

小型模型振動台による建築構造物の 地震応答性状の研究

袁 剣（えんけん）¹・古田 智基²

¹第一工業大学 建築デザイン学科卒業

²第一工業大学 指導教授 建築デザイン学科
(〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央1-10-2)

E-mail : t-furuta@daiichi-koudai.ac.jp

Earthquake Response Estimation of the Small Building Model

En KEN¹, Tomoki FURUTA²

一般的な動的（振動）解析では、建物をモデル化し、部材の復元力特性を設定し、地震波を入力して応答値を算出しておらず、地震波の特性によって応答変位が大幅に異なる事例を確認した。これは、地震波と建築構造物の固有周期が大きく影響しており、本研究ではこの現象を実際に再現できないかと考え、小型模型振動台を利用し、多種の周期帯の建築構造物模型を準備し、建築構造物の地震応答性状を定量的に把握した。

Key Words :Earthquake response analysis, Small building model, Vibration table

1. 本研究の目的

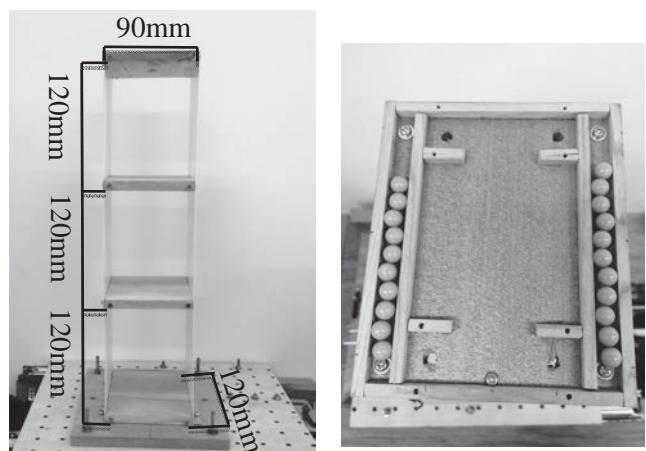
一般的な動的（振動）解析では、建物をモデル化し、部材の復元力特性を設定し、地震波を入力して応答値を算出しておらず、地震波の特性によって応答変位が大幅に異なる事例を確認した。

これは、地震波と建築構造物の固有周期が大きく影響しており、本研究ではこの現象を実際に再現できないかと考え、小型模型振動台を利用し、多種の周期帯の建築構造物模型を準備し、建築構造物の地震応答性状を定量的に把握することを目的とした。

2. 模型及び振動台の概要

縮尺約 1/25 で 3 階建ての基本模型、制振及び免震模型を作製した（写真 1）。

写真 2 に示す振動台はラジコンカーを改造して作製し、sin 波のみを再現する機構となっている。



3. 模型の特性把握（質量・剛性・周期）

写真 1 に示した基本模型の特性は、表 1 に示すとおりである。その他、ゴムにより各層の剛性を大きくした模型、制振模型及び免震模型を準備した。表 1 の理論式 ($T=2\pi\sqrt{m/K}$) より算出

