

加速度計搭載タブレット端末を用いた めおと橋の振動特性評価

秋田大学 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



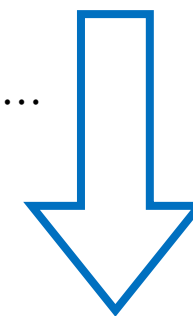
木橋の耐用年数は
30～50年
多くの木橋は
劣化し始めている！

定量的な劣化診断を行う必要がある



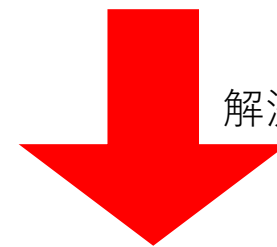
技術者の 人手不足

しかし…



測定機器の 値段が高い

解決するには？



より **簡単&手軽**なものに変えていく！
→床の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
→手軽に購入できるタブレット端末を用いる

振動試験

■使用機材

- ・ 加速度センサ付きタブレット (FFF TAB-7):10台

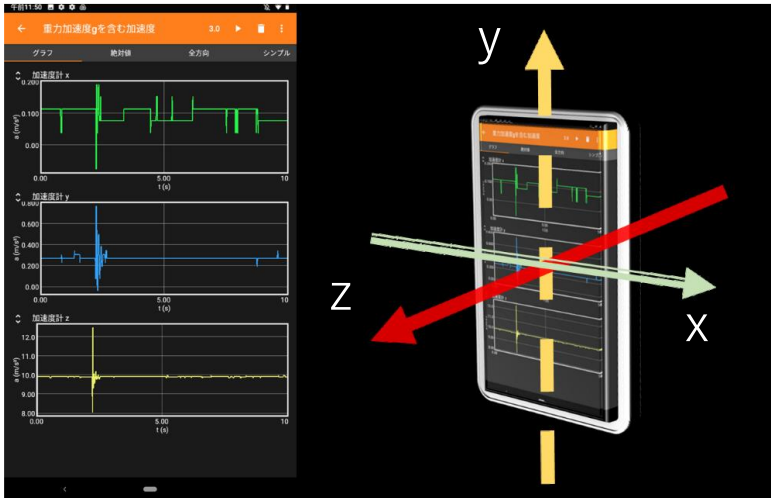


- ・ 7in タブレット 1万円程度で購入可能

■使用アプリケーション

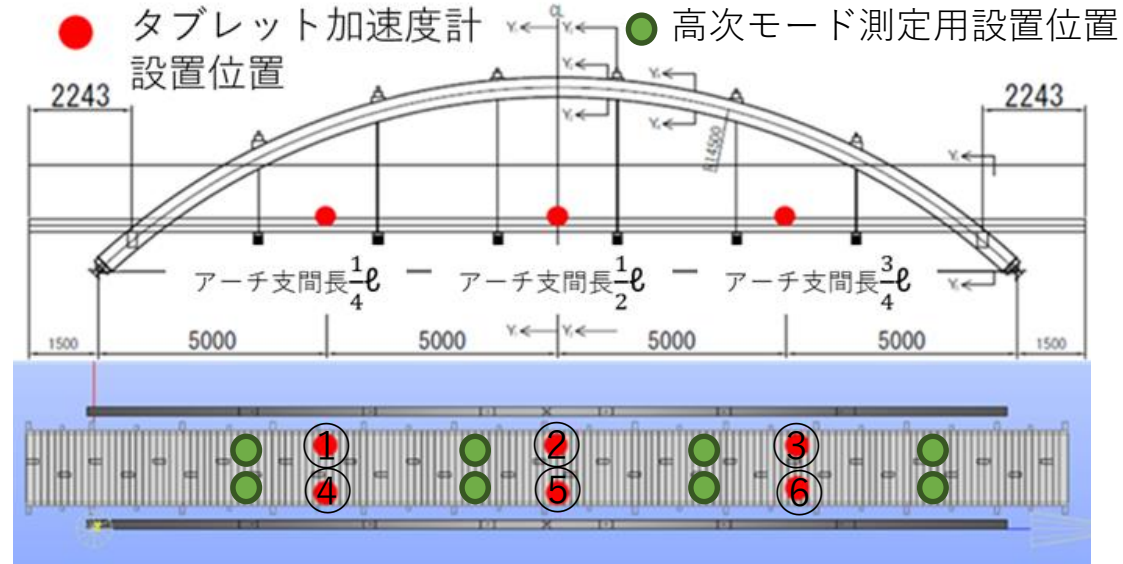
- ・ PhyPhox (物理測定アプリ)

