

既設構造物の健全度および劣化 に関する研究事例の紹介

宇都宮大学
中島章典

橋梁の劣化や健全度確認

- 橋梁の劣化の程度や進行状況は使用状況および環境状態によって異なる.
- 建設後50年過ぎても健全な橋梁も多数ある.
- 個々の橋梁の健全度は点検で把握する.
- 劣化した橋梁は適切に補修・補強する.
- 劣化原因を究明して新技術を新設橋梁に活かす.

課題対応のために必要な取組み

- 合理的な点検方法
- 構造物の健全度診断方法
- 劣化構造物の補修・補強方法
- 点検技術の開発
 - ✓ 非破壊検査, 点検ロボット, センサーの開発
- 劣化原因の究明
- 耐久性の高い構造形式や構造詳細

研究紹介

- 振動モニタリングによる橋梁の健全度確認（鬼怒橋の振動計測）
- 鋼コンクリート複合構造における鋼とコンクリート接触面の腐食

振動モニタリングによる橋梁の健全度確認

- 橋梁部材の腐食やひび割れなどによる劣化の程度が不明.
- 収集した情報と橋梁の健全度の関係がわからない.
- 橋梁などの詳細点検を実施できなくても、健全度を把握できる？
- 振動モニタリングによる構造物の健全度確認.
- SHM (Structural Health Monitoring)

同一形式曲弦プラットラス15径間を有する 鬼怒橋の振動特性調査

- 竣工年:1931年(平成22年度土木学会選奨土木遺産)
- 上部構造形式:15径間単純曲弦プラットラス橋
- 橋長:559.4m
- 支間長:36.6m
- 幅員(車道):6.4m
- 最大主構高さ:約8m
- 複数個所に軽度の劣化や損傷が確認できる.
- 歩行者, 自転車用の側道



鬼怒橋の現状



- 劣化は進行しているが，健全なのか？
- 橋梁の健全度に関する振動を計測.

