

# 京橋エドグラン —超高層建築物における中間層免震の設計と施工—



山野 祐司  
日建設計



吉田 和彦  
同



福島 孝志  
同

## 1 はじめに

本計画は、京橋二丁目の業務・商業・文化・観光機能の集約化と高度利用を図った再開発事業である(写真1)。

本稿は、耐震安全性の高い施設計画を図るにあたり採用した、特色のある中間層免震構造の設計概要について報告するものである。

## 2 建築計画

本計画は、地下3階、地上32階、高さ約170mの超高層建築物である。7階以上の高層階はオフィス、低層階は店舗・公益施設・駐車場・機械室などに供される。免震層は建物用途と形状が切り替わる地上31mラインに設けた。

低層階は、建物中央を南北に貫通する特徴的な外部空間(ガレリア)を有する。全体的な構成としては、ガレリアの両側に配置した3つの低層棟が、高層のボリュームを支えるような類例のない複合施設のあり方を目指した(図1)。

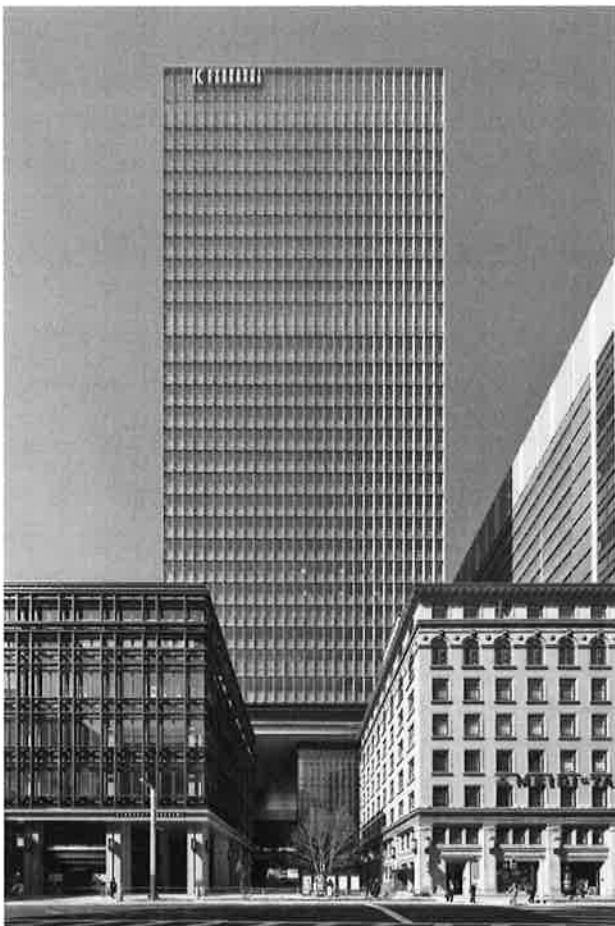


写真1 全景写真

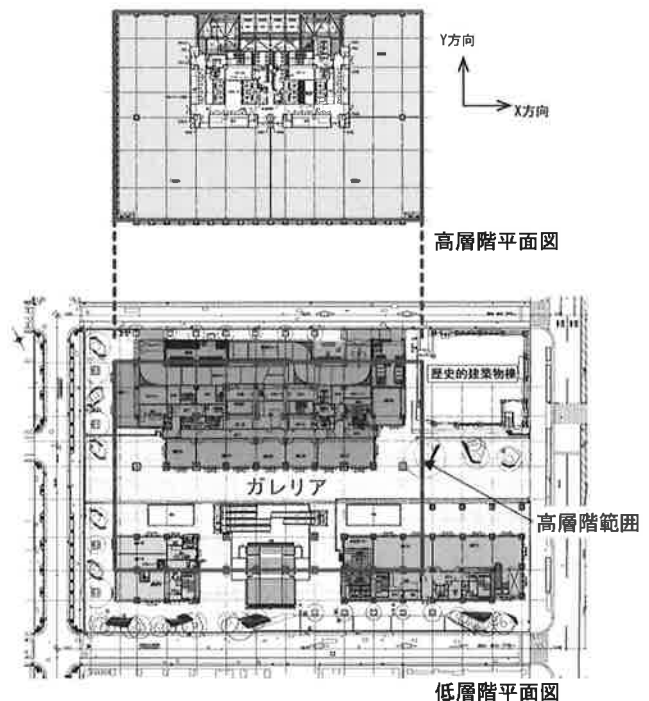


図1 低層の3つの棟と高層階の位置関係

### 3 構造計画

#### 3-1 基礎～低層階構造計画

建物用途・形状が切り替わる高層最下部に免震層を設け、耐震性能の向上を図った。低層階の3つの棟は鉄骨鉄筋コンクリート造とし、3階、5階、免震層レベルで構造的に一体化した上で、X方向Y方向共に耐震壁をバランスよく配置し、剛強な「基壇」を構築した。

