

加速度計搭載タブレット端末を用いた木製橋梁の振動特性調査

7021554 佐々木新

タブレット端末を用いて手軽に木製橋梁の振動特性を調査する方法の研究が進められている。
過去に調査した橋梁(歩道橋)



深沢橋
橋長30.1m



めおと橋
橋長23m

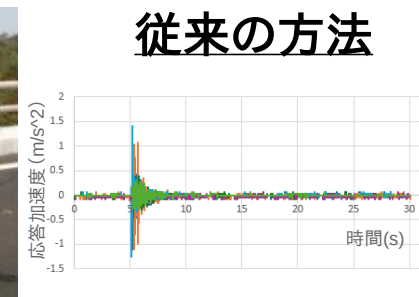


立川橋
橋長11.4m

調査の様子



両面粘着
テープで固定



従来の方法



道路橋



歩道橋
(橋長大)



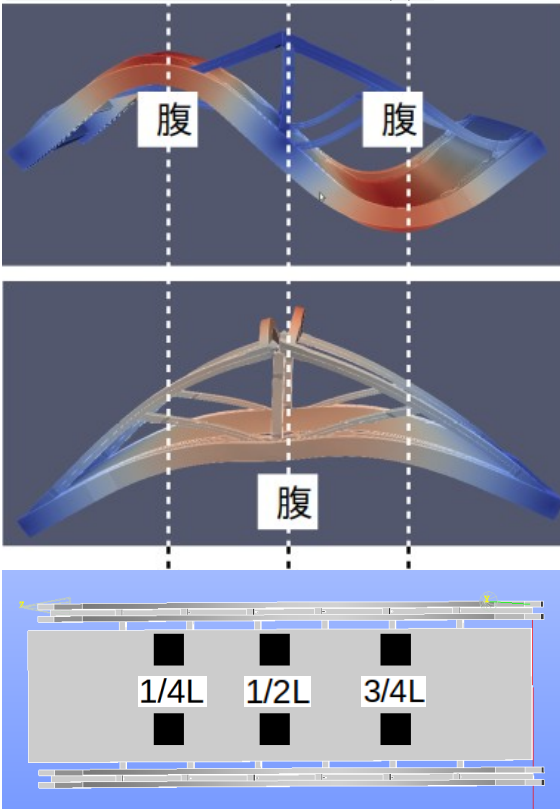
道路橋

もっと橋長の大きい木製歩道橋
もっと剛性の大きい道路橋に対しても実用性が
発揮されるのか検討する。

振動試験概要

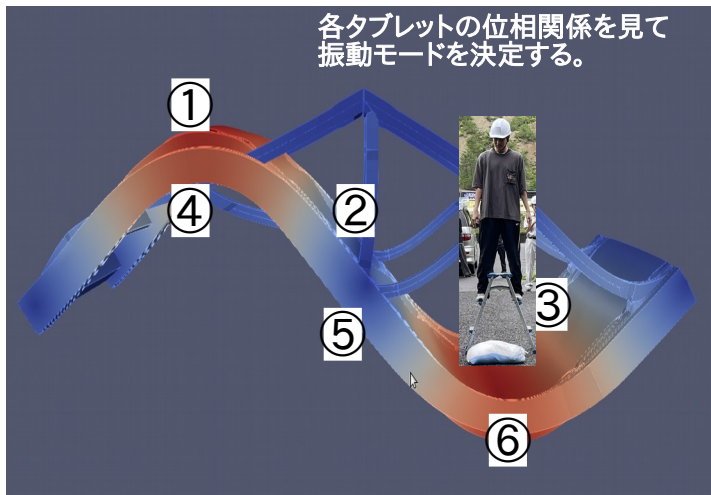
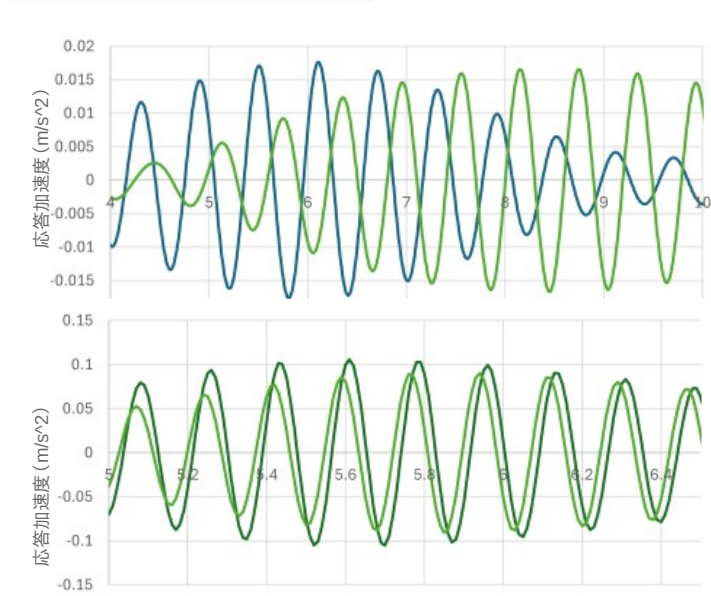


タブレットの設置箇所



■ : タブレット設置箇所
(腹となる六ヶ所)

振動モードの推定



対象とした橋梁

坊中橋

架橋後24年



2つのトラス
それぞれに
試験を行う

- ・道路橋 (橋長55m)
- ・秋田県藤里町
- ・キングポストトラス木桁橋
- ・設計荷重25t(A活荷重)

百目石橋

架橋後26年



- ・道路橋 (橋長20.9m)
- ・秋田県大仙市
- ・自立式タイドアーチ橋
- ・設計荷重20t(A活荷重)

