

ドレッセ目黒 インプレスタワー

東急設計コンサルタント
公塚正行



同
岡本博通



1. はじめに

本建築物は、品川区に建設される地上23階、高さ約70mの主要な用途を共同住宅とする超高層免震建築物である。免震層は、1階床梁と基礎梁との間に設けた基礎免震構造である。



図-1 建物外観パース

2. 建築物概要

建設地 : 東京都品川区西五反田三丁目
 建築主 : 東京急行電鉄株式会社
 設計監理 : 株式会社 東急設計コンサルタント
 施工者 : 東急建設株式会社
 主用途 : 共同住宅
 建築面積 : 833.37m²
 延床面積 : 13,121.55m²
 階数 : 地上23階、塔屋2階
 軒高 : 69.43m
 基準階階高 : 2.95~3.05m
 基礎形式 : 杭基礎

3. 構造計画概要

本建築物の平面形状は、X、Y方向とも最大長さが27.8mであり、バルコニーの形状により全体が卵型を呈している。

上部構造の骨組形式は、X、Y方向とも鉄筋コンクリート造ラーメン構造としている。柱断面は、850×850~950×950とし、大梁はせいが650~800としている。

免震層の階高は3220mmとし、点検等の維持管理に支障のないものとしている。免震層のクリアランスは、水平方向500mm、鉛直方向50mmとしている。免震部材は、主として鉛プラグ挿入型積層ゴム支承(LRB)を採用し、レベル2地震動時に引張力を生じる位置には直動転がり支承(CLB)を採用している。鉛プラグ挿入型積層ゴム支承の降伏耐力の総和は、100%せん断ひずみ時の復元力特性において上部構造重量の2.5%となっている。

本建築物のレベル2応答時における目標耐震性能を表-1に示す。

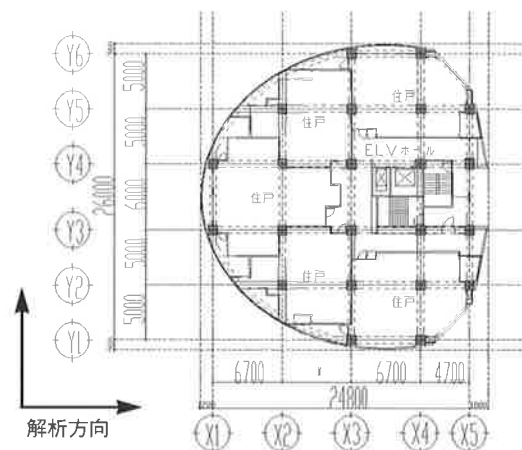


図-2 基準階伏図

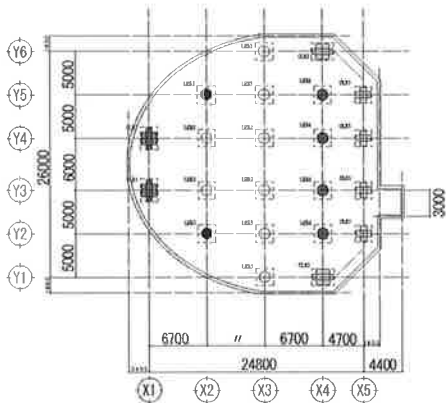
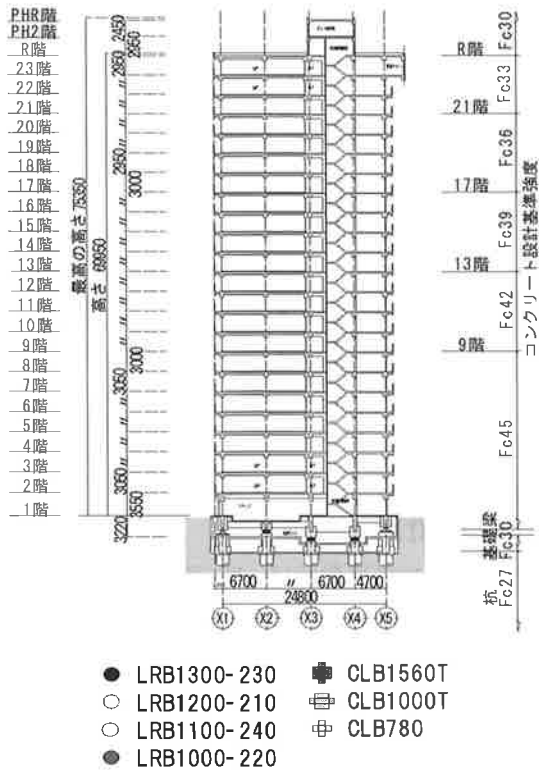


