



スマートデバイスを用いた橋梁の 健全性評価に関する研究

～目次～

1. 研究目的
2. 実施方法
3. 中間報告までの進捗
4. 中間報告以降の進捗
5. 今後の予定

呉工業高等専門学校 建築学分野

助教 三枝 玄希



1. 研究目的

現在の**日本の橋梁**における問題点



架設後の維持管理が困難である

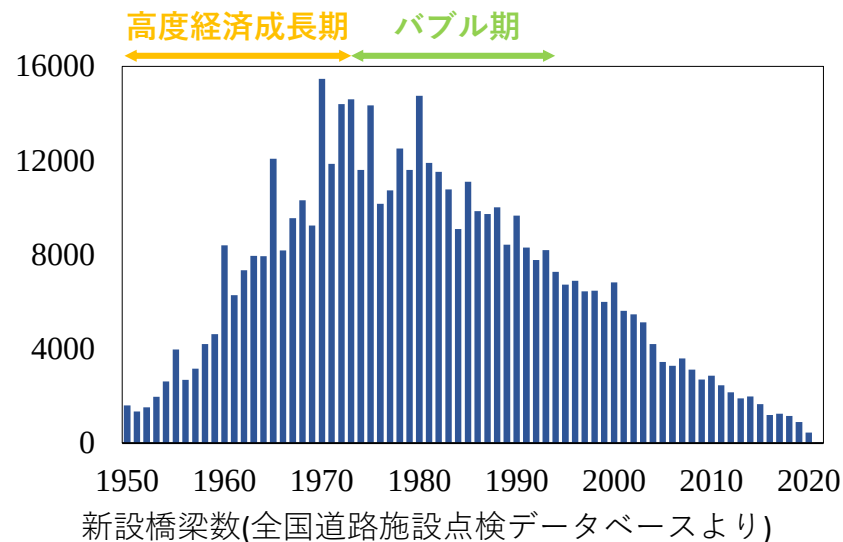
～根本的な原因～

- 橋梁の建設時期が**高度経済成長期**&**バブル期**に集中した
- 50～60年前では維持管理方法までは考えられていなかった
- 現在の「5年に1度の目視点検」では管理の限界がある
- インフラの使用停止や新設が現実的でない



～管理面での問題～

- 点検には専門の技術者が必要である
- 全国の橋梁の7割以上が市町村管轄である
- 橋梁の劣化速度と5年に1度の点検間隔の問題





1. 研究目的

現在の**日本の橋梁**における問題点



架設後の維持管理が困難である

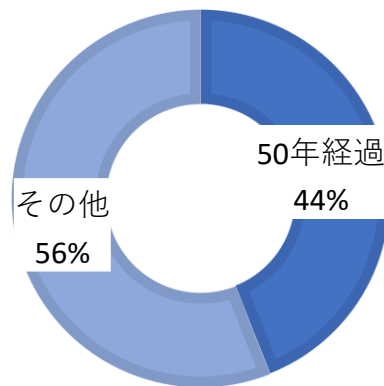
～根本的な原因～

- 橋梁の建設時期が**高度経済成長期**&**バブル期**に集中した
- 50～60年前では維持管理方法までは考えられていなかった
- 現在の「5年に1度の目視点検」では管理の限界がある
- インフラの使用停止や新設が現実的でない

