

2015年度 建設学科 卒業研究発表会

共振模型の設計と開発

2016年1月30日

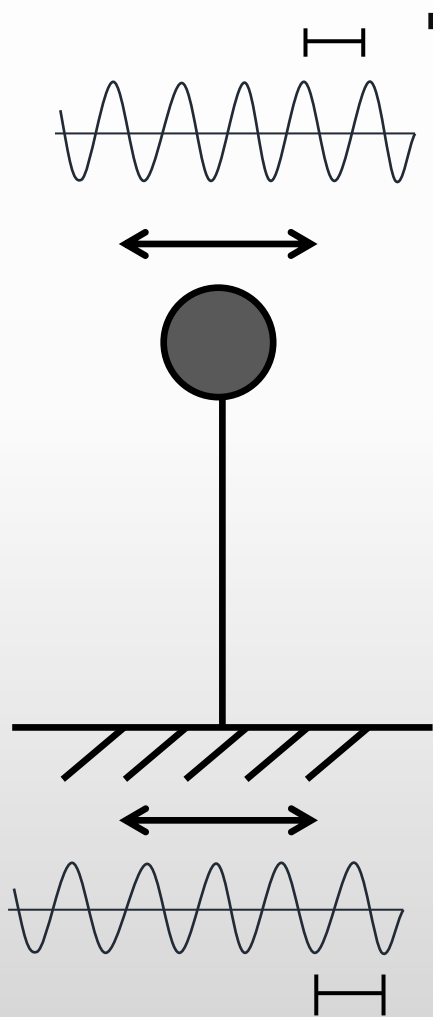
長谷川研究室

01212011 飯島 直哉

発表内容

- 1 背景と目的 (共振現象とは・・・)
- 2 共振模型の設計・開発
- 3 振動台実験による検証
- 4 共振現象の実証試験 (ビデオ)
- 5 まとめ

共振現象とは・・・



T_0 : 建物の固有周期

$T_0 \cong 0.1N$ (N:階数)