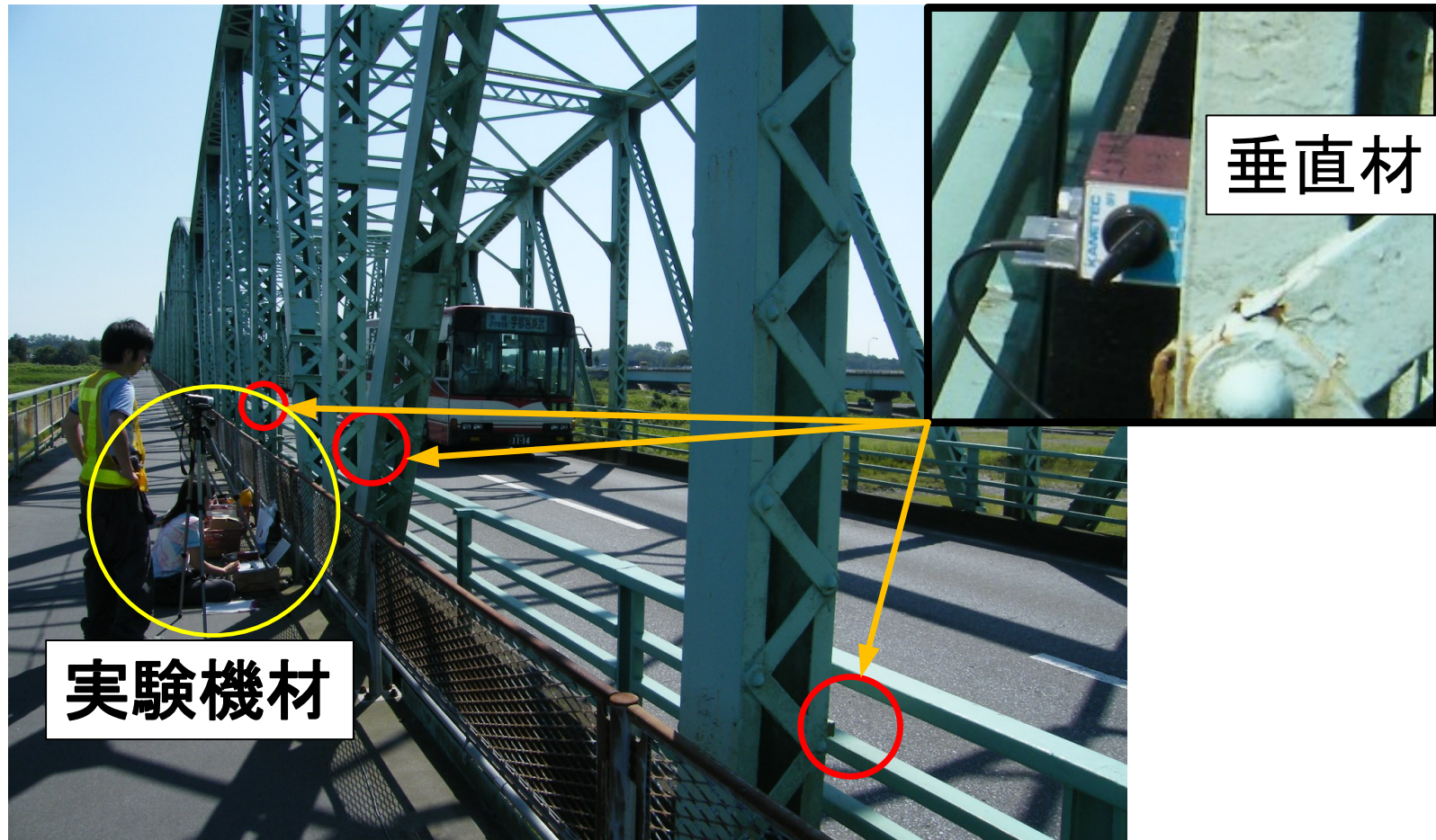
鬼怒橋の現状



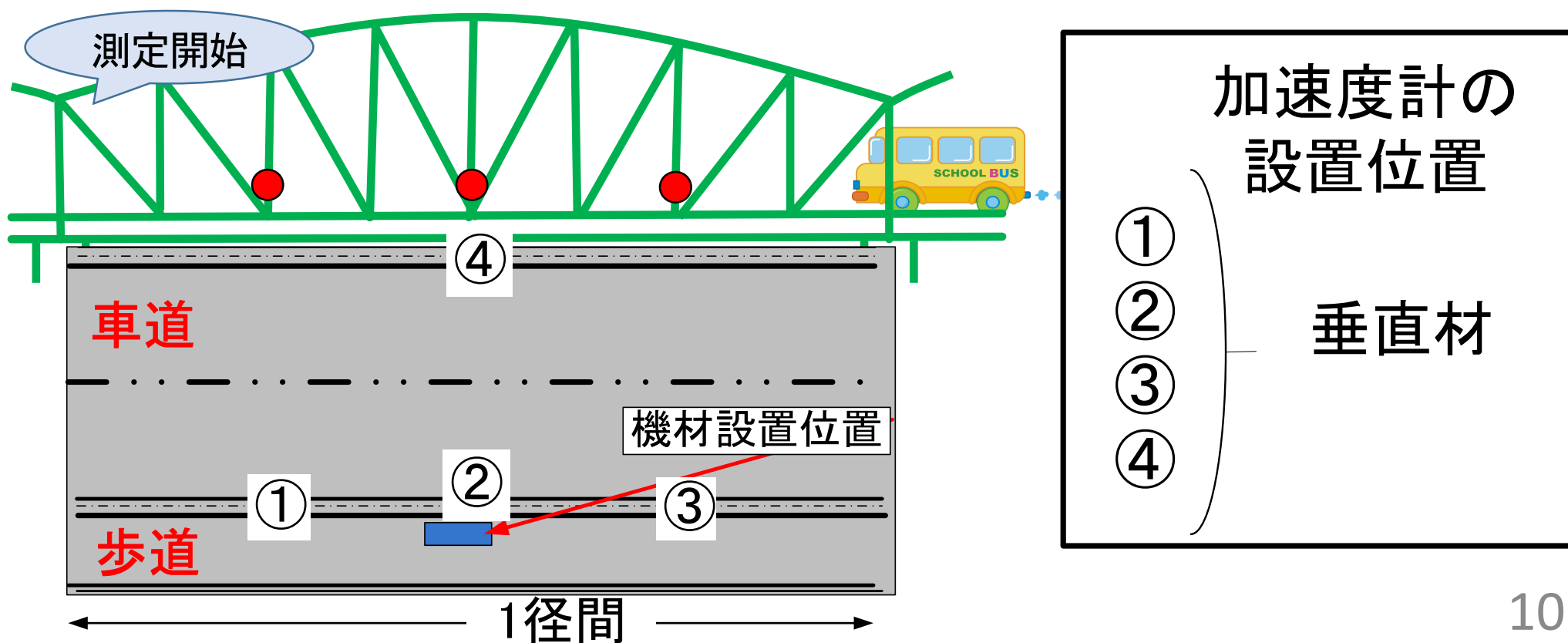
- 劣化は進行しているが，健全なのか？
- 橋梁の健全度に関する振動を計測.

振動計測

- 加速度計をマグネットスタンドを利用し、垂直材に取り付け、全径間の鉛直方向の加速度応答を1径間ずつ計測。



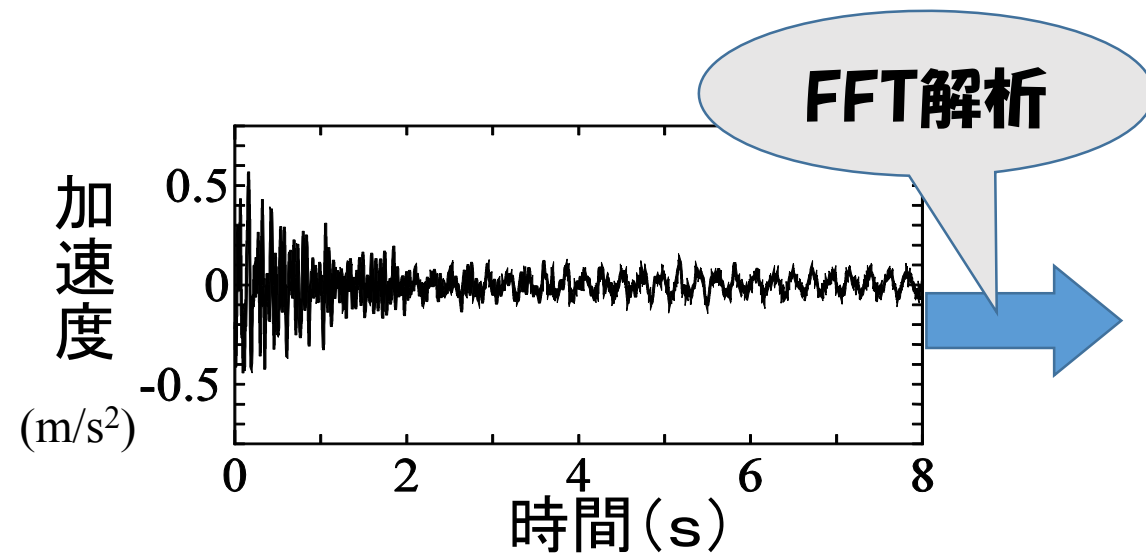
- 計測位置は、各径間の上流側の中央(1/2点)とその中間点(1/4点, 3/4点)に加え、下流側の1/2点の各径間4点とした。
- 対象車両がその径間を通過し終わった直後から計測を開始した。



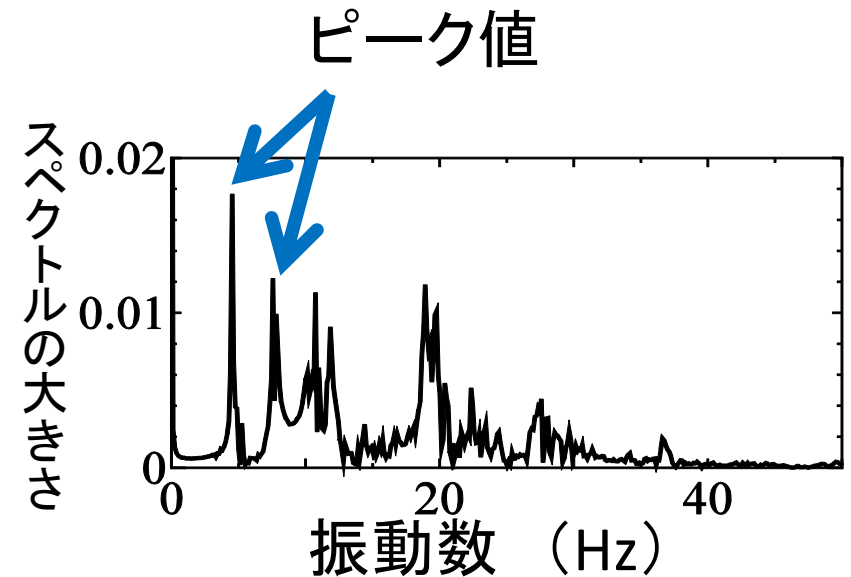
計測データの解析

解析手法

- FFT解析により卓越振動数(固有振動数)を調べる.
- ERA解析により低次の卓越振動数を調べる.

