

転がり支承を用いた 免震構造模型の開発

2020/1/29

長谷川研究室

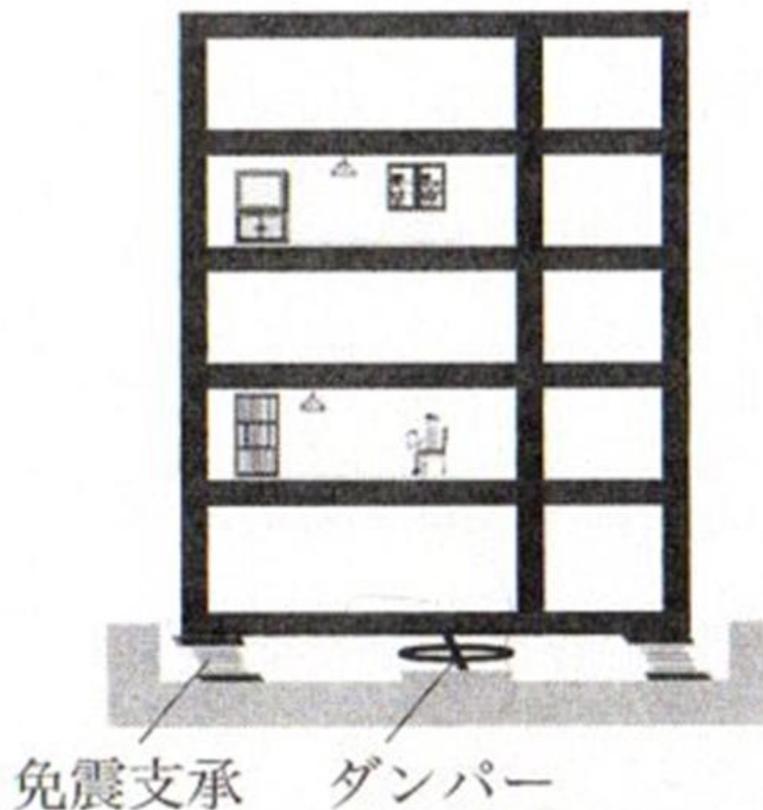
01612125 山田寛之

背景と目的

1. **免震構造の原理**は広く知られているとは言えない。（背景）
2. **転がり支承**と**引きばね**を利用したモデル開発をする。（開発）
3. 開発したモデルの効果を**振動台実験**で実証的に検討する。（目的）

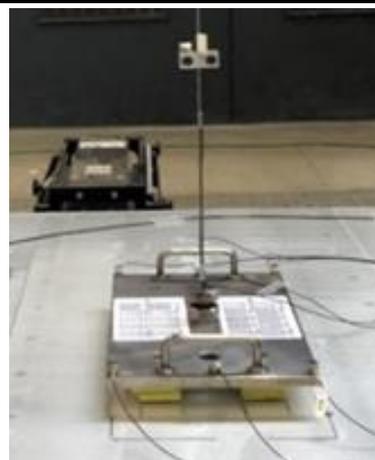
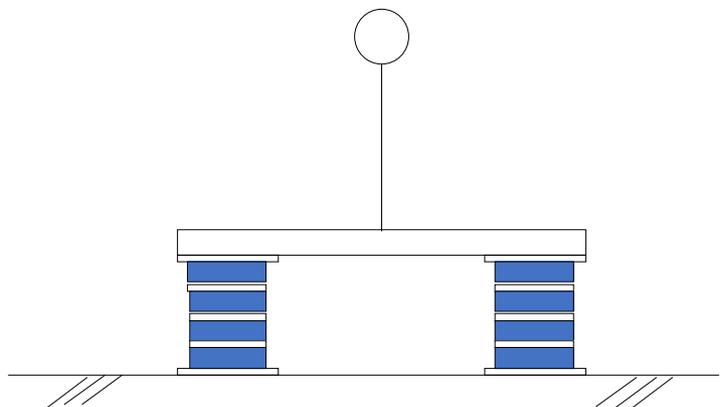
免震とは…

免震構造とは建物と基礎の間を絶縁し、地震入力を遮断して建屋の応答を低減させる構造である。



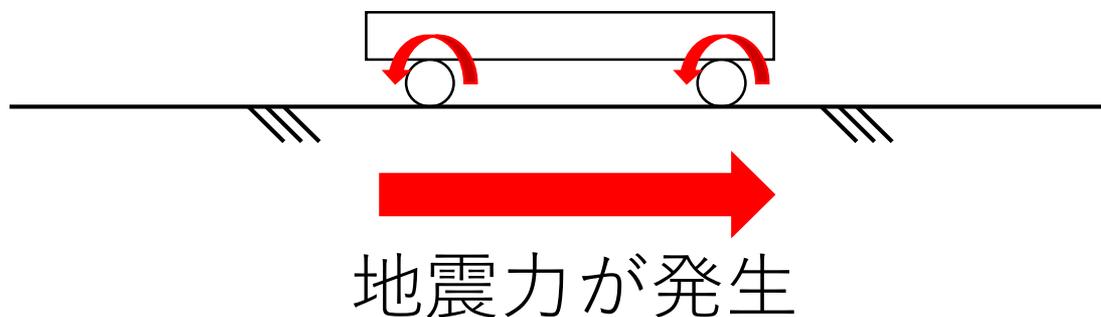
免震支承の種類

免震支承	積層ゴム支承	天然ゴム系積層ゴム支承
		高減衰ゴム系積層ゴム支承
		鉛プラグ型積層ゴム支承
	すべり支承	弾性すべり支承
	転がり支承	ボールベアリング支承