図-3 軸組図および免震支承配置図

表-1 レベル2応答時の目標耐震性能

上部構造	<ul style="list-style-type: none"> ・短期許容応力度以内 ・層間変形角1/200以下
免震層	<ul style="list-style-type: none"> ・性能保証変形以内 ・積層ゴム支承に引張力を生じない ・直動転がり支承に生じる引張力は静定格引張強度以内
下部構造	<ul style="list-style-type: none"> ・短期許容応力度以内

4. 地盤および建築物の支持方法

建設地の地層構成は、地表から層厚約1mの埋土層、層厚約3mの下末吉ローム層、層厚約4mの東京層粘性土、層厚約10mの東京層砂質土と続き、約18mで深

から東京礫層となっている。東京礫層は、層厚5m程度でほぼ水平に堆積したN値50以上の非常に密な砂礫地盤である。また、本建築物の基礎形式は、杭先端位置をG.L.-20.05mとし、せん断波速度400m/s以上の東京礫層を支持層とする杭基礎としている。

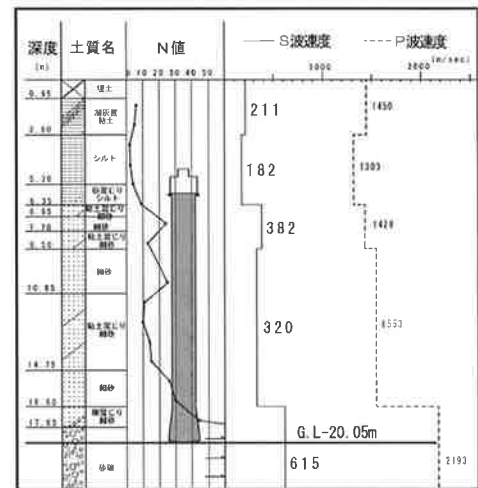


図-4 PS検層結果

5. 時刻歴応答解析

5.1 設計用入力地震動

レベル2応答用入力地震動は、工学的基盤における告示波を位相特性を乱数として3波作成し、表層地盤の地盤特性を修正R-Oモデルに置換し、その増幅特性を考慮して基礎梁底面位置で作成している(以下、告示L2波と呼ぶ)。

その他、50cm/sに基準化した強震観測記録3波をレベル2応答用入力地震動として用いている。

上下地震動は、水平地震動の1/2の強さとし水平地震動と同様の方法で作成している。なお、0.2秒未満の短周期領域は、文献1と同じ倍率で拡幅している。

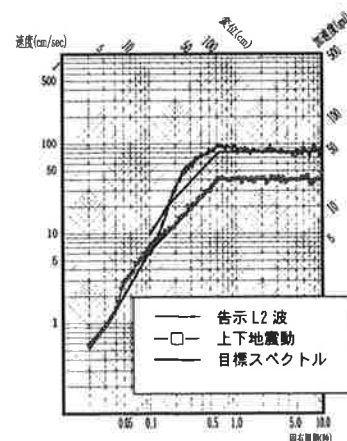


図-5 擬似速度応答スペクトル(h=5%)

5.2 解析モデル

(1)基本振動モデル

水平方向解析に用いる基本振動モデルは、免震層床位置を入力位置とした24質点系等価せん断型振動モデルとしている。復元力特性は、上部構造ではDegrading Tri-linear型、免震支承では修正Bi-linear型としている。減衰は、上部構造では1次減衰定数3%の瞬間剛性比例型、免震支承では履歴減衰のみとしている。