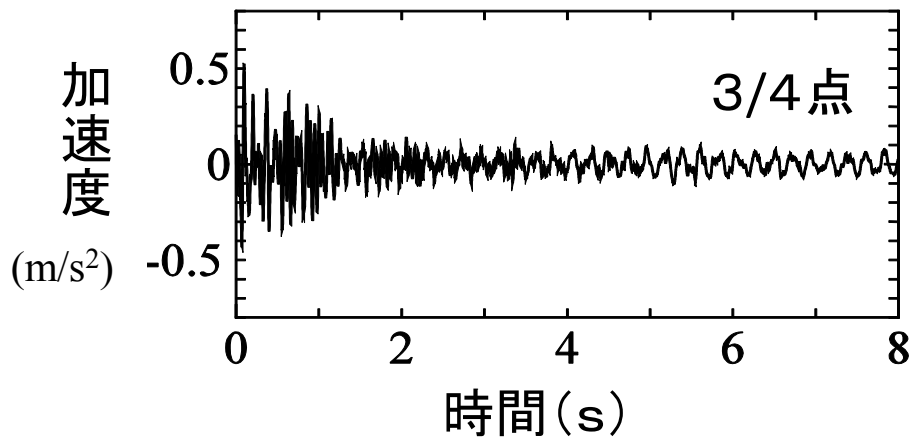
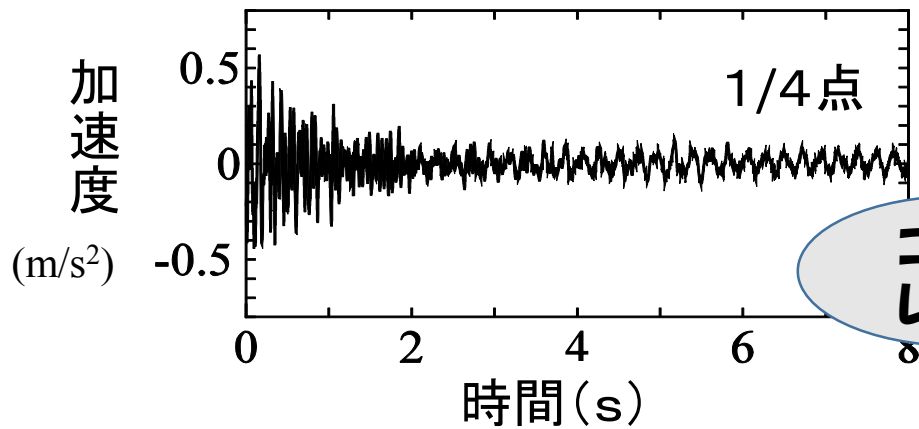


時系列波形

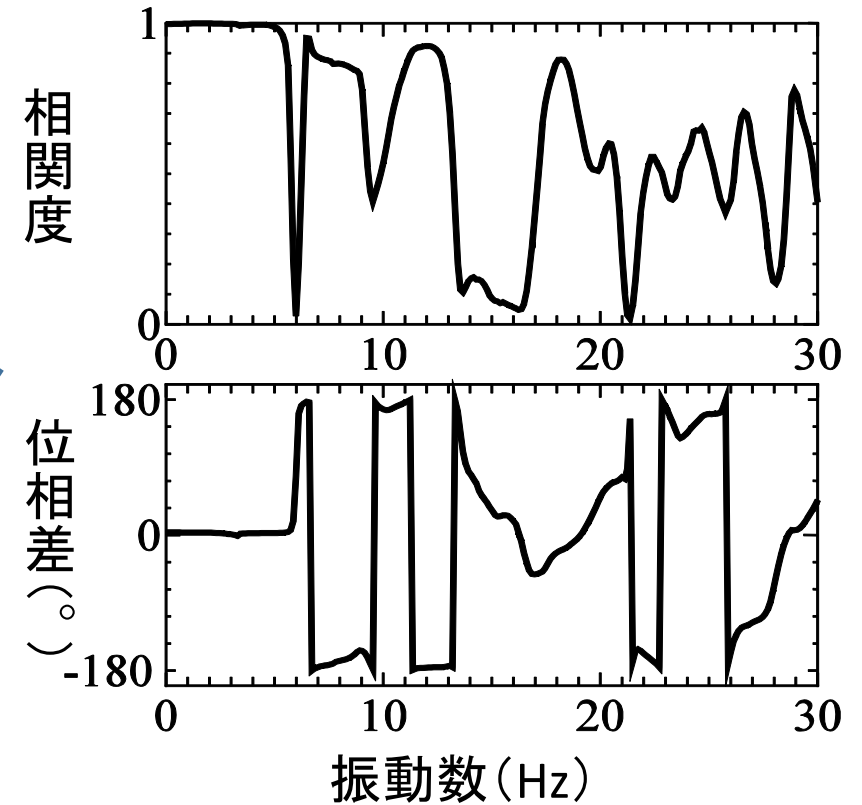


フーリエスペクトル図

- 同径間の各計測点(1/4,1/2,3/4)での相関度, 位相差を調べ, 振動モード形を推定する.