共振

$T_0 = T_g$ のときに

応答が増幅する現象

T_g : 入力地震動の卓越周期

阪神大震災の事例



共振模型の設計・開発

① 曲げ剛性の同定

- ・ ピアノ線 ($\phi 3\text{mm}$)
- ・ たわみ量 δ
- ・ 曲げ剛性 EI



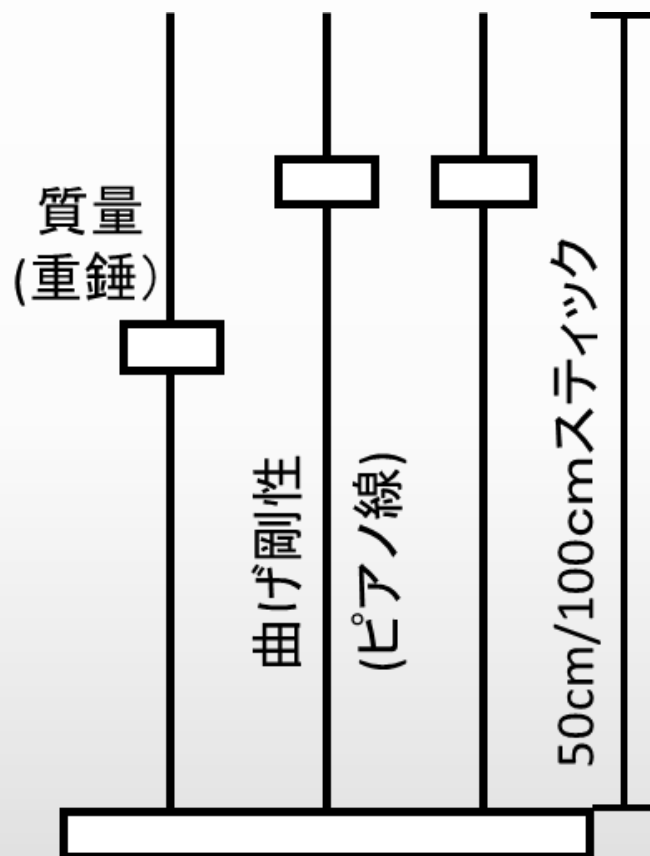
② 固有周期の設定

- ・ 1質点系モデル
- ・ 質量 M
- ・ 剛性 K

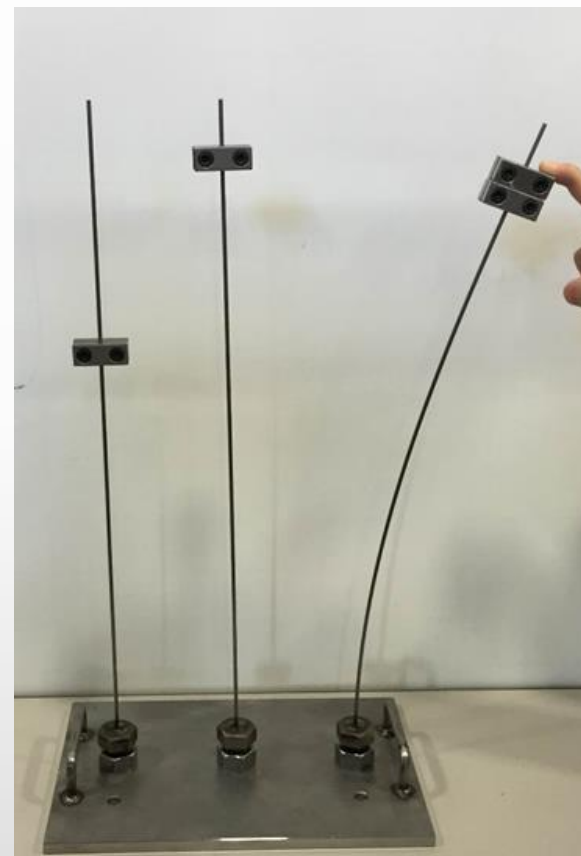


③ 振動台実験

- ・ スウィープ加振
- ・ 加速度応答 \ddot{u}
- ・ 共振曲線 S_A



完成イメージ図



完成模型写真

① 曲げ剛性(EI)の同定

① 曲げ剛性の同定

- ・ ピアノ線 ($\phi 3\text{mm}$)
- ・ たわみ量 δ
- ・ 曲げ剛性 EI



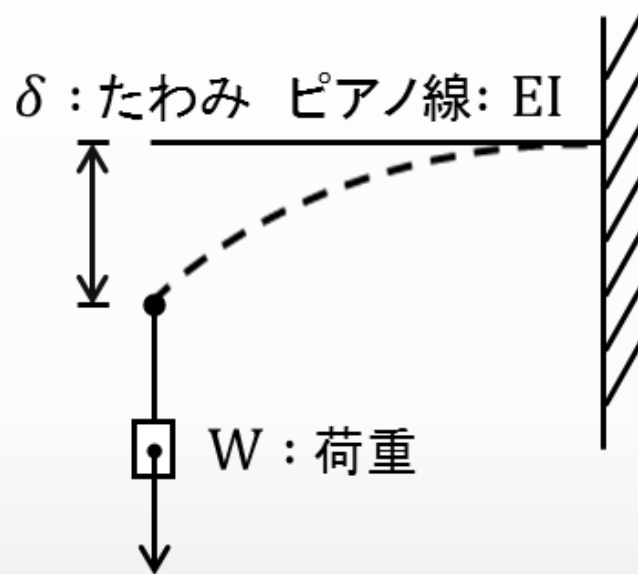
② 固有周期の設定

- ・ 1質点系モデル
- ・ 質量 M
- ・ 剛性 K



③ 振動台実験

- ・ スウィープ加振
- ・ 加速度応答 \ddot{u}
- ・ 共振曲線 S_A



荷重～変形関係

$$K = \frac{W}{\delta}$$



↑ ↓ たわみ計測の様子



②固有周期(T)の設定

①曲げ剛性の同定

- ・ピアノ線 (φ 3mm)
- ・たわみ量 δ
- ・曲げ剛性 EI



②固有周期の設定

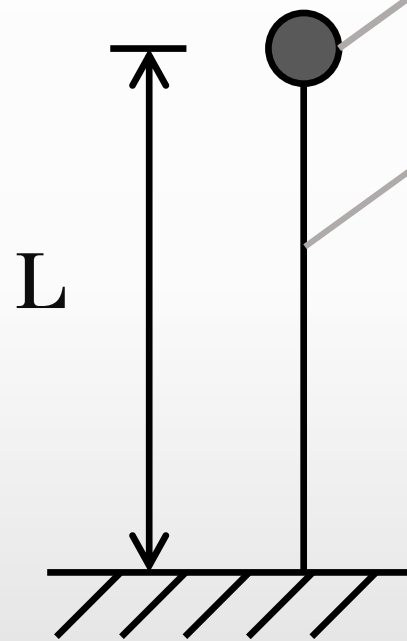
- ・1質点系モデル
- ・質量 M
- ・剛性 K



③振動台実験

- ・スイープ加振
- ・加速度応答 \ddot{u}
- ・共振曲線 S_A

1 質点系モデル



M : 質量 (重錘)

$K = \frac{3EI}{L^3}$: ばね定数
(ピアノ線)



固有周期 T (s)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}} = 2\pi L \sqrt{\frac{ML}{3EI}}$$

