

1) - 5 浮き上がり活用型制振架構形式の展開に関する基礎研究 Basic Study on Development of Response Controlled System with Uplift Mechanism

(研究期間 平成 21~23 年度)

国際地震工学センター

International Institute of Seismology and
Earthquake Engineering

石原 直

Tadashi Ishihara

To utilize the seismic-force reduction effect due to uplift to a wider range of buildings, two types of response controlled systems are investigated in this study. One is (a) Systems allowed to uplift at mid-story, and the other is (b) Systems allowed to uplift with narrower span of column/support than the width. At first, analytical study is done using uniform shear-beam model to clarify those vibration characteristics and dynamic behaviors. Then shaking table test is conducted to investigate the seismic responses and reduction effect by uplift motion. The results show the distinctive higher-mode vibration and reduction effect due to uplift in those systems.

【研究目的及び経過】

「浮き上がり活用型制振架構」とは、いわば倒立振子として簡易かつ安価に地震時の負荷低減効果を得ようとするものである。著者は基部で浮き上がりを許容した架構を対象に地震応答低減効果や動的挙動のメカニズムを明らかにしてきた¹⁾が、適用しやすい形状はスレンダーなもの、すなわち幅に対する高さの比（アスペクト比）が大きいものに限られること等の制約があった。

本研究では浮き上がり活用型制振架構の適用範囲を拡大するべく、浮き上がり位置を高さ方向に調整した場合や、アスペクト比が小さく比較的ずんぐりとした建築物に適用した場合について、解析及び振動台実験を通じて基礎的な振動特性や応答低減効果を明らかにすることを目的としている。

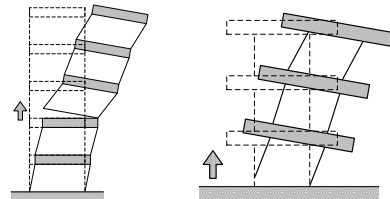
検討は平成 21~23 年度の 3 年間でいった。以下、概要を示す。

【研究内容】

本研究では、主に短辺方向が 1 スパンである場合を対象として、(a)中間層浮き上がり、(b)広幅浮き上がり、を取り上げて検討を行った(図 1)。(a)は塔状比が比較的大きな構造に対して、浮き上がり機構の位置に自由度を持たせて、中間層において浮き上がりを許容することにより、建築物の上部のみが倒立振子機構となるものを想定した。(b)は塔状比が比較的小さい構造に対して、柱スパンや杭の支持スパンを意図的に狭めることにより浮き上がりを発生しやすくしたものである。

両者について、まずは均一せん断棒によるモデル化に基づいた解析的検討を行い、基礎的な振動特性等を明らかにした。その上で試験体を検討し、解析的検討による

特性を実験的に確かめるとともに、振動台実験により地震応答特性を把握した。



(a)中間層浮き

(b)広幅浮き

図 1 本研究で対象とした浮き上がり架構

【研究結果】

(a-1) 中間層浮き上がり：解析的検討²⁾

図 2 に示すようなモデルを対象として、浮き上がり状態での固有値解析を行い、モード形状等の振動特性を把握した(図 3)。また浮き上がり中の動的挙動を検討し、ベースシア係数等の応答に対して高次モードが強く影響を及ぼすこと(図 4)や、浮き上がり位置が上にあるほど下層部ではせん断力が増して上層部では低減することなどの特性を明らかにした(図 5)。

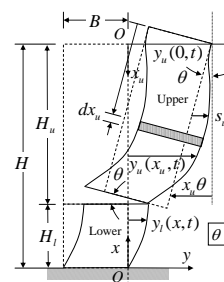


図 2 対象モデル

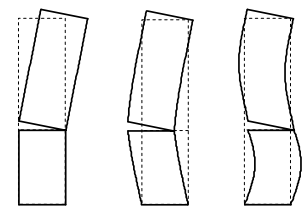


図 3 モード(左から 1~3 次)