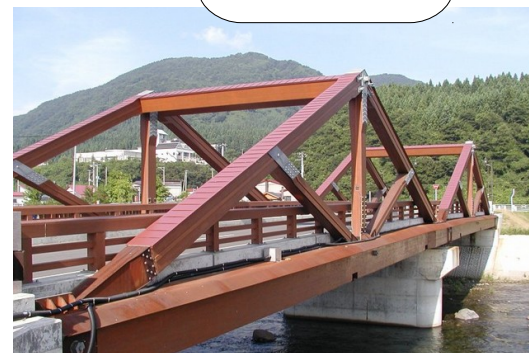
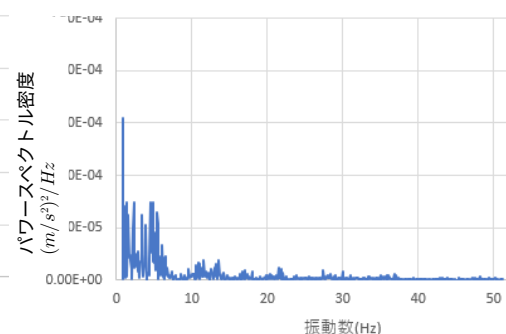
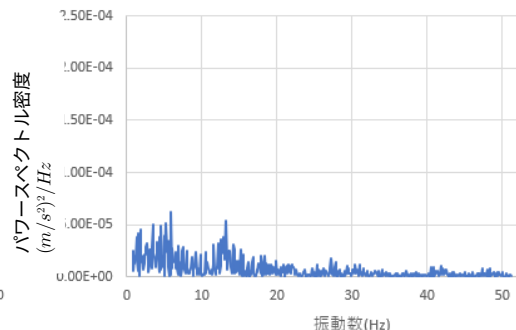
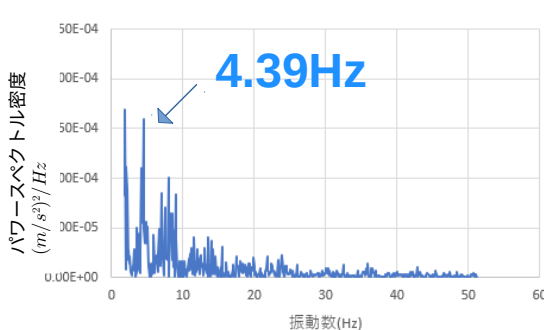
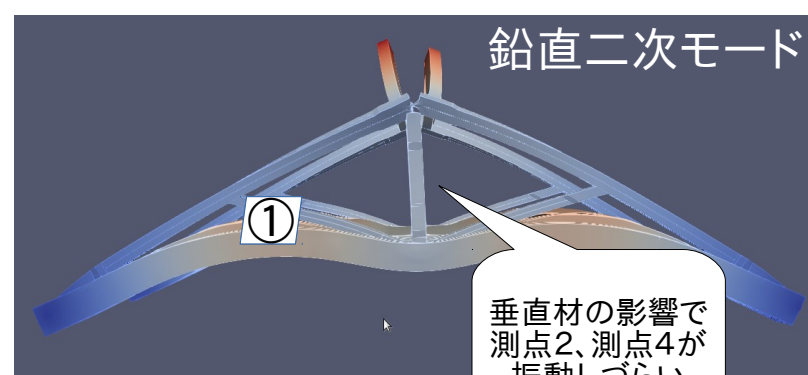
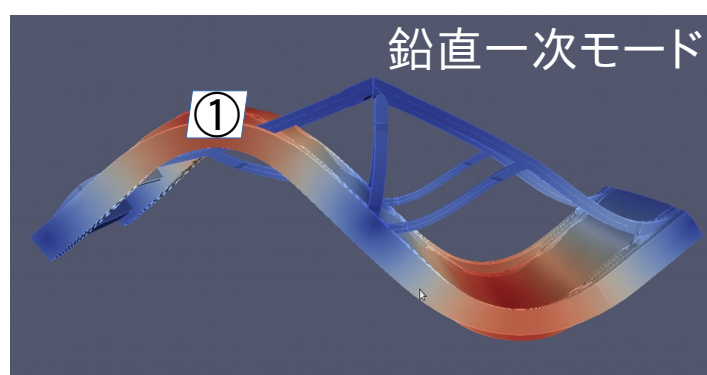
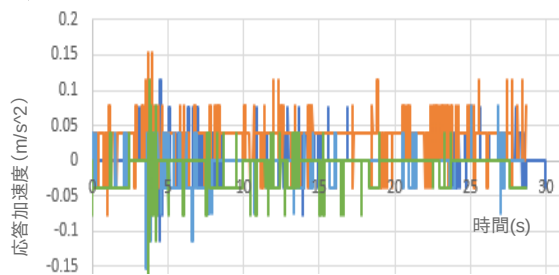
みどり橋

架橋後30年



- ・歩道橋 (橋長60m)
- ・徳島県藍住町
- ・ボンゴシ集成材
- ・中路式アーチ橋

坊中橋の測定結果

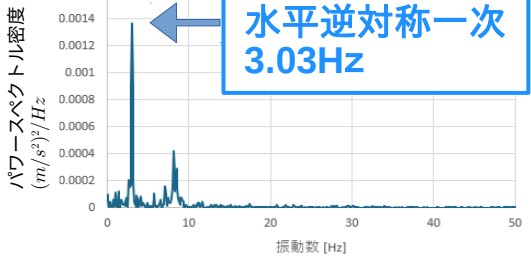
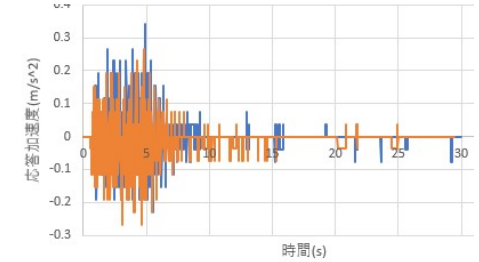
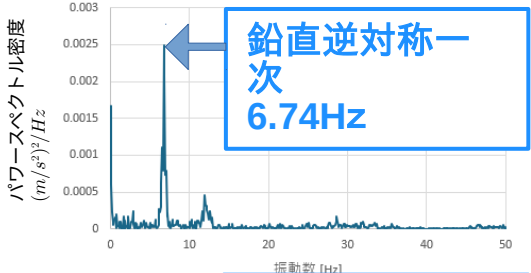
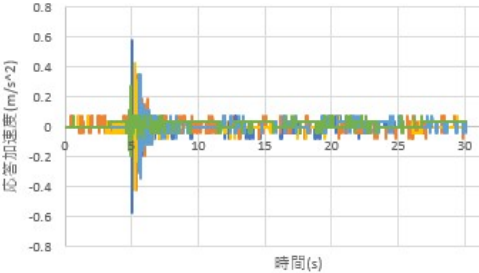


測点1のみ4.39Hzで卓越していると言える箇所があった。
(おそらく鉛直逆対称モード)

25tトラックが走行可能な剛性
→ **今回の加振では不十分** (1.2m程度の高さから落下)