③振動台実験

①曲げ剛性の同定

- ・ピアノ線 ($\phi 3\text{mm}$)
- ・たわみ量 δ
- ・曲げ剛性 EI



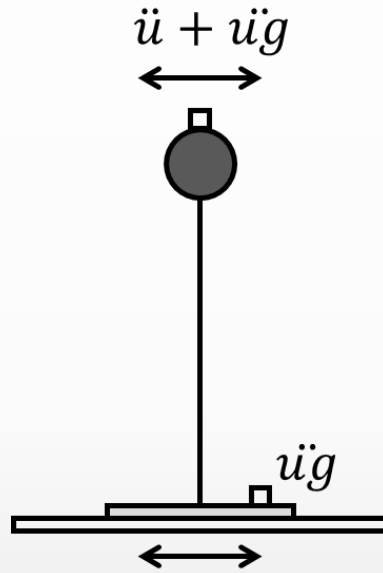
②固有周期の設定

- ・1質点系モデル
- ・質量 M
- ・剛性 K



③振動台実験

- ・スイープ加振
- ・加速度応答 \ddot{u}
- ・共振曲線 S_A



実験の共振曲線

$$S_A(f) = \frac{(\ddot{u} + \ddot{u}g)}{\ddot{u}g}$$

理論の共振曲線

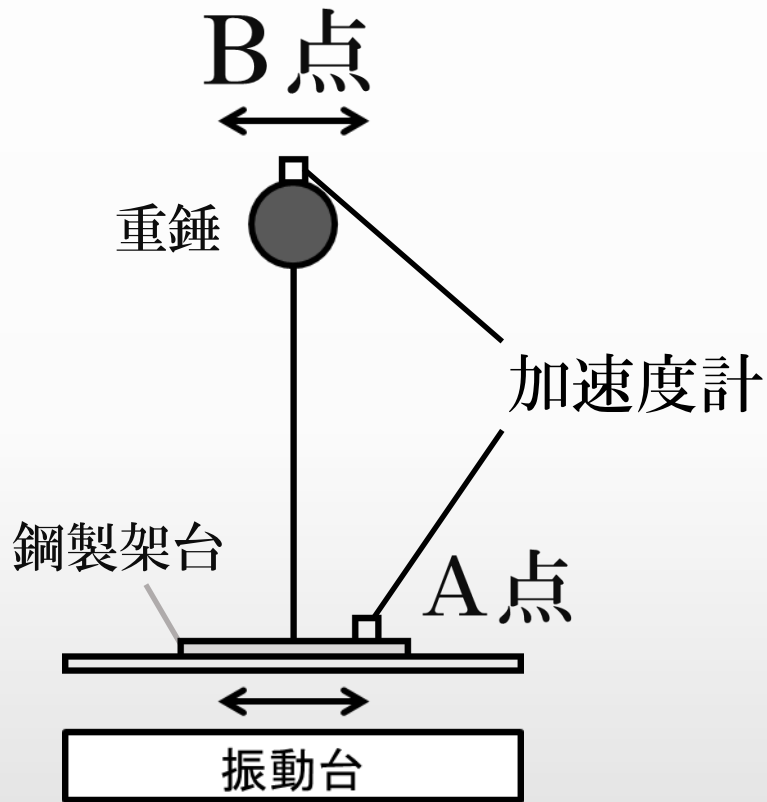
$$|S_A(\eta)| = \sqrt{\frac{1 + 4h^2\eta^2}{(1 - \eta^2)^2 + 4h^2\eta^2}}$$

