

# 実大三次元振動破壊実験施設(Eディフェンス)を活用した 構造物の耐震性に関する国内外共同モデル研究

## - 1 ロッキング制振システムの地震応答性状に関する研究

### Study on Seismic Performance of Rocking Structural Systems for Seismic Response Reduction

(研究期間 平成 17 年度)

構造研究グループ  
Dept. of Structural Engineering

森田高市  
Koichi Morita

It is pointed out that the effects of rocking vibration (uplift response) may reduce seismic damage of buildings subjected to strong earthquake ground motions. Based on this knowledge, some rocking structural systems, which are one kind of passive vibration control systems, have been proposed and developed. In this study, seismic response characteristics of these rocking structural systems are investigated based on shaking table tests using small-scale specimens.

#### 【研究目的及び経過】

過去の建築物の地震応答に関する調査、分析等から、地震時においてロッキング応答に伴い建築物に浮き上がりが生じると、その地震損傷が低減される場合のあることが明らかにされている(例えば<sup>1),2)</sup>。このような浮き上がりによる地震応答低減効果を活用し、意図的に浮き上がりを許容したロッキング制振構造が提案されている(例えば<sup>3)</sup>)。ロッキング制振構造を建築物に適用するに当たっては、浮き上がりを生じる建築物の地震応答性状を的確に把握しておく必要があるが、建築物が浮き上がりを生じる場合においては上部構造各層せん断力等に対して高次モードの影響が比較的大きくなることが明らかとなっている<sup>4)</sup>。そこで、本研究では、浮き上がり応答を再現できる縮小多層試験体を作成し、振動台実験により、特に高次モードの影響に着目して浮き上がりを生じる多層建築物の地震応答性状について検討を行う。

#### 【研究内容】

以下の方針に基づき、振動台実験用の試験体を作成した。

- 1) 実際の建築物に近い固有周期を有すること
- 2) 層数や層剛性を実験パラメータとするために、クレーン等の大型装置を用いることなく少人数で組立て・分解等が容易に行えること
- 3) 柱脚に浮き上がりを許容した場合とこれを固定した場合の応答性状を比較できるようにすること

作成した試験体についてホワイトノイズ加振等により、その特性を把握した上で振動台実験により浮き上がりを生じる多層建築物の地震応答性状を検討した。

#### 【研究結果】

##### (1) 試験体とその特性

写真1に試験体の概要を示す。試験体は、図1に示すブ

ロック状のユニットから構成されており、ユニットは最大10層まで積層することを想定している。鉛直力支持部材は平鋼(FB50x6)で試験体の4隅に配され、蝶番を介して上下の鋼板に溶接で接合した。ユニット全体はほぼ正方形の一方方向リンク構造となっており、せん断型の変形となることを意図している。水平力支持部材はピアノ線であり、取り付け治具により上下の床版に固定される。ピアノ線の径及び本数を変化させることで試験体の固有周期を調整することが可能である。

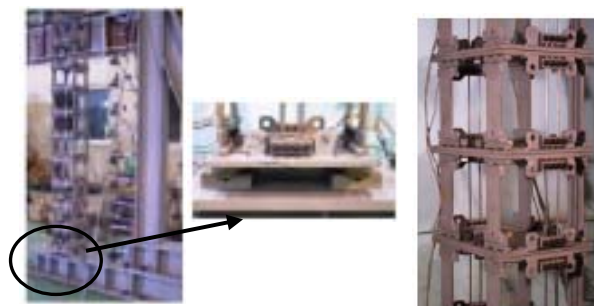


写真1 試験体概要

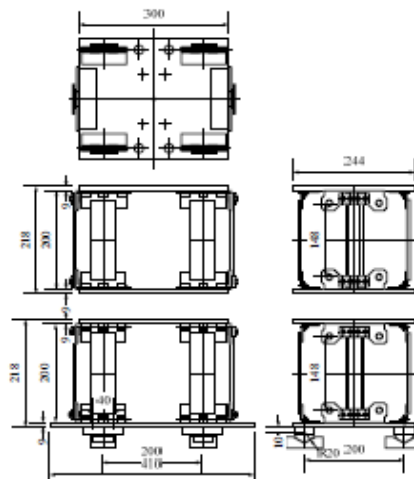


図1 試験体を構成するユニット(下段は最下層用のもの)

表 1 固有周期及び減衰定数(white noise, 25gal)

| モード次数           | 固有周期(s) | 減衰定数(%) |
|-----------------|---------|---------|
| 1 <sup>st</sup> | 1.27    | 6.5     |
| 2 <sup>nd</sup> | 0.31    | 6.2     |
| 3 <sup>rd</sup> | 0.15    | 4.1     |

本試験体の場合、試験体の固有周期を実際の建築物の固有周期に近づけるため、極力、その水平剛性を小さくする必要がある一方で、浮き上がり時及び着地時において鉛直方向に生じる引張力及び圧縮力を負担し得るだけの鉛直方向の耐力を必要とする。そのため、ユニット内の構造要素を鉛直力支持部材と水平力支持部材に分離している。浮き上がりを実現するため、最下層ユニットの底板には半円筒状のピンを取り付け、その受けとして浅い V 字形の溝を持つ支承を基礎梁に設置している。表 1 に試験体の層数を 10 層とし、全ての層で、径 4mm のピアノ線を片側に 2 本ずつ、計 4 本挿入した場合の固有周期と減衰定数を示す。これらは、white noise 加振時の入出力データに対して ARX モデルによるパラメータ同定<sup>5)</sup>を適用し求めている。1 次固有周期は約 1.3 秒と長く、高層建築物なみである。高次モードも十分に計測できる周期となっている。