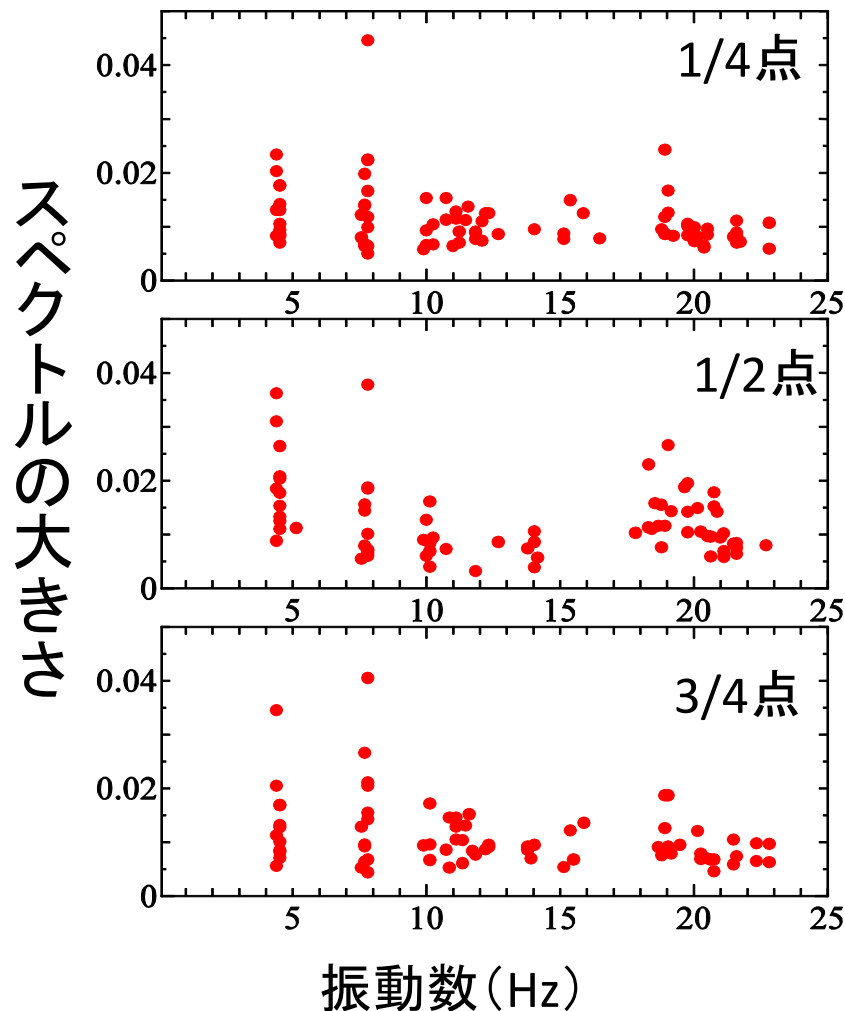
時系列波形



1/4点と3/4点の相関図

解析結果

FFT解析による卓越振動数とその大きさの関係

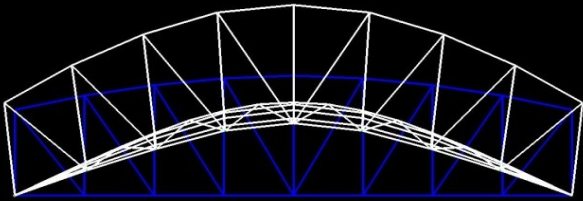


- 低次の振動数4.5Hz, 7.8Hz, 10Hz付近は, 安定してスペクトルの卓越が確認できたことから, 固有振動数であると推測できる.
- 10~15Hz, 18~23Hzは, 多くの近接した値の卓越振動数が存在するが, ばらつきが大きく固有振動数として具体的な値は特定できない.

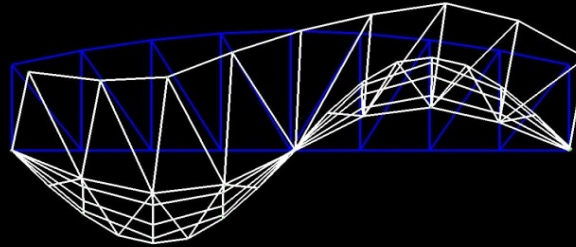
解析モデルによる固有値解析の結果

固有振動数と固有振動モード(水平振動以外)

