

戸建免震住宅（I邸）

三菱地所ホーム
子安 誠



1. はじめに

本建物は、西武多摩湖線「武蔵大和」駅の西北西、約1.0kmに建設された地上2階建ての枠組壁工法による専用住宅である。

地震時の安全と安心を提供するために、基礎部に免震材料を取り付けた免震建物である。

2. 建築物概要

建物名称：I邸

建築場所：東京都東大和市

用途：専用住宅

設計・監理者：三菱地所ホーム(株)、(株)テクノウェーブ

施工者名：三菱地所ホーム(株)

建築面積：121.23 m²

延べ面積：223.35 m²

階数：2階

最高部高さ：8.095 m

構造種別：枠組壁工法

基礎：ベタ基礎による直接基礎

3. 構造計画概要

建物の形状は平面が桁行方向13.7m、張間方向7.7mの矩形で、最高高さが8.1m（10m以下）の整形である。

上部構造は、建設省告示第56号「枠組壁工法技術基準告示」に則った工法を採用している。

免震材料は、建物が軽量であることから、「テクノウェーブ・カヤバBB形ベアリング支承」（認定番号：MVBR-0083）と「カヤバBDSL形オイルダンパ」（認定番号：MVBR-0082）を採用した。

免震材料は建物1階の床梁とベタ基礎の間に設けた免震層内にベアリング支承を21台、オイルダンパを8本、設置している。

オイルダンパには風によって建物が揺れるのを防ぐロック機構が備えてある。

免震材料の平面配置及び長期軸力を図1に示す。



写真1 建物外観

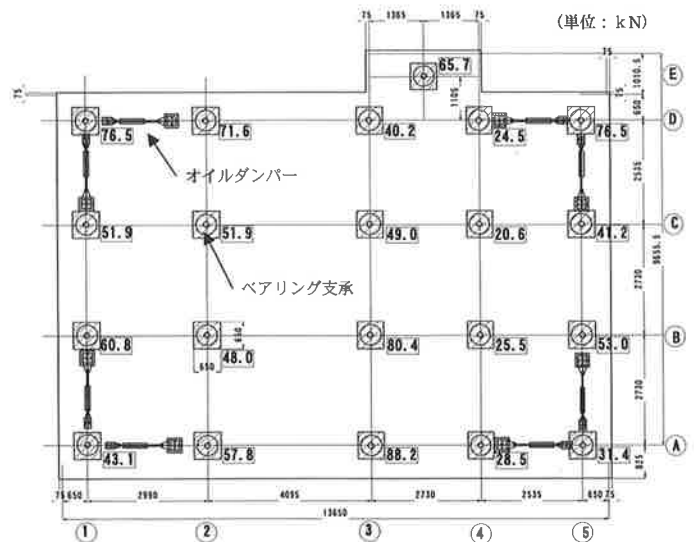


図1 免震材料の平面配置

4. 敷地地盤概要

建設地は武蔵野台地西部の狭山丘陵南東端に位置している。

建設敷地内で実施したボーリング調査結果から推定される地盤状況は表1に示す通りである。

後述の時刻歴応答解析で用いた設計入力地震動の解放工学的基盤はN値50のGL-20m以深とした。

表1 地層区分

土質名	N値	層厚(m)	分布 (m)
礫・粘土 有機質粘土	—	1.1	+0.55~-0.55
シルト 有機質シルト	1~2	1.4	-0.55~-1.95
礫混じり砂質粘土	9~13	2.1	-1.95~-4.05
粘土質微細砂 礫混り粘土質中砂	7~43	15.8	-4.05~-19.8
砂質粘土(解放工学的基盤)	50以上		-19.8以深