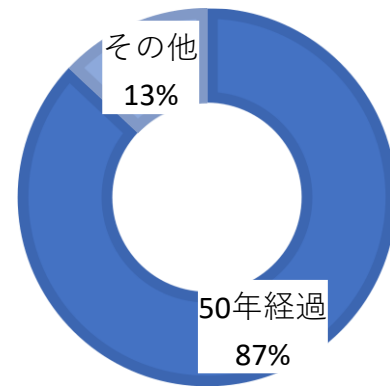


～管理面での問題～

- 点検には専門の技術者が必要である
- 全国の橋梁の7割以上が市町村管轄である
- 橋梁の劣化速度と5年に1度の点検間隔の問題



2020年度



2040年度

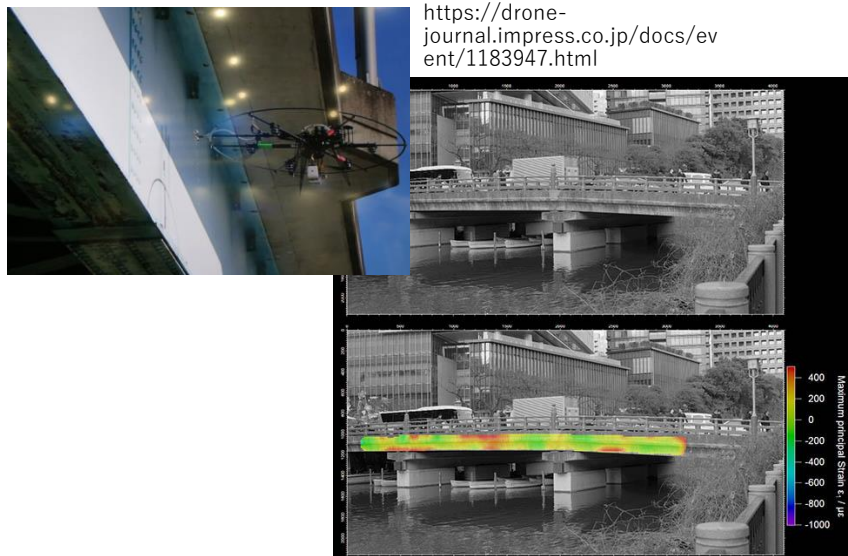
呉市管理橋梁990橋の経年割合
(呉市橋りょう長寿命化修繕計画より)



1. 研究目的

～近年のモニタリング技術～

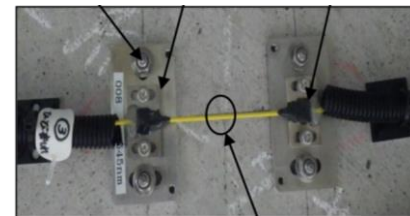
①ドローンや高解像度カメラを用いた画像診断



<https://drone-journal.impress.co.jp/docs/event/1183947.html>

https://www.seika-di.com/measurement/qanda/qanda_material/Measurementresult.html

②FBG型光ファイバセンサを用いた歪モニタリング



<https://www.smcon.co.jp/topics/2018/05141300/>

③超音波や熱を用いた非破壊検査



<http://www.sxr.co.jp/teq/teq10/>



1. 研究目的

～近年のモニタリング技術～

①ドローンや高解像度カメラを用いた画像診断

②FBG型光ファイバセンサを用いた歪モニタリング

～市町村管轄の小中規模橋梁でこれらの技術が普及しない原因～

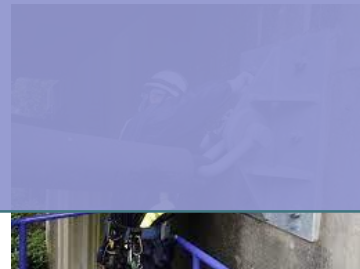
- 新規メソッドにも **専門の技術者が必要** である
- 導入時の **イニシャルコストが大きい**
- 橋梁の数に対して、物品の数が少ない
- データで得られるようになったが、その **分析が煩雑**

**スマートデバイスと3Dプリンターを用いた
橋梁モニタリング**

～本研究での提案～

- 専門の技術者による **オペレートが必要ない計測方法**
- 導入時の **イニシャルコストが小さい**
- 橋梁の数に対して、物品の数が同程度にある
- 分析はメインのサーバーで実施し、 **フィードバックのみを受け取る形**

https://www.seika-di.com/measurement/qanda/qanda_material/Measurementresult.html



<http://www.sxr.co.jp/teq/teq10/>



1. 研究目的

～スマートデバイス（スマートフォン）の特徴～

- 国民が1人1台所有する汎用デバイス
- UIの設計が親切
- ジャイロセンサー，GPS機能を内蔵
- 4Gや5Gの普及による大容量データ通信
- モデルの入れ替りが激しく，前年のモデルが格安

