

新川崎都市型住宅1番館(超高層棟)

大成建設
川端一三



同
高山正春



同
木村雄一



同
山崎英一



同
一色裕二



1. はじめに

川崎市に建設中の、世界最高高さ(地上41階、高さ135.0m)の超高層免震集合住宅である。免震構法を採用することで、極めて優れた耐震安全性を確保するとともに、 F_c100N/mm^2 の高強度コンクリートやプレキャストPC梁などの高強度RC技術と免震構法とを組み合わせることによって、柱の無い自由な居住空間を有する超高層住宅を実現した。

ここでは、超高層免震建物の構造計画概要と耐震性能について述べる。

建設地：神奈川県川崎市

建築主：神奈川県住宅供給公社
川崎市住宅供給公社

主用途：共同住宅(分譲)

建築面積：2,041.0 m^2

延床面積：53,152.2 m^2

階数：地下1階、地上41階

軒高：127.75m

最高高さ：135.0m

基準階：階高3.0m 床面積1293.7 m^2

2. 建物概要

全体計画パースを図1に示す。全体計画では、超高層棟の他に6棟の中高層棟がある。全7棟は、地下1階を駐車場とした一体の人工地盤上にそれぞれ配置されている。全住棟とも1階梁下の柱直下に免震装置が設置してある。

基準階は長辺方向(X方向)39.4m、短辺方向(Y方向)32.2mで、四隅の角がとれた長方形である。塔状比(建物軒高と建物幅との比)は、短辺方向で3.83である。軸組図を図2に、基準階伏図を図3に示す。



図1 全体計画パース

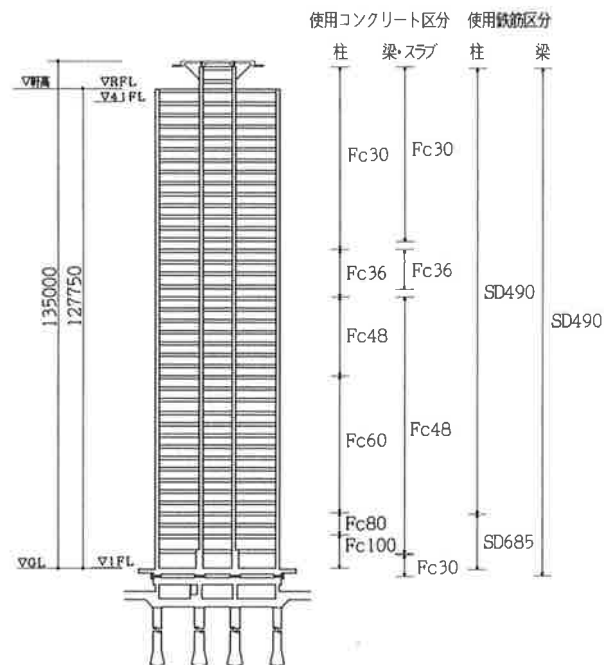


図2 軸組図

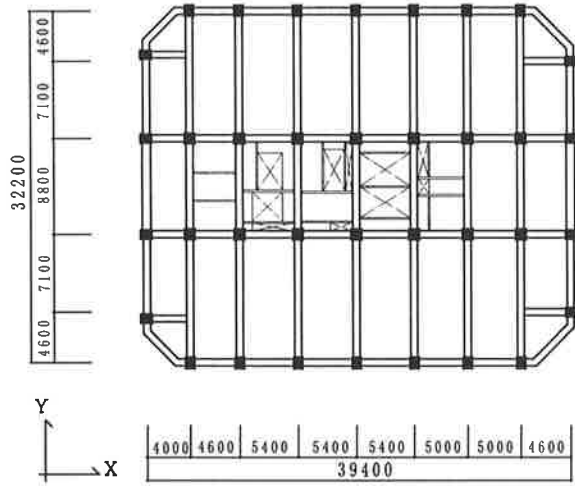


図3 基準階伏図

3. 構造計画

3.1 免震建物の地震応答特性

基礎免震構造の地震応答特性は、上部構造1質点、免震層1質点の簡便な2質点モデルで評価できる¹⁾。詳細な構造計画に先立ち、上部構造をRC造の1

自由度で表し、積層ゴム支承と履歴型ダンパーを並列配置した免震層を1自由度で表した、2質点モデルの応答を検討した(図4)。応答結果を図5、図6に示す。

図5は非免震と比較した場合の上部構造の応答低減率を表し、図6は免震層の応答変形を表している。両図とも横軸は上部構造の弾性固有周期である。入力地震動はEL CENTRO' 40NS(100cm/s)およびBCJ-L2(57.4cm/s)である。上部構造の固有周期が3~4秒の場合でも、上部構造の応答変形を30~40%程度に低減でき、免震層の応答変形は30~40cm程度と安定したものである。上部構造の固有周期や免震層の復元力特性の変動に対しても応答は安定しており、上部構造の固有周期が3~4秒程度の超高層免震が十分に実現可能であることを示している。

