

Study on Behavior of Seismically Isolated Building Supported by Various Length Piles

要 旨

キーワード：免震建物／地震観測／ねじれ／杭長／振動数

本報では、このように平面形状が長大であり、かつ長

対象建物の1階平面、断面および基礎構造を図-1に示す。対象建物の概要を表-1に示す。

建物用途	共同住宅
構造形式	鉄筋コンクリート造の上部構造と基礎との間に 免震装置を入れた免震構造
階 数	(A棟、B棟) 地上6階、塔屋1階
軒 高 さ	(A棟) 17.55m (B棟) 17.55m
建築面積	(A棟) 1,324.86m ² (B棟) 958.61m ²
述べ面積	(A棟) 5,710.26m ² (B棟) 4,172.58m ²

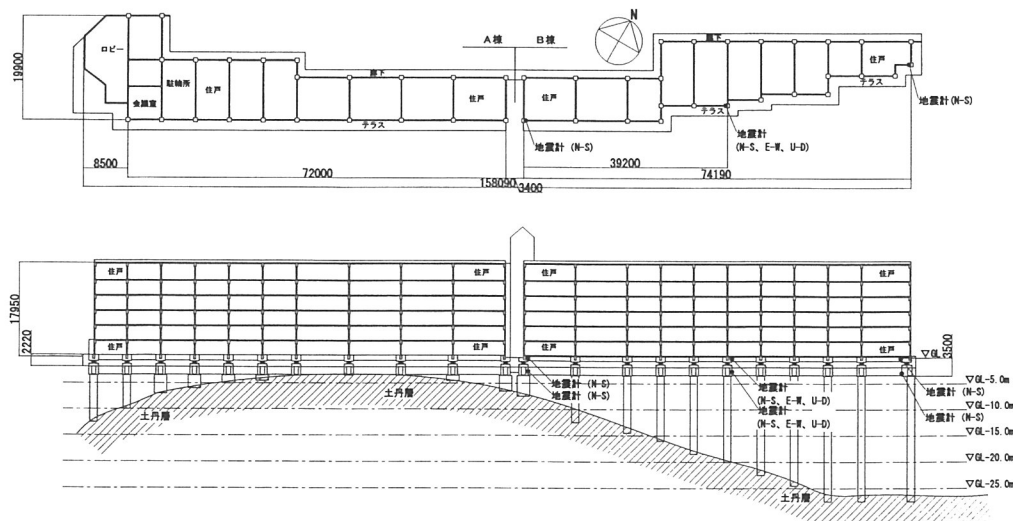


図-1 対象建物の平面図、断面図および基礎構成図

- 1 -

対象とした建物は、6階建て、軒高さが17.55mの鉄筋コンクリート構造である。本建物の平面形状は、長辺方向（E-W方向）が約158.1m、短辺方向（N-S方向）が19.9mと細長く、上部構造が長辺方向の中央部でエキスパンションジョイントによってA棟、B棟に分けられている。上部構造の長辺方向の長さは、A棟が約80.5m、B棟が約74.2mである。構造形式は、長辺方向がラーメン構造、短辺方向が耐震壁付きラーメン構造であり、1階下部に免震装置を配置した基礎免震構造である。なお、地震動の観測は、B棟でおこなった。

2.2 地盤

敷地東側の地盤の概要を表-2に示す。本敷地は、N値が50以上、S波弾性波速度が730m/sの土丹層を基盤とし、その上にシルト主体の沖積層があり、最上層は土丹層塊主体の埋土層が覆っている。土丹層は、敷地内で最大で約23.5mの高低差を有しており、敷地の中央部付近が最も高く、東西に傾斜している。最大傾斜角度は30度程度である。

2.3 基礎構造

基礎形式は、前述したように基盤が傾斜しているため、敷地中央部付近では直接基礎（独立基礎）と、基盤の深さによって長さが異なる場所打ちコンクリート杭との併用形式である。

