

ジェントルエア 神宮前

鹿島建設
山本隆広



1. はじめに

本計画は、築30年を経た分譲マンションの建替え事業である。住民主体の建替え検討から、事業コンペを経て、耐震性の高い建物をという要求に対し、地下2階地上22階の免震建物を提案し、入手・実施に至っている。本建物では、余裕度検討の地震動に対しても、積層ゴムに引抜力が生じない設計としているが、さらに積層ゴムの引抜力対策に開発された鹿島の新工法であるウインカー工法を採用している。

2. 建物概要

図1に1階平面図・配置図、図2に断面図を示す。図1に示す点線で囲まれた部分が基準階(8階以上)となっており、7階以下で若干平面形状が拡大された塔状をなしている。

建物の用途は地下1・2階が機械式駐車場・設備諸室、1階がエントランス・共用部・住戸、2階～22階は全て共同住宅となっている。

以下に建築の概要を示す。

建築物概要

建築物名称：ジェントルエア 神宮前

(申請時)((仮称)神宮前センチュリー
マンション建替計画)

建設地：東京都渋谷区神宮前2-29

建物用途：共同住宅

建築主：鹿島建設株式会社

設計・監理：鹿島建設株式会社 建築設計本部

施工：鹿島建設株式会社 東京支店

建築面積：740.18m²

延床面積：12,828.73m²

階数：地上22階 地下2階 塔屋1階

高さ：軒の高さ 69.00m

建物高さ 69.40m

最高高さ 74.10m

基準階高さ 3.10m

構造：地上階 RC純ラーメン構造

地下階 RC耐力壁付ラーメン構造

免震装置：鉛プラグ入り積層ゴム

すべり支承



建物パース

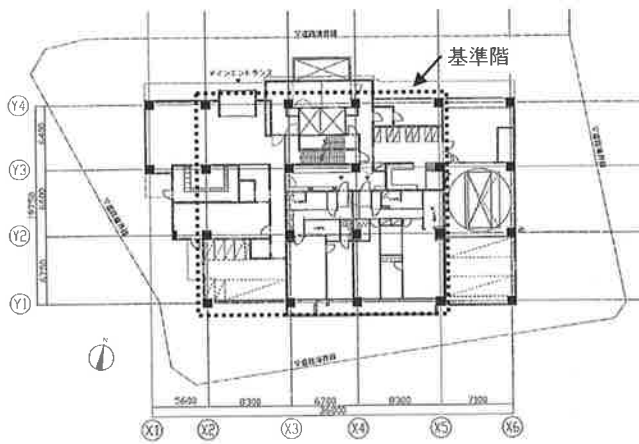


図1 1階平面図・配置図

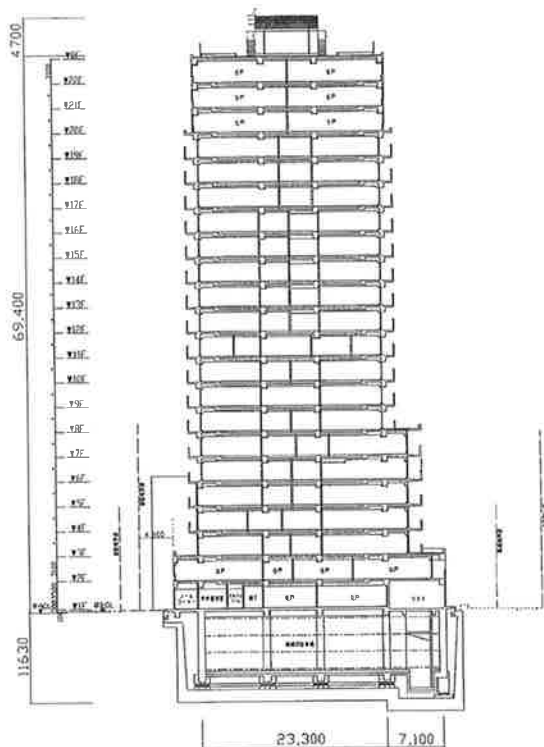


図2 断面図

3. 構造概要

3-1 構造計画概要

本建物は地上22階・地下2階・塔屋1階で、軒高69.0m・最高部高さ74.1mの鉄筋コンクリート造による免震構造の共同住宅である。

免震装置は図2に示す通り、地下2階と耐圧版の間に設けた基礎免震構造である。

架構の形式は、地下部が耐力壁付ラーメン構造で、地上階は純ラーメン構造である。構造階高は、地下2階4.0m、地下1階4.18m、1階3.5m、2階から22階までが3.1mである。塔状比は長辺方向で3.35、短辺方向で3.95となっている。柱はプレキャスト化を想定し、1、2階で用いられているポスト柱を除き、900×