された固有周期と、実際の自由振動による固有周期はほぼ一致した。

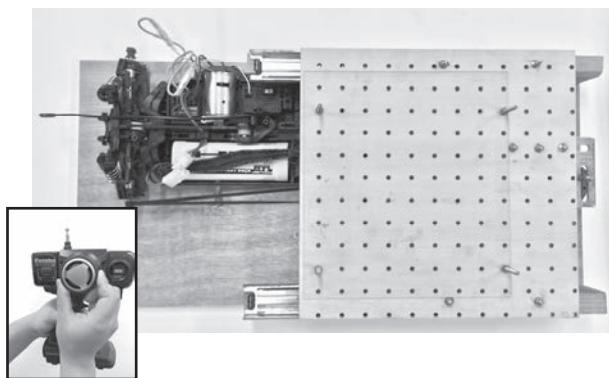


写真2 振動台

表1 基本模型の特性

基本模型	質量(g)	剛性(KN/m)	周期理論(sec)	周期実験(sec)
	176	0.029	0.342	0.330

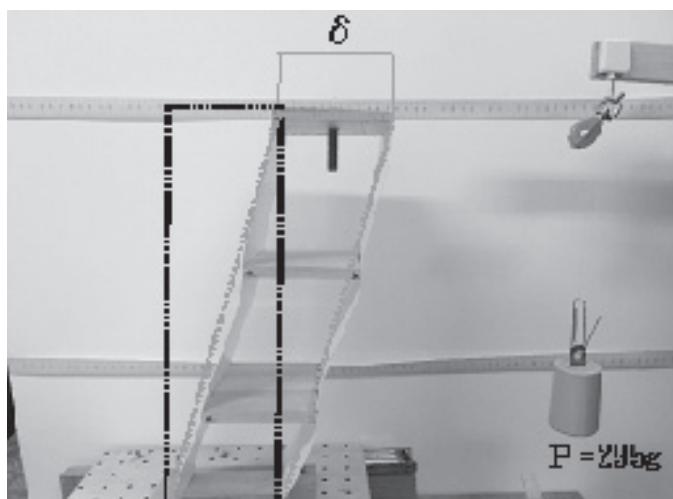


図1 基本模型の剛性

4. 実験計画

表2に代表的な模型のパラメータを示す。表2の№1を基準として、表3に示す内容に従い、①建物全体の剛性の変化による応答値の違い、②各層の剛性の変化による応答値の違い、③周期の変化による応答値の違い、④免震及び⑤制振による応答値の違いを検討する。図2に具体的な模型のモデル図を示す。

5. 実験結果

表4に代表的な最大応答値を示す。

① 建物全体の剛性の変化による応答値の違い

№1と№14とを比較して、剛性が増加すると応答加速度が速くなり、応答速度、変位ともに大きくなつた(図3参照)。

表2 代表的な模型のパラメータ

№	試験体形状	剛性(KN/m)	固有周期(sec)
№1	純ラーメン3層	0.029	0.342
№10	純ラーメン3層 2F,3F各ゴム2本	0.034	0.316
№11	純ラーメン3層 2F,3F各ゴム2本 錘295g	0.034	0.665
№14	純ラーメン3層 各層ゴム2本	0.032	0.326
№15	純ラーメン3層 各層ゴム2本 錘295g	0.032	0.685
№18	純ラーメン3層 1Fダンパー設置 錘295g	0.044	0.584
№19	免震構造	—	—

表3 検討内容

№	検討内容	比較試験体
①	建物全体の剛性の変化による応答値の違い	№1と№12と№14と№16とを比較
②	各層の剛性の変化による応答値の違い	№2と№4と№5と№7と№8と№10とを比較
③	周期の変化による応答値の違い	№2と№3、№5と№6、№8と№9、№10と№11、№12と№13、№14と№15とを比較
④	免震による応答値の違い	№1と№19とを比較
⑤	制振による応答値の違い	№1と№17と№18とを比較

② 各層の剛性の変化による応答値の違い

各々を比較して、顕著な差は確認できなかつた。これは、各層の剛性変化を模擬したゴムの強さが、プラスチック板の剛性と比較して、非常に低かつたためによるものと思われる。

