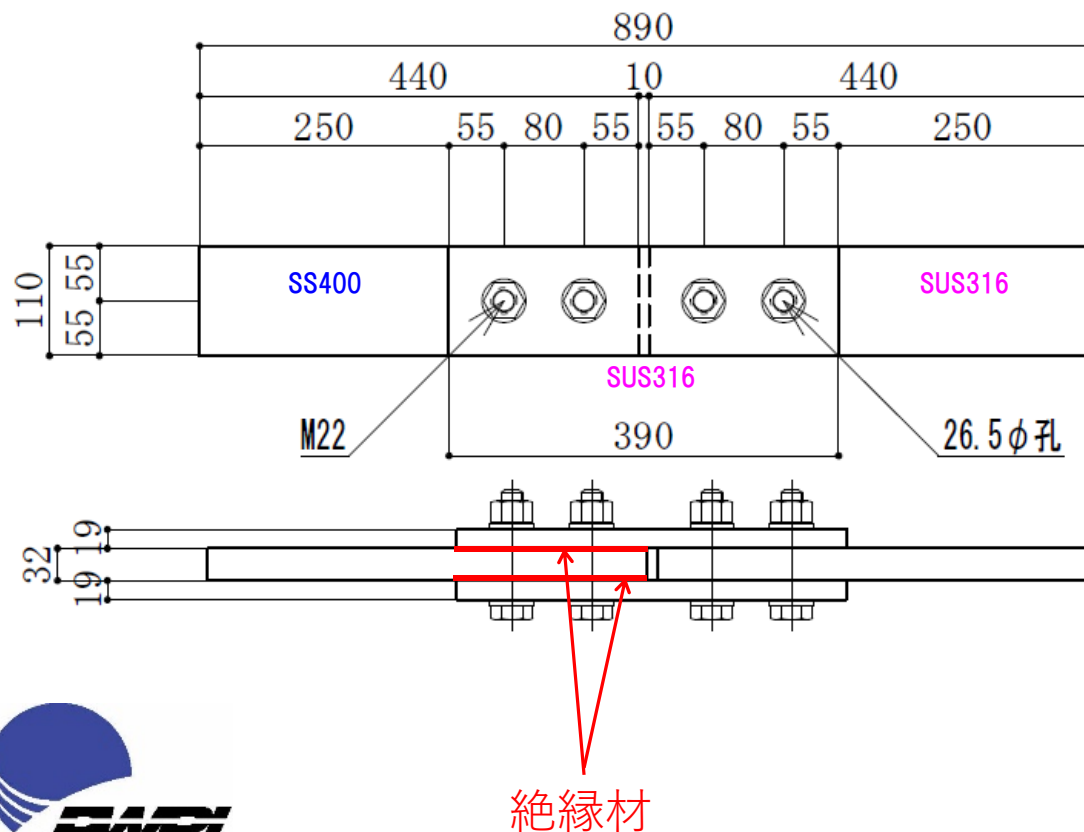
鋼板チーム と 鉄筋チーム

鋼板の対象： 横構や対傾構等の二次部材



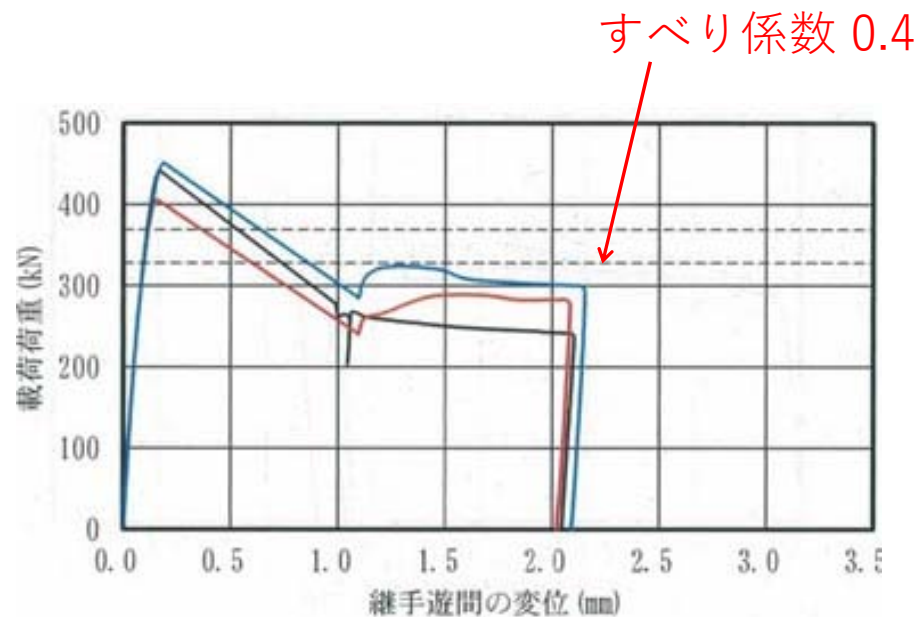
ステンレスの適用性に関する研究

ステンレスと鋼材のボルト継手のすべり試験 異種金属腐食対策として、4種類の絶縁材を設置



ステンレスの適用性に関する研究

すべり試験と絶縁抵抗測定結果



絶縁材		絶縁抵抗(MΩ)
塗装型	アルミナ溶射	1.45
	ガラスフレーク入り塗料	未測定 (すべりでNG)
フィラープレート型	GFRP板	6,280
	エポキシ樹脂板	17,500

「ステンレス鋼と炭素鋼の異材摩擦接合継手に関する実験的研究」
(澁谷ら、RI土木学会年次学術講演会、I-447)