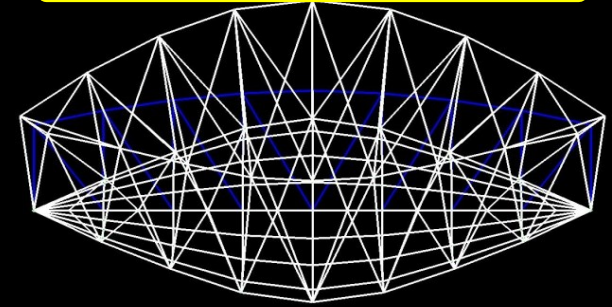
3次 鉛直対称1次
4.54Hz



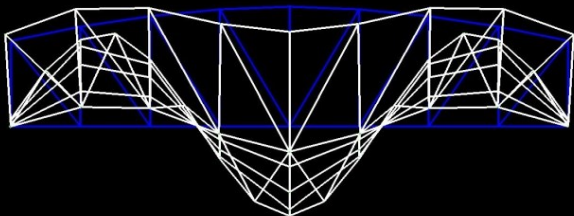
5次 鉛直逆対称1次
7.40Hz



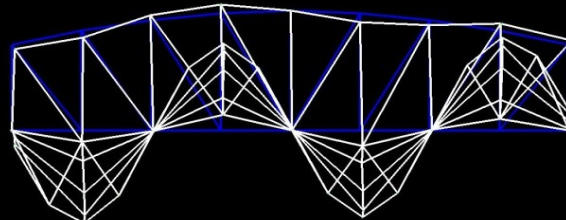
6次 ねじれ対称1次
7.75Hz



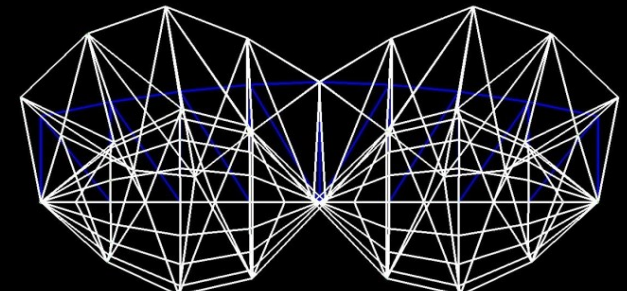
8次 鉛直対称2次
10.09Hz



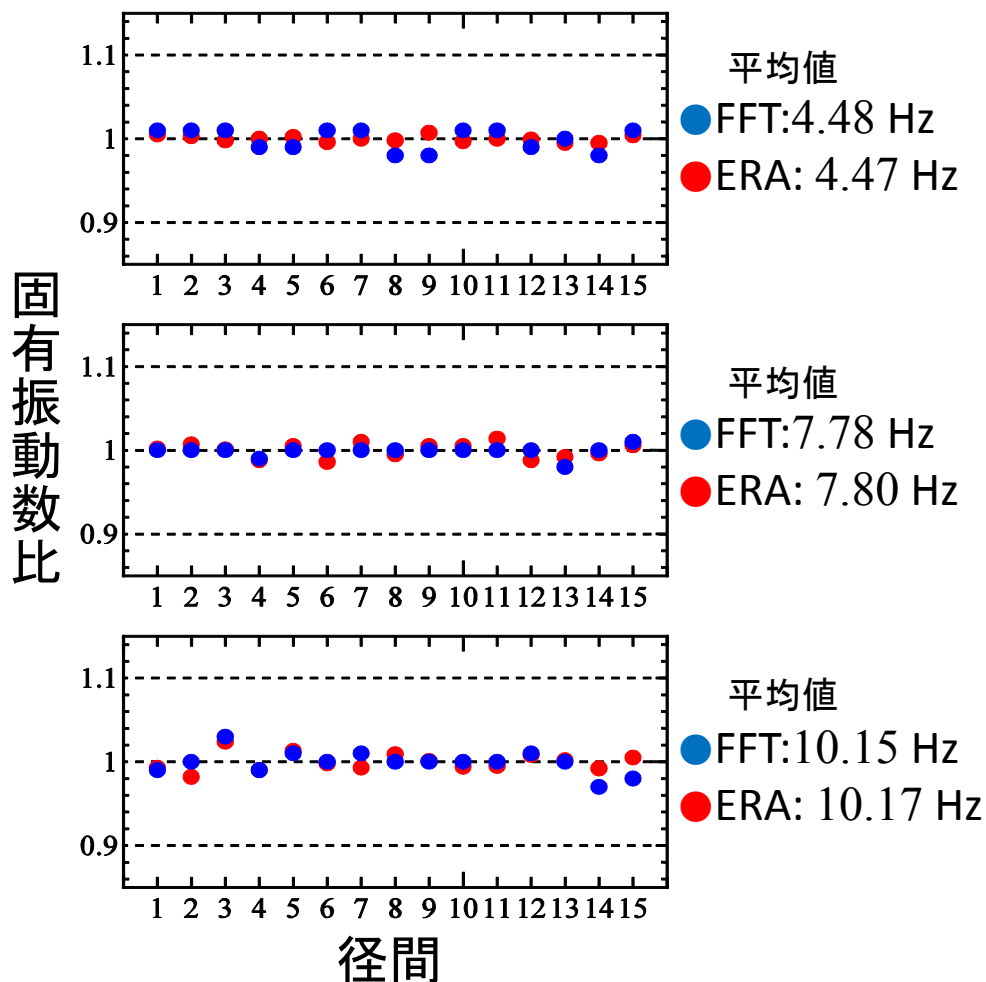
9次 鉛直逆対称2次
13.23Hz



10次 ねじれ逆対称1次
13.83Hz



径間ごとの固有振動数の相対比較



- 同定が可能であった低次の固有振動数は, 15径間全てで確認できた.
- 径間ごとの固有振動数の変動範囲は, 2%程度と, 計測データごとの変動範囲と同程度であった.
- 全15径間の固有振動数は概ね均質的であり, 振動特性に大きな違いは見られない.
- 径間3にも変状は見られない.

振動モニタリングによる健全度確認

- 鬼怒橋では、特に振動数が他と異なった径間はない。
- 振動特性の変化は鈍感で健全度確認は難しい。
- 局所振動や高次振動モードに着目した振動モニタリング
- 高精度解析手法の開発

鋼コンクリート複合構造における鋼とコンクリート接触面の腐食

- 鋼コンクリート複合構造は合理的な構造形式.
- 鋼とコンクリートの接触部が各所に存在する.



波形鋼板ウェブ橋

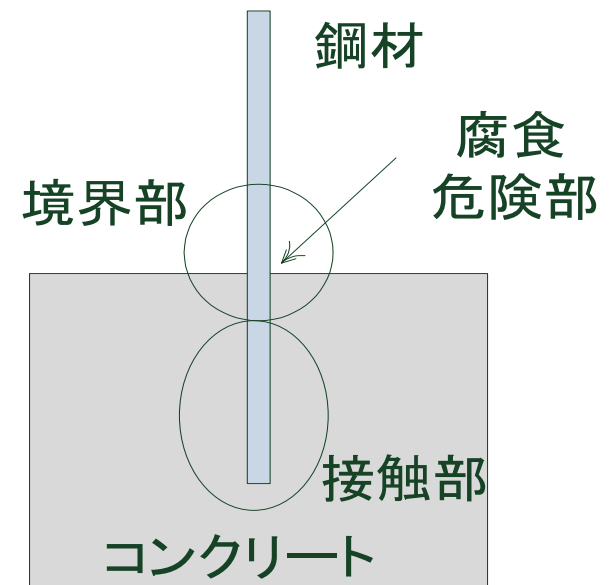


鋼コンクリート合成床版

鋼コンクリート複合構造における鋼とコンクリート接触面の腐食

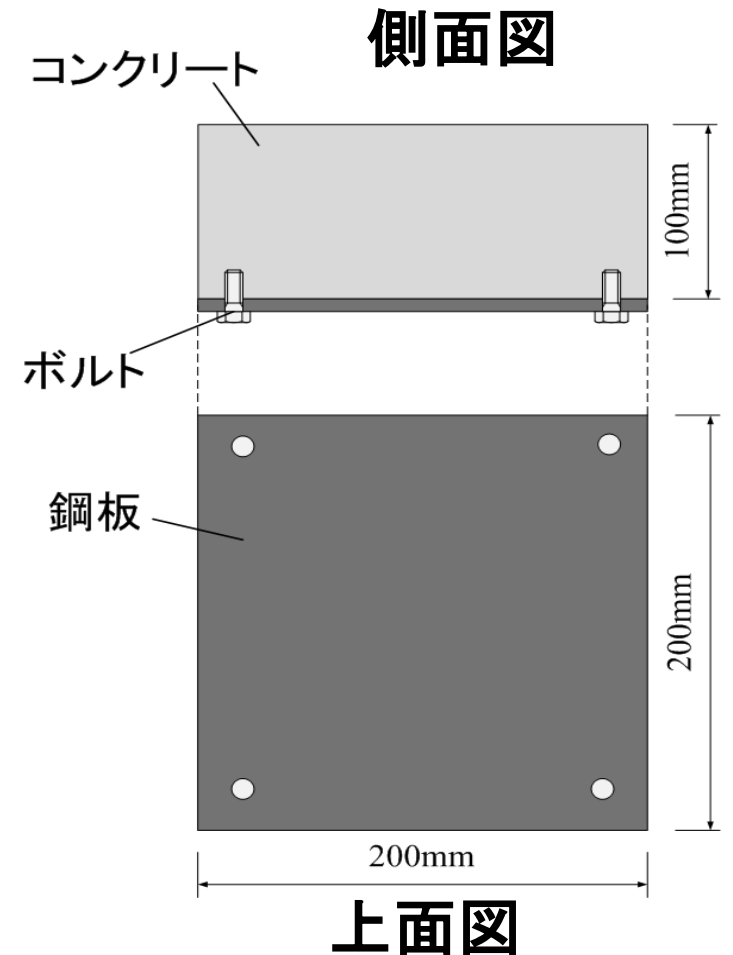
- コンクリートに接した鋼材は腐食しない？
- 接触部の付着状態が悪くないと、腐食因子の侵入により接触部の鋼材が腐食。
- 接触部は外側から見えないため目視観察が難しい。