この結果を踏まえ、高さ135mの超高層集合住宅に免震構造を採用した。

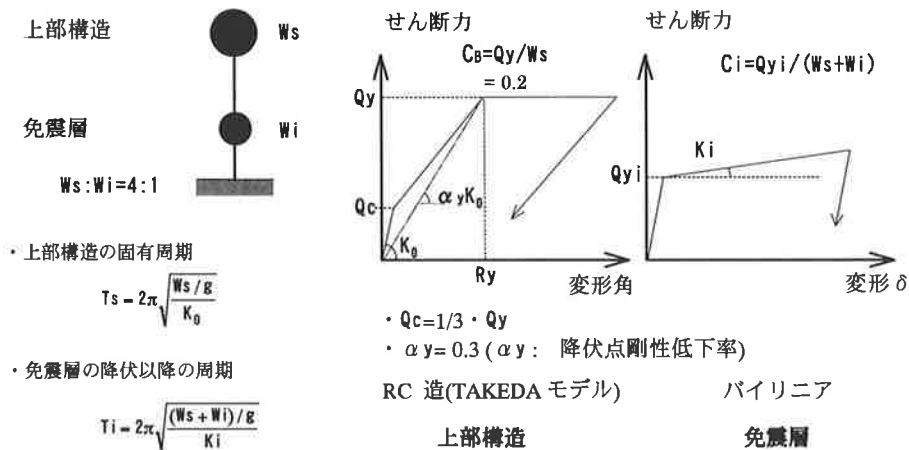


図4 モデル図

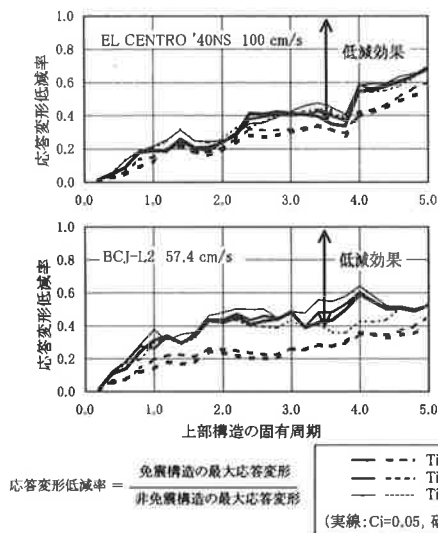


図5 上部構造の応答低減率

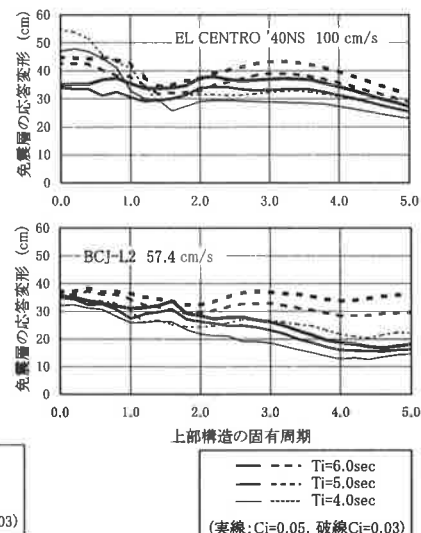


図6 免震層の応答変形

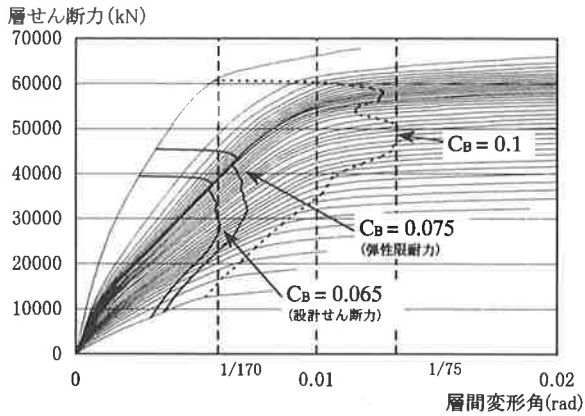


図7 層せん断力-層間変形角関係

3.2 上部構造

主体構造は鉄筋コンクリート造純ラーメンとし、1階直下に免震装置を配置している。短辺方向の11.7mスパン梁は、中間部にプレストレスを導入したプレキャスト梁を用いている。コンクリートは設計基準強度100N/mm²までの高強度コンクリートを使用し、主筋は主にSD490を、下層部柱にはUSD685を使用している。

