

6. 免震建物の地震観測

— 三重県中部で発生した地震(H10.6.23)について —

飛田 喜則
井上 重信
杉之内 靖

要 旨

大阪府に建設した免震建物において、平成10年6月23日に三重県中部を震源とする地震動を観測した。本報告は、その地震の本建物での観測記録およびその記録を用いて地震応答解析をおこなった結果について述べるものである。

本建物では、入力された地震動の加速度が小さなものであったため、免震効果はほとんどみられなかったが、地震応答解析をおこなった結果、加速度時刻歴波形およびそのフーリエスペクトルは、観測記録のそれらとよく一致していることを確認した。

キーワード

免震建物／地震観測／地震応答解析／加速度時刻歴／フーリエスペクトル

目 次

1. はじめに
2. 地震観測概要
3. 地震観測記録
4. 地震応答解析
5. ま と め

6. SEISMIC OBSERVATION OF BASE-ISOLATED STRUCTURE

— A EXAMPLE OF EARTHQUAKE IN MIE PREFECTURE ON JUNE 23,1998 —

Yoshinori Tobita
Shigenobu Inoue
Yasushi Suginouchi

Abstract

In June 23rd, 1998, the seismic motion were observed at base-isolated structure which was constructed in Osaka. On result of observation, the effect of base-isolated structure wasn't shown because the acceleration amplitude on the ground was small. However, on result of seismic response analysis, we could simulate the behavior of base-isolated structure.

1. はじめに

阪神大震災以後、免震建物の建築件数が急速に増えてきたことから、それらの地震観測記録に関する多くの研究がなされてきている。当社においても、地震時の挙動を検討するために、平成9年5月に大阪府堺市に竣工した免震建物で、竣工時に静的加力実験、自由振動実験などによって性能確認をおこない、それ以後、設置した地震計で地震動の観測もおこなってきた。

既報^[1]では、竣工時の実験から、本建物の常時微動時の一次固有周期が約0.35秒、自由振動時の減衰定数および1次固有周期の値がそれぞれ2.5%および約0.40秒であることを報告した。

本報告は、平成10年6月23日に発生した三重県中部地震の本建物での観測記録と、その観測記録および竣工時の実験結果から得られた減衰定数を用いて地震応答解析をおこなった結果について述べるものである。

2. 地震観測概要

2.1 建物概要

地震観測をおこなった建物は、地上7階、塔屋1階を有する鉄筋コンクリート造の免震建物である。建物の軒高さが約21.0m、長辺方向と短辺方向の長さがそれぞれ約48mと12mの整形な建物である。基礎構造は、GL-10mに支持された場所打ちコンクリート杭である。表-1に建物概要を、図-1に1階平面図、基準階平面図および断面図を示す。免震装置として、鉛プラグ入り積層ゴムが19基、天然積層ゴムが1基が設置されている。表-2にその免震装置の概要を示す。

表-1 建物概要

建 物 用 途	共同住宅		
敷 地 面 積	2045.97㎡		
建 築 面 積	606.60㎡	延 床 面 積	3293.74㎡
階 数	地上7階、塔屋1階		
最 高 高 さ	26.00m	軒 高 さ	21.05m
構 造 種 別	鉄筋コンクリート造		
構 造 形 式	桁行方向 梁間方向	ラーメン構造 耐震壁付ラーメン構造	
基 礎	場所打ちコンクリート杭		

表-2 免震装置概要

種類	鉛プラグ入り積層ゴム			天然積層ゴム
	LRB750	LRB700	LRB650	RB600
個数	2	13	4	1
ゴム直径(mm)	750.0	700.0	650.0	600.0
鉛プラグ径(mm)	150.0			—
ゴム層厚(mm)	180.0			—
K _{d50} (kgf/cm)	1511.8	1337.9	1175.1	1007.9
Q _{d50} (tf)	15.0			—

2.2 地盤概要

建設地の地質概要、平均N値、S波速度および地盤密度を表-3に示す。地盤種別は、第2種地盤である。

2.3 観測点概要

図-1に建物に設置している地震計の位置(●印)を示す。地震計の設置した位置は、建物の基礎底版、1階および屋上階のほぼ中央部(5通り)および端部(1通り)である。それぞれの地震計の記録方向は、中央部ではX、Y、Z方向、端部ではY方向である。設置した地震計は、0.1~30Hzまでの測定可能範囲をもつサーボ型加速度計である。

