

免震構造物の地震時挙動の実測結果と振動モデル

正会員 ○島崎 和司*

免震建物 長大建物 地震観測
入力地震動 解析モデル

1. はじめに

神奈川県立23号館は、地上8階、地下2階、地下2階と地下1階の間に免震層を有する鉄筋コンクリート造の免震構造物である。基礎は、鉄筋コンクリート造べた基礎で、GL-14m付近のN値50以上の相模層群砂礫層に直接支持されている。2001年4月に竣工して以来、地震観測が行われており、現在までに数多くの観測記録が蓄積され、2008年までの43データ(M4.3~7.2、震央距離23~414km)が公開されている¹⁾。本論では、観測データと解析シミュレーション結果との比較をし、免震構造における解析の整合性を検討する。

2. 地震観測

図1に計測位置を示す。加速度計を建物内5ヶ所と地盤中2ヶ所(GL-25.5m、GL-1.5m)に設置し、XYZ方向の加速度を計測している。免震層ではX1・X20-Y3の積層ゴム2ヶ所に、変位計と加速度計を設置し、建物両端部の免震層の相対変位と免震層への入力加速度をXY方向で計測している。現在までに観測された地震動の内、比較的規模が大きいものと、震源距離の近い表1に示した14の地震動波形について示す。

1) 入力地震動の検討 図2に、工学基盤の地震動として自由地盤(GL-25.5m)の加速度記録と、建物の入力地震動としてのB2Fの加速度記録のフーリエ振幅スペクトルの比を、表1に示した地震動を遠方地震と関東の地震に分けて示す。また、震度4以上を示した地震動についても別図で示した。比の算定においては、得られたフーリエ振幅スペクトルにHanningウィンドウを2回かけて算定した。0.5秒より長い周期域帯では、おおむね1.0である。短周期域帯ではばらつきが大きい、特定の周期で2を超えるところがある。起振機実験²⁾による本建物の固有周期は、1次が0.6~0.7秒、2次が0.2秒程度であり、これらの影響が考えられる。

2) 入力地震動の位相差 図3にX1・X20-Y3に設置した免震層への入力加速度の相関をX方向、Y方向それぞれ示す。図3(a)は最大の震度を示したNo.21地震、図3(b)は地震規模が大きく、震央距離が遠いNo.24地震、図3(c)は地震規模が比較的小さく、震央距離に近いNo.43地震である。y=xの直線上で推移していれば、両端部の入力加速度が等しいことになり、ループ形状になっていけば、両者に位相差があることになる。関東地方の地震動のほうが、形状がループ状で、位相差が現れる傾向にあった。

3) 免震層の伝達関数の検討 免震層をはさむB2FとB1Fの加速度観測記録からフーリエ振幅スペクトルを求め、それらの比(B1F/B2F)を図4に示す。すべての地震動で、1~2秒と0.3秒付

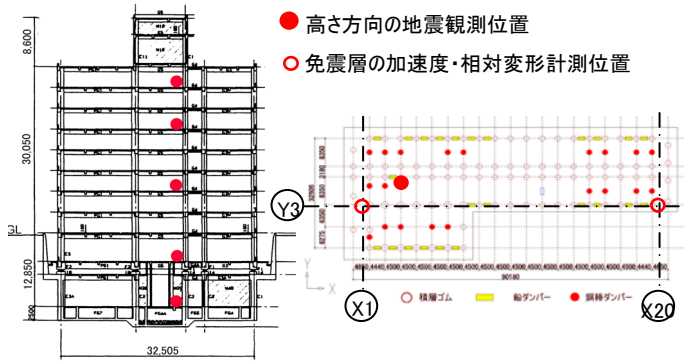


図1 地震観測位置

表1 代表的な地震動記録

No.	発生日	震源時	震央地名	緯度	経度	深さ km	規模 Mj	震度 神奈川県
43	2008/9/21	7:17	東京湾	35°36.9'	140°3.7'	71	4.8	3
42	2008/8/8	12:57	神奈川県東部	35°37.8'	139°32.2'	30	4.6	3
39	2008/6/14	8:43	岩手県内陸南部	39°1.7'	140°52.8'	8	7.2	2
38	2008/5/8	1:45	茨城県沖	36°13.6'	141°36.4'	51	7.0	3
34	2007/7/16	10:13	新潟県上中越沖	37°33.4'	138°36.5'	17	6.8	2
33	2007/3/25	9:41	能登半島沖	37°13.2'	136°41.1'	11	6.9	2
31	2007/1/16	3:17	静岡県伊豆地方	34°56.2'	138°53.5'	175	5.8	3
25	2005/10/16	16:05	茨城県南部	36°2.3'	139°56.2'	47	5.1	4
24	2005/8/16	11:46	宮城県沖	38°8.9'	142°16.6'	42	7.2	3
21	2005/7/23	16:34	千葉県北西部	35°34.9'	140°8.3'	73	6.0	5弱
16	2005/2/16	4:46	茨城県南部	36°2.3'	139°53.3'	46	5.3	4
14	2004/10/23	17:56	新潟県中越地方	37°17.5'	138°52.0'	13	6.8	2
13	2004/10/6	23:40	茨城県南部	35°59.3'	140°5.3'	66	5.7	4
7	2003/5/26	18:26	宮城県沖	38°49.2'	141°39.0'	72	7.1	2

