

オイレス工業藤沢事業場新研究棟

安井建築設計事務所
大淵敏行



同
宗像明彦



オイレス工業
長谷川豊



1. はじめに

本建物は、オイレス工業株式会社藤沢工場の敷地内に建つ2棟目の免震建物である。1棟目のTC棟は日本の免震建物としては第5番目の建物で、丸型鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)が採用されている。2003年12月竣工の本建物では、角型鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB-S)と弾性すべり支承(SSR)を採用し、より長周期化を目指し性能のアップをねらっている。建物の構造種別としては、振動を嫌う実験研究諸施設が主用途となることに配慮し、建物規模・工期・経済性などを勘案して、鉄筋コンクリート造とした。また、免震効果をよりいっそう高めるための工夫として、大梁にプレストレスを導入したプレストレスト鉄筋コンクリート構造(以下、PRC造と称す)を採用して大スパン架構とすることにより、免震装置に柱軸力を集中させてアイソレーター面圧の調整を行い、サイズを大きくすることによる性能アップと免震構造としての経済性の向上を図り、かつ、フレキシビリティに富む室内空間の確保を実現している。

確認申請は、「免震建築物の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を定める件(平成12年建設省告示第2009号)」(以下、免震告示と称す)によったが、これは簡易な申請の先駆けを目指したものである。本報告では、建物の特徴および告示の検証と時刻歴応答解析との比較を紹介する。

2. 建物概要

建築主 : オイレス工業株式会社
建設地 : 神奈川県藤沢市桐原町8番地
設計・監理 : 株式会社 安井建築設計事務所

施工	: 大成建設株式会社 横浜支店
敷地面積	: 29,752.70㎡
建築面積	: 958.58㎡
延床面積	: 3,598.07㎡
階数	: 地上4階、地下0階、塔屋1階
軒高	: 19.3m
最高部高	: 22.3m
基準階階高	: 4.0m