ステンレスの適用性に関する研究

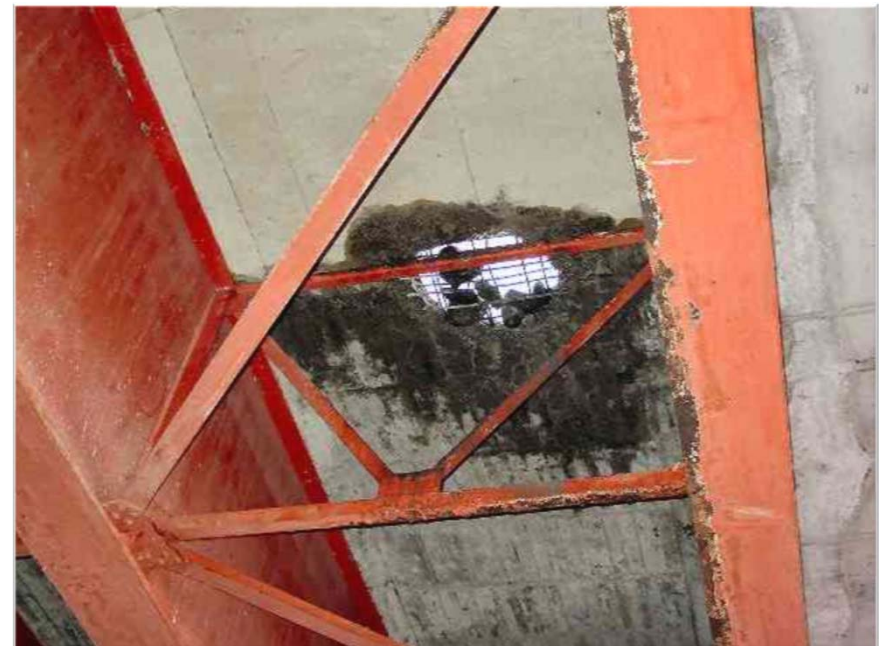
- 座屈耐荷力試験
- 腐食促進試験、暴露試験
→ 実橋への適用に向けた仕様



「両端にガセットプレートを有する
ステンレス長柱の耐荷力に関する実験的研究」
(早大 松尾ら、RI土木学会年次学術講演会、I-1111)

RC床版の疲労

・RC床版の疲労損傷事例



RC床版の疲労対策

・繊維補強されたRC床版の事例



一般的なシート補強例

例：繊維目付量 300g/m^2 の1方向シート
($\sigma_t=3.4\text{kN/mm}^2$ 、 $E=245\text{kN/mm}^2$)を
主鉄筋・配力筋方向に各2層貼り



格子貼り例

- ・滞水防止
- ・点検可能
(ひび割れ確認)