～3Dプリンターの特徴～

- 本体が5～10万円，材料が2000～4000円/kgと安価
- モデリングデータがあれば世界中のどこでも制作可能
- スマートフォンの形状変化に柔軟に対応可能
- 軽量なため，計測時に構造物への影響が少ない



**地域住民が安心して暮らせるようにスマートフォンと3Dプリンターを用いて
健全性評価と橋梁の情報が確認できるシステムの構築を目的とする**



2. 実施方法

～本研究の実施方法～

- 既存構造物に傷等をつけないような固定方法
- 様々な形状の欄干や柱脚に設置可能
- スマートフォンとのクリアランスの抑制

- 高速フーリエ変換を用いた周波数分析
- 逆高速フーリエ変換を用いた振動モードの推定

デバイス設置のための
治具の設計

橋梁での加速度計測

振動性状の分析

- iOSは約100Hz, androidは約200Hzで計測
- 計測はX・Y・Zの3次元方向
- 計測時間は分析用に6分～7分

2022年度は音戸町のGFRP橋の振動性状分析, および吉浦町の鋼桁橋の保全工事による振動性状の変化について研究を実施する



3. 中間報告までの進捗状況

デバイス設置のための
治具の設計

橋梁での加速度計測

振動性状の分析

～デバイス設置のための治具の設計～

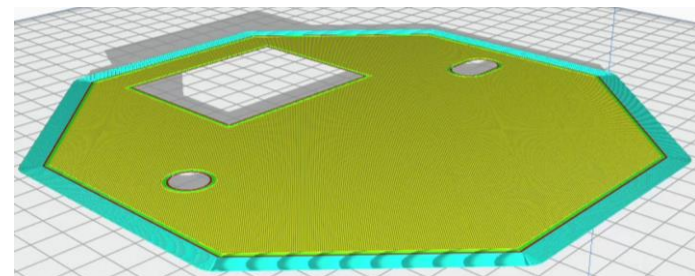
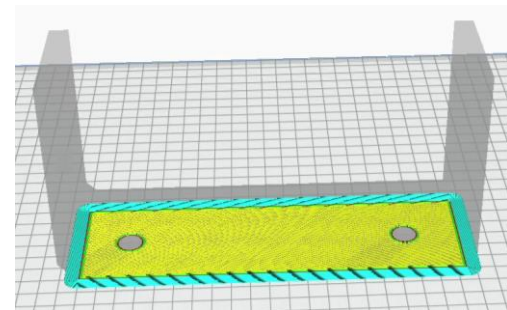
- 既存構造物に傷等をつけないような固定方法
- 様々な形状の欄干や柱脚に設置可能
- スマートフォンとのクリアランスの抑制