(2)上下振動モデル

上下方向解析に用いる振動モデルは、免震層床位置を地震動の入力位置とし、各階の柱鉛直剛性と各階床位置に質量を集中させた24質点系弾性振動モデルとしている。減衰は、上部構造、免震支承とも減衰定数5%の剛性比例型としている。

5.3 固有振動解析

基礎固定時の上部構造の1次固有周期は、X方向では1.73秒、Y方向では1.76秒である。免震構造としての1次固有周期は、積層ゴム支承のせん断ひずみが100%のときには、それぞれの方向で4.14秒および4.15秒であり、せん断ひずみが150%のときには、それぞれ4.51秒および4.52秒である。また、上下方向の1次固有周期

は、0.21秒である。

5.4 レベル2地震応答解析

(1)水平方向解析

水平方向の地震応答解析は、解析方向をX、Yおよび±45度方向とし、免震支承の特性値の変動を考慮している。

図-6より、X方向では、免震層の最大応答変位は、告示L2-RA3波で発生しており、その値は29.9cmである。上部構造の最大応答層間変形角は、TAFT 1952 EW成分波で発生しており、その値は1/299である。また、上部構造の最大応答層せん断力は、全ての層で設計用層せん断力を下回っている。

図-7より、Y方向では、免震層の最大応答変位は、告示L2-RA3波で発生しており、その値は29.9cmである。上部構造の最大応答層間変形角は、告示L2-RA2波で発生しており、その値は1/311である。また、上部構造の最大応答層せん断力は、全ての層で設計用層せん断力を下回っている。