Google Play ・ App store

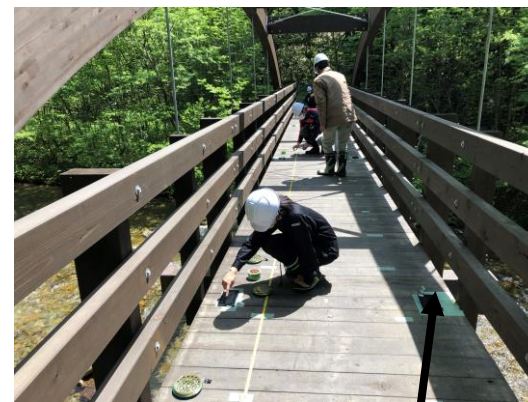


■測定概要

- ・ 計測時間：30s
- ・ サンプル周期：100Hz



縦桁の真上にタブレットを設置



強力粘着テープで固定

■試験内容

- ・ 砂袋落下衝撃試験



高さ40 cm から落下

- ・ 人力鉛直加振試験



高欄を鉛直方向に10回加振

- ・ 人力水平加振試験



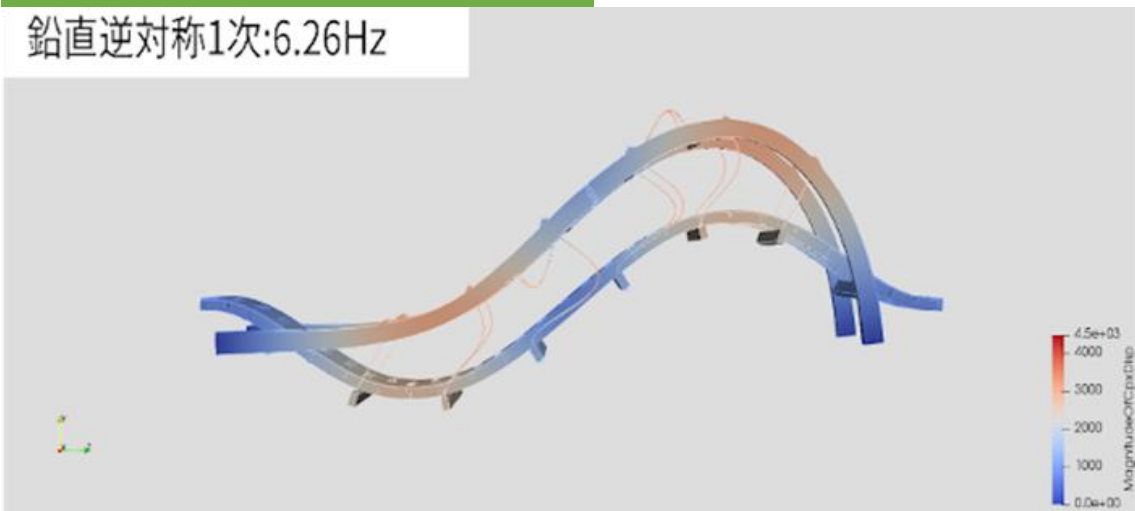
高欄を水平方向に10回加振

- ・ アーチ水平加振試験

解析値

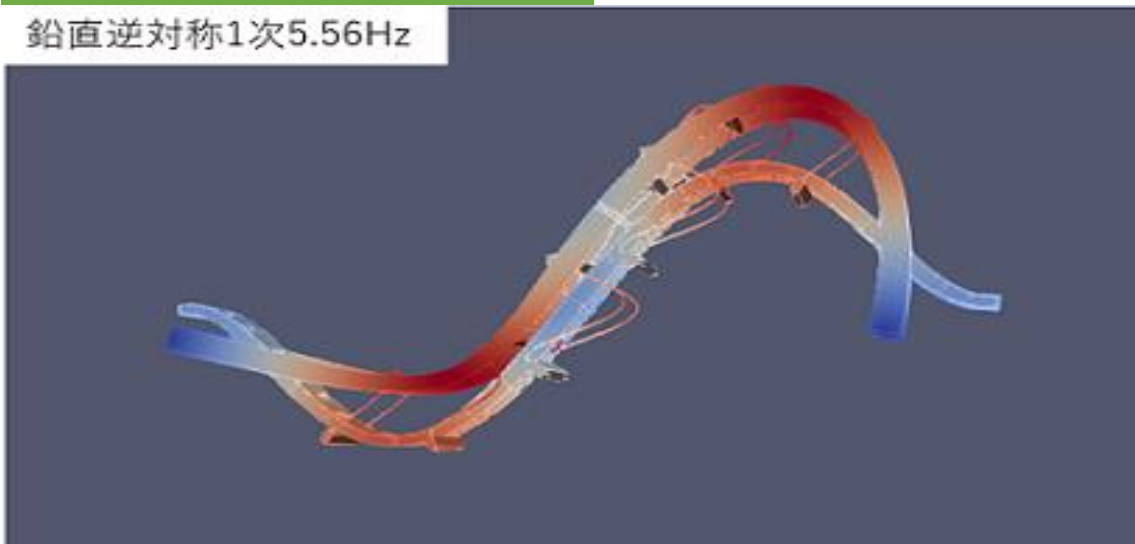
解析値 (含水比15%)

鉛直逆対称1次:6.26Hz



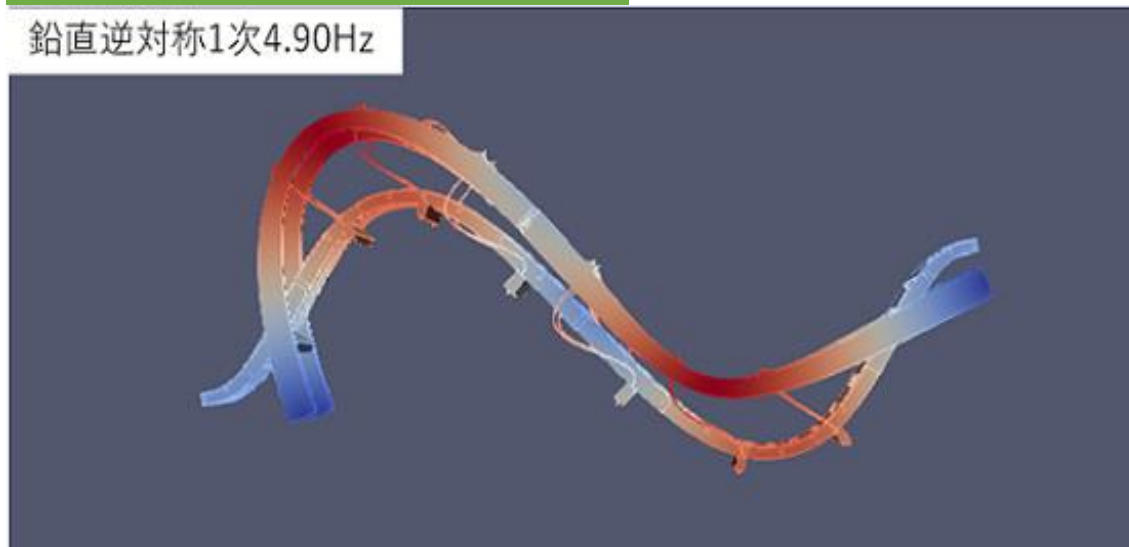
解析値 (含水比50%)

鉛直逆対称1次:5.56Hz



解析値 (含水比100%)

