

キャピタルマークタワー



齋藤 一
アルテス



市田 幹郎
佐藤総合計画



竹中 康雄
鹿島建設



大上 仁志
鹿島建設

1 はじめに

JR山手線の田町駅から南西に、歩いて約10分の場所にあり、平面形状が正三角形において各頂点を切り欠いた六角形平面で、中央に大きな吹き抜けを有する地上47階建ての超高層免震マンションを紹介する。

本建築物は、免震構造とオール電化が、事業計画の核になり計画が進められ、超高層ハウジングにおける免震構造の魅力を、安全性の向上、空間の自由度を向上させる架構計画、二次災害の軽減を謳い、2003～2004年に掛けて実施設計を行い、積層ゴム引張対策据付法の開発や大型スラブの実

大実験、大型鉛プラグ入り積層ゴムの性能評価、風応答解析等々の各種検討を伴って実現した。

超短工期に対する品質向上のため上部架構は、柱と梁をプレキャスト部材とし、スラブは段差付ハーフプレキャスト板を用いた大型ボイドスラブを用いている。

本建築物は2007年12月竣工に向けて、現在施工中である。

2 建物概要

建築物名称：キャピタルマークタワー
(申請時)(仮称)TTPプロジェクト

建設地：東京都港区芝浦4丁目1番69

建物用途：共同住宅

建築主：東急不動産、安田不動産

三菱地所、昭栄、サンケイビル

建築設計：日建ハウジングシステム

構造設計：佐藤総合計画(基本)

鹿島建設(実施)

施工：鹿島建設

延床面積：99,980m²

階数：地上47階、地下1階

高さ：軒の高さ 160.4m

建物高さ 167.2m

最高高さ 167.2m

基準階高さ 3.32m

構造形式：地上階 RC造純ラーメン構造

地下階 RC造耐震壁付ラーメン構造

免震部材：鉛プラグ入り積層ゴム(69基)

弾性すべり支承(4基)

特殊工法：ウインカー工法

キャプリングパイル工法

大型ボイドスラブ

メガビーム構法



■図1 外観パース

3 構造概要

3.1 構造計画概要

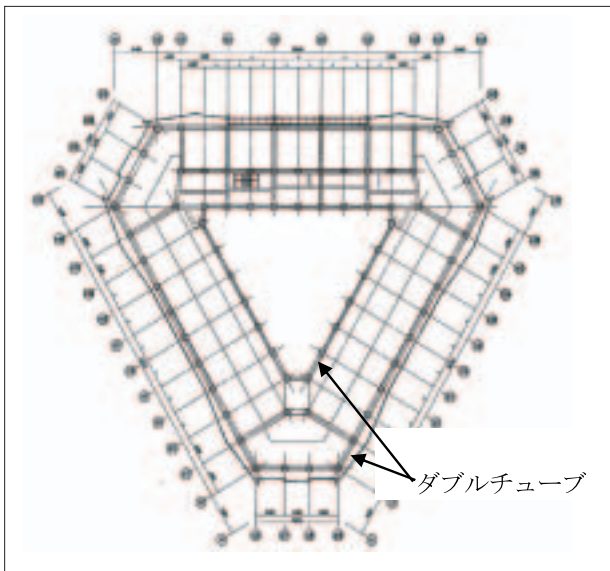
本建物は地上47階建・地下1階、軒高GL+160.3m、基礎深さGL-12.0mの鉄筋コンクリート造による超高層の基礎免震構造である。

耐震設計は、静的設計と動的設計の2本立てとし、耐震目標性能を表1に示す。静的設計では上部構造の設計せん断力を、レベル2の地震応答解析の応答値を上回るように設定し、設計せん断力係数は $C_B=0.07$ の A_1 分布とした。

本建築物の基準階伏図と軸組図を図2、3に示す。超高層免震構造に対する配慮として、地下階の外周壁を利用して長期軸力を集約する為のメガビームと積層ゴムの引張対策据付工法のウインカー工法をコーナー部に適用にしている。

