

加速度計搭載タブレット端末を用いた めもと橋の振動特性評価

環境構造工学分野 岩崎圭音

はじめに

近代木橋の多くは1990年～2000年に架けられた

かじか橋



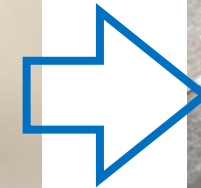
杉の木橋



木橋の耐用年数は
30～50年
多くの木橋は
劣化し始めている！

技術者の人手不足

測定機器の値段が高い



より簡単&手軽なものに
変えていく！

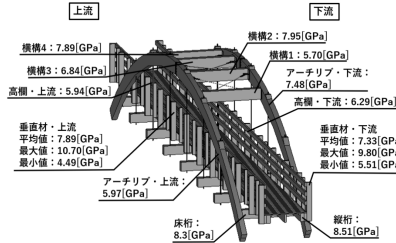
→手軽に購入できる
タブレット端末を用いる
→床版だけで技術者でなくても
簡単にできる振動試験が
第1調査として適正

7in タブレット
1万円程度で
購入可能

振動試験

■対象橋梁

- ・めもと橋



■試験は5/17と7/12の2回

■使用機材とアプリケーション

- ・加速度センサ付きタブレット(FFF TAB-7):10台
- ・PhyPhox (物理測定アプリ)

■設置方法



縦桁の真上にタブレットを設置

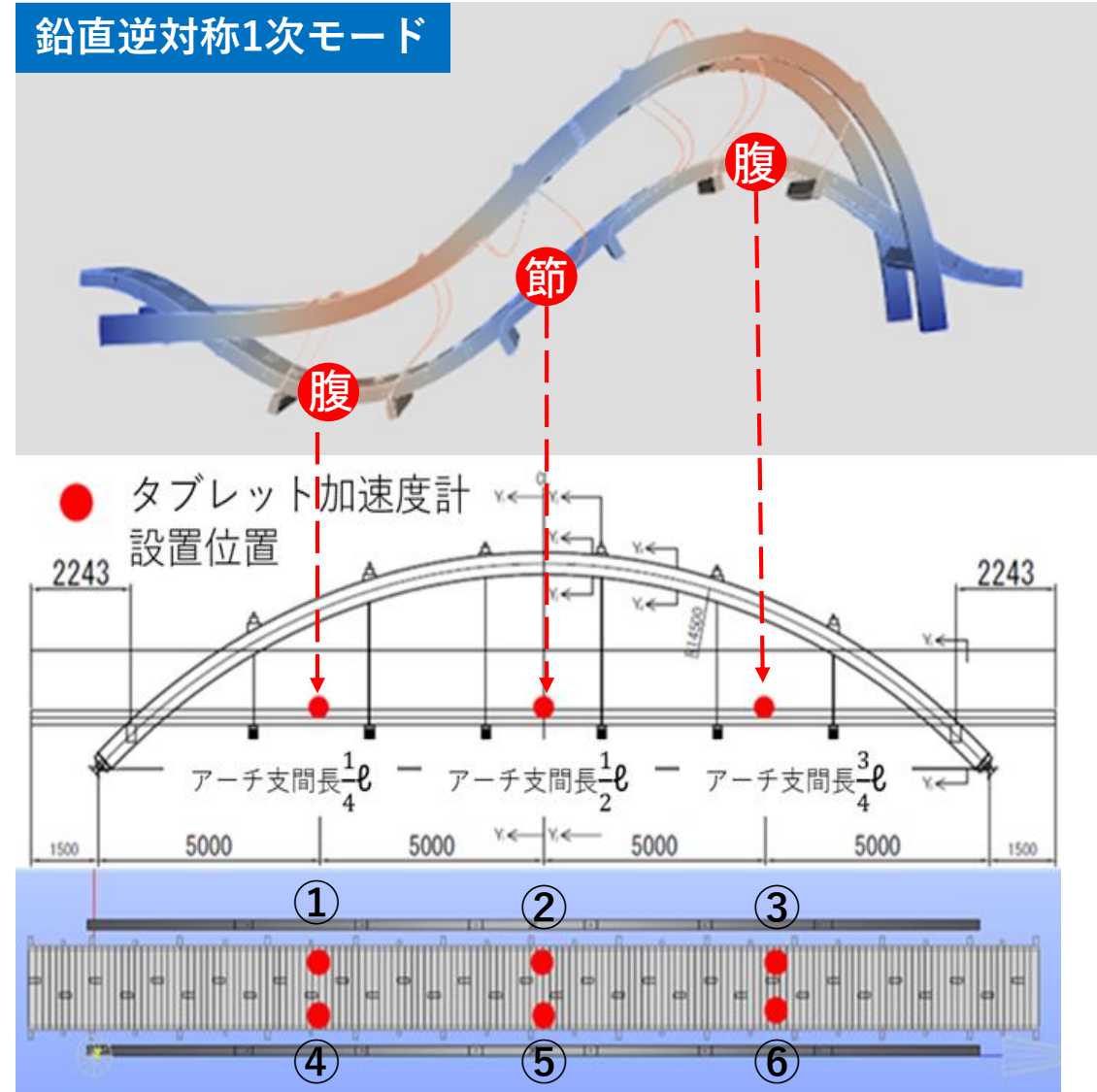


強力粘着テープで固定

■測定概要

- ・計測時間: 30s
- ・サンプリング周期: 100Hz

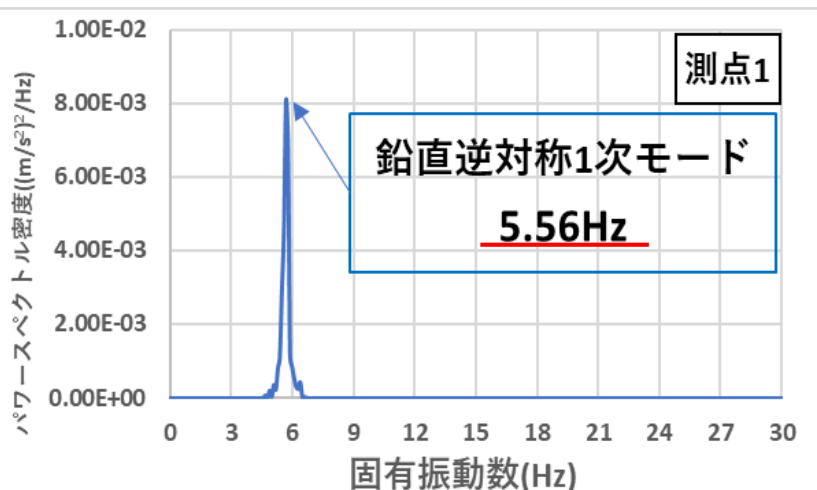
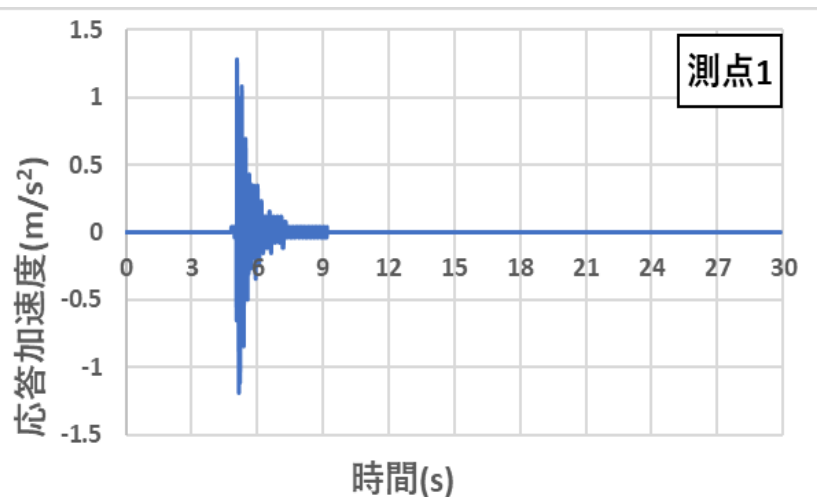
鉛直逆対称1次モード



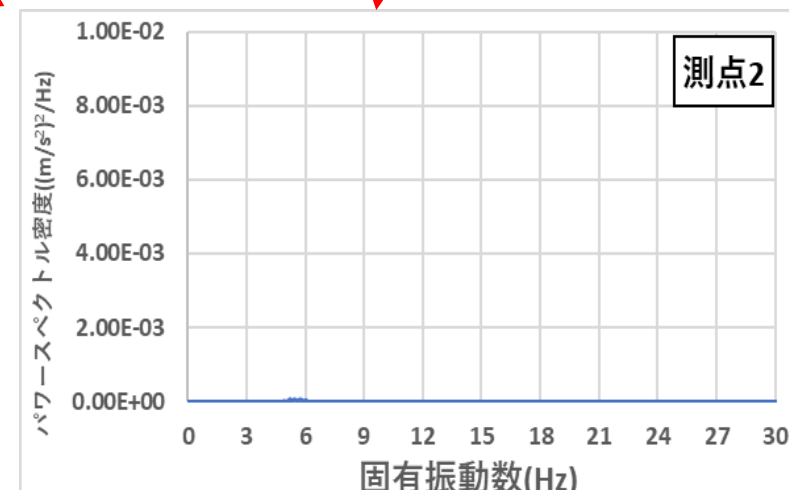
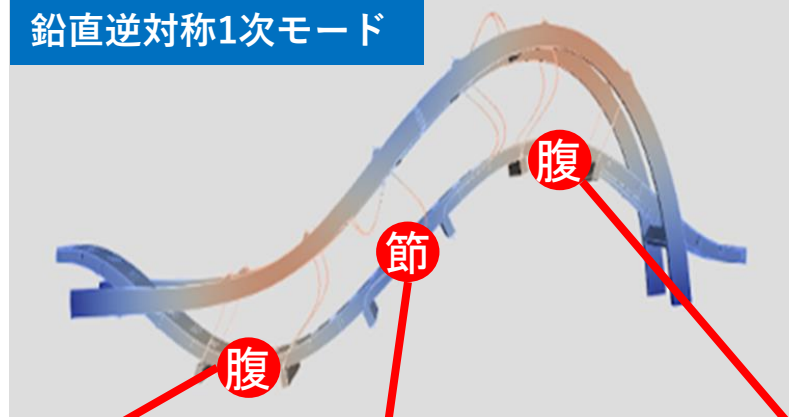
測定結果（砂袋落下衝撃試験）