ベアリング支承を支持する基礎は、表層の礫混じり粘土層（約GL-0.3m以下）を床付け位置とするベタ基礎とした。

なお、埋め土層下の軟弱粘土層の不等沈下が懸念されるため、支承部の下にソイルセメント杭を設けた。

5. 設計方針

建物の耐震設計は、令第81条二項の「特別な検証法」を選択し、時刻歴応答解析によって次の項目について安全性確認を行うこととした。

- ・ 上部構造の各部材が設計入力地震動に対して、許容応力度以内に収まり、各階の層間変形角も1/200以下であること。
- ・ 下部構造が許容応力度以内であること。
- ・ 免震層の最大相対変位が免震材料の限界変位である $\pm 0.23\text{m}$ 以内であること
- ・ 免震層の相対速度が免震材料の限界速度以内であること。
- ・ 極めて稀に発生する地震時にベアリング支承に浮上りが発生しないこと。

耐風設計については、上部構造が令87条の規定に従って求めた風圧力によって各部材の応力度が許容応力度以内であること、極めて稀に発生する暴風時にベアリング支承に浮上りが発生しないこと、オイルダンパのロック能力が風圧力に耐えられることを確認することとした。

6. 時刻歴応答解析

6.1 解析モデル

地震応答解析に用いた解析モデルは次の通りとした。

- 上部構造は2階建てであり、剛体と考えて1質点モデルとする。
- 免震層は、21台のベアリング支承を1台に、1方向4本のオイルダンパを1本として、水平2方向の自由度をもつモデルとする。
- 建物の全重量は1階床位置に集中させる。

6.2 採用地震動

設計入力地震動を表2に、設計入力地震動の加速度応答スペクトル（レベル2）を図2示す。

なお、強震観測記録はNS方向とEW方向の波を同時入力とし、告示波はX方向とY方向にそれぞれ一方向入力とした。

表2 採用地震波一覧

地震動		レベル1		レベル2	
		Amax m/s ²	Vmax m/s	Amax m/s ²	Vmax m/s
EI CENTRO 1940	NS	2.55	0.25	5.11	0.50
	EW	0.71	0.125	1.42	0.25
TAFT 1952	NS	1.21	0.125	2.43	0.25
	EW	2.48	0.25	4.97	0.50
HACHINOH E 1968	NS	0.82	0.125	1.65	0.25
	EW	1.28	0.25	2.56	0.50
告示波 ART1 (八戸 EW 位相)		0.70	0.10	3.50	0.50
告示波 ART2 (JMA 神戸 NS 位相)		0.82	0.14	4.12	0.72
告示波 ART3 (一様乱数位相)		0.66	0.10	3.32	0.52

なお、上部構造の応答は告示（平12建告第2009号）第六の十一のイの算定式を用いて算出した。

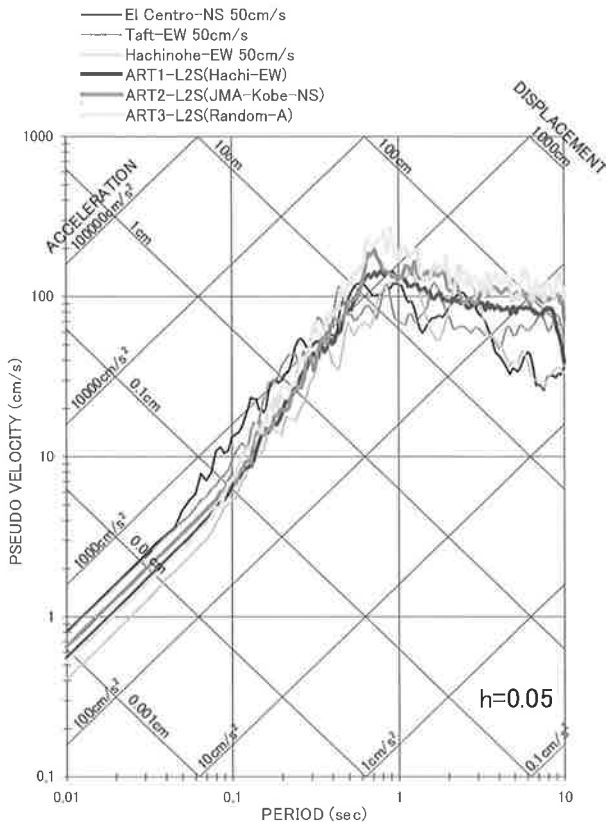


図2 設計用入力地震動の加速度応答スペクトル(レベル2)