シートの施工状況



繊維の貼り付け



樹脂の含浸

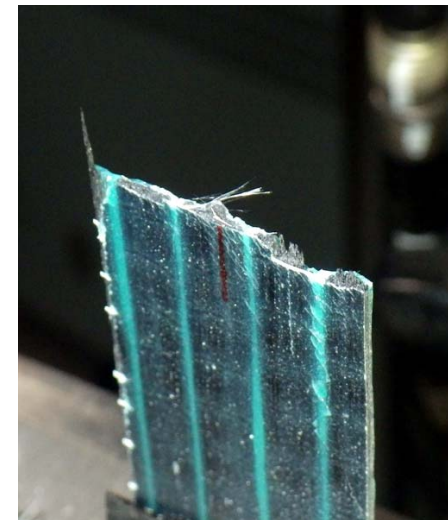
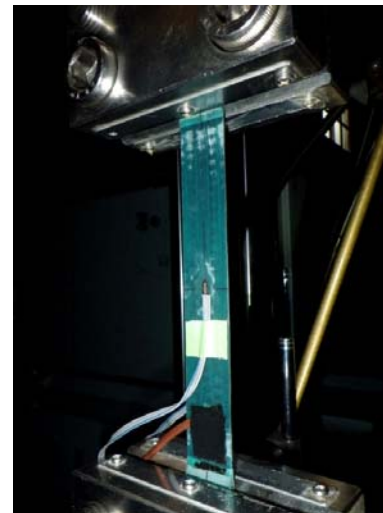
RC床版の疲労対策

