

関西ゲートウェイ



島村 賢太
フジタ



三輪 若菜
同



安竹 涼平
同



大宮 憲司
同



下川部 皓紀
同



徐 澎
同

1 はじめに

本建物はヤマトグループの掲げる『バリュー・ネットワークキング構想』のひとつ、主要都市間における宅急便の当日輸送を実現するべく、厚木ゲートウェイ、中部ゲートウェイに続く、大阪茨木市に完成した関西エリアの総合物流ターミナルである。大和ハウス工業株式会社のBTS型倉庫として計画されたこの施設は、名神高速道路茨木インターチェンジに近く、国道171号線がメインアクセス道路となる。

2 建築概要

建 築 主：茨木松下開発特定目的会社
 建 設 地：大阪府茨木市松下町3-1
 主 要 用 途：配送センター及び倉庫業を営む倉庫
 敷 地 面 積：61,850.37m²
 建 築 面 積：23,263.89m²
 延 べ 面 積：90,116.77m²
 階 数：地上6階
 最 高 高 さ：38.350m
 軒 高：37.850m
 構 造：上部 鉄骨造（一部を除く柱：CFT造）
 免震部材 鉛プラグ入り積層ゴム
 天然ゴム系積層ゴム
 基礎 場所打ちコンクリート杭



図1 北西側全景

3 建築計画概要

関西ゲートウェイは当日輸送の要となる最新鋭のマテハン設備、大地震時にも被害を最小限に抑える免震構造、BCP対策として非常用発電設備、労働環境改善のための全館空調、物流の価値を体験できる見学コースが特徴となる施設である。

建物平面はコア部を外出しにすることにより整形な平面形状を確保した。柱スパンは1階の荷捌きエリアと上層階の倉庫エリアの双方にとって都合のよい11.8m×12.5mを採用し、荷捌きエリアのマテハンと上層階の重量ラックが効率的に配置できる計画とした。ランプウェイは上層階の通行車両台数から算定し北側の1箇所に配置することにより、倉庫エリアを最大限に確保している。

4 構造計画概要

4.1 上部構造

倉庫・事務所エリアの上部構造の構造種別は、柱をコンクリート充填鋼管（5階は非充填鋼管、6階はH形鋼）とした鉄骨造とし、架構形式はXY方向とも純ラーメン架構として計画している。2階は部分的であるため、2階の梁をピン接合として1～2階で1層の架構を形成している。主要な部材断面は柱が1～4階：□-950×950～□-750×750のCFT部材、5階：□-750×750の鋼管部材、大梁は1階：梁成1400～1200mmのH形鋼（一部鉄骨コンクリート梁）、2～5階：梁成1200～1000mmのH形鋼、R階：梁成900mmのH形鋼となっている。1階の大梁はRC造ではなく鉄骨造とすることで、施工性の向上や工期短縮を図っている。床組形式はデッキスラブ工法としている。

ランプウェイの上部構造の構造種別は、柱を鋼管部材とした鉄骨造とし、円周方向の大梁はピン接合

の架構、放射方向の大梁は剛接合の架構として計画している。主要な部材断面は柱がφ900～850の鋼管部材、大梁は1～5階：梁成1600～700mmのH形鋼となっている。床組形式はデッキスラブ工法としている。また、ランプウェイは倉庫・事務所エリアと一体として計画している。斜め梁の影響を考慮するため、ランプウェイ単体のモデルとして、任意形状の鉄骨造構造物一貫設計ソフトを使用し、部材の曲げ変形、軸変形、せん断変形を考慮した検討を別途行っている。ランプウェイと倉庫・事務所エリアとの連結部分のスラブのせん断応力度はレベル2地震時に対してもコンクリートの短期許容せん断応力度以下となっていて、ランプウェイと倉庫・事務所エリアとの間の応力伝達が問題ないことを確認している。図2に5階伏図、図3に長辺方向の軸組図を示す。

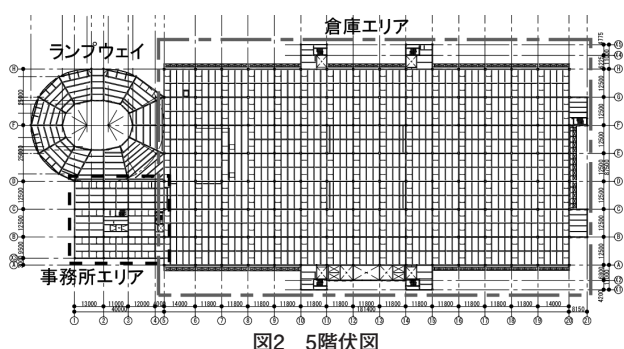


図2 5階伏図

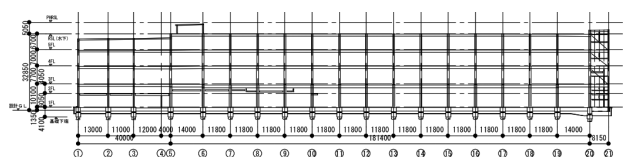
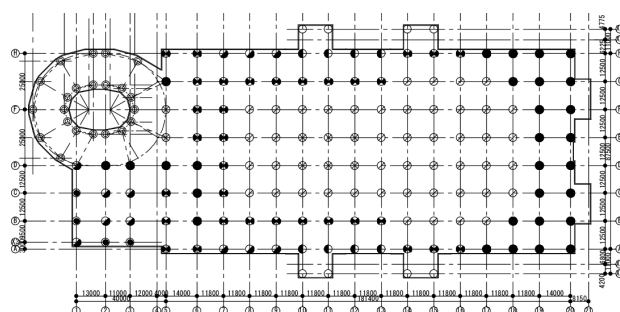