$$\eta = \frac{f}{f_0}, f_0: \text{固有振動数}, h: \text{減衰定数}$$

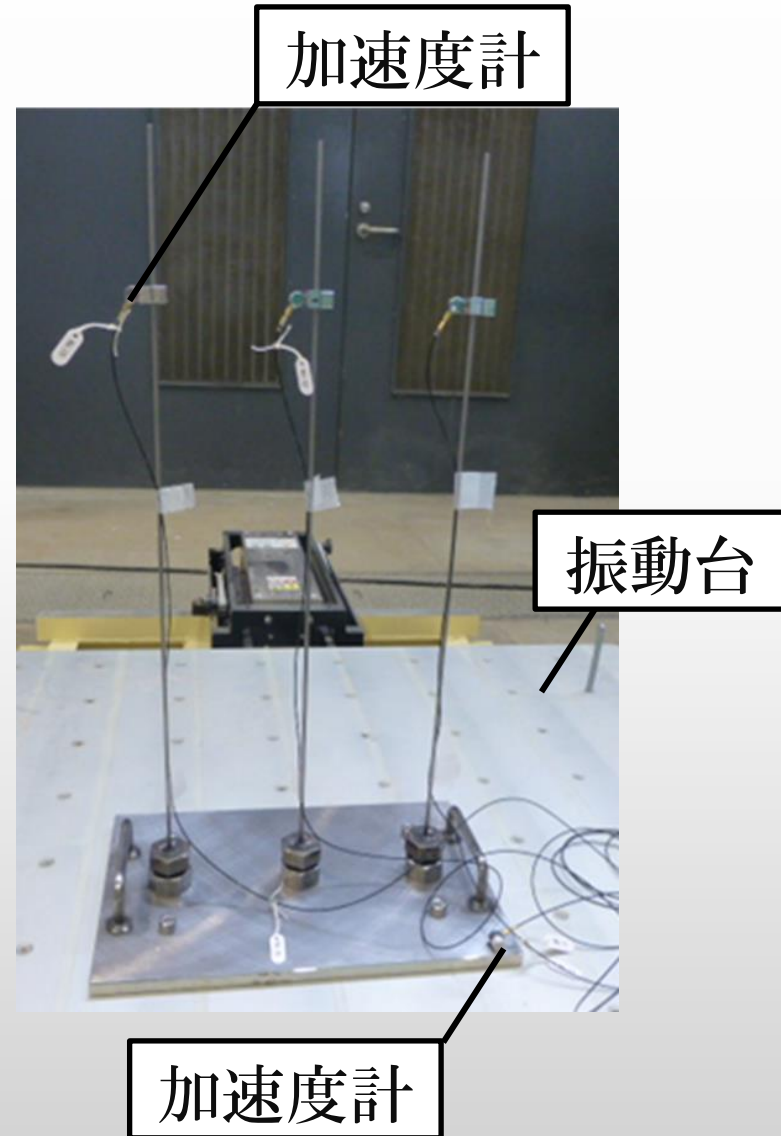
振動台実験による検証



振動台実験による検証



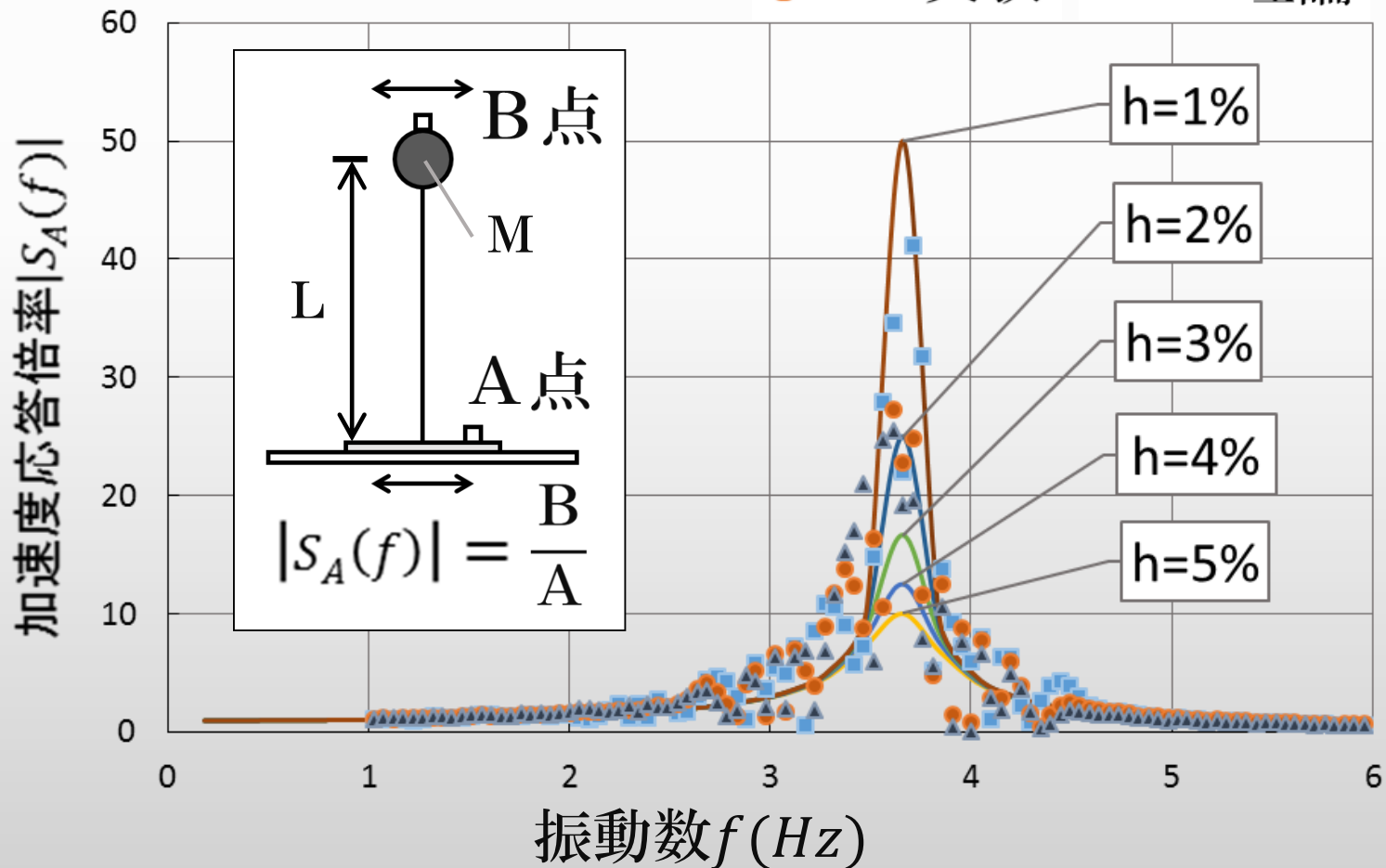
$$|S_A(f)| = \frac{B}{A}$$



実験結果（共振曲線）

$$M = 50g \quad L = 40cm \quad f_0 = 3.66Hz$$

● ▲ ■ 実験 — 理論



共振現象の実証試験

1.8Hz 2.5Hz 3.6Hz



実証試験条件

- ・共振模型の固有振動数を左から
1.8Hz 2.5Hz 3.6Hzに設定
- ・テーブルの振動数を5Hz→1Hzで加振

振動台の加振振動数5.0Hz

※2倍速で編集

まとめ

- 1.ピアノ線を用いて周期帯域の広い共振模型を開発。
- 2.振動台実験により、所定の性能と共振現象を確認。
- 3.学習教材・防災教材としての活用を期待。

補足資料

設計コンセプト

既往開発

- 板ばねを使用
- 質量固定



振動方向、周期帯域
が変更できない

今回の模型