漸増載荷非線形解析から求めた層せん断力-層間変形角関係を図7に示す。

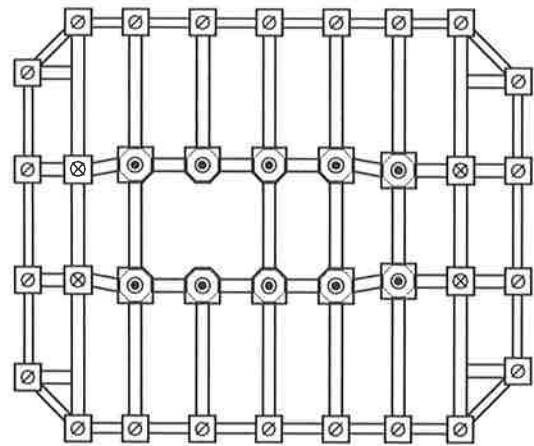
3.3 免震装置

本計画では、弾性すべり支承と積層ゴム支承を併用する免震構法を採用した。この構法は、強風時には揺れが少なく、かつ地震時には免震効果を発揮するように免震層の復元力特性を設定できるので、超高層免震に適した構法である。積層ゴム支承は軸力変動のある建物外周部に配置し、弾性すべり支承は軸力変動の少ない建物内部に配置した(図8)。

免震層の復元力特性は、図9に示すように設定し、強風時にはすべりが発生せずに非免震のRC造と同等の居住性を確保し、強地震時にはすべりが発生して十分な免震効果を発揮するように計画した。

4. 耐震性能

上部構造の弾性固有周期と、免震層の各剛性時における建物全体の固有周期を表1に示す。BCJ-L2波(57.4cm/s)の短辺方向入力に対する、免震層の最大応答を図10に、上部構造の最大応答層せん断力及び最大応答層間変形角を図11に示す。免震層の応答変形は30cm程度で、十分安定な領域である。上部構造の応答は非免震の場合と比較して50%程度であり、十分な免震効果が得られている。



	記号	支承径	ゴム総厚(mm)	2次形状係数	台数	総台数
積層ゴム支承	⊘	φ1300	196.0	6.6	22	36
	⊗	φ1400	199.5	7.0	4	
弾性すべり支承	●	φ1500	6.0	250.0	10	

図8 免震支承配置

せん断力係数

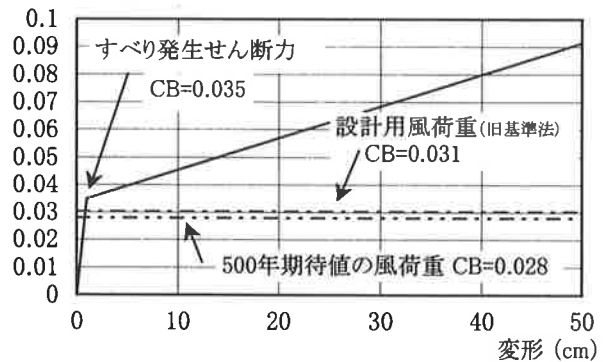


図9 免震層の復元力特性

表1 固有周期[秒]

	上部構造のみ	初期剛性	免震層変位30cm	降伏後剛性時
X方向	3.0	3.1	5.0	6.4
Y方向	3.4	3.5	5.2	6.6

せん断力係数

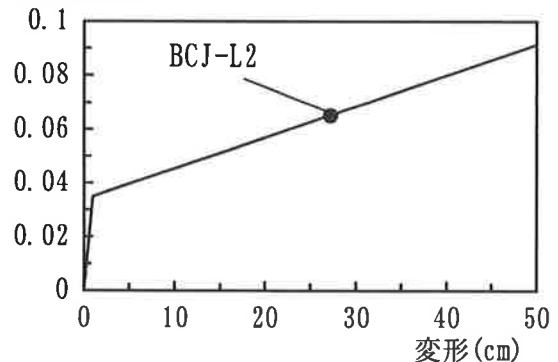


図10 免震層の応答(短辺方向)