3.2 上部構造の設計概要

上部構造には、桁方向5.5mスパン、梁間方向13.5mスパンのダブルチューブ架構を採用した。

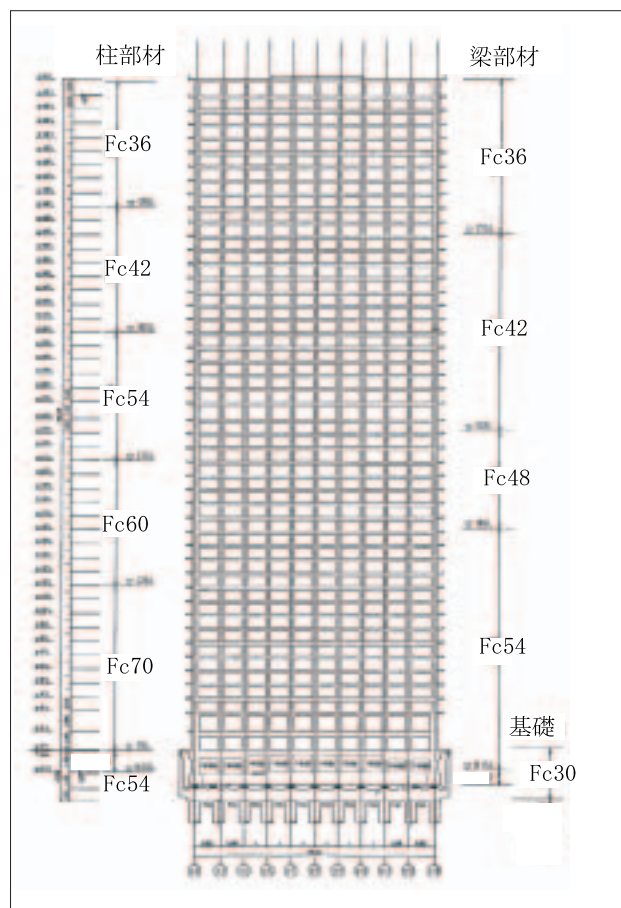


■図2 基準階伏図

基準階の階高は3.32mで、外周梁はハイサッシュユのために扁平梁とし、内周梁は吹き抜け部の手摺を兼用した縦長の梁と扁平な柱とした。内周柱にはせん断補強のためX型補強筋も採用している。

使用材料は、コンクリートFc70~Fc30、主筋SD490~SD295A、せん断補強筋SD785~SD295Aである。

13.5mの大型スラブの採用に当たっては、4体の実大実験を行い、長期載荷実験・振動特性把握実験の結果と工期・遮音性・施工性等を考慮して厚さ350mmのボイドスラブとした。



■図3 軸組図

■表1 耐震目標性能

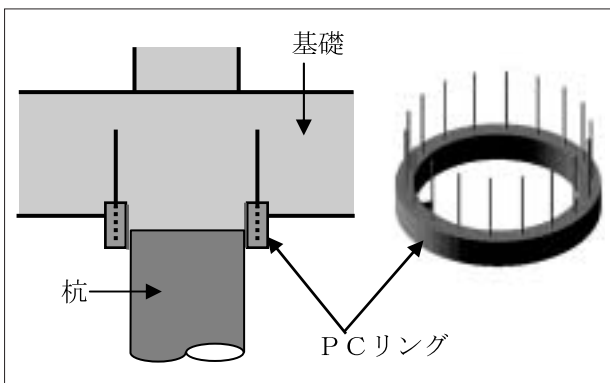
地震動レベル	上部構造	免震部材	下部構造
レベル1 (稀に発生する地震動)	層間変形角 $\leq 1/300$	—	—
レベル2 (極めて稀に発生する地震動)	短期許容応力度以内 層間変形角 $\leq 1/150$	50cm ($\gamma=200\%$) 以内 (安定変形以内)	短期許容応力度以内
レベル3 (余裕度確認)	層の塑性率 ≤ 2 層間変形角 $\leq 1/100$	免震層クリアランス 80cm 以内 (性能保証変形以内)	終局強度以内

3.3 下部構造の設計概要

本建物における下部構造は、免震層以下の基礎部分となる。基礎形式は、GL-17.0m以深のN値60以上の砂礫層を支持層とする軸径2.5m、拡底径3.9m～2.5mの現場造成杭を用いた杭基礎である。

