

YSD新東京センター

竹中工務店
村田耕司



同
大嶋 隆



1. はじめに

YSD新東京センターは、電算センターであると同時に、本社機能を担うオフィスとしての使用も視野に入れて計画された建物で、ノンストップの機能性を最大の建物性能目標としている。そこで、構造形式を免震構造として高い耐震安全性を確保するだけでなく、地震時の振動に対するコンピューターの誤作動防止という極めて高い構造性能を目標とする計画としている。

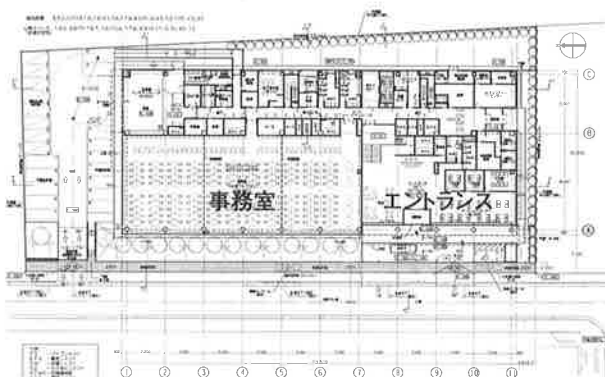
本稿では、構造設計の内容を中心に建物概要を紹介する。



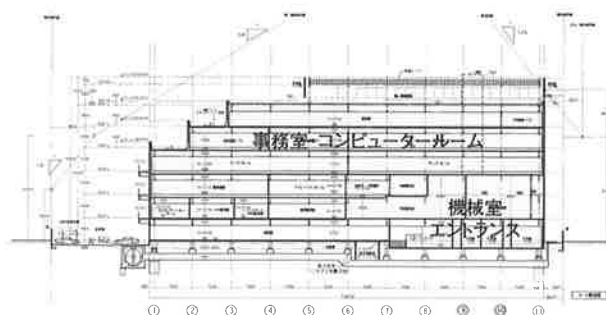
図一1 建物外観写真

2. 建物概要

- 建設地 : 東京都江東区南砂2-5
- 建築主 : ヤマトシステム開発株式会社
- 設計者 : 竹中工務店東京一級建築士事務所
- 施工者 : 株式会社竹中工務店
- 用途 : 事務所、電算センター
- 建築面積 : 2,457.21m²
- 延床面積 : 12,629.09m²
- 階数 : 地下なし、地上6階、塔屋1階
- 軒高 : 設計GL+25.77m
- 最高高さ : 設計GL+31.07m
- 構造種別 : 鉄骨造 (柱CFT造)
- 基礎形式 : 杭基礎



図一2 1階平面図・配置図



図一3 断面図

3. 地盤概要

建設地の地層構成は、表層が軟弱な埋土層、細砂層、シルト層の第3種地盤で、深さ45m以深が支持層とした固い砂層、過圧密の粘土層、洪積砂礫層で構成される。水位はGL-1.5mで、表層の砂層は地震時に液状化の発生する可能性が高い。

4. 構造計画

構造形式は、地上6階の鉄骨造の上部構造と基礎の間に免震装置を設けた免震構造である。

平面は長辺73.8m、短辺30.6mの長方形で、柱スパンをそれぞれ7.2m×10スパンと18.0m+10.8mスパンとしている。立面は5階～R階で長辺方向にセットバックを有し、階高は1階4.10m、2～4階4.40m、5階4.0m、6階3.85mである。

架構は長辺・短辺両方向ともラーメン架構で、柱をCFT造（コンクリート充填鋼管構造）とした鉄骨造である。

免震層は1階床梁下とし、柱下に天然ゴム系積層ゴム（RB）6基、鉛プラグ入り積層ゴム（LRB）8基、弾性すべり支承（SS）17基を配置している。また、減衰装置として $C = 800 \text{ kN} \cdot \text{s/m}$ のオイルダンパー（OD）を28基設置している。外周部擁壁と1階床下の外周梁及び柱脚部との間は、免震層の水平変形のクリアランスとして55cmの離間を持たせている。