実測値

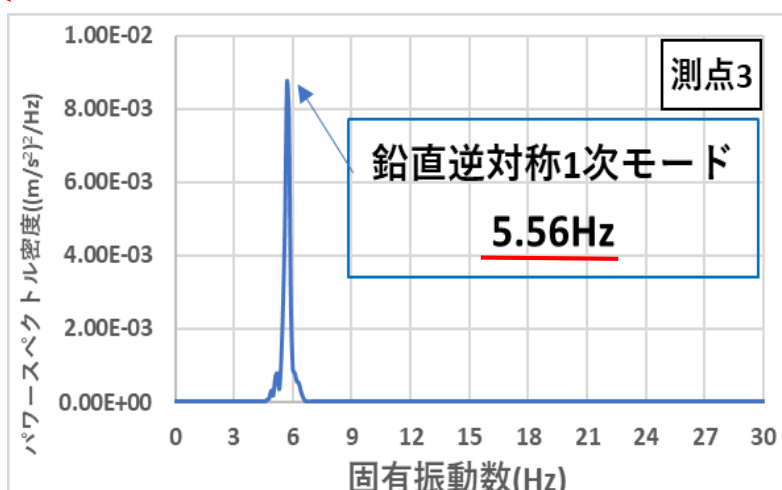
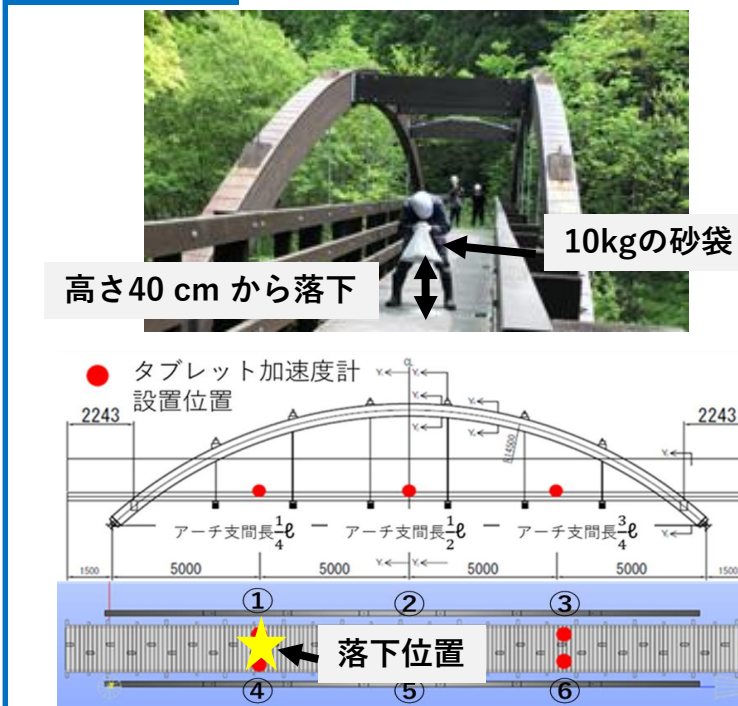
5月



7月の測定値：5.86Hz

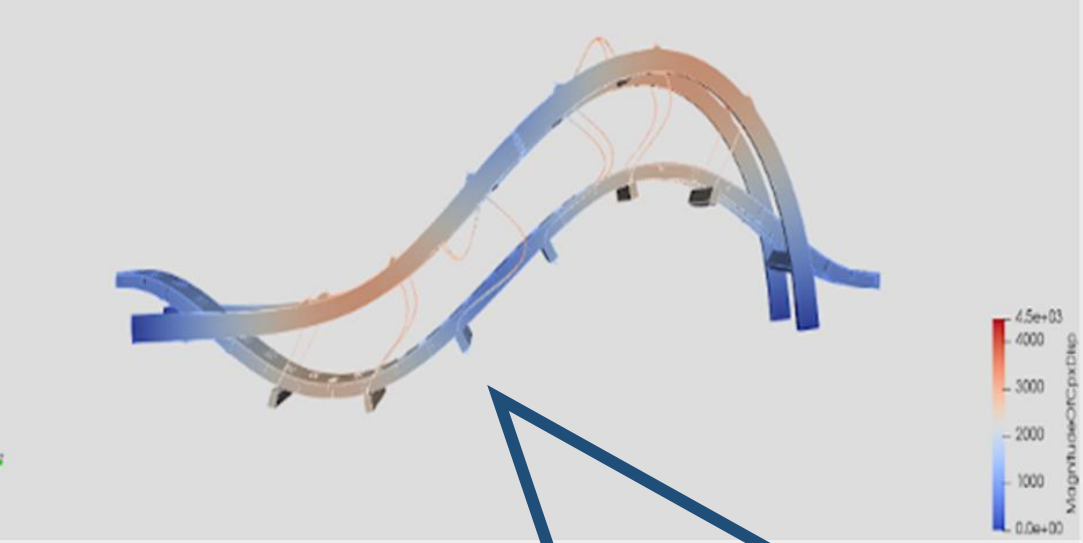


試験内容

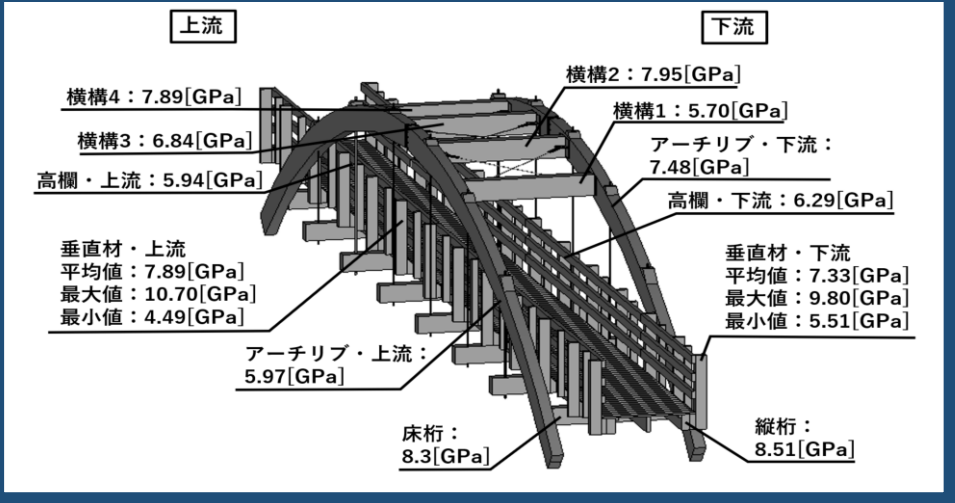


解析結果（鉛直逆対称1次モード）

モード図



昨年度測定したためおと橋のヤング率

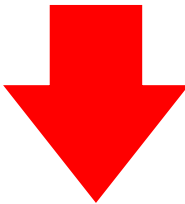


測定値と解析値の比較

	測定値 (Hz)	解析値 (Hz)		相対誤差 (%)	
含水率	-	15%	50%	15%	50%
5月	5.56	6.26	5.56	-11.2	±0
7月	5.88			-6.4	5.4

屋外の最低値

あり得る高めの含水率

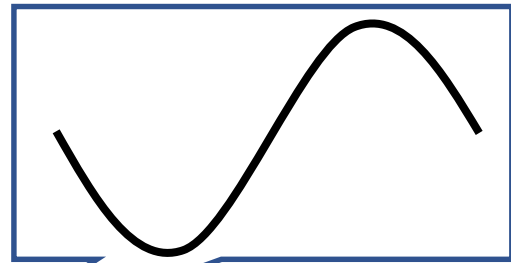


測定値と解析値の相対誤差は10%前後！

→タブレット端末の加速度計の**有用性**◎

振動特性評価

		固有振動数(Hz)	減衰定数	
			ハーフパワー法	自由減衰波形法
鉛直逆対称1次	5月	5.56	0.018	0.019
	7月	5.86	0.018	0.022
鉛直対称1次	5月	8.89	0.043	0.036
	7月	8.89	0.031	0.039



鉛直曲げの基本的な固有振動モードは
最も低次の

鉛直逆対称1次モード

であると確認

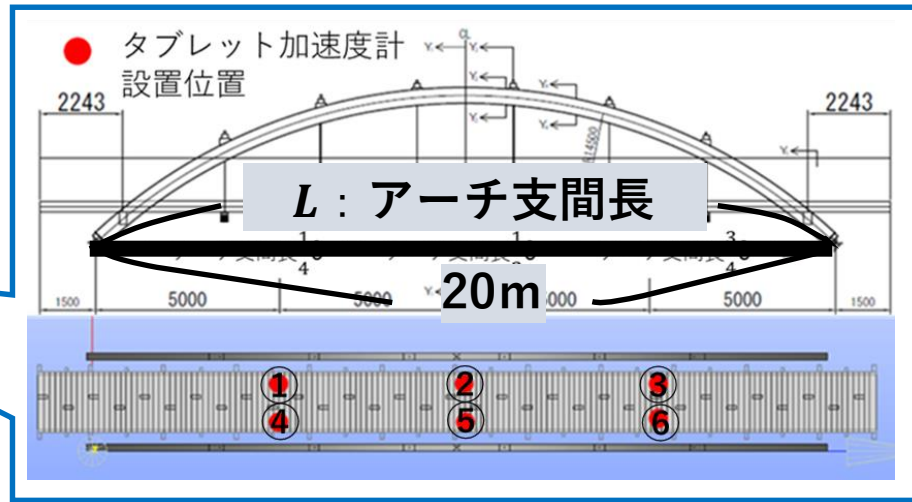
・固有振動数の概算式（日本鋼構造協会：構造物の耐風工学）

$$f = \frac{100}{L} = \frac{100}{20} = 5(\text{Hz})$$

→めおと橋の固有振動数

1回目：5.56Hz

2回目：5.86Hz



めおと橋は
鋼橋と同程度の剛性を有している！

測定結果（歩行試験）

試験概要



- ・ 1人の試験を1回、
5人の試験を2回
- ・ 歩調は1.7Hz～2.3Hz
- ・ 同様にテンポは
メトロノームで揃える
- ・ 歩幅は70cm
(養生テープで印をつける)