2.4 免震装置

免震装置には、低弾性高減衰積層ゴム（KL302）である。表-3に免震装置の概要を示す。免震装置の個数は、ゴム直径が650mm～900mmのものがA棟に33基、B棟に24基が設置されている。

2.5 地震計

地震計は、0.1Hz～30.0Hzの領域においてほぼ平坦な感度特性を持つサーボ型加速度検出器である。地震計の設置位置および観測方向は図-1に示す。設置階はB棟の基礎底版および1階床とし、その平面位置はそれぞれの階の中央部および東西端部とした。また、観測方向は、中央部では長辺（E-W）方向、短辺（N-S）方向および上下（U-D）方向、各端部では短辺（N-S）方向とした。

3. 対象地震

対象とした地震は、2000年4月から7月までに起こった三宅島または新島・神津島近海を震源とする地震動である。震源距離は約120kmである。表-4に、対象とした地震動の発生日時、震源位置、マグニチュードおよび各観測点における最大加速度値の一覧を示す。以後、本文では各地震名称は番号（No.）にて表す。

表-2 地盤概要（東側）

深さ GL-m	地層	密度 g/cm ³	N 値	弾性波速度(m/s)	
				V _s	V _p
0.00	土丹塊 土丹塊混じり 粘土	1.70	2～15	140	1400
3.50	シルト	1.80	2～3		
8.40	シルト	1.70	2～3		
19.45	粘土質シルト	1.80	3～4		
23.70	砂混じり土丹	1.90	14	270	1560
25.10	土丹		> 50	730	1910
31.18					

表-3 免震装置概要

		HM 065H6	HM 070H6	HM 075H6	HM 080H6	HM 090H6
内部鋼板外径(mm)		650	700	750	800	900
内部鋼板内径(mm)		100	100	100	150	150
ゴム厚(mm)		6.0	6.0	6.0	8.0	8.0
層数		27	27	27	20	20
ゴム層厚さ(mm)		162	162	162	160	160
1次形状係数		22.9	25.0	27.1	20.3	23.4
2次形状係数		4.0	4.3	4.6	5.0	5.6
有効断面積(cm²)		3240	3770	4339	4850	6185
フランジ外径(mm)		950	1000	1100	1150	1250
個 数	A棟	6	8	—	12	7
	B棟	1	—	8	13	2

表-4 対象地震一覧表^{※1}

No.	発生日時	震源 ^{※2}	M	観測点		最大加速度値 ^{※3}		
				場所	方向	西側	中央	東側
1	7/24 6:53	N	5.9	基礎底版	N-S E-W	1.88	1.88 2.59	2.72
				上部1階	N-S E-W	2.75	2.81 2.22	3.22
2	7/15 3:29	N	5.1	基礎底版	N-S E-W	2.13	2.47 3.25	3.44
				上部1階	N-S E-W	2.09	2.47 2.97	3.41
3	6/29 15:31	M	5.5	基礎底版	N-S E-W	3.06	2.75 3.19	3.72
				上部1階	N-S E-W	1.94	2.28 3.44	2.78
4	7/3 5:4	M	5.4	基礎底版	N-S E-W	3.81	4.56 5.25	6.34
				上部1階	N-S E-W	3.50	4.34 4.06	5.31
5	7/1 16:2	N	6.1	基礎底版	N-S E-W	6.06	6.53 6.63	10.66
				上部1階	N-S E-W	8.50	8.44 5.22	10.00
6	7/30 21:26	M	6.2	基礎底版	N-S E-W	5.56	8.38 7.97	15.19
				上部1階	N-S E-W	10.13	10.66 6.56	12.72
7	7/15 10:30	N	5.9	基礎底版	N-S E-W	17.53	20.06 23.97	37.59
				上部1階	N-S E-W	10.19	12.16 12.00	19.72