本建築物は、表-2に示すように、目標耐震性能を満足することが確認された。

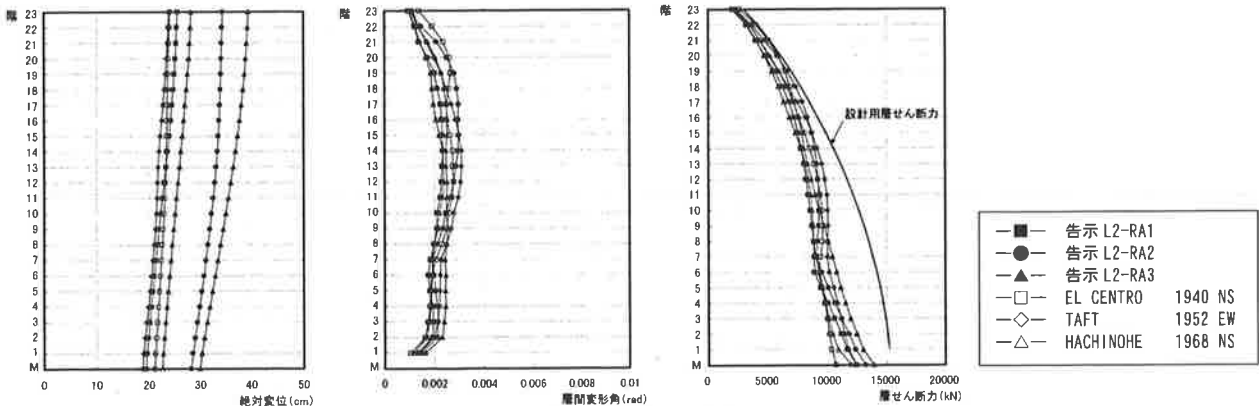


図-6 X方向地震応答解析結果

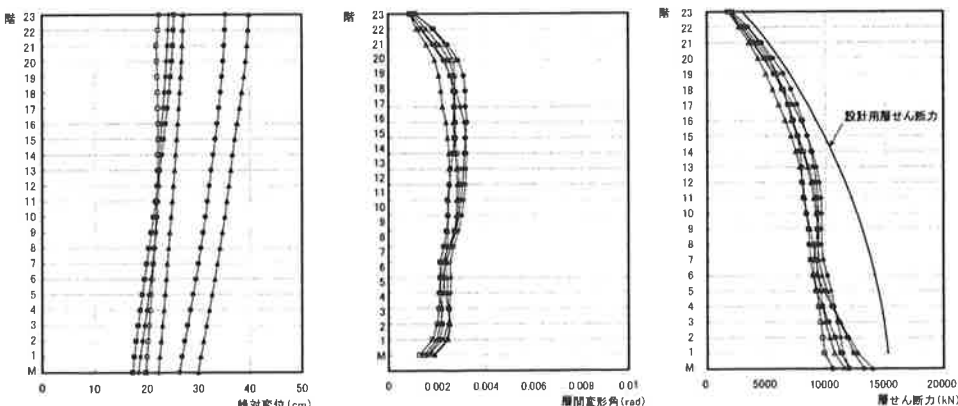


図-7 Y方向地震応答解析結果

表-3 地震応答解析結果の評価

	項目	目標耐震性能	応答値		判定
			X方向	Y方向	
レベル2	上部構造	最大応答層せん断力(kN)	設計用層せん断力以下 13007 (1階)	12709 (1階)	○
		最大応答層間変形角(rad)	1/200以下	1/299	1/311
	免震層	最大応答相対変位(cm) (せん断歪率)	性能保証変形以内	29.9 (150%)	29.9 (150%)

(2)上下方向解析

上下方向の地震応答解析の結果、免震支承および最上階の柱に作用する最大応答軸力は、それぞれ長期軸力の0.36倍および0.53倍である。

(3)免震支承の安全性

免震支承の安全性の評価は、水平動と上下動の同時性を考慮して行っている。これらの同時性は、本設計では、それぞれの最大応答軸力の自乗和平方根の値としている。

解析結果より、積層ゴム支承の最大および最小面圧は、Y方向入力の際に発生しており、最大面圧はLRB1100で18.3N/mm²であり、最小面圧はLRB1100で1.7N/mm²となっている。また、免震層の最大応答変位は、いずれの積層ゴム支承も安定変形以内となっている。

直動転がり支承の最大および最小軸力は、X方向入力の際に発生しており、最大軸力はCLB1560Tで18830kNであり、最小軸力はCLB780で-162kNとなっている。これらの値は、それぞれCLB1560Tの圧縮限界強度30596kN、CLB780の静定格引張強度-2649kN以内であることを確認している。