保護用のゴムパッドを接着

現行は鋼材だが、最終的には
プラスチックで作成予定

ネジ式によってクランプ
長を調整可能

スライド式の蓋で固定





3. 中間報告までの進捗状況

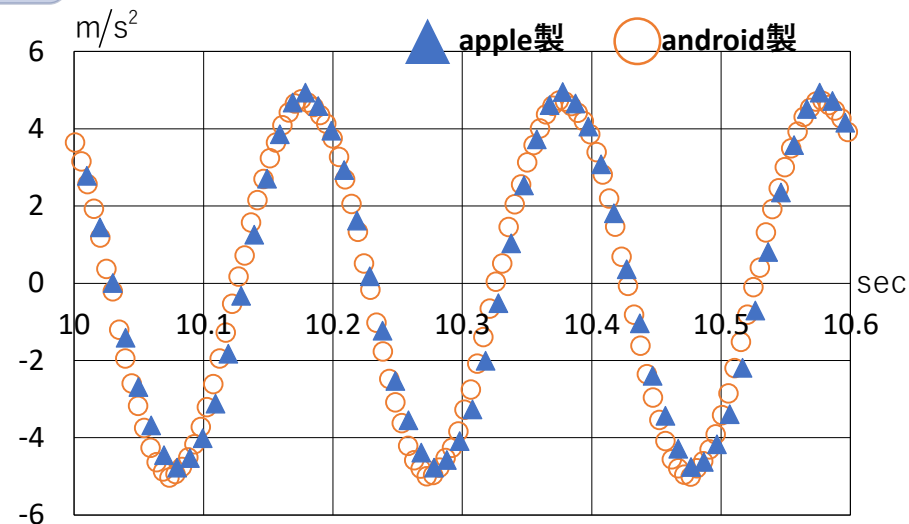
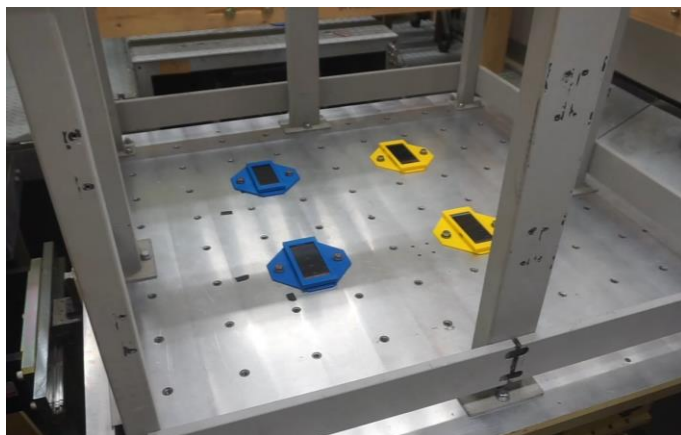
デバイス設置のための
治具の設計

橋梁での加速度計測

振動性状の分析

～OS別の計測結果の比較～

国内のシェア率を考えると、apple製のスマートフォンを用いるべきだが、iOSはandroidの1/2である100Hz計測となっている。そこで、OS別に同じ入力波を用いて計測し、apple製のスマートフォンでも運用可能かどうかを確認する。



3次元振動台による5Hz振動試験@米子高専

サンプリング数通り，取得データ数に差はあるがどちらも計測が可能であることを確認した。



3. 中間報告までの進捗状況

デバイス設置のための
治具の設計

橋梁での加速度計測

振動性状の分析

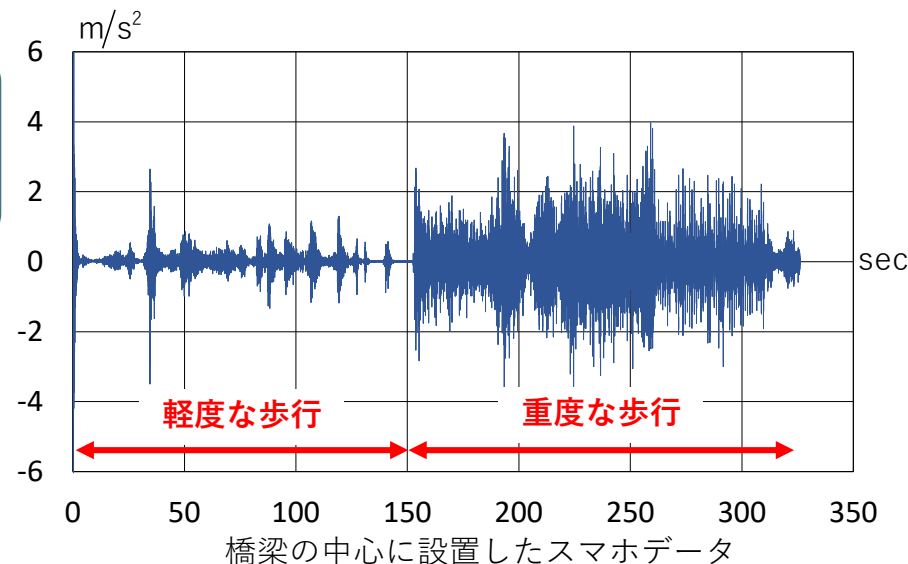
～音戸町の計測結果（11月）～

【橋梁の情報】

- ✓ 橋長10.7m, 幅員2.1mのGFRP製人道橋
- ✓ 2015年12月から約7年使用
- ✓ GFRPはSTRONGWELL社の引抜成形材で塗装はなし