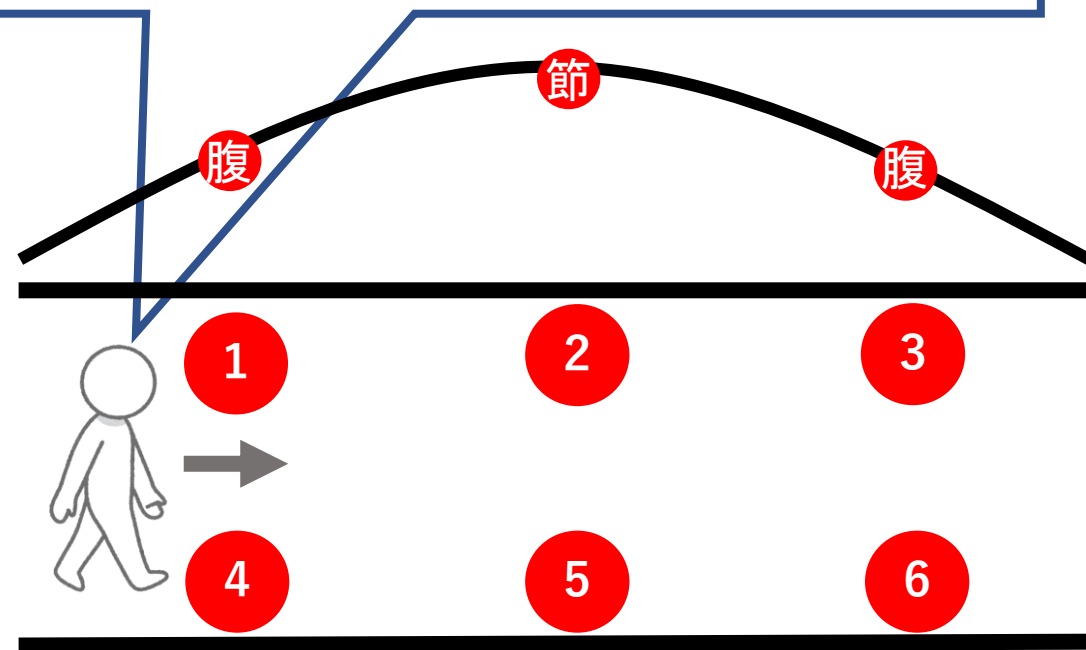
速度の実効値で検討！

加速度→速度 変換

$$S = \left\{ \sum_{i=1}^M (\sigma_{ai} / 2\pi f_i)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

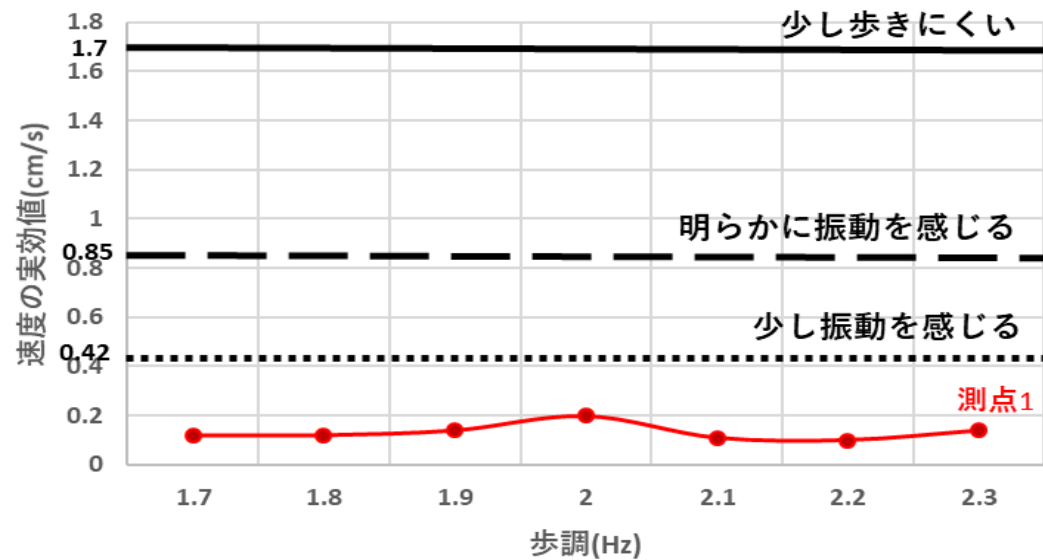
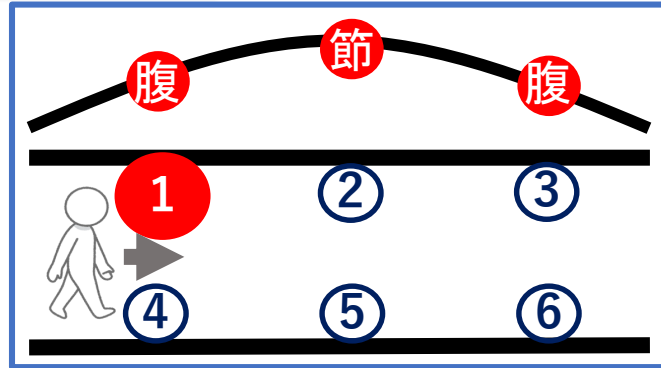
S:速度の実効値
M:周波数成分の個数
 σ_{ai} :加速度の実効値(cm/s²)

感じ方	速度の実効値S(cm/s)
少し振動を感じる	0.42～
明らかに振動を感じる	0.85～
少し歩きにくい	1.7～
明らかに歩きにくい	2.7～



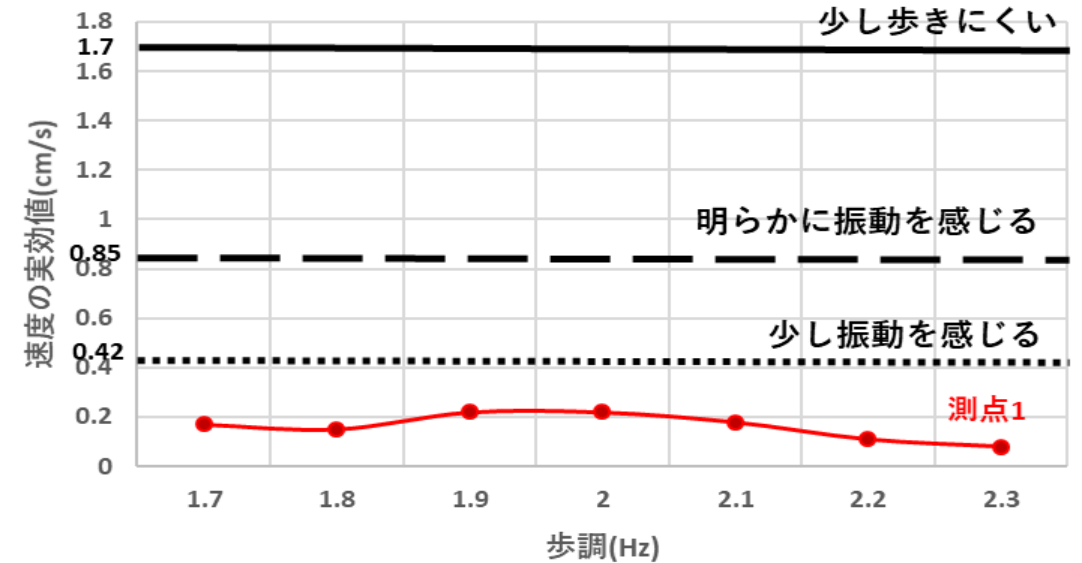
測定結果（歩行試験）

1人

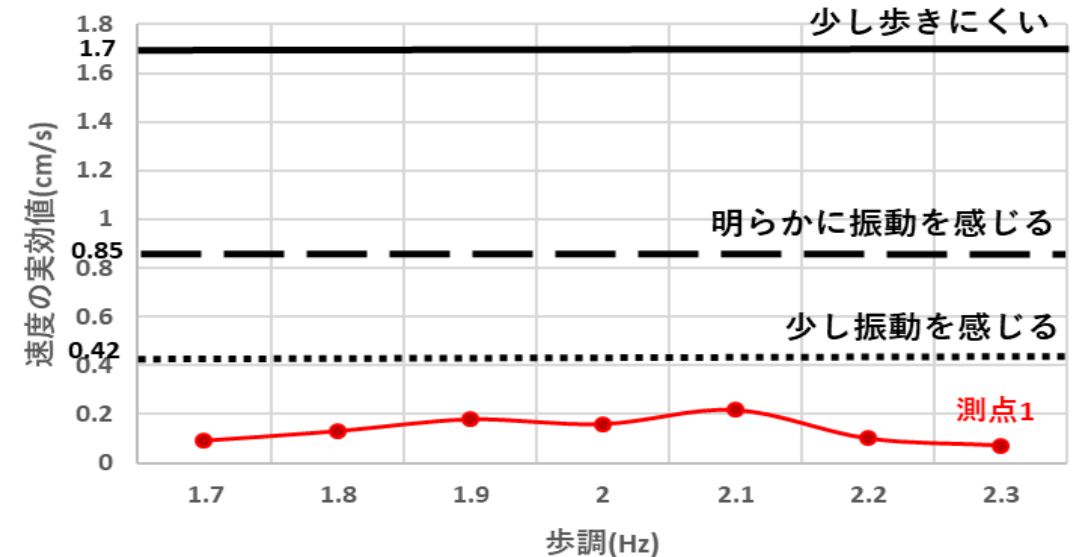


基準値（0.42cm/s）より下回っている！
→揺れもあまり感じずに
安全に歩くことが可能

5人（1回目）



5人（2回目）



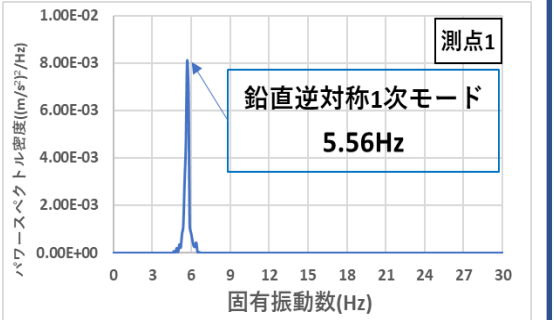
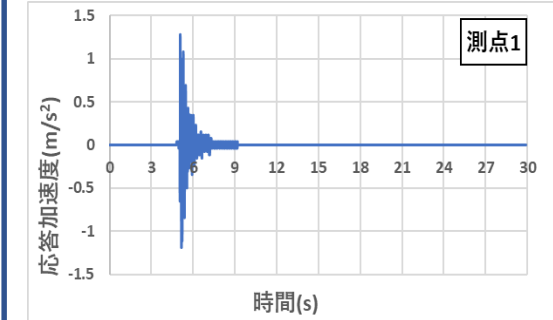
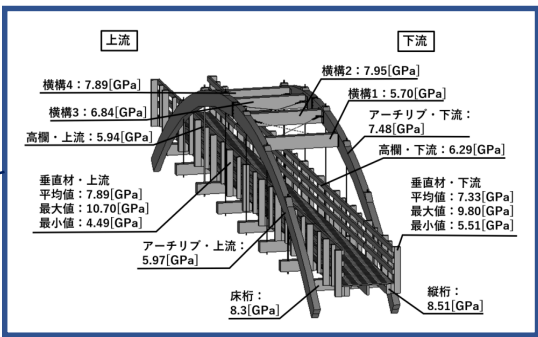
まとめ