- ピアノ線を使用
- 可動質量



振動方向、周期帯域が
自由に設定できる！

重錘M

質量設置高さL

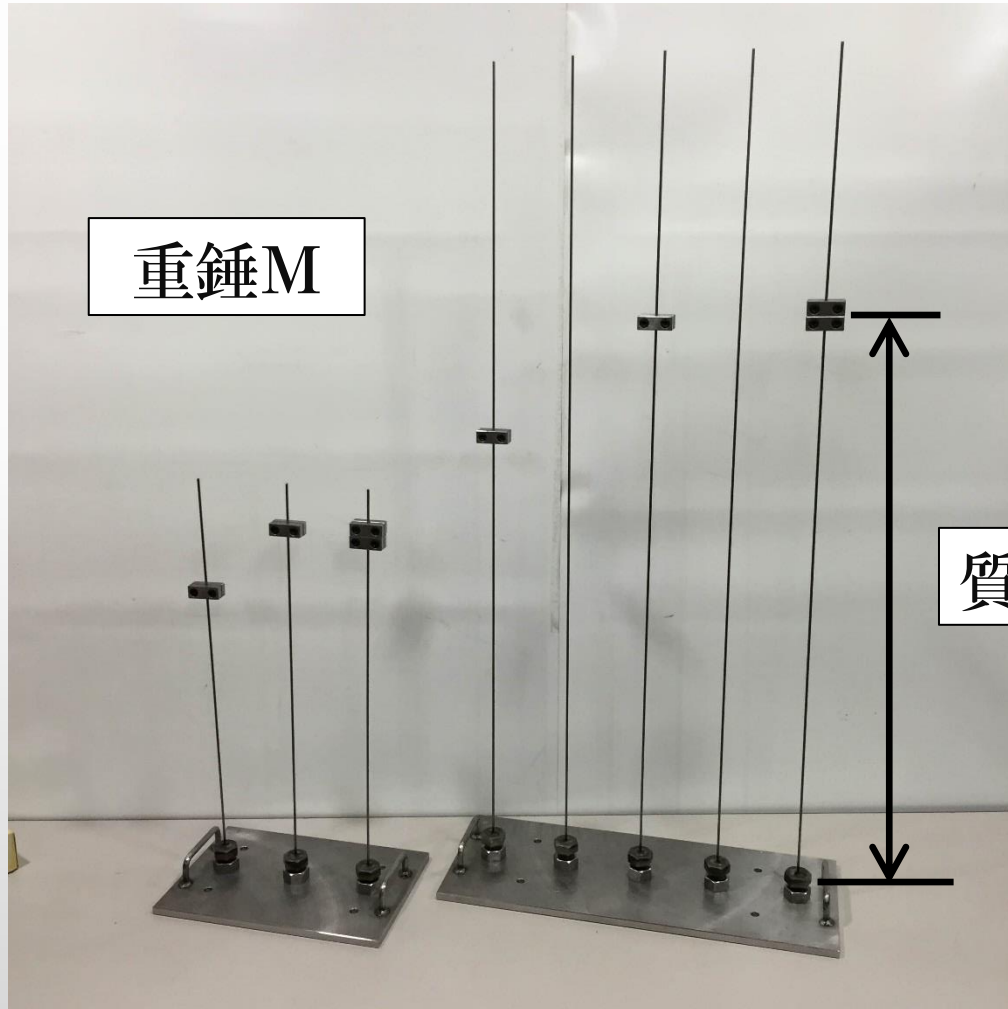


表1：固有周期Tの早見表

50cmスティックモデル

EI=0.563Nm²

L(cm)	M1(g)	M2(g)	M3(g)	M4(g)
	50	100	150	200
25	0.14s (7.40Hz)	0.19s (5.23Hz)	0.23s (4.27Hz)	0.27s (3.70Hz)
30	0.18s (5.63Hz)	0.25s (3.98Hz)	0.31s (3.25Hz)	0.36s (2.81Hz)
35	0.22s (4.47Hz)	0.32s (3.16Hz)	0.39s (2.58Hz)	0.45s (2.23Hz)
40	0.27s (3.66Hz)	0.39s (2.59Hz)	0.47s (2.11Hz)	0.55s (1.83Hz)
45	0.33s (3.06Hz)	0.46s (2.17Hz)	0.57s (1.77Hz)	0.65s (1.53Hz)
50	0.38s (2.62Hz)	0.54s (1.85Hz)	0.66s (1.51Hz)	0.76s (1.31Hz)