鉛直逆対称1次:4.90Hz

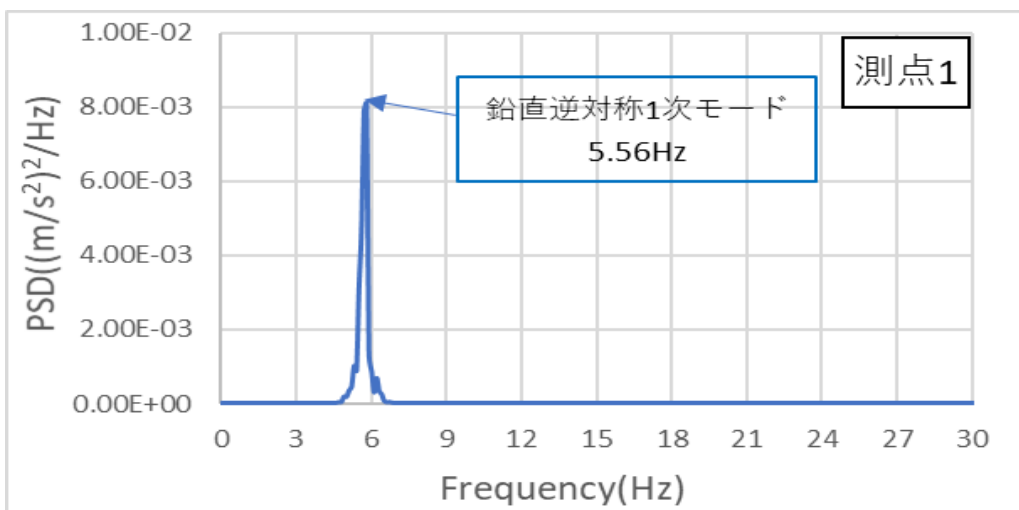
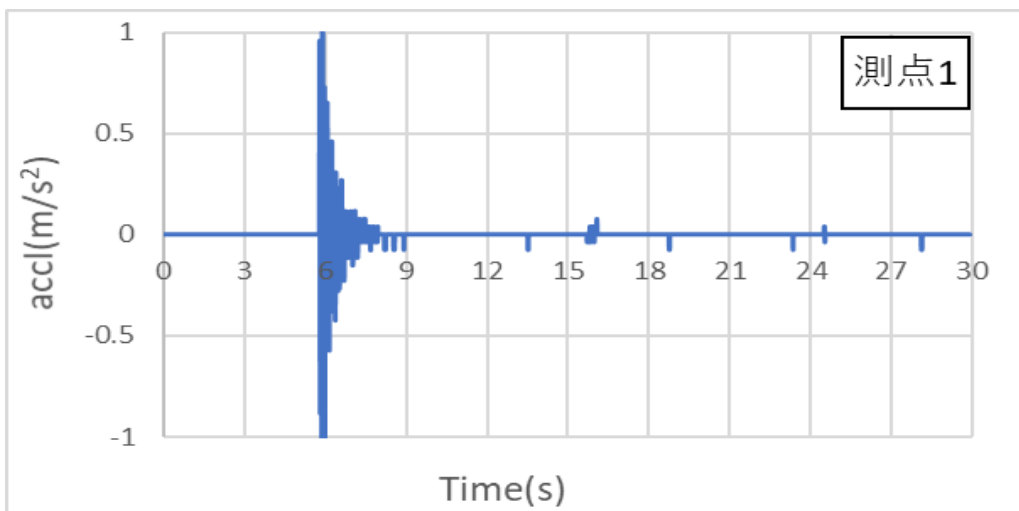


含水比によって
解析値が
多少**変動**している

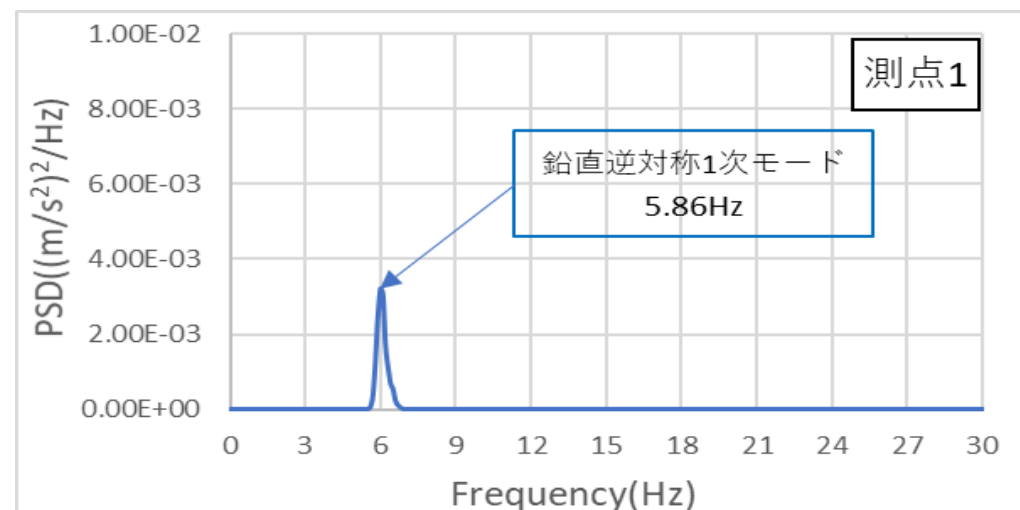
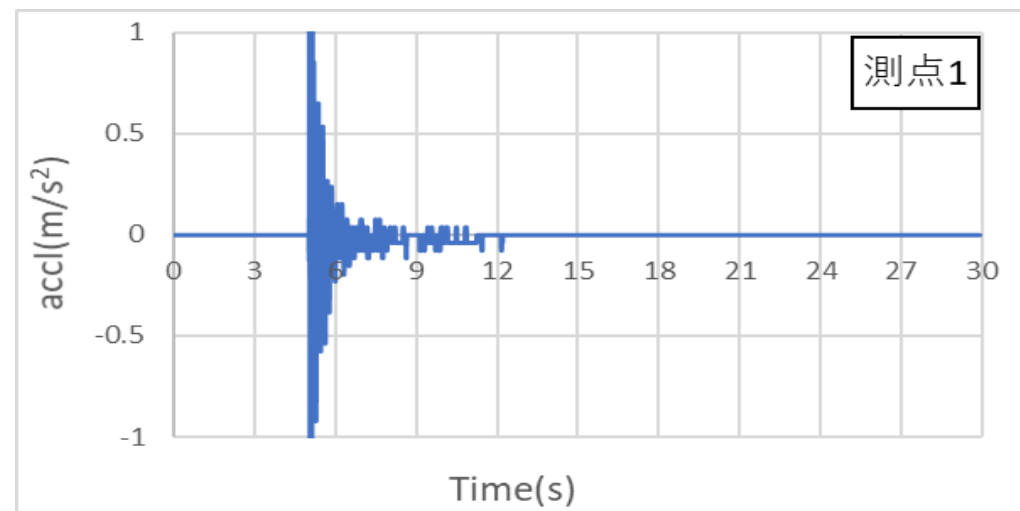
測定結果（鉛直逆対称1次モード）

実測値

1回目



2回目



測定結果（鉛直逆対称1次モード）

実測値

1回 測定結果をまとめると…

振動モード		固有振動数 (Hz)	減衰定数	
			ハーフパワー法	自由減衰波形法
鉛直対称1次	1回目	8.89	0.0433	0.0356
	2回目	8.89	0.0310	0.0385
鉛直逆対称1次	1回目	5.56	0.0180	0.0190
	2回目	5.86	0.0180	0.0217
水平対称1次	—	3.9	0.0250	0.0270
アーチ水平1次	—	1.56	0.0433	0.0356

