

セイントタワー甲府

—アスペクト比の大きな中層免震建物に対する設計例—

T・R・A 福田 豊



1. はじめに

本建築物は、山梨県甲府市に建設中の地上18階、塔屋1階、用途を分譲の共同住宅とするRC造の免震構造建築物である。短辺方向のアスペクト比が大きく上下動および地震時転倒モーメントにより免震部材に働く引張力を防止するため多少の工夫を施したのでここに紹介します。

2. 建築概要

建築場所：甲府市北口1丁目64番地

建築主：小澤正彦

設計者(意匠)：株式会社 アーキディアック

環境計画研究所

(構造)：株式会社 T・R・A

施工者：戸田建設株式会社

敷地面積：1,807.80m²

建築面積：603.07m²

延べ面積：7,224.40m²

階数：地上18階、塔屋1階

軒高：59.18m

最高部高さ：69.51m

基準階階高：3.32~3.17m

構造種別：鉄筋コンクリート造

基礎形式：杭基礎(場所打ちコンクリート杭)

日本建築センター評定番号：BCJ-免405

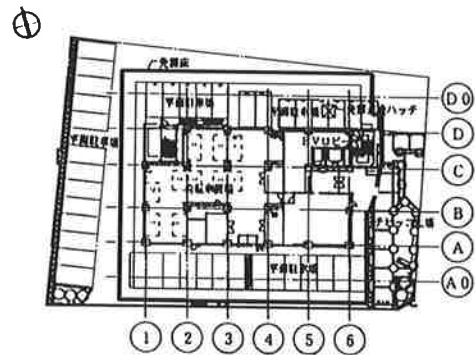


図-1 1階平面図

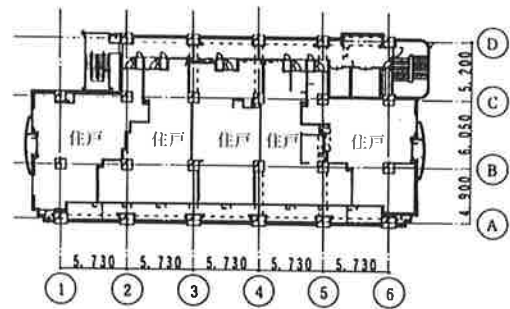


図-2 基準階平面図

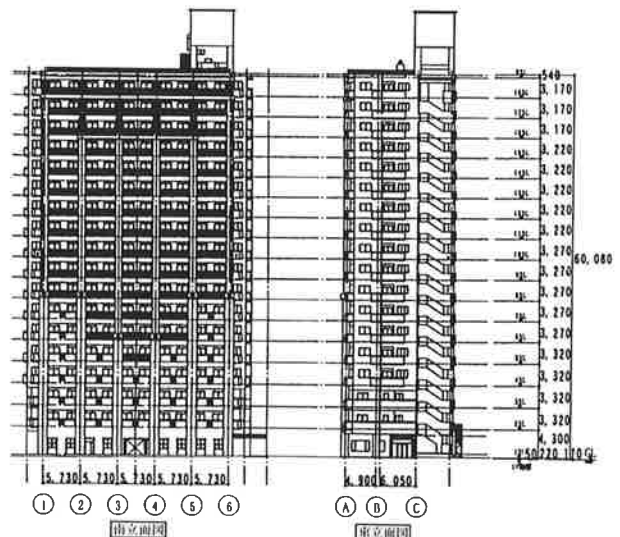


図-3 立面図



3. 地盤概要

本敷地はJR中央本線「甲府駅」の北方0.25kmにあり、甲府盆地北端に位置する。地層序は表層に層厚10m程度の完新世の砂礫層等がありその下部はN値50以上の鮮新世水ヶ森火山岩砂礫層が続いている。

常時微動測定による卓越周期は0.23秒で地盤種別は第1種地盤となる。またレベル1、レベル2とも液状化の危険性の低い地盤である。

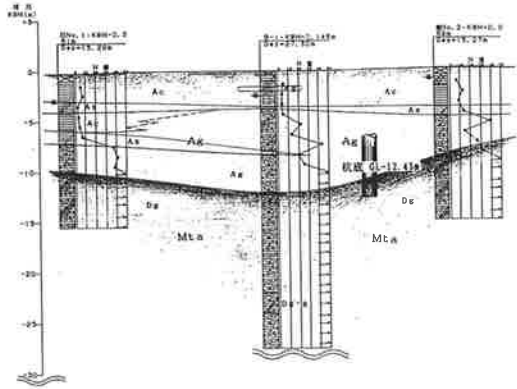


図-4 地層推定断面図

4. 構造計画概要

本建物は、1階の床ばりと基礎の間に免震部材として高減衰積層ゴム支承30基を設置する免震構造建築物である。本建物の平面の構造計画は、長辺方向は5.73mをモジュールとする6スパン、短辺方向はスパン長を4.90m、6.05m、5.20mとする3スパンの純ラーメン架構である。

