

# 福岡みなみの森 レークヒルズ野多目

東急建設 公塚正行\*



同 中川裕史



## 1. はじめに

本計画は、阪神大震災直後の計画団地であり新しいコンセプトの中で、周辺の良い環境を配慮して自然環境との共生を行い、より安心な街づくりと居住性の高い住宅を計画したものである。さらに、本建物のより高い耐震安全性を確保することを目的として、免震構造を採用している。

図-1に建物外観パースを示す。この計画地は、住居棟が4棟(A1西棟、A1東棟、A2棟、A3棟)、駐車場棟が2棟、および管理棟で構成されている。免震構造は住居棟の4棟全てに採用(BCJ-免187)している。



図-1 建物外観パース

## 2. 建物概要

表-1に建物概要を示す。図-2～図-5に、各棟の基準階床伏図および軸組図をそれぞれ示す。

表-1 建物概要

所在地	福岡県福岡市南区野多目台								工期	1996年9月～1998年7月(予定)					
設計監理	東急建設株式会社一級建築士事務所								施工	東急建設(株)・(株)鴻池組・松本建設(株)JV					
棟名	A1西棟			A1東棟				A2棟			A3棟				
階数	地下1階、地上14階			地上14階				地上12階			地上6階				
軒高さ	GL+39.97m			GL+39.97m				GL+34.31m			GL+17.33m				
建築面積	1,361m <sup>2</sup>			749m <sup>2</sup>				646m <sup>2</sup>			892m <sup>2</sup>				
延床面積	6,973m <sup>2</sup>			7,060m <sup>2</sup>				5,384m <sup>2</sup>			4,038m <sup>2</sup>				
構造種別	鉄筋コンクリート構造														
基礎形式	杭基礎(場所打コンクリート杭)														
レベル2応答時等価固有周期	桁行方向：2.84秒			桁行方向：3.04秒				桁行方向：2.88秒			桁行方向：2.64秒				
	張間方向：2.76秒			張間方向：2.99秒				張間方向：2.83秒			張間方向：2.62秒				
レベル2応答時免震層相対変位	桁行方向：18.0cm			桁行方向：18.1cm				桁行方向：16.2cm			桁行方向：23.3cm				
	張間方向：18.6cm			張間方向：18.7cm				張間方向：16.5cm			張間方向：23.1cm				
免震部材	天然ゴム系積層ゴム			鉛プラグ入り積層ゴム				鉛プラグ入り積層ゴム			高減衰積層ゴム				
	900φ	800φ	500φ	1050φ	900φ	800φ	700φ	1000φ	900φ	800φ	700φ	900φ	850φ	750φ	
	9基	6基	26基	4基	5基	7基	8基	3基	5基	6基	9基	7基	9基	11基	
	鉛ダンパー(U-180)10基														
積層ゴムの長期面圧	平均 74.6kgf/cm <sup>2</sup>			平均 103.0kgf/cm <sup>2</sup>				平均 90.3kgf/cm <sup>2</sup>			平均 58.1kgf/cm <sup>2</sup>				
	最大 159.8kgf/cm <sup>2</sup>			最大 122.1kgf/cm <sup>2</sup>				最大 118.3kgf/cm <sup>2</sup>			最大 78.2kgf/cm <sup>2</sup>				