6.3 固有値解析

上部構造の応答算定に必要な A_i 分布を求めるため、1階床を固定とした場合の固有値解析を行った。解析結果を表3に示す。

表3 固有周期一覧

ケース	方向	固有周期(s)		刺激係数	
		1次	2次	1次	2次
上部構造の1階床固定時	X	0.540	0.255	1.286	0.286
	Y	0.460	0.186	1.195	0.195

なお、 A_i は次式により求めることとした。

$$A_i = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i \right) \frac{2T}{1 + 3T}$$

ここで α_i : 建物の A_i を算出しようとする高さの部分が支える部分の固定荷重と積載荷重との和を当該建築物の地上部分の固定荷重と積載荷重との和で除した値

T: 固有値解析で求めた建物の固有周期

6.4 応答解析結果

レベル2の解析結果(応答変位、応答加速度、応答速度)を表4に示す。

なお、標準値、上限値、下限値は製品特性のバラツキを示すもので、変位をバラツキの下限値で、せん断力をバラツキの上限値で評価している。

また、応答変位の合成は2方向同時入力によるボールの軌跡の最大値を示している。

表4 解析結果(レベル2)

ケースNo	入力地震動	特性	応答変位 δ (m)			応答加速度 \ddot{x} (m/s ²)		応答速度 V(m/s)	
			X方向	Y方向	合成	X方向	Y方向	X方向	Y方向
1	EL	標準値	0.093	0.102	0.123	0.53	1.09	0.17	0.49
2		上限値	0.075	0.093	0.105	0.67	1.28	0.18	0.46
3		下限値	0.101	0.104	0.138	0.52	0.93	0.19	0.51
4	TAFT	標準値	0.127	0.041	0.133	1.10	0.62	0.50	0.22
5		上限値	0.096	0.044	0.098	1.30	0.73	0.51	0.21
6		下限値	0.142	0.048	0.150	0.99	0.57	0.51	0.21
7	HACHINOHE	標準値	0.135	0.055	0.138	0.97	0.55	0.45	0.24
8		上限値	0.107	0.050	0.110	1.13	0.65	0.43	0.23
9		下限値	0.148	0.054	0.151	0.87	0.53	0.44	0.25
10	ART1	標準値	0.117		1.26		0.53		
11		上限値	0.100		1.39		0.50		
12		下限値	0.121		1.14		0.54		
13	ART2	標準値	0.150		1.17		0.50		
14		上限値	0.147		1.40		0.50		
15		下限値	0.178		1.07		0.51		
16	ART3	標準値	0.158		1.17		0.48		
17		上限値	0.138		1.31		0.45		
18		下限値	0.190		1.06		0.49		

6.5 上部構造物の応答層せん断力の算定

上部構造物の地震時最大応答層せん断力は、次に示す告示(平12建告第2009号)第六の十一のイの算定式により、時刻歴応答解析で免震層せん断力が最大となったART2の結果をもとに算定することとした。

$$C_{ri} = C_0 \cdot \frac{A_i(Q_h + Q_v) + Q_e}{Q_h + Q_v + Q_e}$$

ここで

A_i : 令第88条第1項に規定する A_i の数値(固有値解析による建物周期を使用)

C_{ri} : 層せん断力係数

C_0 ：免震層せん断力係数 ($C_0=0.14$ 、応答解析結果の最大値)

Q_h ：ベアリング支承の摩擦力が負担する水平力の合計

Q_v ：免震層の最大相対速度にオイルダンパの減衰係数を乗じて得た数値の合計

Q_e ：ベアリング支承の復元力が負担する水平力の合計

6.6 免震建物の安全性の確認

時刻歴応答解析の結果から、最大変位が0.190mと免震材料の限界変位である0.230m以内であること、また、表5に示すように応答せん断力が許容せん断耐力以内であること、層間変形角が許容層間変形角の1/200以内であることを確認した。

