

ドコモ神戸ビル新築工事

免制震デバイス
世良信次



新日本製鐵
加藤巨邦



横浜ゴム
小澤義和



1. はじめに

汽笛が聞こえる港町「神戸」に阪神淡路大震災から復興をとげる建物の新たな象徴としてドコモ神戸ビルが建設されています。本建物は、三ノ宮駅から南に市街地を抜けた神戸港の入り口近辺に位置し、兵庫エリアの移動通信の伝送・ノード拠点として計画され、兵庫エリアにおけるネットワークインフラの拡大、充実、及び信頼性の向上を建設目的とし最先端の機能とデザインおよび安全性が託されています。図1に建物全景パースを示します。

大規模な通信用鉄塔を平面上偏心した位置に計画する条件は、構造設計上厳しい条件となり、免震構造を採用することで解決されています。

今回は、免震装置の設置が完了し、2階まで鉄骨フレームが建てられた状況を、株式会社エヌ・ティ・ティ・ファシリティーズ関西事業本部都市・建築設計部の梅田室長、泉井次長及びドコモ神戸ビルJV工事事務所青木工事課長の案内で、須賀川委員長及び出版委員のメンバーが訪問しました。

2. 建築のコンセプト¹⁾

本建物は、次の3つのコンセプトを掲げ設計されています。

1. 新ノードビルとしての高度な機能と高い信頼性の確保
2. マルチメディア・インテリジェントビルディングの構築
3. 地球環境と人にやさしい建物の実現

特に、上記1.の具体策として「分散空調方式」、「火災早期検知システム」、「トータルセキュリティシステム」など7つの項目の内に「免震構造の採用による通信の高い信頼性の実現」が挙げられています。

3. 建物概要^{1) 2)}

本建物は、地上10階の鉄骨造ブレース付きラーメン構造の上に塔屋2階を介して65.9mの鉄塔が付いた電気通信施設建物です。主用途としては、通信関係の機械室等で計画されています。平面形状は長辺方向が約44m、短辺方向が30mの長方形で、階段室等のコアが端部にあり、鉄塔がその上部に位置します。免震層は、1階床と基礎間とした基礎免震構造となっています。