タブレット端末の有用性と振動特性

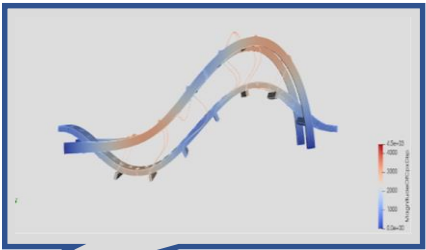
	測定値 (Hz)	解析値 (Hz)		相対誤差 (%)	
含水率	? %	15%	50%	15%	50%
5月	5.56	6.26	5.56	-11.2	±0
7月	5.86			-6.4	5.4

- 固有振動数、振動モード、減衰定数の算出◎
- 解析値と測定値の相対誤差は10%程度

		固有振動数(Hz)	減衰定数	
			ハーフパワー法	自由減衰波形法
鉛直逆対称1次	1回目	5.56	0.018	0.019
	2回目	5.86	0.018	0.022
鉛直対称1次	1回目	8.89	0.043	0.036
	2回目	8.89	0.031	0.039



タブレット端末の加速度計の有用性◎



- 鉛直曲げの基本的な固有振動モードは
鉛直逆対称1次モード
- 鋼橋と同程度の剛性を有している

梁の固有振動数

$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}}$$

曲げ剛性

f :固有振動数

l :アーチ支間長

E :ヤング率

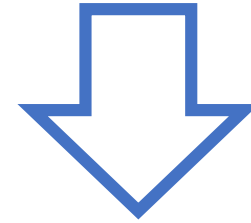
I :断面二次モーメント

ρ :密度

A :断面積

めもと橋は

鋼橋と同程度の剛性を有している！

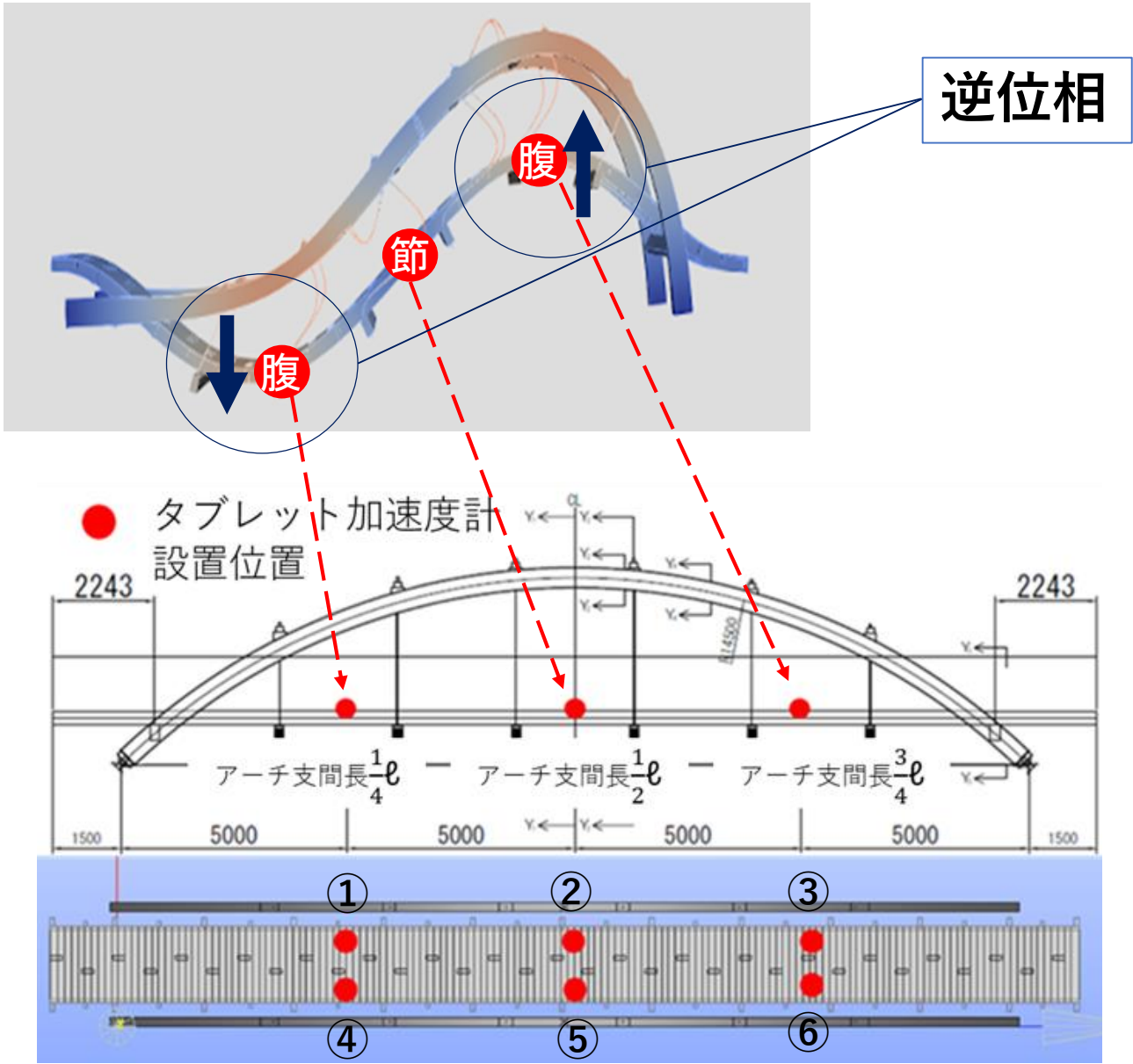


梁と橋が同じであると考えた場合・・・

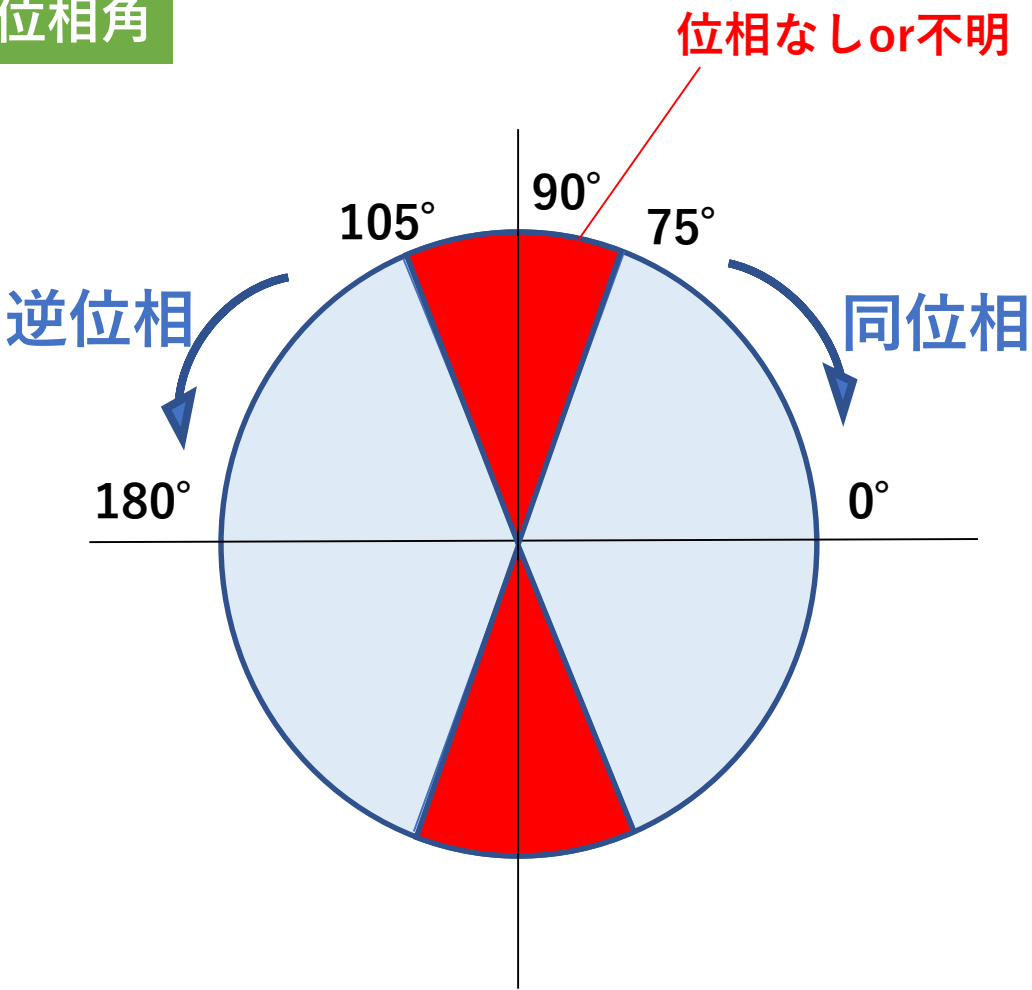
$f_{\text{木}} = f_{\text{鋼}}$ だと、

EI も同じであると考えられる

各測点の位相関係から固有振動数などを算出する



位相角



減衰定数

自由減衰波形法

対数減衰比を求める



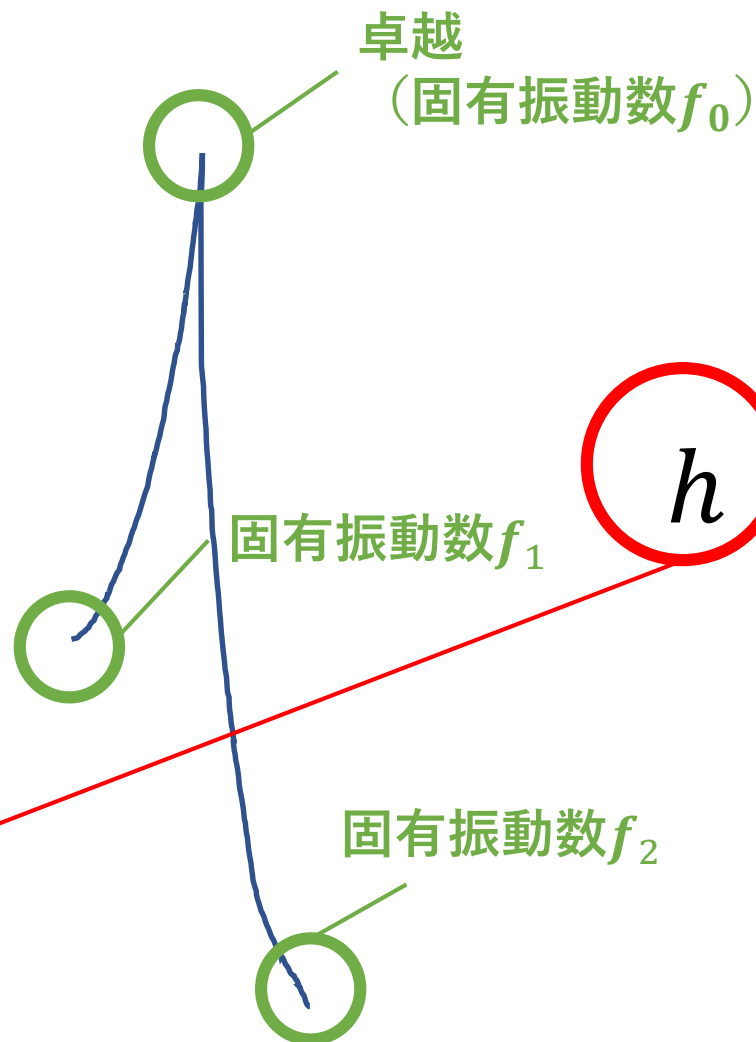