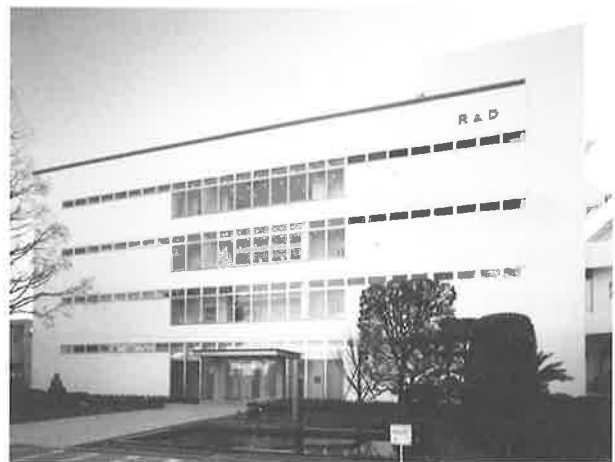


写真-1. 建物外観

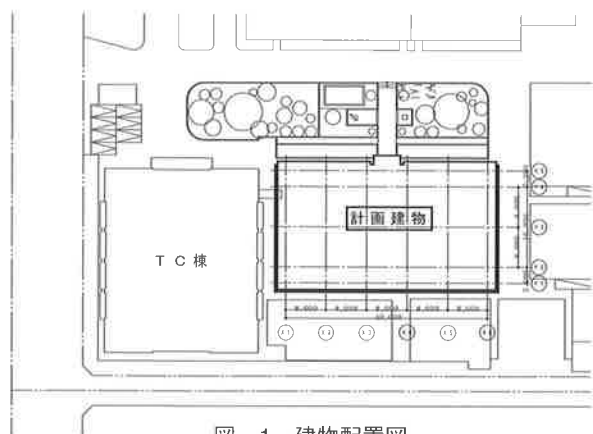


図-1. 建物配置図

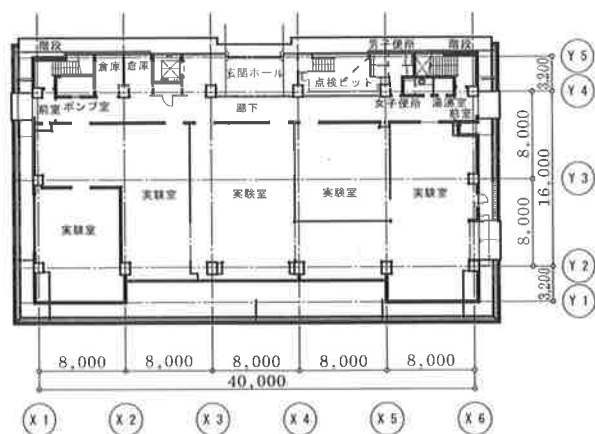


図-2. 1階平面図

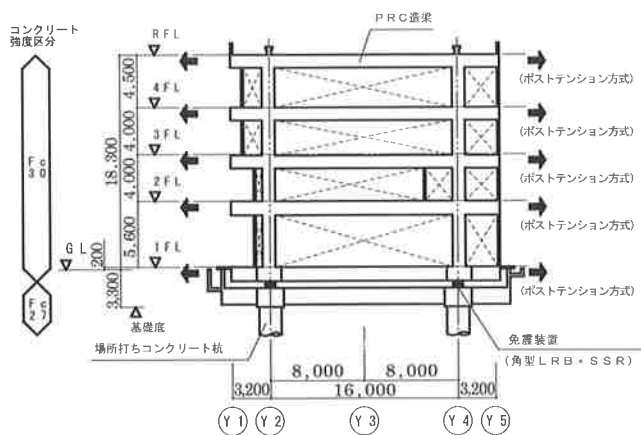


図-4. 構造種別概要図

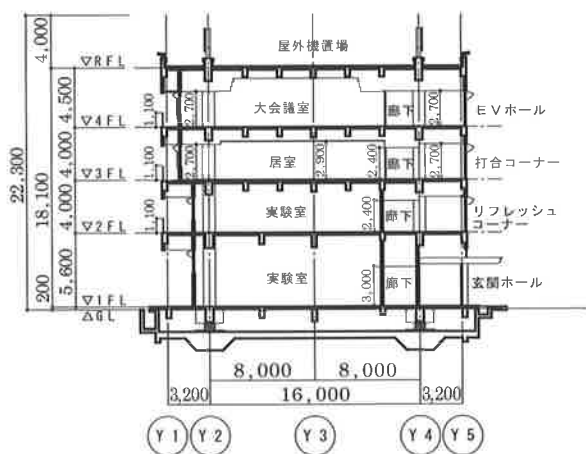


図-3. 断面図

3. 構造計画概要

(1) 規模・形状

平面規模・平面形状は、1階～4階まで東西(X)方向は8m×5スパンとし、南北(Y)方向は16m×1スパン(妻側フレームは、ひび割れ制御のためにスパン中央に柱を設け8m×2スパン)の両側に3.2mの片持梁を配した40m×22.4mの矩形平面を持ち、立面形状も整形である。また、高さ幅比(建物高さ/建物幅)は東西方向で0.46、南北方向で1.14程度である。

(2) 構造種別

		構造種別
上部構造 (柱・梁)	塔屋階	鉄筋コンクリート造
	一般階	鉄筋コンクリート造 (一部PRC造梁) <大スパン(16m)部>
基礎梁		鉄筋コンクリート造

構造種別概要図を図-4に示す。

(3) 架構形式

Y方向のスパンは、経済性を考慮してフルPC梁ではなくPRC梁で設計可能な16mと設定している。また、免震装置設置用の基礎やフーチングが柱より大きくなるため、片持梁を設けることにより柱を建物内側に配置して免震ピットをコンパクトにする計画としている。なお、スパンの両側に片持梁を設けることは、PC鋼線定着部を仕口部に設ける煩雑さを避ける効果も有している。