免震構造模型の開発

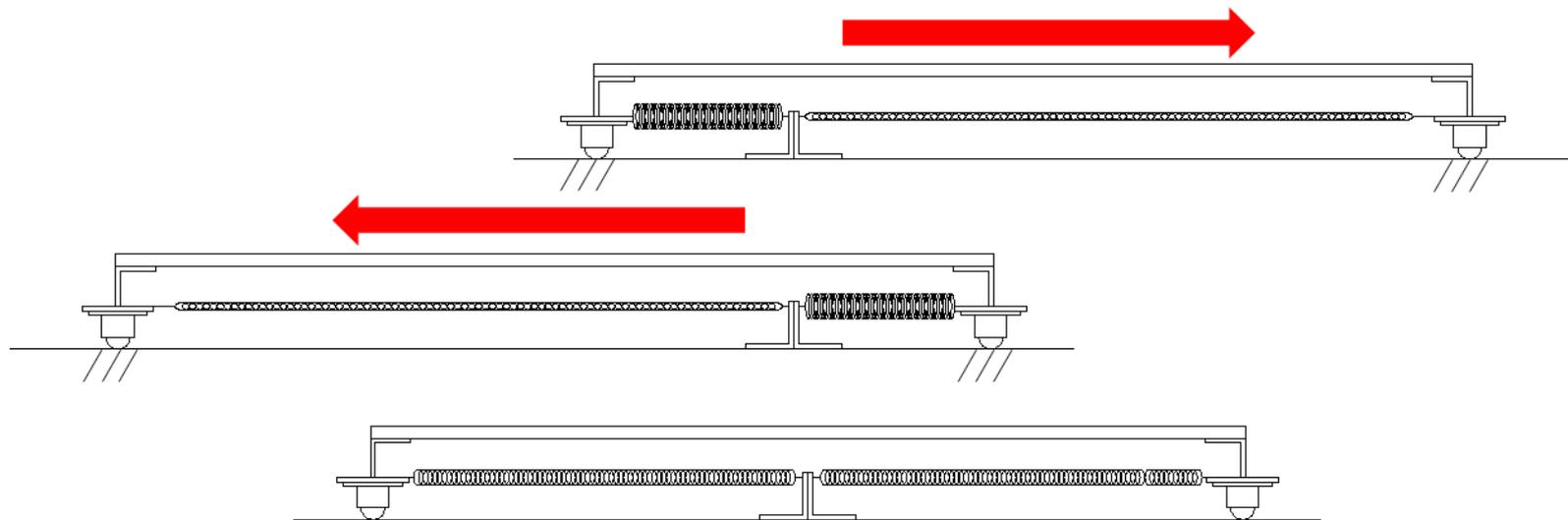
転がり支承のメカニズム



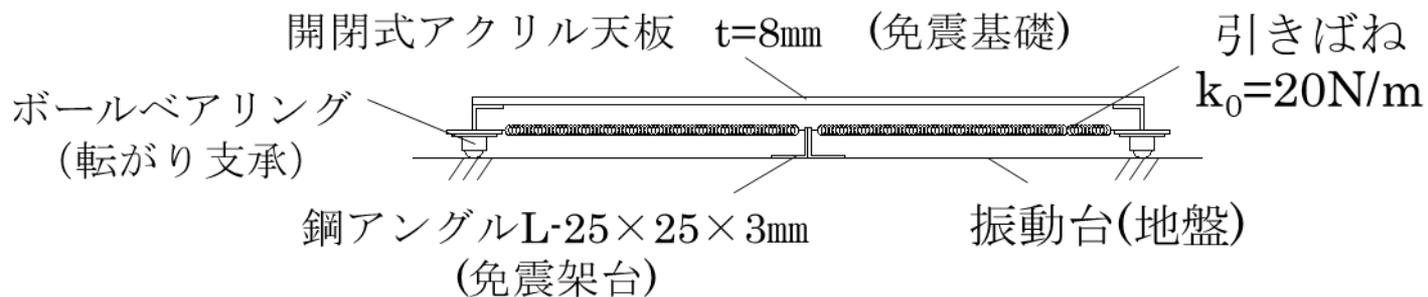
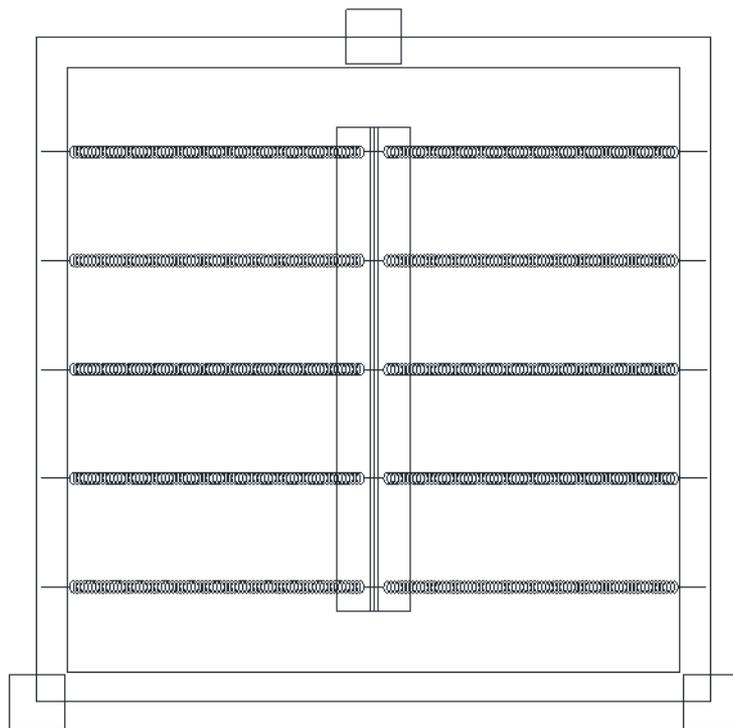
そのため
移動分を引き戻す必要がある

免震模型のアイデア

模型本体が慣性力により移動した際に、ばねの復元力により移動分を戻す。

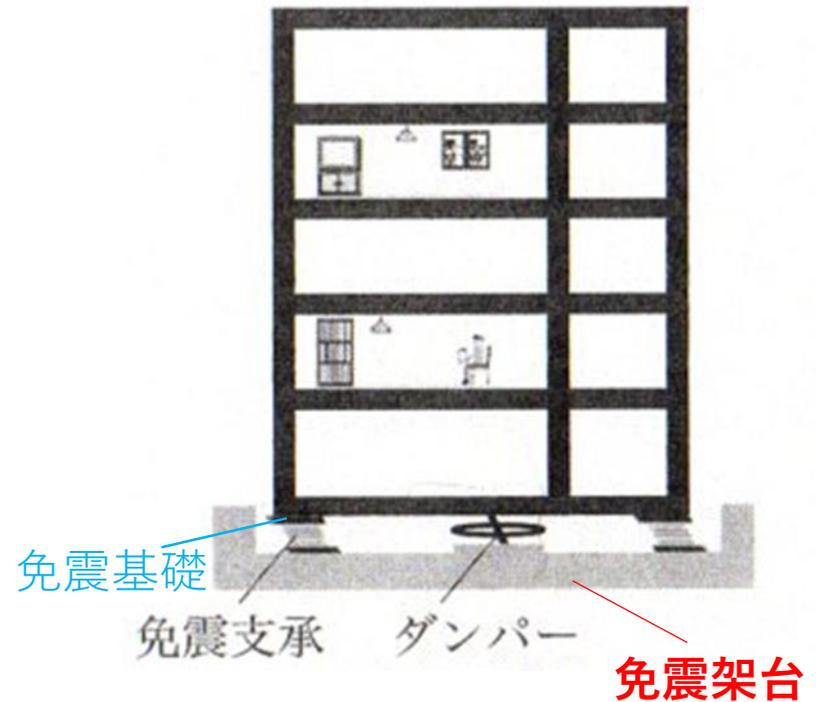
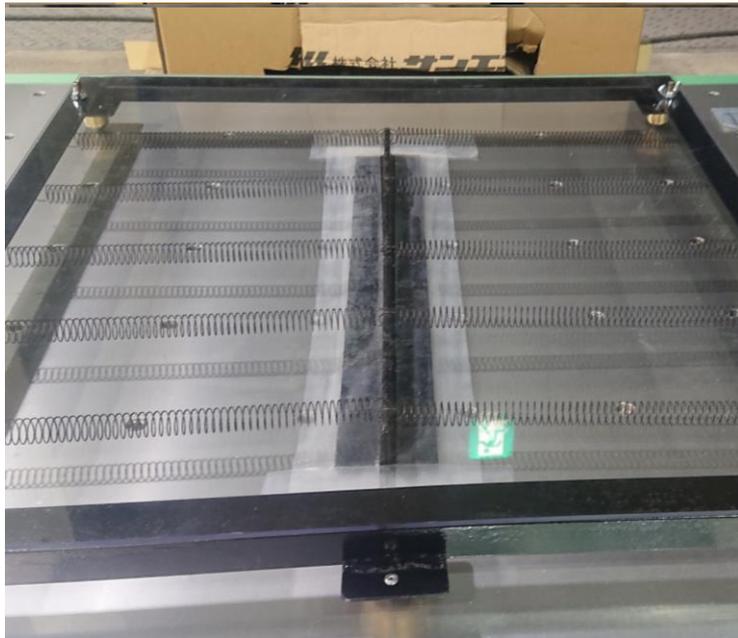
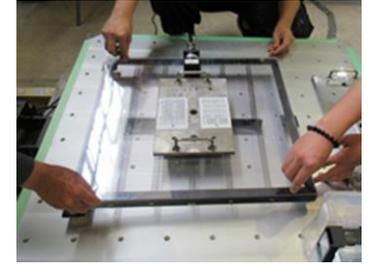
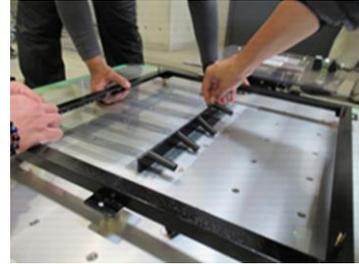
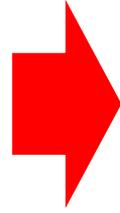
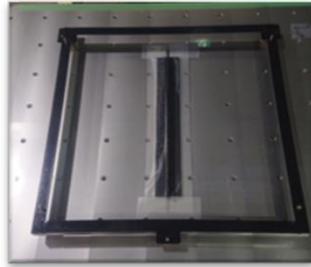
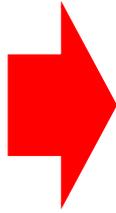
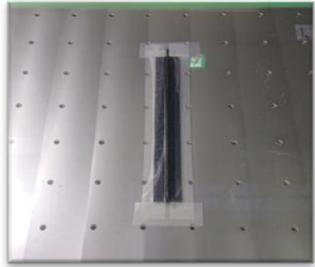