基礎は、GL-45m以深の細砂を支持層とする鋼管杭（中掘り工法）としている。GL-6m～11mの細砂層は地震時に液状化が予測されるため、深層混合処理工法による格子状地盤改良を行い、極めて稀に発生する地震に対しても液状化を生じさせないものとした。

5. 免震装置の設計

表層地盤の卓越周期が長い為、免震装置は周期を長めに、減衰を多めに設定した。支承には、すべり支承を多用して大地震時の実効周期4秒以上を目標とするとともに、暴風時の滑動抑止のため鉛入り積層ゴムで降伏強度を高めている。大地震時の変形目標を40cmとし、支承の履歴減衰に加えて減衰定数30%に相当するオイルダンパーを設定した。

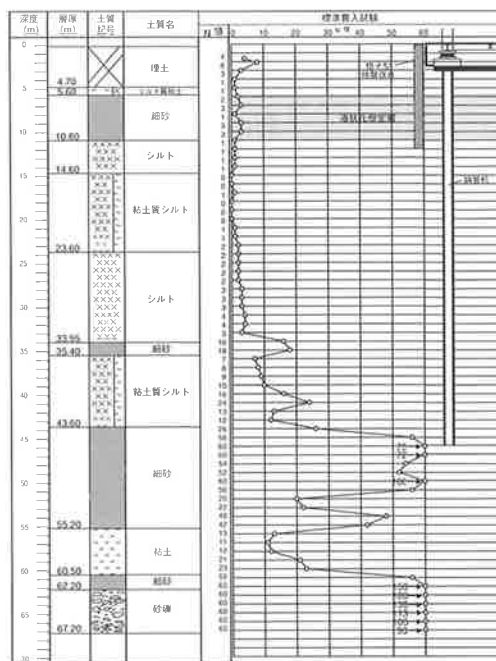


図-4 地層構成と基礎計画図

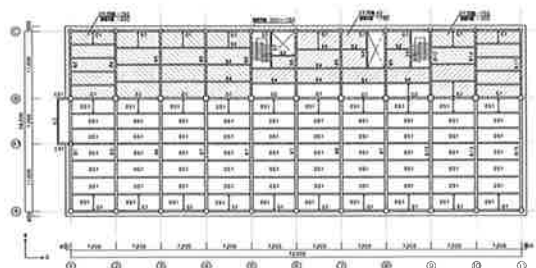


図-5 4階平面図

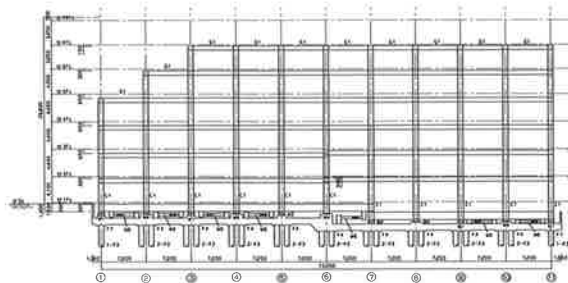


図-6 A列軸組図

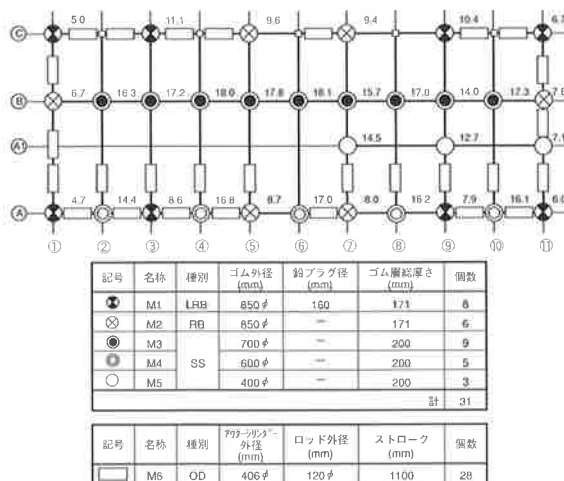


図-7 免震装置配置図及び長期面圧 (N/mm²)

