

分譲マンション「グランレーブ府中」

(株)竹中工務店



原 誠



山本 正幸



三宅 拓



相沢 覚

1. はじめに

昭和61年に免震構造の建築センター評定が始まって以来、本建物は68番目の評定取得物件である。それらの中には、寮・共同住宅・個人住宅など、人が住まう建物が10数件含まれている。しかし、建物の所有者は個人または法人であり、共同住宅では賃貸形式に限られていた。分譲形式のマンションは所有者が不特定でかつ複数となることから、維持管理面の問題が複雑になるという事で認められていなかった。しかしながら、免震構造の建物が一般的に普及し、その効果について多くのデータが発表され、また、装置の耐久性についても実用上全く問題ない事が認められ、今回初めて分譲マンションに対して38条大臣認定が下ろされた。

そもそも本建物に免震構造を採用する事になったのには別の理由があった。敷地の周辺を JR 武蔵野線が地下軌道で走っており、その騒音が居住環境としては問題があると考えられた。免震構造を採用する事により、固体伝搬音による騒音を大幅に低減できるばかりか、免震構造の本来の効果により地震の恐怖から居住者を守る事ができる。まさに一石二鳥である。



写真-1 建物外観パース

2. 建物概要

敷地は京王線府中駅から徒歩10分程度の近隣商業地域に位置する。外壁は総タイル貼り、エントランスホールには御影石と大理石を使用し、高級感のある仕様としている。

建物はリビングルームが南面した A ブロックと西面した B ブロックの 2 棟からなり、地上部分についてはエキスパンションジョイントを設けた渡り廊下により連結されている。A ブロックの 1 階は、エントランスホール、駐車場、トランクルーム、管理人室、東電借室などの共用スペースとなっている。B ブロックは 1 階から住戸階で、2 住戸に一つの階段を設けたスキップタイプとしている。

- 建築地 東京都府中市宮西町 3-18-1
- 用途 共同住宅
- 建築主 日建開発システム株式会社
- 工事元請負 伊藤忠商事
- 設計施工 株式会社竹中工務店
- 面積
 - 敷地面積 1,070.93㎡
 - 建築面積 678.97㎡
 - 延床面積 3,011.58㎡
- 階数 地上 5 階 (免震層内の一部をポンプ置き場として使用)
- 高さ
 - 軒高 14.15m
 - 最高高さ 14.65m
 - 基準階階高 2.80m
- 構造種別 鉄筋コンクリート造
- 架橋形式 耐震壁を含むラーメン構造
- 床構造 中空ボイドスラブ
- 基礎 鉄筋コンクリート造べた基礎
- 仕上げ
 - 外壁 磁器質タイル45二丁貼
 - 床 共用部 御影石貼
 - 専有部 カーペット他

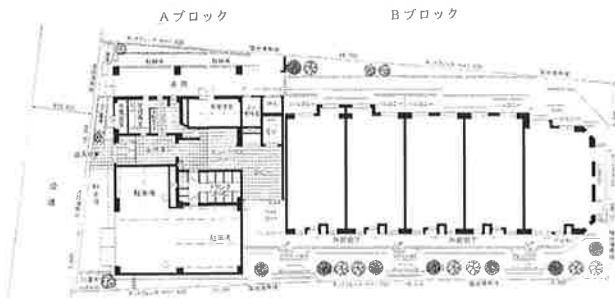


図-1 1階平面図

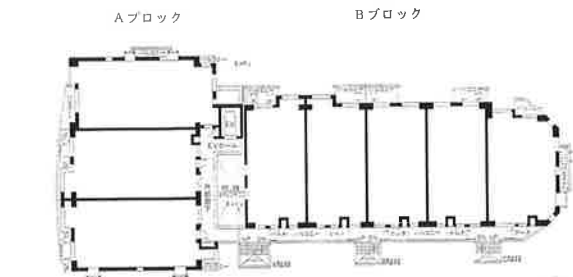


図-2 2、3階平面図

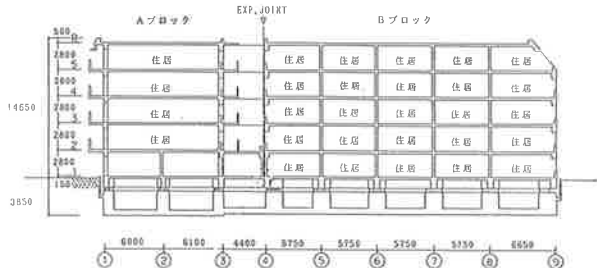


図-3 断面図

3. 構造計画概要

上部架構はAブロックとBブロックで耐震壁の方向が直交しており、免震により地震入力が低減されるとはいえ、振動性状は異なる。また、両ブロックの間には採光のための吹抜けがあり、結合し得る部分も少ない。そこで、エレベータ部分と渡り廊下部分に1階床より上部でエキスパンションジョイントを設けることにした。