900の断面に統一し、梁についてもセットバックする21階～R階を除いて、600×800に統一している。

免震材料は、鉛プラグ入り積層ゴム(以下積層ゴム)と弾性滑り支承(以下滑り支承)を用いている。積層ゴムは、外形1200～1500mm、ゴム層厚250mmのものを用いている。滑り支承は、滑り材として充填材入PTFE版を用いた低摩擦タイプを使用している。

基礎は、厚さ1500mmのべた基礎形式の直接基礎とし、基礎底レベルは、GL-11.33mで10m以深の江戸川層の砂質土層を支持層としている。また、建物外周部の擁壁は1200mm～1500mmの厚さとし、建物とのクリアランスを600mmとしている。

表1に構造概要を示す。

表1 構造概要

骨組形式 種別	1～22階：RC造 (X,Y方向共、純ラーメン構造) B1,B2階：RC造 (X,Y方向共、耐震壁付ラーメン構造)	
耐力壁 その他	耐力壁 250～900mm厚 土圧壁 1200～1500mm厚	
柱・はり 断面・材料	柱 (mm) : 900×900 大梁 (mm) : 600×800 コンクリート : FC=30～48 N/mm ²	
床形式	鉄筋 : SD295～SD490	
鉛プラグ 入り 積層ゴム	外径 (mm)	1200～1500
	長期面圧 (N/mm ²)	6.9～13.6
滑り支承 滑り材	材質	充填材入PTFE
	直径 (mm)	900
	設計面圧 (N/mm ²)	9.4～10.2
	摩擦係数	0.016 (面圧15N/mm ² 時)
変形限界	限界変形：600mm (クリアランス) 安定変形：500mm (積層ゴム $\gamma=200\%$)	
基礎種別	直接基礎	

3-2 上部構造の設計概要

本建物は地下2階と基礎(耐圧版)との間に免震材料を配したRC造による免震構造である。地下階は短辺・長辺方向とも耐震壁付ラーメンとし、地上階は短辺・長辺方向とも純ラーメン構造としている。

耐震設計は、静的な設計と動的な設計の2本立てとし、目標性能を設定している。静的設計では、上部構造の設計せん断力を、レベル2(極めて稀に発生する地震動)の地震応答解析の応答値を上回るように設定し、各部材が短期許容応力度以内であることを

表2 設計目標性能

地震動レベル	上部構造	免震部材	下部構造	配管類・EXP.J
レベル1 (稀に発生する地震動)	短期許容応力度以内層間変形角 $\leq 1/300$	—	短期許容応力度以内	—
レベル2 (極めて稀に発生する地震動)	短期許容応力度以内層間変形角 $\leq 1/200$	目標変形50cm ($\gamma=200\%$)以内引抜力が生じない	短期許容応力度以内	無被害
余裕度確認	層の塑性率2以下部材の塑性率4以下	免震層クリアランス60cm ($\gamma=240\%$)以内	終局強度以内	無被害

目標性能としている。動的設計では、レベル1(稀に発生する地震動)、レベル2(極めて稀に発生する地震動)、レベル3(余裕度確認)での地震応答解析を行い、それぞれ応答結果が表2の設計目標性能を満足することとしている。

3-3 免震材料の設計概要

図3に免震材料の配置を示す。免震材料は、レベル2応答時の等価周期4秒、等価減衰25%、免震層の偏心率2%以内を目標として配置している。基本的には積層ゴムを用いているが、一部軸力の小さな部分に滑り支承を設け、免震層の周期及び、偏心率の調整を行っている。また、免震材料の地震時の目標性能は表2に示す通りである。