鋼コンクリート接触部のイメージ



鋼コンクリート複合構造における鋼とコンクリート接触面の腐食

- 鋼コンクリート接触面の腐食の発生，進展の確認．
- 防錆塗装，シーリング材の効果．



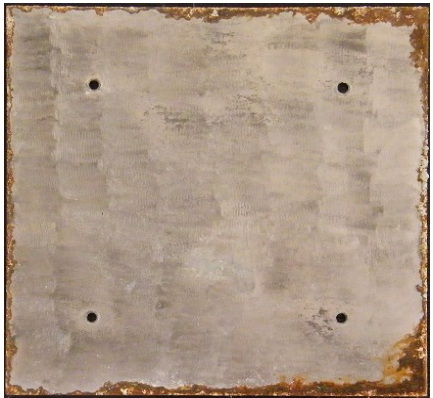
鋼板とコンクリート接触部の暴露試験

半年後

1年後

2年後

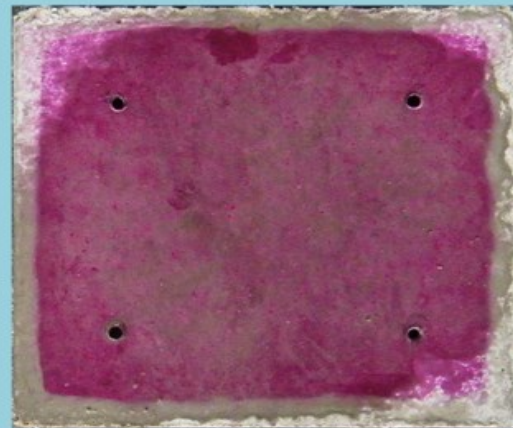
5年後



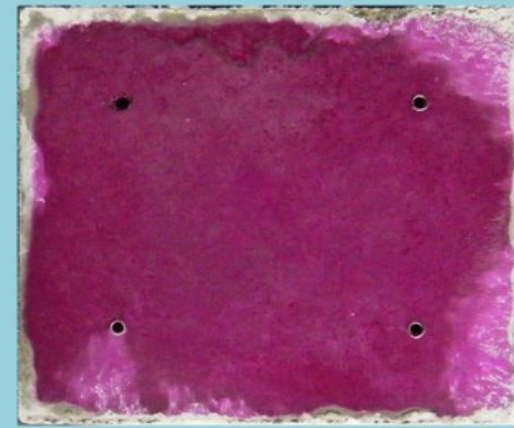
接触面鋼板の腐食状況

接触面の中性化と湿度の関係

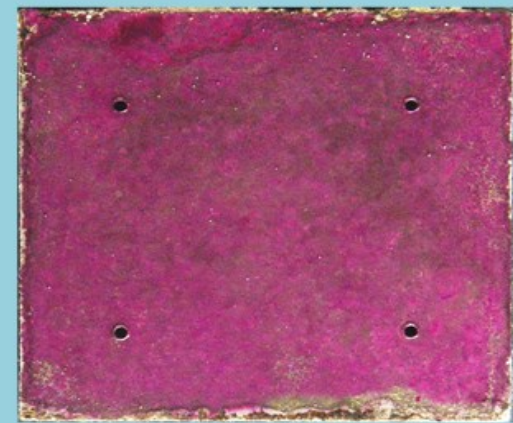
- 湿度40～80%で80日間の暴露試験
- 湿度が低い環境に置いた試験体ほど接触面コンクリートの中性化範囲が大きい。
- 接触面端部の腐食



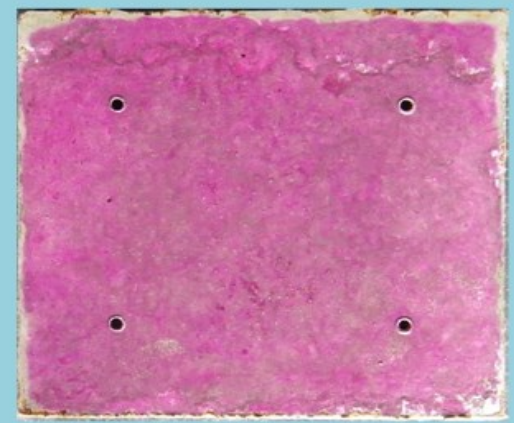
建物内の部屋(湿度40%)



恒温室(湿度60%)

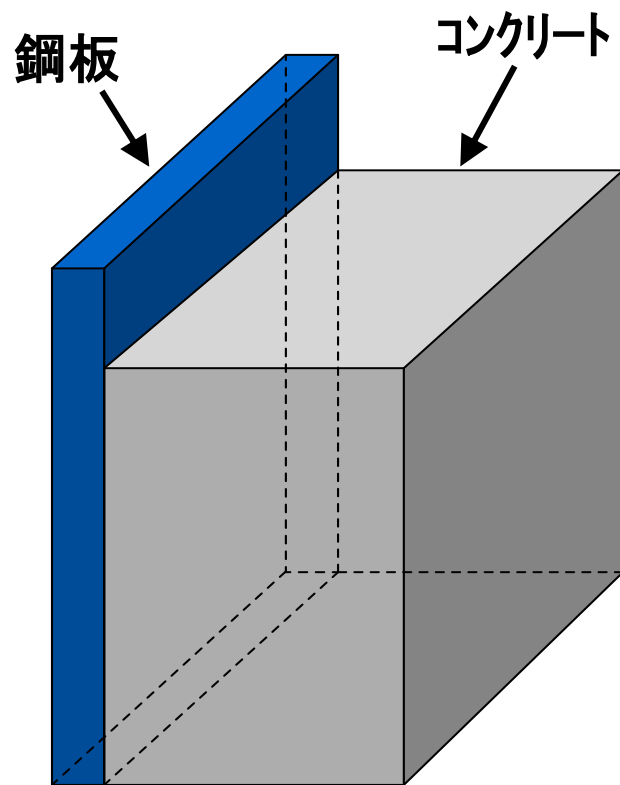


実験棟の地下室(湿度80%)

