T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	免震建物の上下応答における建物モデルと地盤との相互作用の影響評価
Title	
著者(和文)	木下貴博, 佐藤大樹, 本郷貴之, 永野 正行, 北村春幸
Authors	daiki sato, Masayuki Nagano, Haruyuki Kitamura
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 527-528
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 527-528
発行日 / Pub. date	2013, 8
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
relation	isVersionOf:http://ci.nii.ac.jp/naid/110009682630

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

Architectural Institute of Japan

21264

日本建築学会大会学術講演梗概集
（北海道） 2013 年 8 月

免震建物の上下応答における建物モデルと地盤との相互作用の影響評価

免震建物　相互作用　上下応答
観測記録　立体モデル

正会員○木下　貴博*　同　佐藤　大樹*
同　本郷　貴之*　同　永野　正行*
同　北村　春幸*

1. はじめに

免震建物の強震時における水平応答は，免震層での変形が支配的となるため，慣性の相互作用効果である地盤ばねの有無が応答に与える影響は比較的小さいものと考えられる[1)]。しかし，上下応答では，免震層の剛性が水平方向と比べて大きく，かつ上部構造の剛性も大きいことから，地盤との相互作用の影響が比較的大きく現れることが予想される[2)]。さらに，上下応答解析で一般的に用いられる，各階重心位置に質量を集中させ，鉛直部材の軸剛性のみを考慮した直列系の多質点モデルにより得られる解析結果は，建物の実挙動に対して安全側の応答結果を与える傾向にあることが確認されている[3)]。

そこで本報では，杭基礎である中高層免震建物の観測記録を比較対象とし，応答解析を通して上部構造のモデル化の違いと地盤との相互作用が免震建物の上下応答加速度に与える影響について考察することを目的とする。

2. 対象建物および観測概要

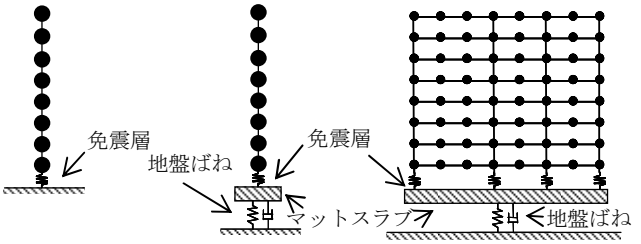
東京理科大学野田キャンパス講義棟(以後，講義棟)は，2003 年竣工の 7 階建て鉄筋コンクリート造中高層免震建物であり，短辺方向のアスペクト比が約 1 と比較的平面形状の大きな建物である。建物は第 2 種地盤上に杭基礎で建設されており，地下約 38m の深さで支持されている。講義棟では，建物系の地震動観測と合わせて地盤系の地震動観測も行われており，地盤の影響を含めた建物の上下応答を検証する上で適した建物と言える。講義棟の観測概要は文献 4)を参照されたい。

3. 解析モデルによる検証

3.1 解析モデルの諸元

図 1 に上下応答解析モデルの概要を示す。図 1(a)，(b)は直列系の多質点モデルであり，基礎固定時(以後，1A-model)と地盤ばね(後述)考慮時(以後，1B-model)の 2 種類を作成した。図 1(c)は，地盤ばねを考慮し，梁やスラブの振動を再現出来るように梁を分割する点に質点を設けた 3 次元立体モデル(以後，2B-model)となっている。マットスラブは剛体とした。モデル化は設計図書に基づいて行い，上部構造の剛性を観測記録と整合するように調整した。減衰も観測記録と一致するように設定し，上部構造の減衰定数を h＝2%となる剛性比例減衰，免震層を h＝1%とした。3 次元立体モデルの上部構造のモデル化に関しては文献 5)を参照されたい。

上下地盤ばねは，Randolf による杭周地盤ばねと杭先端地盤ばねを用い評価した[1)]。基礎部は 48 本の鋼管杭から構成される。地盤物性は PS 検層結果を参照した。表 1 に講義棟の地盤物性を，図 2 に地層と杭のイメージ図を，表 2 に得られた上下地盤ばね定数と減衰係数を示す。得られた地盤ばねの値を検証するため，1B-model を対象とし，応答解析を行った。図 3 に入力波 GL1.0(後述)に対する建物 1F の応答の伝達関数 1F/GL1.0 を観測記録と比較して示す。観測と解析は良い対応を示しており，地盤ば