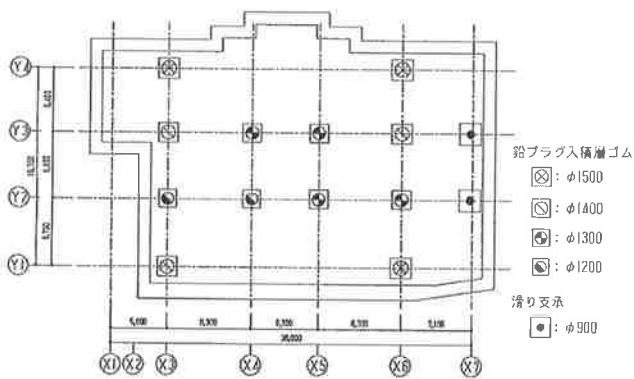


図3 免震材料の配置

長辺方向外周部の中柱下は免震材料を設けず、地下2層の外周壁をメガビームとして、軸力を隅角部の積層ゴムに軸力を流し、レベル2・余裕度確認の設計地震動に対しても、引抜力が生じないようにしている。(図4)

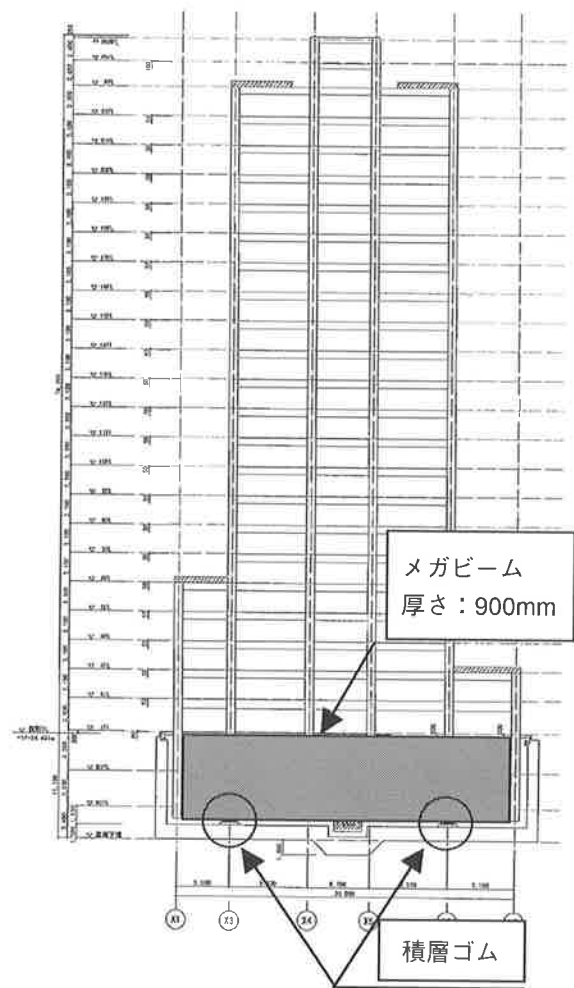


図4 軸組図

ただし、本建物においては万一引抜力が生じたとしても、積層ゴムに支障がないように、建物隅角部の4箇所、次項に示すウインター工法を採用している。

4. ウィンカー工法の概要

免震構造用積層ゴムは圧縮軸力に非常に強いものの引張力に対しては弱く、構造設計上引張力が作用しないように設計するのが原則となっている。高層免震建物や不整形免震建物では大地震時において積層ゴムに引張が生じやすいため、引張下でも積層ゴムに損傷が生じさせない対策・工法が従来から課題であった。ウィンカー工法は、積層ゴムの据付版に工夫をし、引張り対策据付工法として考案されたものである。ウィンカー工法の平面詳細図を図5に、概念図を図6に示す。