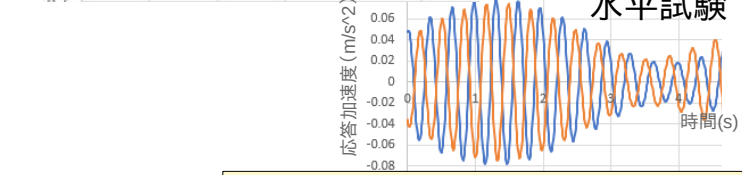
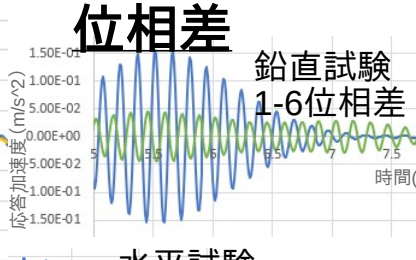
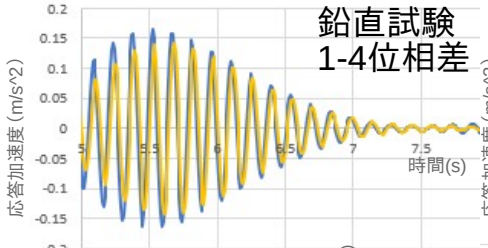
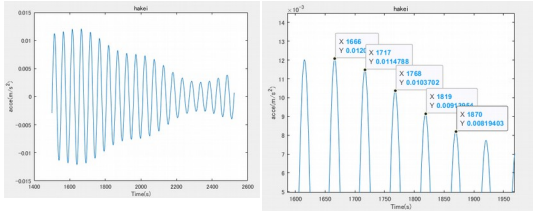
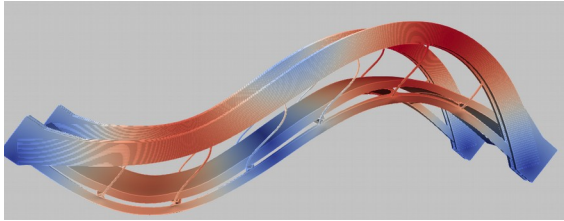
- ・砂袋を落とす位置をもっと高くする
- ・砂袋の落とし方を工夫する などの対策が必要。

百目石橋の測定結果 (実験日 降水あり)



振動モード	固有振動数
鉛直逆対称一次	6.74Hz
水平逆対称一次	3.03Hz

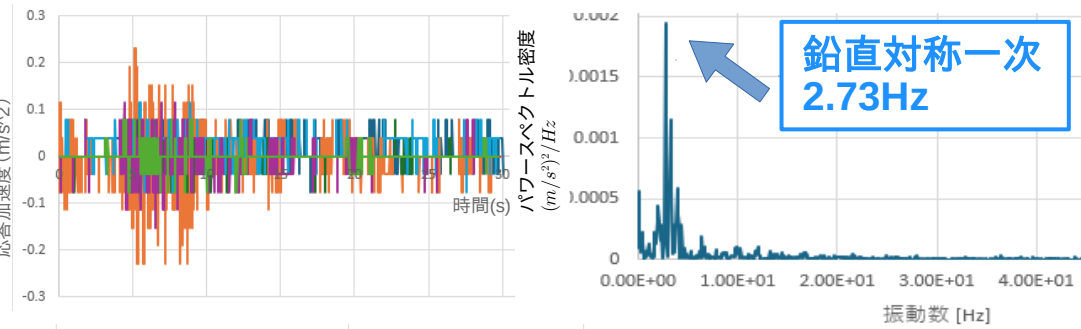
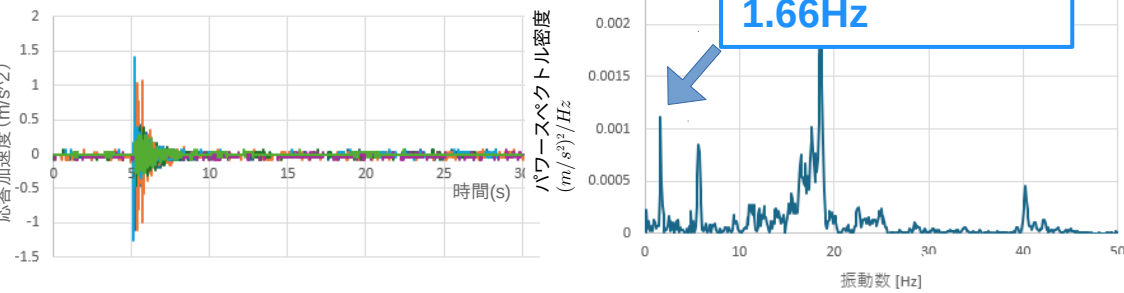
振動モード	減衰定数
鉛直逆対称一次	0.0363
水平逆対称一次	0.0366



道路橋の固有振動数及び振動モードを得ることができた

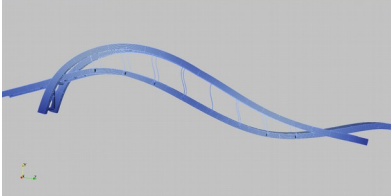
・衝撃を大きくしたら
道路橋にも適用できる。
・降水→固定が難しかった

みどり橋の測定結果

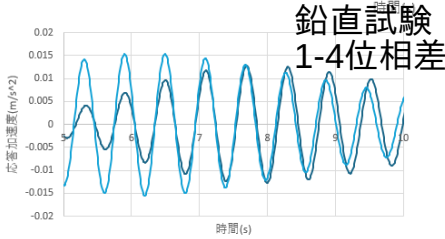
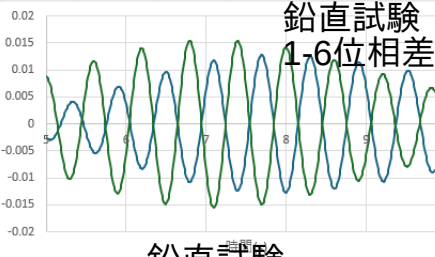
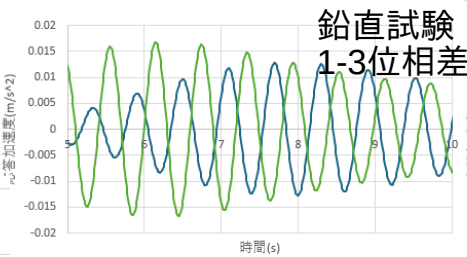


