

中間層浮き上がり構造の地震応答に関する模型振動台実験

正会員 石原 直*¹ 正会員 小豆畑達哉*³
同 〇小松 豊*² 同 緑川 光正*⁴

地震応答低減 層せん断力係数 転倒モーメント
高次振動 高さ方向分布

1. はじめに

筆者らはこれまで建築物の基部で浮き上がりを許容することによる地震応答低減効果に着目した研究を実施してきた(例えば 1)2)3)。この種の構造は一種の免震構造と考えられ、ステップング免震などと呼ばれることもある 4)。免震構造では基礎免震のほか、計画上の理由等により中間層免震が採用されることも多い。本稿では中間層浮き上がり構造を取り上げ、模型による振動台実験を通じてその地震応答特性を把握する。

2. 試験体及び実験方法等

試験体を図 1 及び写真 1 に示す。試験体は文献 1)2)で用いたものと同じで、中間層で浮き上がりを許容できるよう改良したものである。層を表わすリンク機構のユニットに、φ4 のピアノ線を 6 本ずつ設置して復元力を持たせている。図 1 中に矢印で示すように 2 層と 3 層との間に浮き上がり許容の層(浮き層)を設けた試験体 MU と、基部に浮き層を設けた試験体 BU を対象とする。また浮き層を長ボルトで固定した試験体を MF、BF とする。表 1

に固有周期と減衰定数を示す。浮き層には上側に円筒状の部材、下側に V 字形の溝を持つ支承が設置され、水平力により浮き上がりが生じるようになっている。

加振は水平 1 方向とし、入力波として JMA Kobe NS 波を用いた。図 2 に擬似速度応答スペクトルを示す。

計測は変位、加速度とし、層せん断力は文献 1)2)と同様に慣性力から求めた。

3. 実験結果

図 3~5 に応答時刻歴の例を示す。横軸は時間(10~14 秒)で、試験体 MF、MU、BU の結果を並べている。浮き層の回転角は直上と直下との回転角の差であり、浮き上がりの程度を示している。BU に比べ MU は浮き上がりから着地までの時間が短く、尖った波形となっているが、最大値は両者でほぼ等しい。水平変位で頂部(RF)を見ると MU は MF に比べ同程度以下であり、BU では長周期化するとともに変位が大きくなっている。3 層床(3F)を見ると、MU には 11 秒前後から高次の振動が明瞭に現れている。層せん断力係数は 1 層(C1)と 3 層(C3)について示してある。MF ではほぼ 1 次の周期で振動しているが、MU や BU では浮き上がりに伴う高次振動の影響が表れている。MU では大きく浮き上がった後の 12 秒前後から激しい変動が見られる。

図 6 に入力倍率と最大応答値との関係を示す。MU の層せん断力は MF に対して 3 層(C3)で応答低減が見られるが、1 層(C1)ではやや上回る場合もある。C1、C3 とともに低減効果が見られる BU とは対照的で、浮き層より下部の構造に低減効果を得難いのは、中間層免震と同様である。頂部水平変位は倍率 15% 未満の範囲で MU、BU とも MF、BF と同程度以下であるが、入力が大きくなると変位が加速度的に増加する傾向を見てとれる。浮き層回転角は倍率 15% まで MU と BU とは同程度である。

図 7 に 1 層の層せん断力係数と頂部水平変位との関係を示す。BU の応答低減効果に対して、MU では MF をやや上回っている。

図 8 では縦軸に重量座標 α_i をとり、層せん断力係数の高さ方向分布を示す。MU は浮き層直上の 3 層での応答低減が顕著であるが、入力が大きくなると下部や上部で応答が大きくなり、くの字の分布形状となっている。BU は全ての層で BF より低減し、上層部を除きほぼ一定である。