(a) 多質点基礎固定 (1A-model)　(b) 多質点地盤考慮 (1B-model)　(c) 3 次元立体地盤考慮 (2B-model)

図 1　上下応答解析モデルの概要

表 1　講義棟の地盤物性

地層	層厚(m)	ρ(t/m^3)	Vs(m/s)	Vp(m/s)
①ローム層	7.80	1.63	120	1554
②砂層	12.75	1.74	194	1547
③粘性土層	15.30	1.74	230	1568
④粘土質砂層	4.00	1.80	250	1379
⑤砂泥互層	23.10	1.75	289	1471
⑥砂質粘性土層	25.15	1.80	318	1660
⑦砂質土層	16.90	1.80	403	1779
⑧砂礫層	3.50	1.80	510	2050

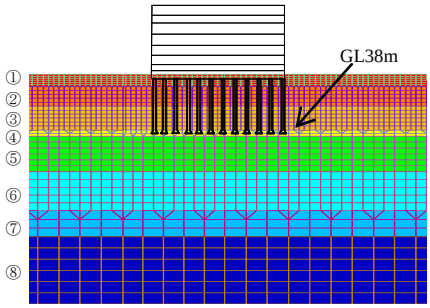


図 2　杭と地盤のイメージ図

表 2　上下地盤ばね

上下ばね定数 (kN/m)	2.81E+07
減衰係数 (kN・s/m)	2.26E+06

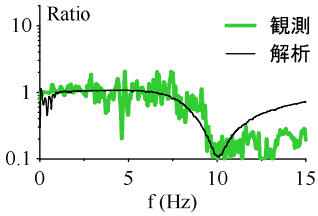
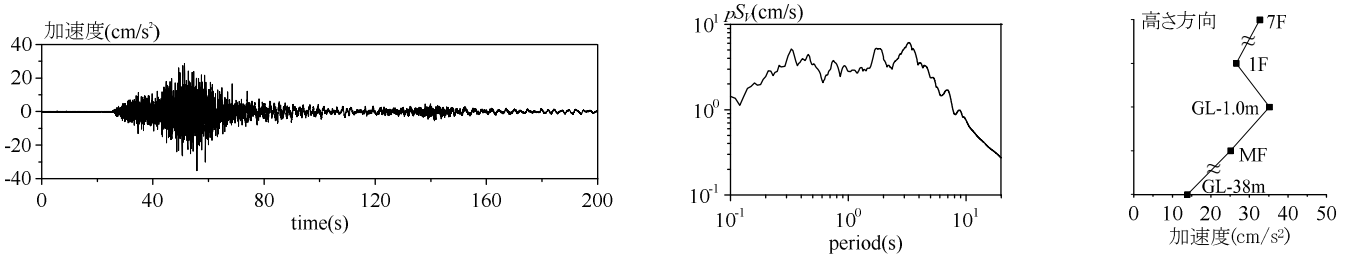


図 3　伝達関数の比較(1F/GL1.0)

Effects of Superstructure Modeling and Soil-Pile-Foundation Interaction on Vertical Response of Seismically Isolated Building.

KINOSHITA Takahiro, SATO Daiki, HONGO Takayuki
NAGANO Masayuki, KITAMURA Haruyuki

NII-Electronic Library Service



(a) 時刻歴波形(GL-1.0m) (b) 擬似速度応答スペクトル(GL-1.0m) (c) 加速度高さ方向分布

図 4 入力地震動の概要(福島県浜通り 2011/04/11)

ねの値として妥当であると判断できる。

入力地震動は，GL-1.0m で観測された福島県浜通り地震(2011/04/11)を基礎入力動として用いる。図 4 に入力地震動の概要を示す。入力地震動は，GL-1.0m において最大 35(cm/s^2)程度であり，上部構造の応答は増大する傾向を示している。

3.2 多質点モデルによる検証

図 5 に 1A-model，1B-model の解析結果と観測記録の比較を示す。図 5(a)の加速度最大値分布では，地盤ばねを考慮した 1B-model を用いることで基礎固定時の 1A-model よりも応答が低減し，相互作用による低減が大きく表れている。しかし，図 5(b)の伝達関数 7F / MF では，観測記録の複数のピークが再現できておらず，そのピーク倍率も過大評価になっている。そのため，上下応答を精度よく評価するには，文献 2)に示されているような梁やスラブの振動を考慮した 3 次元立体モデルを用いる必要があると考えられる。