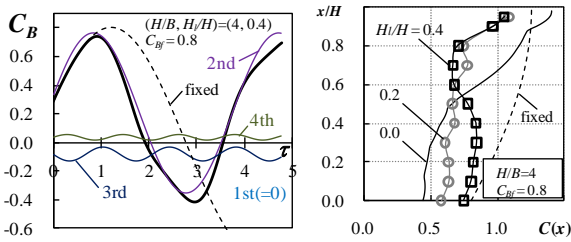


図 4 ベース係数時刻歴

図 5 層せん断力係数

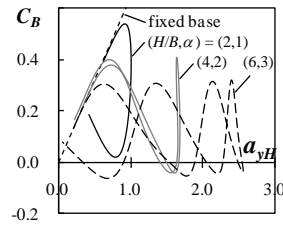


図 9 ベース係数—頂部水平変位関係

(a-2)中間層浮き上がり：実験的検討³⁾

写真 1 に示すような 2 層と 3 層の間に浮き上がり機構のある 6 層の試験体を用いて、地震波を入力とした振動台実験を実施した。浮き上がり機構直上の 3 層で顕著な応答低減が見られ、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ることなどを明らかにした (図 6)。

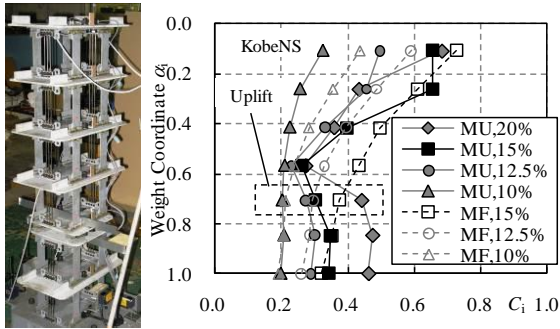


写真 1 試験体 図 6 層せん断力係数(MU：浮き)

(b-1) 広幅浮き上がり：解析的検討⁴⁾

梁等の部分的な変形・振動は無視し、特に浮き上がり挙動に対する回転慣性の影響に着目して、図 7 に示すモデルを対象とした検討を実施した。固有値解析からモード特性を把握した上で (図 8) 動的挙動を検討し、支点の間隔を狭めることによる負荷低減と変位増大の程度などを定量的に明らかにした (図 9)。その結果、アスペクト比が 2 程度でも支点間隔を狭めることにより負荷を大きく低減しうることなどを明らかにした。

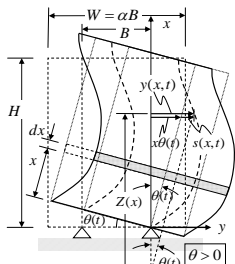


図 7 対象モデル

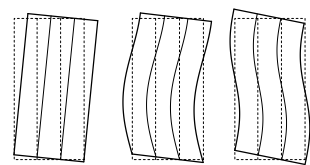


図 8 モード(左から 1~3 次)

(a-2)広幅浮き上がり：実験的検討⁵⁾

写真 2 に示すような 2 種の試験体を用いて地震波を入力とした振動台実験を実施した。回転慣性の大きい試験体(WU)と小さい試験体(NU)とは重量・剛性等が同じで、回転慣性の比は WU/NU=2.7 倍である。図 10 に示すように層せん断力係数は WU の方が若干上回ったが、両者で大きな違いは見られなかった。この結果から、回転慣性の影響は小さいと言え、ずんぐりした建築物に対しても浮き上がりの効果を十分に活用しうることを示した。

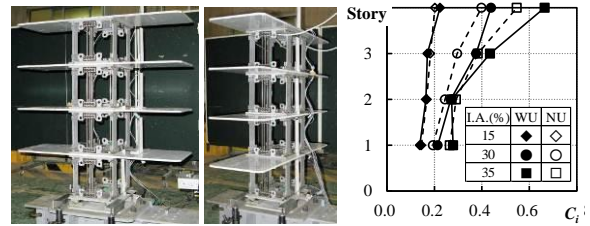


写真 2 試験体(左:WU, 右:NU) 図 10 層せん断力係数

【参考文献】

- 1) 例えば、石原ほか：均一せん断棒による多層建築物の浮き上がりモード特性と自由振動、日本建築学会構造系論文集、第 74 巻、第 640 号、pp.1055-1061、2009.6
- 2) 石原ほか：中間層で浮き上がりが許容された多層建築物のモード解析、第 60 回理論応用力学講演会講演論文集、OS12-7、2011.3
- 3) 石原ほか：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、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2、pp.37-38、2010.9
- 4) 石原ほか：均一せん断棒で模擬された多層建築物の浮き上がり挙動に対する回転慣性の影響、アスペクト比の小さい建築物への浮き上がりの活用、日本建築学会構造系論文集、第 76 巻、第 667 号、pp.1601-1610、2011.9
- 5) 石原ほか：浮き上がり地震応答における回転慣性の影響に関する模型振動台実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、2012.9 (掲載予定)