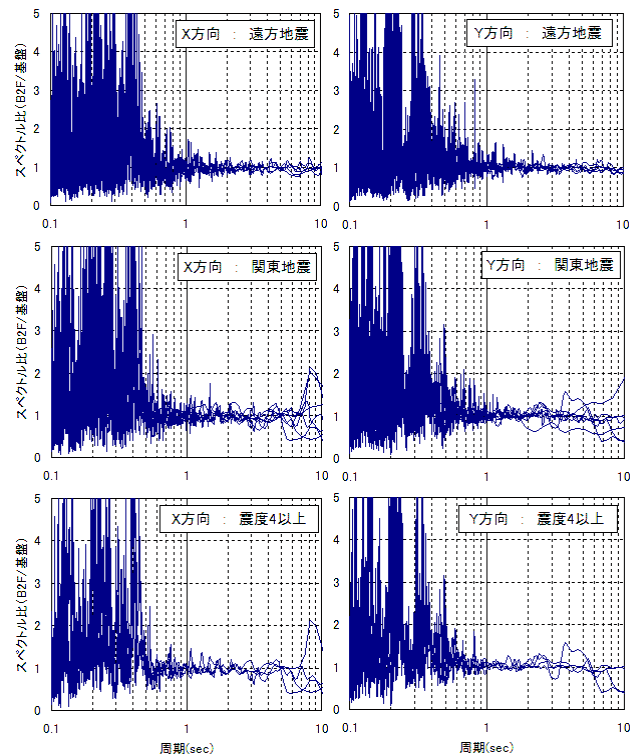


図2 地震動のフーリエ振幅スペクトル比

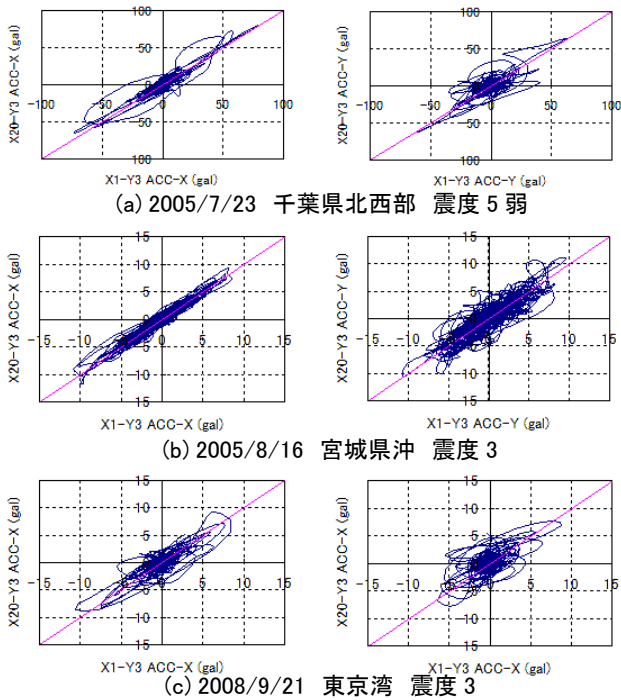


図3 建物の両端で記録された加速度記録の相関

近にピークが見られる。これは起振機実験による1次と2次の固有周期の1.5倍程度となっている。

3. 地震応答解析

解析プログラムとして、各階ごとに1個の質点を設けた等価せん断型モデル³⁾と、上部構造を無視し、各免震装置を個別にモデル化した平面型¹⁾の2種を用い、入力地震動を最大加速度が最も大きいNo.24地震として検討した。図5に、解析結果と計測記録の時刻歴の比較を示す。層間変形は、平面型モデルの適合性がよいが、応答加速度に短周期成分が見られない。図6に20-60秒間の免震層をはさんだ加速度記録のフーリエ振幅スペクトル比(B1F/B2F)を示す。免震層の周期域である1秒以上では平面型モデルの適合性がよいが、上部構造を無視したモデルであるため、0.3秒付近の上部構造の固有周期でのピークがみられない。等価せん断型モデルはX方向では、上部構造の周期域での対応がよいが、Y方向の整合性はあまり良くない。