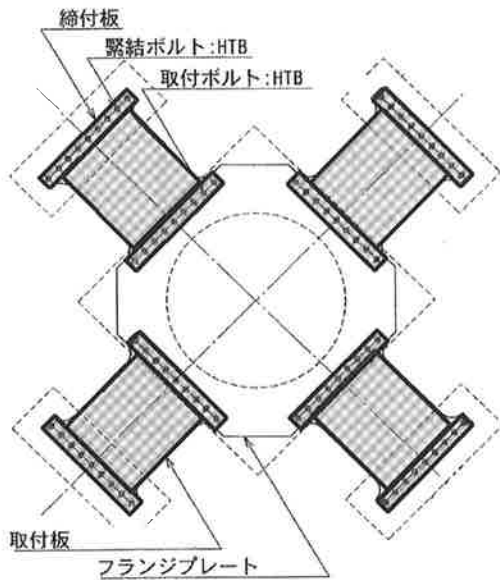


図5 ウィンカー工法平面詳細図

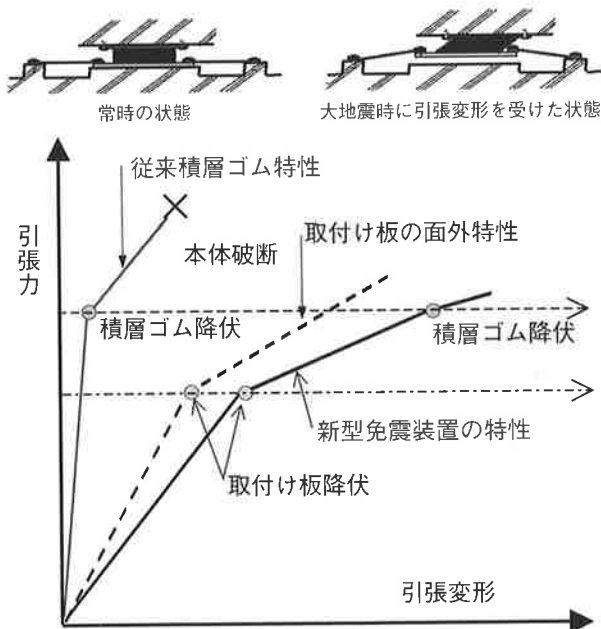


図6 ウィンカー工法概念図

ウィンカー工法の特徴として以下の3点が挙げられる。

- 1) 引抜力が生じる大地震時においても積層ゴムとしての安定した性状が得られる。
- 2) 引抜き力が生じて積層ゴムに損傷が生じない。
- 3) 引抜対策用の免震装置として、安価で施工性が良い。

一般的に積層ゴムは躯体にボルトで固定するが、本建物の隅柱下の積層ゴムは、下フランジに取り付けた引張抵抗用取付け板を介して、基礎に固定している。積層ゴムの水平特性を変えずに、鉛直方向の引張力で積層ゴムが降伏する以前に取付け板を変形させ、積層ゴムを引張力から守ることを目的としている。また、この取付け板は容易に取替えられる納まりになっている。

本建物では、余裕度検討用地震動時でも隅柱下の免震装置に引張力は生じていないがフェールセーフとして使用している。

また、本工法は昨年12月、日本建築センターの一般評定を取得しており、大臣認定を受けない免震建物にも採用可能となっている。

5. 応答解析概要

5-1 採用地震波

地震応答解析に用いた地震波は、告示波3波、既往波3波の計6波とした。表3に採用地震波を示す。

表3 採用地震波

採用地震波		レベル2	
		加速度 (cm/sec ²)	速度 (cm/sec)
模擬地震動 (告示波)	JMA-KOBE 1995 NS位相	385	58
	HACHINOHE 1968 EW位相	380	41
	乱数位相	356	43
既往波	EL CENTORO 1940(NS)	511	50
	TAFT 1952(EW)	497	50
	HACHINOHE 1968(NS)	333	50

5-2 解析モデル

応答解析モデルは、各階床に質量を集中させた25質点系の等価せん断モデルとした。上部構造の復元力特性は、層せん断力-層間変形(Q- δ)関係を3折線に置換し、剛性低下3折線型の履歴特性を考慮した。減衰は、B2階床位置固定時の1次固有振動モー

ドに対して3%とする内部粘性型減衰を考慮し、瞬間剛性比例型の減衰を与えた。

免震材料のうち鉛プラグ入り積層ゴム特性は、水平ばね、回転ばねに、滑り支承は水平ばねにモデル化して評価した。鉛プラグ入り積層ゴムの水平ばねには、修正HD型の履歴特性を考慮し、回転ばねは、鉛プラグ入り積層ゴムの軸剛性より評価した線形のばねとした。免震材料の減衰は履歴減衰のみとした。

5-3 固有値解析結果

固有値解析結果を、表4に示す。

表4 固有値解析結果

解析ケース	次数	X方向	Y方向
基礎固定時	1次	1.58秒	1.69秒
	2次	0.59秒	0.65秒
	3次	0.39秒	0.42秒
レベル2 相当変形時	1次	4.81秒	4.85秒
	2次	1.11秒	1.14秒
	3次	0.53秒	0.57秒