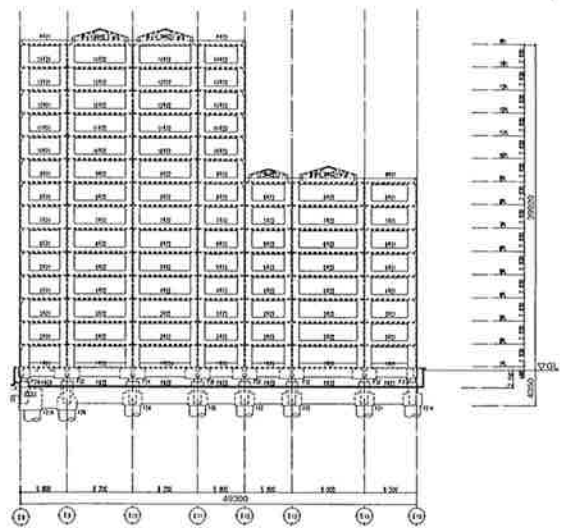
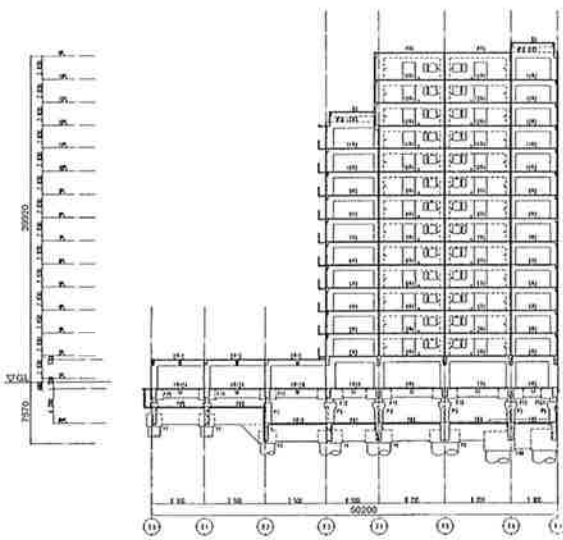
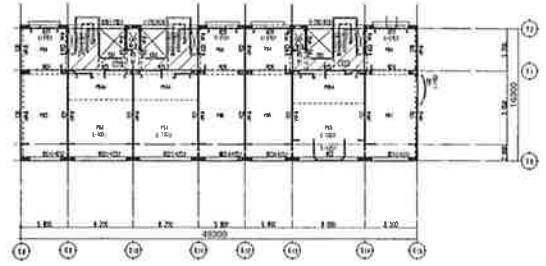
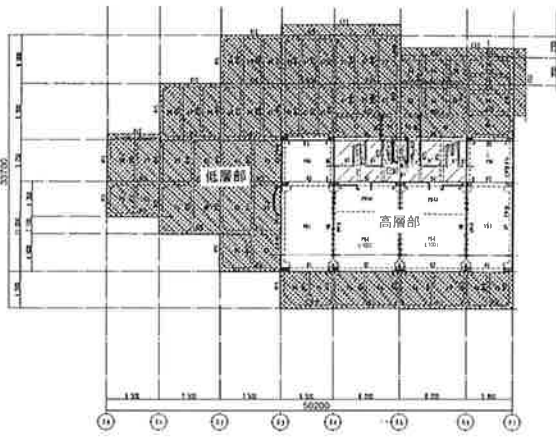