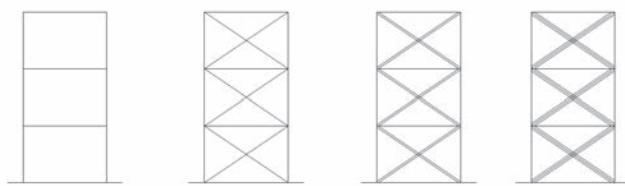
③ 周期の変化による応答値の違い

地盤の速度が比較的遅い場合、模型の頂部に錘を載せて周期を長くすると、応答加速度、速度、変位ともに大きな値を示した。(№10と№11とを比較、図4参照)。

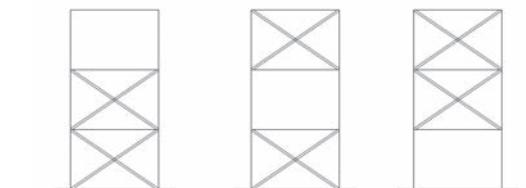
逆に、地盤が比較的早い場合、模型と地盤とが共振し、大きな応答値を示していたが、模型の頂部に錘を載せて周期を長くすると、応答加速度が小さな値を示した。(№14と№15とを比較、図5参照)。

④ 免震による応答値の違い

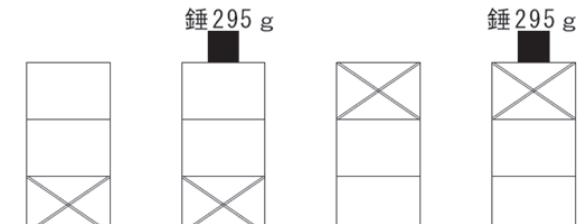
基本模型を免震化することにより、応答加速度



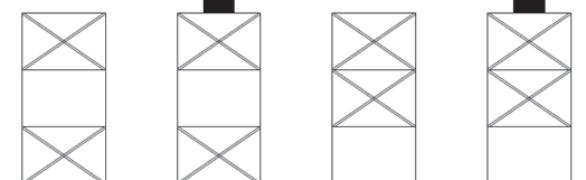
① 建物全体の剛性の変化による応答値の違い



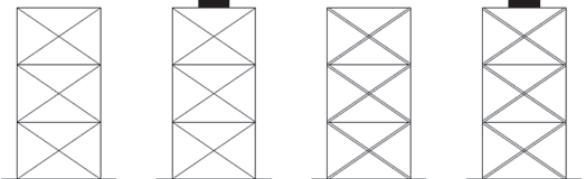
② 各層の剛性の変化による応答値の違い



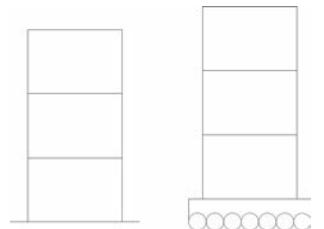
錘 295 g



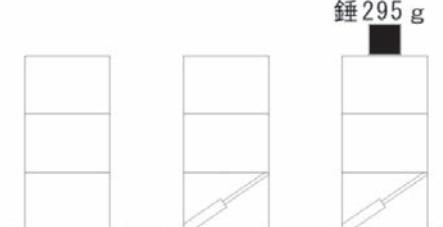
錘 295 g



③ 周期の変化による応答値の違い



④ 免震による応答値の違い



錘 295 g

⑤ 制振による応答値の違い

度が非常に小さくなつた。しかし、地盤の速度を遅くすると、免震層と地盤の周期が近くなり、共振により免震層が大幅に揺れた。(No.1 と No.19 とを比較、図 6 参照)

⑤ 制振による応答値の違い

ダンパーを設置することにより、応答値の低減が確認できた。基本模型においては、模型の剛性と比較してダンパーの剛性が高かつたためか、効果が顕著には確認できなかつたが、錘を設置することによりダンパーが変形し、ダンパーの効果が確認できた。(No.1 と No.18 とを比較、図 7 参照)