紫外線や潮風の影響で内部の繊維が露出している





3. 中間報告までの進捗状況

デバイス設置のための
治具の設計

橋梁での加速度計測

振動性状の分析

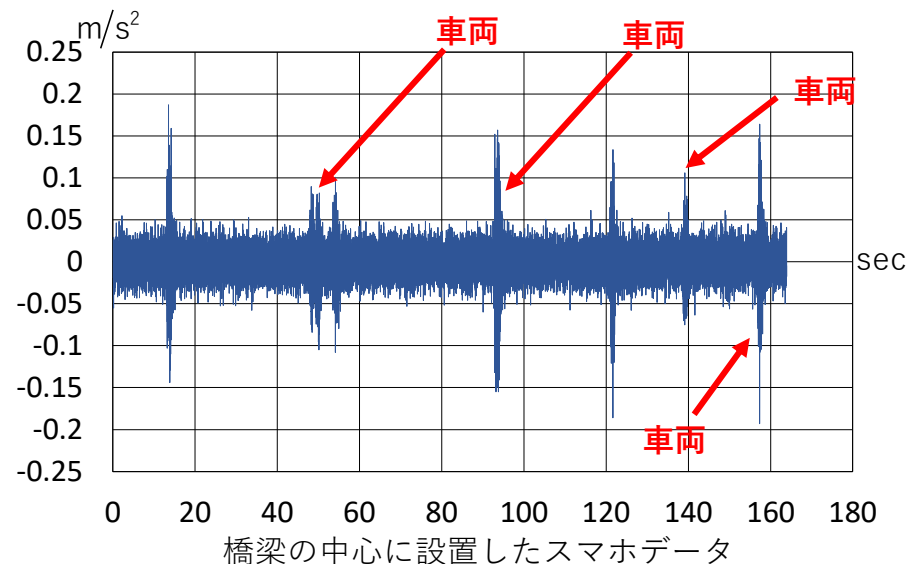
～吉浦町の計測結果（9月）～

【橋梁の情報】

- ✓ 橋長10.06m, 幅員9.6mの鋼桁橋
- ✓ 健全度は早期措置段階で2022年度末に補修工事が完了予定



欄干のサビ, エクスパンションジョイント
部のコンクリートの割れ





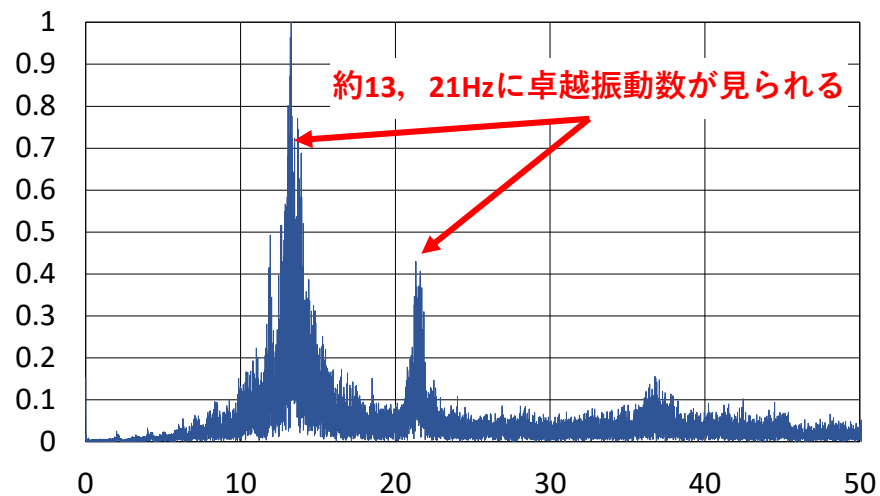
3. 中間報告までの進捗状況

