

# アスペクト比の大きな免震建物に対する設計例その2

T・R・A(Technical Research of Architecture)

福田 豊



## 1. はじめに

現在大阪地区では、複数の高層免震建物の施工が始まりいよいよ高層免震時代到来の感がある。ここでは、本誌2001年2月号に引き続き、比較的アスペクト比の大きな建物の設計例として大阪の“R計画D棟”を紹介する。

全体計画の模型写真を右図に示す。本計画は去年竣工した低層で在来構法のA棟・B棟と、現在施工中の高層で免震構法のC棟・D棟の、構造的に独立した4棟から成る分譲住宅です。



図1 模型写真

## 2. 建築概要

- 件名：(仮称)R計画C D棟増築工事
- 建築場所：大阪市城東区中央2-40
- 建築主：ゼネラル株式会社
- 設計者(意匠)：株式会社 菅原賢二設計スタジオ  
(構造)：株式会社 T・R・A
- 施工：清水建設株式会社
- 敷地面積：14,572㎡ (全体)
- 建築面積：1,337㎡ (D棟)
- 延べ床面積：29,709㎡ (D棟)  
73,203㎡ (全体)
- 階数：地上35階、塔屋3階
- 軒高：114.2m
- 最後部高さ：122.7m
- 基準階階高：3.1m
- 構造種別：鉄筋コンクリート造
- 基礎形式：杭基礎(場所打ち鋼管コンクリート杭)

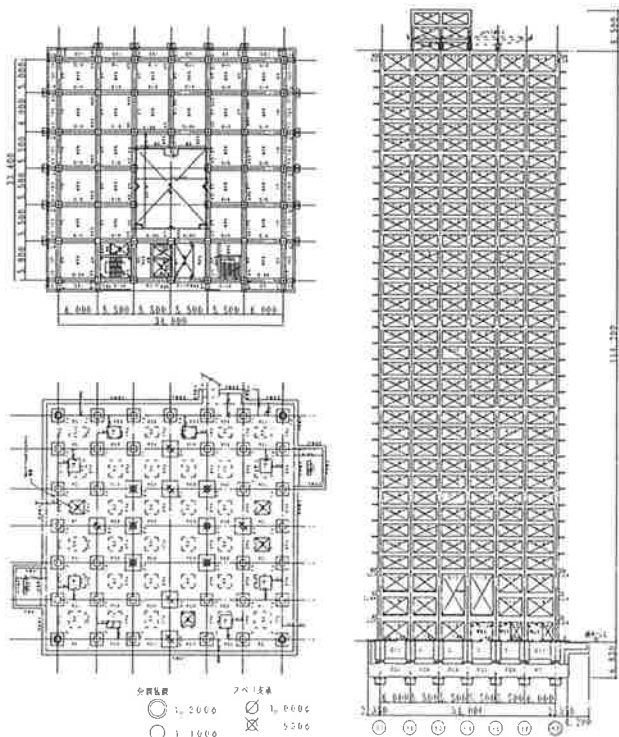


図2 伏図・軸組図

### 3. 地盤概要及び地震環境

本敷地はJR環状線京橋駅の北東約1.6kmにあり、大阪平野のほぼ中央に位置する。地層序は表層より21mまでN値10以下の沖積層で、その下に洪積層の砂質土層と粘性土層の互層が続く。本建物はGL-52m以深にあるN値50以上の第7砂質土層を支持層とする杭基礎を採用した。地盤種別は第2種で液状化の危険性の低い地盤である。

工学的基盤上面（GL-52mの洪積層第7砂層上面）で作成した模擬地震動の擬似速度応答スペクトルと目標スペクトルを図4に示す。対象地震断層は、①建設予定地付近を南北に走る上町断層系、②生駒断層系、③有馬高槻構造線、④兵庫県南部地震、⑤東南海地震の5断層である。この中で速度応答の最大値を示すのは東南海地震で、建物実行固有周期5秒（ $\gamma=2.5$ ）付近で見ると、GL-1.3kmの地震基盤上面で約17cm/s、工学的基盤上面で約130cm/sである。これをレベル2地震動として耐震検討を行った。