(2)振動台実験

10 層モデルに対する振動台実験結果の一例を図 2,3 に示す。入力地震波には、約 0.8 秒の卓越周期を有する 1995 JMA Kobe NS と約 0.3 秒の卓越周期を有する 1993 Kushiro EW を用いる。Kobe の場合には浮き上がり変位の発生に対応して基準化転倒モーメント(転倒モーメント / 0.5MgB、M : 試験体質量、B : 試験体の幅)は、約 1.0 で頭打ちとなっている。一方、Kushiro の場合はこのような明確な頭打ちは見られず、転倒モーメントとベースシア係数との増減の様相にもあまり対応関係が認められない。このような Kushiro の場合の結果は、地震動の周波数特性との関係で高次モードが大きく励起される時、浮き上がりによる地震応答低減効果はあまり得られないとする文献 2)の指摘と一致するものである。また、Kobe の場合においても、ベースシアには高次モードの影響が明らかに現れている。ロッキング制振構造の適用に当たってはこのような高次モードの影響の定量化が不可欠であると考えられる。

【謝辞】

本研究の遂行に当たり、国土交通省国土技術政策総合研究所の小豆畑氏・石原氏・野口氏・井上氏の各氏に多大なる協力を賜った。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1) Rutenberg, A., et al., "The Response of Veterans Hospital Building 41 in the San Fernando Earthquake", Earthquake Eng. Struct. Dyn., Vol. 10, No. 3, pp. 359-379, 1982
- 2) 林 康裕：直接基礎構造物の浮き上がりによる地震被害低減効果、日本建築学会構造系論文集、第485号、pp.53-62、1996.7
- 3) 緑川光正ほか：地震応答低減のためベースプレートを浮き上がり降伏させた鉄骨架構の動的挙動、日本建築学会構造系論文集第 572 号、pp.97-104、2003.10.
- 4) 石原直ほか：均一せん断棒による多層建築物の浮き上がり自由振動解析、日本建築学会大会学術講演梗概集 B-2、pp.1017-1018、2005.9.
- 5) 森田高市ほか：実測に基づく建築物の損傷同定と損傷評価、構造工学論文集、Vol.50B、pp659-666、2004.3

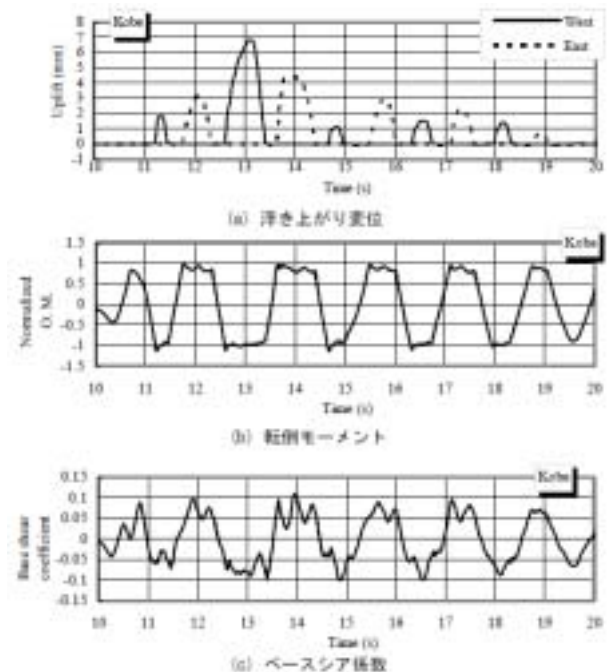


図 2 地震応答の時刻歴(Kobe, 入力倍率: 0.2)

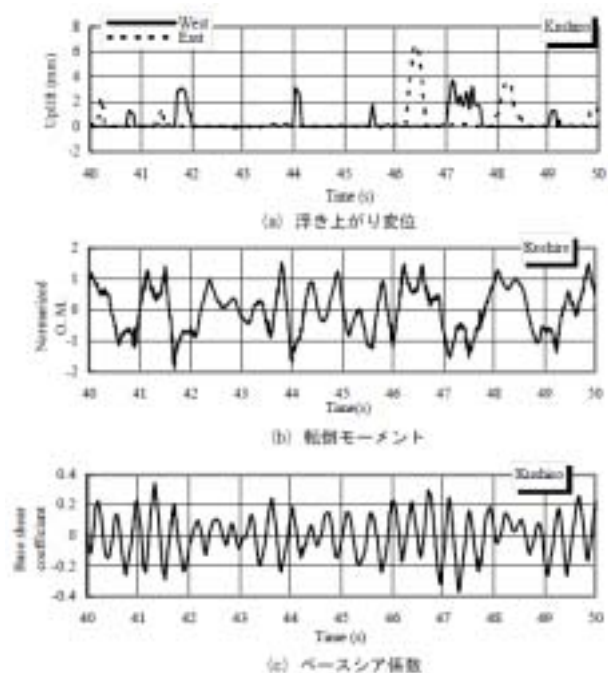


図 3 地震応答の時刻歴(Kushiro, 入力倍率: 0.8)