※1 基礎底版の中央でのN-S方向の最大加速度値が小さい順

※2 Nが新島・神津島近海、Mが三宅島近海を示す。

※3 上下方向の値は省略

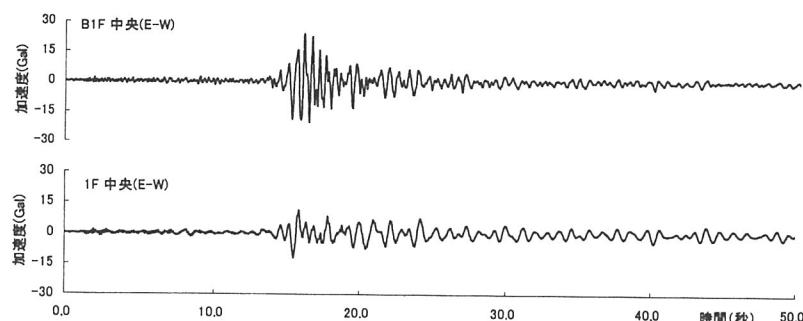
4. 加速度時刻歴波形

図-2に最も大きな加速度値を示した地震No.7のE-W方向とN-S方向の加速度時刻歴波形、およびそれらのフーリエスペクトルを示す。地震No.7では、基礎底版の卓越振動数はE-W方向が約1.90Hz、N-S方向が約1.58Hzであり、上部構造の卓越振動数は、E-W方向およびN-S方向ともに約0.90Hzであった。

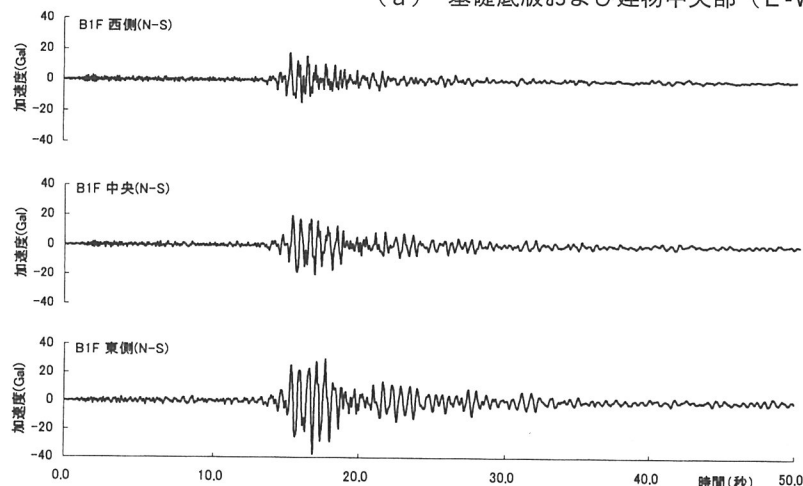
これらより、地震時の上部構造の挙動には、固有振動数が基礎底版に比べて低振動数側に移行していること、

最大加速度値が低減していることなどから免震建物としての効果がみられた。

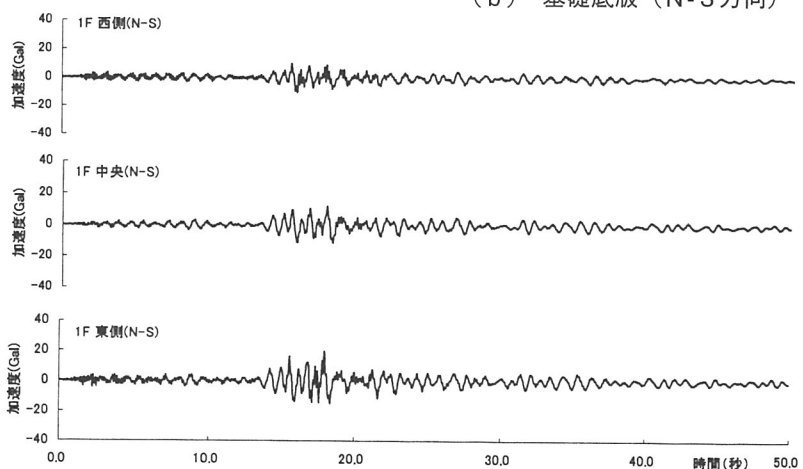
また、基礎底版および上部構造のN-S方向の加速度振幅は、西側、中央、東側の順に全時間帯で相似的に大きくなった。このことは、他の地震についてもほぼ同様であり、杭長(地盤深さ)による影響であると考えられる。