基礎形式は、SGL-26m程度以深の江戸川層を支持層とする直接基礎とした。基礎底が浅い低層部の一部は、場所打ちコンクリート杭の杭基礎とした。

#### 3-2 高層階構造計画

高層階は、東西約75m×南北約50mの平面形状である。北側に配置したコア部を、コ型に執務空間が囲む平面計画とした(図2-a)。

X方向は、7.2mスパンを基本とするラーメン架構と外周2構面の耐震間柱により、十分な剛性と耐力を確保する計画とした。

ロングスパン方向であるY方向は、水平剛性を確保するために、各階コア内に耐震ブレースを設けた上で、偏平溶接箱形断面のCFT柱(750×1,100)と梁断面(H-1,200)からなる耐震ブレース付きラーメン構造とした。

### 4 免震計画概要

本計画は、高さ約170mの超高層建築物であり、風荷重の影響が大きく、一般的にこの規模では、免震層の復元力は地震力ではなく、風荷重で決まることが多い。我々は、免震層の復元力の設定に当たっては、あくまで大地震時における免震効果を最大限に発揮させたいと考え、あらたに開発した強風対策のための装置を免震層に設置した。

#### 4-1 超高層免震構造と強風対策

開発した装置は、弾性ロック機構と呼んでいる。弾性ロック機構は、再現期間500年の風に対して不

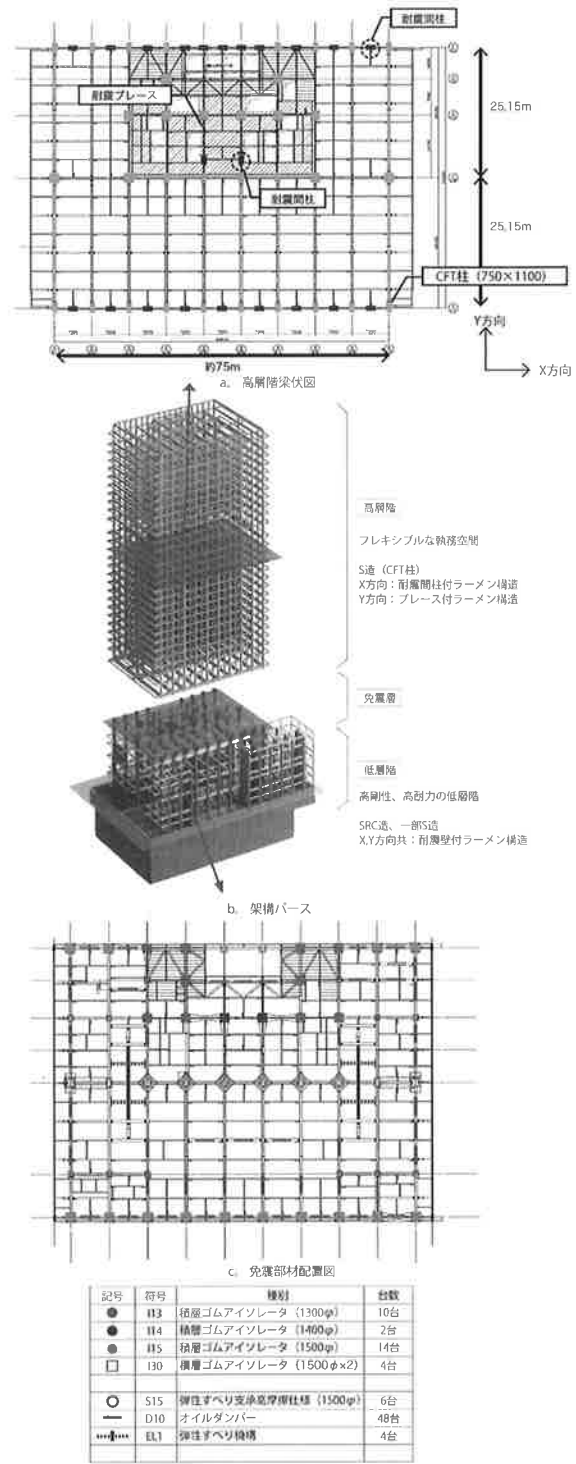


図2 構造計画概要

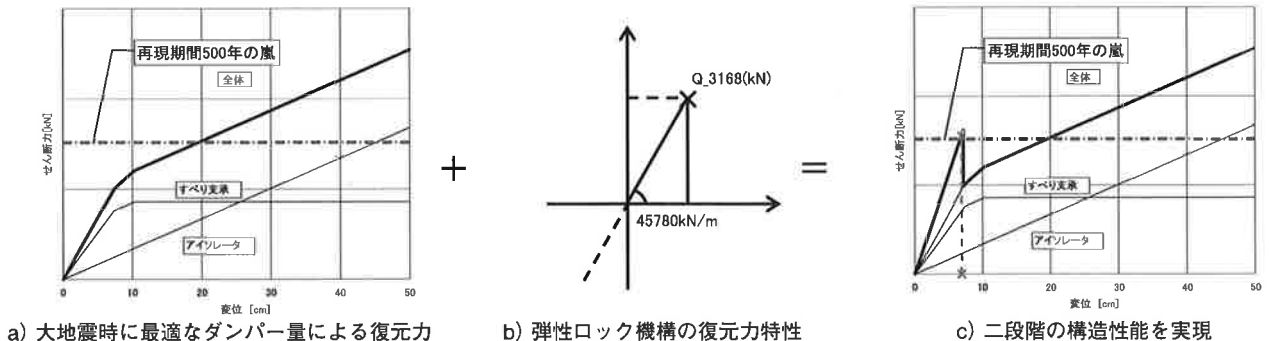


図3 免震層の復元力

足分の耐力を、別途弾性ロック機構によって補うことで、大地震時に最適な免震層のダンパー量に留めることが可能となる（図3）。