デバイス設置のための
治具の設計

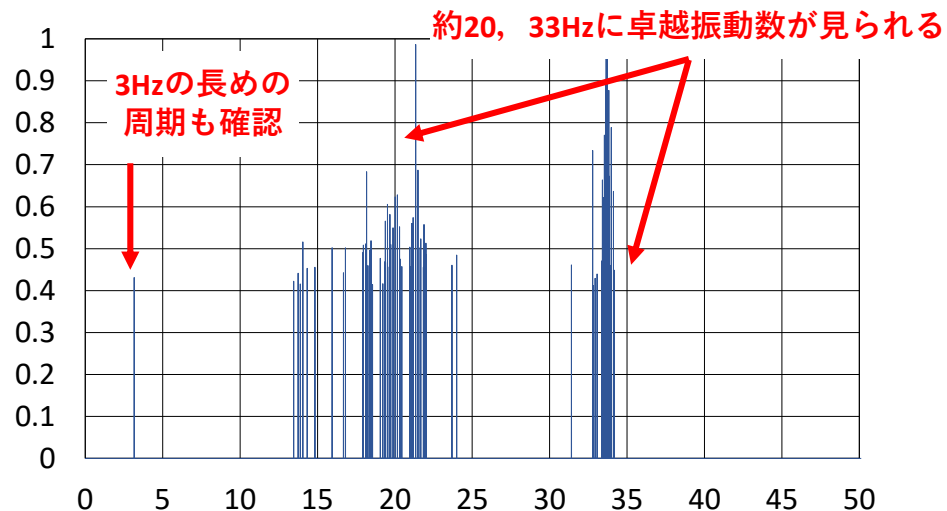
橋梁での加速度計測

振動性状の分析

～音戸のFFT結果～



～吉浦のFFT結果（ノイズ除去済み）～



- ◆ 今回で3回目の計測だが、特に大きな変化は見られず
- ◆ GFRPの場合は高力ボルトの緩みが懸念される

- ◆ 20Hz付近に卓越振動が複数存在しているのは橋梁に付帯構造物があるのが原因かもしくは経年劣化が原因か



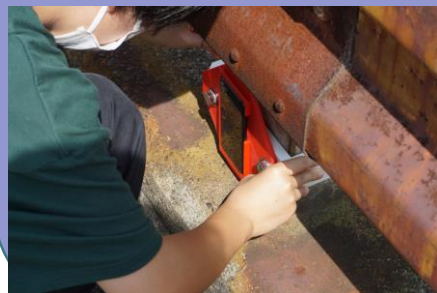
4. 中間報告以降の進捗状況(本川橋の工事後の振動性状)