(a) 基礎底版および建物中央部 (E-W方向)



(b) 基礎底版 (N-S方向)



(c) 上部構造 (N-S方向)

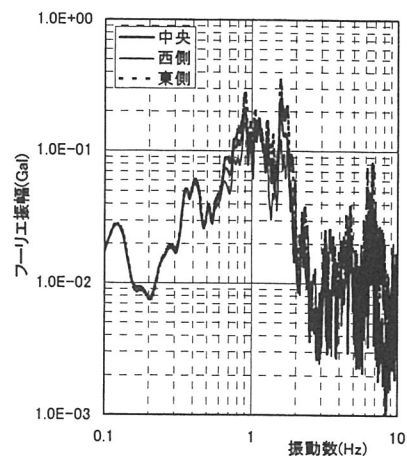
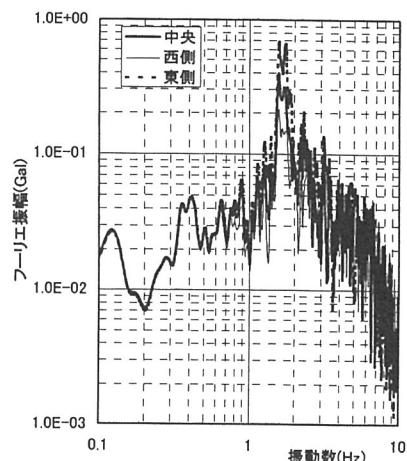
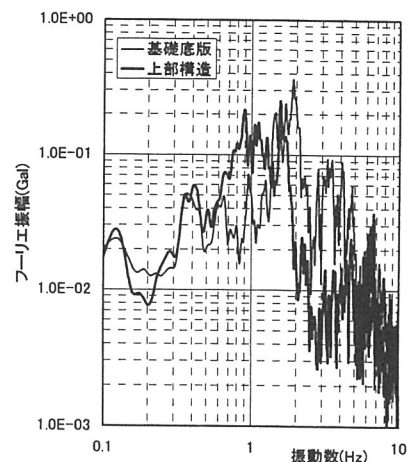


図-2 加速度時刻歴波形およびフーリエスペクトル (E-W方向、N-S方向)

5. 最大加速度値

5.1 基礎底板と上部構造の最大加速度値

図-3に、基礎底板および上部構造の最大加速度値の関係を示す。図より、上部構造の最大加速度値は、基礎底板の加速度値が10Gal以上の時に低減している。

5.2 最大加速度値と固有周期

図-4に、基礎底板の最大加速度値と、基礎底板および上部構造の卓越周期との関係を示す。図より、基礎底板の加速度値が大きくなるにしたがい、基礎底板および上部構造の卓越周期は長周期化する傾向にあった。

