

平面形状の大きな免震建物の地震時の振れ振動を伴う挙動

正会員 同 ○加藤 咲* 島崎 和司**

免震建物 長大建物 地震観測
振れ振動

1. はじめに

免震建物の地震時の挙動については多くの地震観測が行われ、全体的な挙動、高さ方向の挙動を把握し、その結果を評価して、設計との対応がなされてきている。長大な免震構造物である神奈川大学 23 号館は、振動実験や強風・地震時の挙動観測が行われ、免震建物の高さ方向の挙動が評価されてきた¹⁾。本研究では、免震層の地震時の平面的な挙動を観測するため、変位計と地震計を増設し、解析シミュレーションと合わせて、その地震時挙動を検討した。

2. 計測概要

神奈川大学 23 号館は、図 1 に示すような鉄筋コンクリート造の上部構造（地下 1 階から地上 8 階）と下部構造（地下 2 階）の間に免震層を入れた免震構造物である。図 3 に示す積層ゴム L と積層ゴム R の 2 か所に、図 2 に示すような相対変位計と加速度計を設置し、建物両端での応答変位と加速度応答を X, Y 方向それぞれ計測する。相対変位は長期的にも計測し、B1F 梁の収縮や地震・強風後の残留変形を計測する。

3. 地震時加速度記録

平面的な計測を開始した 2004 年 9 月以降、最大加速度が 10gal 以上を記録した地震を表 1 に示す。

図 4 は、最大加速度を記録した No3 地震と、最大規模の No4 地震の建物両端で計測された X Y 方向の主要 60 秒間のフーリエ振幅スペクトルを示したものである。No3 地震では、X 方向では建物両端でほとんど違いがないが、Y 方向では 0.3~0.4 秒付近で違いがみられる。No4 地震では、X 方向・Y 方向ともに違いが見られなかった。建物両端でのフーリエ振幅スペクトルの相違の有無は、地震動の伝達経路やレベルによって影響されると思われるが、詳細は今後の検討課題である。

図 5 は No3 地震時の建物両端のそれぞれの方向の加速度記録を X と Y 軸に取り、その相関を示したものである。図中には 45° 方向に線を入れたが、記録されたデータがこの線上にあれば両端でのデータが同じで、これから外れるに従い、両端での記録に違いがあることになる。両方向とも、最初の最大振幅時には 45° 線上にあり、両端で同じ値となっているが、その後の繰り返し時には X 方向・Y 方向ともに相違がある。図 6 は、建物両端での X