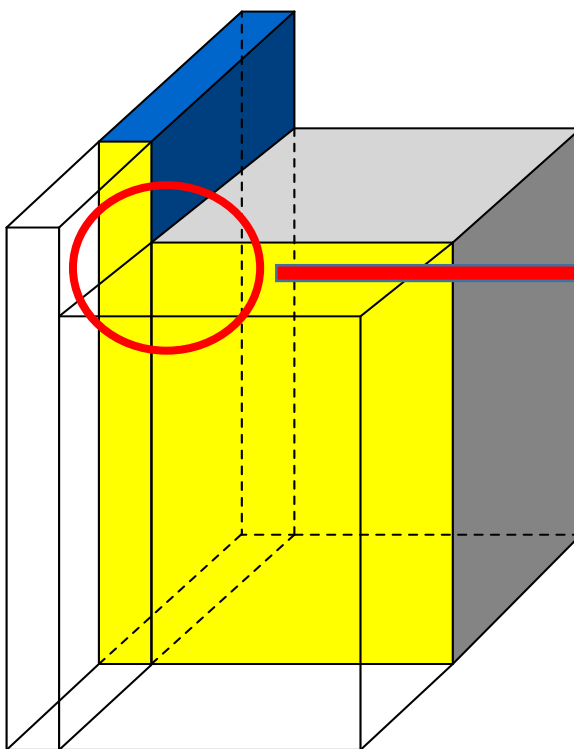


屋外暴露(湿度65%程度)