図2に基準階平面図及び断面図を、下記に建物概要を示します。

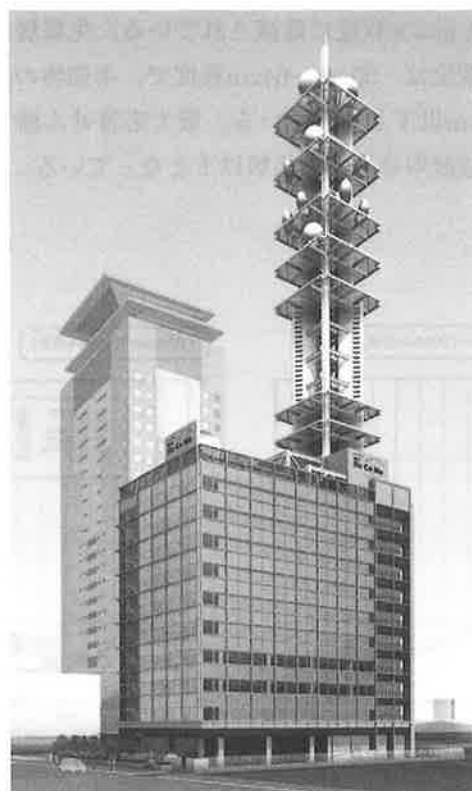


図1 建物全景パース

工事名：エヌ・ティ・ティ・ドコモ関西神戸ビル新築工事

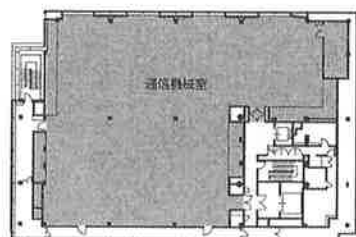
建築場所：兵庫県神戸市中央区新港町16-5

用途：電気通信施設

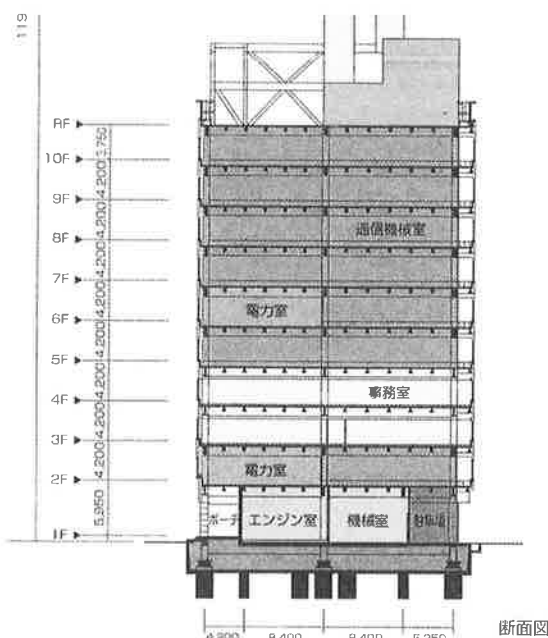
建物概要：敷地面積 2,317.05㎡
 建築面積 1,225.68㎡
 延べ床面積 12,806.63㎡
 階数 地上10階 塔屋2階
 軒高さ 43.90m(施行令高さ 44.85m)
 最高部高さ 133.00m(鉄塔含む)
 53.70m(建物のみ)
 基準階階高 4.20m
 構造 鉄骨造、ブレース付きラーメン構造
 基礎 杭基礎

(場所打ち鋼管コンクリート杭)

建築主：株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ関西
 設計・監理：株式会社エヌ・ティ・ティ ファシリティーズ
 関西事業本部 一級建築士事務所
 建築工事施工者：鹿島建設、清水建設、銭高組共同企業体



基準階平面図 (通信機械室)



断面図 (短辺方向)

図2 基準階平面図及び断面図

4. 構造計画概要^{1) 2)}

表1に免震装置の仕様を示し、図3に免震装置の配置を示します。

免震装置としては、天然系積層ゴム支承NRIφ1100~1200を5基と鉛プラグ入り積層ゴムLRIφ1100~1200を13基、さらに引き抜きに有効な直動転がり支承CLB375交差型を2基設置しています。

図4に直動転がり支承CLBの概略図を示します。

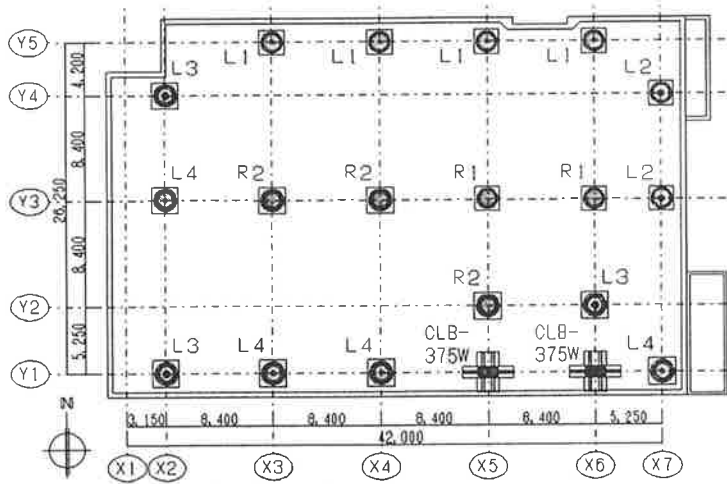
直動転がり支承は、図4に示すレールとボールベアリングが内蔵するブロック部で構成されるLMガイド装置を直交方向にボルトで連結されたものでフランジプレートとアンカープレートを介して躯体フレームと結合されています。設計用転がり摩擦係数μは0.008です。

免震部材の長期圧縮応力度は、積層ゴムで100kgf/cm²程度以下、直動転がり支承は長期作用荷重で170tonで静定格荷重750tonの1/2以下になるように計画されています。

水平変形15.2cm時(積層ゴムのせん断歪50%)における等価1次固有周期は3.64秒程度で、降伏荷重は0.036W(W:建物重量)程度としています。また、等価減衰定数は水平変形15cm時で約25%程度、上下方向の固有振動数は5.6Hz(免震装置下部固定)程度となっています。