振動モード	固有振動数
鉛直逆対称一次	1.66Hz
鉛直対称一次	2.73Hz

振動モード	減衰定数
鉛直逆対称一次	0.0368
鉛直対称一次	0.0369



位相差



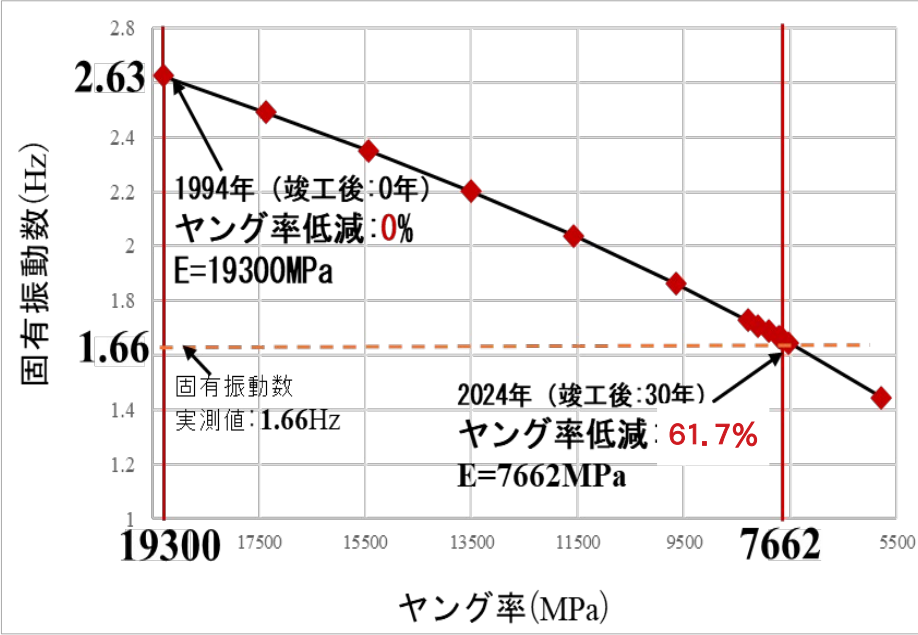
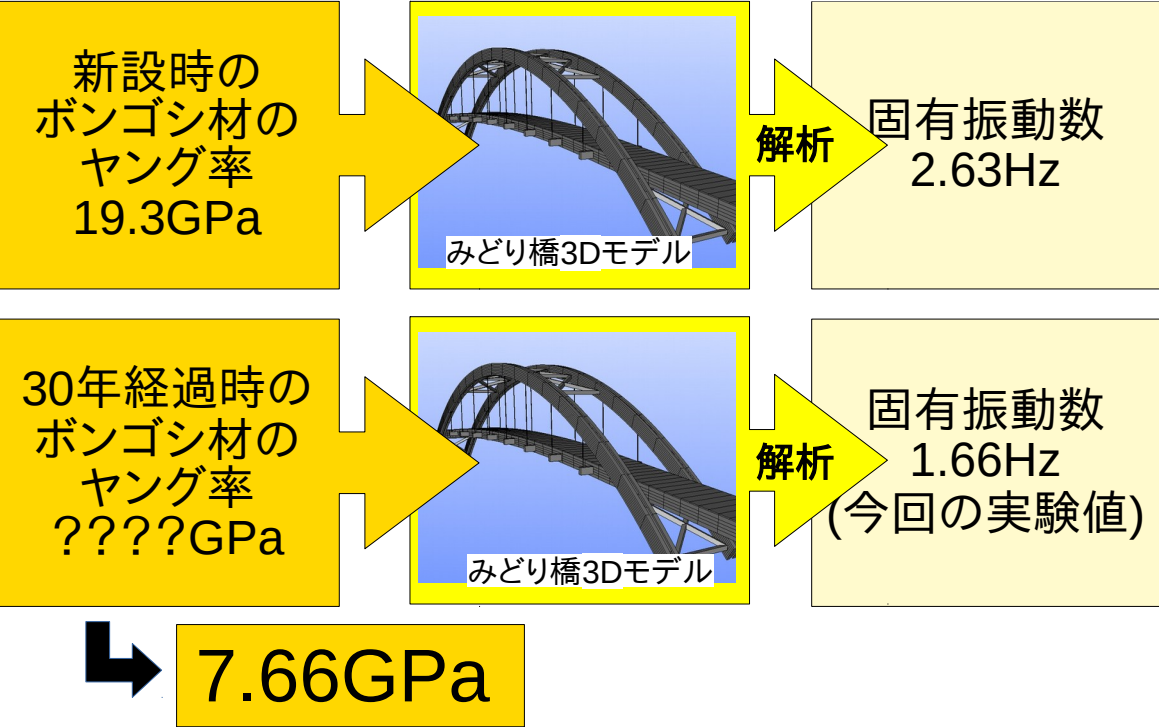
長スパン歩道橋の固有振動数と振動モードの推定ができた。

歩道橋を対象とした場合はタブレット端末による振動試験は十分に実用的である。

※橋長が大きい橋梁は揺れやすい
→橋長が小さい橋梁は？

固有振動数から劣化度を推定する

材料の腐朽によるヤング率低減の総合→固有振動数の低減



橋全体の
ヤング率低減: **61.7%**

石川県のこおろぎ橋は
ヤング率低減が60%で架け替え

みどり橋も架け替えが必要な時期に差し掛かっている

まとめ

- ・歩道橋には実用性◎、道路橋には衝撃が弱い場合がある
- ・その他作業効率、天候条件などに改善・対策の余地あり

対策及び展望

画面の操作性

→対策:測定開始・終了の自動化

降水時のタブレットの固定

→別の固定方法の考案、固定不十分の影響は？

加振・衝撃不足

→対策:落とし方を工夫する。
滑車やてこの原理を活用する。

展望

- ・より多くの橋で、実用性を確認
- ・調査済みの橋も再度調査→データから劣化度や劣化の状況の推定をする方法を確認

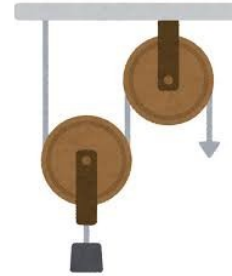
道路橋



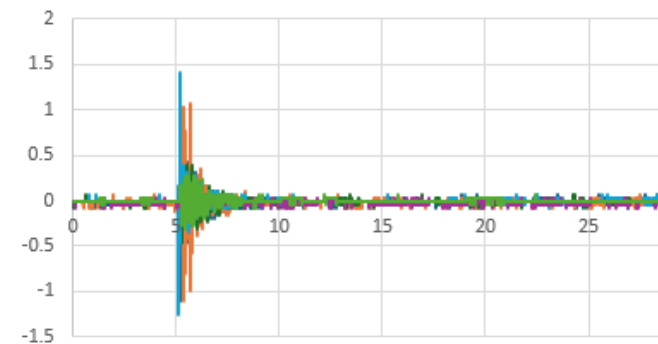
道路橋



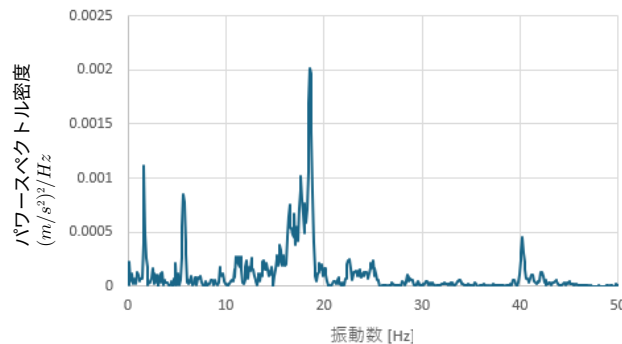
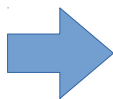
歩道橋