以上を総括して、図 8 に示す加速応答スペクトル図を作成した。建物周期が長くなると加速度応答倍率が小さくなる傾向が確認できた。

表 4 体表的な最大応答値

No	加速度 GL (cm/sec ²)	加速度 RF (cm/sec ²)	速度 (cm/sec)	変位 (cm)
No.1	40	10	3.337	0.744
	20	15	0.556	0.124
No.10	20	30	1.112	0.248
	12	4	0.890	0.198
No.11	10	12	0.222	0.050
	20	40	2.224	0.496
No.14	15	5	1.112	0.248
	20	5	1.668	0.372
No.15	20	5	1.668	0.372
	40	5	3.893	0.868
No.18	20	2	1.446	0.322
	15	3	1.891	0.421
No.19	20	2	1.446	0.322
	15	3	1.891	0.421

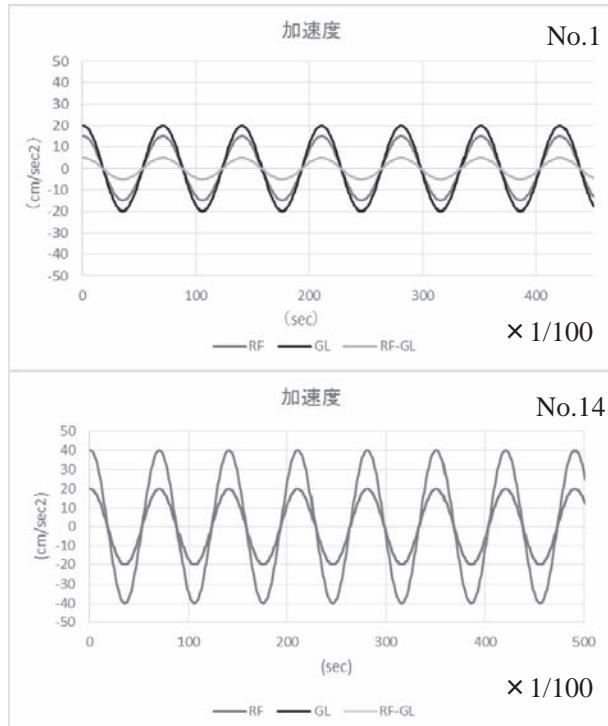


図 3 No.1 と No.14 の応答加速度

図 2 模型のモデル図

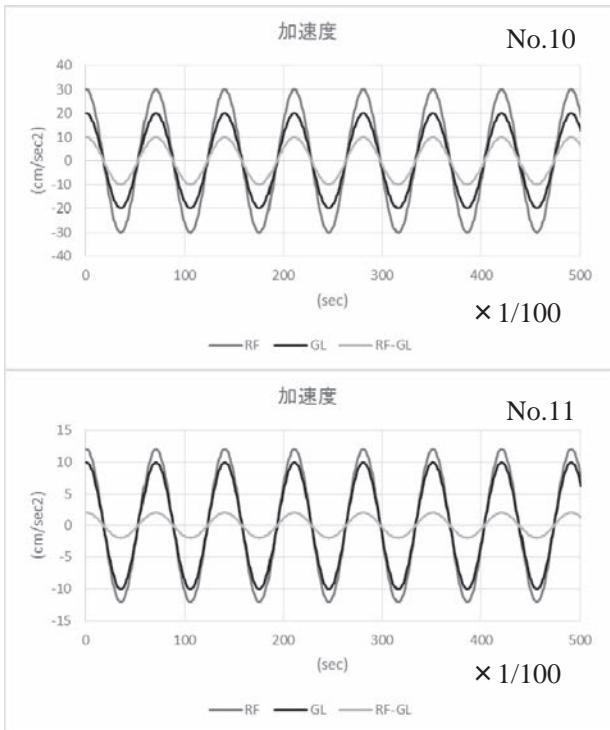


図4 №10と№11の応答加速度

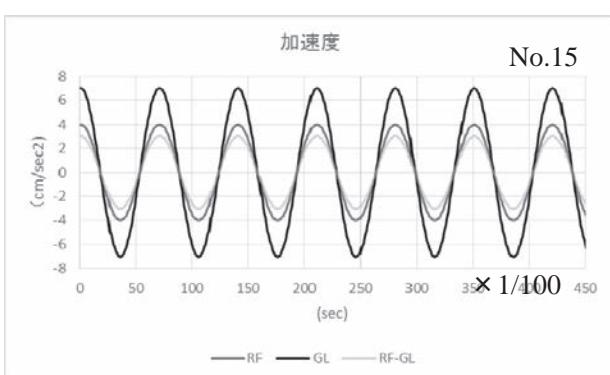