また、経済性に配慮し、掘削量を極力減らすために免震ピットの空間を必要最低限とし基礎梁も扁平な断面形状を有する鉄筋コンクリート造の梁としている。

(4) PRC造梁の採用

免震構造を効果的に機能させるためには上部構造に必要な剛性と重量を確保(→鉄筋コンクリート系構造)し、免震装置に適切な軸力を作用させる(→大スパン化)ことが必要となる。この「架構剛性の確保」と「大スパン化」という2条件を満足させるために、大梁は、市場性、施工性および経済性を考慮してPRC造梁として設計する。なお、最大ひび割れ幅制御目標値は0.2mmとしている。

(5) 基礎構造

基礎は、設計GL-15m以深のN値60以上の砂礫層を支持層とする場所打ちコンクリート杭基礎を採用する。

(6) 免震建屋間を結ぶ渡り廊下

本建物は、先に建っているTC棟と機能的に結ばれることが要求されており、2階レベルで免震建屋同士の連結を実現させている。TC棟と本建物ともに免震層の最大変形を60cmと設定しており、図-5で示すようにTC棟側をピン、本建物側をローラーとしてお互いの変形を吸収できる構造としている。

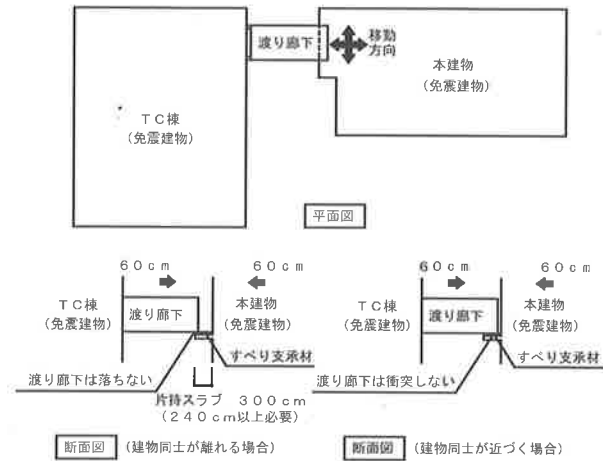


図-5. 渡り廊下概念図

4. 免震構造概要

免震装置はコストバランスを考慮して、より長周期化を目指す目的で角型鉛プラグ入り積層ゴム支承と弾性すべり支承を採用し、1階柱下と基礎の間に配置している。免震装置の剛性は上部構造の重心と免震層の剛心がほぼ一致するように調整し、配置を計画している。免震装置配置図を図-6に、免震装置仕様を表-1に、免震装置設置状況を写真-2、3に示す。

本建物で採用している角型鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB-S)は、橋梁などでは採用実績が豊富であるが、建築としてはまだ実績が少ない。その理由は、方向性による性能の差を懸念してのことであるが、実験で確認された性能の保証された範囲内で余裕をもって使う現行設計法内では問題にならず、丸型と比較した場合にコンパクトにでき、かつ、丸型にカットするロス分のない分だけコストメリットは大きい。また、弾性すべり支承(SSR)を併用することにより更に長周期化することが可能となり4秒免震を目指した設計としている。

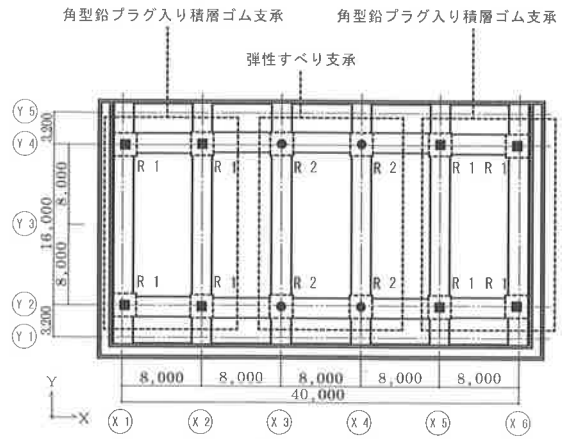


図-6. 免震装置配置図

表-1. 免震装置仕様

記号	符号	免震材料名	個数
■	R 1	LRB-S-4085095200-H	8
●	R 2	SSR-P-8080-R15	4



写真-2. 免震装置設置状況(LRB-S)