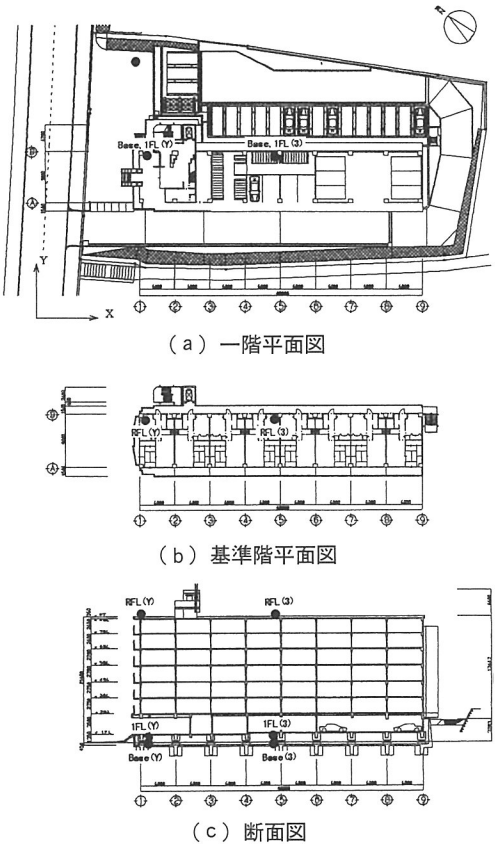


図-1 建物平面図、断面図および地震計設置位置
観測点の(3)はX,Y,Zの3成分、(Y)はY方向の1成分を示す

表-3 地盤概要

深さ(m)	土質名	N値	V _s (cm/s)	密度(g/cm ³)
0.0~2.5	粘土質砂	10	310	1.7
2.5~5.0	礫混じり砂	30		1.8
5.0~12.0	砂	50	370	1.9
12.0~20.0	砂 礫		480	2.0
20.0~26.0	砂		400	1.9
26.0~				

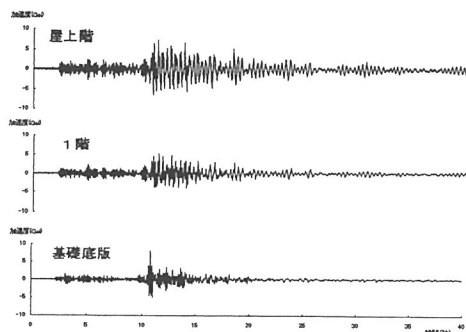
3. 地震観測記録

3.1 地震概要

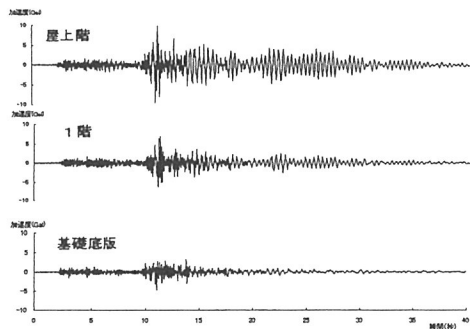
平成10年 6月23日、三重県中部で発生した地震の諸元を表－4に示す。なお、本建物と震央との距離は約80kmであり、建設地付近の震度は2であった。

表－4 地震の諸元

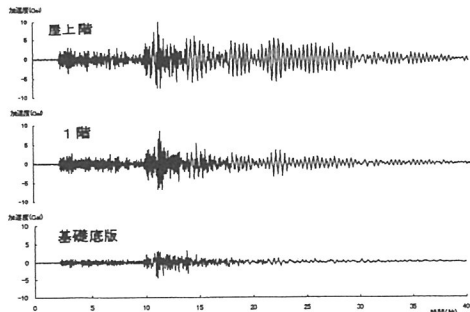
発 生 日 時	1998年 6月23日 22時54分
震 源 地	三重県中部
マグニチュード	4.2
震 源 深 さ	44km



(a) X方向（中央部）



(b) Y方向（中央部）



(c) Y方向（端部）

図－2 観測された加速度時刻歴波形

3.2 加速度時刻歴波形

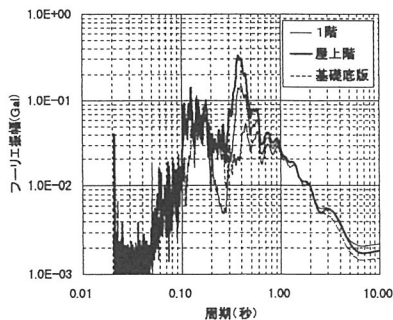
各観測点で観測した加速度時刻歴波形を図－2(a)～(c)に、それらの最大加速度値を表－5に示す。基礎底版と1階の最大加速度値を比較すると、X方向は、最大加速度値が減少していることから免震効果がみられたが、Y方向では逆に増幅していた。さらに、Y方向の端部の最大加速度値は、建物中央部よりも大きい値を示していた。

表－5 最大加速度値（単位：Gal）

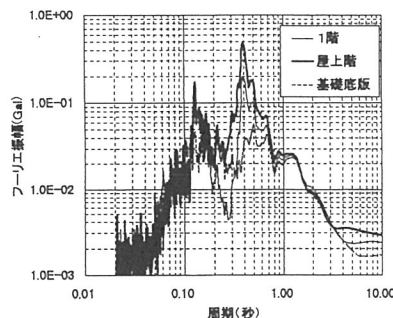
	X方向	Y方向	
	中央部	中央部	端部
屋 上 階	7.41	9.88	10.97
1 階	5.25	7.00	8.53
基 礎 底 版	8.06	4.78	4.44