さらに、外周部と内周のコーナー以外には、図4に示すキャプリングパイル工法(杭頭半固定工法)を杭頭に採用し、杭頭の回転性能向上を図っている。

外周部の擁壁は厚さ1,200mm～600mmで、3.2m出ている犬走りにはアンボンドPC鋼線を設けている。

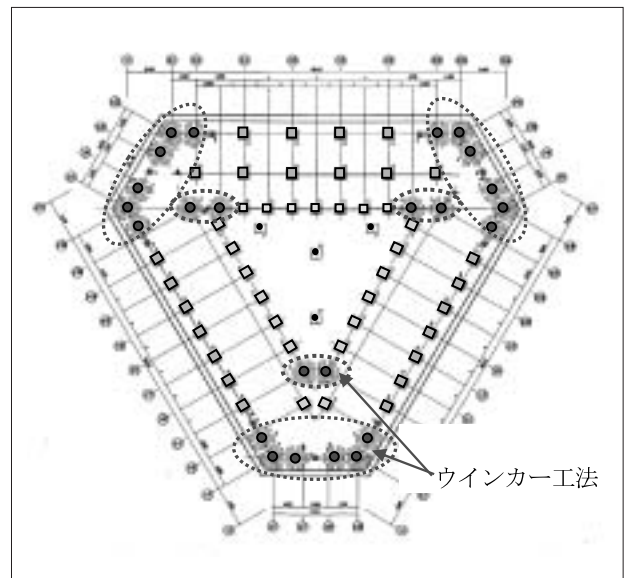


■図4 キャプリングパイル工法

3.4 免震設計概要

免震部材には、1,600φの鉛プラグ入り積層ゴムと1,500～1,200角の鉛プラグ入り積層ゴムと軸力が小さな箇所に弾性滑り支承を使用した。

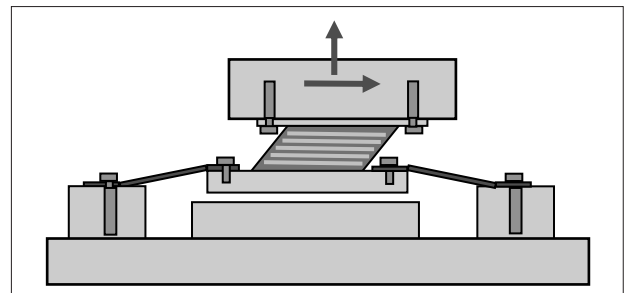
レベル2応答変形時の等価周期5.5秒、免震層の偏心率2%以内を目標として配置している。レベル2の地震動における相対水平変形は、設計目標変形の500mm($\gamma = 200\%$)以内にあり、積層ゴムに引抜き力が生じないようにする。尚、想定以上の大地震対策として、図6と写真1,2に示すようなウイングプレートの面外曲げ変形により大部分の引張変形が吸収され、積層ゴム本体には過大な引張変形や引張応力が生じないようにするウインカー工法(ウイングプレートアンカー工法)を採用している。本工法は日本建築センターの一般評定を取得した工法で、このような超高層や引張軸力が集中し易い複雑な形状の建物に有用な積層ゴム据付工法である。本建物では、用意された2タイプのディテールのうち、連結タイプのウイングプレート6枚を採用しているが、 $\gamma = 300\%$ 、最大浮き上がり変位75mmの限界状態においても、積層ゴムおよびウイングプレートには損傷や脆性的な挙動は見られず、