めおと橋は
鋼橋と同程度の剛性を有している！

測定結果より、
縦桁を有する中路的アーチ橋の支配的なモードは
鉛直逆対称1次モードであると想定！

・固有振動数の概算式

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

→めおと橋の固有振動数

1回目：5.56Hz 2回目：5.58Hz

・減衰定数の概算式

$$h = \frac{0.12}{\sqrt{l}} = \frac{0.12}{\sqrt{20}} = 0.027$$

→めおと橋の減衰定数：0.02前後

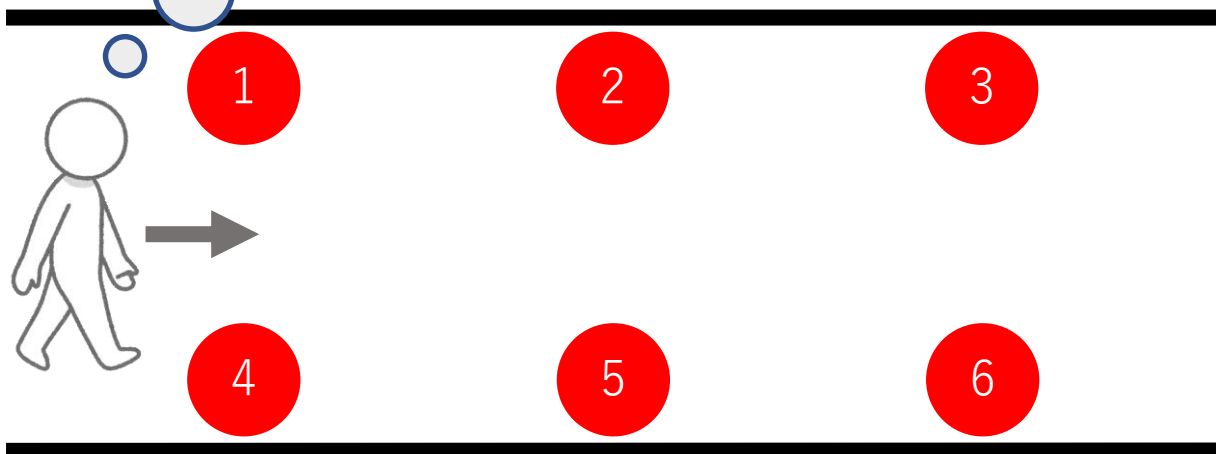
固有振動数は、
含水率などの
影響によって
変化する

Frequency(Hz)

Frequency(Hz)

測定結果（歩行試験）

感じ方	刺激S(cm/s)
少し振動を感じる	0.45~
少し歩きにくい	0.85~
明らかに振動を感じる	1.7~
明らかに歩きにくい	2.7~



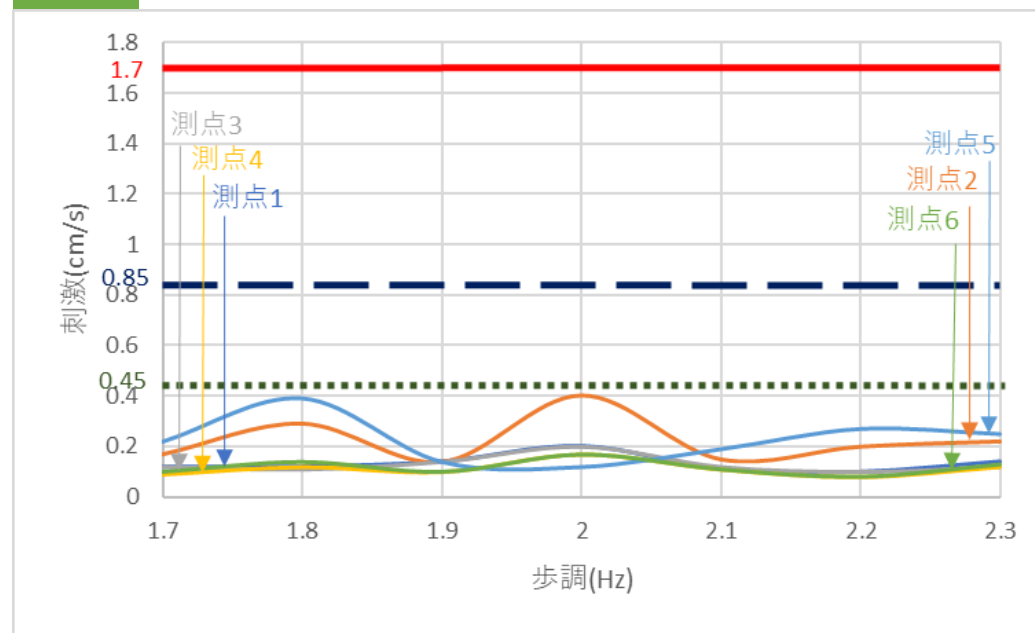
$$S = \left\{ \sum_{i=1}^M \left(\frac{\sigma_{ai}}{2\pi f_i} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

S:刺激

M:周波数成分の個数

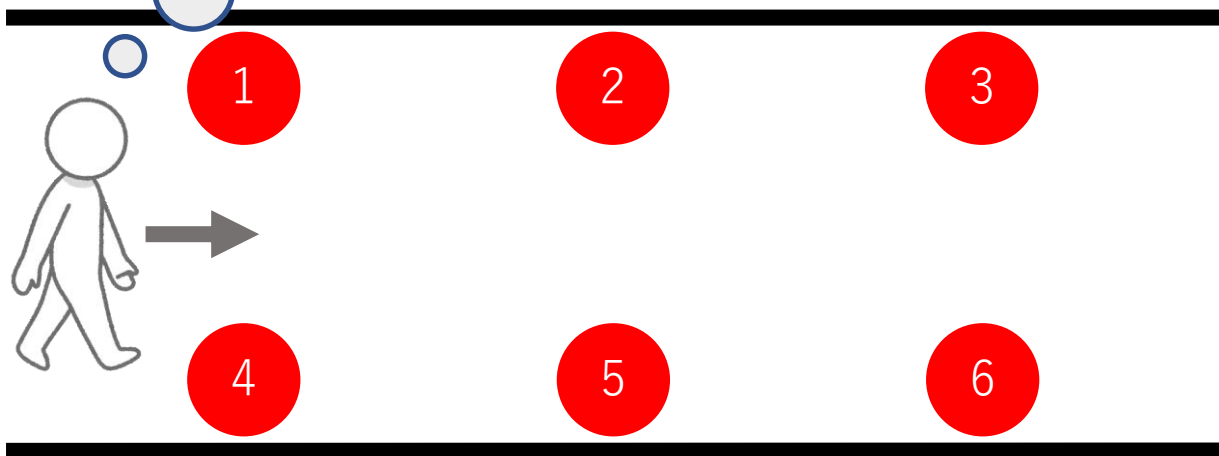
σ_{ai} :加速度の実効値(cm/s^2)