3.3 フーリエスペクトル

建物の基礎底版、1階および屋上階の中央部で観測した加速度時刻歴のX方向およびY方向のフーリエスペクトルを図－3(a),(b)に示す。なお、平滑化のためにHanning Window処理(10回)をおこなっている。図から、建物のX方向およびY方向の1次固有周期は、約0.39秒であり、竣工時に測定した常時微動時の固有周期が約0.35秒と比べてやや長い周期であった。



(a) X方向（中央部）



(b) Y方向（中央部）

図－3 フーリエスペクトル

4. 地震応答解析

4.1 解析モデル

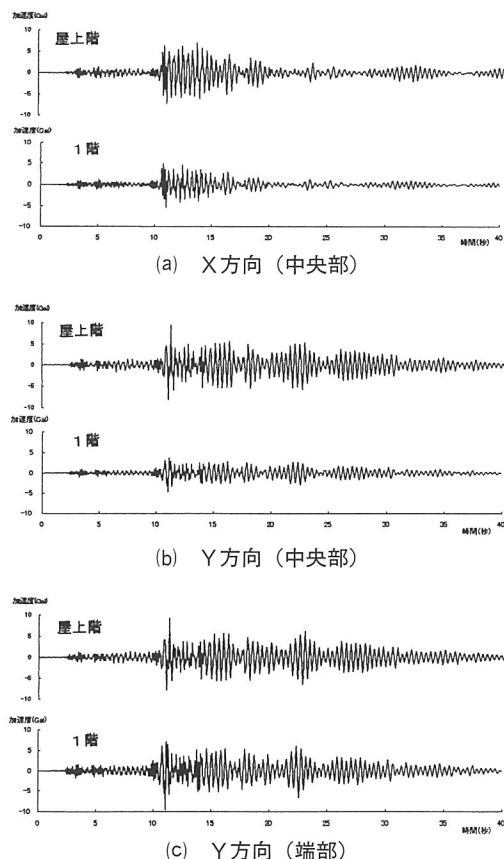
上部構造の解析モデルは、建物を基礎固定の8質点せん断型線形疑似立体とし、減衰定数を3.0%の剛性比例型とした。免震装置の解析モデルは、1基ごとに4本の弾性バネで置換し、バネ剛性を今回の地震時における建物の1次固有周期から算定し、減衰定数を竣工時の実験結果を参考に2.0%とした。数値積分法は、Newmark β 法 ($\beta=1/4$)とした。

4.2 入力地震動

解析に用いた入力地震動は、基礎底版の中央部で観測されたX方向、Y方向の水平地震動、および基礎底版の端部で観測された地震動を建物重心位置で水平回転に変換した地震動とした。

4.3 地震応答解析結果

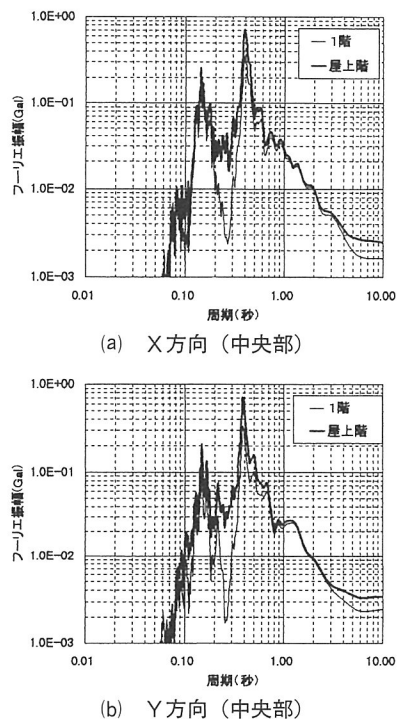
解析によって得られた1階および屋上階での中央部のX方向、中央部のY方向および端部のY方向の加速



図－4 解析で求めた加速度時刻歴波形

度時刻歴波形を図－4 (a)～(c)に、中央部のX方向およびY方向の加速度時刻歴のフーリエスペクトルを図－5 (a)、(b)に示す。

図－4 から、中央部の加速度時刻歴波形は、最大値および波形形状とも観測結果とほぼ一致しているが、建物端部の加速度時刻歴波形は、観測結果よりやや大きな加速度を示した。図－5 から、約0.1秒以下の短周期成分が観測結果と一致していないものの、それ以上の周期域では観測結果とほぼ一致している。



図－5 フーリエスペクトル

5. まとめ

今回の地震が小地震であったため、本建物では顕著な免震効果がみられなかった。

実験結果等を参考にして本建物をモデル化しておこなった地震応答解析結果が、観測記録とほぼ一致していることを確認した。

今後、本建物で観測される地震動と解析結果を比較することによって、免震建物の安全性と挙動について検討していく予定である。

〔参考文献〕

- 1) 免震建物の振動特性に関する実験的研究
浅沼組技術研究所報No.9 1997