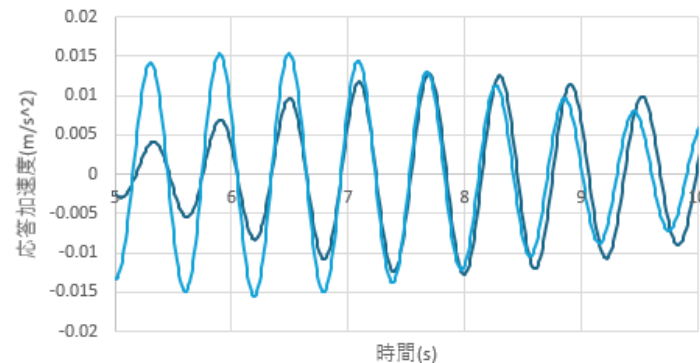
データの処理方法



加振による振動以外の
雑音が多い



パワースペクトルの密度が大きい点
→加振による卓越



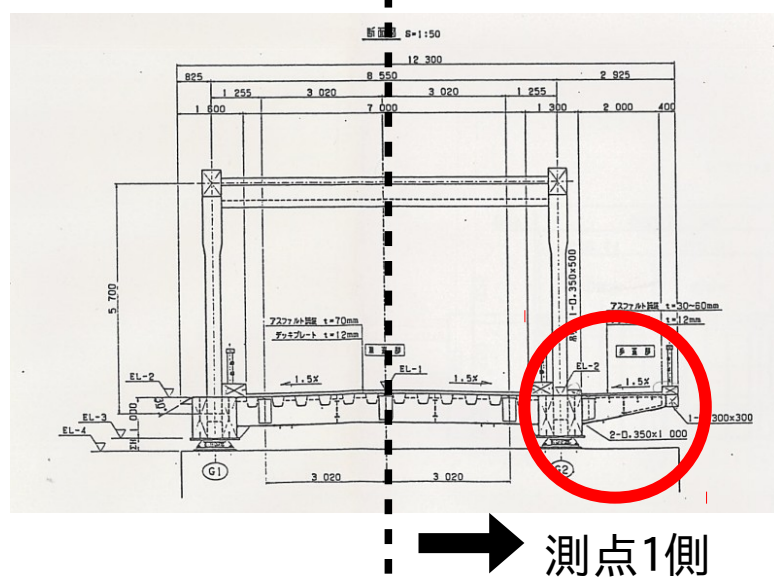
1.66Hz周辺の波形を取り出す。

FFT処理
(MATLABを使用)

bandpass処理で
周波数帯指定
1.65Hz~1.67Hz
(MATLABを使用)

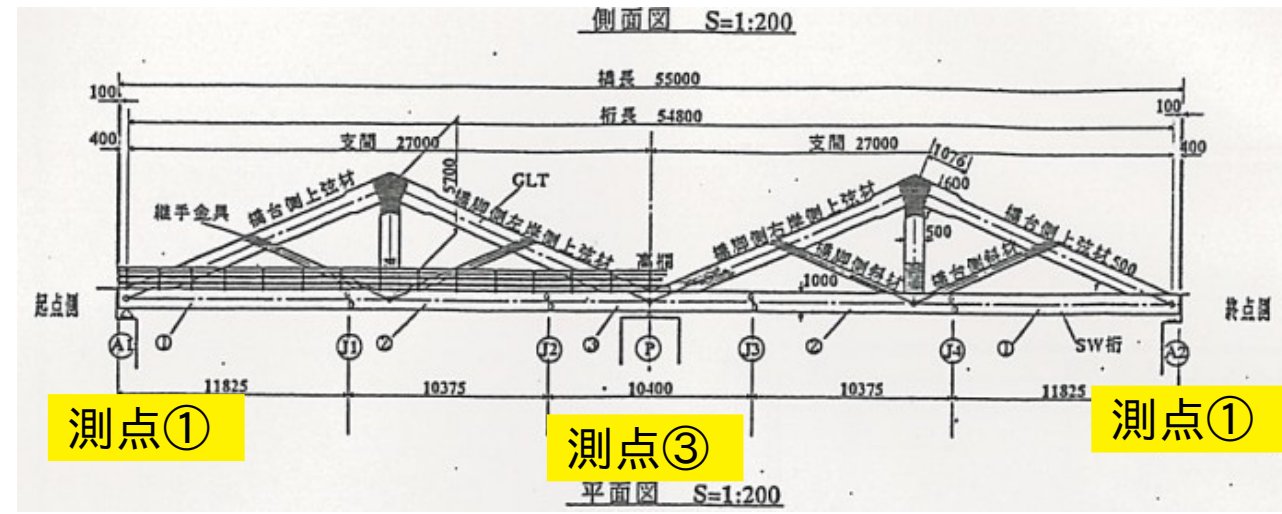
坊中橋の振動について

橋軸方向断面図



片側にのみ側道あり
重量の偏りが振動の差に繋がった??

橋軸直角方向断面図



トラス一つずつに試験を行なった。
2つの床版が連続している→固定条件が多い→振動しづらい

今後試験したい橋



坊川林道二号橋

- ・集成材が使われた最初の道路橋
 - ・設計荷重14t
- おそらく振動波形は得られる。



湯ノ又橋

- ・洪水被害に複数回さらされている
- 健全度を見たい。
- ・設計荷重14t

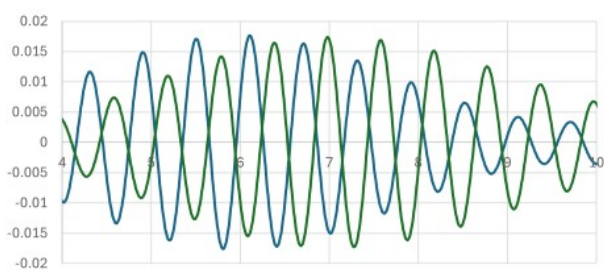
湯ノ又橋



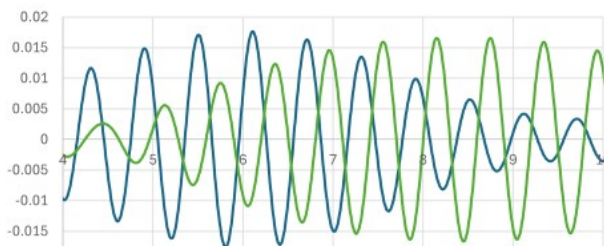
めおと橋(二回目)