1人

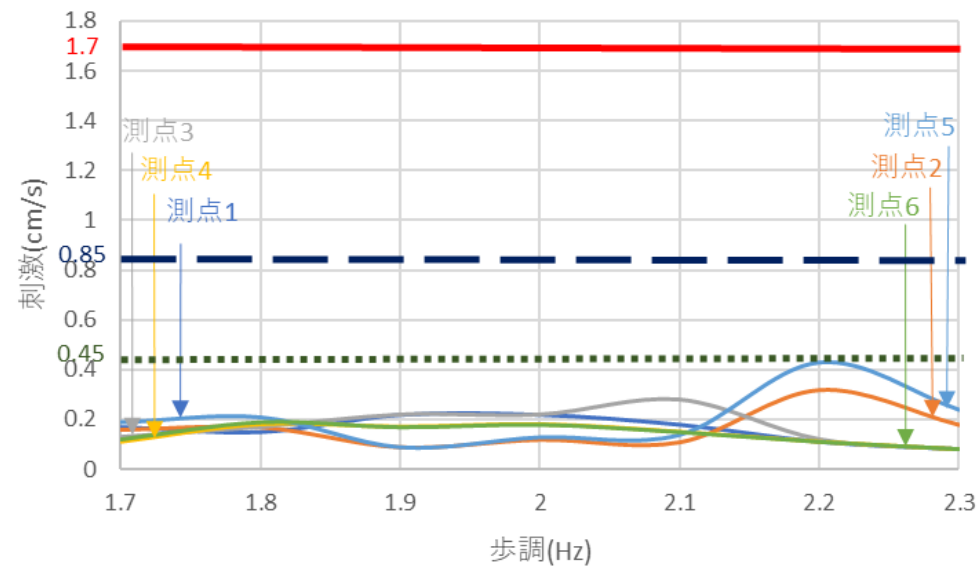


測定結果 (歩行試験)

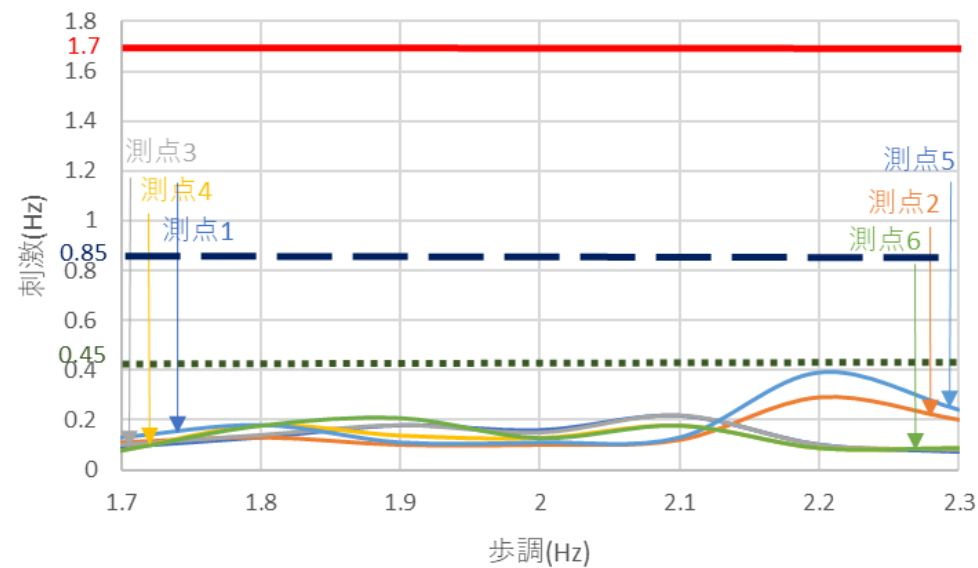
感じ方	刺激S(cm/s)
少し振動を感じる	0.45~
少し歩みにくい	0.85~
明らかに振動を感じる	1.7~
明らかに歩みにくい	2.7~



5人 (1回目)



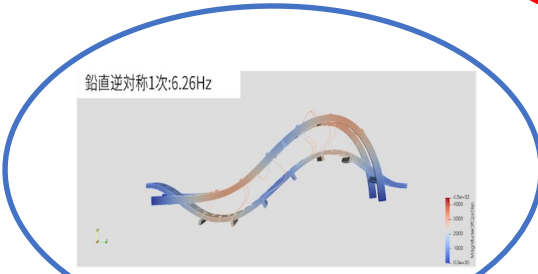
5人 (2回目)



まとめ

①測定結果と解析値を比較すると...

振動モード		固有振動数 (Hz)		相対誤差 (%)
		測定値	解析値	
鉛直対称1次	1回目	8.89	14.92	40.4
	2回目	8.89		40.4
鉛直逆対称1次	1回目	5.56	6.26	11.2
	2回目	5.86		6.4
水平対称1次	—	3.90	13.08	70.2
アーチ水平1次	—	1.56	2.2	29.7



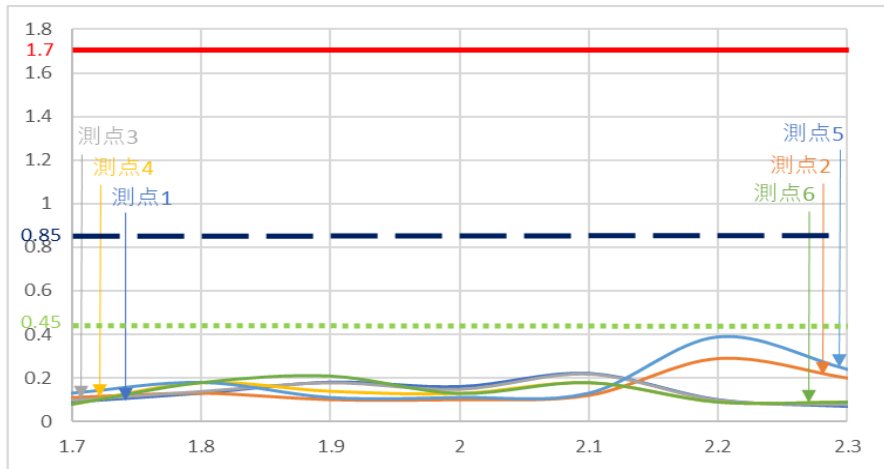
測定値と解析値の相対誤差は10%程度！

→タブレット端末の加速度計でも**正確性**◎

②固有振動数、固有振動モード、減衰定数から振動特性を想定！

振動モード		固有振動数 (Hz)	減衰定数	
			ハーフパワー法	自由減衰波形法
鉛直対称1次	1回目	8.89	0.0433	0.0356
	2回目	8.89	0.031	0.0385
鉛直逆対称1次	1回目	5.56	0.018	0.019
	2回目	5.86	0.018	0.0217
水平対称1次	—	3.9	0.025	0.027
アーチ水平1次	—	1.56	0.433	0.0356