図-2 A1西棟 基準階床伏図および軸組図

図-3 A1東棟 基準階床伏図および軸組図

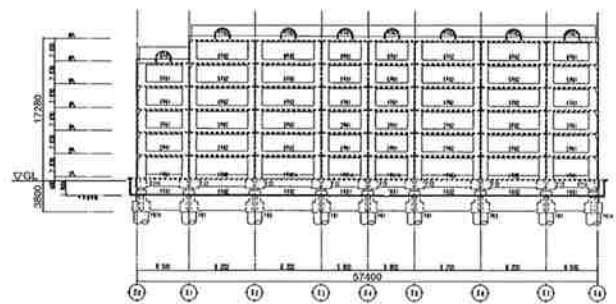
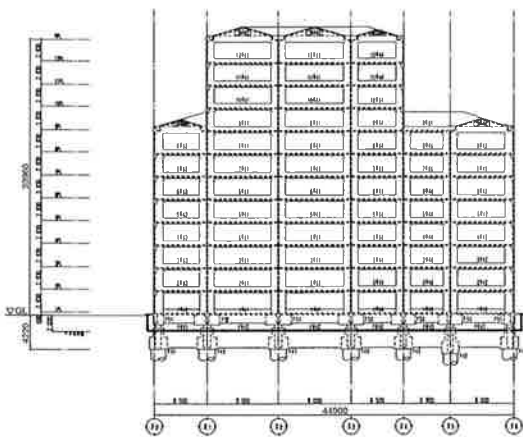
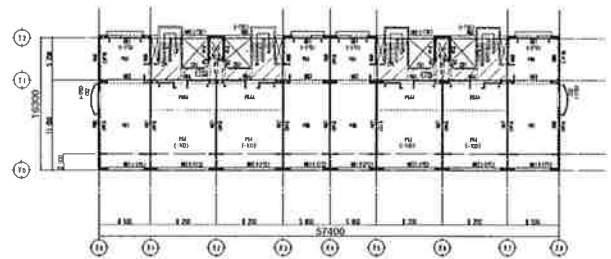
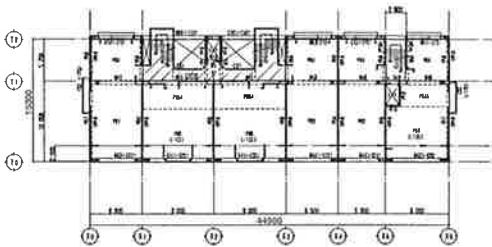


図-4 A2棟 基準階床伏図および軸組図

図-5 A3棟 基準階床伏図および軸組図

A1西棟の用途は、2階以上を住宅とし、1階を店舗、地下1階を駐車場としている。免震部材は、1階床梁と地下1階柱頭部の間に配置しており、また、免震層を駐車場として利用していることから、防災性能評定の審議も合わせて受けている。同審議により、フェイルセーフ機構によるコンクリート仮受け支柱を、各免震部材脇に配置している。図-6に、免震部材設置状況図を示す。他の3棟は、全階を住宅に供し平面形状は整形であり、立面形状は3棟とも一部セットバックしている。免震部材は1階床梁と基礎構造の間に配置している。

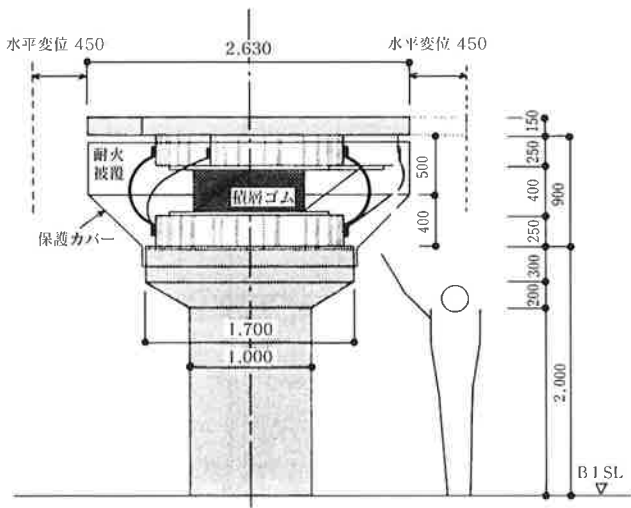


図-6 免震部材設置状況図 (A1西棟)

### 3. 構造設計概要

本建物の構造設計は、表-2に示す耐震性能目標を設定し、それを満足する断面を決定するために、予備地震応答解析(地震動の強さを45cm/secとする)を繰り返し行い設計用層せん断力を決定している。

静的耐震設計では、1次設計として設計用層せん断力による許容応力度設計を行い、骨組を構成する部材が短期許容応力度以内であることを確認している。次に、2次設計として許容応力度設計された骨組の静的漸増載荷解析を行い、いずれかの層の最大層間変形角が1/100に達したとき、または支承に $-10\text{kgf/cm}^2$ の面圧が作用したときの強度を算定し、保有水平耐力と定義している。

動的耐震設計では、設計用入力地震動の強さをレベル1、レベル2とし、終局状態を確認するための入力地震動強さを安全余裕度検討用レベルとした時刻歴弾塑性地震応答解析を行い、表-2に示す耐震性能目標に基づき上部構造、免震部材および基礎構造の評価・判定を行っている。