「繊維シートによるRC床版の補強設計法
に関する共同研究(H25～29)」

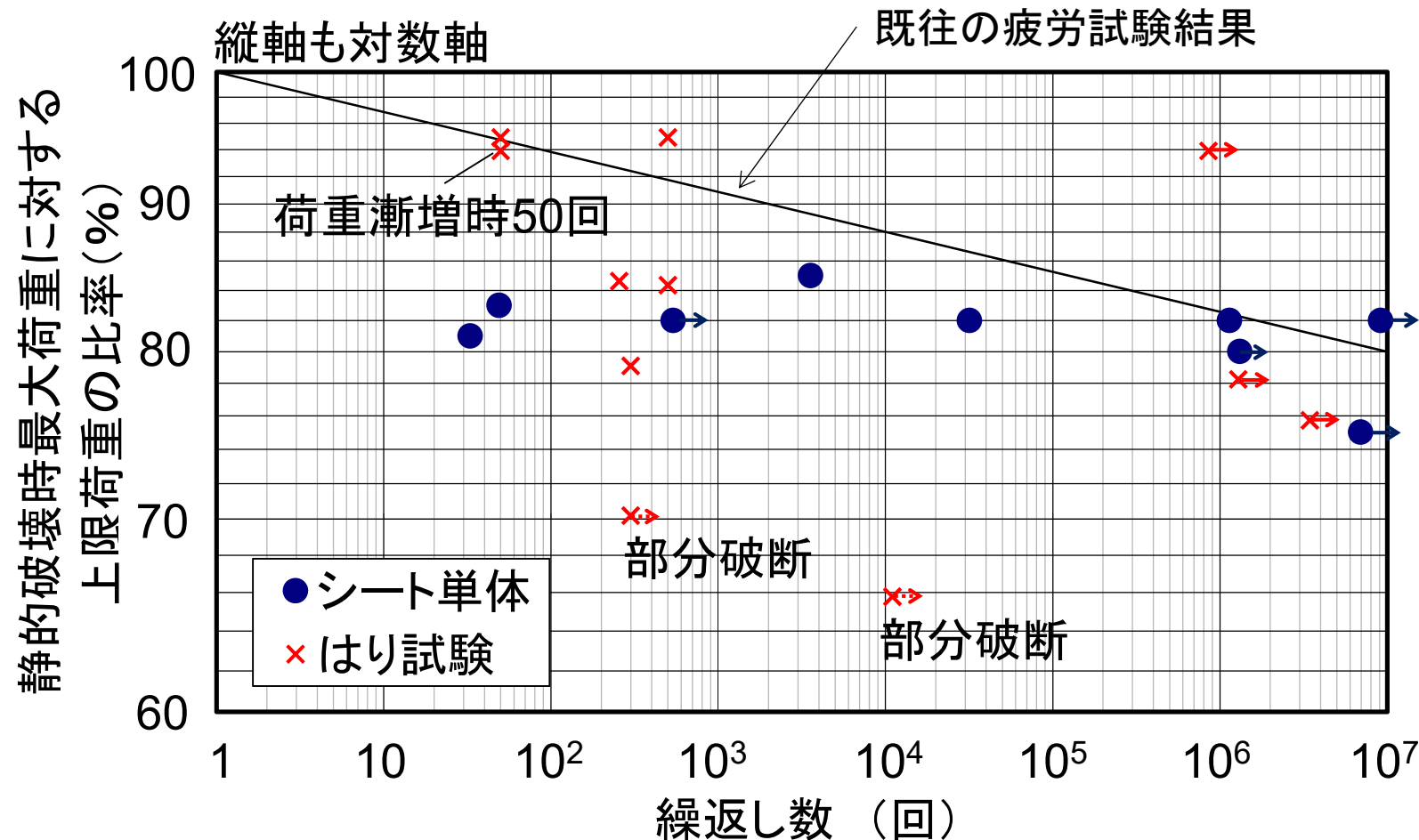
→ 輪荷重走行試験により、損傷メカニズムの解明
補強設計に必要な項目を提示

→ シートの疲労試験により、疲労耐久性を評価

土研、炭素繊維補修・補強工法技術研究会 共同研究報告書とりまとめ中



CFRPシート単体の疲労試験結果



RC床版の疲労対策

「連続繊維補強されたRC床版の耐久性評価 に関する共同研究 (H29～R2)」

土研、(一社)繊維補修補強協会、
積水化学工業(株) (～H30)

