

転がり支承を用いた免震構造模型の開発

長谷川研究室
01612125 山田 寛之

1. はじめに

免震構造とは、建物と基礎の間に絶縁機構を挟むことで長周期化し、建物への地震入力を遮断する構造である。したがって、免震建物では地震応答が低減することから、最近では病院や庁舎などの重要施設に多用されるようになった。しかしながら、その原理が広く知られているとは言えない。このため長谷川研究室では、免震効果を理解しやすい模型開発に取り組んできた¹⁾。今回は転がり支承と引きばねを利用した免震模型を設計・制作して振動台実験を行い、その効果を実証的に検討した。

2. 転がり支承免震模型の設計・制作

まず、今回開発した転がり支承と引きばねによる免震模型の概要を図 1 に示す。これには参考のため、実際の免震建物で使われている名称を（ ）内に記した。模型では転がり支承としてボールベアリングを用い、その静止摩擦力を越える慣性力が基礎に働いたとき、免震効果が発揮される構造である。ただし、それでは免震周期が無限大になるので、固定端である免震架台との間に引きばねを取り付け、その復元力で免震基礎を長周期化する構造とした。免震周期の設定にあたっては、ばねのモデル化について表 1 の 3 ケースを考え、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 $T_0=1.2$ 秒に最も近く、設計にあたっては K_R と K_L を並列モデルとして免震周期を設定した。

つぎに制作にあたっては、基礎部分は鋼アングル (L-20×20×3) で免震基礎を構築し、側面にばねを取り付けた。天板はアクリル板 ($t=8\text{mm}$) とし、取り外しできるようにボルト締めとした。転がり支承としてボールベアリングを用い、免震基礎に 3 か所設置した。免震架台は鋼アングル (L-25×25×3) を抱き合わせて溶接し、これと免震基礎をばねで連結した。組み立て方法は図 2 のように、①免震架台

を振動台に固定設置し、②転がり支承免震基礎を据付け、③引きばねを取付け、④天板を取付けた後に建屋模型を設置して完成となる。

3. 振動台による検証実験

免震効果の確認を目的として振動台実験を行った。建屋は 1 質点とし、その建屋周期を $T_B=0.5$ 秒に設定した²⁾。これより免震周期 $T_0=1.2$ 秒との比 T_0/T_B は約 2.5 となる。振動台実験では水平 1 方向入力とし、1995 年阪神大震災での観測波を 3 波、2011 年東日本大震災の観測波を 2 波、計 5 地震波を振動台入力して、基礎と建屋の加速度波形を記録した。

実験状況を写真 1 に示す。実験では基礎固定の場合と直接比較できるように、免震模型と基礎固定を同時加振した。阪神大震災ポートアイランド波 (EW 成分) を入力したケースについて、基礎と建屋の応答加速度波形を図 3 に示す。まず、基礎については免震による応答低減は見られないものの、主要動部で免震による長周期化がみられる (B1 参照)。つぎに建屋応答を見ると、免震模型では基礎の長周期化によって建屋への入力が遮断され、基礎固定 (A2) に対して免震模型 (B2) では最大応答が 1/3 以下に低減している。このように転がり支承を用いた免震模型の応答低減効果が確認された。

4. まとめ

転がり支承を用いた免震模型を開発して振動台による検証実験を行った。その結果、同模型は免震効果を説明する上で有用な学習教材となることが確認された。また、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活用が可能なことから、水平 2 方向振動に対するシステム開発が今後の課題となる。

【参考文献】

- 1) 天沼良太ほか：免震模型の設計・制作と振動台実験（その 1）～（その 3），2018 年度ものづくり大学卒業研究・制作・設計梗概集，1-6，2019.
- 2) 飯島直哉：共振模型の設計と開発，2015 年度ものづくり大学卒業研究・制作・設計梗概集，119-120，2016.