表1 免震装置の仕様

		CLB375キ型(装置数:2基)					
CLB	レール幅×長×高(mm)	上:160×2,680×85 下:160×2,135×85					
	ブロック幅×長×高(mm)	410×535×195					
	フランジプレート(SM490)	70mm					
	装置全体高さ	642mm					
	アンカープレート	32mm					
	アンカーボルト(F8T)	上:38-M24 下:45-M24					
	頭付きスタッド	16-M22					
	静定格荷重	7,355kN					
	摩擦係数	μ=0.008					
	NRI及びLRI		鉛プラグ入り積層ゴム				天然ゴム系積層ゴム
有効ゴム径(mm)		1100		1200		1100	1200
鉛プラグ径(mm)		200	270	250	280	-	-
2次形状係数		3.62		3.95		3.57	3.90
面圧(N/cm ²)		864					
1,030							
ゴム層・厚×層数		8mm×38層				7mm×44層	
内部鋼板・厚×層数		4.5mm×37層				4.5mm×37	
フランジプレート(S S)		50mm					
装置全体高さ(mm)		720.5			733.5		
被覆ゴム		10mm					
アンカープレート		32mm					
アンカーボルト(F8T)		12-M42					
頭付きスタッド	12-22φ						
装置数	4	2	4	3	2	3	
ゴムの物性値	・せん断弾性率(N/cm ²): 3.4, 3.9, 4.9±1.0 ・25%伸長応力変化率: -10%~+30% ・破断伸び: 600%以上						
変形限界	免震装置の水平変形設計領域: 水平方向 ±60cm以内						
	上部構造と下部構造の隙間: 水平方向 ±80cm、鉛直方向 5cm						



「ドコモ神戸ビル」の免震装置配置
積層ゴム×18基・CLB×2基による、複合免震構造

凡例

- L1 : LRI - φ 1155 - 200 G4
- L2 : LRI - φ 1155 - 270 G4
- L3 : LRI - φ 1257 - 280 G4
- L4 : LRI - φ 1257 - 250 G5
- R1 : NRI - φ 1155 - G3.5
- R2 : NRI - φ 1257 - G3.5

図3 免震装置の配置

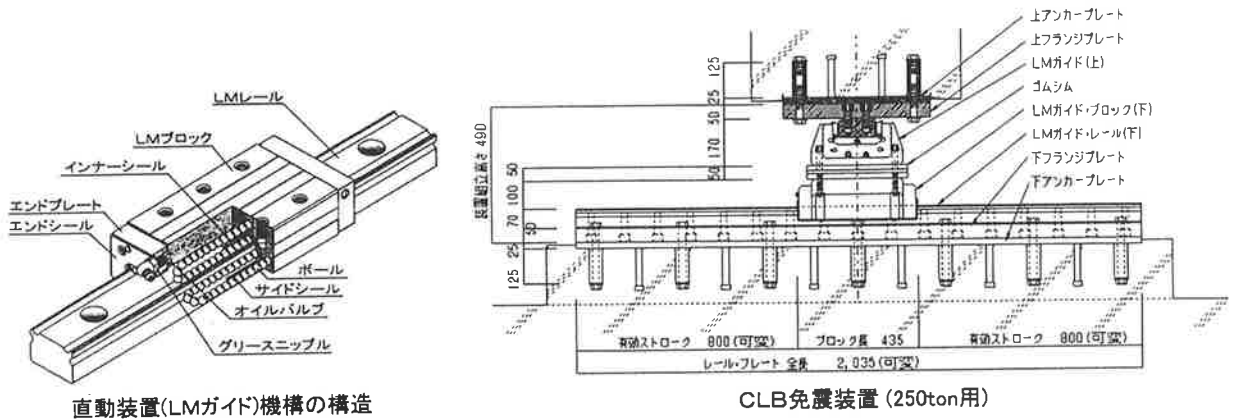


図4 直動転がり支承交差型概略図

5. 構造設計概要

設定した耐震性能の目標を表2に示します。

地震応答解析では、免震層下部の基礎を固定とする建物部分を13質点等価せん断型質点系モデルに、また鉄塔部分を12質点等価曲げせん断型質点系モデルとし、また復元力特性モデルとして上部構造と積層ゴムを弾性、鉛プラグ入り積層ゴムを歪み依存性を考慮した修正Bi-Linearモデル、及び

直動転がり支承を摩擦力を考慮したBi-Linearモデルとしています。

また、擬似立体モデルを用いて、ねじれ振動を考慮した解析を行い鉄塔の位置が偏心している影響が殆どないこと、また上下方向の地震動に対しても免震装置に有害な浮き上がりが生じていないことを確認しています。

入力地震には、実地震動記録波形5波と、(財)日

表2 設計目標値

耐震性能目標	地震動レベル (最大速度)	免震装置	上部構造	基礎の状態
		水平変形量 (せん断歪度)	構造体の状態 (応答加速度)	
	レベル1 (29.6~41.6cm/s)	60cm 以下 (200%以下)	短期許容応力度 以内(200gal 以下)	短期許容応力度以内
	レベル2 (61.0~86.8cm/s)	60cm 以下 (200%以下)	短期許容応力度 以内(300gal 以下)	短期許容応力度以内

本建築センター波 (BCJ-L1,BCJ-L2) を用いてサイトの地盤の影響を考慮した模擬地震波形 2 波を用いています。記録波での各入力レベルは最大速度値より設定し、レベル 1 で 29.6~41.6cm/sec、レベル 2 で 61~86.8cm/sec としています。