- ・前回の試験から三年ほど経過している。
- 劣化診断をしたい。

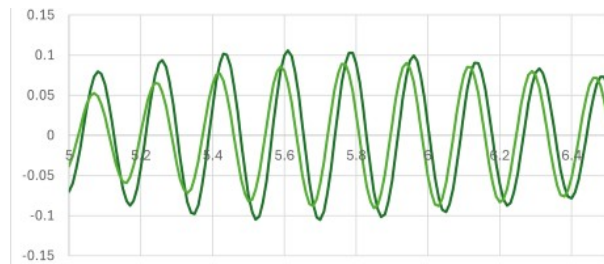
振動モードの推定



●:タブレット① ●:タブレット③



●:タブレット① ●:タブレット⑥

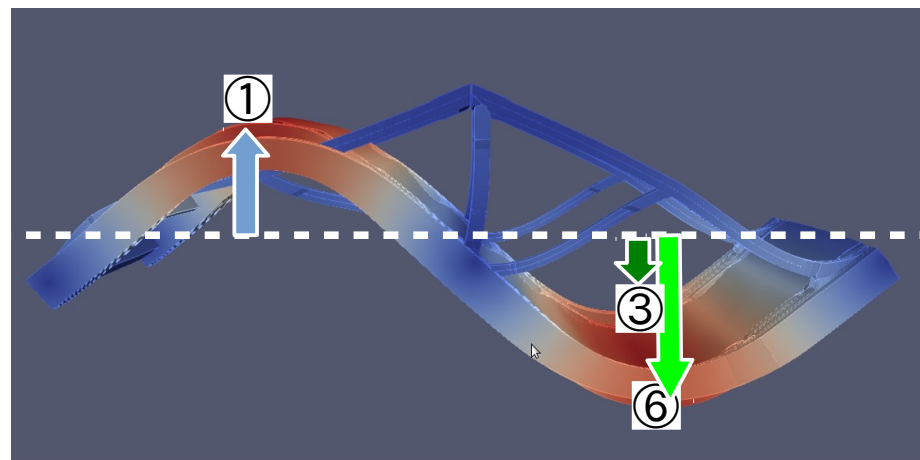
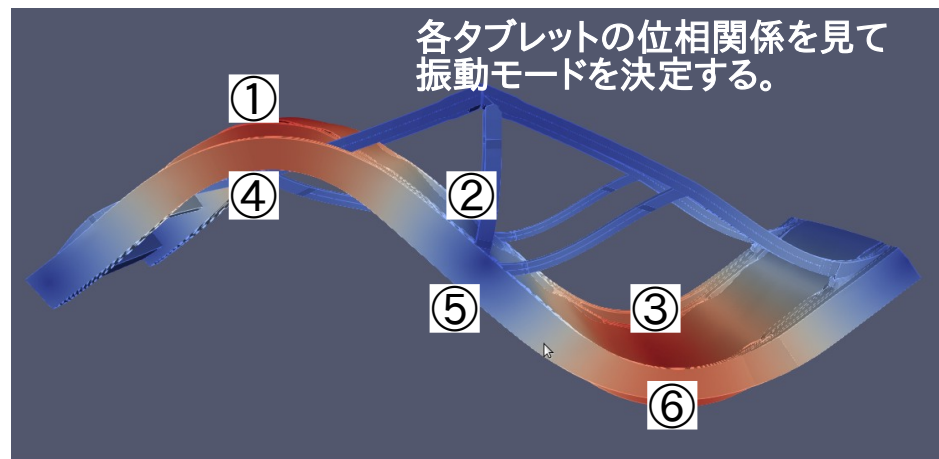


●:タブレット③ ●:タブレット⑥

逆位相

逆位相

同位相



鉛直逆対象一次モード

応答加速度から振動使用性を評価する

みどり橋

歩行試験概要
歩調はメトロノームで調整
1.5Hz～2.3Hzで試験

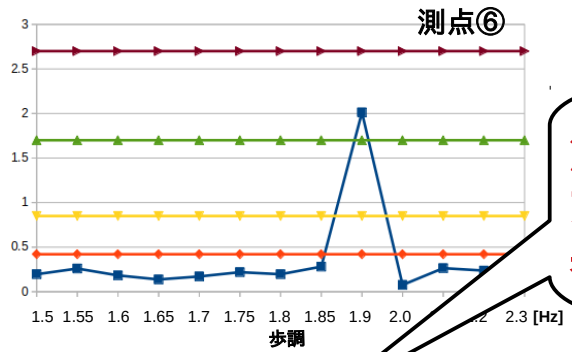
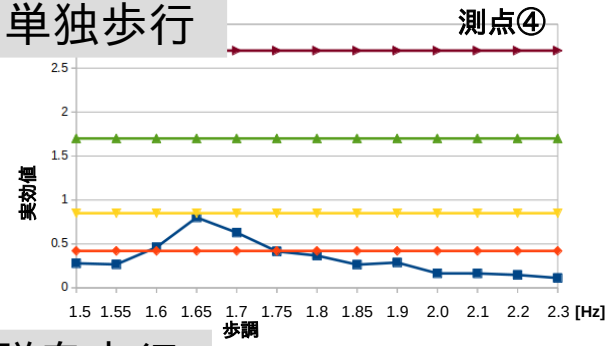
応答加速度の実効値
測点の振動速度の最大値に
1/√2をかけた値で評価

	振動使用性	応答速度の実効値
▶ 1	大いに歩きにくい	2.7
▶ 2	少し歩きにくい	1.7
▶ 3	明らかに振動を感じる	0.85
▶ 4	振動を感じ始める	0.42



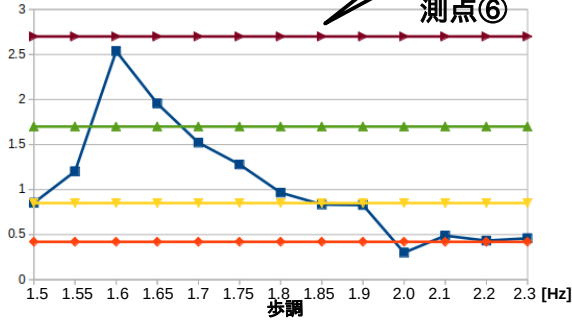
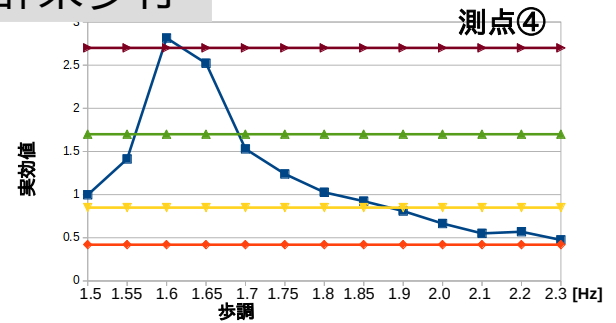
群衆歩行時の様子