開発した免震模型



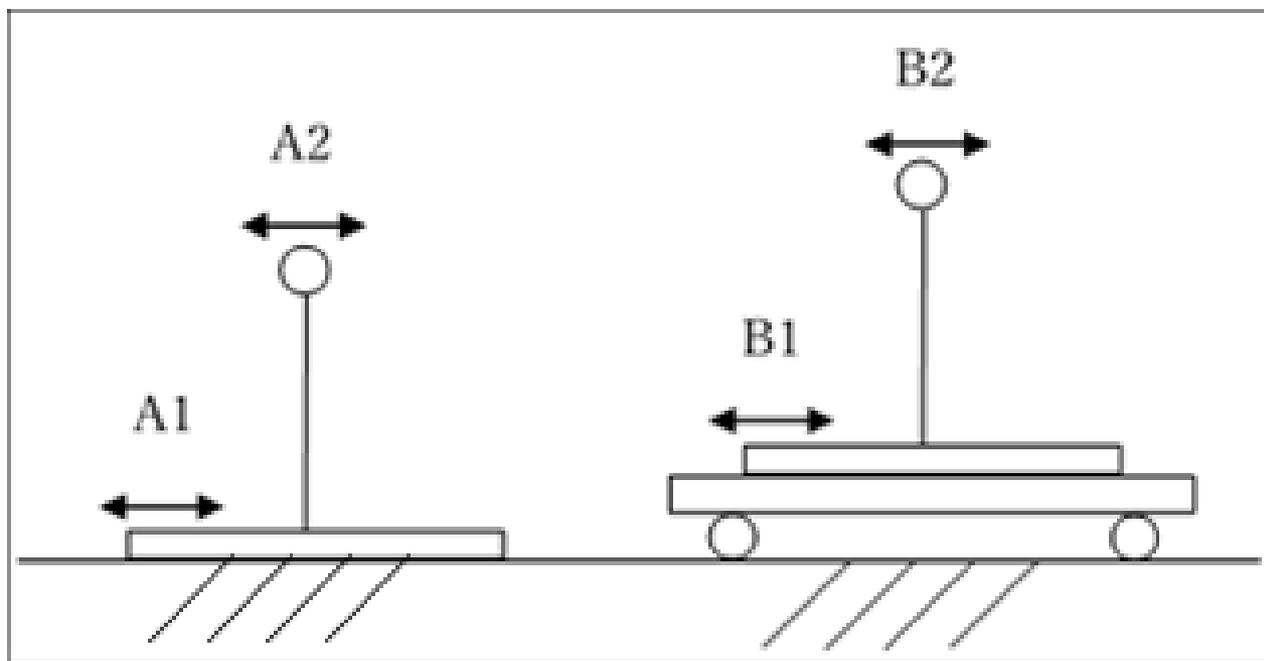
免震構造模型の 組み立て

免振模型の組み立て

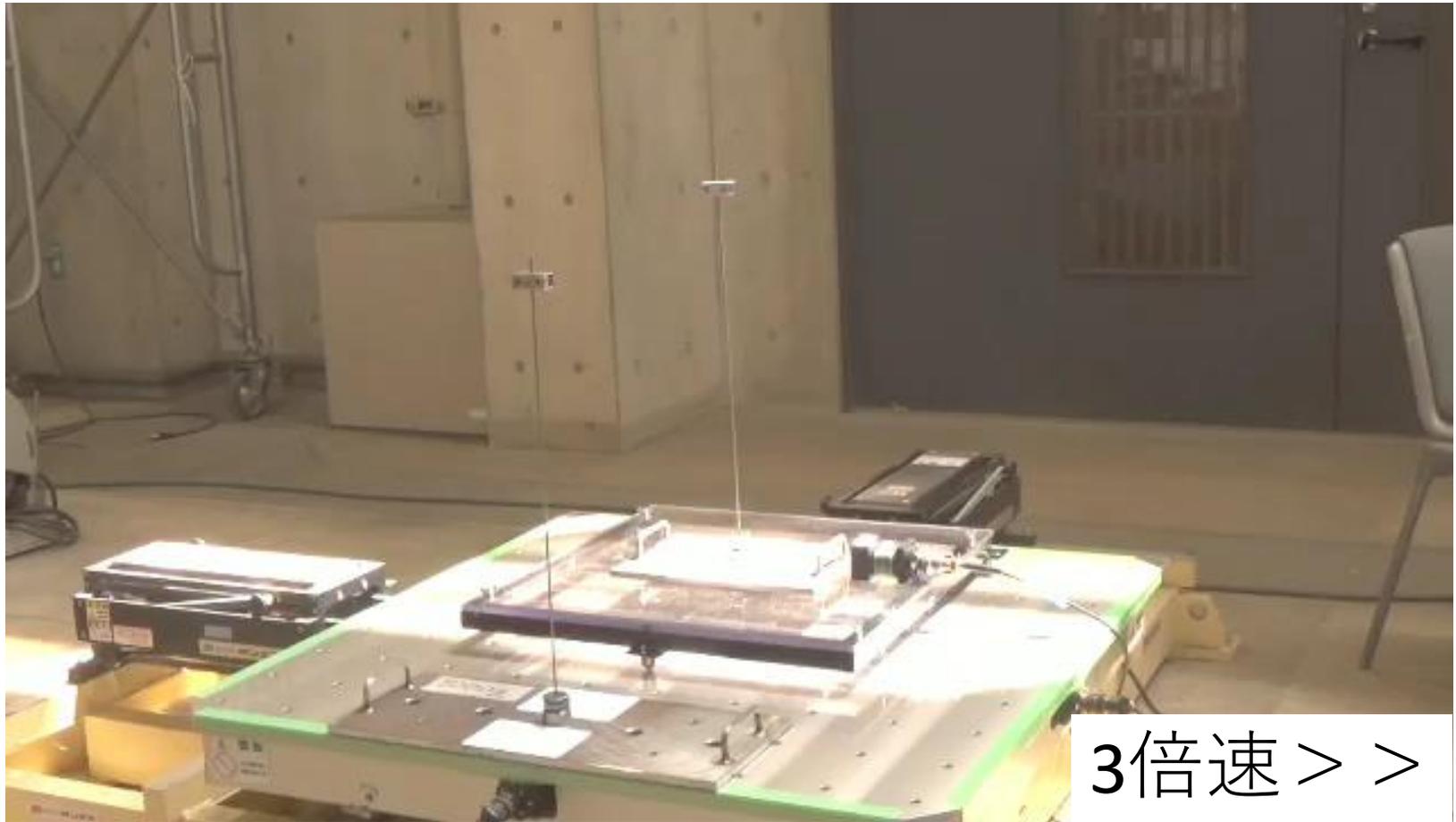


振動台による検証実験の概要

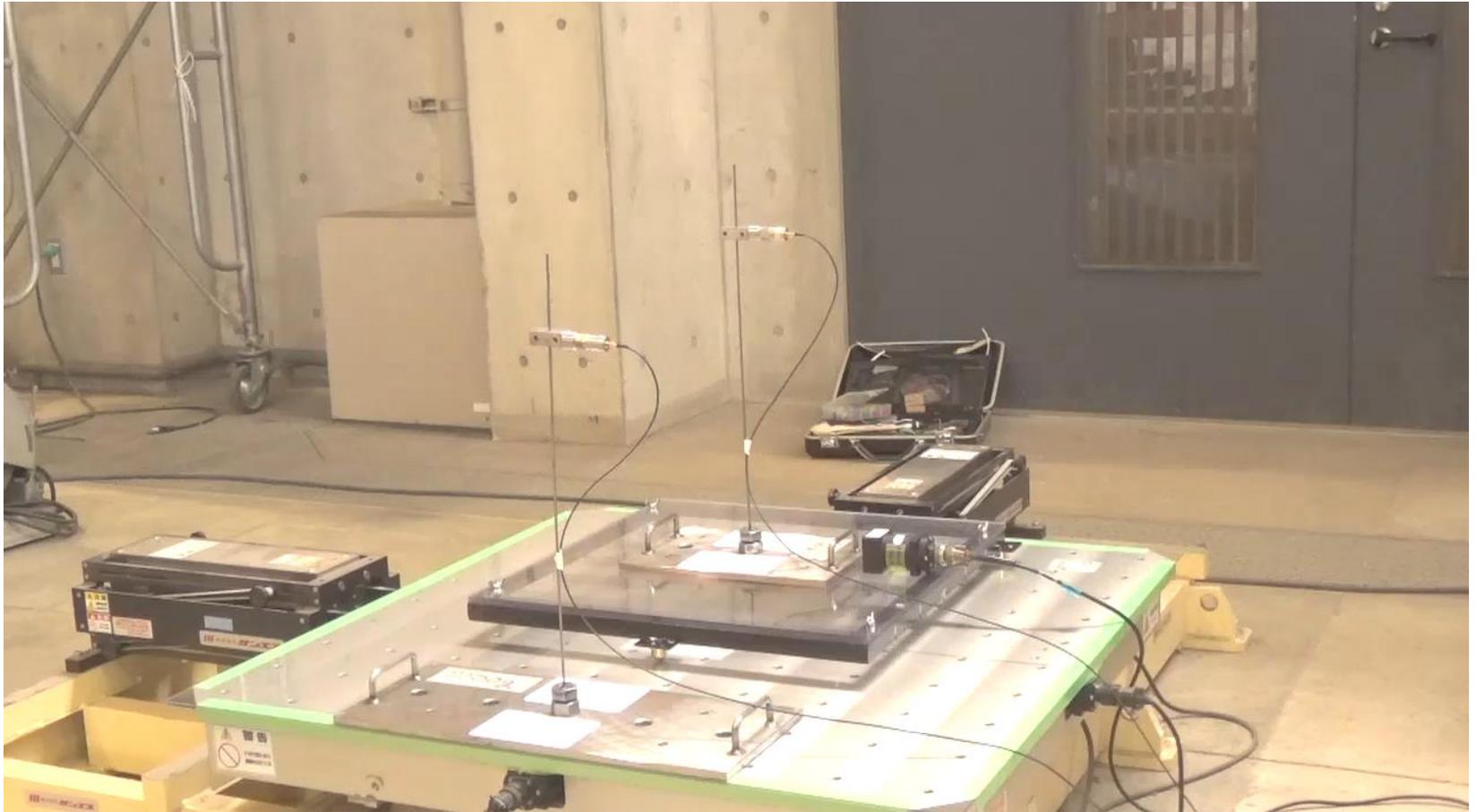
1. ステップ加振 (0.5Hz~4.0Hz)
2. 実地震波加振 (阪神大震災3波
東日本大震災2波 計5波)