写真-3. 免震装置設置状況(SSR)

5. 免震告示による検証

免震告示による検証結果を表-2に示す。なお、免震告示の計算には、オイレス工業株式会社のホームページ上で公開されている免震告示対応構造計算システムOSS(Oiles menshin Sekkei System, 長谷川豊作成)を用いている。このシステムは、自社の製品を一覧表で選択しやすくしたもので、免震告示第6に示される限界耐力計算と同等の構造計算を行って、免震部分の構造計算書を作成する構造計算プログラムである。

表-2. 告示による検証結果

水平基準変位 δ_u	$\delta_u=0.500(\text{m})$	
設計限界変位 δ_s	$\delta_s=0.376(\text{m})$	
建物総重量M	M=6935(t)	
等価剛性K	K=17112(kN/m)	
設計周期 T_s	$T_s=4.00(\text{sec})$	
偏心率	X方向	$R_{ex}=0.6(\%)$
	Y方向	$R_{ey}=2.1(\%)$
剛心	X座標	19.995(m)
	Y座標	7.999(m)
重心	X座標	19.625(m)
	Y座標	8.096(m)
免震層の等価粘性減衰定数 h_d	$h_d=0.197$	
加速度の低減率 F_h	$F_h=0.505$	
地盤の一次卓越周期 T_1	$T_1=0.569(\text{sec})$	
地盤の二次卓越周期 T_2	$T_2=0.190(\text{sec})$	
波動のインピーダンス比 a	$a=0.129$	
地盤の減衰定数 h	$h=0.154$	
地盤増幅係数 G_s	$G_s=1.186$	
免震層に作用する水平力Q	Q=6216(kN)	
免震層の応答変位 δ_y	$\delta_y=0.374(\text{m})$	
免震層の応答速度 V_y	$V_y=1.122(\text{m}/\text{sec})$	
免震層のクリアランス δ	$\delta=0.574(\text{m})$	
地震層せん断力係数 C_{ri}	$C_{ri}=0.104$	
免震材料のせん断力分担率	0.038	
接線剛性 K_t	$K_t=10523(\text{kN}/\text{m})$	
接線周期 T_t	$T_t=5.10(\text{sec})$	
風荷重(大規模の暴風) = 風荷重/地震荷重	X方向: 15.9(%) Y方向: 28.4(%)	
積雪荷重(大規模の積雪) = 積雪荷重/躯体質量	1.24(%)	

必要入力項目一覧

- ①地域係数Z
- ②柱位置(免震装置位置)、各階階高
- ③上部の構造形式(RC、SRC、S、W、など)
- ④免震装置に作用する長期軸力(支点反力)
- ⑤免震装置に作用する地震時軸力
- ⑥各階の地震時重量
- ⑦土質柱状図、地盤調査報告書及び地盤種別

計算は、応答スペクトル法の原則に基づき、入力

値と出力値がほぼ等しくなるまで収束計算を行って、誤差が1%以下となったところで終了する。

計算結果は、表-2に示した程度の内容が示され、「偏心率が3%以下となっているか」、「応答変位が設計限界変位を超えていないか」、「応答層せん断力係数が設計層せん断力係数を超えていないか」の3点をチェックすることにより、免震装置の組み合わせの検討が容易に行われるよう配慮されている。