検討項目

- ・曲げを受けるRC部材に接着したシート補強材の剥離限界
- ・それに基づく、シート補強材の要求性能と試験法



RC床版の土砂化

舗装の劣化



RC床版の土砂化

舗装撤去後



RC床版の土砂化中間層の調査

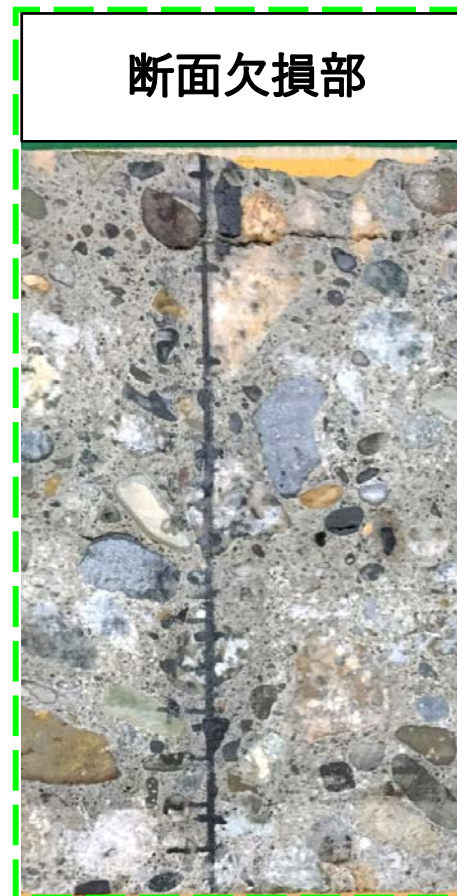


RC床版の土砂化中間層の調査

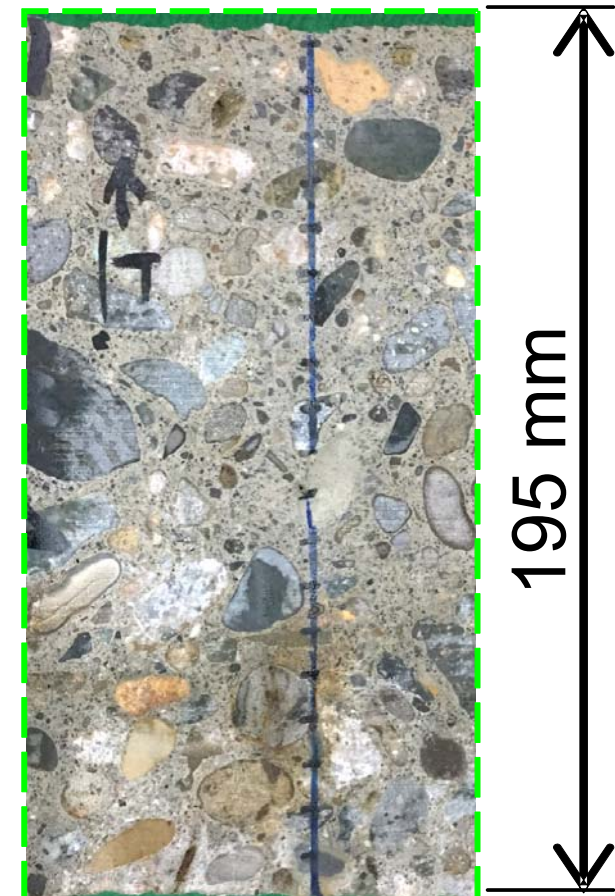
コア側面の観察



E1



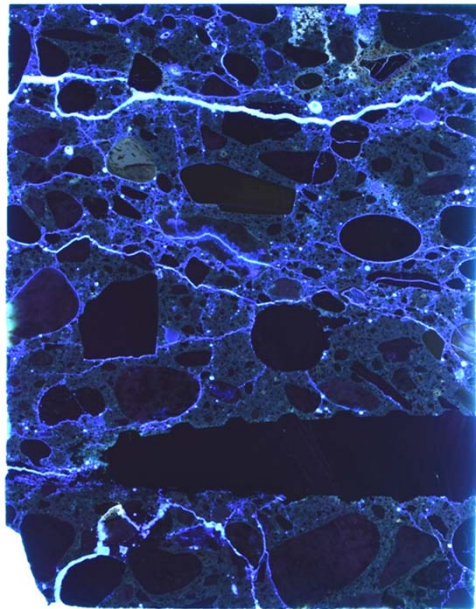
E3



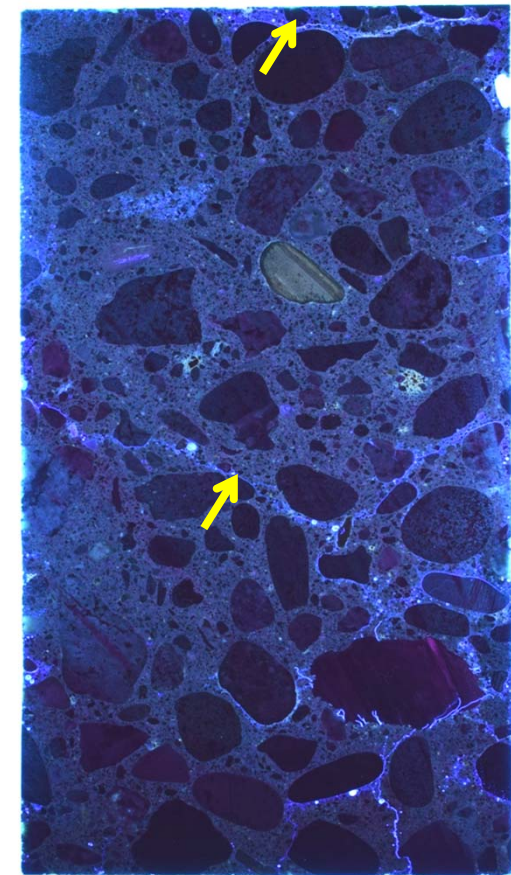
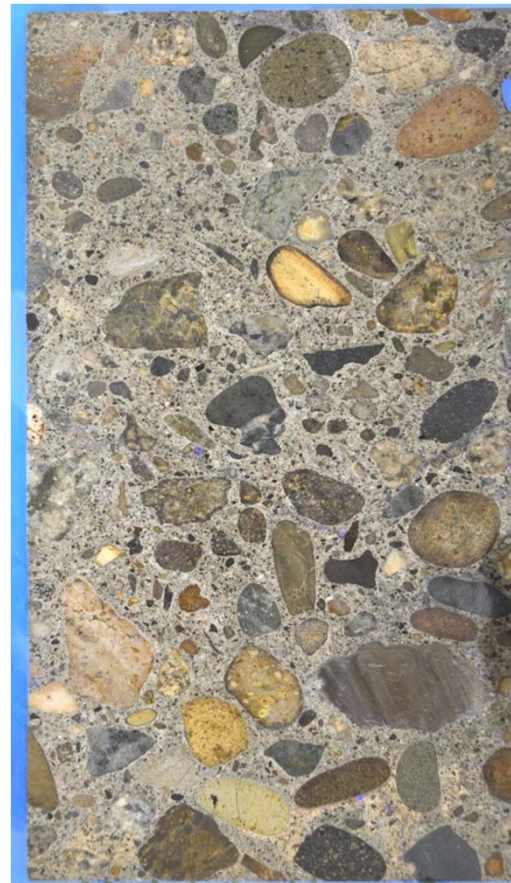
E4