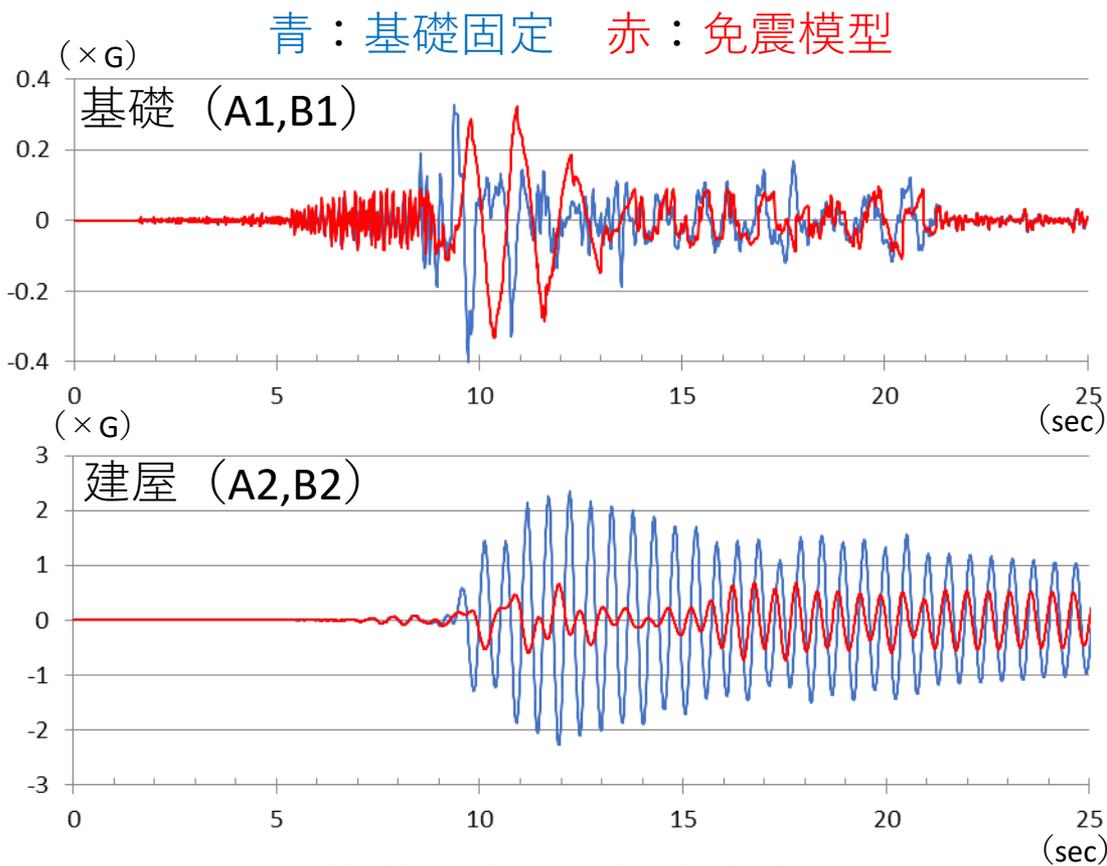
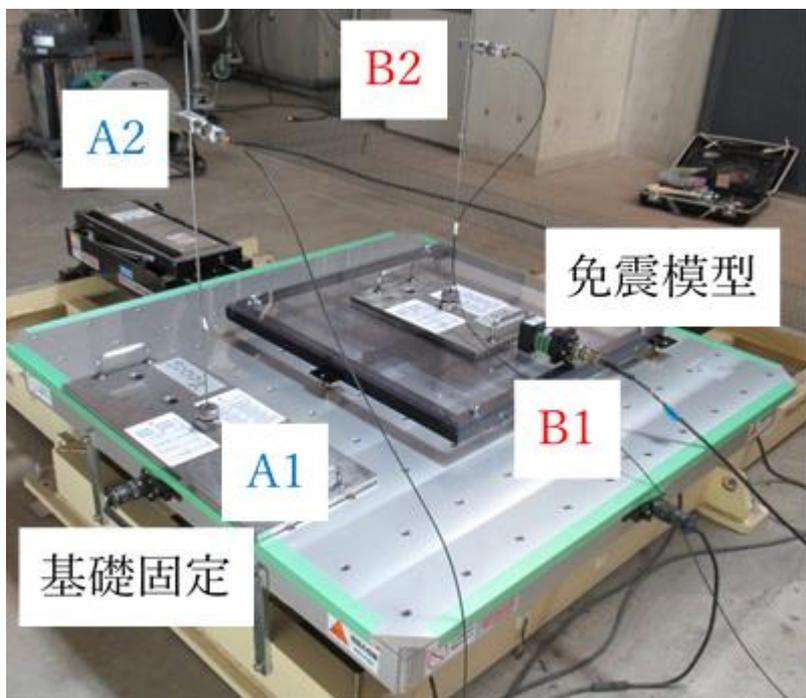
ステップ加振



実地震波加振 ポートアイランド波 (EW方向)



1995年阪神大震災 ポートアイランド波 (EW成分)



基礎と建屋の加速度波形

まとめ

転がり支承を用いた免震構造模型の応答低減効果が確認された。このことから、

1. 免震効果を理解する上で**有用な学習教材**となることを確認。
2. 高価な美術品などを地震から守る**免震テーブル**としても**展開**が可能。
3. 水平**2方向振動**に対するシステム開発が課題。