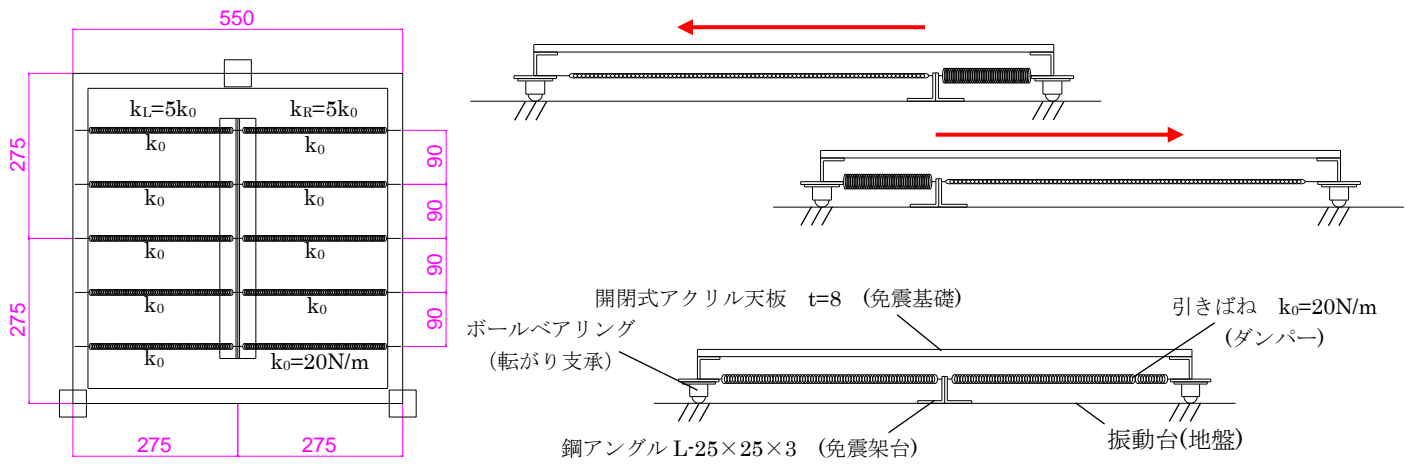


図 1：転がり支承を用いた免震模型と免震機構の概要（単位：mm）

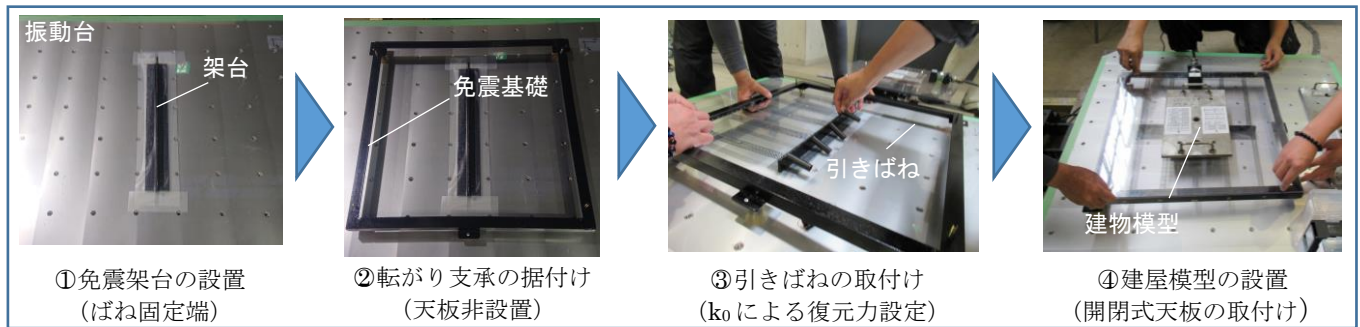


図 2：転がり支承免振模型の組み立て方法

表 1：ばね定数のモデル化と固有周期

ばねのモデル化 (ばね定数K)	直列モデル	片側モデル	並列モデル	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 $M=10\text{kg}$

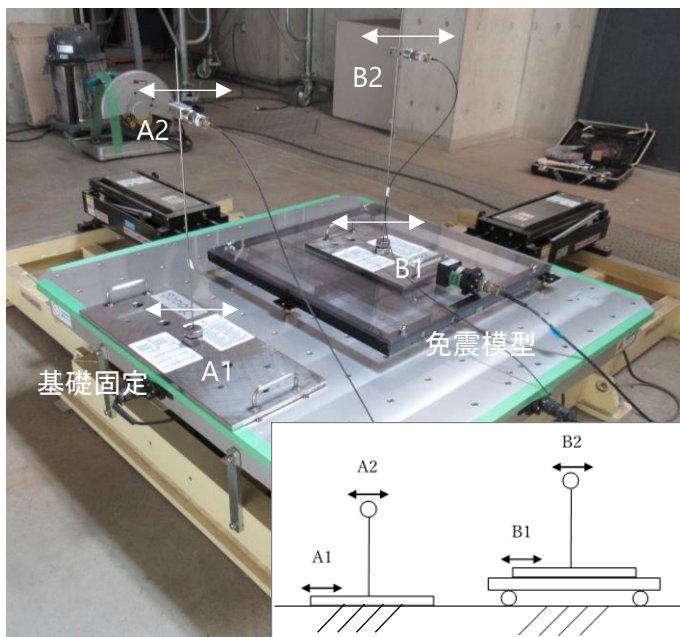


写真 1：基礎固定と免振模型の振動台実験

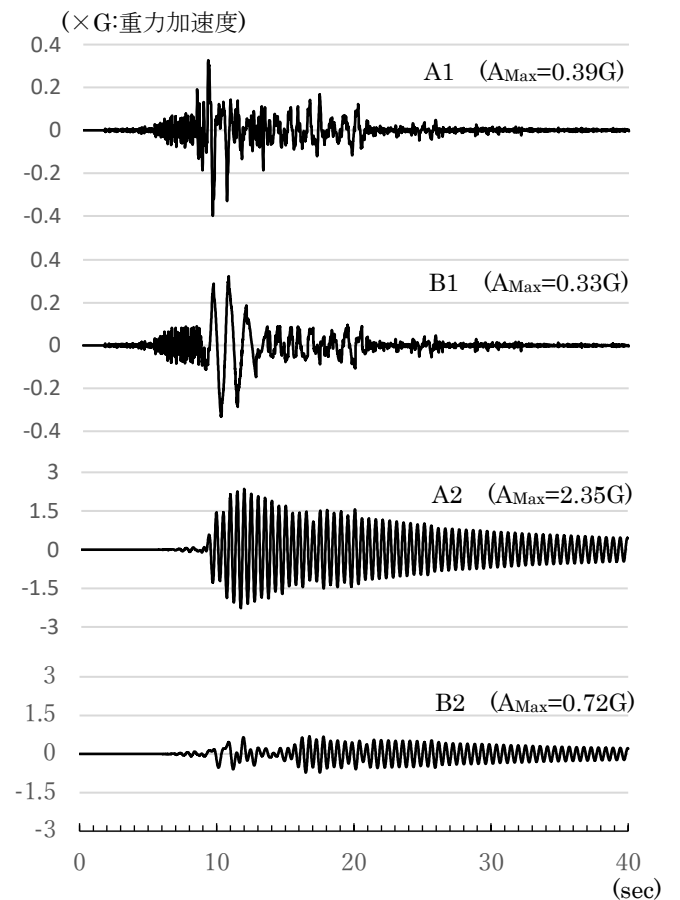


図 3：基礎固定と免振模型の応答加速度波形
(1995 年阪神大震災ポートアイランド波 EW 成分)