各外力レベルに対する設計クライテリアを表1に示す。このうち風荷重は、構造体検討用風荷重と弾性ロック機構設計用風荷重の2パターンで検討を行い、それぞれの設計クライテリアを満足することを確認した上で、性能評価を取得している。構造体検討用風荷重時においては、免震層変形量が50cm以内であること、弾性ロック機構設計用風荷重時においては、シアピンが破断しないことを設計クライテリアとした。

表1 各外力と設計クライテリア

	設計荷重	設計クライテリア	
風荷重	構造体検討用風荷重 (建築基準法施行令による)	風洞実験により求める。 風速：施行令 1.25倍・粗度区分Ⅲ。 (極めて稀に発生する風荷重)	・構造体は短期許容応力度以下 ・免震層の変形：設計許容変形（50cm）以下
	弾性ロック機構設計用風荷重 (建築学会荷重指針による)	風洞実験により求める。 風速：500年再現期間・粗度区分Ⅳ。	・構造体は短期許容応力度以下 ・弾性ロック機構のシアピンが破断しないこと。
地震荷重	設計用地震荷重	極めて稀に発生する地震動（但し観測地震波は除く）により発生する最大応答層せん断力を包絡する静的地震荷重。	・構造体は短期許容応力度以下
	極めて稀に発生する地震動	告示波 3波 観測地震波 3波 サイト波 3波	・層間変形角：1/150以下（免震層は除く） ・弾性限耐力以内 ・免震層の変形：50cm以下

#### 4-2 弾性ロック機構の概要

弾性ロック機構の概要を図4に示す。弾性ロック機構は、シアピンに単純梁の曲げばねを組み込むという極めてシンプルな原理の集積で構成されている。二本一組の弾性曲げ梁は、免震層の上下階で直交に配置し、その交点にシアピンを設置した。シアピンは鋼製のダボで、所定のせん断力で破断するように設定した。リニアスライダは、シアピンと弾性曲げ棒との偏心により生じる偶力を処理するために設けた。弾性曲げ梁を直交に配置することにより、どの方向の外力に対しても等剛性であるという特徴を獲得した。なお、弾性曲げ梁の鋼材は、十分な耐力の余裕を持たせた上で、広い弾性域を有する高張力鋼（HSA700材）を用いた。