Q&A

ばねのモデル化

免震周期の設定にあたっては、ばねのモデル化について次の3ケースを考えた。

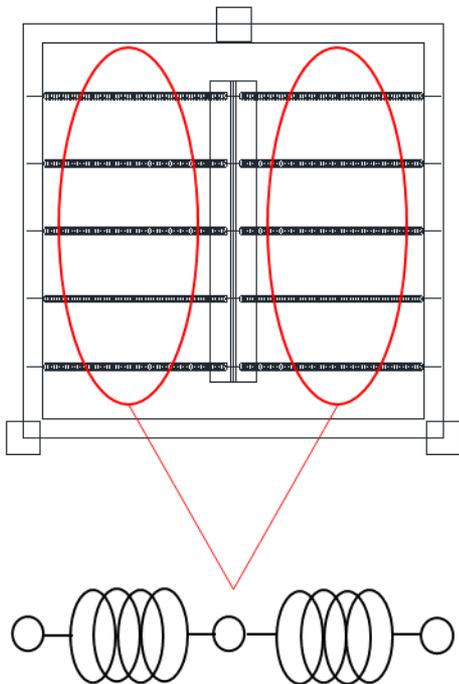
直列モデル

片側モデル

並列モデル

直列モデル

免震架台からみてに左右のばね合体したが1つのばねであるという考え方。

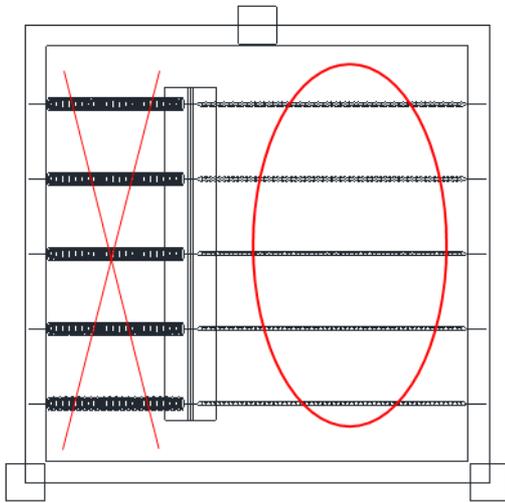


ばね乗数Kの計算式

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_L} + \frac{1}{K_R}$$

片側モデル

免震基礎が動いた際は片側は収縮し、もう片側は延長される。引きばねは引っ張り力なので、片側のみが有効とする考え方。

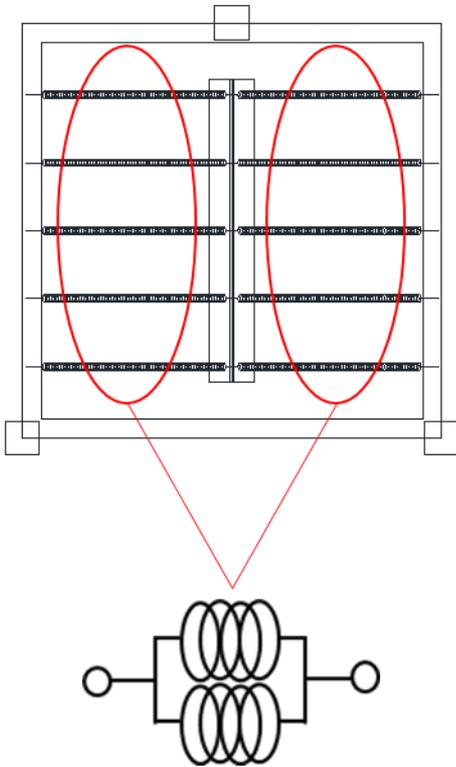


ばね乗数 K の計算式

$$K = K_R = K_L$$

並列モデル

左右のばねが並列の関係であるという考え方



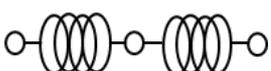
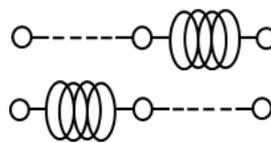
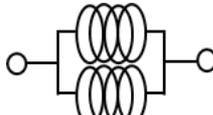
ばね乗数Kの計算式

$$K = KR + KL$$

設計におけるばねモデルの選定

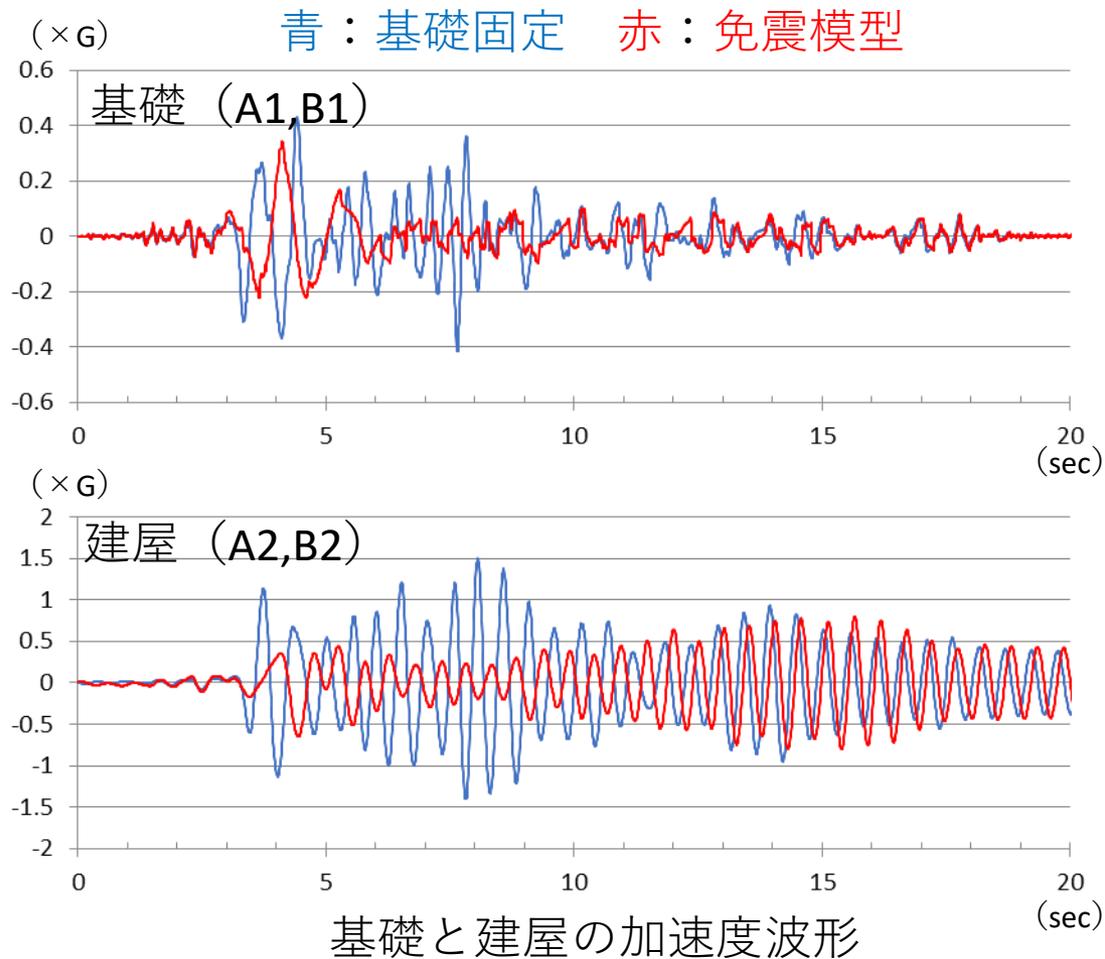
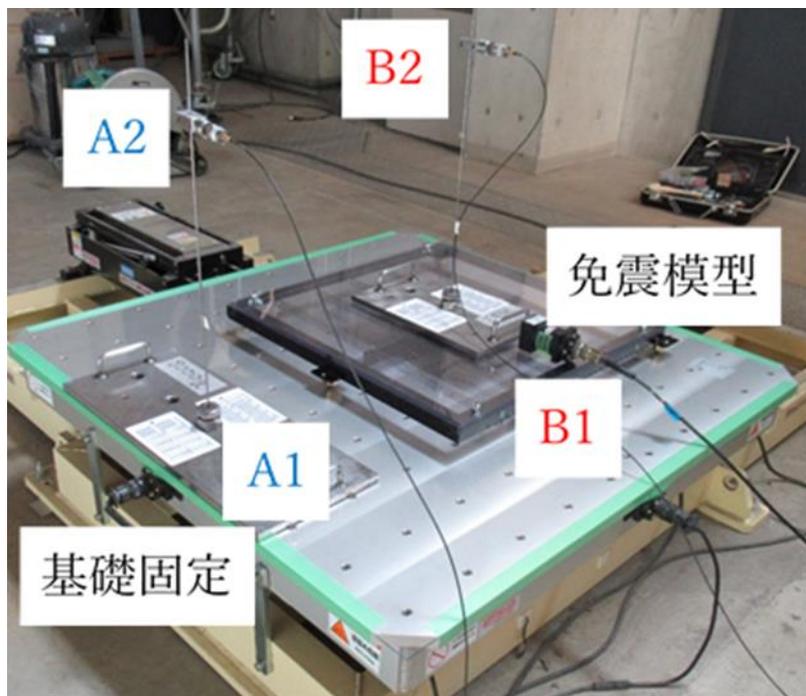
自由振動実験による固有周期と比較した。その結果、並列モデルが実験値に最も近かった。

設計にあたっては、並列モデルの使用が妥当と考え設定した。

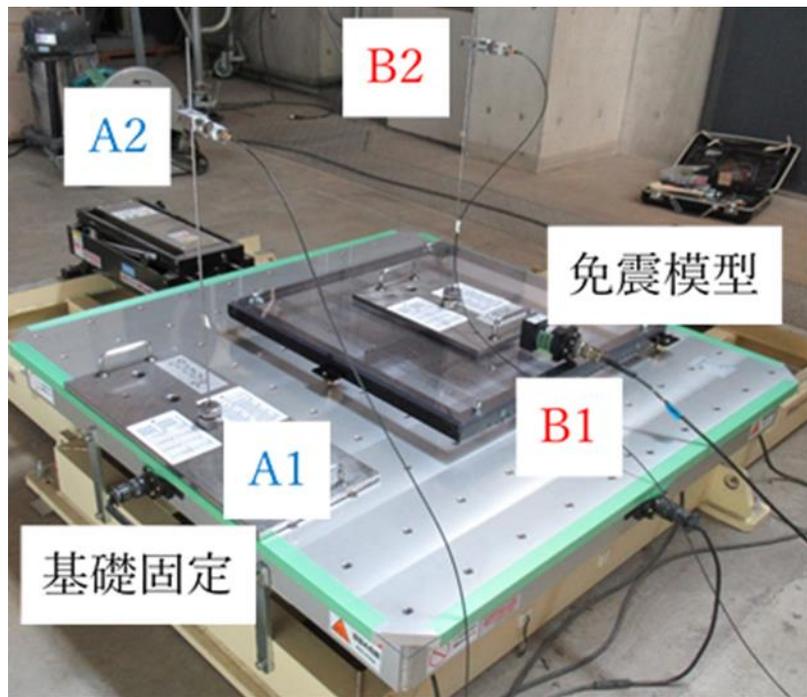
	直列モデル	片側モデル	並列モデル	
ばねのモデル化 (ばね定数K)				自由振動実験 (初期変位法)
	$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_L} + \frac{1}{K_R}$	$K = K_R = K_L$	$K = K_R + K_L$	
固有周期 T_0 (s)	2.8	2.0	1.4	1.2