～外観の変化～

【2022年9月時点（工事前）】



路面がコンクリート床板



欄干にサビが発生

【2023年2月時点（工事後）】



路面がアスファルト



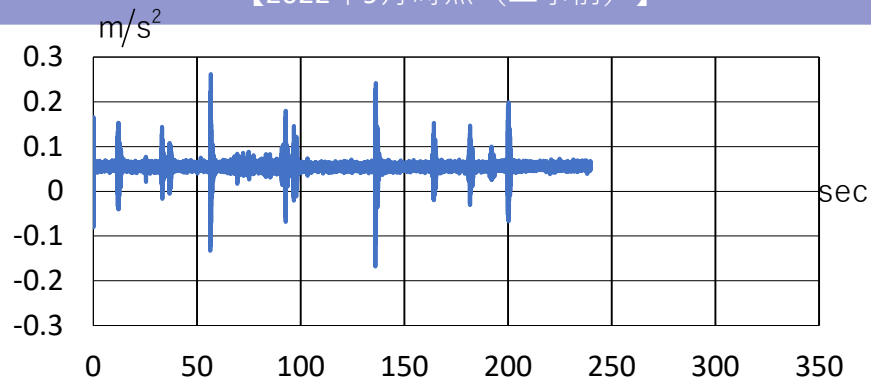
サビの除去後に防錆塗装
もしくは
欄干の交換



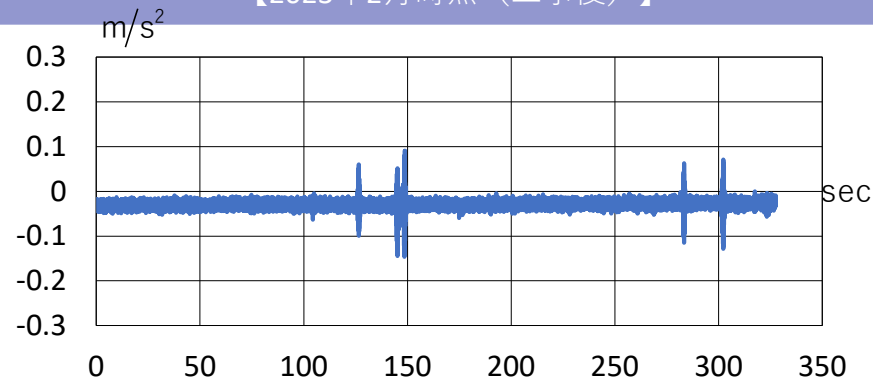
4. 中間報告以降の進捗状況（本川橋の工事後の振動性状）

～振動性状の変化（橋梁中央部の上下振動における時刻歴加速度）～

【2022年9月時点（工事前）】



【2023年2月時点（工事後）】



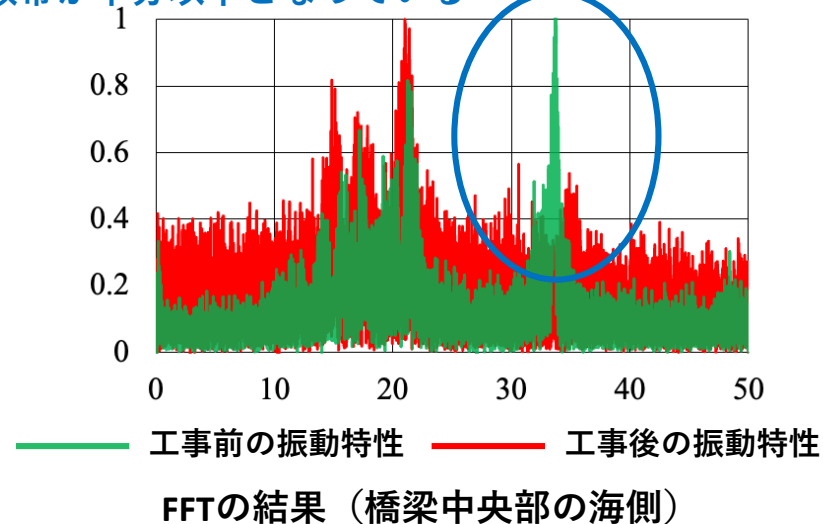
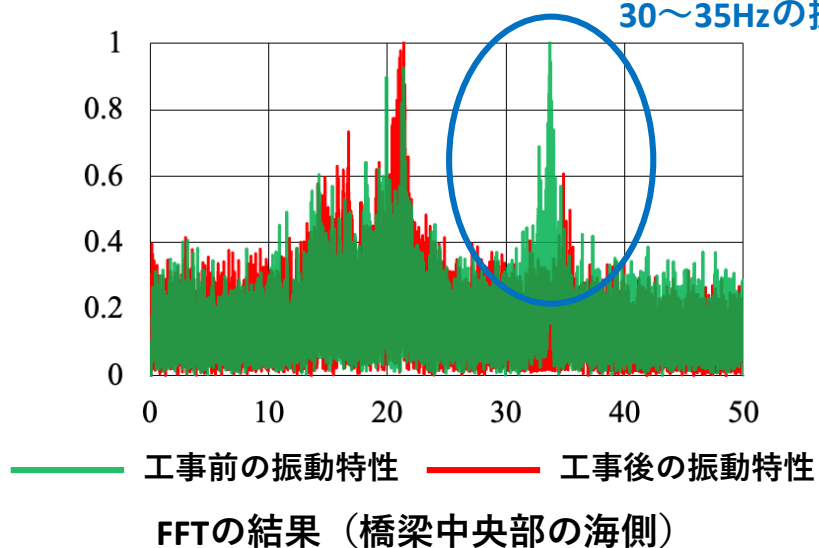
通行する車種やスピードは異なるが、全体を通して加速度が低くなっており
欄干の振動が抑制されている



4. 中間報告以降の進捗状況(本川橋の工事後の振動性状)