100cmスティックモデル

EI=0.358Nm²

L(cm)	M1(g)	M2(g)	M3(g)	M4(g)
	50	100	150	200
75	0.88s (1.14Hz)	1.25s (0.80Hz)	1.53s (0.66Hz)	1.76s (0.57Hz)
80	0.97s (1.03Hz)	1.37s (0.73Hz)	1.68s (0.60Hz)	1.94s (0.52Hz)
85	1.06s (0.94Hz)	1.50s (0.67Hz)	1.84s (0.54Hz)	2.12s (0.47Hz)
90	1.16s (0.86Hz)	1.64s (0.61Hz)	2.00s (0.50Hz)	2.32s (0.43Hz)
95	1.26s (0.80Hz)	1.78s (0.56Hz)	2.17s (0.46Hz)	2.51s (0.40Hz)
100	1.36s (0.74Hz)	1.92s (0.52Hz)	2.35s (0.43Hz)	2.71s (0.37Hz)

重錘M

質量設置高さL

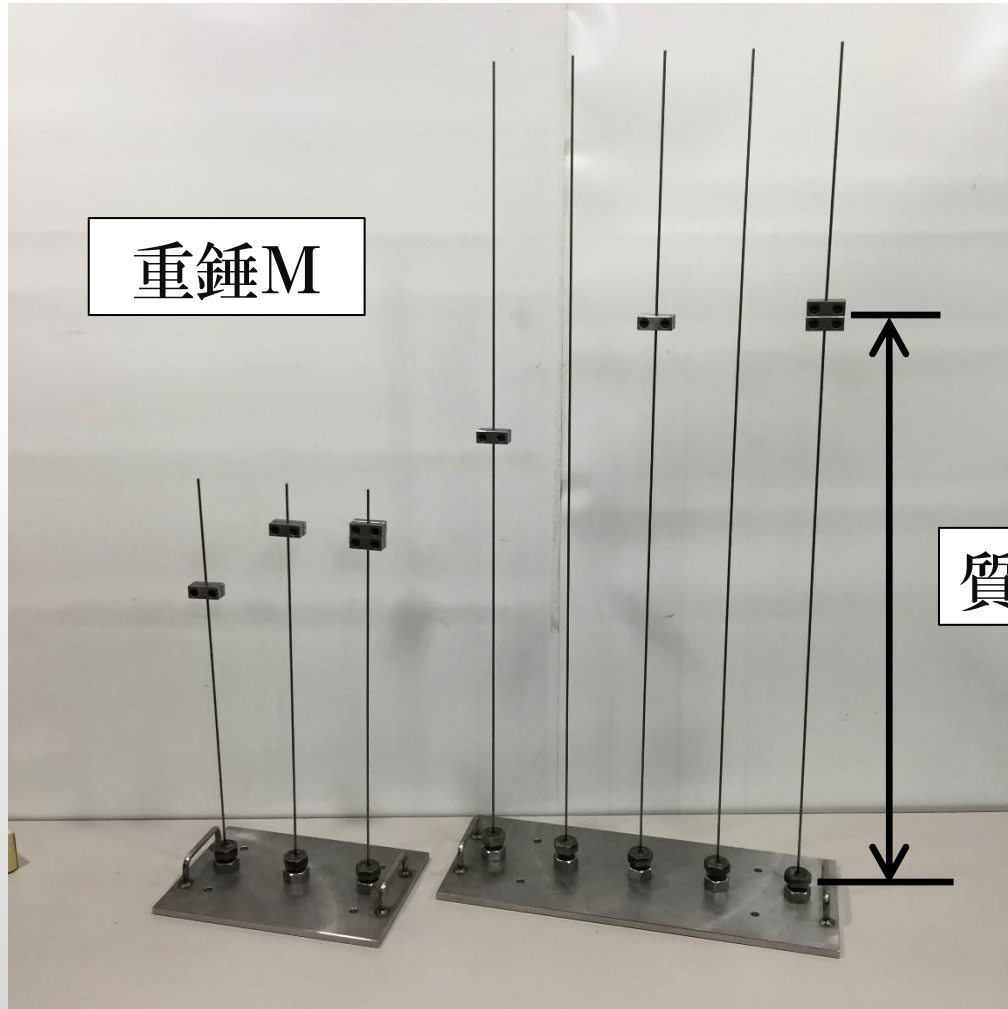


表2：設置高さLの早見表

50cmスティックモデル

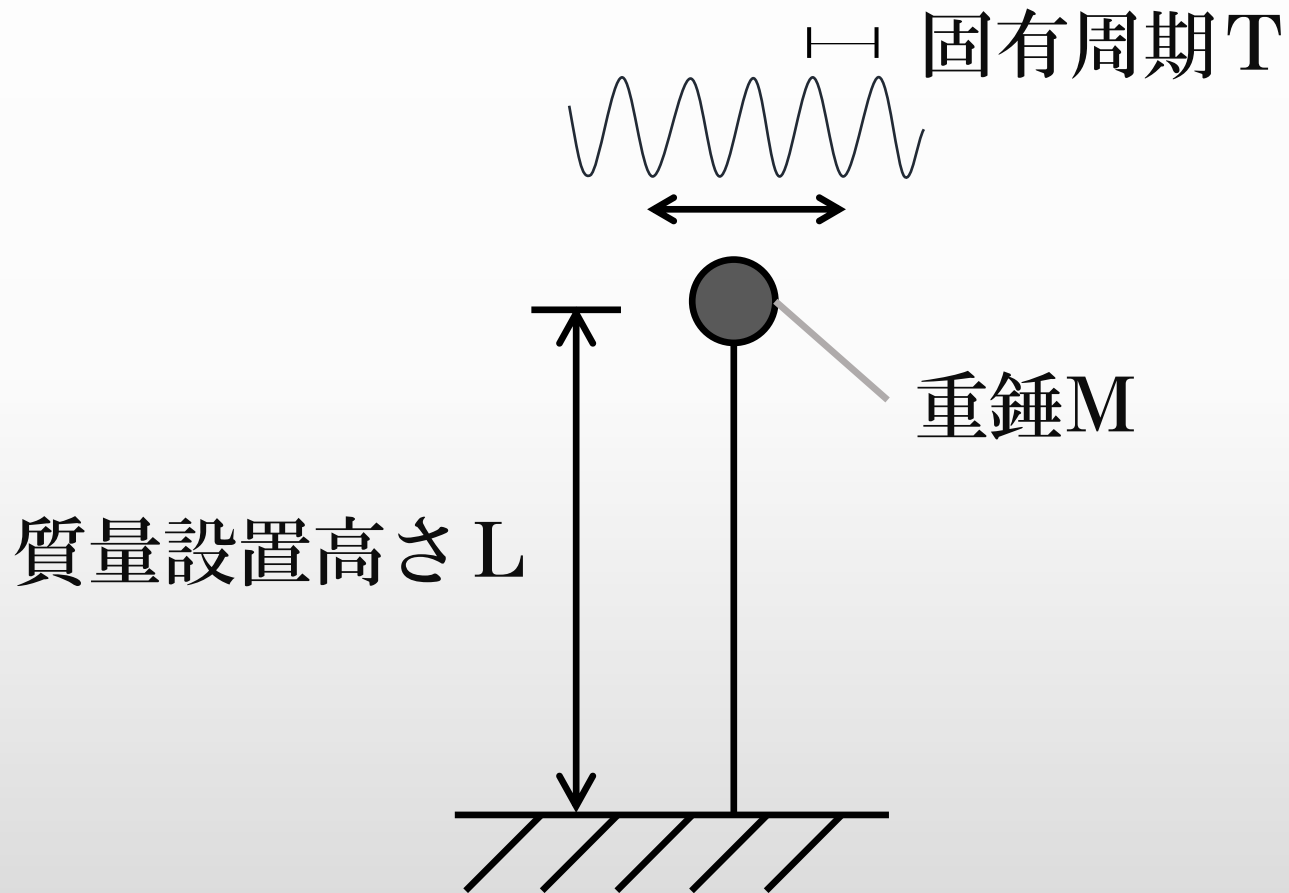
EI=0.563N^m

T(f)	M1(g)	M2(g)	M3(g)	M4(g)
	50	100	150	200
0.25s (4.00Hz)	37.7cm	29.9	26.1	23.7
0.30s (3.33Hz)	42.5	33.8	29.5	26.8
0.35s (2.86Hz)	47.1	37.4	32.7	29.7
0.40s (2.50Hz)	—	40.9	35.7	32.5
0.45s (2.22Hz)	—	44.2	38.7	35.1
0.50s (2.00Hz)	—	47.5	41.5	37.7

100cmスティックモデル

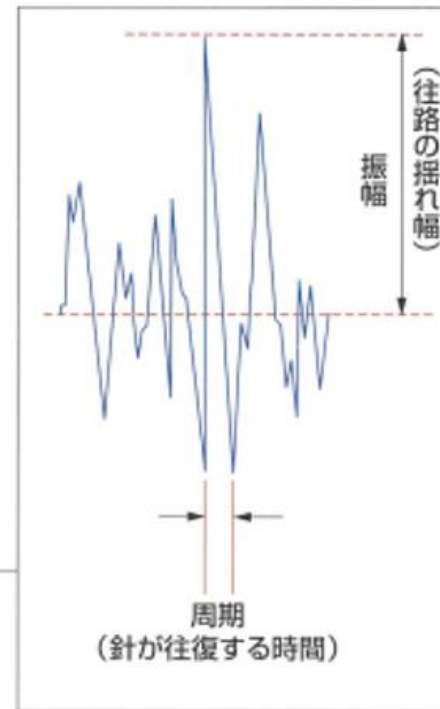
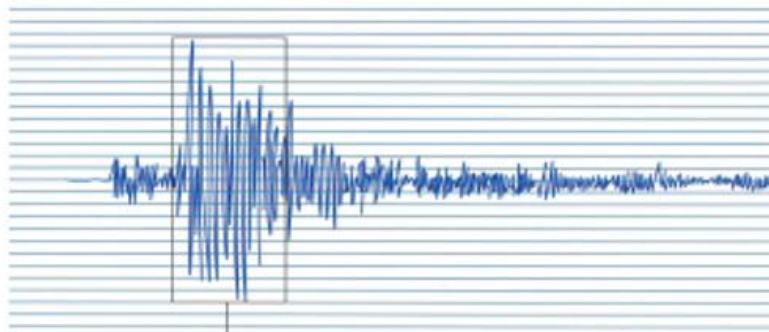
EI=0.358N^m