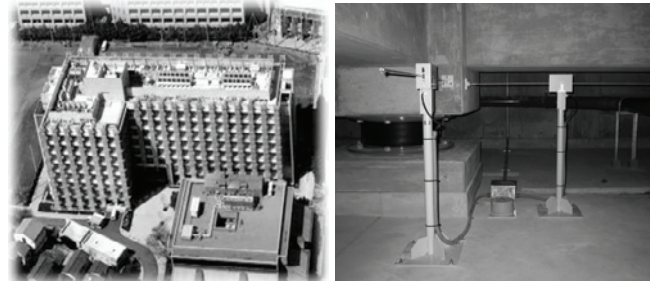


図 1 神奈川大学 23 号館 図 2 相対変位計・加速度計

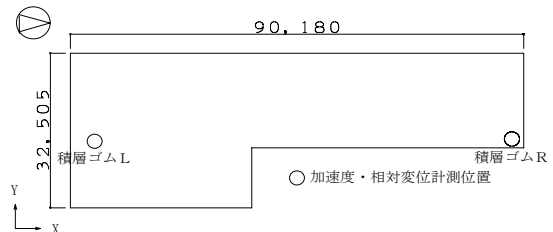
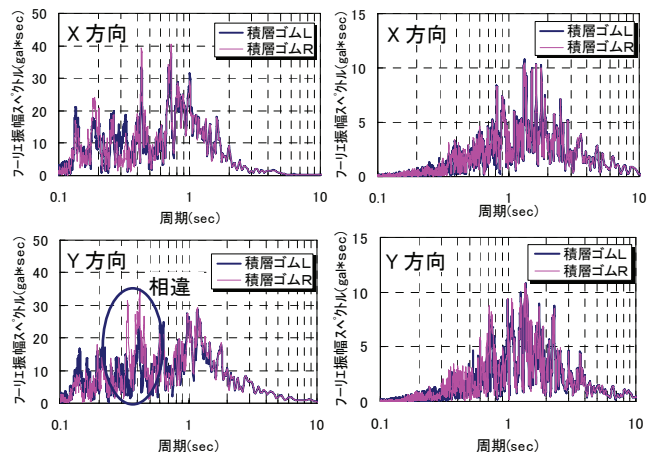


図 3 平面方向計測位置（地下 2 階）

表 1 観測地震

No	観測日時	震源	M	最大加速度(gal)			
				積層ゴム L		積層ゴム R	
				X方向	Y方向	X方向	Y方向
1	2004/10/6 23:41	茨城県南部	5.8	11.08	13.23	13.03	11.34
2	2005/2/16 4:47	茨城県南部	5.4	14.46	17.09	12.70	21.04
3	2005/7/23 16:35	千葉県北西部	6.0	78.71	62.92	80.43	63.81
4	2005/8/16 11:47	宮城県沖	6.8	10.93	10.72	11.83	11.22
5	2005/10/16 16:06	茨城県南部	5.1	20.78	10.66	20.25	10.21



(a) No3 地震 (b) No4 地震

図 4 フーリエ振幅スペクトル

方向の加速度記録の時刻歴のうち、振幅が大きかった部分を抜き出して示したものである。図 5 で X 方向に相違があるのは、図 6 に示した 19.7 秒付近と 20.3 秒付近に見

られる位相差の影響だと思われる。Y方向は小振幅時に相違が大きい。これは、X方向加速度計が直線状に配置されているのに対し、Y方向は平行に配置されていること、X20 通り側にのみ隣接建物が存在する事、敷地が段差状になっている事の影響や、地震計の設置場所等の影響が考えられるが、詳細は今後の検討課題である。

4. 地震時変位記録

図7は、建物の両端の免震装置の変位記録を X と Y 軸に取り、その相関を示したものである。X 方向は、45° 線上を推移し、同一変形を示しているのに対し、Y 方向では、45° の線から外れ、振れを伴う振動をしている。また、図8には、両端の Y 方向変位から求めた振れ角の時刻歴も示したが、大振幅の後も同じ大きさの振れ振動が続いている。今回の地震は、大振幅が1回しかない地震であったが、大振幅が繰返し起こるような地震の場合に、この振れがより励起されるかどうか検討が必要である。

5. 地震応答解析

計測された記録をシミュレーションするために立体弾塑性解析プログラム(RESPT)²⁾により動的解析を行なった。解析モデルは平面的な振れ応答を検討するため、上部構造は無視し、全重量が基礎梁フレームの接点にあるものとして解析を行った。入力地震動は積層ゴムLで得られた No.3 地震の加速度記録を用いた。

図 9 は建物両端の積層ゴムLのY方向の変位応答時刻歴を解析値と計測値とで比較したものである。解析値は、最大応答変形時では計測値とほぼ整合しているが、その後の振幅ではやや違いがある。これは、相対変位計の最小分解能が 1 mm であることや、鉛ダンパーの微小変形時の履歴特性などの影響によるものと思われる。

図 10 は解析による両端のY方向変位の相関である。45° の線からやや外れ振れ応答を示している。図 8 に示した計測結果に比べやや太く、振れを過大評価しており、今後の検討が必要である。

これらの結果より、ここで用いたモデルにより免震層の地震時の挙動がシミュレーションできることがわかったので、今後は建物両端での入力地震動の相違による影響(位相差入力)や、基礎梁の乾燥収縮や温度変化に伴う免震装置の初期変形の影響が、建物の振れ振動にどのように影響し、耐震性能の評価にどのように関わってくるかを検討する予定である。