6. 時刻歴応答解析

1) 耐震性能目標

各入力地震動レベルに対して、各部の応答値の目標を表-1のように設定した。さらにコンピュータの誤作動防止のため、事務室階の最大応答加速度を200cm/s²程度に抑えることを目標とした。

表-1 耐震性能目標

耐震性能目標	入力レベル	稀に発生する地震動	極めて稀に発生する地震動
	上部構造	許容応力度以内	弾性限耐力以内
免震装置	安定変形以内	性能保証変形以内	
下部・基礎構造	許容応力度以内	許容応力度以内	

2) 設計用入力地震動

設計用入力地震動は、表-2に示す告示波3波、サイト波2波、観測波3波とした。

告示波は、建設省告示第四号イの解放工学的基盤の加速度スペクトルに適合した模擬地震動による表層地盤モデルの応答解析から、地表面での入力地震動を設定した。

サイト波は、建設地のサイスミシティ、敷地地盤特性及び建物の周期帯を考慮して、最も影響が大きいと考えられる1923年関東地震の断層を想定して作成した模擬地震動を採用した。

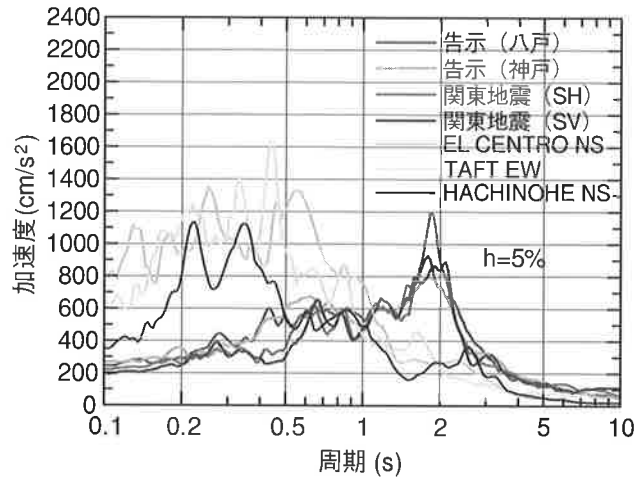


図-8 加速度応答スペクトル

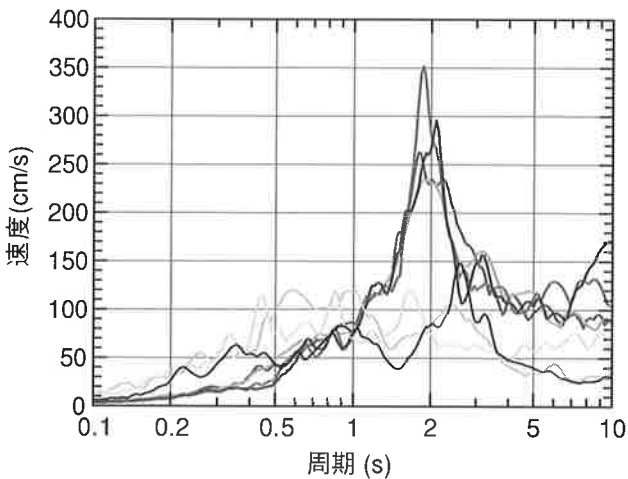


図-9 速度応答スペクトル

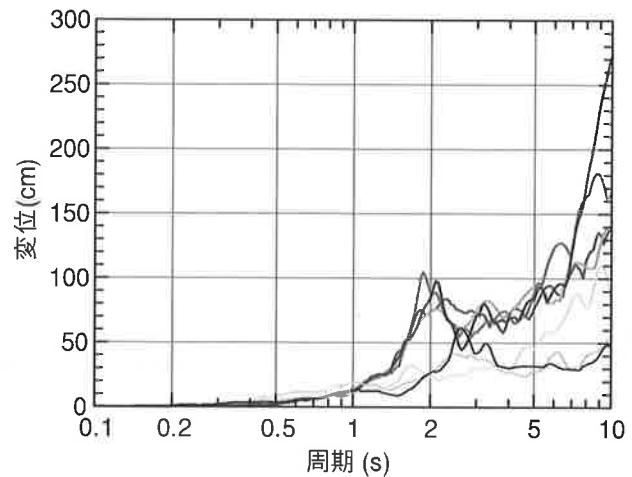


図-10 変位応答スペクトル

表-2 設計用入力地震動

種類	地震動波形	稀に発生する地震動のレベル		解析時間 (s)	極めて稀に発生する地震動のレベル		解析時間 (s)
		速度 (cm/s)	加速度 (cm/s ²)		速度 (cm/s)	加速度 (cm/s ²)	