$$\delta = \log e \left(\frac{x_i}{x_{i+1}} \right)$$

→ 平均値を求める

$$\rightarrow \frac{\delta}{2\pi} = h$$

減衰定数

ハーフパワー法



$$h = \frac{f_2 - f_1}{f_0}$$

秋田県秋田市仁別の天気

1回目

日付	最低気温(℃)	最高気温(℃)	降水量(mm)	天気
2022/5/11	5.6	25.6	0	晴
2022/5/12	12.7	24.9	0	曇
2022/5/13	15.9	25.4	0.5	曇→雨
2022/5/14	10.2	17.6	22	雨→曇
2022/5/15	7.5	14.8	3.5	曇→晴
2022/5/16	6	19.6	0	晴
2022/5/17(試験日)	7.4	19.3	0	曇→晴

2回目

日付	最低気温(℃)	最高気温(℃)	降水量(mm)	天気
2022/7/6	19.1	31.5	0	晴→曇
2022/7/7	19.9	31	0	晴
2022/7/8	19.7	31.1	0	晴
2022/7/9	17.7	32.4	0	晴
2022/7/10	19.2	29.5	0	晴
2022/7/11	19.1	31.7	0	曇
2022/7/12(試験日)	21.8	29	0	雨→曇

測定概要

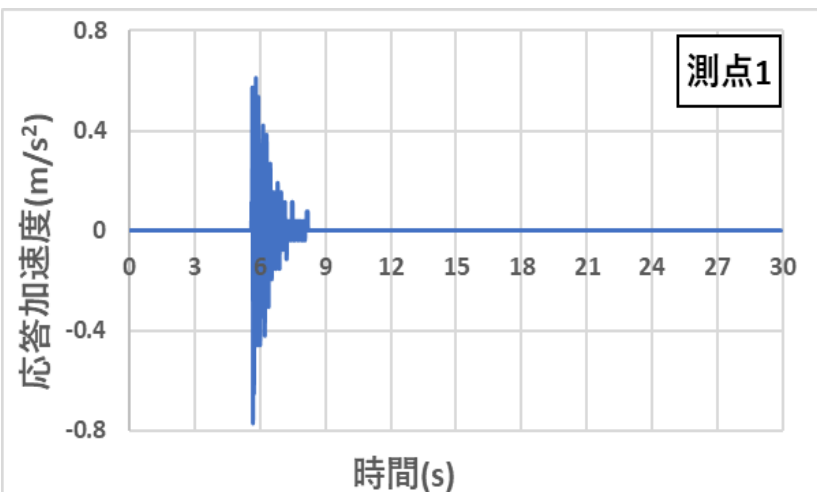


- ・タブレット端末の時刻は試験前に電波で合わせる
- ・メトロノームを用いて大体の時差をなくす
- ・僅かな時間誤差は調節
- ・試験者以外が移動すると揺れる為、揺れが収まる時間を考慮して、
アプリケーション内のタイマーを用いて40秒後に計測

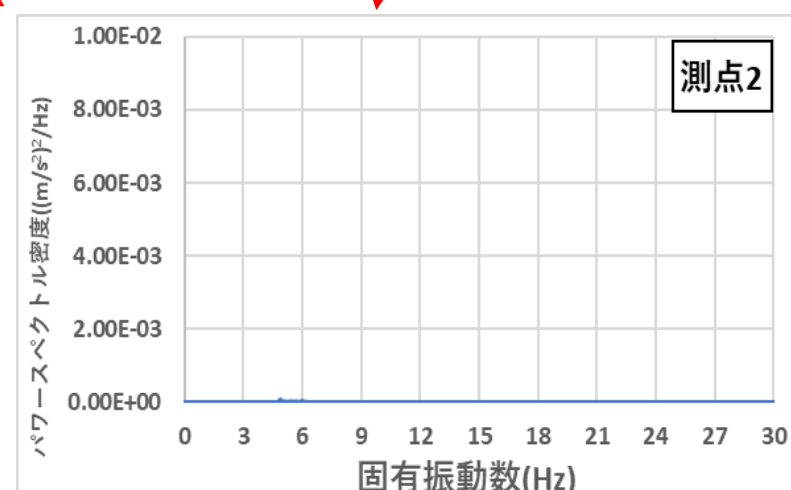
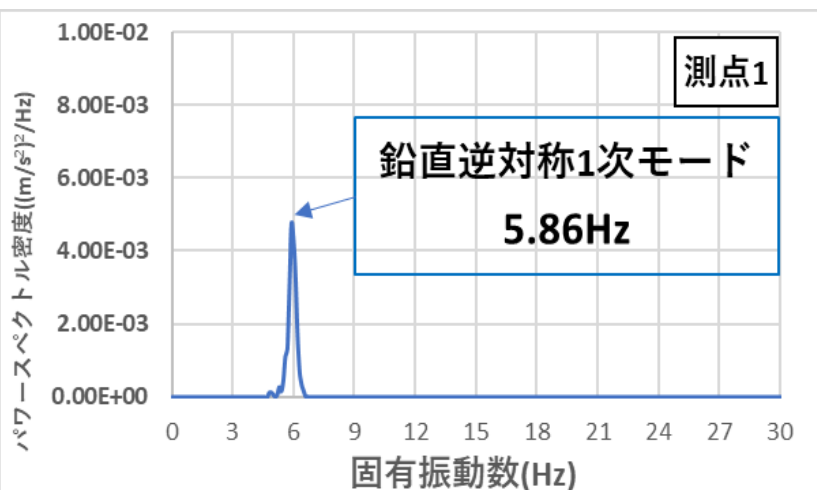
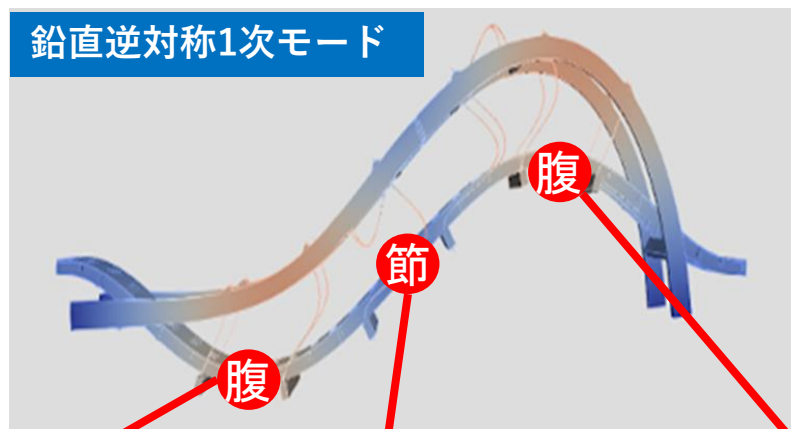
測定結果（砂袋落下衝撃試験）