6. まとめ

長大な免震構造物の振れを伴うような振動性状については、その影響が耐震性能にどの程度の影響があるのかの評価が確立していない。今後も観測記録を蓄積し、様々な地震動について挙動を確認していく必要がある。

謝辞

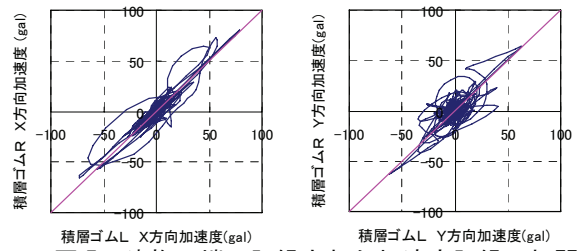
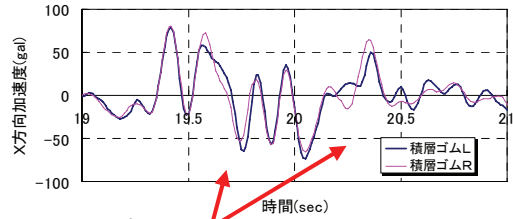


図5 建物両端で記録された加速度記録の相関



0.1~0.2秒程度の違い

図6 建物両端の加速度応答時刻歴

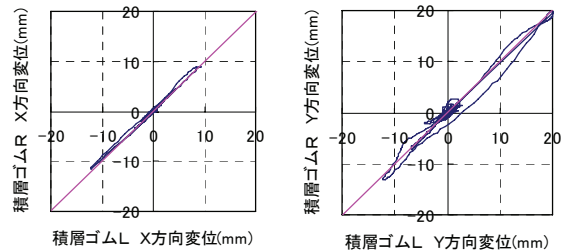


図7 建物両端で記録された変位記録の相関

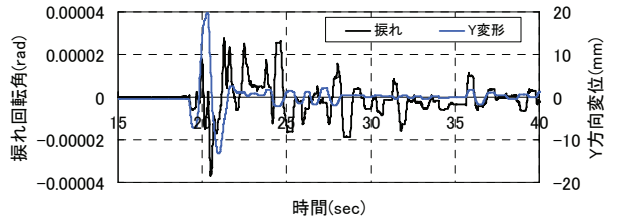


図8 振れ回転角の時刻歴

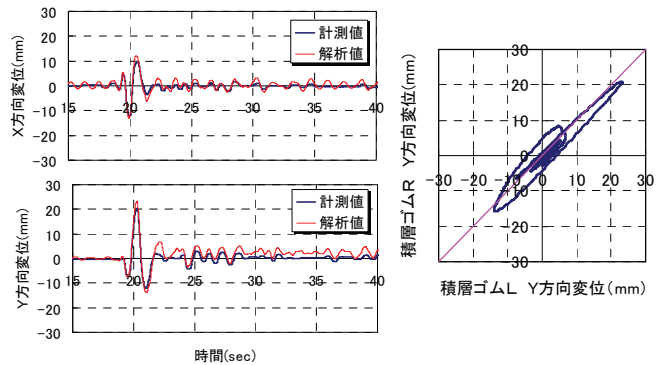


図9 積層ゴムL 変位応答時刻歴

図10 解析による建物両端のY方向変位の相関

本研究は、神奈川大学工学部共同研究(共同研究者:荻本孝久、大熊武司建築学科教授)により実施し、2005年度神奈川大学卒業生の吉田君の協力を得ました。関係者各位に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 荻本孝久・山本俊雄・栗山利男：1号館・2・3号館の地震時実挙動観測 (TEDCOM プロジェクト 2002.3)
- 2) 構造計画研究所：RESP-T (3次元立体構造物の静的・動的非線形解析プログラム)

*富士ハウス株式会社

**神奈川大学工学部建築学科 教授・博士(工学)

*Fujihouse Co.Ltd.

**Prof., Kanagawa University, Dr. Engineering