#### 4-3 免震層の設計概要

免震部材配置図と部材一覧を図2-c、表2-dに示す。下記項目に留意し、部材選定と配置を行った。

- ①大径アイソレータ採用による免震層許容変形量増加
- ②上部構造重心と免震部材剛心を極力一致させる
- ③弾性すべり支承は、変動軸力が小さい建物内部に配置する
- ④大地震時に弾性すべり支承の摩擦力（切片荷重）をダンパーとして活用する。なお、切片荷重合計値の建物上部重量に対する割合は、2.2%である
- ⑤免震層内にオイルダンパーを配置し、振動エネルギーを吸収。免震層の設計許容変形である50cm以内を実現する

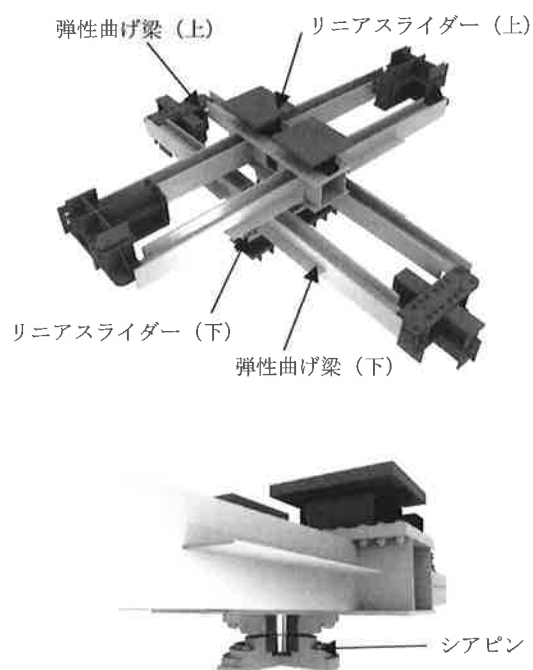


図4 弾性ロック機構の概要

#### 5 振動応答解析概要

解析モデルの概念を図5に示す。1階床位置を固定、各階を3自由度1質点系モデルとした。弾性ロック機構は、シアピンの破断を考慮し、劣化剛性の復元力モデルとして設定した。

極めて稀に発生する地震時の検討に用いた地震波は、告示波（位相特性：HACHINOHE EW, TOHOKU UNIV. NS, JMA KOBE NS）、最大速度50cm/s<sup>2</sup>に基準化した観測波（ELCENTRO NS, TAFT EW, HACHINOHE NS）および南関東地震を想定したサイト波3波（以下NS Waveと呼称）の計9波とした（表2）。地震動の諸元とNS Waveの速度応答スペクトルを図6に示す。

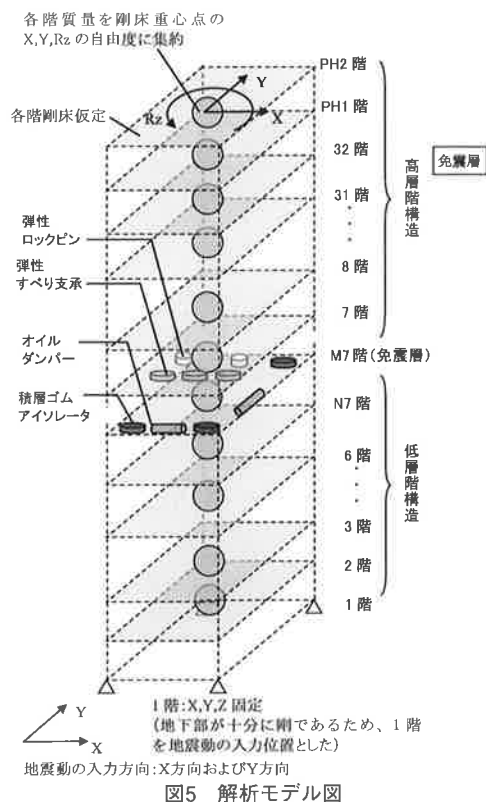


図5 解析モデル図

表2 検討地震波一覧表

	地震動波形名称	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	最大速度 (cm/s)
告示波	告示模擬地震動 HACHINOHE EW 位相	356.3	52.3
	告示模擬地震動 TOHOKU U. NS 位相	293.0	52.9
	告示模擬地震動 JMA KOBE NS 位相	381.2	54.6
観測波	EL CENTRO 1940 NS (1940. 5. 18)	511.0	50.0
	Taft 1952 EW (1952. 7. 21)	497.0	50.0
	HACHINOHE 1968 EW (1968.5.16)	239.0	50.0
NS Wave	想定南関東地震 サイト波①	300.6	42.1
	想定南関東地震 サイト波②	302.8	51.2
	想定南関東地震 サイト波③	247.1	56.1