～振動性状の変化(橋梁中央部の上下振動における振動特性)～

30～35Hzの振動数帯が半分以下となっている



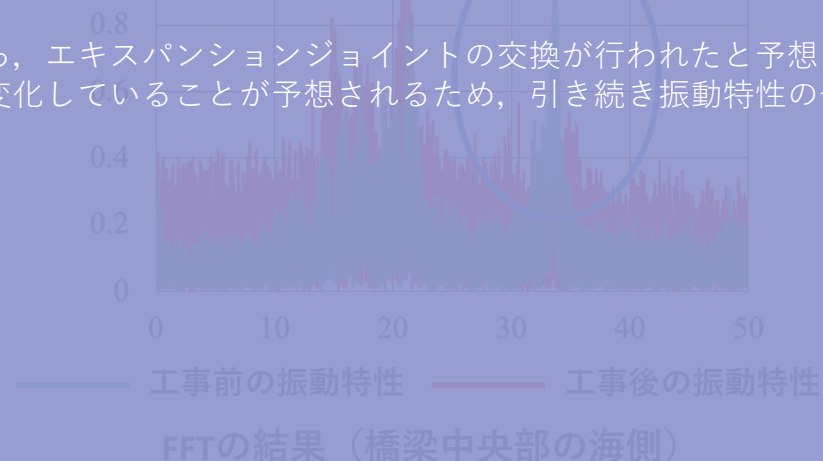
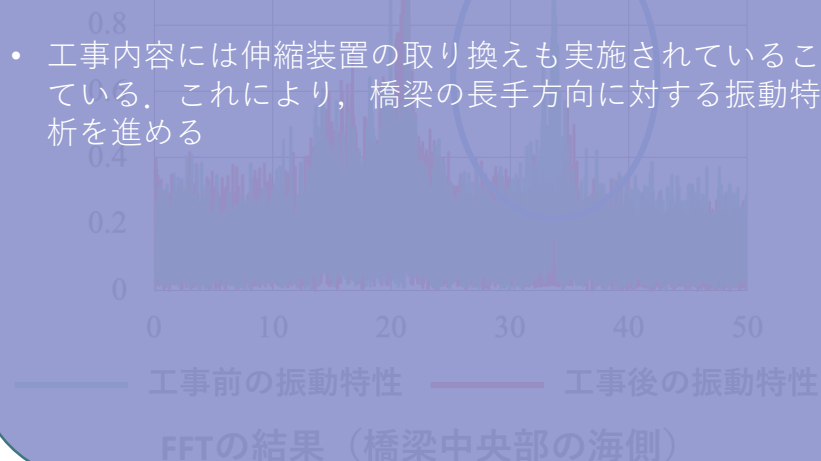


4. 中間報告以降の進捗状況(本川橋の工事後の振動性状)

～振動性状の変化(橋梁中央部の上下振動における振動特性)～

～本川橋における保全工事による振動性状の変化～

- 30Hz～35Hz帯での振動数の低減が見られた
⇒30Hz～35Hzは表面にも露出していたコンクリート床板による振動影響であったが、表面にアスファルトが敷かれたことにより、床板の重量が増加し振動数が低減されたと考えられる
- 工事内容には伸縮装置の取り換えも実施されていることから、エキスパンションジョイントの交換が行われたと予想している。これにより、橋梁の長手方向に対する振動特性が変化していることが予想されるため、引き続き振動特性の分析を進める





4. 今後の予定

～2022年度の予定～

- 吉浦の橋梁については2月の保全工事後に再計測を行い、FFTの結果が変化したかどうかを確認する
- 様々な橋梁への応用できるよう、高力ボルトの緩みによる振動性状の解明を米子高専の3次元振動台を用いて実験を行う
- 音戸の橋梁は引き続き計測を実施し、季節の温度変化に伴う固有振動数の変化を観察する

～2023年度の予定～

- 吉浦の橋梁とは別の橋梁の経時変化を観察できると汎用性の検証に繋がる（対象地区である坂町や大崎上島も了承して頂ければ各地区で1つの橋梁観察を希望）
- 計測データを送信し、フィードバックできるようなサーバーの立ち上げに着手