本建物の免震層は基礎梁と1階の床梁の間に設けている。建物高さの関係で1階の床レベルをGLよりあまり上げる事が出来ないため、基礎梁の天端を1階の梁成と免震層の厚さ分だけ下げている。このため、建物外周の基礎梁から擁壁をドライエリア状に跳ね出して1階床部分の変形のための空間としている。また、1階床と基礎耐圧版に挟まれた部分は受水槽や防火水

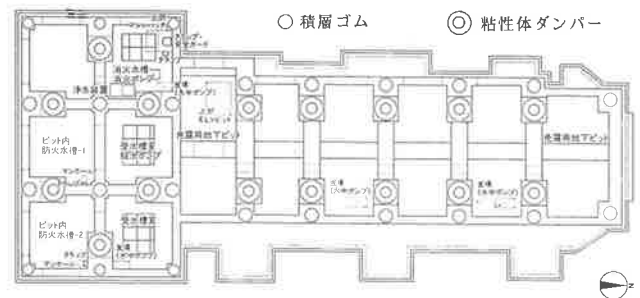


図-4 免震装置配置図

槽置き場として有効利用している。

通常の免震層の上下方向の固有振動数は15~20Hz程度であるが、今回は固体伝搬音の低減が主目的のため、列車走行時の騒音の卓越振動数を考慮して、通常より小さ目の10Hz程度を狙い目とした。このために1層のゴム厚が厚めとなるので、クリープ等の影響を考慮して積層ゴムの平均面圧は50kg/cm²程度に押さえている。

4. 構造設計概要

前述の様に本建物は1階より上をEXP.Jで切り離しているため一次設計はA、Bブロックそれぞれ独立に行った。設計用地震力については予備応答の結果を考慮し外力分布はA_i分布、C_Bは0.15とした。次に設計された架構に対して増分解法により架構の復元力特性を設定し、A、Bブロックを1階床でつないだ2本の6質点せん断形モデルを設定し別途求めた免震層の復元力特性を表すばねと合体して、設定した地震動に対して弾塑性応答解析を行った。また上部構造を剛体とし、免震層を6自由度とした解析を行い、ねじれやロッキングの影響を検討し、積層ゴムに引張が生じない事も確認した。

基礎はGL-3.1~3.5m以深の砂礫層を支持層としたべた基礎とし、十分な剛性を有する基礎梁を設けた。

床は鉛直荷重に対して安全であると共に適正な面内剛性を有するものとした。特に1階のA、Bブロックのつながり部分は、つなぎばねとして評価し、応答解析の結果を考慮して部材の設計を行った。

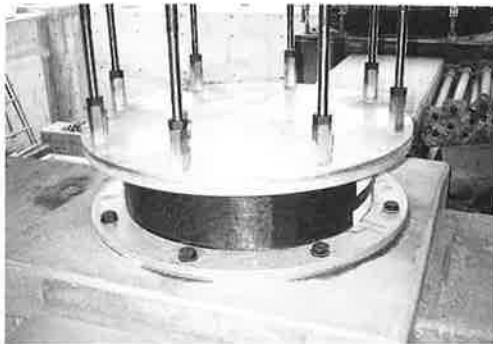


写真-2 積層ゴム

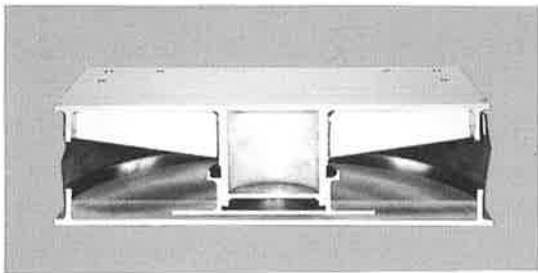


写真-3 粘性体ダンパー

表-1 積層ゴムの設計条件

f_H (水平方向固有振動数)	0.5Hz
f_V (上下方向固有振動数)	11.0Hz
T_R (1層のゴム厚さ)	$T_R \leq 20\text{mm}$
σ (面圧)	$\approx 50\text{kg/cm}^2$