③安全に歩くことができるのか？



縦桁を有する中路式アーチ橋の支配的なモードは
鉛直逆対称1次モードであると想定
 めおと橋は、鋼橋と同等の振動特性

基準値より下回っている
 →揺れもあまり感じずに
 違和感なく橋を歩くことができる！

秋田県秋田市仁別の天気

1回目

日付	最低気温(°C)	最高気温(°C)	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

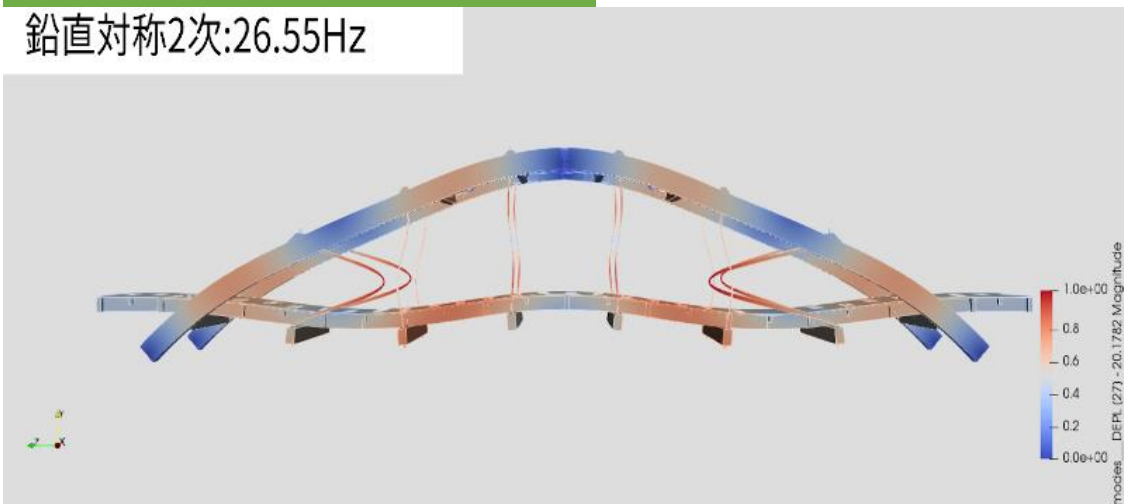
2回目

日付	最低気温(°C)	最高気温(°C)	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

解析值

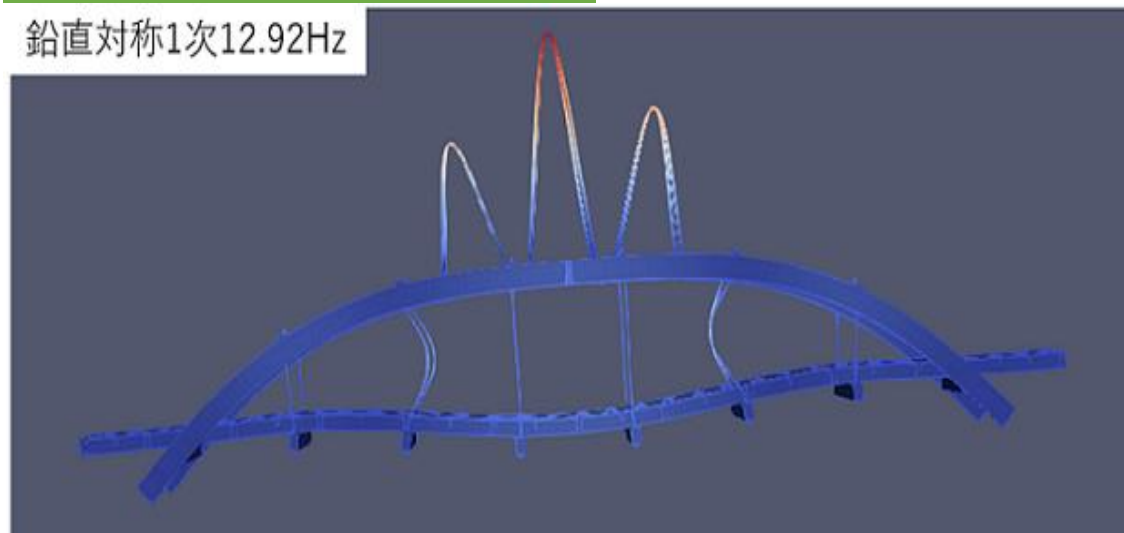
解析值 (含水比15%)

鉛直对称2次:26.55Hz



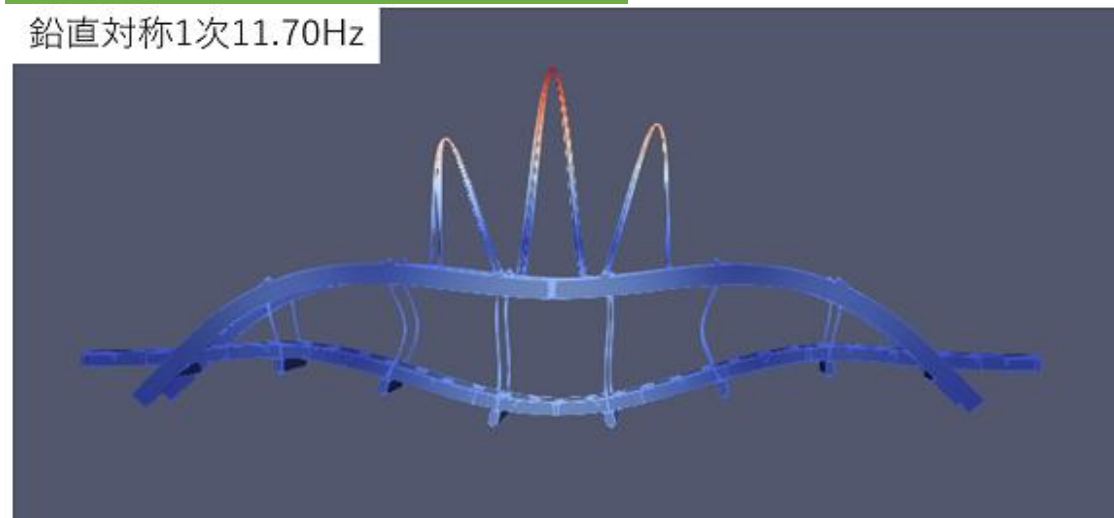
解析值 (含水比50%)