杭および地中梁については、免震部材上部の設計用層せん断力に、基礎部の重量に水平震度0.30を乗じた地震力を加えたせん断力に対して、それぞれの部材が短期許容応力度以内であることを確認している。また、免震部材の水平変形により生じるP- $\delta$ 効果による局部応力や、免震部材交換時のジャッキ反力による応力も考慮して断面を決定している。さらに、杭に対しては、建設地における表層地盤の特性を考慮したとき、地震時の地盤変形により生じる杭の応力を算出し、その応力が杭体の終局強度以内であることを確認している。

表-2 耐震性能目標

地震動の強さ	上部構造	免震部材	基礎構造
レベル1 22.5cm/s	最大応答層間変形角1/300以下 最大応答加速度200cm/sec <sup>2</sup> 以下	最大せん断歪率50%以下	
レベル2 45.0cm/s	最大応答層せん断力が設計用層せん断力以下 最大応答層間変形角1/200以下 最大応答加速度300cm/sec <sup>2</sup> 以下	最大せん断歪率100% [150%]、(150%)以下 免震部材に引張力を生じさせない	杭が短期許容応力度以下ならびに短期許容支持力度以下
安全余裕度検討用 67.5cm/s	最大応答層せん断力が保有水平耐力以下	最大せん断歪率200% [270%]、(300%)以下 免震部材に有害な引張力を生じさせない	杭が終局強度以内ならびに極限支持力度以下

免震部材の欄に示す [ ] 内の数値はA3棟、および ( ) 内の数値はA1西棟を示す。

### 4. 免震部材の概要

本計画は、各棟ごとに免震部材の仕様を分けている。

A1西棟は、地下階および1階位置で基準階に対し3方向に平面的な拡がりを呈しており、柱軸力も高層部と低層部との差が大きく、ねじれ振動を励起し易い高層部の配置となっている。したがって、免震構造としての性能を高めるため、積層ゴムアイソレータは、ゴムのせん断弾性係数(G)が $3.5\text{kgf/cm}^2$ と $4.5\text{kgf/cm}^2$ の組合せとし、ねじれ振動を防止するために、鋼棒ダンパーと鉛ダンパーの組合せた機構としている。

他の3棟は、アイソレータ機能とダンパー機能を有する一体型の免震部材としている。このうちA1東棟およびA2棟は、建物階数が多いため履歴減衰性能の高い鉛プラグ入り積層ゴムを使用し、A3棟は、建物階数が少ないため高減衰積層ゴムを使用している。

本設計では、使用する免震部材の製作時のバラツキ、経年変化、および環境温度における特性値の変動を考慮し、表-2に示す耐震性能目標を満足することを確認している。

### 5. 地震応答解析

表-3に、解析に使用した設計用入力地震動波形の強さを示す。

上部構造は、各階床位置に重量を集約した多質点系の等価せん断型モデルとしている。復元力特性は、静的漸増載荷解析結果を用い、ひび割れ層せん断力時および降伏層せん断力時での2つの折れ点における剛性低下を考慮したTri-linear型の骨格曲線に近似している。履歴法則は、Degrading Tri-linear型(武田モデル)としている。免震層の復元力特性は、各免震装置の特性を重ね合わせたモデルとしている。1次減衰定数は、上部構造を0.03とし、免震層は履歴減衰のみとしている。

表-4に、振動次数1次における上部構造の固有周期および刺激係数、ならびに免震構造としたときの固有周期および刺激係数をそれぞれ示す。表-5に、免震層の最大応答相対変位と上部構造の最大応答加速度の結果を示す。同値は、表-2に示す耐震性能目標を満足していることが確認できる。