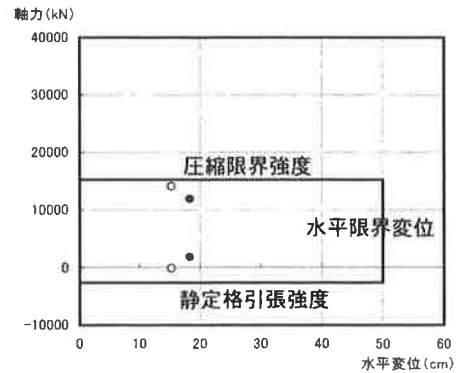


図-9 CLB780の軸力-変位図

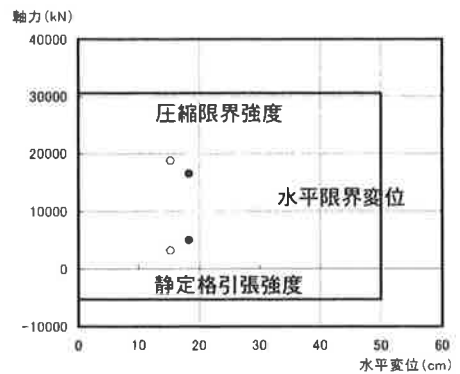


図-10 CLB1560Tの軸力-変位図

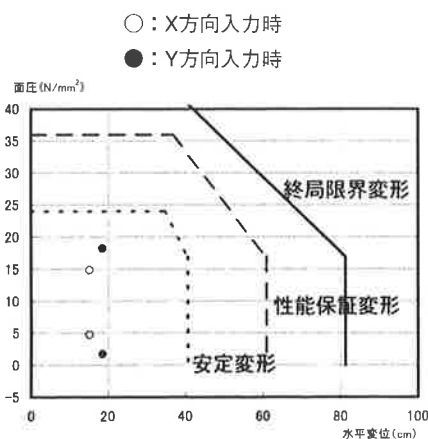


図-8 LRB1100の面圧-変位図

6. 耐震性能評価の試み

6.1 耐震性能評価

免震建築物の耐震性能評価は、社団法人日本免震構造協会(以下、本協会という)が「免震建築物の耐震性能評価表示指針(案)」(以下、免震性能評価指針という)を設けている。免震性能評価指針は、本協会が独自に行う免震建築物の耐震性能評価にあたり、性能評価に必要な評価方法基準や性能表示基準を示している。また、免震性能評価指針は、免震建築物と耐震建築物との耐震性能の評価が連続して行えるよう、日本住宅性能評価方法基準に整合するよう作成されており、免震性能評価指針という安全性および修復性は、それぞれ日本住宅性能評価方法基準における倒壊防

止および損傷防止に対応している。

ここでは、本建築物の耐震性能を、免震性能評価指針を用いて評価することを試みる。

6.2 性能評価項目と性能等級

免震性能評価指針では、性能評価項目を地震動時における免震建築物の「安全性」、「修復性」ならびに「応答制御性」としている。これらはそれぞれ「人命の保護」、「財産の保全」ならびに「機能の確保」の各目的に対応している。ただし、応答制御性は、地震動時に生じる床応答加速度の大きさにより本来評価されるものであるが、性能等級を定める具体的な上限(限界値)を決定する根拠に乏しいため、現在では性能等級を表示していない。

性能等級の判定は、以下の手順により行われる。

- ①表-4に示す耐震性能等級に相当する倍率を乗じた性能評価用入力地震動による時刻歴弾塑性地震応答解析を行い応答値を求める。応答値は、免震部材の特性値の変動を考慮した振動解析モデルに対して行なわれ、地震動の各入力方向(地震力の各加力方向)ごとに求められた値のうち最大のものを採用する。
- ②次に、応答値と表-5に示す評価対象部位の安全性ならびに修復性の項目に関して、それぞれの限界値とを比較する。
- ③応答値が限界値以下の場合、表-4に示す倍率に相当する耐震性能等級と判定する。

表-4 免震性能評価指針における耐震性能等級
文献2および3

性能等級	安全性評価用の倍率 ¹⁾	修復性評価用の倍率 ²⁾
6	—	6.00
5	2.00	4.00
4	1.75	2.00
3	1.50	1.50
2	1.25	1.25
1	1.00	1.00

注1)：倍率は、「極めて稀に発生する地震による力(令82条の6第5号に規定する)」に相当する安全性評価用入力地震動に乗じる数値とする。

注2)：倍率は、「稀に発生する地震による力(令88条の第2項及び第4項に規定する)」に相当する修復性評価用入力地震動に乗じる数値とする。

修復性評価用入力地震動の1倍は、安全性評価用入力地震動の1/5に相当する。

6.3 性能評価用入力地震動

性能評価用入力地震動は、極めて稀に発生する地震動に対応するものとして、第1種地盤ならびに第2種地盤を対象として、本協会からそれぞれ5波の模擬地震動が提供される。また、第2種地盤では、表層地盤の増幅特性をその一次卓越周期により3つの範囲に区分しており、 $0.20 < T_g \leq 0.35$ 秒の範囲をaゾーン、 $0.35 < T_g \leq 0.55$ 秒の範囲をbゾーン、および $0.55 < T_g \leq 0.75$ 秒の範囲をcゾーンとしている。

本建築物の耐震性能評価にあたり、本建設地の地盤卓越周期($T_g=0.24$ 秒)から、性能評価第2種aゾーンの性能評価用入力地震動を採用する。

表-5 安全性ならびに修復性における限界値 文献2および3

評価対象	工学量の種類	安全性 (安全限界状態)	修復性 (損傷限界状態)
上部構造	層間変形角	1/100	1/200
	水平耐力	各層の保有水平耐力	各部材が短期に生ずる力に対する許容応力度を超えない
免震部材	アイソレータ	変形	水平基準変形
	ダンパー	面圧	鉛直限界面圧
免震層	免震クリアランス	免震部材の最大応答変形量	—
	EXP.Jの可動量	—	設定した変形量
	設備配管可撓長	—	設定した変形量
下部構造	層間変形角	1/100	1/200
	水平耐力	各層の保有水平耐力	各部材が短期に生ずる力に対する許容応力度を超えない
基礎構造	水平耐力	各部材の終局耐力	各部材が短期に生ずる力に対する許容応力度を超えない
	支持力	極限支持力	短期に生ずる力に対する許容支持力