RC床版の土砂化中間層の調査

コア切断面の微細ひび割れ観察

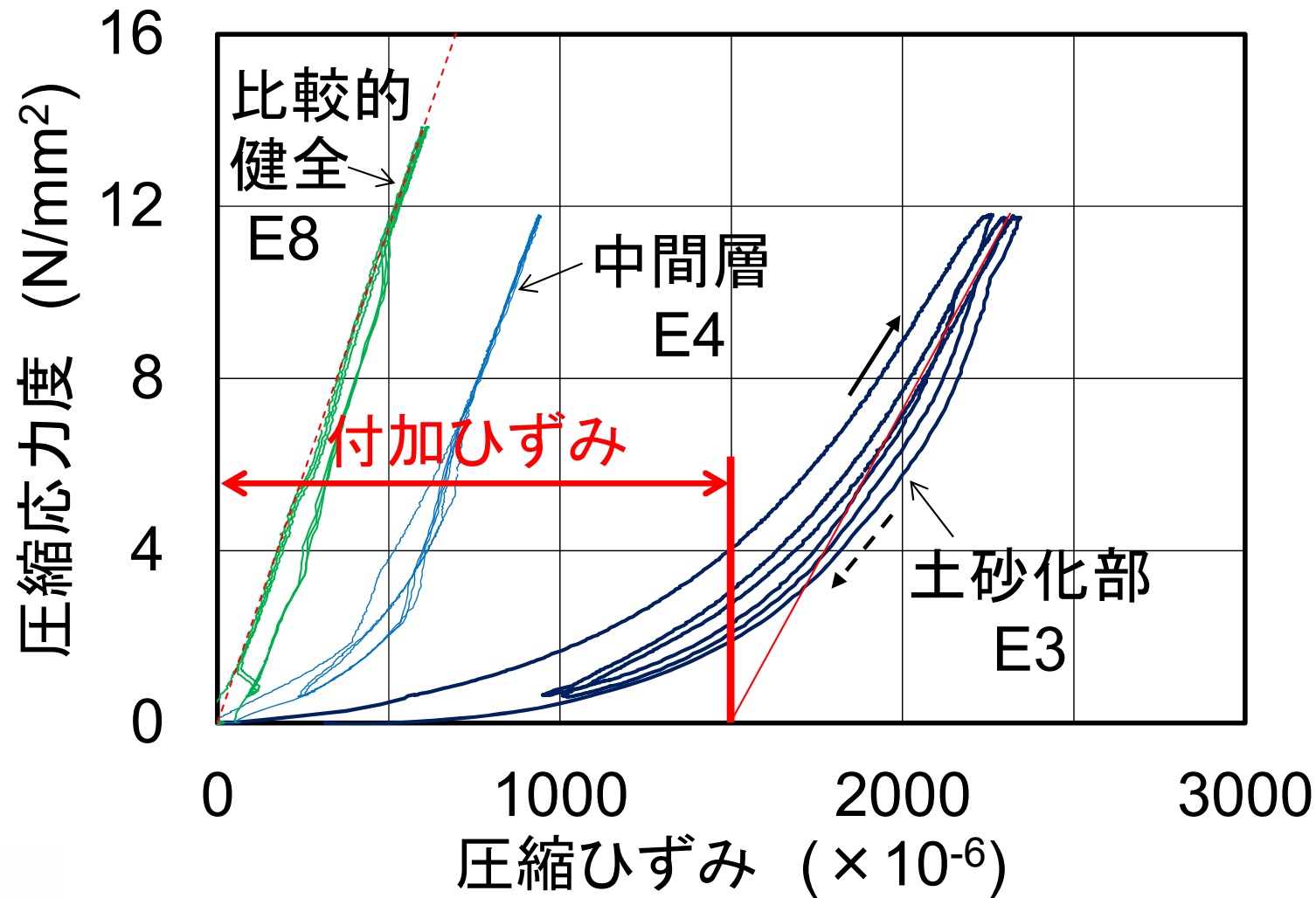


E1



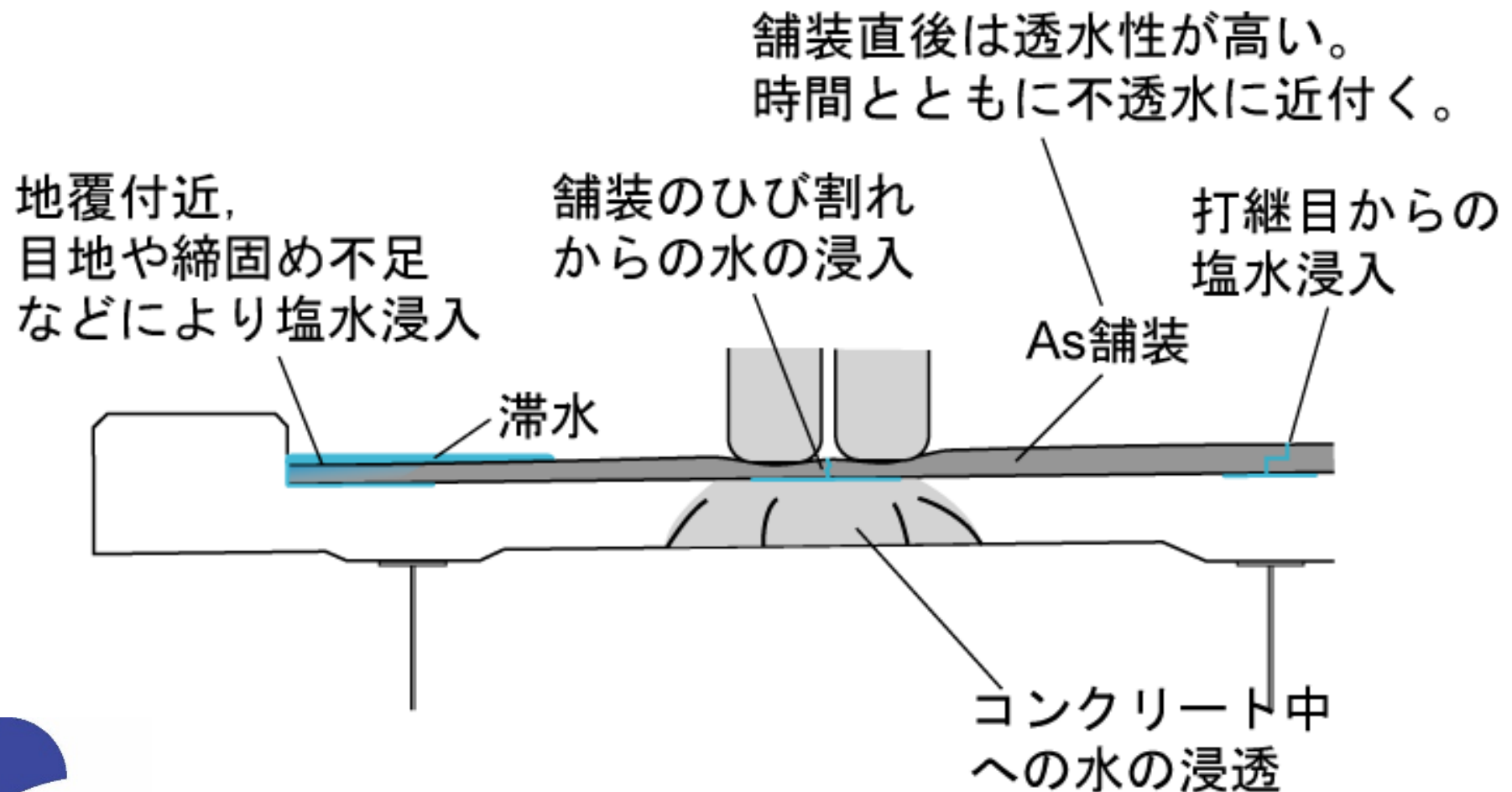
E4

RC床版の土砂化中間層の調査



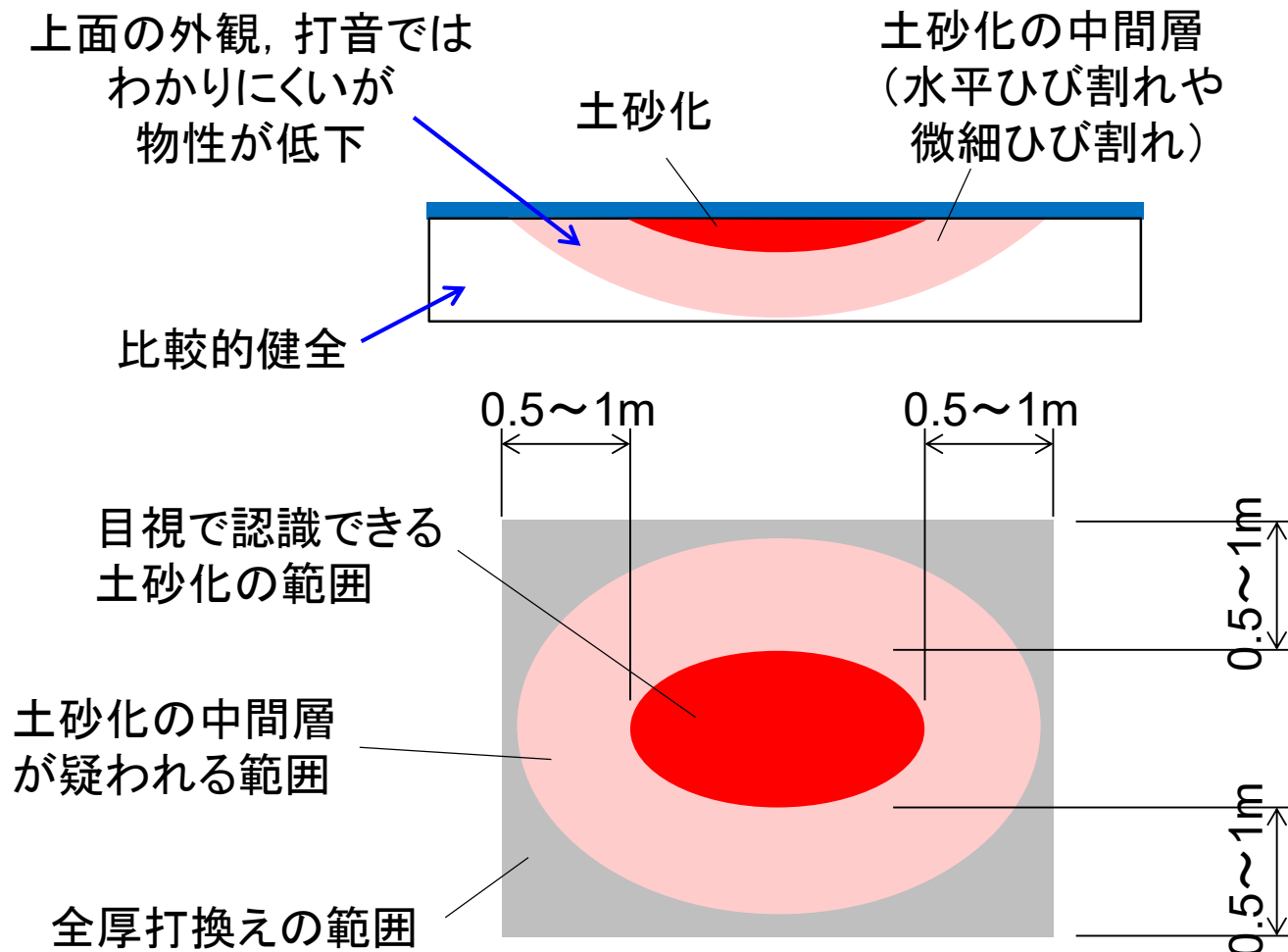
RC床版の土砂化中間層の調査

想定される水（塩分）の侵入経路



RC床版の土砂化中間層の調査

土砂化中間層の適切な除去