6. 時刻歴応答解析との比較

本建物の時刻歴応答解析を行い、告示による検証結果との比較を行う。

(1) 解析モデル

解析モデルは、免震層下部の基礎を固定とした5質点等価せん断型モデルとする。上部構造の剛性は等価なせん断バネとし、免震装置の復元力特性はバイリニア型とする。内部粘性減衰は上部構造を2%として初期剛性比例型とし、免震装置部は0%とする。

(2) 検討用地震波

地震応答解析に用いる地震波は、地盤特性を考慮した大地震(極めて稀に発生する地震動)レベルの模擬地震波3波とする。模擬地震波は、平成12年建設省告示第1461号に定められた解放工学的基盤における加速度応答スペクトルをもち、乱数位相の差により求めた3波を建設地の表層地盤による増幅を考慮した地震動(以下、告示波と称す)とする。

表-3. 検討用模擬地震波

検討用 模擬 地震波	最大 加速度 (cm/s^2)	最大 速度 (cm/s)	時刻 刻み (sec)	解析 時間 (sec)
告示波01	549.6	53.2	0.02	120
告示波02	475.8	59.8	0.02	120
告示波03	583.0	52.0	0.02	120

告示波の設定にあたっては、図-7に示す敷地地盤のPS検層結果から工学的地盤をGL-15mと設定し、表層地盤モデルにより増幅された地震動を解析用地震動とする。

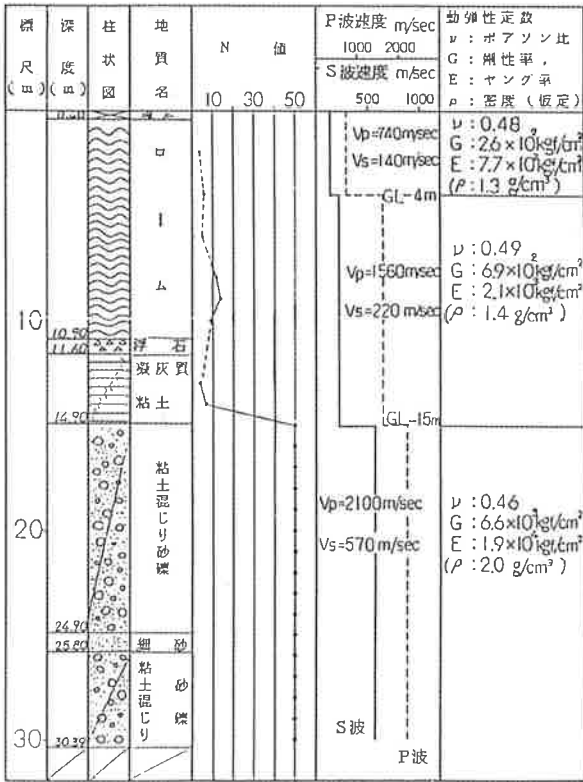


図-7. 土質柱状図

(3) 告示との比較

解析結果を図-8~13に示す。なお、免震装置の特性値のばらつきとして表-4に示す変動率も考慮し、検討結果を()内に示す。

①最大応答変位

免震層の最大変位は、告示による検証結果と応答解析結果の比率が以下のとおりとなった。

X方向：1.43~1.86(1.33~2.22)

Y方向：1.38~2.03(1.27~2.56)

告示による検討結果は、採用地震波のばらつきを考慮しても、応答解析結果と比べて1.27倍以上の大きめの評価となっている。

②最大応答層せん断力係数

ベースシヤ係数で告示による検証結果と応答解析結果の比率は以下のとおりとなった。

X方向：1.34~1.50(1.20~1.69)

Y方向：1.31~1.55(1.22~1.72)