T(f)	M1(g)	M2(g)	M3(g)	M4(g)
	50	100	150	200
0.60s (1.67Hz)	58.1cm	46.1	40.3	36.6
0.80s (1.25Hz)	70.4	55.8	48.8	44.3
1.00s (1.00Hz)	81.6	64.8	56.6	51.4
1.20s (0.83Hz)	92.2	73.2	63.9	58.1
1.50s (0.67Hz)	—	84.9	74.2	67.4
2.00s (0.50Hz)	—	—	89.9	81.6



キラールパルスとは

●地震計が記録する地震波



しんぶく
振幅: 往路だけの揺れ幅のこと
しゅうき
周期: 針が往復する時間のこと

周期1秒～2秒の地震動。木造家屋、非木造の中低層建築物が最も揺れやすい地震動。

ピアノ線を選んだ理由

ピアノ線の用途

自動車、船舶、農機具の弁ばね
自動車のクラッチ・ブレーキばね
機械部品の精密ばね

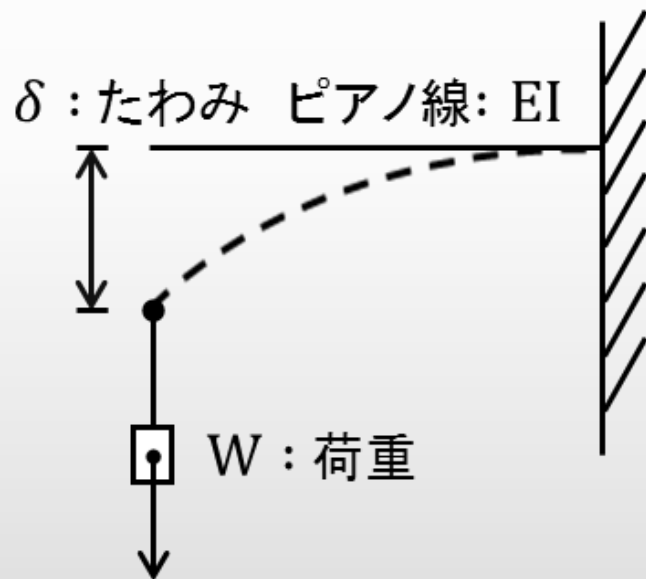
鉄線に比べ硬い → 安定性が増す

線であること → 周期帯域を広く取れる

EIが異なる理由

50cmスティックモデル $EI = 0.563 \text{Nm}^2$

100cmスティックモデル $EI = 0.358 \text{Nm}^2$



主な原因の推測・・・
たわみ実験の際の
ねじれ・よれ

振動台実験によりそれぞれのEIを上記のもので計算して問題がないことが分かった

③振動台実験

①曲げ剛性の同定

- ・ ピアノ線 ($\phi 3\text{mm}$)
- ・ たわみ量 δ
- ・ 曲げ剛性 EI



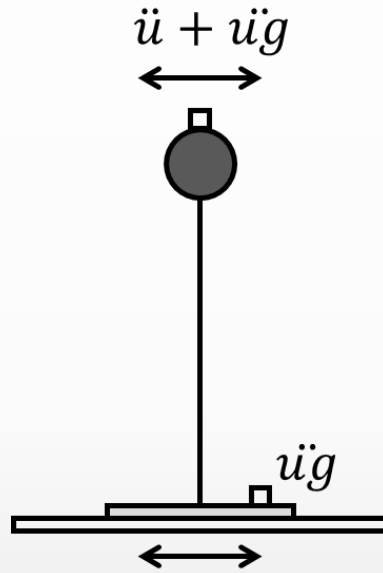
②固有周期の設定

- ・ 1質点系モデル
- ・ 質量 M
- ・ 剛性 K



③振動台実験

- ・ スウィープ加振
- ・ 加速度応答 \ddot{u}
- ・ 共振曲線 S_A



実験の共振曲線

$$S_A(f) = \frac{(\ddot{u} + \ddot{u}g)}{\ddot{u}g}$$

理論の共振曲線

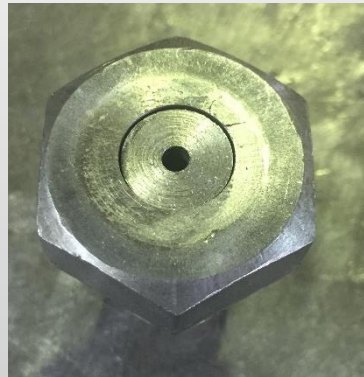
$$|S_A(\eta)| = \sqrt{\frac{1 + 4h^2\eta^2}{(1 - \eta^2)^2 + 4h^2\eta^2}}$$

$$\eta = \frac{f}{f_0}, f_0: \text{固有振動数}, h: \text{減衰定数}$$

模型拡大図



重錘固定部



← ↑
ピアノ線固定部