鉛直对称1次:12.92Hz



解析值 (含水比100%)

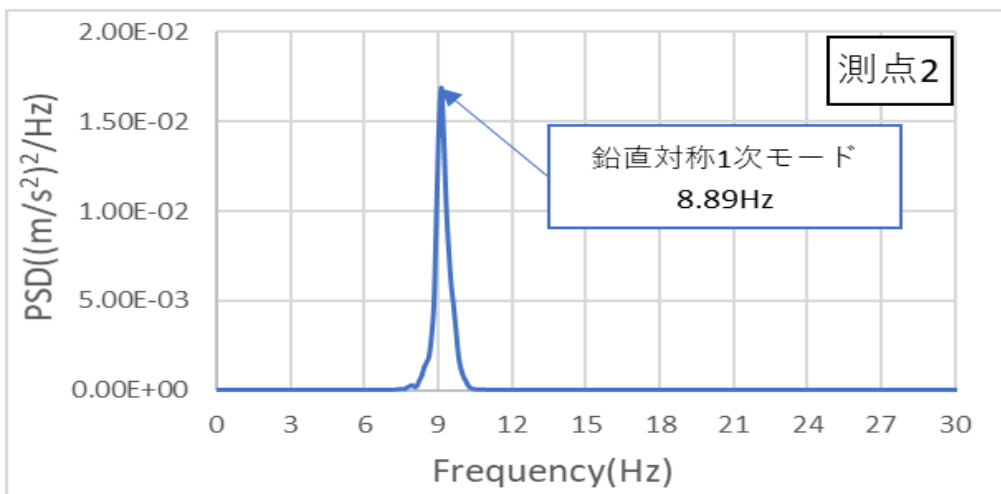
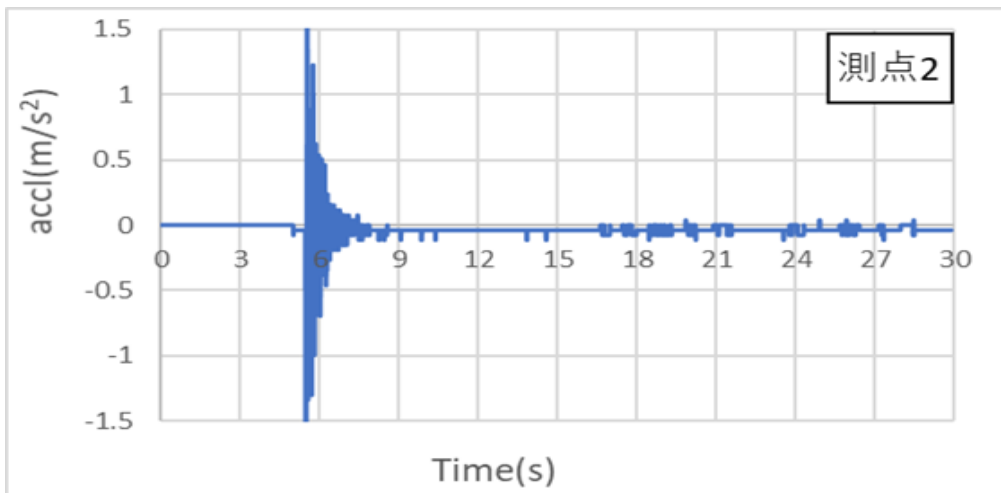
鉛直对称1次:11.70Hz



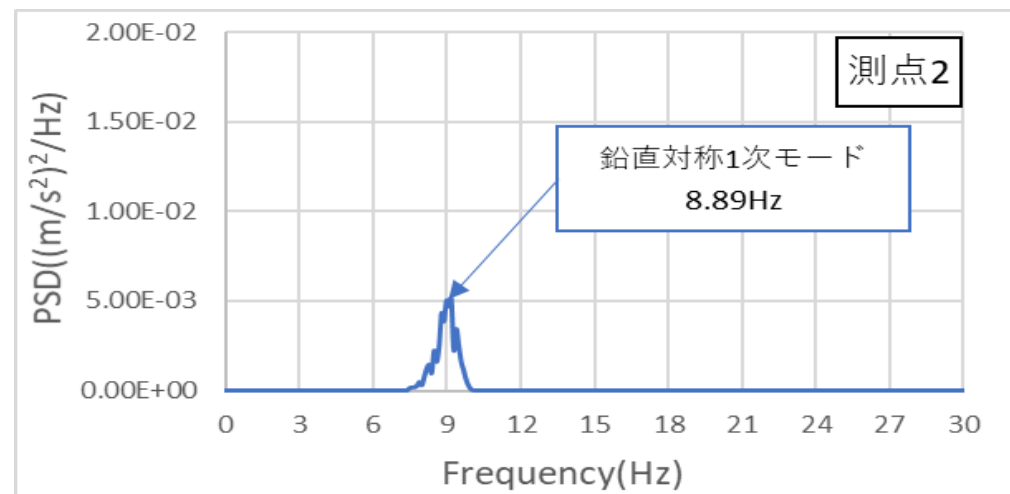
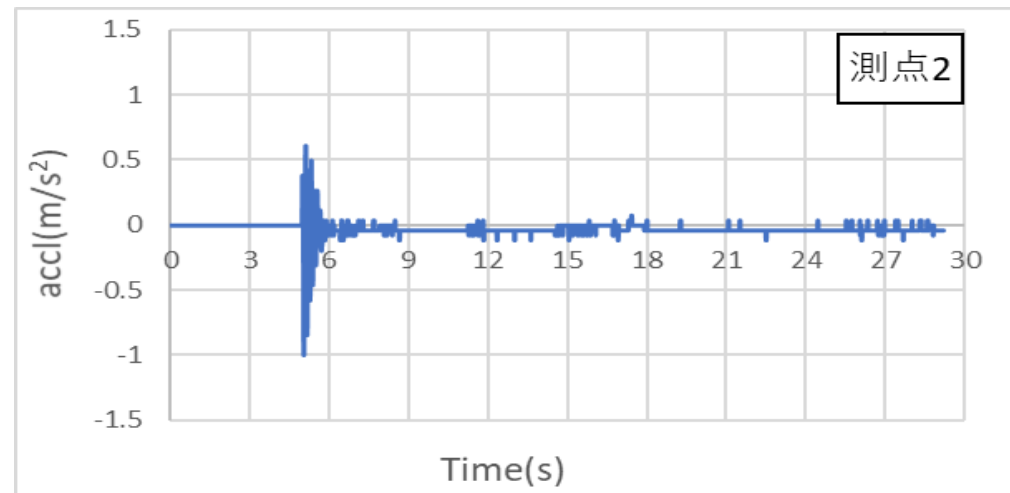
測定結果（鉛直対称1次モード）