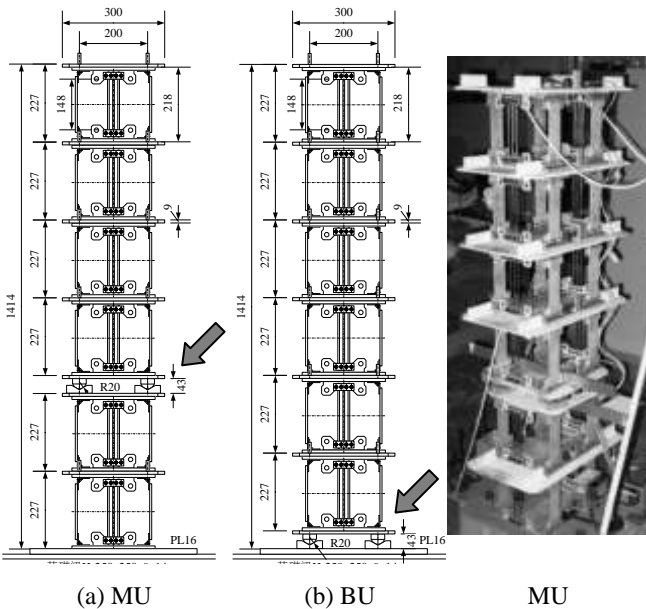


図 1 試験体 写真 1 試験体

表 1 固有周期及び減衰定数

試験体名	浮き位置	1次固有周期(s)	1次減衰定数
MU(MF)	2~3層間	0.714	4.3%
BU(BF)	基部	0.680	4.6%

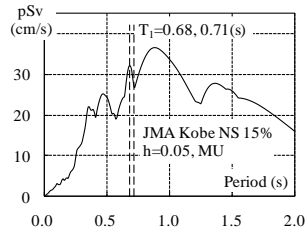
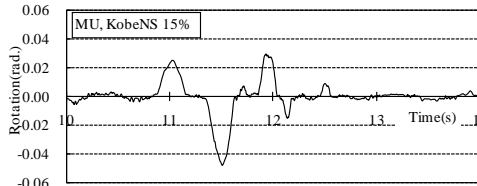
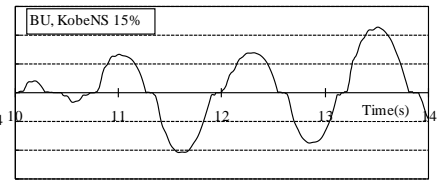


図2 応答スペクトル

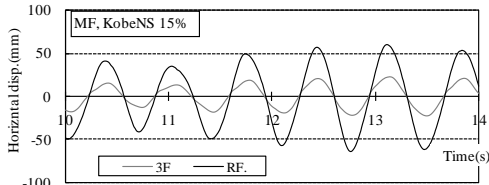


(a) 中間層浮き MU

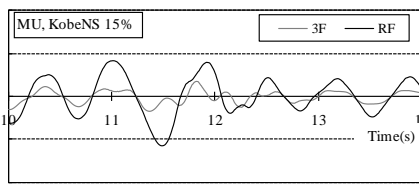


(b) 基部浮き BU

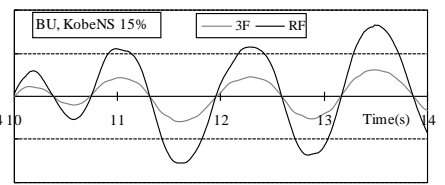
図3 浮き層の回転角時刻歴 (KobeNS 15%)



(a) 中間層浮き拘束 MF

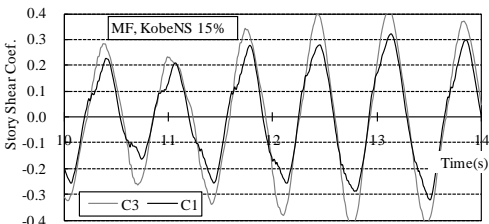


(b) 中間層浮き MU

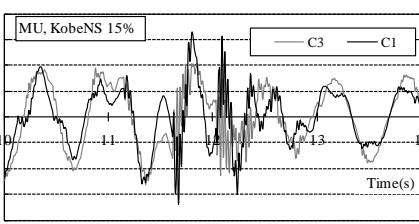


(c) 基部浮き BU

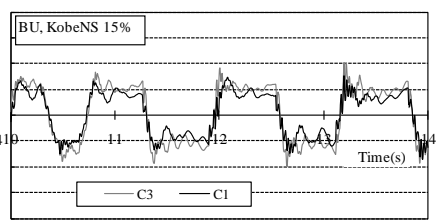
図4 水平変位時刻歴 (KobeNS 15%)