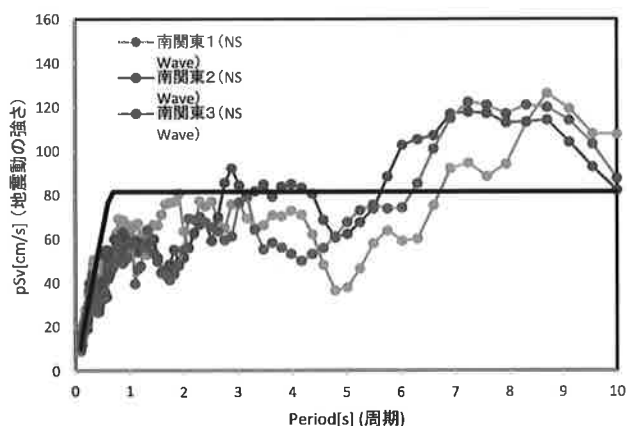


図6 NS Waveの速度応答スペクトル

表3に応答解析結果一覧を示す。層間変形角は1/231と目標値の1/150を満足している。図7に各階の最大応答層間変形角を示す。同図に最外周架構の最大応答層間変形角を併記するが、平面的なねじれにより最大外周架構における変形は、重心位置よりX方向で10%、Y方向で2%の増加がみられるが、クライテリアである1/150を満足している。なお、免震層での最外周フレーム位置での変形は重心位置と比較して最大5%の増加に留まり、免震層のねじれ変形が小さいことを確認した。

## 6 おわりに

本建物の設計機会を与えていただいた再開発組合様をはじめ、短工期にも関わらず高品質な建物を施工していただいた清水建設、免震部材制作会社及び全ての工事関係者に、本紙面を借りて深く感謝の意を表す。

表3 応答解析結果 (告示波・NS Wave)

	X方向	Y方向
上部構造最大層間変形角	1/249	1/231
免震階最大層せん断力係数	0.067	0.068
1階最大層せん断力係数	0.102	0.120
免震階最大変形	36.5 cm	37.5cm

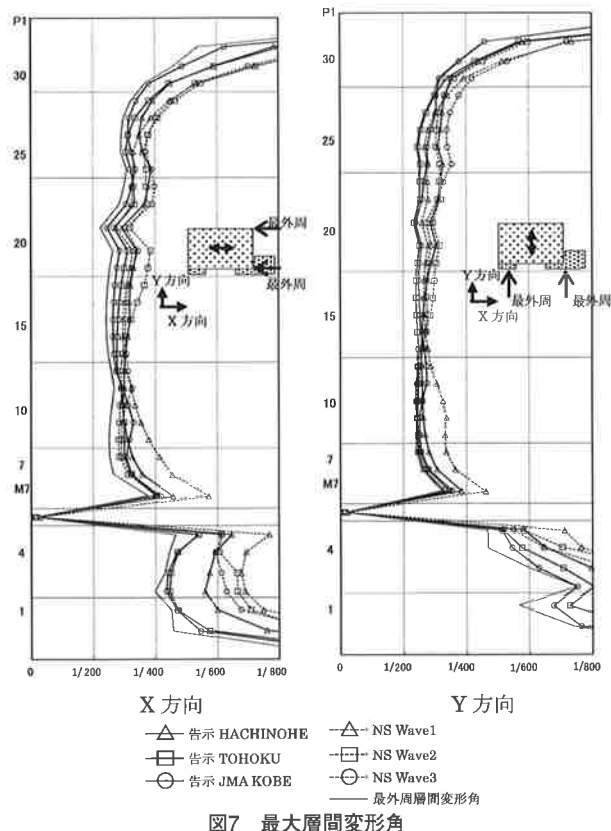


図7 最大層間変形角