5. 免震装置概要

本建物の免震装置は天然ゴム系の積層ゴム及びブタン系高分子化合物を用いた粘性体ダンパーを用いている。積層ゴムの写真を写真-2に、粘性体ダンパーを写真-3に示す。用いた積層ゴムは上下方向の防振効果も考慮しており通常の積層ゴムのゴムシートより厚い物を用いている。積層ゴムの設計条件を表-1に示す。

粘性体ダンパーの抵抗力 F (kgf) は以下の式で表される。

$$F = 0.42 \times e^{-0.043T} \times (|V|/d)^{0.59} \times A$$

T : 温度 (°C) V : 速度 (cm/s)

A : 抵抗板面積 (cm²) d : 粘性体ギャップ (cm)

ダンパーの大きさの設定は上記の関係を考慮した剛体1自由度非線形解析により行った。また同時に累積エネルギーが等価となる様な等価粘性減衰定数を求め、以後に述べる地震応答解析の免震層の減衰定数とした。

6. 地震応答解析概要

解析モデルは図-5に示す様に2列の等価せん断形モデルを1階床部分で連結したツインタワー形状のモデルとしている。上部構造の復元力特性は、本建物の各ブロックの各構面及び各階の構造特性を考慮して決定した。免震層以下の基礎は、直接基礎で強固な礫層に支持されているため固定とした。減衰定数は内部粘性減衰として評価して、上部構造3%、免震層9%とした。

上部構造の応答が免震層に与える影響を調べるために上部構造を2本の等価せん断モデルとし、積層ゴム層の水平と回転ばねを評価したモデル(図-6)で地震応答解析を行った。この場合上部構造の剛性を剛棒の場合と実状の値にした場合とで比較を行った。その結果ねじれ応答増加はあるものの絶対値としては微小であり影響が小さい事を確認した。耐震安全性の判定目標は50cm/sec時でも層の塑性率を1.0以下、免震層では積層ゴムの性能保証変形300%を超えないものとした。

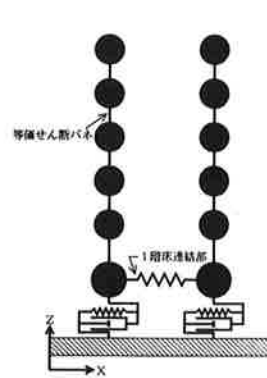


図-5 解析モデル

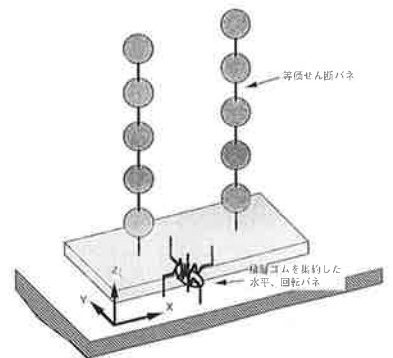


図-6 ねじれ検討用解析モデル

耐震安全性の目標を表-2に示す。

表-2 耐震安全性の目標値

最大速度振幅	応答最大値		免震装置の最大変位
	層間変形角	塑性率	
25cm/sec	1/200以下	0.6以下	37.5cm*以下
50cm/sec	1/100以下	1.0以下	

*用いる4種類の積層ゴムの最小総厚(150ton用125mm)のせん断歪300%の値

表-3 入力地震動一覧表

			対応最大加速度(cm/sec ²)		継続時間(sec)
			25cm/sec	50cm/sec	
ELSENTRO	1940	NS	255.4	510.8	53.76
TAFT	1952	EW	248.4	496.8	54.40
TOKYO101	1956	NS	242.5	485.0	11.40
HACHINOHE	1958	EW	127.7	255.3	36.00