5-4 応答解析結果

極めて稀に発生する地震時の応答解析結果を図7に示す。免震材料の特性変動を考慮しても応答最大加速度は、 250cm/sec^2 を下回っている。また、免震層の最大相対水平変形は最大で35.4cm (告示波乱数位相) と性能保証変形50.0cm (積層ゴムのせん断歪み $\gamma=200\%$) 以下である。応答最大層間変形角は最大

で1/199 (JMA-KOBE NS) と目標性能である1/200を若干上回っているが他の地震波についてはすべて目標性能以下であった。さらに、積層ゴムの最大軸力変動量は長期軸力の54% (KH-L2, Y方向) であり、上下方向に上向き震度0.4の力が生じても引抜き力は生じていない。

余裕度確認においては、各階の層としての応答塑性率が0.63、構造耐力上主要な部分を構成する各部材の応答塑性率が、0.71と目標性能に対し、十分小さな値となっている。

6. まとめ

今回の建物は、短辺方向の塔状比が3.95と4に近い形状となっているが、外周壁を利用したメガビームを用いて軸力を隅柱に流すことにより、免震材料に引抜き力の生じない設計とすることができた。

しかし、一般的には長期軸力の小さくなる隅柱や、不整形なプランの建物、連層耐震壁の下等、部分的に引抜き力が生じやすく、今まで免震構造を採用するにあたり計画上の制約があった建物についても、本稿で紹介したウィンカー工法を用いれば、免震構造の採用の幅が広がり、構造計画としての自由度が広がったと考える。

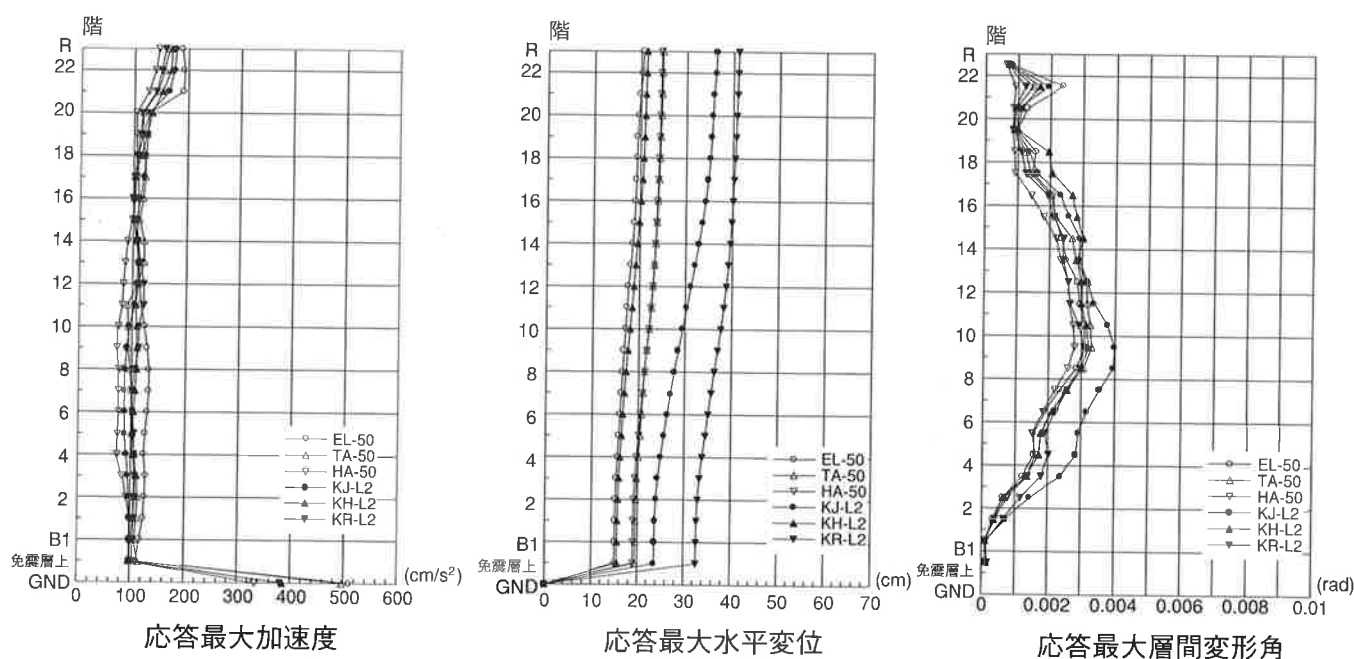


図7 応答解析結果 (極めて稀に発生する地震時)