### 4. 構造計画概要

本建物の基準階の外形寸法は33.4m×34.0mで、建物中央部に柱2本分の吹き抜け空間がある。構造形式及び種別は、両方向共RC造純ラーメン構造で1階床位置での基礎免震構法を採用した。本建物の評価審査時期が2000年8月～10月と改正基準法施行（2年目施行）直後であったため、使用材料はコンクリートFC=36N/mm<sup>2</sup>以下、鉄筋SD390以下と建物規模としては強度の低い材料を使用した。それに対応するため基準スパンを5.5mと短かくし、下層階での柱軸耐力の不足は芯鉄筋で対処した。

1階床梁はポストテンションPS梁を採用し、引張りを受ける免震装置に接続するPS梁に元歪を与え、その分免震装置に働く浮き上がり量をキャンセルする方法を取った。

基礎は杭実長47mで軸径2mの場所打ちコンクリート杭を採用した。地盤の動的効果を考慮すると杭上部に働くせん断力は、せん断力係数で0.2～0.5程度と大きく、特に踏み込み側の杭のせん断耐力及び引抜側の杭中間部の曲げ耐力を確保する必要上杭頭から26mの範囲を鋼管巻きとした。



図3 断層位置図

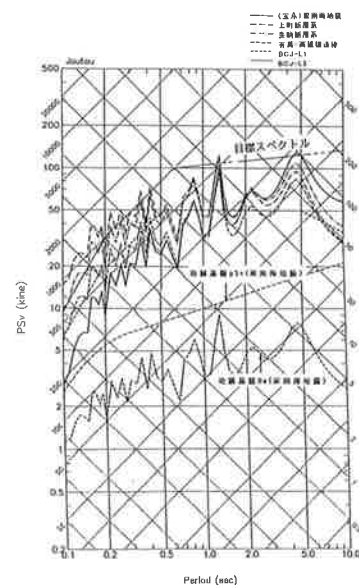


図4 工学的基盤における目標スペクトル

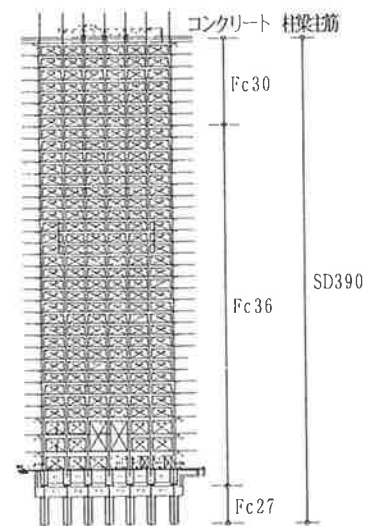


図5 主要使用材料

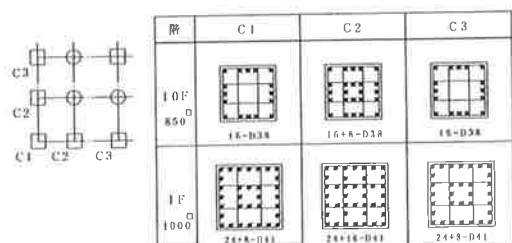


図6 柱芯鉄筋

### 5. 免震層の設計

本建物に用いた免震装置は、天然ゴム系積層ゴム支承35基（1200φ 4基、1100φ 31基）、すべり支承12基（1000φ 6基、950φ 6基）で構成し、この組み合わせで等価1次固有周期は6.2秒（ $\gamma=2.5$ ）である。