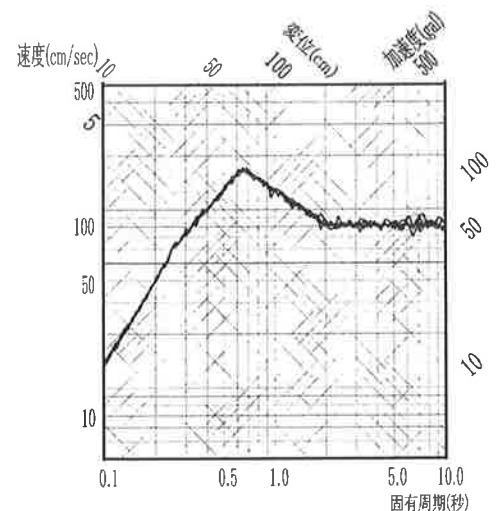


図-11 性能評価第2種aの疑似速度応答スペクトル(h=5%)

6.4 性能評価用地震応答解析

性能評価用地震応答解析は、性能評価用入力地震動5波を採用し、免震層の特性値の変動を考慮しておこなった。また、安全限界状態に達するときの判断は、入力地震動の倍率を1.0から0.25刻みで上げておこなう地震応答解析の応答値によっている。

図-12および13から、安全性評価用倍率が1.50となると、両方向とも免震層の最大応答相対変位がその水平クリアランスを超えている。したがって、安全性評価

用倍率は1.25となり、本建築物の耐震性能等級は、安全性に関して性能等級2と判定される。

また、安全性評価用倍率1.25のときの最大応答を図-14および15に示す。同図より、両方向とも上部構造の最大応答層間変形角は1/200以下であり、また最大応答層せん断力は短期許容応力度層せん断力以下であることが確認される。したがって、修復性評価用倍率は6.25となり、本建築物の耐震性能等級は、修復性に関して性能等級6と判定される。