図5 №15の応答加速度

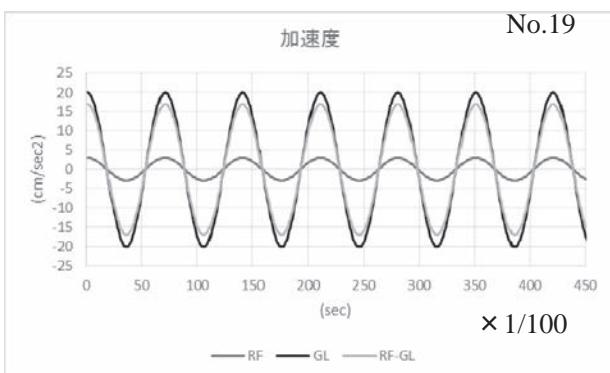


図6 №19の応答加速度

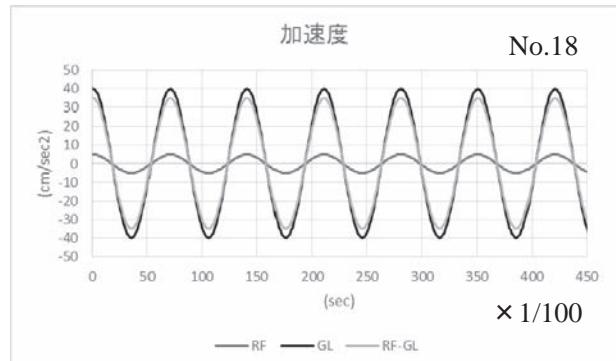


図7 №18の応答加速度

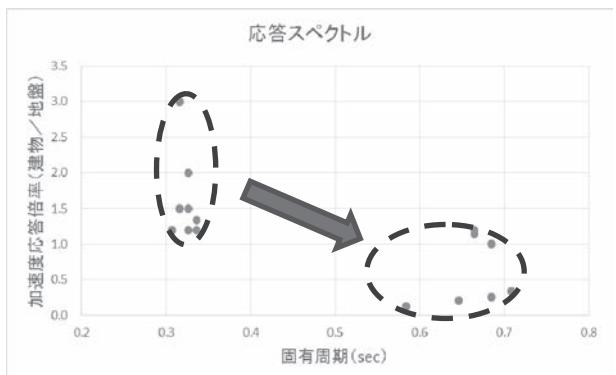


図8 加速度応答スペクトル

6. まとめ

- 本研究により、以下の知見を得た。
- ・振動台模型の固有周期は、理論値と自由振動によるものの両者がほぼ一致した。
 - ・地盤の速度が比較的早い場合、剛性が増加すると応答加速度が増加する現象を捉えることができた。
 - ・各層の剛性の変化による応答値の違いは確認できなかった。これは、各層の剛性変化が小さかったことに起因する。
 - ・共振現象を捉えることができた。
 - ・免震の効果と弱点（共振による応答変位の増加）を捉えることができた。
 - ・ダンパーの効果を捉えることができた。
 - ・建物周期が長くなると応答倍率が小さくなる傾向が確認できた。

【謝辞】

今回の実験では、計測機器を横浜国立大学中尾研究室よりお借りした。ここに感謝申し上げます。そして、本研究を進めるにあたって、論文の書き方から研究の内容まで懇切丁寧にご指導していただいた古田智基先生、毎日明るく楽しい雰囲気の中で研究を進めさせてくれた古田研究室の皆様に感謝致します。