実測値

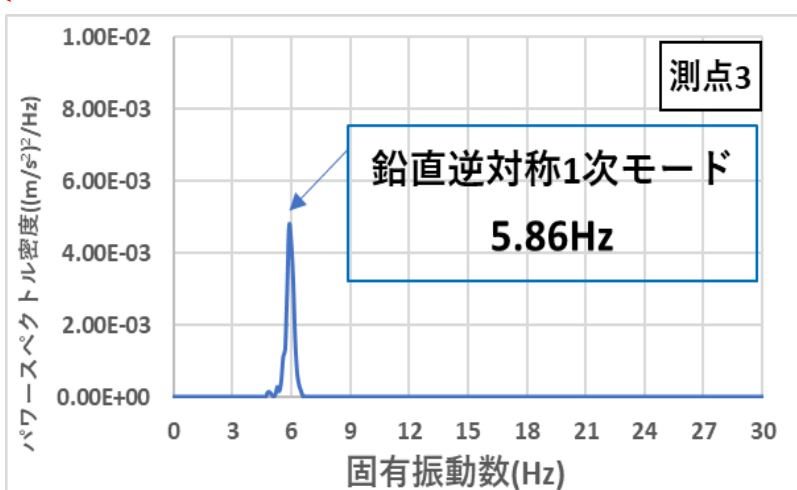
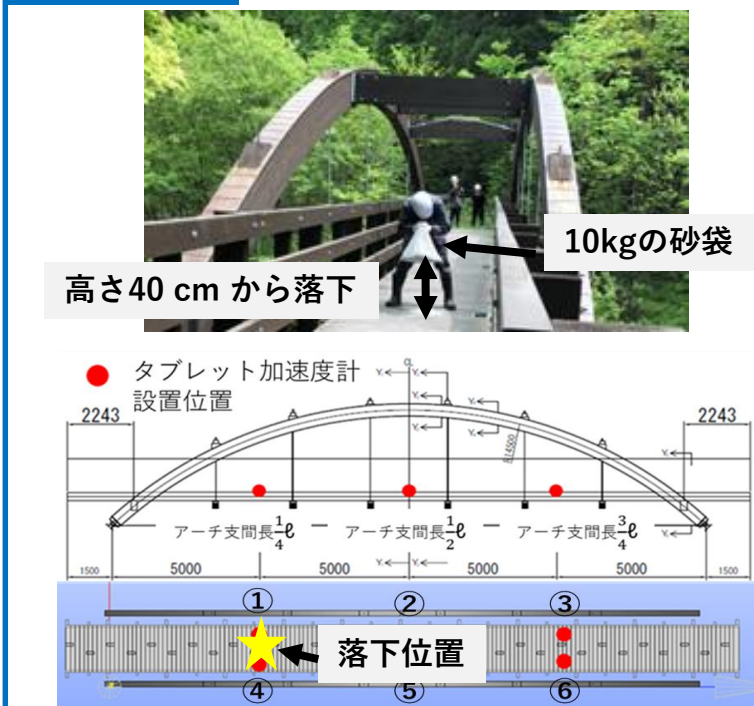
7月



鉛直逆対称1次モード



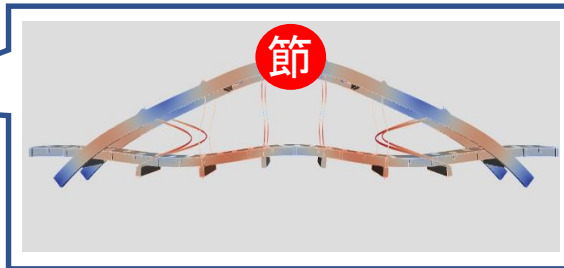
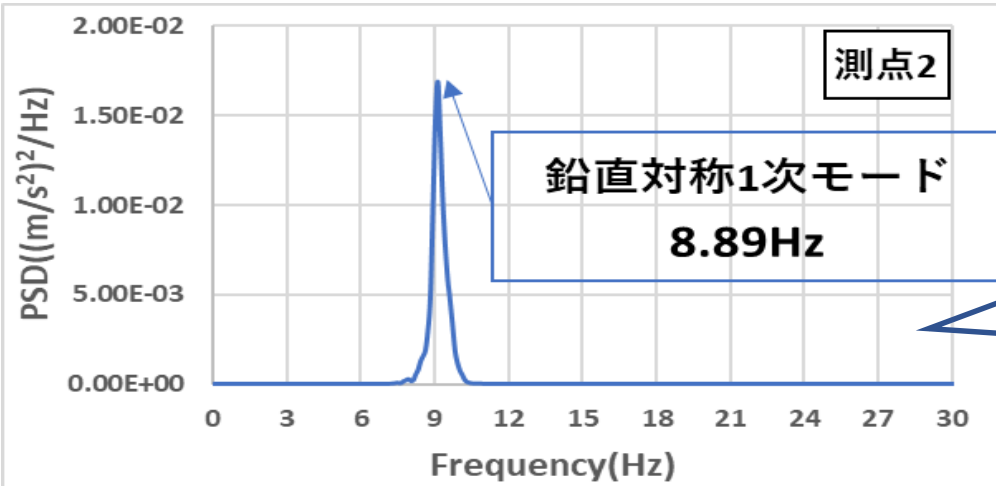
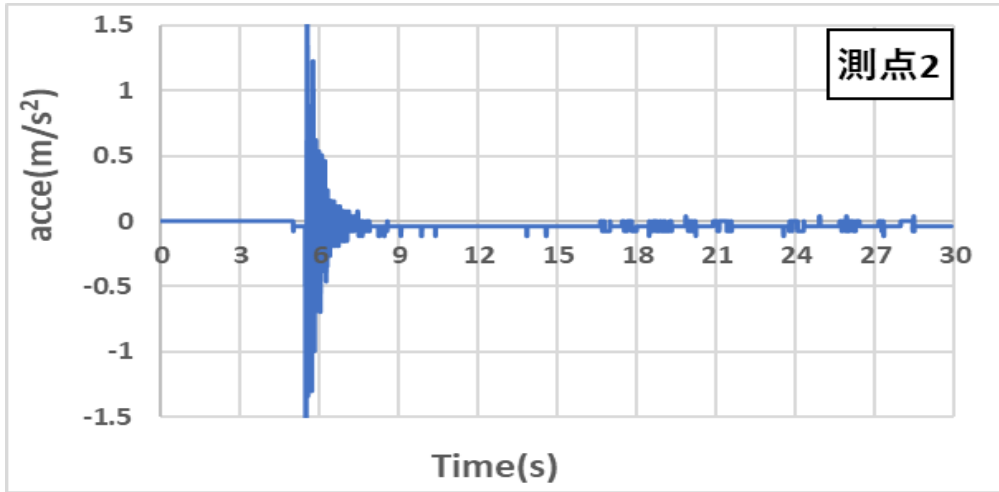
試験内容



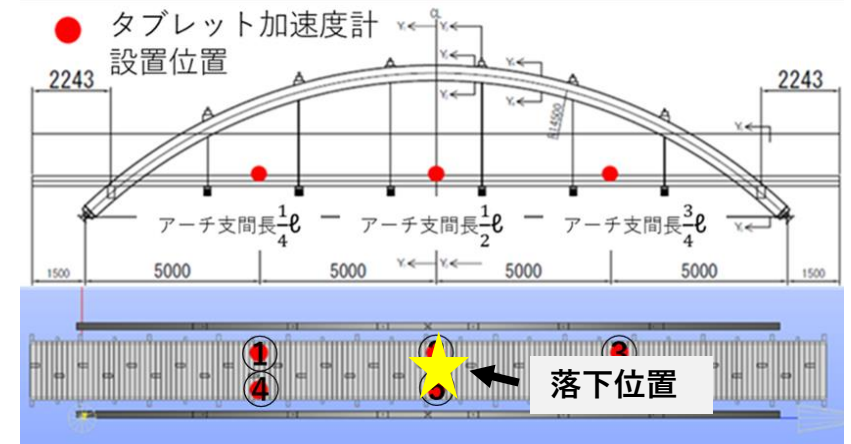
測定結果（鉛直対称1次モード）

実測値

7月



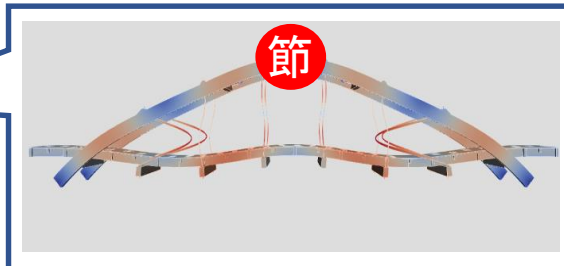
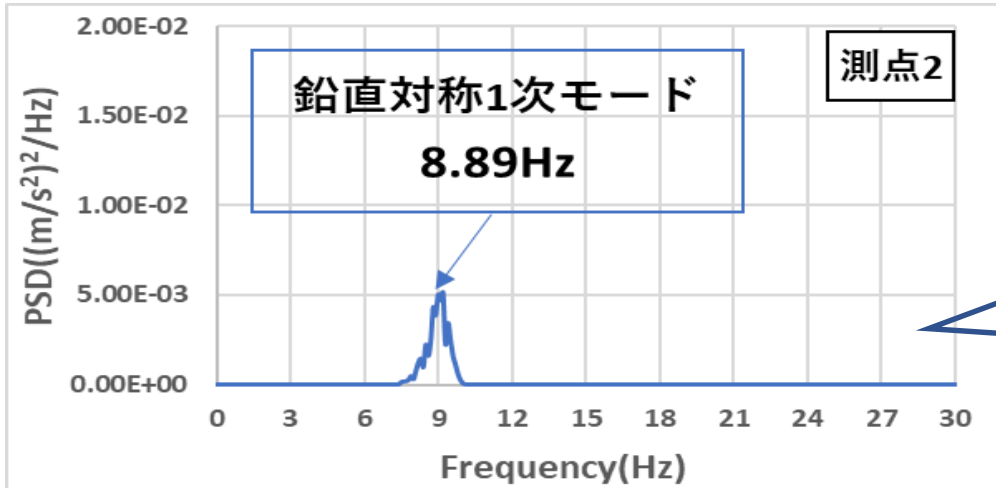
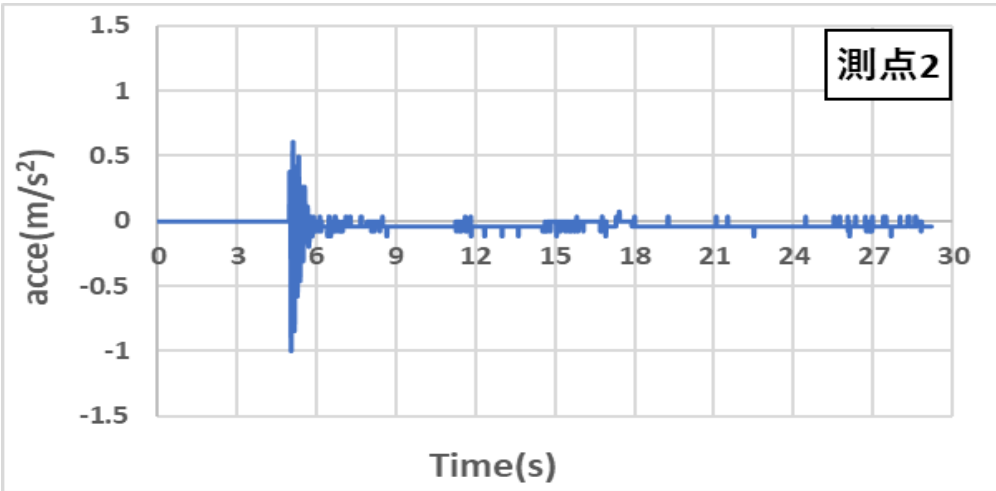
〈砂袋落下衝撃試験〉