告示による検討結果は、採用地震波のばらつきを考慮しても、応答解析結果と比べて1.20倍以上の大きめの評価となっている。

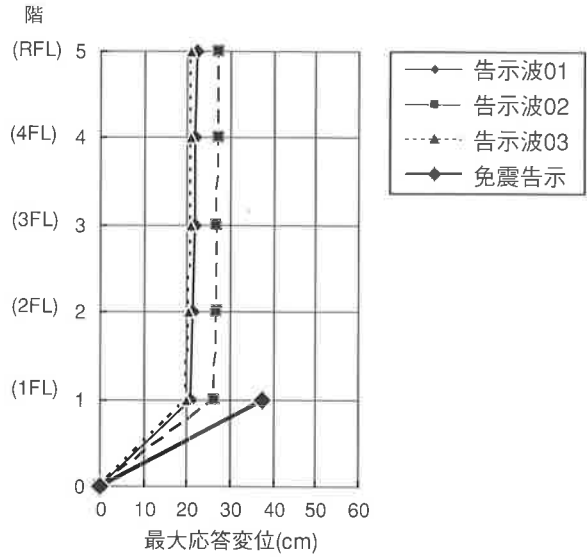


図-8. 最大応答変位(X方向)

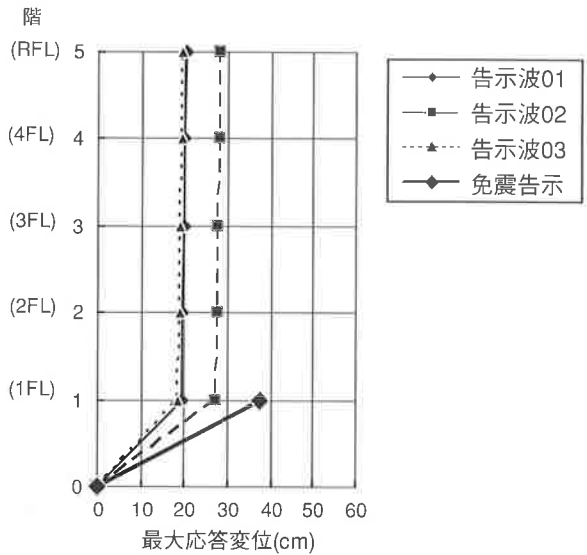


図-9. 最大応答変位(Y方向)

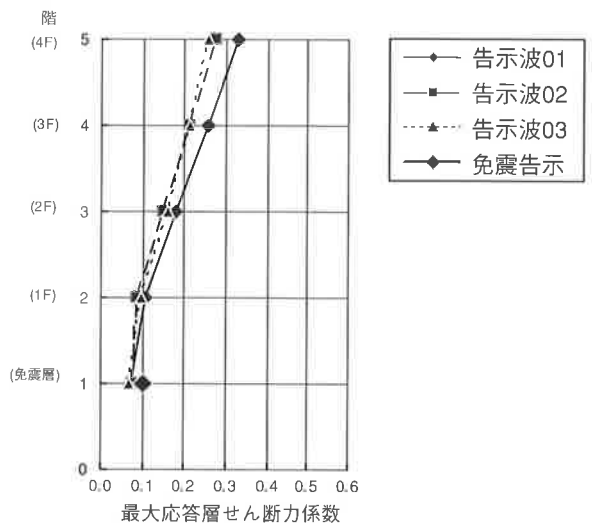


図-10. 最大応答層せん断力係数(X方向)

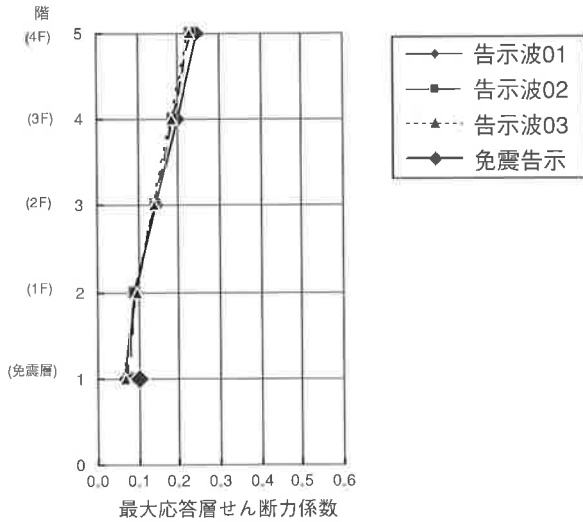


図-11. 最大応答層せん断力係数(Y方向)