図-7 X方向50cm/sec時応答最大加速度

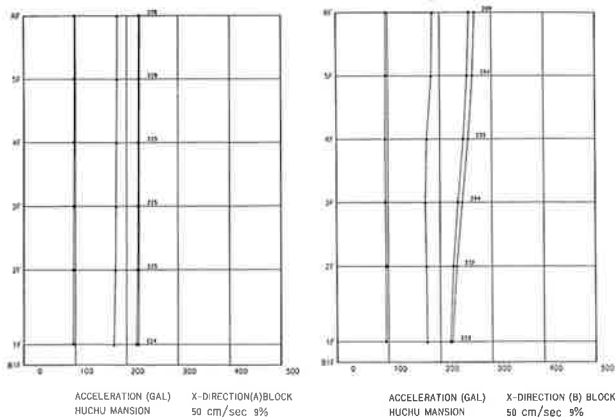
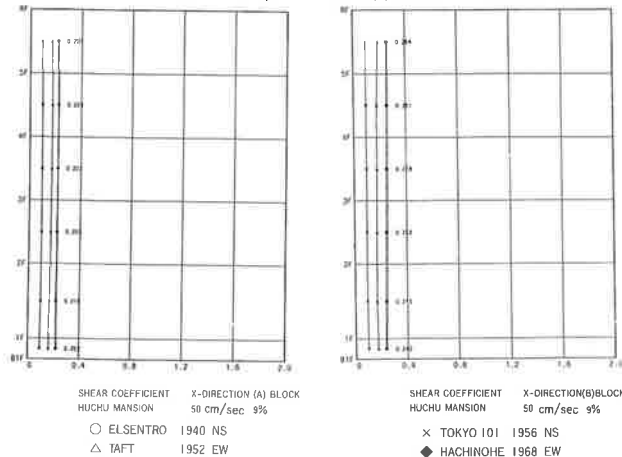


図-8 X方向50cm/sec時応答最大せん断力係数



解析に用いた入力地震動を表-3に示す。又X方向50cm/sec時の応答最大加速度を図-7に、応答最大せん断力係数を図-8に示す。

なお、免震装置位置における応答最大変位はX方向で23.7cm、Y方向で24.7cmでともに入戸波50cm/secによるものであった。

7. 施工概要

免震装置の施工に先立ち装置の性能確認検査を行った。積層ゴムについては全数について水平及び鉛直のバネ定数の検査を行い、判定規準内の性能である事を確認した上で作業所に搬入した。またダンパーについても作業所搬入前に製品検査を行い、判定規準内の精度で作られている事を確認した。

作業所では耐圧板施工後、積層ゴム及びダンパー取付用のアンカーボルトをアンカーフレームを用いて精度管理し固定して、基礎梁のコンクリートを打設した。その後基礎梁上にベースモルタルを施工し、各装置を仮置きし、レベル調整後無収縮モルタルを注入し固定した。

引き続き免震層上部の躯体を施工したが、各階のコンクリート打設後、変形量を測定し建物全体が均等に沈下して行く事を確認した。工事工程表を表-4に示す。

8. 維持保全計画概要

建物の耐久目標を50年間とし、その間の免震構造の機能に関わる部分について、建物管理者と設計施工者である竹中工務店で以下の各種点検を行い、免震構造の機能を健全に保持する。

○通常点検

免震装置の異常を早期に発見する事を目的として、年に2回程度目視を中心とした点検を行う。点検は簡単な1次点検を建物管理者が、1次点検で異常が認められたときに詳細な2次点検を(株)竹中工務店が行う。

○定期点検

免震装置の機能が設計範囲内にある事を確認する目的で5年毎に各種の点検・検査を(株)竹中工務店が行う。

表一 4 工事工程表

年	1993 (H5)													1994 (H6)					
月	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
工事月				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
建築工事				根切	基礎	上部躯体工事						仕上工事							
免震工事				製作															

○臨時点検

震度IV以上の地震、免震装置の浸水の恐れのある台風・集中豪雨、免震装置部に関わる火災、その他免震装置の機能を再確認する事象が生じた場合に、臨時点検を実施する。点検は簡単な1次点検を建物管理者が、1次点検で異常が認められたときに詳細な2次点検を榊竹中工務店が行う。ただし、震度V以上の地震が発生した場合には、建物管理者が榊竹中工務店に連絡し1次点検から榊竹中工務店が実施する。

協力を頂いた(株)ブリヂストン、オイレス工業(株)の関係各位に厚く御礼を申し上げます。

9. おわりに

地下軌道を走る鉄道の固体伝搬音による騒音の低減を主目的に導入された免震装置であるが、その効果は十分に発揮され、居住環境としてほぼ満足できるレベルまで騒音を低減する事が出来た。

免震構造を採用しているために、建物本体や室内の備品等居住者の財産を地震の被害から守る事が出来る。また、体の不自由な居住者や、お年寄りなどを地震の恐怖から守る事が出来る。このような高付加価値の分譲マンションは今後の一つの方向として考えられるのではないかと。

最後に、免震装置の設計・製造に対して献身的な御