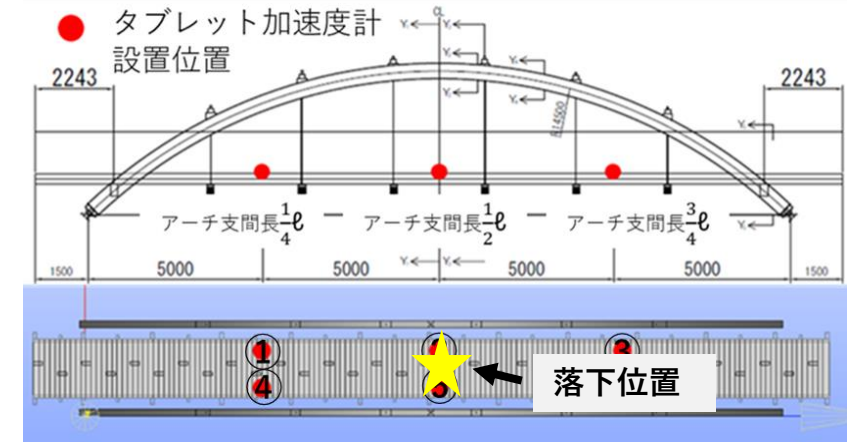
測定結果（鉛直対称1次モード）

実測値

7月



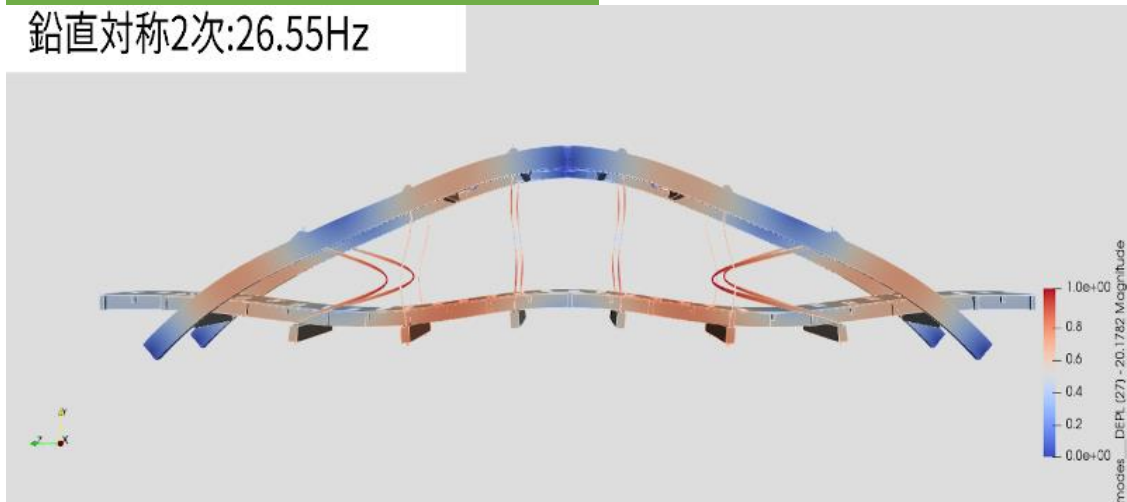
〈砂袋落下衝撃試験〉



解析値

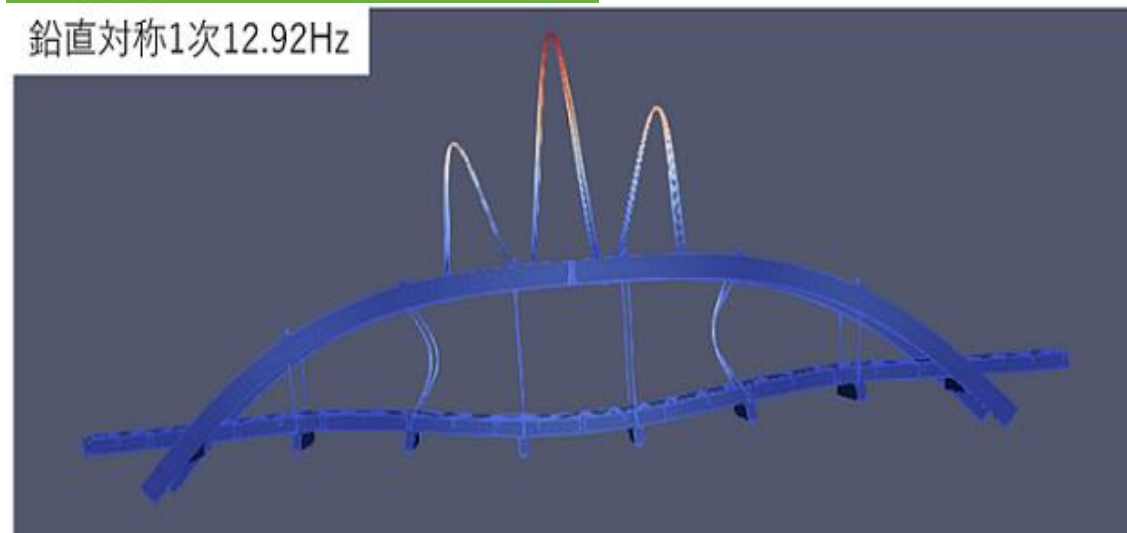
解析値（含水比15%）

鉛直対称2次:26.55Hz



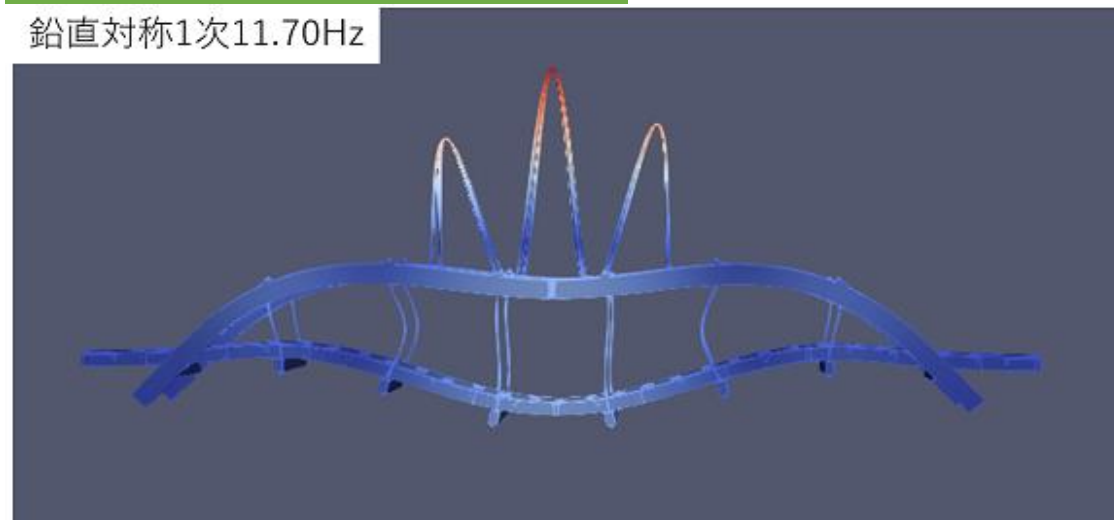
解析値（含水比50%）

鉛直対称1次:12.92Hz



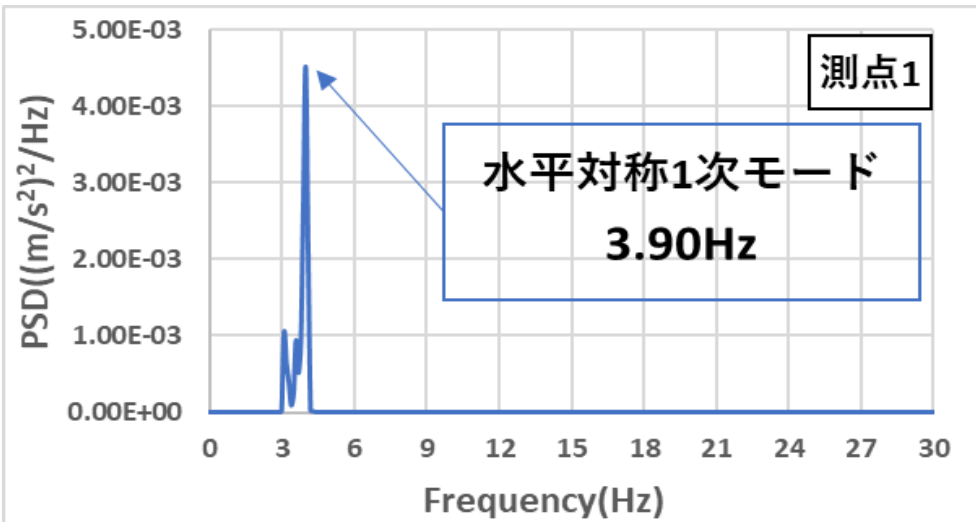
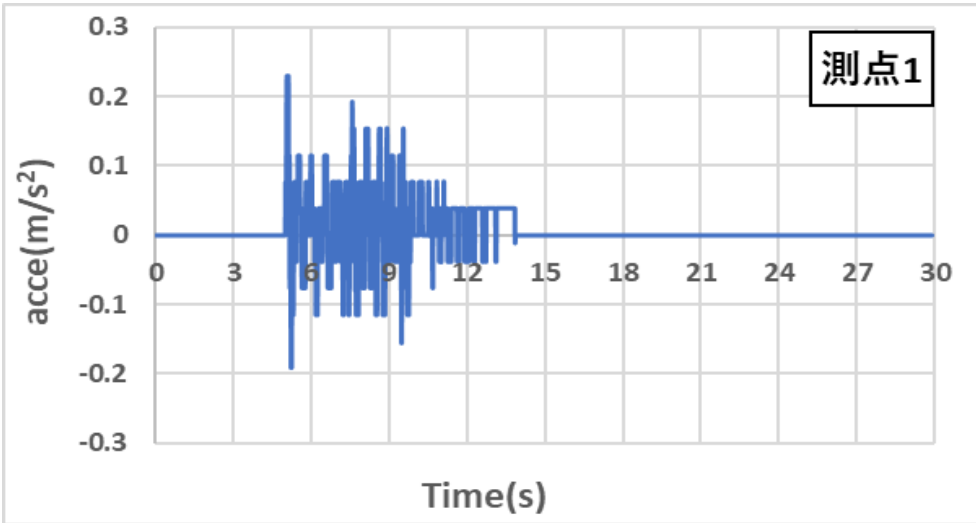
解析値（含水比100%）