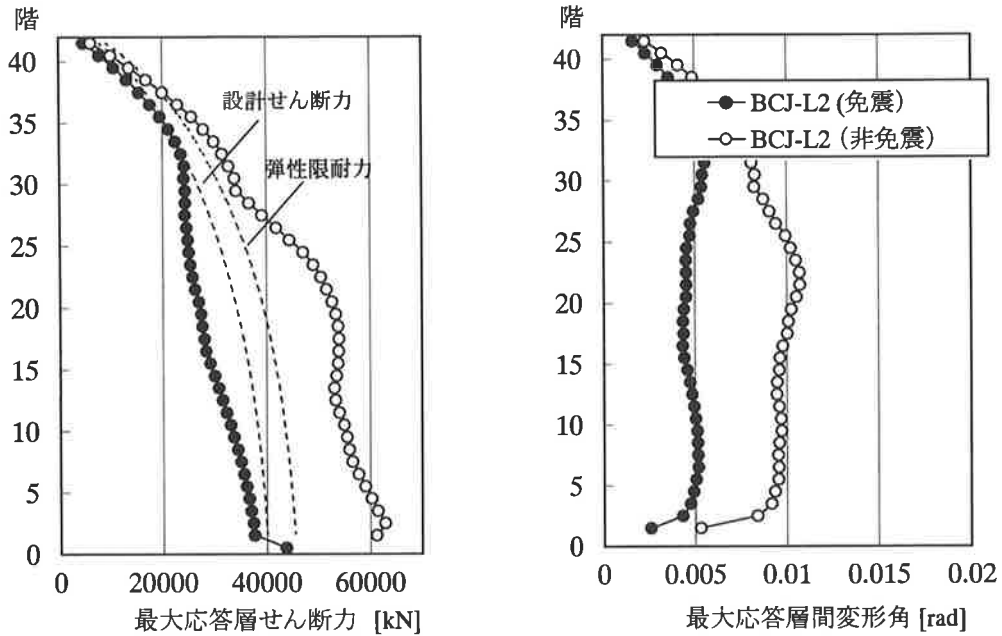


図11 上部構造の最大応答（短辺方向）

5. 免震装置に作用する引張力

5.1 積層ゴム支承の引張性状試験

積層ゴム支承の引張性状を把握する目的で実験³⁾を行った。φ1200の試験体は、従来の製品化されている積層ゴム支承とは違い、引張性状を安定したものにすするため、フランジを厚くするとともに、連結ボルトの本数を増やしている。

今回の実験結果とともに、JSSIが中心となって行ったオフセットせん断—引張試験³⁾の結果を支承径ごとにプロットした、引張ひずみ—せん断ひずみ関係を図12に示す。支承径が大きくなるに従って引張限界ひずみが低下する。φ1200mmの大口径積層ゴム支承の限界ひずみは、200%せん断ひずみに対し50%であった。

5.2 積層ゴム支承の引張鉛直剛性が建物応答に与える影響

積層ゴム支承が引張力を受ける時の建物応答性状を把握するために、φ1200積層ゴム支承のオフセットせん断ひずみ100%、繰返し引張ひずみ10%での実験結果に基づいて、積層ゴム支承の引張側での鉛直剛性低下を図13に示すように評価した。