実測値

1回目



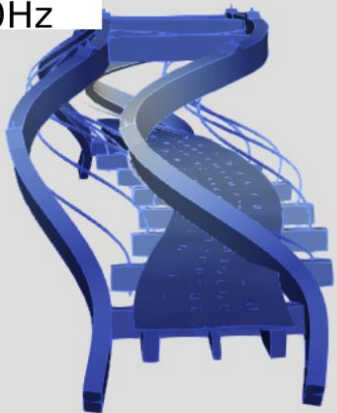
2回目



解析値

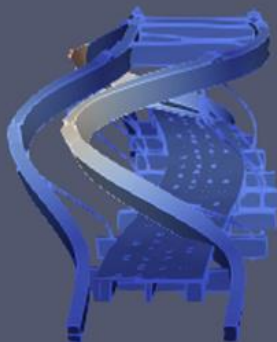
解析値（含水比15%）

水平1次
18.70Hz



解析値（含水比50%）

水平1次16.2Hz



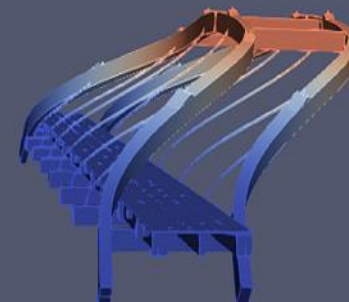
解析値（含水比15%）

アーチ水平
2.27Hz



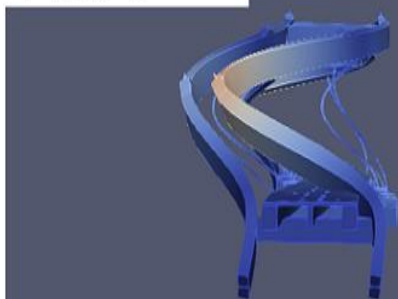
解析値（含水比50%）

アーチ水平対称2.02Hz



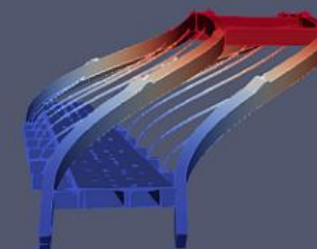
解析値（含水比100%）

水平対称1次14.19Hz



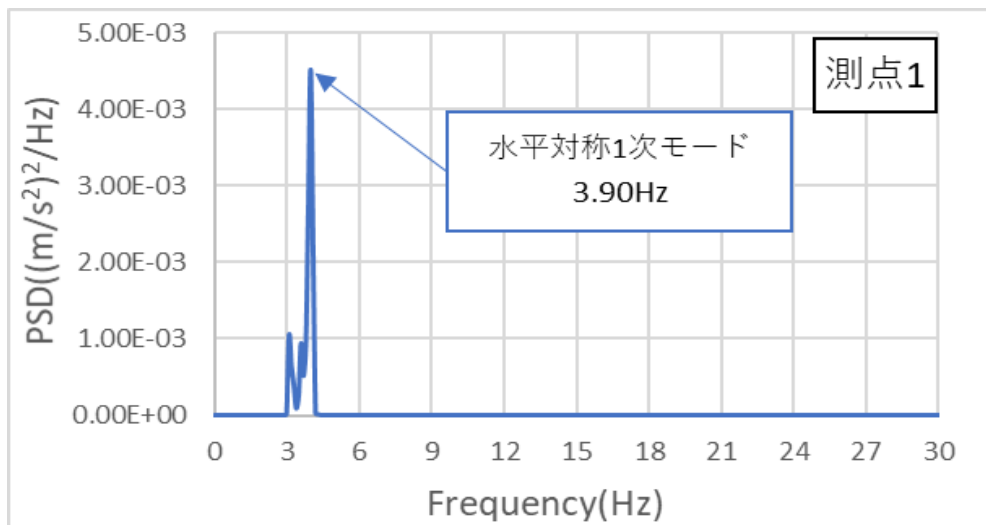
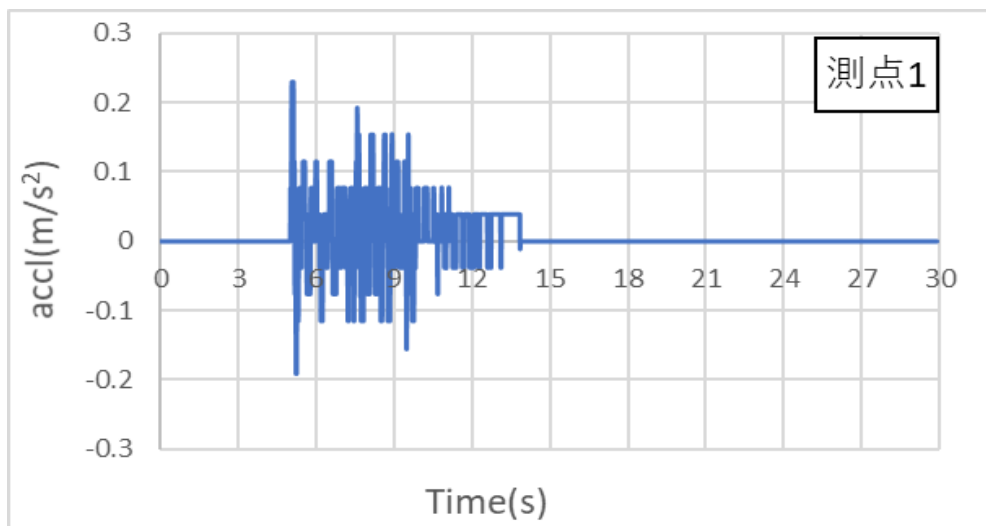
解析値（含水比100%）

アーチ水平1次1.81Hz



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）



実測値（アーチ水平1次モード）