告示スペクトル適合波	位相：八戸 1968EW	13.8	80.0	120.0	58.4	239.2	120.0
	位相：神戸 1995NS	15.9	93.8	120.0	75.8	265.9	120.0
	位相：ランダム	13.5	84.4	60.0	—		
断層地震模擬波	関東地震 (SH波)	—			65.9	218.1	80.0
	関東地震 (SV波水平動)	—			66.0	194.1	80.0
観測波	EL CENTRO 1940 NS	25.0	255.4	53.8	50.0	510.8	53.8
	TAFT 1952 EW	25.0	248.4	54.4	50.0	496.8	54.4
	HACHINOHE 1968 NS	25.0	165.1	36.0	50.0	330.1	36.0

3) 解析モデル

解析モデルは上部構造の質量を各階床位置に集約し、各層の等価せん断型弾性バネで繋いだ質点系モデルとした。免震層は免震装置を個別に評価した立体モデルとし、基礎は固定とした。各支承は弾性もしくはバイリニア型の復元力特性である。

減衰は、初期剛性比例型で免震層を固定とした場合を $h1=0.02$ とし、オイルダンパーは速度比例型とした。

4) 解析結果

複素固有値解析及び実固有値解析の結果を表-3に示す。この解析では、すべり支承及び鉛入り積層ゴムを等価剛性で評価し、履歴減衰は評価していないため、オイルダンパーと上部構造の粘性減衰の減衰評価となっている。

この結果、極めて稀に発生する地震動レベルを想定した積層ゴム240%変形時に1次固有周期が4.7sec、1次減衰が28%となっており、計画時に想定した周期及び減衰性能を概ね満足している。