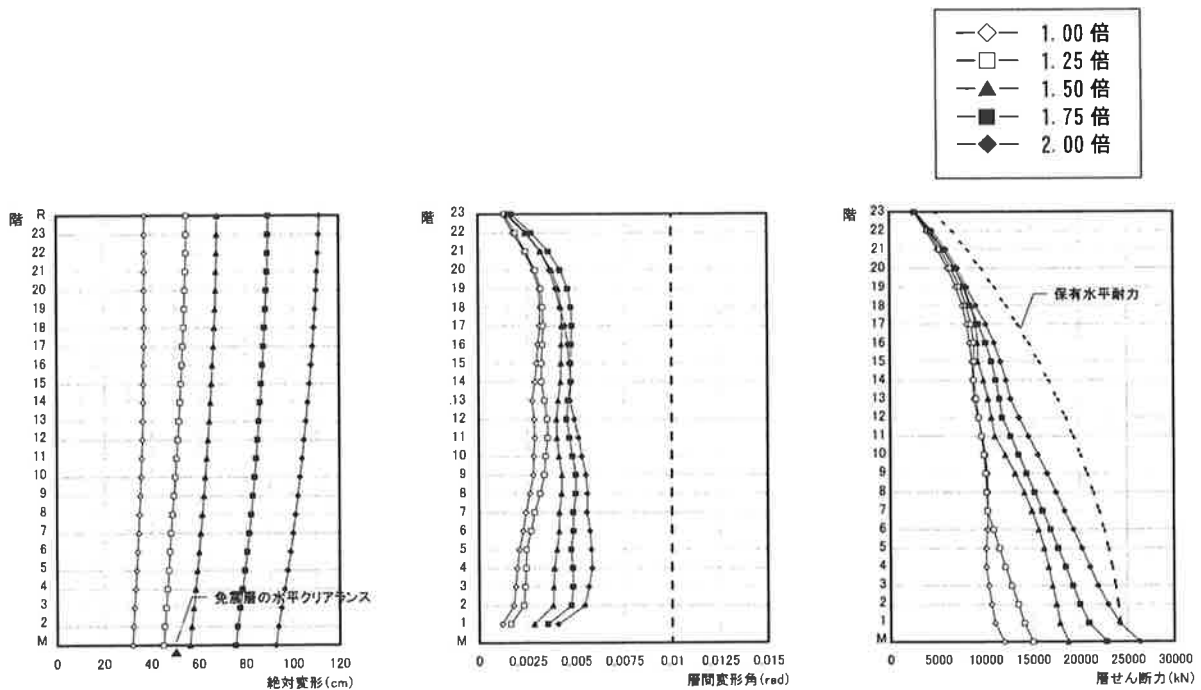


図-12 X方向地震応答解析結果

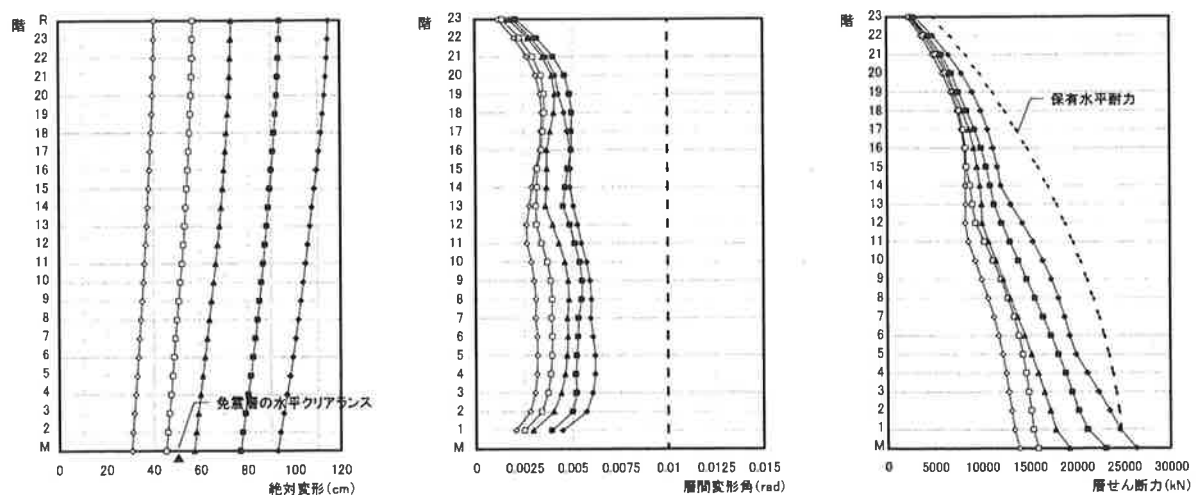


図-13 Y方向地震応答解析結果

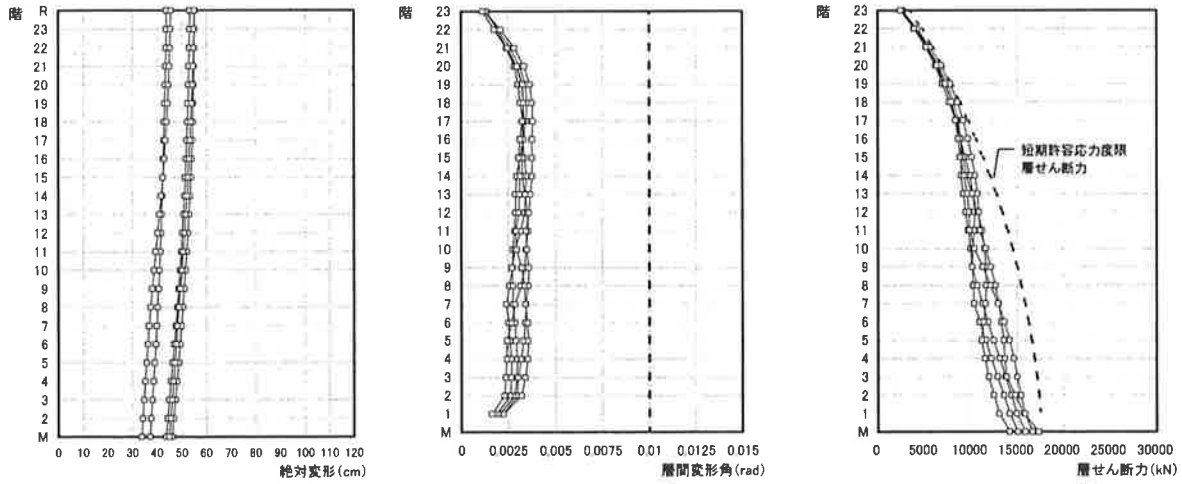


図-14 X方向地震応答解析結果（性能評価用倍率1.25）

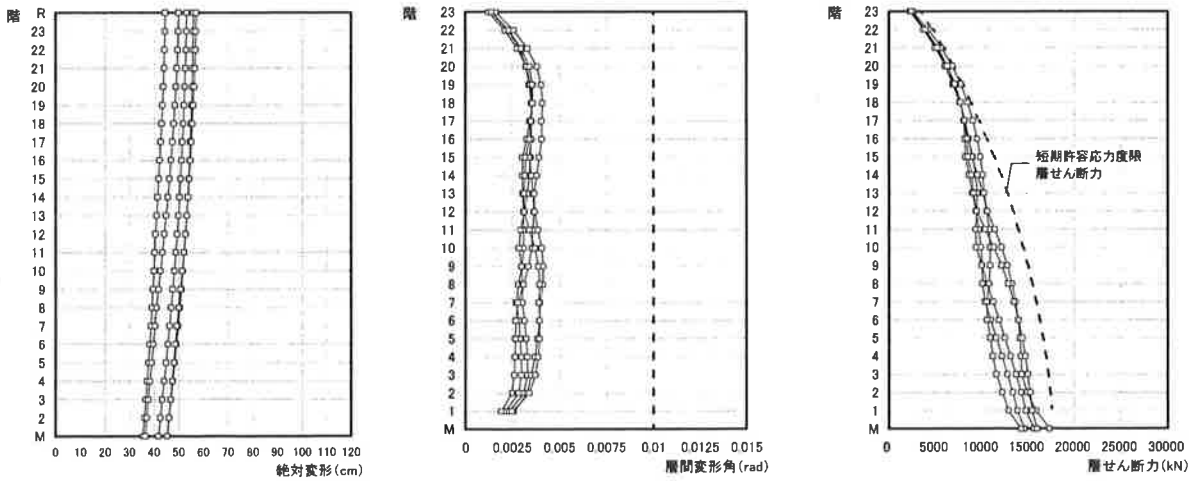


図-15 Y方向地震応答解析結果（性能評価用倍率1.25）

7. おわりに