単独歩行



測点④と⑥で
大いに歩きにくい
基準を超えている

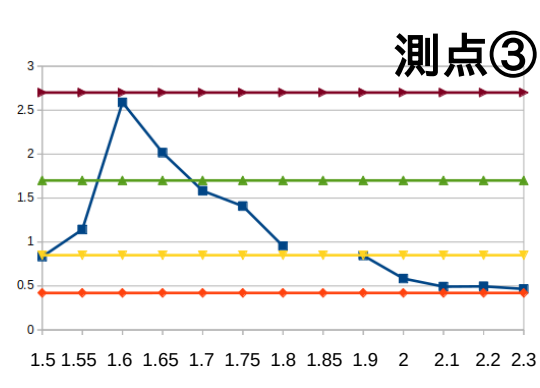
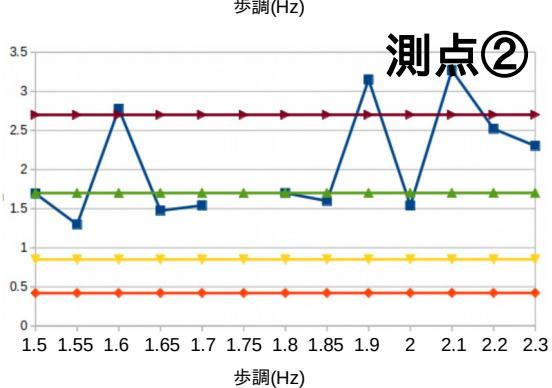
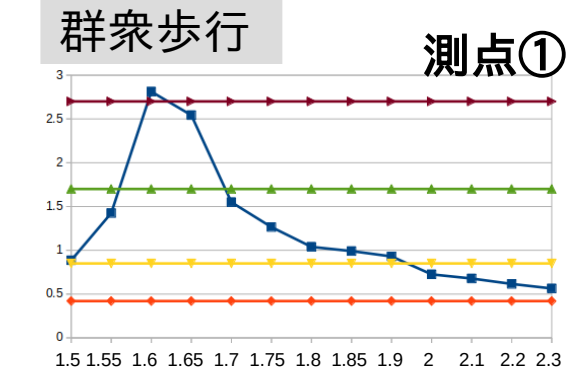
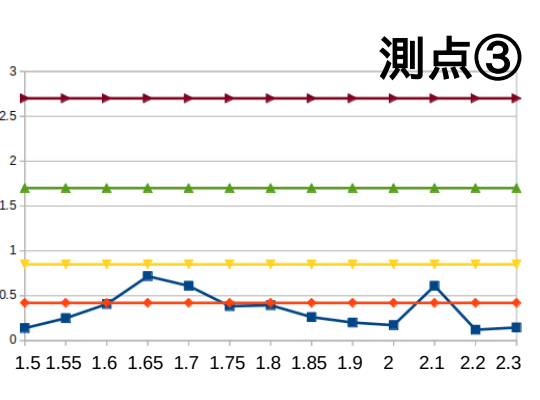
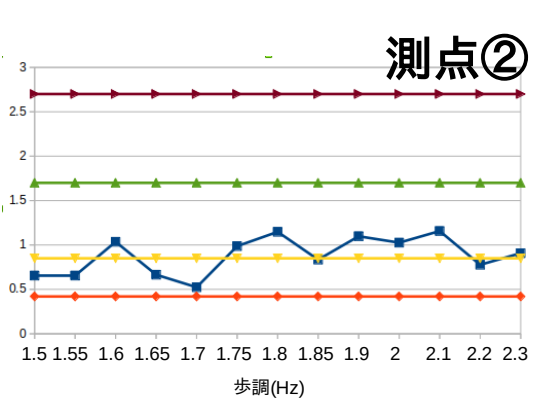
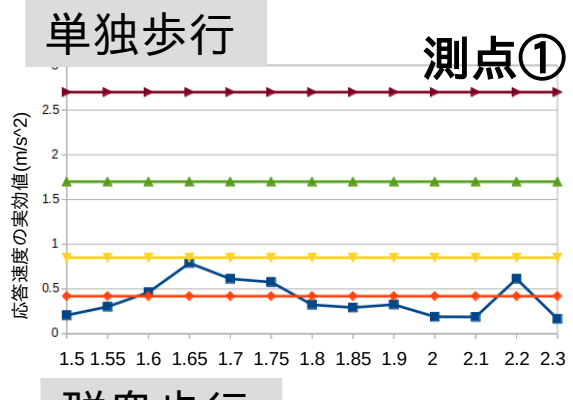
群衆歩行



歩きやすさも重要な振動特性
基準となる事例は無いがメンテナンス
の参考にできる??

- ・歩行者の振動に対する認識
- ・剛性低減と使用性の関係

応答加速度から振動使用性を評価する



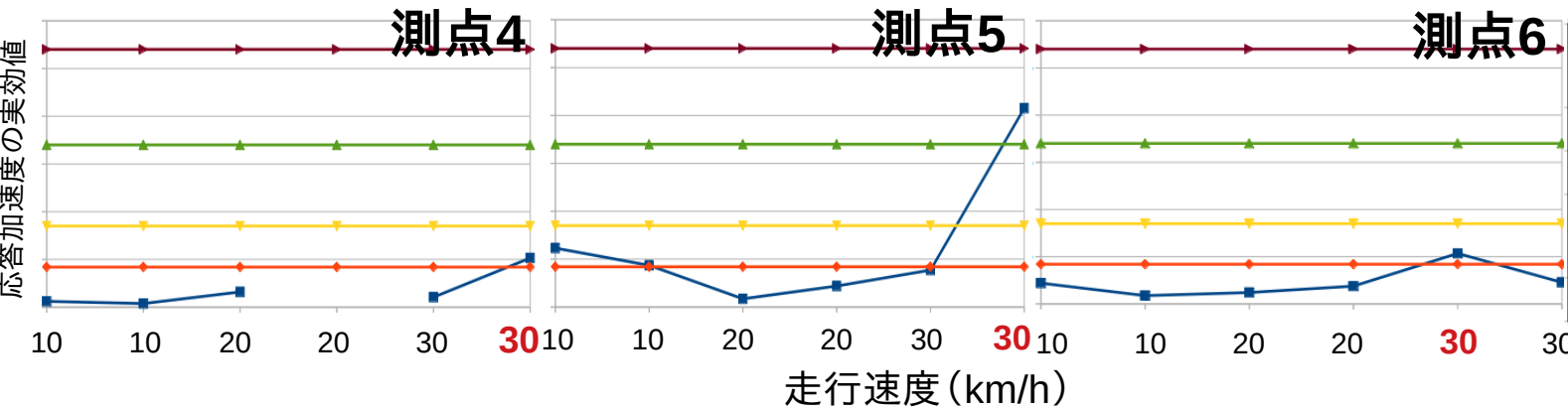
	振動使用性	応答速度の実効値
1	大いに歩きにくい	2.7
2	少し歩きにくい	1.7
3	明らかに振動を感じる	0.85
4	振動を感じ始める	0.42