表 3 に上部構造の応答解析結果を示し、表 4 に

免震装置の応答解析結果を示します。表中の結果は記録波形 5 波及び模擬地震波形 2 波における最大応答値を、図 5 各階の最大応答値を示しています。

免震装置のばらつき (製品誤差、温度差、経年変化等) を考慮しても、上部構造及び免震部材の応答値は設定した耐震性能目標を満足しています。

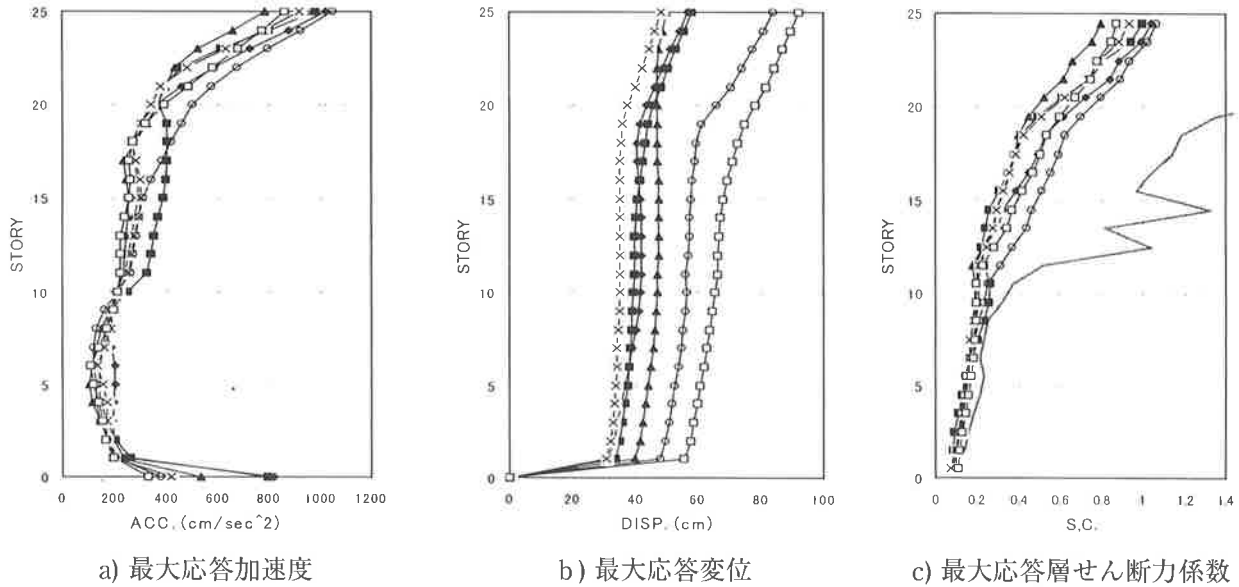


図 5 最大応答分布 (14階~25階; 鉄塔モデル)

表 3 上部構造の応答結果

上部構造	建物最上階 絶対加速度 (cm/s ²)	レベル1 応答	X方向	207.0	(BCJ-LIS)
			Y方向	197.0	(BCJ-LIS)
		レベル2 応答	X方向	252.0	(TAFT-EW)
			Y方向	246.0	(TAFT-EW)
	最下階 せん断力 係数	レベル1 応答	X方向	0.068	(BCJ-LIS)
			Y方向	0.069	(BCJ-LIS)
		レベル2 応答	X方向	0.118	(NTT-KOBE NS)
			Y方向	0.120	(NTT-KOBE NS)
建物最大 層間 変形角	レベル1 応答	X方向	1/332(6F)	(BCJ-LIS)	
		Y方向	1/359(7F)	(BCJ-LIS)	
	レベル2 応答	X方向	1/285(3F)	(NTT-KOBE NS)	
		Y方向	1/283(1F)	(NTT-KOBE NS)	

表 4 免震装置の応答結果

免震装置	最大相 対変位 (cm)	レベル1 応答	X方向	21.0	(BCJ-LIS)
			Y方向	21.1	(BCJ-LIS)
		レベル2 応答	X方向	55.6	(NTT-KOBE NS)
			Y方向	55.3	(NTT-KOBE NS)
	最大せん 断力係数	レベル1 応答	X方向	0.064	(BCJ-LIS)
			Y方向	0.064	(BCJ-LIS)
		レベル2 応答	X方向	0.110	(NTT-KOBE NS)
			Y方向	0.110	(NTT-KOBE NS)