基礎構造は杭先端深さをGL-12.45mとする場所打ちコンクリート杭で、N値50以上の水ヶ森火山岩砂礫層を支持層としている。

本建物の施行令高さは59.78mで、基準階平面の辺長による短辺方向のアスペクト比は3.70である。地震時には積層ゴムに引張力が作用することが考えられるので、防止策として以下の3点を計画した。

- ①1階床部分に短辺方向外周両側に跳ね出しを設ける。この部分は平面駐車場なので使用勝手に影響のない様に跳ね出し長さを5mとし、駐車場を免震床に乗せるようにした。その結果アスペクト比は2.41に低下した。
- ②1階床ばりにプレストレスを導入し強制的に床ばりに変形を与え、引張力が生じる可能性のある外端部の積層ゴムの軸力を大きくする。
- ③免震層四隅に設けたPC鋼材で基礎と1階床ばりとを上下に結び、免震層に生じる引抜き力をこのPC鋼材で負担させる。

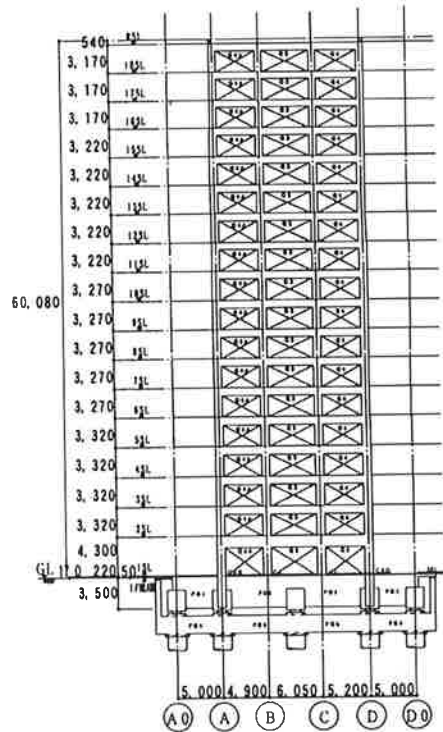


図-5 4通り軸組図

5. 耐震設計目標

表-1 耐震設計目標一覧

入力レベル	レベル1(カテゴリーC1)	レベル2(カテゴリーC2)
上部構造	許容応力度以内	弾性限耐力以内
免震部材	せん断変形角 $\gamma \leq 175\%$ 引抜き力発生せず	せん断変形角 $\gamma \leq 250\%$ 引抜き力発生せず
基礎構造	許容応力度以内	許容応力度以内 (杭は弾性限耐力以内)

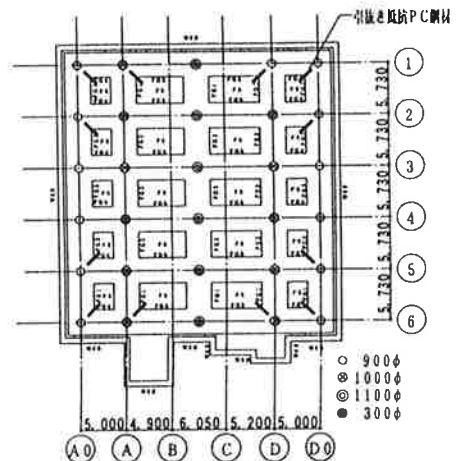


図-6 免震部材配置図

6. 免震層の設計

本建物に用いた免震部材は高減衰積層ゴムで、免震部材の個数は1100φが6基、1000φが11基、900φが13基の合計30基である。免震部材の配置を図-6に示すが、中央部は柱2本で免震部材1基としプレストレス力による応力再配分後でも高軸力を確保できるように配慮した。

1階床ばりの断面形はB×D=1200×3500で、これにPC鋼材15C-12本×12.7φストランドで約2,300tfの軸力(コンクリート平均圧縮応力度で約55kgf/cm²)を導入した。その結果免震部材の軸力は、外端部へ300tf程度再配分されほぼ均一な面圧とすることができた。