表5 上部建物の許容せん断耐力と応答結果

層	方向	建物の許容耐力	応答せん断力と応答層間変形角		判定
		許容せん断耐力 (kN)	応答せん断力 (kN)	応答層間変形角 (RAD)	
2	X方向	105.60	44.37	1/362	OK
	Y方向	195.04	43.31	1/763	OK
1	X方向	195.49	96.77	1/309	OK
	Y方向	244.99	95.84	1/393	OK



写真3 ベアリング支承の据え付け

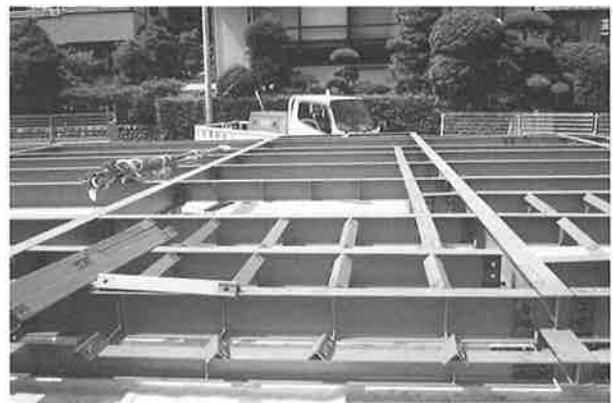


写真4 鉄骨架台の組立て

7. 施工概要

7.1 施工手順

施工は至って簡単で写真2に示す通り250mm厚さのベタ基礎を打設後、所定の位置にベアリング支承を据付ける。

支承据付け後、支承上に鉄骨架台を組み、写真5のようにベタ基礎と鉄骨架台の間にオイルダンパを取り付ける。施工日数は2～3日である。



写真2 ベタ基礎の打設



写真5 オイルダンパの取付け

7.2 竣工時加力試験

ベアリング支承の転がり性能と復元性能を確認するため、竣工時に建主御夫妻の立会いのもと、写真6のように油圧ジャッキで建物全体を加力し、建物が動くこと、除加後、元に位置に戻ることを確認して頂いた。

写真7が加力時の建物の移動状況を、写真8が除加後に元の位置に戻った状況を示している。

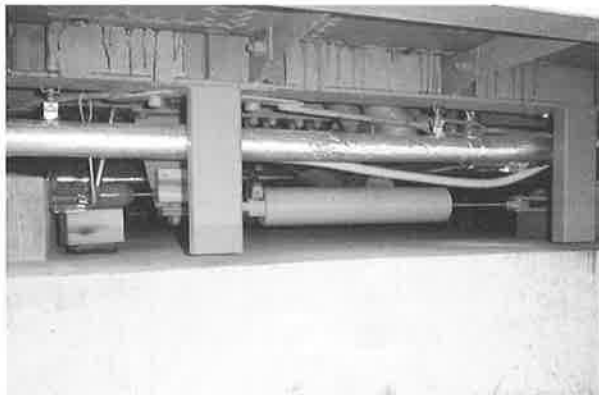


写真6 加力試験の状況



写真7 加力時の建物移動状況



写真8 除加後の建物復元状況

8. おわりに

弊社は1998年に本免震システムを用いた免震建物を大阪江坂の展示場でモデルハウスとしてデビューさせた。更に、同年、鹿島建設(株) 技術研究所に於いて他社に先駆けて、免震住宅の振動実験を実施、マスコミ等に公開して注目を集めたが、現在のように東海地震、東南海地震、南海地震等の地震発生がマスコミで騒がれていない状況下で、販促活動も消極的であった。

しかし、顧客の免震住宅に対する認知度も高まった現在、良品を安価での精神のもと販売していく予定である。