■図5 免震部材配置図



■写真1 1/2縮小模型試験体



■図6 引張り・せん断変形時



■写真2 ウイングプレートの加力実験状況

水平力を通常の固定方法から特性が変化することなく安定して伝達できることを各種実験で確認した。

4 応答解析概要

4.1 採用地震波

地震応答解析に使用した地震波は、告示波3波、既往波3波(EL CENTRO、TAFT、HACHINOHE波)とサイト波としてBCJ-L2波を採用した。

4.2 解析モデル

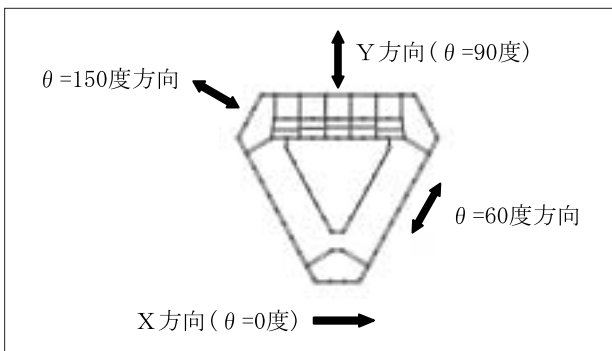
応答解析モデルは、図7に示す4方向の解析モデルを作成し、それぞれの方向について、上部構造は外周フレームと内周フレームの2本の50質点等価曲げせん断棒に置換した。基礎も群杭と地盤をモデル化してインピーダンスを評価した値を、ばね定数、減衰係数に置換して考慮している。

建物の固有周期は表2に示すように、基礎固定時が3.2秒に対して、レベル2相当時が5.5秒である。

4.3 応答解析結果

極めて稀に発生する地震時のY方向の応答解析結果を図8に示す。いずれもBCJ-L2波が卓越しているが、表1の耐震目標性能を満足している。

レベル2地震動に対する検討では、応答最大層間



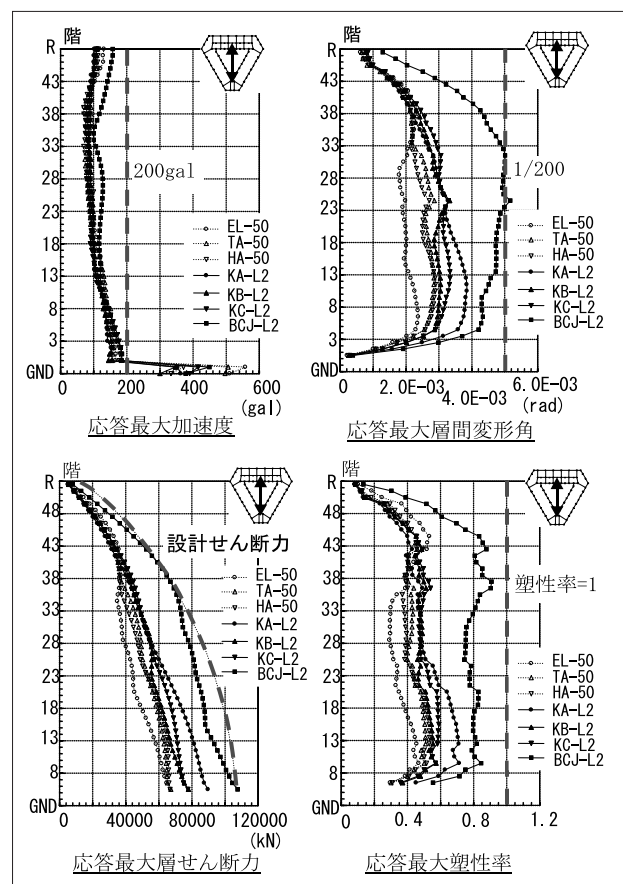
■図7 加力方向

■表2 固有周期

方向	基礎固定	レベル1	レベル2
X方向	3.10 秒	4.98 秒	5.46 秒
60度方向	3.31 秒	5.10 秒	5.56 秒
Y方向	3.23 秒	5.06 秒	5.53 秒
150度方向	3.13 秒	5.01 秒	5.49 秒

変形角は最大で1/193、免震層の最大相対水平変形は最大で30.3cmと安定変形50cm以下、応答結果を反映した積層ゴムの面圧は1.8~22.6N/mm²であった。また、免震部材の特性変動を考慮しても積層ゴムに上向き震度0.17の力が生じるまで引抜き力が生じないことを確認した。

レベル3地震動に対してもレベル2入力時と比較して応答が急激に変化することは無く、応答最大層間変形角は最大で1/146、免震層の最大相対水平変形は最大で49.4cmであり、免震層のクリアランス80cm以下である。



■図8 地震応答解析結果(レベル2)

5 まとめ

超高層マンションにおいては、地震に伴う火災やガス漏れ、エレベーター停止等々の二次災害に対するリスク軽減は重要である。超高層免震建築物の設計に際しては、地盤や建物の形状・重量・剛性など、一般の免震構造以上に周到な配慮が必要になるが、免震構造の適切な採用は有効なパフォーマンスをもたらすものと考えている。