群衆の測点②: 共振以外にも大きく揺れている

局所的な腐朽があるかも、

応答加速度から振動使用性を評価する

百目石橋



	振動使用性	応答速度の実効値
1	大いに歩きにくい	2.7
2	少し歩きにくい	1.7
3	明らかに振動を感じる	0.85
4	振動を感じ始める	0.42

時速30km/h程度で使用性に問題が生じ始めている。

高速走行は難しい、もしくは必要ない
→歩行者の振動使用性という観点では問題はないと言える。

ただし、

周辺環境を見ると目視で腐朽箇所が分かる。
ゴミや草木が多数見られた→放置されていた??
→メンテナンスは必要かも



百目石橋の劣化度推定について

- ・百目石橋は数値解析に使える程度の3Dモデルができていない。
- ・図面もない。
→解析値が得られない。
- ・架橋時の実験値があるが経年による劣化傾向を考えると矛盾した値がでている。
→どちらかの実験値に妥当性がない可能性がある。

今後も複数回試験を重ねて今回と同様の結果が出るようであれば架橋時の値は✖

今回の実験値

振動モード	固有振動数
鉛直逆対称一次	6.74Hz
水平逆対称一次	3.03Hz

架橋時の実験値

振動次数	振動モード	固有振動数 (Hz)			減衰定数 h
		実験値		解析値	減衰自由振動
		常時微動	砂袋落下		
1	Arch-Horizontal 1st	—	—	2.925	—
2	Arch-Horizontal 2nd	—	—	2.927	—
3	Vertical 1st	—	—	6.167	—
4	Vertical 2nd	6.831	6.641	6.656	0.0153
5	Arch-Horizontal 3rd	—	—	8.233	—
6	Arch-Horizontal 4th	—	—	8.238	—
7	Torsional 1st	9.623	9.570	9.566	0.0302
8	Torsional 2nd	10.541	10.840	10.601	0.0169

➡ 鉛直逆対称一次:6.64Hz
水平逆対称一次:2.93Hz

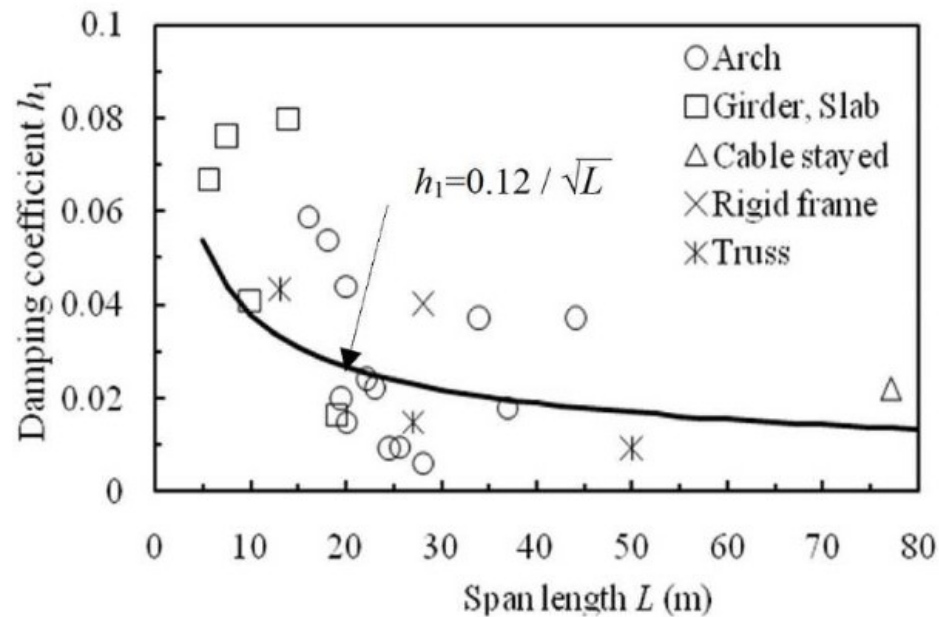


図 2.4.4 支間長と減衰定数

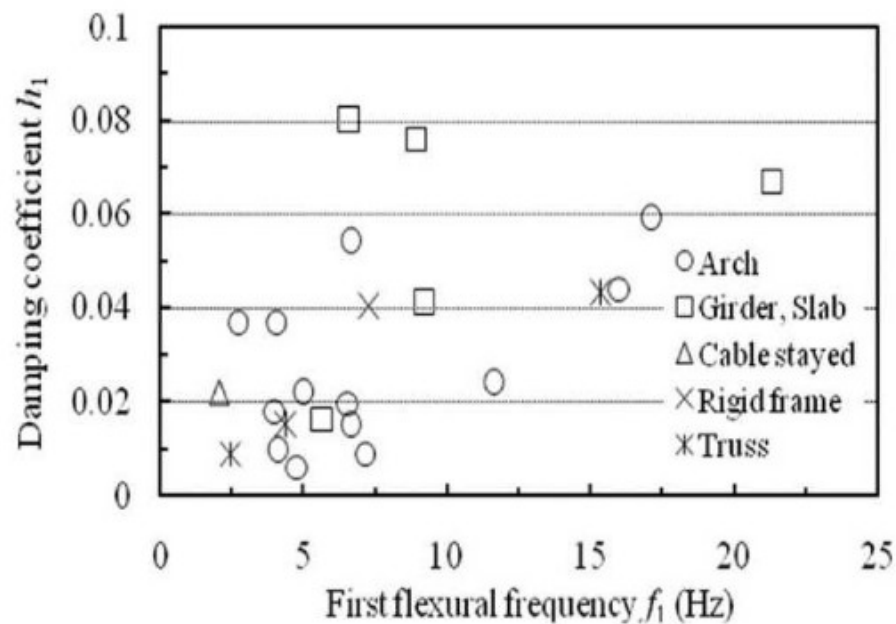


図 2.4.5 固有振動数と減衰定数

橋長60m、固有振動数1.66Hzのみどり橋は減衰定数の傾向と比較すると少し大きめに
出ている。
→ボンゴシ材は剛性が大きく吸収しやすい。

橋長21m、固有振動数6.73Hzの百目石橋は概ねこの傾向に当てはまっている。