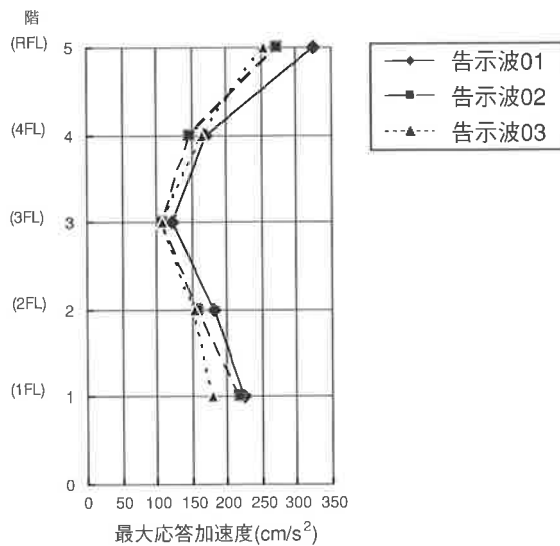


図-12. 最大応答加速度(X方向)

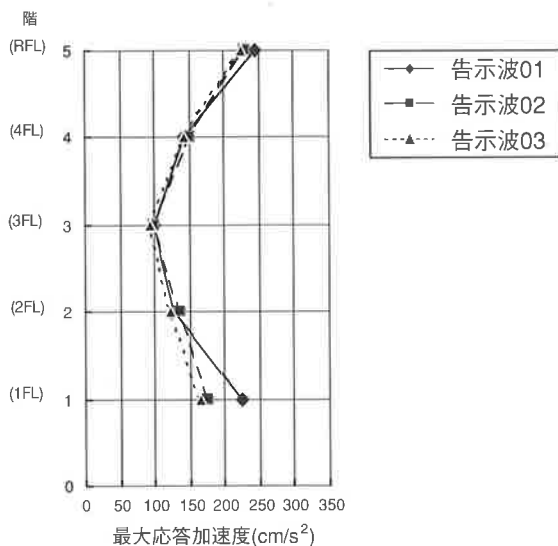


図-13. 最大応答加速度(Y方向)

③最大応答加速度

告示による検証結果と比較はできないが、居住階レベルでの結果は以下のとおりとなった。

X方向：109～224 (cm/s²) 程度

Y方向：101～223 (cm/s²) 程度

最大でも224 (cm/s²)と機器等の転倒に対しても安全なレベルと判断される。

表-4. 免震装置の特性値の変動率(%)

ばらつき要因	降伏後剛性	降伏荷重
製造	+10～-10	+10～-10
経年変化	+10～0	+5～0
温度	+5～-5	+15～-10
上限	+25	+30
下限	-15	-20

7. おわりに

大スパン梁にPRC構造を採用し、免震装置に角型鉛プラグ入り積層ゴム支承と弾性すべり支承を併用した免震構造建物の概要を報告した。PRC造梁と免震構造による構造システムは極めて相性が良く、免震性能の向上とフレキシビリティを満足し、市場性や経済性にも配慮した有効な組み合わせである。

また、角型鉛プラグ入り積層ゴム支承と弾性すべり支承の組み合わせは、より長周期化を実現させる効率のよいシステムとなっている。これらの構造システムは今後多用できるのではないかと考えている。また、免震告示と時刻歴応答解析結果とを比較すると、当然、免震告示が安全側の評価を与えるが、今回の事例では変形で1.27倍以上、ベースシア係数で1.20倍以上となっていた。

最後に、本建物の計画・設計・施工にあたりオイレ工業株式会社の関係者の方々に多大なご協力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。