1階床梁の断面形はB×D=1600×3600でこれにPC鋼材16C-12本×15.2φストランドで約34,720KNの軸力(コンクリート平均圧縮応力度で約6N/mm<sup>2</sup>)を導入し、建物中央部の免震装置の長期軸力の約30%をコーナー部へ移行させ、コーナー部免震装置の地震時に働く引張り力を軽減させた。この結果、レベル2時最大応答に静的0.5Gの上下動を考慮しても免震装置に引張り力は働かない。

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3cm程度である。張力導入時期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9階コンクリート打設終了後とした。又、PS梁に取り付くスラブ及びRC大梁の施工は張力導入後の施工とした。

免震層と擁壁とのクリアー寸法は、レベル2時最大応答値（模擬地震動）の1.7倍の80cmを確保し、衝突による付加的な引張り力の発生を極力避ける様に配慮した。

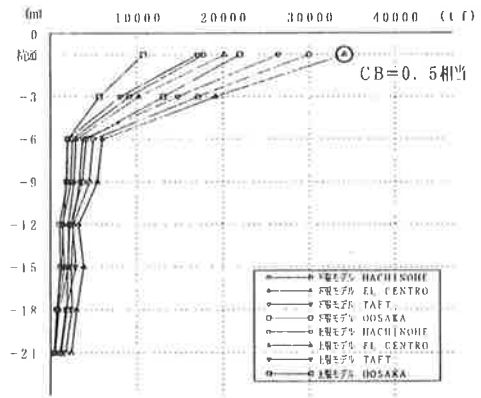


図7 杭応答せん断力 (L2時)

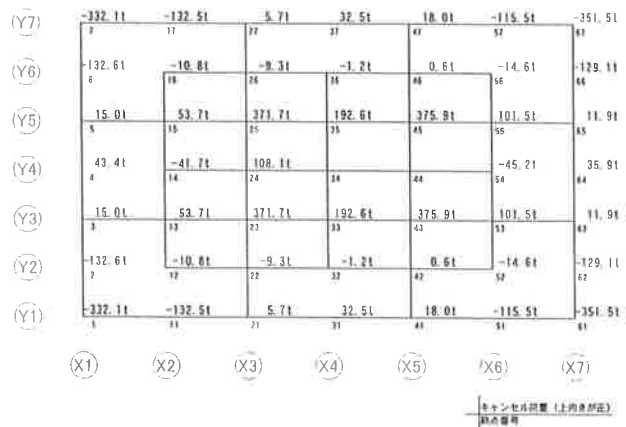


図8 プレストレスト導入による各節点におけるキャンセル荷重 (単位tf 有効率 $\eta=0.85$ 考慮)



図9 偏心モーメントによる変位図 (cm)



図10 偏心モーメント図 (tfm)