ばね定数： $K_R = K_L = 100\text{N/m}$, 搭載質量 $M = 10\text{kg}$

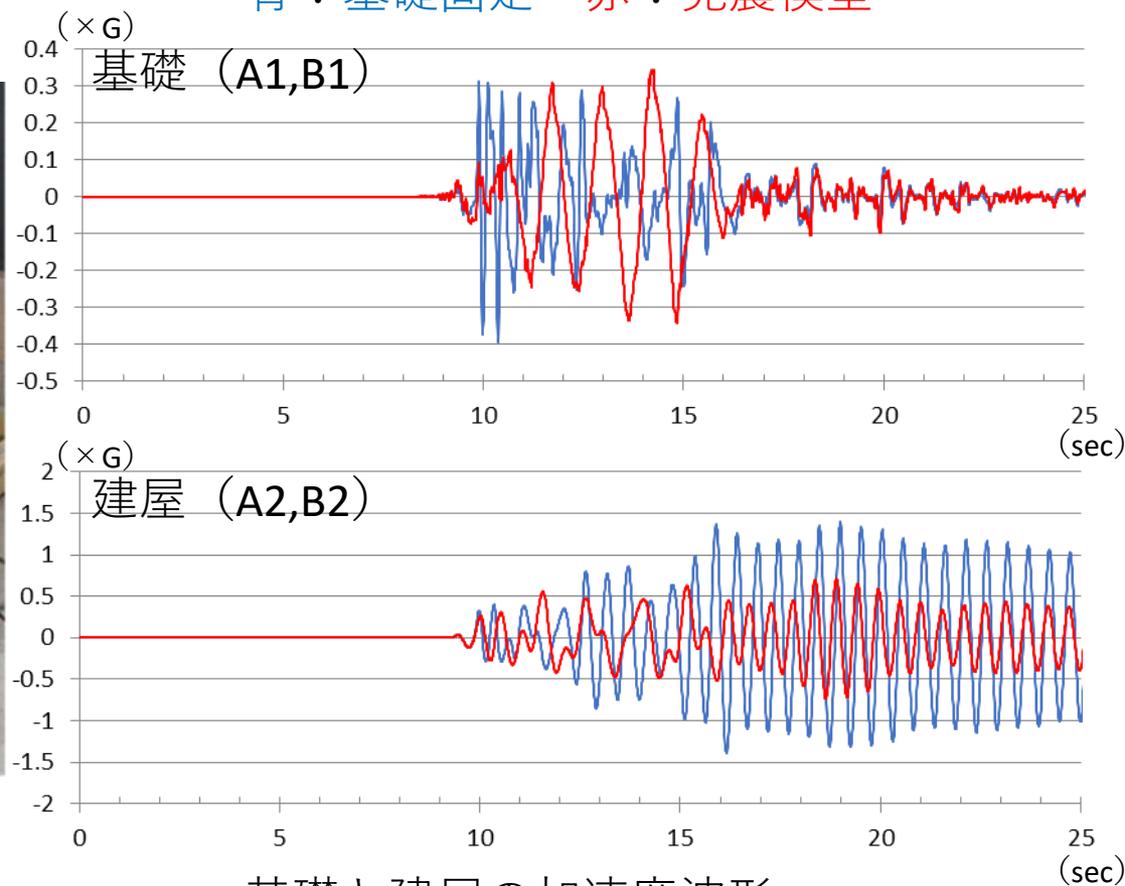
1995年阪神大震災 神戸波 (NS成分)



1995年阪神大震災 鷹取波（EW成分）



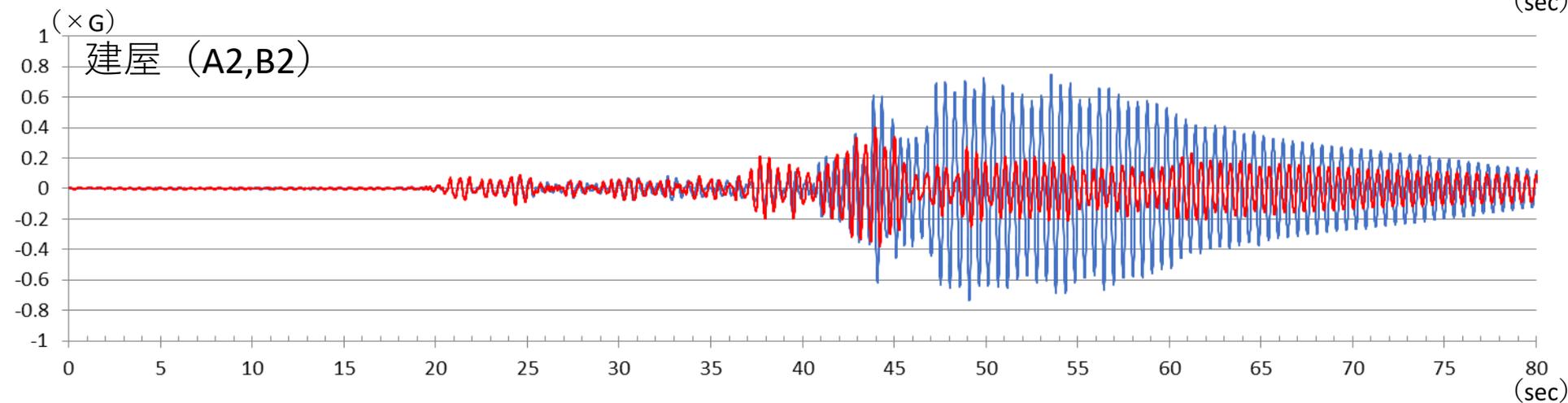
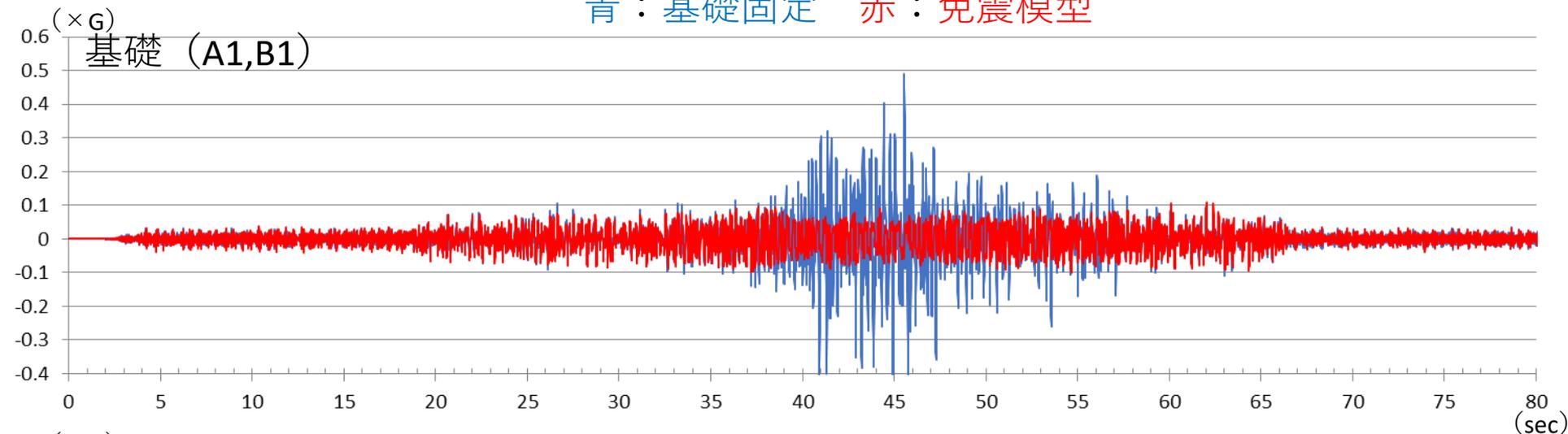
青：基礎固定 赤：免震模型