また、プレストレス力導入による1階床ばりの強制リフト量は1.5cm程度である。張力導入時期は1階床ばり施工時にひび割れ防止として3ケーブルを引張り、残り12ケーブルはプレストレス力によるリフト力と建物重量が釣り合う7階コンクリート打設終了後とした。

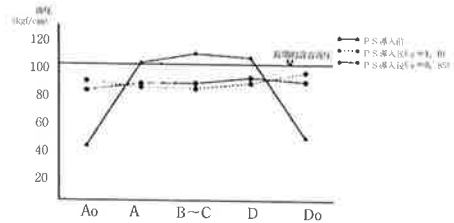


図-7 プレストレス導入による面圧の変化 (6構面)

表-2 支点反力一覧

通り	支点反力 (長期) (1)						プレストレス力キヤンセル係数 (1)	キヤンセル後の支点反力 (1)						免震装置長期許容耐力 (1)	
	①							上段①+② 下段①+②							
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6		
DO	90.7	223.2	266.4	268.6	258.8	268.6	314.5	405.2	537.7	580.9	583.1	573.3	583.1	583.1	618.0
D	523.9	706.7	774.5	783.6	790.0	835.6	-188.0	335.9	518.7	586.5	595.6	602.0	647.6	754.0	754.0
B-C	917.1	927.4	945.3	961.4	982.2	1012.0	-260.0	657.1	667.4	685.3	701.4	722.2	752.0	919.0	919.0
A	762.6	721.4	723.2	731.9	747.1	802.9	-178.0	584.6	543.4	545.2	553.9	569.1	624.9	754.0	754.0
AO	227.3	205.2	209.1	211.1	210.6	235.4	311.5	538.8	516.7	520.6	522.6	522.1	546.9	618.0	618.0

η: プレストレス有効率 0.86

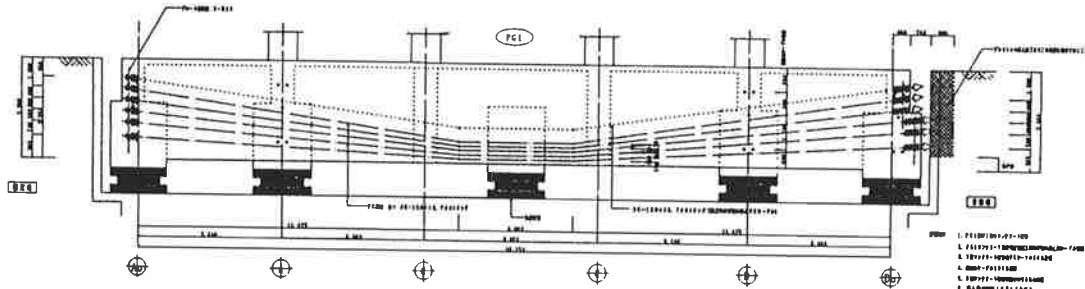


図-8 1階PC梁配線図

7. 1階引抜き抵抗用PC鋼材の設計

フェールセーフ機構として、建物四隅で基礎ばりと1階床ばりとをPC鋼材(C-12本×12.7φストランド)で緊結し、免震部材に引抜きが働く場合に抵抗させる。

免震層に働く転倒モーメントと水平変位が同位相でありこのPC鋼材を建物内側に50cm傾斜させているので変動軸力が圧縮の時に免震部材の軸力を増加させる事はない。

レベル2時の免震層の最大水平変位は37cmで、40cmまでPC鋼材はほぼ弾性変形範囲にある。このPC鋼材は初期張力として10tf程度の張力を導入しているが、緩んだ場合はボルトで増し締めできるようにしている。