鉛直対称1次:11.70Hz

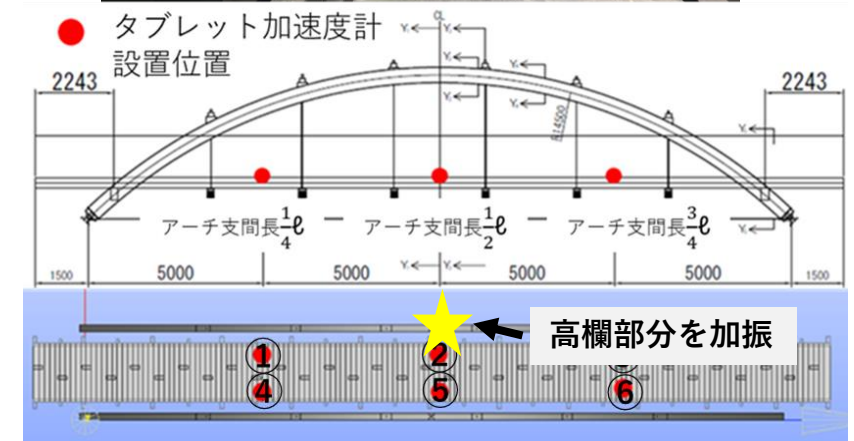


測定結果（水平対称1次モード、アーチ水平1次モード）

実測値（水平対称1次モード）

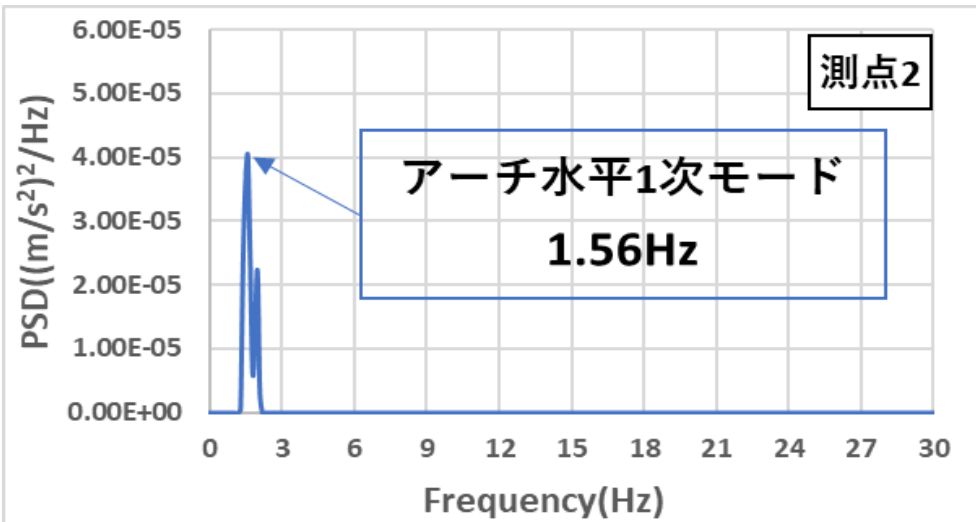
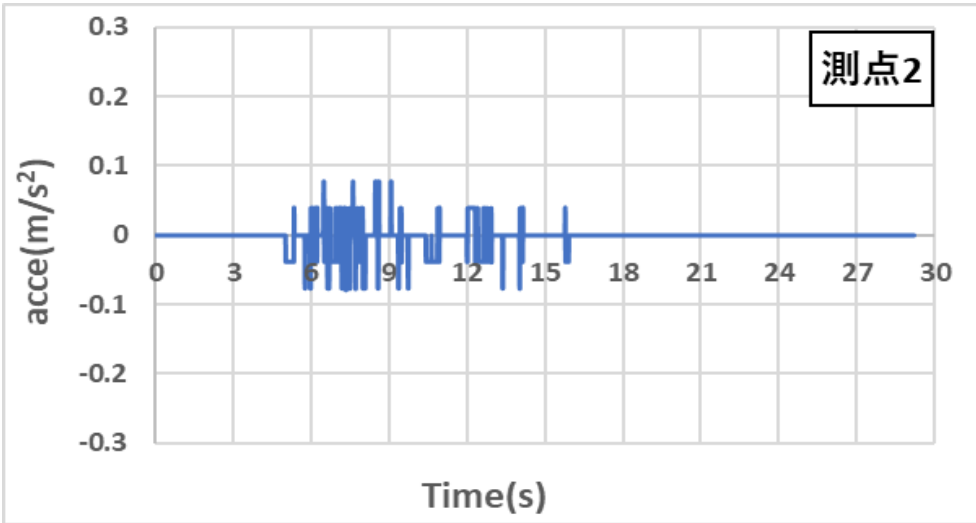


〈人力水平加振試験〉

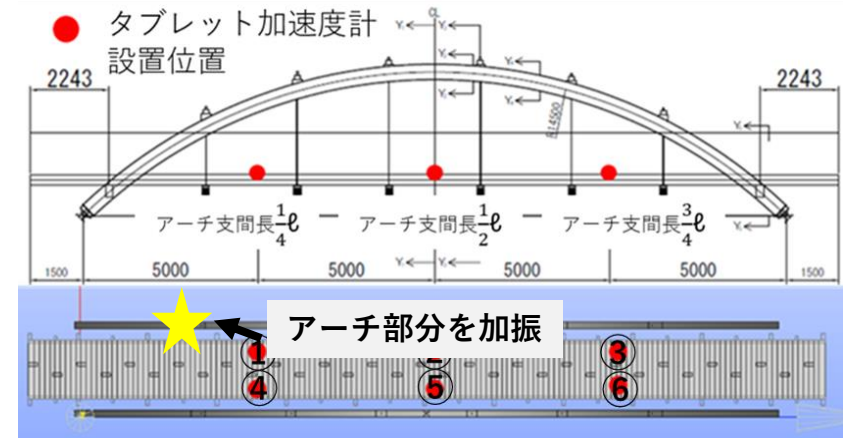
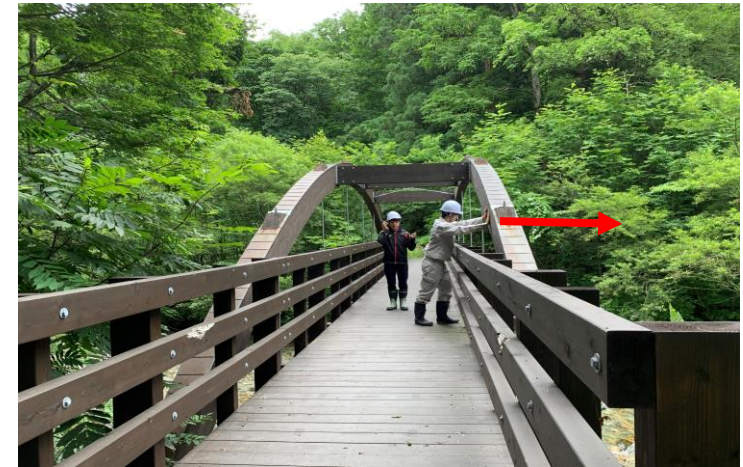


測定結果（水平対称1次モード、アーチ水平1次モード）

実測値（アーチ水平1次モード）



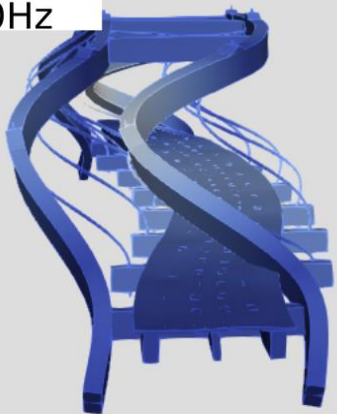
〈アーチ水平加振試験〉



解析値

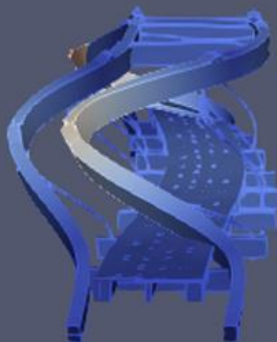
解析値（含水比15％）

水平1次
18.70Hz



解析値（含水比50％）

水平1次16.2Hz



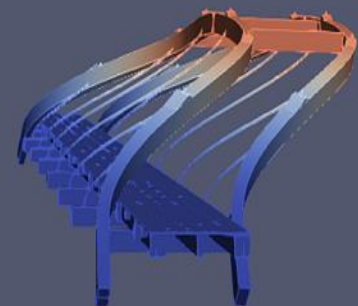
解析値（含水比15％）

アーチ水平
2.27Hz



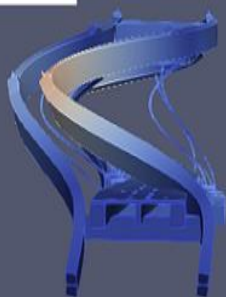
解析値（含水比50％）

アーチ水平対称2.02Hz



解析値（含水比100％）

水平対称1次14.19Hz



解析値（含水比100％）

アーチ水平1次1.81Hz