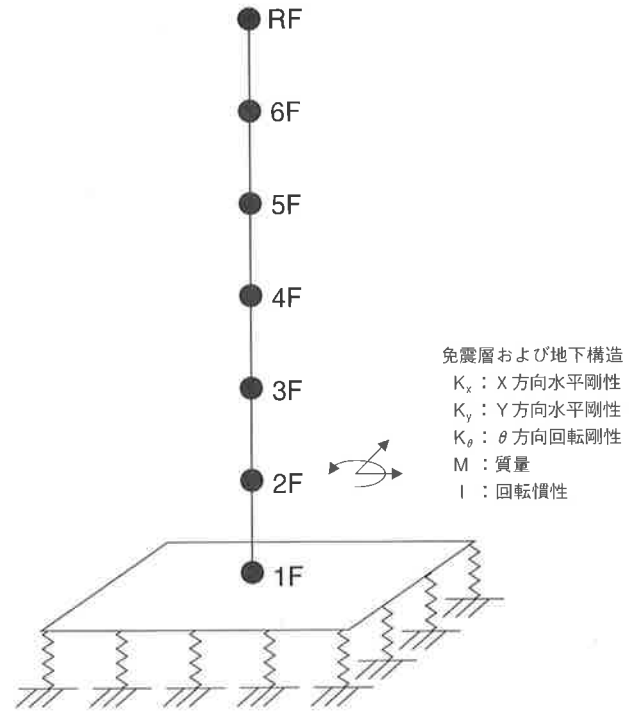


図-11 解析モデル図

表-3 固有値解析結果

		X方向			Y方向		
		初期剛性	稀45%時	極稀240%時	初期剛性	稀45%時	極稀240%時
1次	周期(実固有解析)	1.546秒	3.050秒	4.719秒	1.597秒	3.073秒	4.733秒
	周期(複素固有解析)	1.544秒	3.038秒	4.696秒	1.595秒	3.059秒	4.706秒
	減衰(複素固有解析)	4.9%	16.8%	28.5%	4.6%	16.4%	28.2%
2次	周期(実固有解析)	0.505秒	0.564秒	0.574秒	0.543秒	0.613秒	0.626秒
	周期(複素固有解析)	0.505秒	0.564秒	0.574秒	0.542秒	0.613秒	0.626秒
	減衰(複素固有解析)	9.3%	15.8%	21.8%	9.0%	15.3%	20.8%
3次	周期(実固有解析)	0.303秒	0.312秒	0.313秒	0.332秒	0.344秒	0.345秒
	周期(複素固有解析)	0.304秒	0.312秒	0.314秒	0.332秒	0.344秒	0.346秒
	減衰(複素固有解析)	11.9%	21.5%	32.2%	11.5%	20.1%	29.7%

極めて稀に発生する地震動に対する応答解析結果の一部を図-12~17に、応答値一覧表を表-4に示す。上部構造の応答層せん断力係数は設計用せん断力係数を下回っており、各構造部材は許容応力度以下で損傷は生じない。また層間変形角も最大1/380であり、非構造部材も含めて上部構造はほとんど被害の生じないレベルに応答が抑制されている。

免震層の変形は41cmで、建物外周のクリアランスには十分余裕がある。また免震装置に引張力は作用しておらず、面圧に応じた性能保証変形からも余裕

がある。

基礎については建物慣性力に加え、地盤の応答変形を考慮しても目標を満足して安全であることを確認している。また、免震装置の製作・環境による特性値のばらつきや上下地震動を考慮した場合についても検討し、各部の安全性を確認している。

建物の安全性に加えて建物の機能性から設定した加速度応答の目標に関しては、対象室のある3~6階で200cm/s²以下になる結果が得られている。

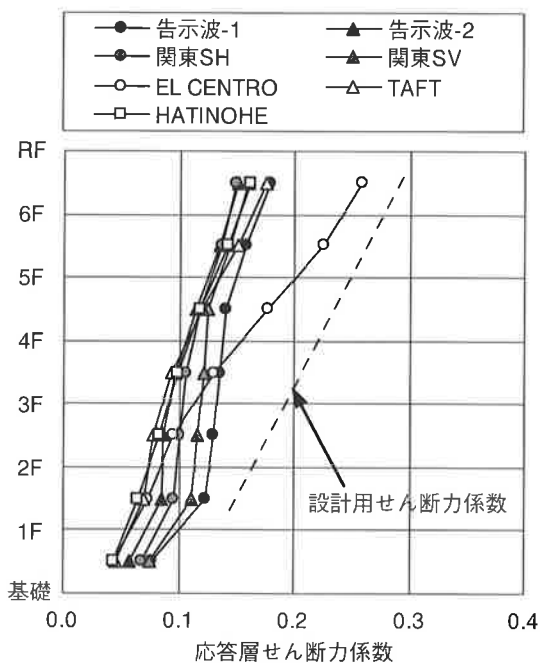


図-12 応答層せん断力係数(X方向)

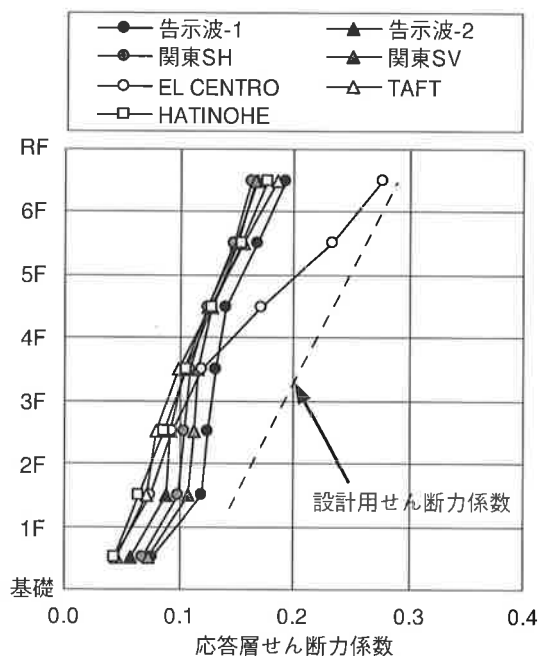


図-13 応答層せん断力係数(Y方向)