このPC鋼材は免震層の水平剛性を増大させるもののレベル2の地震入力時の応答において等価剛性にして1.05倍であり応答に及ぼす影響は少ない。

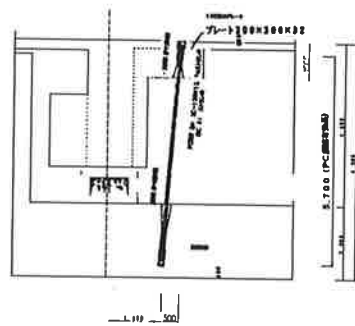


図-9 1階引抜き抵抗PC鋼材図

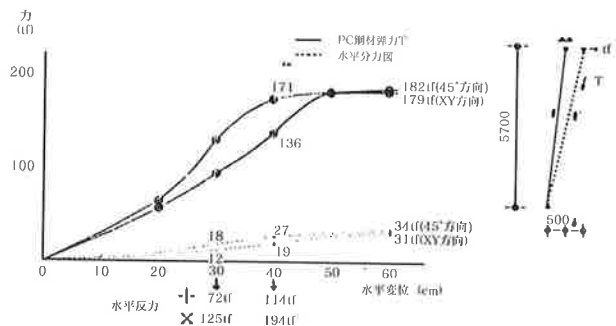


図-10 PC鋼材張力と水平分力図

8. 地震応答解析

建物地震応答解析の結果耐震設計目標を満足していることを確認した。解析は地上部のみを擬似立体の等

備せん断型にモデル化し、地震波入力位置は免震層とした。また、Penzien型地盤-建物連成振動応答解析を行い免震層の応答水平変形が前記擬似立体モデルよりも20%以上低減することを確認している。

採用地震波および応答結果を下表に示す。

表-3 入力地震波の最大加速度

地震波形	最大加速度	
	レベル1	レベル2
HACHINOHE 1968NS	166	333
EL CENTRO 1940NS	339	511
TAFT 1952EW	248	497
BCJL1 BCJL2	207	356

表-4 応答解析結果最大値(地上部擬似立体モデル)

免震部材	相対変位 cm	レベル	短辺方向	19.2 EL CENTRO NS	
			長辺方向	18.9 EL CENTRO NS	
せん断係数	レベル1	レベル1	短辺方向	0.08 EL CENTRO NS	
			長辺方向	0.08 EL CENTRO NS	
	レベル2	レベル2	短辺方向	0.12 BCJL2	
			長辺方向	0.12 BCJL2	
上部建物	絶対加速度 cm/s ²	レベル1	短辺方向	251 EL CENTRO NS	
			長辺方向	239 HACHINOHE NS	
	レベル2	レベル2	短辺方向	306 EL CENTRO NS	
			長辺方向	342 TAFT EW	
	せん断係数	レベル1	レベル1	短辺方向	0.09 EL CENTRO NS
				長辺方向	0.10 EL CENTRO NS
		レベル2	レベル2	短辺方向	0.13 BCJL2
				長辺方向	0.13 BCJL2
層間変形角	レベル1	レベル1	短辺方向	1/353 EL CENTRO NS	
			長辺方向	1/303 EL CENTRO NS	
	レベル2	レベル2	短辺方向	1/273 HACHINOHE NS	
			長辺方向	1/221 HACHINOHE NS	

*1 構造工学論文集VOL.44B

引張及び引張・せん断を受ける高減衰積層ゴムの力学的性状に関する実験的研究 田島他

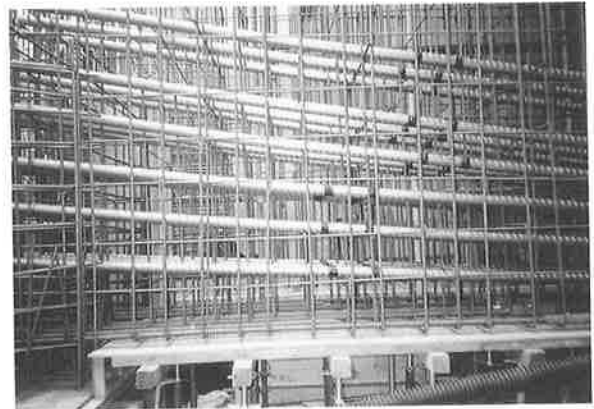


写真-1 1階PC梁PC鋼材



写真-2 引張抵抗用PC鋼材



写真-3 同上張力導入時

9. おわりに

設計と平行して採用免震部材とほぼ同サイズ(850φ)を用い、あらかじめ引張変位を与えたせん断試験*1を(株)日本建設業経営協会に委託した。結果が出たのは設計終了後であったが、水平せん断変形300%の片振幅加力で引張方向の強制変位0~5.0cmの範囲では、引張変形量に関係なくほぼ同一の復元力特性を示しており、予期せぬ基礎の不同沈下等に対する免震層特性の安定性も同時に確認出来た。

このような実験が種々の条件の下で数多くなされ設計資料として一般化すれば免震設計の自由度も広がるものと考えられ、一設計者として切望するものである。

実験に御協力いただいた東京電機大学の中野清司教授その他実験関係者の方々、(株)日本建設業経営協会の立石信也氏、また、事業主である(株)三建ハウスの小澤正彦氏の御理解と御協力があったからでありこの場をかりて厚く御礼申し上げます。