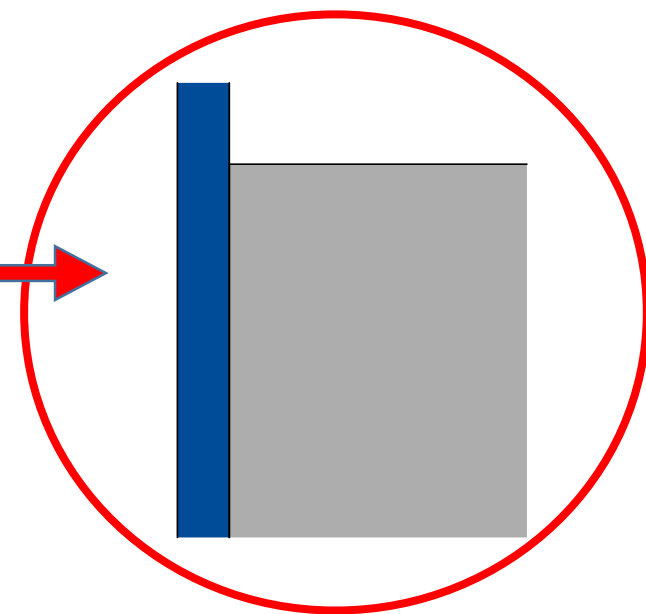
腐食の発生・進展過程



接触面のイメージ

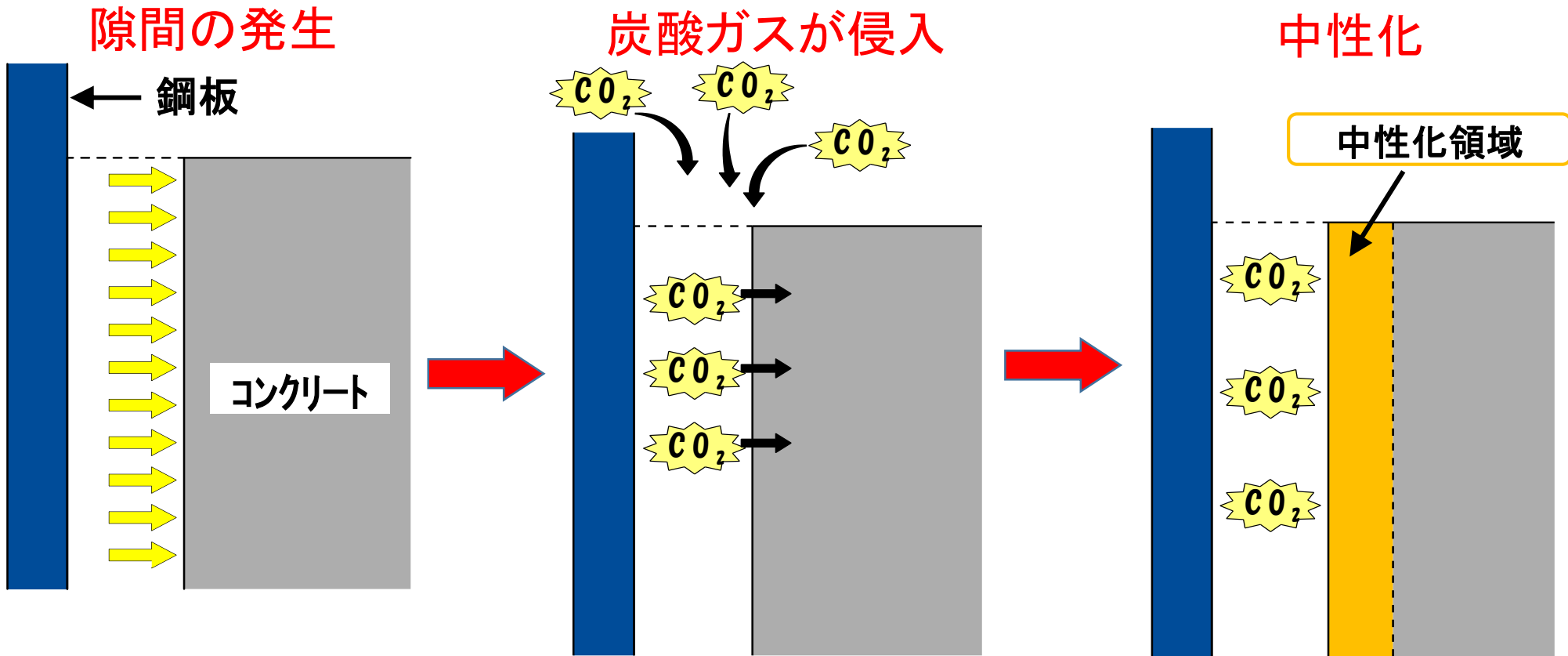


接触面の詳細



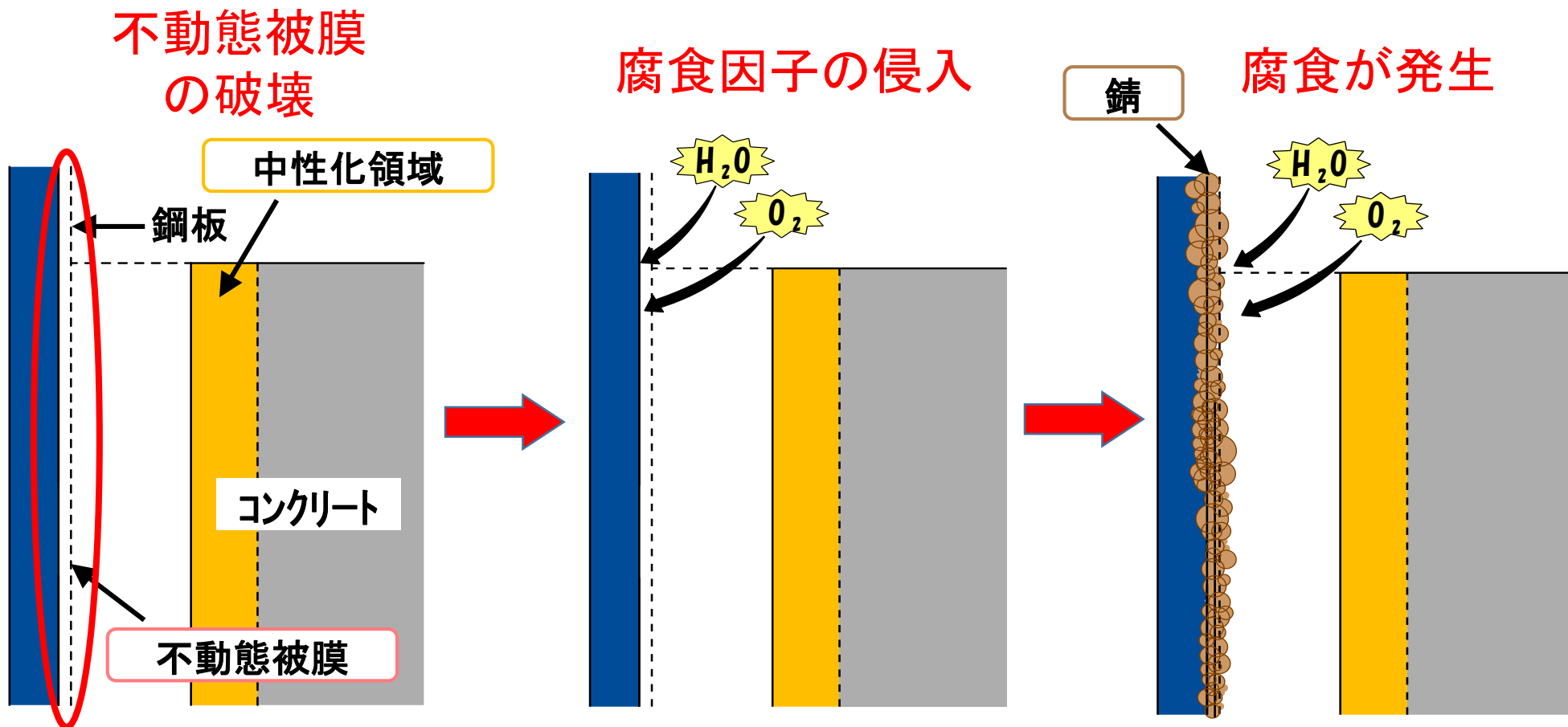
拡大図

腐食の発生・進展過程



コンクリートの劣化は、鋼板とコンクリートの接触面から炭酸ガスが隙間から侵入した炭酸ガスによって接触面のコンクリートが中性化。

腐食の発生・進展過程



侵入した腐食因子が鋼板に作用し、腐食が発生。



1次防錆塗装の無機ジンクリッチプライマー塗布時の
暴露試験結果(2年経過)



暴露状況

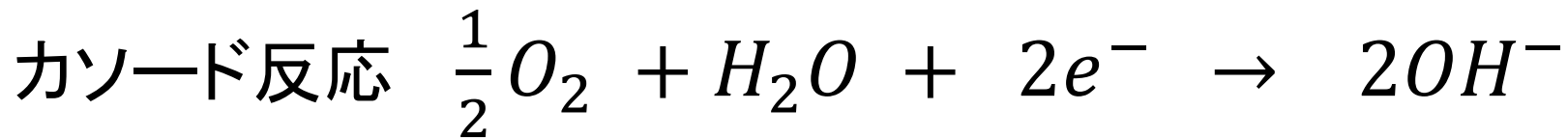
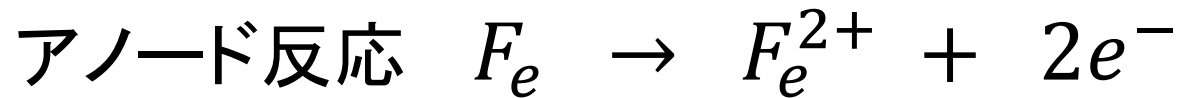


接触面の状況(1年経過)

シーリング材設置時の暴露試験結果

腐食のメカニズム

- 鋼材の腐食は、酸化反応(アノード反応)と還元反応(カソード反応)によって起きる.



鉄のイオン化や腐食因子
の侵入の防止



シーリング材
の設置

北関東自動車道鬼怒川橋

鋼とコンクリート接触面の腐食問題への対応

- 接触面の防錆塗装
- 接触面境界部へのシーリング材の設置
- 接触面の腐食状況の確認
- 接触面の腐食対策

今後の課題

- 研究開発と情報の共有
- 維持管理に取り組む人材