タワー形状の超高層鉄筋コンクリート造集合住宅に免震構造を採用した設計事例を紹介した。また、社団法人日本免震構造協会が提案する耐震性能評価を試行的におこない、高い耐震性を有することが確認された。

文献1：「設計用入力地震動作成手法技術指針（案）」
（建設省建築研究所、（財）日本建築センター
他、平成4年3月）

文献2：「免震建築物の耐震性能評価表示指針（案）」
（（社）日本免震構造協会、平成13年6月）

文献3：「改正建築基準法の免震関係規定の技術的背景」
（独立行政法人 建築研究所 監修、平成13年8月）



写真-1 建物工事全景

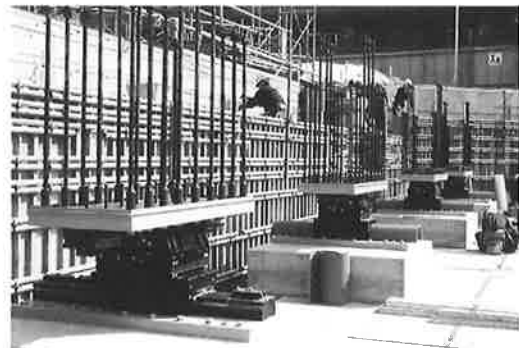


写真-2 直動転がり支承