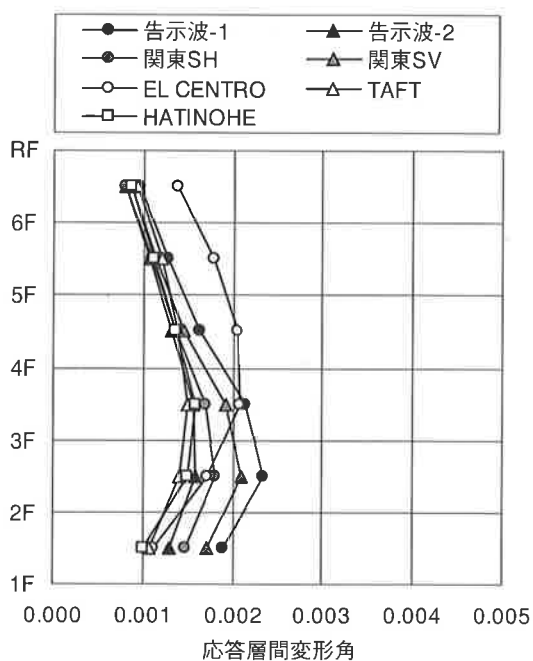


図-14 応答層間変形角(X方向)

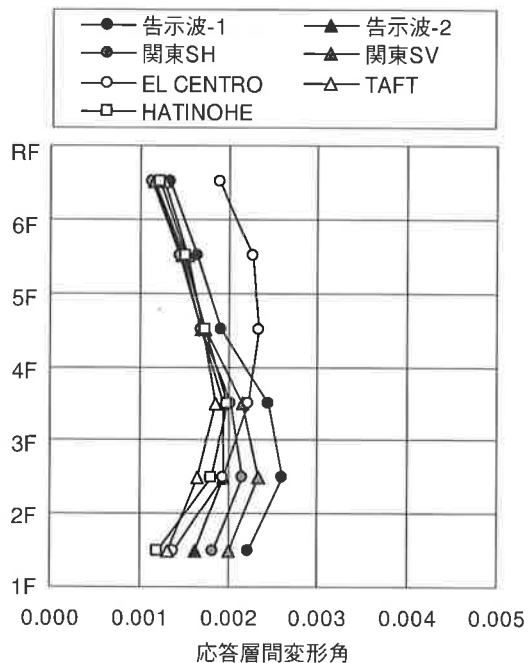


図-15 応答層間変形角(Y方向)

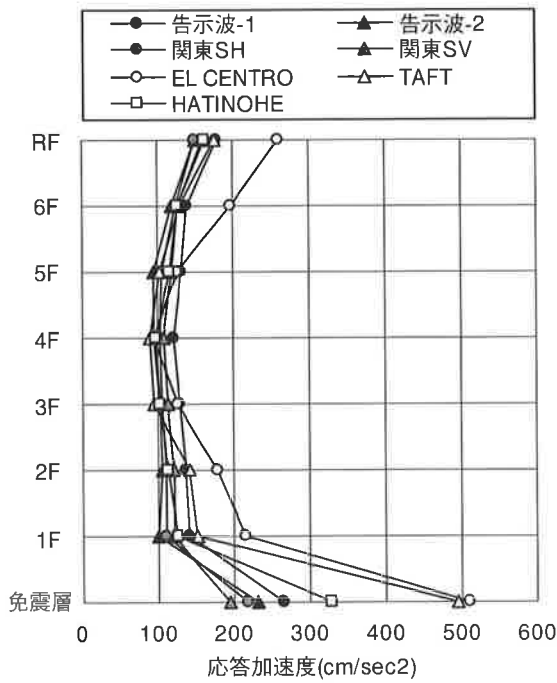


図-16 応答加速度(X方向)