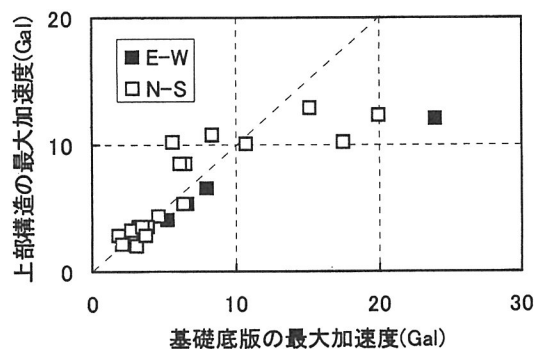


図-3 基礎底板および上部構造の最大加速度値

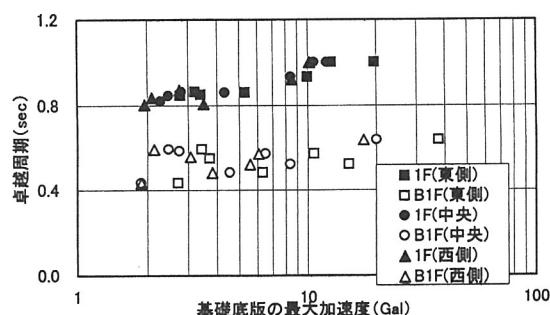


図-4 最大加速度値と固有周期の関係

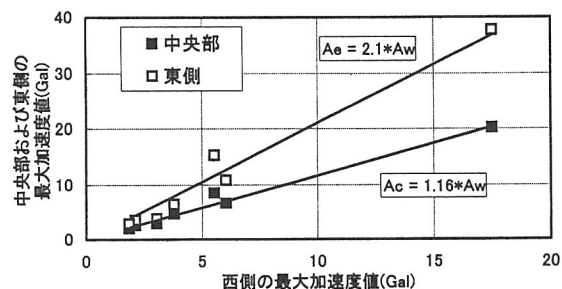
6. 杭の長さによる影響

6.1 最大加速度値

基礎底板のN-S方向について、西側の最大加速度値に対する中央部および東側のそれとの関係を図-5に示す。図より、基礎底板の中央部および東側の加速度値は、西側に比べて、それぞれ約1.16倍および約2.10倍であった。

6.2 基礎底板と上部構造の変位

地震No.7の加速度時刻歴を積分して算定した変位時刻歴から、最大変位を示した時刻の前後0.3秒ごとの基礎底板と上部構造の変位分布を図-6に示す。図から、基礎底板の挙動には、ねじれが発生しているが、上部構造の変位には、基礎底板のようなねじれが生じず、並進的な挙動であった。このため、基礎底板と上部構造の相



(Aw, Ac, Aeはそれぞれ西側、中央、東側の加速度を示す)

図-5 最大加速度値の関係

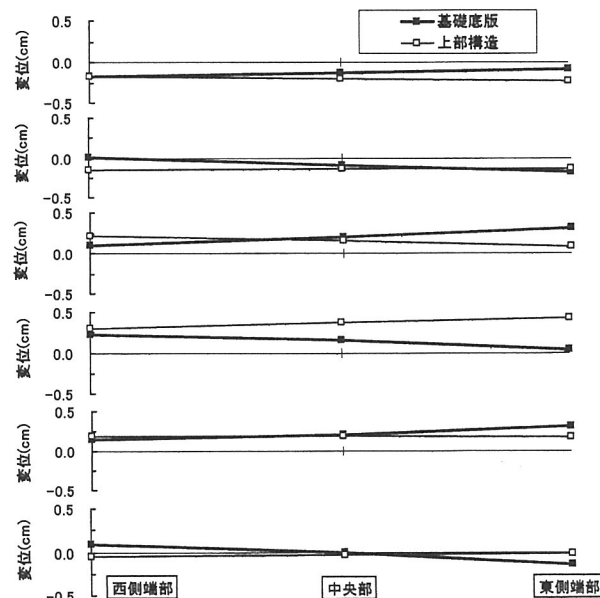


図-6 基礎底板と上部構造の挙動

対変位は東側端部で大きくなっている。

7. まとめ

今回の観測の結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 上部構造および基礎底板の卓越周期は、入力される加速度が大きくなるにしたがって長周期側に移行する。
- (2) 本建物は、基礎底板の加速度値が10Gal以上のときに上部構造の加速度値が低減される。
- (3) 基礎底板は、杭の長さが長い方が加速度および変位が大きくなるが、上部構造の変位は並進的な挙動を示す。

今回、観測された地震動は、比較的加速度値の小さなものであった。今後も地震動観測を継続し、それらを基にして、建物の挙動を解明していく所存である。

[謝 辞]

本報告をまとめるにあたり、大阪工業大学建築学科大場新太郎教授に多大なるご助言を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。