基礎と建屋の加速度波形

2011年東日本大震災 日立波 (EW成分)

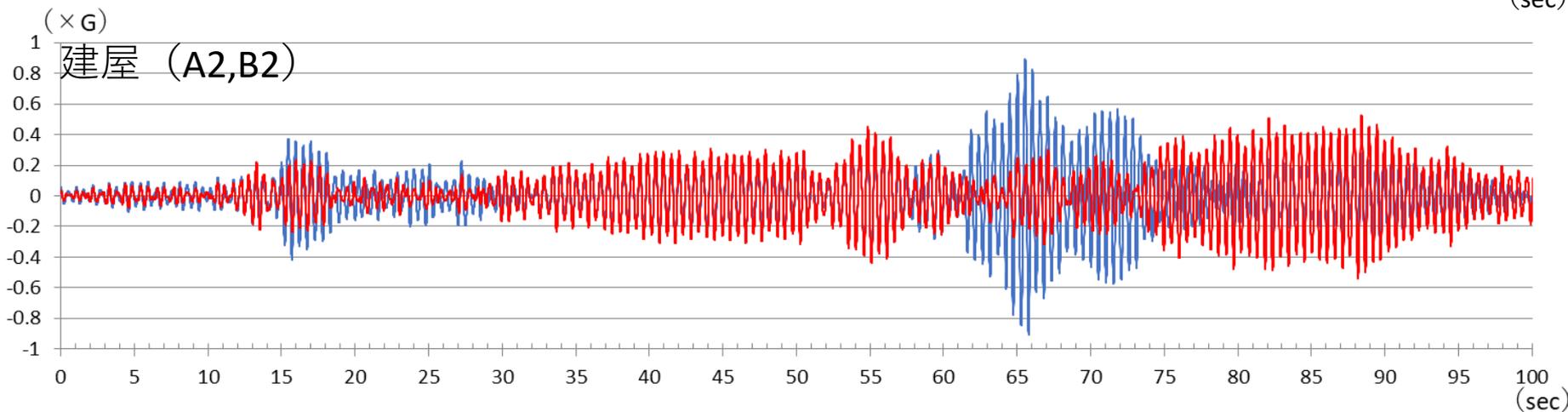
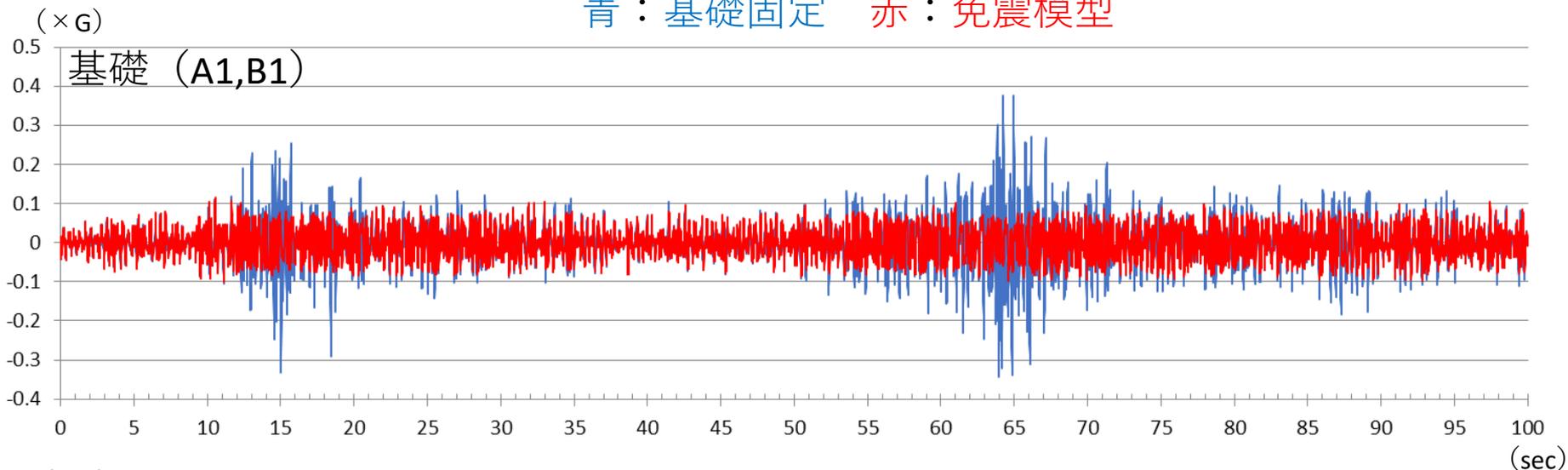
青：基礎固定 赤：免震模型



基礎と建屋の加速度波形

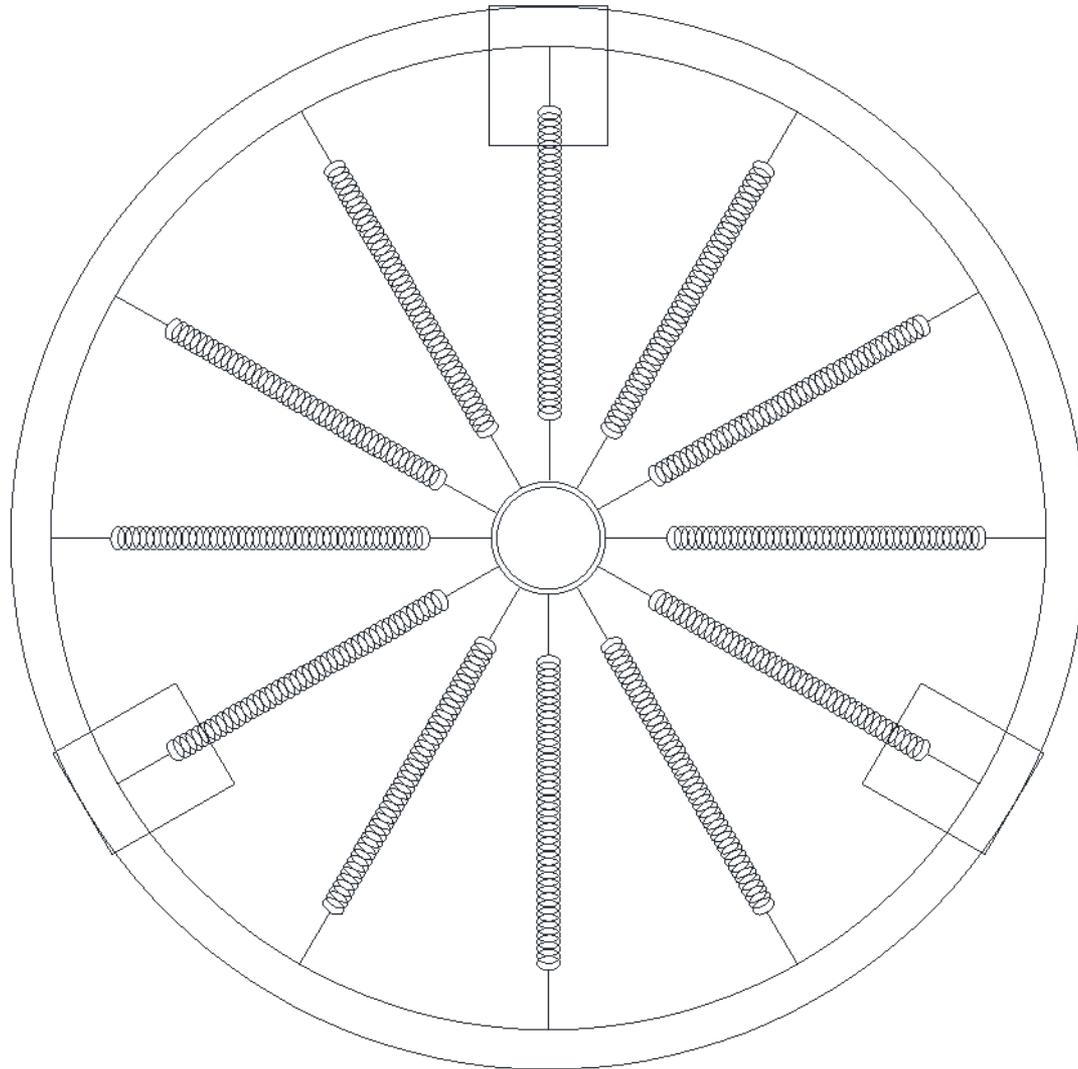
2011年東日本大震災 築館波 (EW成分)