6. 見学記

当日は雨天となりましたが、写真1のように会議室にて設計の経緯と結果および工事状況等の説明を受けた後、鉄骨工事中の現場を拝見させて頂きました。幸い免震層は1階のコンクリート床が施工されており、容易に見学ができました。以下に写真を用いてその様子を記述します。

写真2に工事状況外観、写真3及び写真4に設置されました鉛プラグ入り積層ゴム支承及び直動転がり支承を示します。免震装置は基礎フーチング上に置かれ、装置上部に鉄骨柱のベースプレートが直接設置されています。写真5は設置された直動転がり支承の機構や設計の条件等について説明がなされて質疑が交わされている状況です。



写真3 鉛プラグ入り積層ゴム支承



写真1 会議室での説明状況



写真4 直動転がり支承



写真2 工事状況外観



写真5 免震層で説明を聞くメンバー

(説明の概要)

- ・本建物はドコモ関西としては、はじめての免震建築です。兵庫エリアの「ノードビル」を目指しています。
- ・建物は本年11月に建家を完成させ、その後、鉄塔を建設し、来年9月中旬完成予定となっています。
- ・この建物の敷地は、神戸海軍操練所の跡地でした。
- ・関西地区において「NTTドコモ関西大阪ビル」、「NTTドコモ関西京都ビル」があるが、通信機器を収容するため「より耐震性に優れたものを」という要望により本建物は、免震構造が採用されました。
- ・また、隣接建物にNTTの高層ビルがあり、電波の受信の関係で鉄塔位置を偏心させたため、通常の耐震設計では非常に難しい設計となり免震構造による入力加速度の低減による設計方法が採用されています。

7. 訪問談義

現場見学中や会議室での質疑の内容の一部を下記に示します。(質疑：Qと回答：A)

- Q：地下階を作らなかったのは何故ですか？
 A：建物の早期完成を目指したことが主な要因です。
- Q：設計段階で、苦勞された点は何ですか？
 A：剛性の調整に苦勞しました。建物のねじれに関しては免震層で処理を行っています。
 また、鉄塔を偏心させることにより、免震装置において部分的にやや引き抜きが発生し、その処理するためにCLBを用い、許容引き抜き抵抗力は、レールの噛み合いで決まっており、約300tonとなっています。
- Q：鉄塔を含む建屋の固有周期は、何秒ですか？
 A：約1.7秒になっています。
- Q：鉄塔の設計は、風荷重と地震荷重どちらで決まっていますか？
 A：風荷重です。
- Q：塔屋の役割は何ですか？
 A：ハットトラス構造になっており、鉄塔の軸力を分散させるように計画されています。
- Q：免震層のクリアランスは、いくらとっていますか？
 A：上下に5cm、水平に80cmとしています。
- Q：CLBとLRIを併用されていますが、鉛直剛性が異なるのではないですか？
 A：確かに異なりますが、解析による評価を行っ

ています。

- Q：地震波NTT-KOBE NS(1995)はどんな地震波ですか。
 A：JR神戸駅前で記録されたレベル2相当の波で、設計用として原波を採用しています。
- Q：DISの製品は、アメリカで製作し、アメリカから運搬してくるのでしょうか、運搬日数を入れて製作工期は何ヶ月ですか？
 A：4～5ヶ月かかります。(回答者：ADC世良)
- Q：CLBのベアリング部分は荷重に対して遊びのスペースもっていますか？
 A：わずかですがあります。また接合部にゴム板が挟んでおり、曲げによる有害な変形を吸収します。
- Q：取り付けベースプレートの設置精度はどの程度ですか？
 A：製作・取り付け段階とも水平度の管理精度の目標は1/1000とし、実際の施工では1/930～1/1500で、ほぼ管理目標値を満足しています。

8. おわりに

今回、免震構法を採用することにより、大規模な通信鉄塔などの付属構造物のある建物が、容易に設計でき、さらに耐震性能のグレードを高めることが可能であることが証明されたと感じました。最後になりましたが、御忙しいところ、貴重なお話を聞かせて下さいました(株)エヌ・ティ・ティ ファシリティーズ梅田室長、泉井次長、ドコモ神戸ビルJV工事事務所青木工事課長ならびに関係者の方々に厚く御礼申し上げます。



写真6 梅田室長、泉井次長(前、後列左から2人目)と訪問メンバー

参考文献)

- 1) パンフレット「ドコモ神戸ビル」(株)エヌ・ティ・ティ・ドコモ関西
- 2) 「エヌ・ティ・ティ・ドコモ関西 神戸ビル新築工事」ビルディングレター 2000年11月