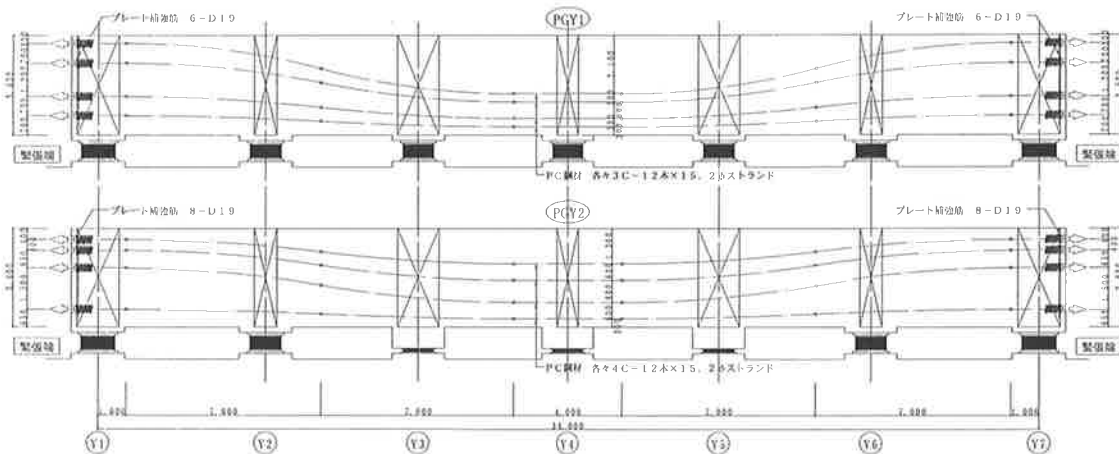


図11 PS配線図

## 6. 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-C1)	レベル2 (カテゴリ-C2)
上部構造	・許容応力度以内	・弾性限耐力以内
免震装置	・せん断変形角 $\gamma \leq 200\%$	・せん断変形角 $\gamma \leq 250\%$
	・引抜き力発生せず (静的0.5G相当の上下動考慮) ・面圧 $\sigma \leq 30\text{N/mm}^2$	
基礎構造	・許容応力度以内	・杭は終局耐力以内、その他は弾性限耐力以内

表-2 入力地震動の最大加速

地震波形	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	
	レベル1	レベル2
HACHINOHE 1968 NS	210	420
" UD		210
EL CENTRO 1940 NS	355	709
" UD		355
TAFT 1952 EW	291	582
" UD		291
大阪模擬地震動(表層)	—	707
大阪模擬地震動(基盤)	—	353

## 7. 地震応答解析

入力位置を免震層とした地上部の建物地震応答解析の結果を表3に示すが、いずれも耐震設計目標を満足している。又、地盤の動的効果を考慮した地盤建物連成振動解析では、上記モデルと比べ応答せん断力の最大値は、免震層で9%減、上部建物で30%減と応答値が低減している事を確認した。

上下振動応答解析結果は、外周フレーム0.24~0.67Gで単純平均0.42G、内フレーム0.26~1.01Gで単純平均0.56Gである。これをレベル2時の水平動による最大値と単純加算した場合、建物内部の免震装置にのみ数回の引張り力が働く地震動もあるが、過度な引張り変形を強制する事は無い事を確認した。

## 8. おわりに

コンクリート強度が100Nを超え、それに釣り合う高強度鉄筋も開発されてきた今日、本建物はこの流れとは逆に強度の低いコンクリート ( $F_c=27\sim 36\text{N/mm}^2$ ) と鉄筋 (SD390以下) を使用した。大阪地区は相対的にコンクリートが高く、異型棒鋼は安いという地域事情もあったが、35階RC造の標準的材料 ( $F_c=30\sim 52\text{N/mm}^2$ , SD490以下) を使用する場合と比べ躯体費は割安になった。幸い材料の品質と強度とは必ずしもリンクしない。構造からの制約が建築計画に許容されるなら、高強度材料以外の使用も一つの選択肢と思われる。

表-3 応答解析結果最大値

免震装置	相対変位 cm	レベル	短辺方向	13.2 HACHINOHE NS
			レベル1	長辺方向
置	せん断力係数	レベル1	短辺方向	0.021 HACHINOHE NS
			長辺方向	0.021 HACHINOHE NS
	レベル2	短辺方向	0.057 大阪模擬地震動	
		長辺方向	0.057 大阪模擬地震動	
上部	絶対加速	レベル1	短辺方向	76 TAFT EW
			長辺方向	83 TAFT EW
	レベル2	短辺方向	140 大阪模擬地震動	
		長辺方向	134 大阪模擬地震動	
建物	せん断力係数	レベル1	短辺方向	0.022 HACHINOHE NS
			長辺方向	0.022 HACHINOHE NS
	レベル2	短辺方向	0.057 大阪模擬地震動	
		長辺方向	0.059 大阪模擬地震動	
層間変形角	レベル1	短辺方向	1/942 TAFT EW	
		長辺方向	1/876 EL CENTRO NS	
	レベル2	短辺方向	1/397 大阪模擬地震動	
		長辺方向	1/360 大阪模擬地震動	