4. まとめ

神奈川大学23号館での地震動観測記録から、建物への入力地震動と、免震層での伝達関数の評価を行い、解析モデルとの対応を検証した。

本論のデータ整理は、神奈川大学卒論生の山口真奈さんの協力を得ました。

参考文献

- 1) 島崎和司：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，日本建築学会技術報告集，No.23，pp.77～82，2006年6月
- 2) 引田智樹、安達直人、内山正次、大熊武司、神奈川大学23号館(免震棟)および新1号館の振動実験 その2. 23号館(免震棟)の振動実験結果、AIJ大会学術講演梗概集 B-2, pp.809～810, 2001年
- 3) 栗山,利男; 山本,俊雄; 荏本,孝久; 神奈川大学 23号館(免震棟)の地震的挙動：その3. 地震観測記録による動的解析結果、AIJ 大会学術講演梗概集, 構造系 (B-2),571-572,2002年

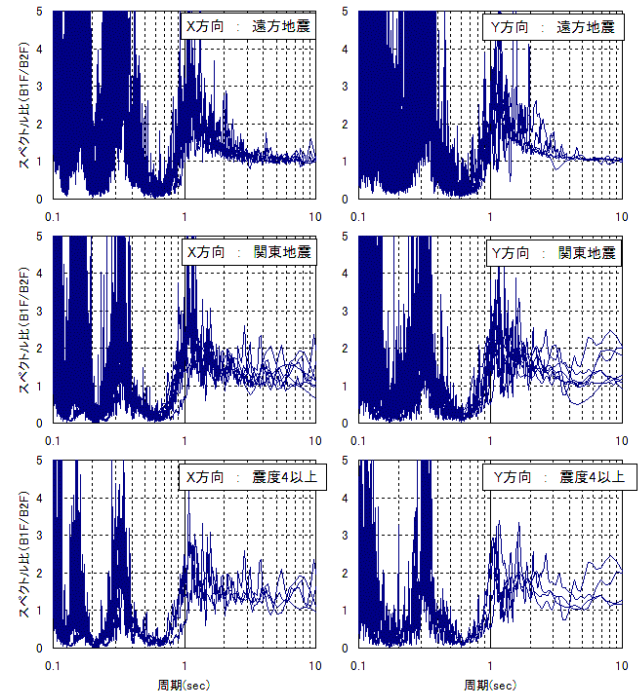


図4 免震層をはさんだ加速度記録のフーリエ振幅スペクトル比

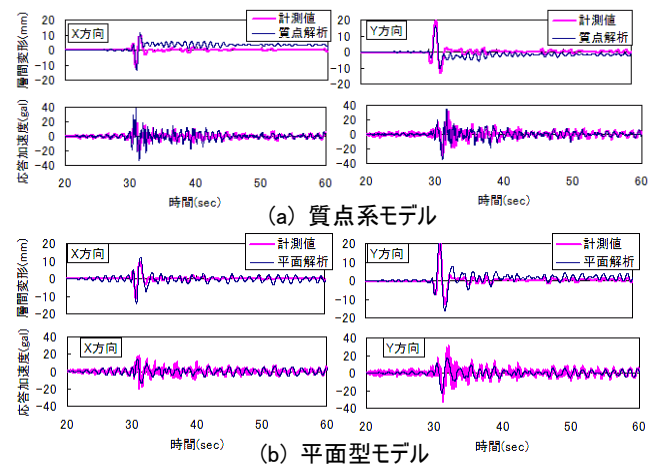


図5 解析結果と観測地との比較

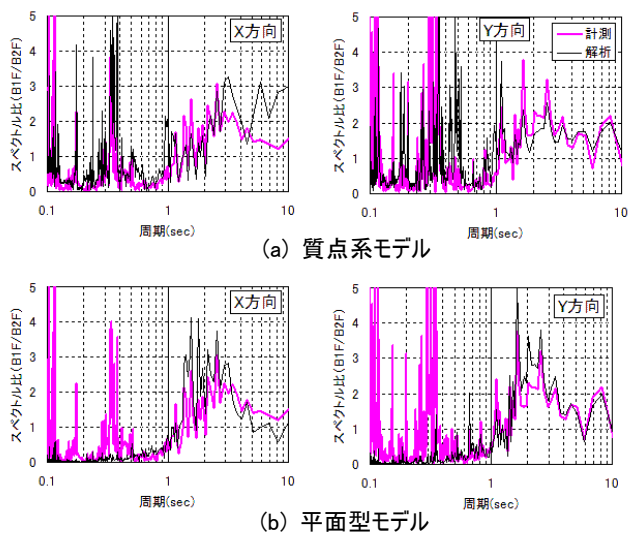


図6 2005/7/23 千葉県北西部地震のB1F/B2F