表-4 固有周期一覧

A1 西棟	免震部材 せん断歪み	桁行方向		張間方向	
		固有周期	刺激係数	固有周期	刺激係数
上部構造		1.01 秒	1.38	0.53 秒	1.58
免震構造	50%歪時	2.19 秒	1.17	2.08 秒	1.06
	150%歪時	2.84 秒	1.10	2.76 秒	1.03
	300%歪時	3.14 秒	1.08	3.08 秒	1.03

A1 東棟	免震部材 せん断歪み	桁行方向		張間方向	
		固有周期	刺激係数	固有周期	刺激係数
上部構造		0.78 秒	1.51	0.48 秒	1.63
免震構造	50%歪時	2.52 秒	1.07	2.47 秒	1.03
	100%歪時	3.04 秒	1.05	2.99 秒	1.02
	200%歪時	3.40 秒	1.04	3.36 秒	1.02

A2 棟	免震部材 せん断歪み	桁行方向		張間方向	
		固有周期	刺激係数	固有周期	刺激係数
上部構造		0.67 秒	1.48	0.41 秒	1.65
免震構造	50%歪時	2.43 秒	1.05	2.38 秒	1.02
	100%歪時	2.88 秒	1.04	2.83 秒	1.02
	200%歪時	3.28 秒	1.03	3.24 秒	1.02

A3 棟	免震部材 せん断歪み	桁行方向		張間方向	
		固有周期	刺激係数	固有周期	刺激係数
上部構造		0.40 秒	1.33	0.19 秒	1.39
免震構造	50%歪時	1.67 秒	1.03	1.64 秒	1.01
	150%歪時	2.64 秒	1.01	2.62 秒	1.00
	270%歪時	2.78 秒	1.01	2.76 秒	1.00

表-3 設計用入力地震動波形および最大加速度

地震波名	原記録の 最大加速度 (cm/sec <sup>2</sup> )	原記録の 最大速度 (cm/sec)	レベル1 相当の入 力加速度 (cm/sec <sup>2</sup> )	レベル2 相当の入 力加速度 (cm/sec <sup>2</sup> )	安全余裕 度検討用 相当の入 力加速度 (cm/sec <sup>2</sup> )
EL CENTRO 1940 NS	341.7	33.5	230	460	690
TAFT 1952 EW	175.9	17.7	224	447	671
HACHINOHE 1968 NS	225.0	34.1	149	297	446
TH0301FL 1978 EW	202.6	27.6	165	331	496
AT150 <sup>1)</sup> (TAFT EW)	279.2	56.8	—	221	—
BCJ-L2 NOTAME <sup>2)</sup>	459.0 <sup>3)</sup>	43.3 <sup>1)</sup>	—	624 <sup>3)</sup>	—

- 注 1) : 「免震構造設計指針(1993年改訂、日本建築学会)」に基づき作成した模擬地震動波形。  
 2) : 設計用入力地震動研究委員会(1988年発足、(財)日本建築センター)の研究成果により作成された、やや長周期補正係数を地域3とした工学基盤における模擬地震動波形(以下BCJ波)。BCJ-L2(NOTAME)波は、GL-30m(Vs=680m/s)を地震動(BCJ-L2波)の入射位置とし、GL-4.5m(基礎梁下端)位置を解放基盤として重複反射理論により求めた模擬地震動波形。  
 3)、4) : 解放工学基盤における値  
 5) : G.L-4.5m位置(基礎梁下端位置)を解放地盤としたときのBCJ-L2波のG.L-4.5m位置の最大加速度。最大速度は、52.4cm/secとなる。

表-5 結果一覧

A1 西棟	項目	桁行方向	張間方向
レベル2	最大応答 加速度	218cm/sec <sup>2</sup>	225cm/sec <sup>2</sup>
	免震層の最大 応答相対変位	18.0cm (145%)	18.6cm (150%)
安全余裕度検討用	免震層の最大 応答相対変位	34.8cm (281%)	36.8cm (297%)

A1 東棟	項目	桁行方向	張間方向
レベル2	最大応答 加速度	201cm/sec <sup>2</sup>	239cm/sec <sup>2</sup>
	免震層の最大 応答相対変位	18.4cm (90%)	18.7cm (93%)
安全余裕度検討用	免震層の最大 応答相対変位	35.8cm (179%)	38.4cm (192%)