引張側の鉛直剛性低下を考慮した支承モデルを用いた応答解析と、剛性低下を考慮しない支承モデル（線形モデル）を用いた応答解析をそれぞれ行った。

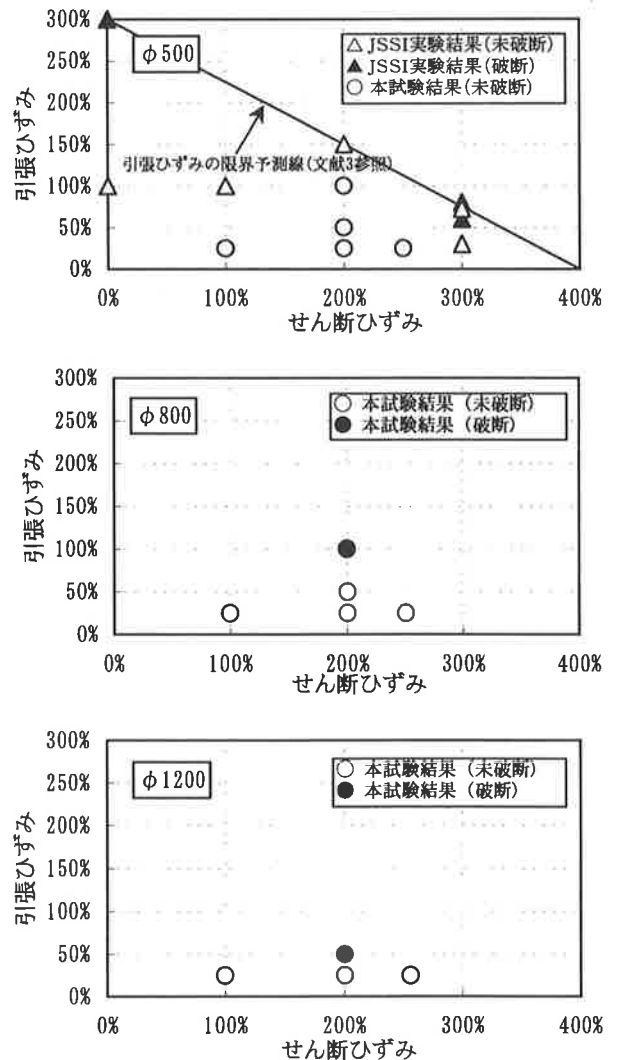


図12 積層ゴム支承の引張ひずみ—せん断ひずみ関係

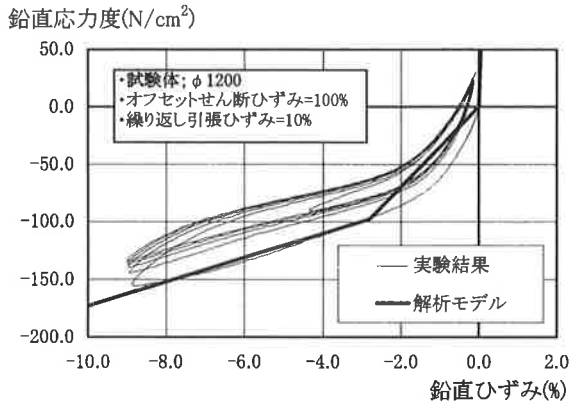


図13 積層ゴム支承のオフセットせん断
—引張試験と解析モデル

入力波は、余裕度検討用として設定した水平方向と上下方向の模擬波で、水平動と上下動を同時入力した。応答結果を図14、図15に示す。両者を比較すると、引張力が生じた外端部の積層ゴム支承の時刻歴応答は、引張力が生じる時刻以外ではほとんど一致している。また、他の免震支承の最大応答面圧、および上部架構の時刻歴応答もほとんど一致していた。

以上のことから、積層ゴム支承の一部に引張力が作用しても、建物応答への影響は少ないことが確認された。また、支承引張力は水平動と上下動応答を時系列で加算した値から、適切に評価できることが確認された⁴⁾。