青：基礎固定 赤：免震模型

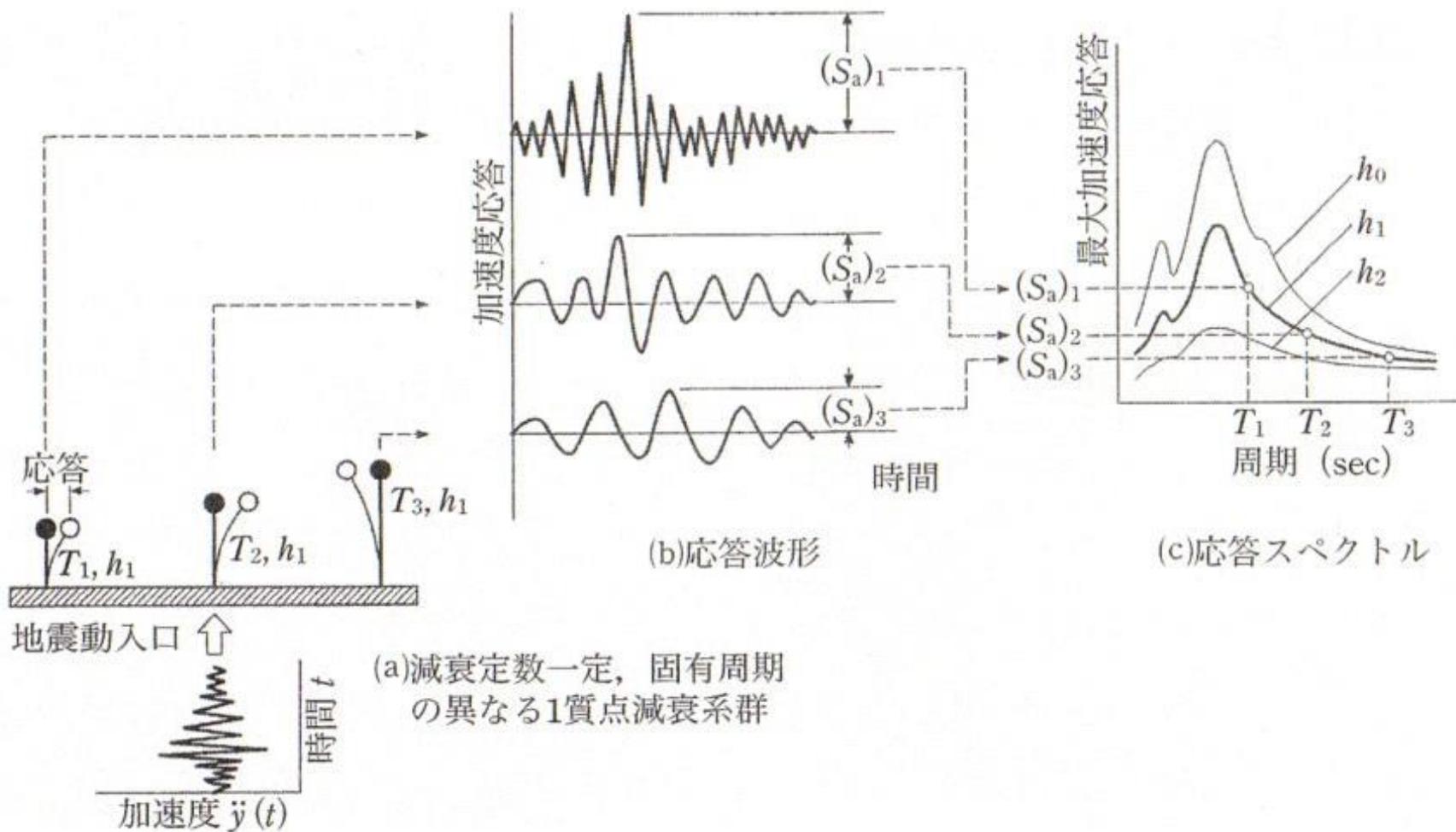


基礎と建屋の加速度波形

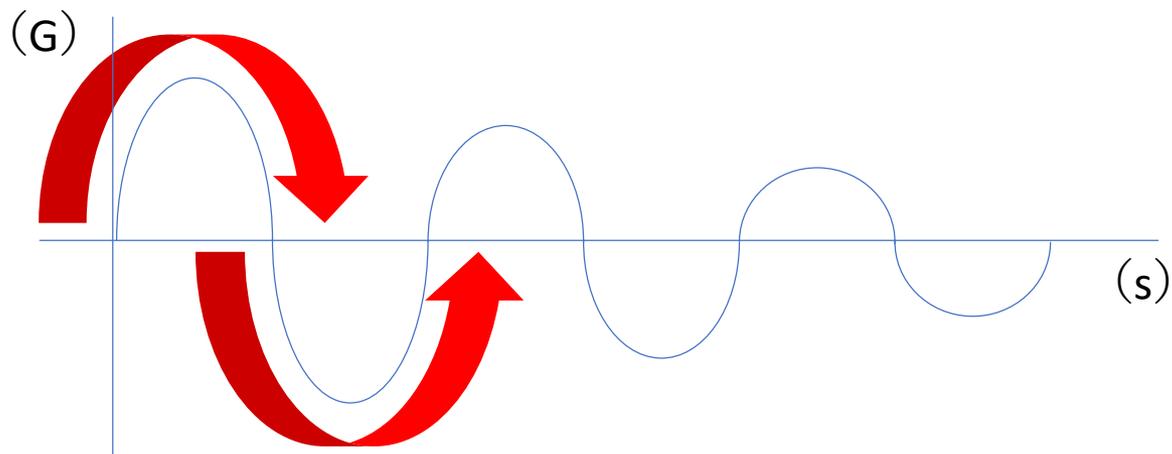
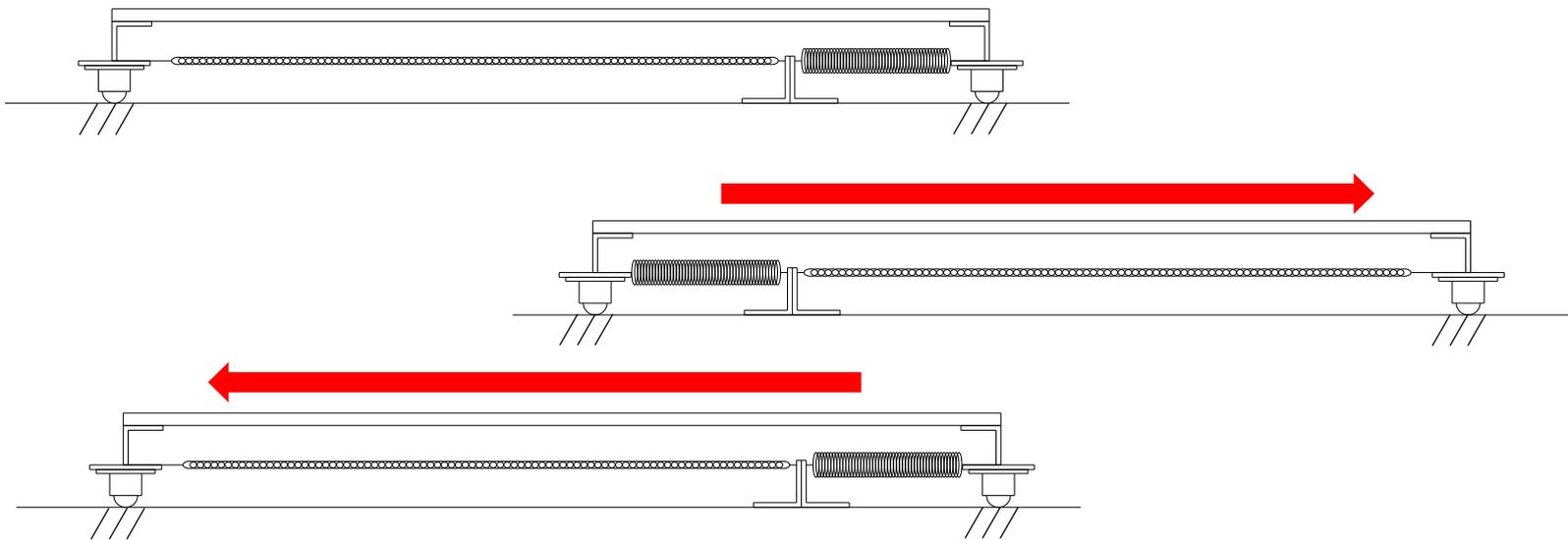
2方向免振模型のアイディア



地震応答スペクトルの概念図



初期変位法とは



固有周期の算出

$$2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} \quad (\text{sec})$$

M : 質量 (kg)

K : ばね定数 (N/m)