A2 棟	項目	桁行方向	張間方向
レベル2	最大応答 加速度	206cm/sec <sup>2</sup>	237cm/sec <sup>2</sup>
	免震層の最大 応答相対変位	16.2cm (77%)	16.5cm (79%)
安全余裕度検討用	免震層の最大 応答相対変位	32.2cm (153%)	34.9cm (166%)

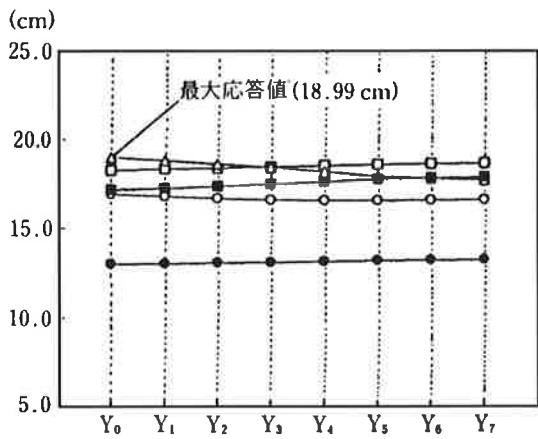
A3 棟	項目	桁行方向	張間方向
レベル2	最大応答 加速度	158cm/sec <sup>2</sup>	147cm/sec <sup>2</sup>
	免震層の最大 応答相対変位	23.3cm (145%)	23.1cm (144%)
安全余裕度検討用	免震層の最大 応答相対変位	41.9cm (262%)	42.6cm (266%)

( )内の数値は免震部材のせん断歪み率を示す。

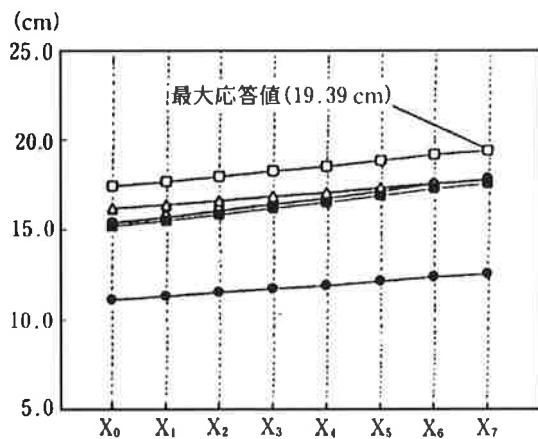
本設計では、A1西棟、A1東棟、およびA2棟について地震動強さをレベル2としたねじれ地震応答解析を行い、ねじれ振動が建物に与える影響を確認している。ここでは、A1西棟についての結果を示す。

図-7(a)に桁行方向解析時、図-7(b)に張間方向解析時の免震層における架構最大応答相対変位を示す。重心位置での最大応答相対変位に対する架構の最大応答相対変位の比率は、桁行方向解析時では1.01~1.04、張間方向解析時では1.04~1.07の範囲にある。これは、免震部材の最大せん断歪み率が160%に対応し、免震部材の安定した履歴性状を示す範囲にある。

- EL CENTRO 1940 NS
- AT 150(TAFT EW)
- TAFT 1952 EW
- TH 030-1 FL 1978 EW
- △ HACHINOHE 1968 NS



(a) 桁行方向解析時



(b) 張間方向解析時

図-7 各架構の最大応答変形(A1西棟)

## 6. おわりに

本工事は1996年9月に着工し、1998年7月の竣工を予定している。工期は、22ヶ月で1997年10月現在、13ヶ月が経過している。(写真-1, 2, 3)

\*現、株式会社東急設計コンサルタント



写真-1 免震部材設置状況(A1西棟)



写真-2 免震部材設置状況(A1東棟)



写真-3 免震部材設置状況(A2棟)