(a) 中間層浮き拘束 MF

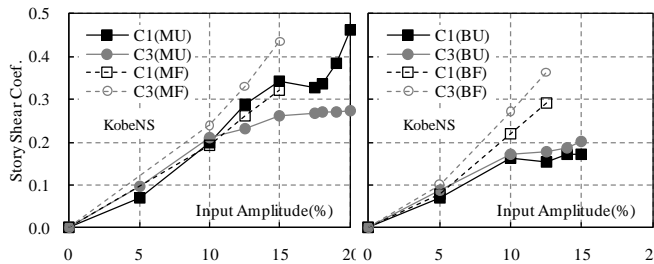


(b) 中間層浮き MU

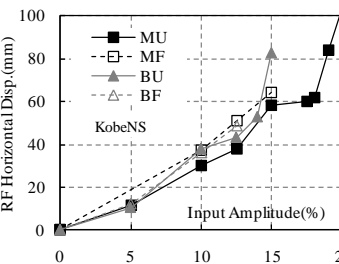


(c) 基部浮き BU

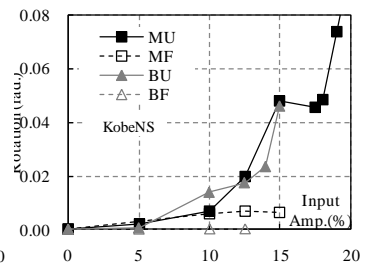
図5 層せん断力係数時刻歴 (KobeNS 15%)



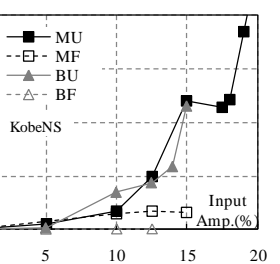
(a-1) 層せん断力係数 MU, MF



(a-2) 層せん断力係数 BU, BF



(b) 頂部水平変位



(c) 浮き層回転角

図6 入力倍率~最大応答値 関係

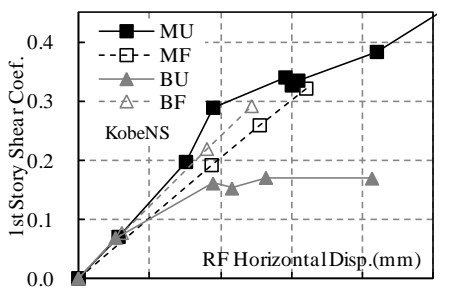


図7 1層層せん断力係数 ~頂部水平変位 関係

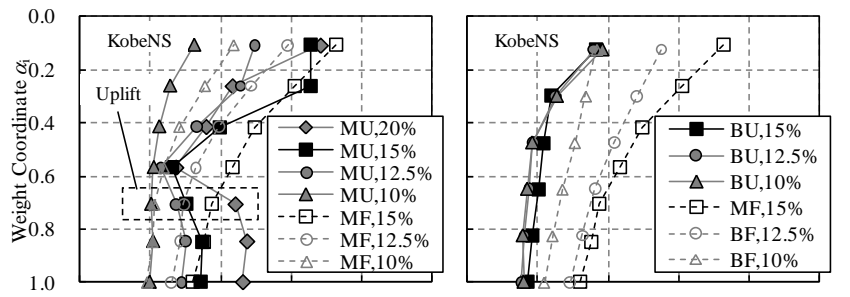


図8 層せん断力係数の高さ方向分布

4. おわりに

中間層浮き上がり構造では、中間層免震と同様に下部や上部で応答が大きくなることを確認した。地震波特性や浮き層位置の影響等についても今後検討していきたい。

謝辞 本研究は科研費(21560607、19360244)の助成による。
参考文献 1) 野口ほか、本会大会梗概集、B-2、pp.483-486、2006.9、pp.581-582、2007.8 2) 石原ほか、鋼構造年次論文報告集、2006.11 3) 石原ほか、本会構造系論文集、第640号、2009.6 4) R.I.Skinnerほか、川島ほか監訳：免震設計入門、鹿島出版会

*1 国土技術政策総合研究所 主任研究官・博士(工学)
*2 (財)ベターリビング 主任試験研究役
*3 国土技術政策総合研究所 室長・博士(学術)
*4 北海道大学大学院 教授・工博

*1 Nat'l Inst. for Land and Infrastr. Management, Dr.Eng
*2 Center for Better Living
*3 Nat'l Inst. for Land and Infrastr. Management, Ph.D
*4 Hokkaido University, Dr. Eng.