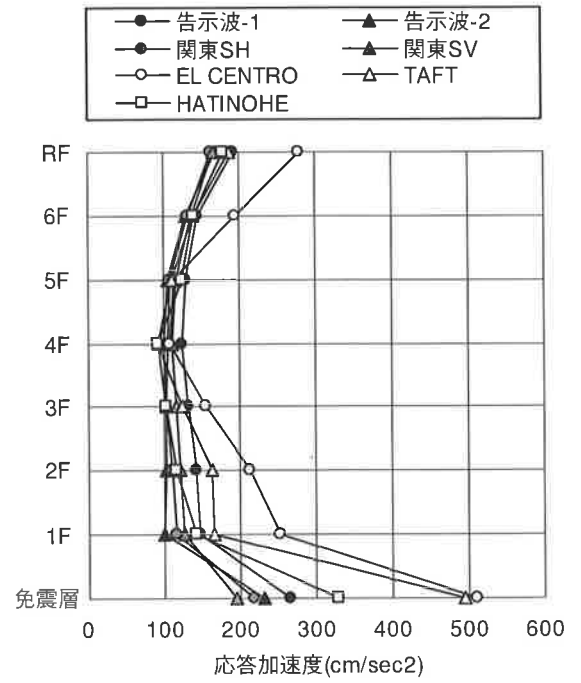


図-17 応答加速度(Y方向)

表-4 応答値一覧表

免震層		極めて稀に発生する地震動		稀に発生する地震動		
		X方向	Y方向	X方向	Y方向	
免震層	最大層間変形 (m)	0.41 (告示波-1)	0.41 (告示波-1)	0.08 (EL CENTRO)	0.07 (EL CENTRO)	
	最大応答速度 (m/s)	0.93 (告示波-1)	0.93 (告示波-1)	0.23 (EL CENTRO)	0.23 (EL CENTRO)	
	最大せん断力係数	0.077 (告示波-1)	0.077 (告示波-1)	0.037 (EL CENTRO)	0.037 (EL CENTRO)	
	最大・最小の面圧 (N/mm ²)	19.6・2.9	19.4・3.9	19.0・3.6	18.5・4.2	
上部構造	最上階床位置の最大加速度(m/s ²)	0.26 (EL CENTRO)	0.28 (EL CENTRO)	0.15 (EL CENTRO)	0.16 (EL CENTRO)	
	最下階の最大せん断力係数	0.124 (告示波-1)	0.120 (告示波-1)	0.058 (EL CENTRO)	0.058 (EL CENTRO)	
	最大層間変形角	1/427 (告示波-1)	1/380 (告示波-1)	1/787 (EL CENTRO)	1/633 (HACHINOHE)	
	最大層間速度 (m/s)	0.08 (EL CENTRO)	0.10 (EL CENTRO)	0.05 (EL CENTRO)	0.06 (EL CENTRO)	
その他の影響	免震層の偏心	偏心距離 (m) (偏心率)	0.84 (0.029)		0.47 (0.018)	
		隅角部の最大応答変位 (m)	0.41		0.076	
		重心部の最大応答変位 (m)	0.41		0.075	
	上下動の影響	上下地震動を考慮した場合でも、免震材料に生じる面圧が設定した耐震性能目標値を満足していることを確認している。				

7. おわりに

軟弱な表層地盤における免震構造の計画で、通常より長めの周期設定と多めの減衰力導入により十分な免震効果を得て、高い建物安全性を確保することができた。さらに、コンピューターの使用性から設定した床の応答加速度に関しても、免震による振動抑制の効果を発揮して目標を満足することができた。

以上、免震構造の採用により、大地震時の揺れに対してコンピューターセンターとしての機能維持を可能とする高い建物耐震性能を達成することができた。

本建物は平成14年5月に着工、平成15年3月に竣工し、現在既に稼動を開始している。