RC床版の土砂化中間層の調査

「道路橋コンクリート床版の土砂化部周辺の変状に関する調査」

(田中・玉越・村井・藤本、コンクリート工学年次論文集、
Vol.40、No.2、pp.1315-1320、2018)

「道路橋コンクリート床版の土砂化に関する調査

～土砂化中間層とその適切な除去範囲～」

(田中・上仙、土木技術資料、Vol.61、No.7、pp.53-54、2019)

(今後)

⇒ 土砂化中間層特定のための調査手法の提案

⇒ 適切な床版打換え

まとめにかえて

- 1) PE被覆ケーブルの内部環境評価
(担当:坂本研究員)
- 2) FRPによる補強設計法
(担当:坂本研究員、小野研究員)
- 3) ステンレスの適用性
(担当:大西研究員)
- 4) 連続繊維補強されたRC床版の評価法
- 5) 土砂化中間層の調査
(担当:田中総括主任研究員)

まとめにかえて

- 鋼部材の非破壊検査手法
- 耐候性鋼材の耐久性評価
(担当: 高橋主任研究員)

- 鋼橋の疲労に関する診断支援AIの構築
(担当: 大西研究員、峰交流研究員)

- ※ ご意見、共同研究のご提案、交流研究員のご相談等、お待ちしております。