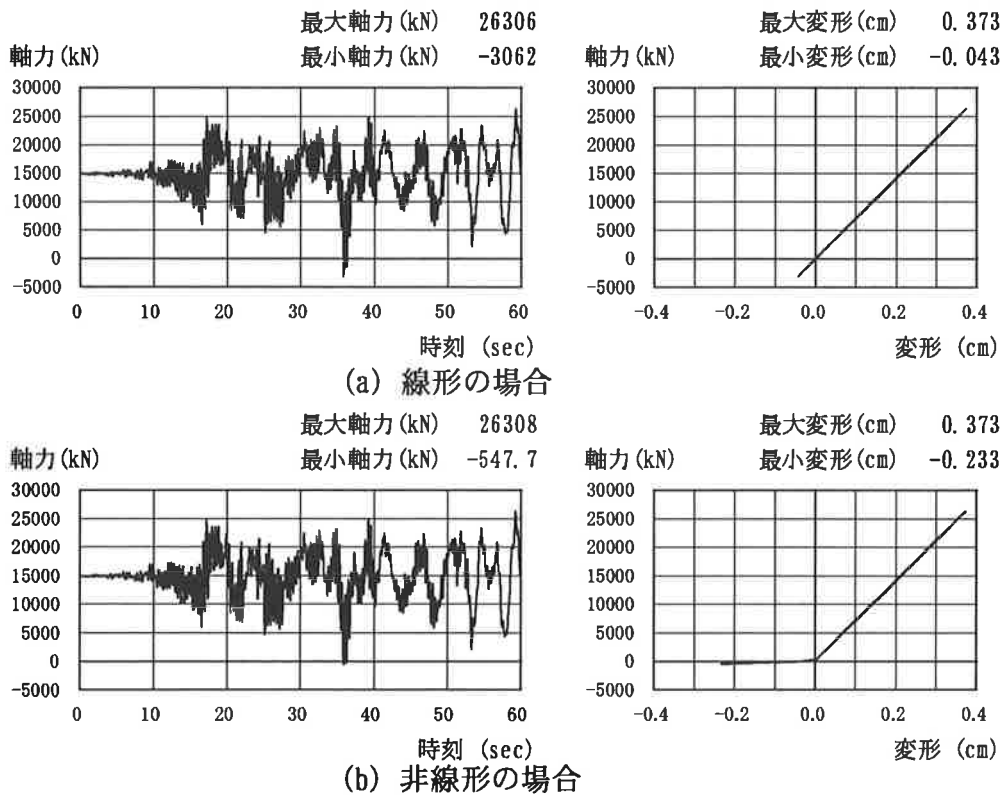


図14 引張力が生じる積層ゴム支承（外周部）の軸力 時刻歴応答

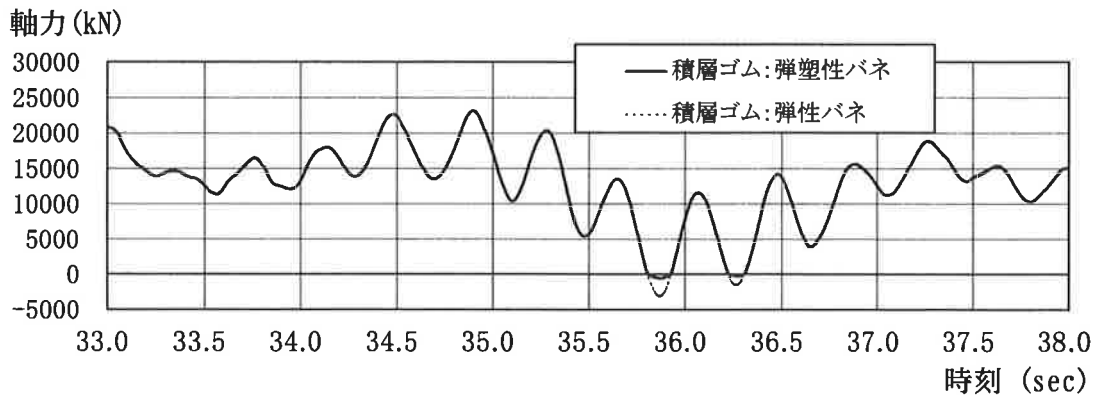


図15 引張力が生じる時刻周辺の時刻歴応答

5.3 免震支承の応答面圧

免震支承の最大応答面圧を表2に示す。余裕度検討用に設定したレベル3の地震動（レベル2の1.5倍）に対しては、積層ゴム支承に引張ひずみが生じたものの、実験で確認した引張ひずみ限界よりも十分小さな値である。

表2 応答面圧算出結果（水平動+上下動）

[N/mm ² ; マイナスが引張側]			
	支承	最大面圧	最小面圧
レベル2	弾性すべり	18.6	7.32
	積層ゴム	23.9	0.15
レベル3	弾性すべり	20.7	4.71
	積層ゴム	26.9	-0.63*

※引張ひずみは1.7%程度である。

6. まとめ

上部構造1質点、免震層1質点の簡便な2質点モデルによる解析検討から、超高層建物の場合でも十分な免震効果が得られること、応答性状は免震層特性や上部構造特性の変動に対して安定していることを確認し、高さ135mの超高層建物に免震構法を採用した。

免震構法を採用することにより、建築計画の自由性と極めて優れた耐震性能を確保することができる。免震技術のみならず、高強度コンクリート技術やプレキャストPC梁などの高強度RC技術と組み合わせることにより、高品質な超高層免震住宅を短工期で、かつ、非免震構造と同等のコストで実現することが可能となった。

参考文献

- 1) 小倉・川端 他：高層免震建物の地震応答特性に関する検討,日本建築学会技術報告集 第5号, 1997
- 2) 村松・西川 他：大サイズ天然ゴム系積層ゴムアイソレータの引張特性,日本建築学会技術報告集 第12号, 2001
- 3) 可児長英・高山峯夫 他：天然ゴム系・高減衰系・鉛プラグ入り積層ゴムのオフセットせん断-引張特性試験(その1)~(その3),日本建築学会学術講演梗概集, 1999.9
- 4) 川端・高山 他：弾性すべり支承と積層ゴム支承を併用した超高層免震建物の構造設計,日本建築学会技術報告集 第12号, 2001