3.3 3 次元立体モデルによる検証

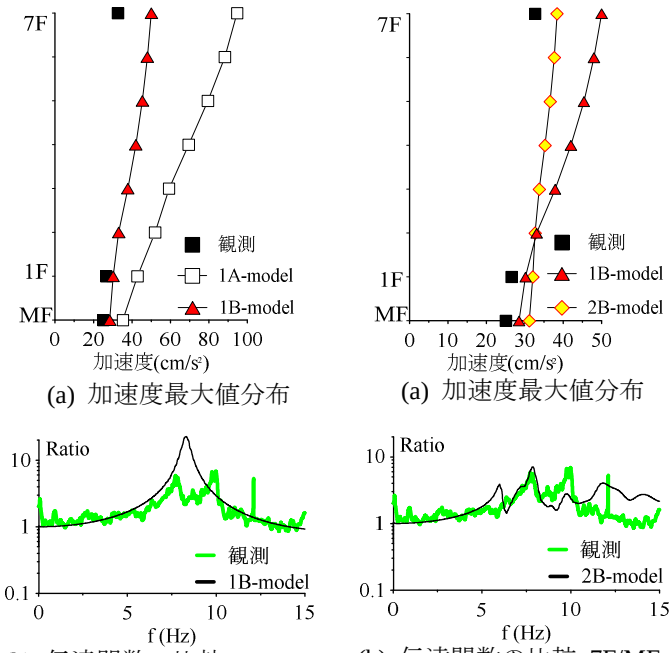
図 6 に 1B-model，2B-model の解析結果と観測記録の比較を示す。図 6(a)の加速度最大値分布では，2B-model を用いることで 1B-model よりも応答が低減しており，梁やスラブの振動の影響が表れている。図 6(b)の伝達関数 7F / MF では，高振動数成分でのずれはあるものの，1B-model では表現できていない観測記録に表れている複数のピークが再現できている。

以上の検討により免震建物の上下方向では，梁やスラブの振動と地盤との相互作用を考慮した 2B-model を用いることで，観測記録の傾向を捉えられることが分かった。

4. まとめ

本報では，杭基礎である中高層免震建物の観測記録を比較対象とし，応答解析を通して上部構造のモデル化の違いと地盤との相互作用が免震建物の上下応答加速度に与える影響について考察した。以下に得られた知見を示す。

(1)各階重心位置に質量を集中させ，鉛直部材の軸剛性のみを考慮した多質点モデルにおいても，地盤との相互作用の影響は大きいことが分かった。



(a) 加速度最大値分布 (a) 加速度最大値分布

(b) 伝達関数の比較 7F/MF (b) 伝達関数の比較 7F/MF

図 5 1A-model，1B-model の解析結果と観測記録の比較

図 6 1B-model，2B-model の解析結果と観測記録の比較

(2)梁やスラブの振動を考慮できる 3 次元立体モデルを用いることで，伝達関数では観測記録に表れている複数のピークが再現でき，加速度最大値分布でも観測記録の傾向を捉えられた。

免震建物の上下応答解析では，これらの影響を考慮して行う必要があると思われる。

参考文献

1) 日本建築学会：建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計，pp 265-372，2006
2) 永野正行，飯場正紀，鹿嶋俊英：大小地震時における 9 階建免震建物の上下応答特性と地盤との動的相互作用効果，日本建築学会構造系論文集，pp 77-86，2010
3) 北村春幸，楊志勇，多田英之：免震建物の鉛直地震応答に関する一考察，日本建築学会大会学術講演梗概集，B-2，pp.817-818，1996.9
4) 森清宣貴，金澤健司，北村春幸：免震建物を対象とした強震－振動モニタリングシステム，日本建築学会技術報告集，pp 133-138，2005.12
5) 佐藤大樹，福田優輝，北村春幸：多点同時地震動観測記録に基づく免震建物の上下応答解析手法，日本建築学会構造系論文集，pp 1853-1862，2012

*東京理科大学 * Tokyo University of Science

NII-Electronic Library Service