図3 軸組図

4.2 免震構造

1階床下に免震層を設けた基礎免震構造としている。図4に免震装置伏図を示す。免震材料には、静的せん断剛性率が $G=0.39 \pm 0.1 \text{ N/mm}^2$ の内部ゴムを用いた鉛プラグ挿入積層ゴム（径φ800～φ1100、計88基）および天然ゴム系積層ゴム（径φ800～φ1100、82基）を使用している。倉庫・事務所エリアの外周部に鉛プラグ入り積層ゴムを、倉庫・事務所エリアの中央部およびランプウェイに天然ゴム系積層ゴムを配置している。免震材料は基礎を介して杭に接合されており、各基礎は土間コンクリート床で連結されている。免震材料の配置に際しては、免震材料に作用する軸力と水平剛性（周期、捩れ）を考慮している。また、長期荷重時の免震材料の面圧は、平均で基準面圧以下かつ個々で基準面圧の1.2倍以下となってることを確認している。



免震材料断面表

記号	免震材料	個数	小計	記号	免震材料	個数	小計
●	LRB800-φ180	4個	86個	○	RB800	8個	84個
◐	LRB900-φ210	12個		◎	RB900	22個	
◑	LRB950-φ220	8個		⊗	RB1000	46個	
◒	LRB1000-φ230	33個		⊘	RB1100	8個	
●	LRB1100-φ250	29個					計
							170個

図4 免震材料伏図

4.3 基礎構造

基礎はGL-23m付近の砂質土層を支持層とする杭基礎（場所打ちコンクリート杭）である。フジタ式アースドリル杭工法（BCJ-審査証明-97）を採用し、杭の深さ方向に配合の異なるコンクリートを打ち分ける配合調整杭としている。コンクリートの配合は杭頭部でFc33、杭の下部でFc27としている。

4.4 耐震設計方針

長期荷重時、稀に発生する地震動（レベル1）および極めて稀に発生する地震動（レベル2）に対する設計クライテリアを表1に示す。

表1 設計クライテリア

	上部構造	免震材料
長期荷重	・長期許容応力度以下	・長期面圧：平均で基準面圧以下 個々で基準面圧の1.2倍以下 ・免震層の偏心率：0.030以下 (50%,100%,150%,200%,250%歪時)
レベル1 (稀に発生する地震動)	・短期許容応力度以下 ・層間変形角：1/300以下 ・応答加速度：125gal程度以下※2	・最大変形200mm以下 (積層ゴム最大せん断歪み：100%以下) ・引張応力度：生じない
レベル2 (極めて稀に発生する地震動)	・弾性限界耐力以下 (曲げヒンジが発生していない) ・層間変形角：1/150以下 ・柱梁接合部のせん断強度の余裕度：1.2以上 ・応答加速度：250gal程度以下※2	・最大変形500mm以下 (積層ゴム最大せん断歪み：250%以下) ・引張応力度：1.0N/mm ² 以下 (面圧とせん断歪：性能保証変形曲線以下※1) ・取付部：短期許容応力度以下

※1 性能保証曲線は終局変形曲線の2/3倍の曲線
※2 加速度は告示波のみ対象

5 時刻歴応答解析

5.1 設計入力地震動

表2に設計入力地震動の入力レベルと最大加速度および最大速度を示す。設計入力地震動は模擬地震波（レベル1：3波、レベル2：4波）と記録波（3波）とする。記録波の入力レベルについては、最大速度について基準化し、レベル1を25cm/s、レベル2を50cm/sとした。模擬地震波（告示波）については、告示（建設省告示第1461号第四号イ）に基づき作成

した。サイト波については南海トラフ三連動地震による長周期地震動を想定し国土交通省試案（平成22年12月21日）に基づき作成した。

表2 入力地震動

設計用入力地震動名		継続時間 (sec)	レベル1		レベル2	
			最大加速度 (cm/sec ²)	最大速度 (cm/sec)	最大加速度 (cm/sec ²)	最大速度 (cm/sec)
告示波	HACHINOHE NS 位相 L1	200	93.69	13.46	—	—
	KOBE NS 位相 L1	80	90.95	13.59	—	—
	ランダム 位相 L1	60	83.81	12.63	—	—
	HACHINOHE NS 位相 L2	200	—	—	357.83	68.17
	KOBE NS 位相 L2	80	—	—	383.53	64.52
	ランダム 位相 L2	120	—	—	422.87	56.32
サイト波 (長周期)	IBR-3REN-OSK003	600	—	—	133.56	21.15
記録波	EL CENTRO 1940 NS	54	255.39	25.00	510.78	50.00
	TAFT 1952 EW	54	248.26	25.00	496.51	50.00
	HACHINOHE 1968 NS	234	174.86	25.00	349.73	50.00

5.2 解析モデル

解析モデルは等価せん断型の質点系モデルと、柱・梁・免震材料を部材レベルでモデル化した立体モデルの2つのモデルを用いた。なお、両モデルの固有周期が概ね一致していることを確認している。

5.2.1 質点モデル

図5に質点系モデルを示す。質点系モデルでは上部構造と免震材料の水平変形に対する検討を行う。

上部構造の復元力特性は荷重増分法による静的非線形解析から求めた荷重変形曲線を元にモデル化したトリリニアモデルにて設定した。また、上部構造の弾性剛性 K_0 は初期剛性、履歴法則は原点指向型とした。減衰は瞬間剛性比例型とし、減衰定数は上部構造の1次モードに1%、免震材料のせん断ばねに0%とした。

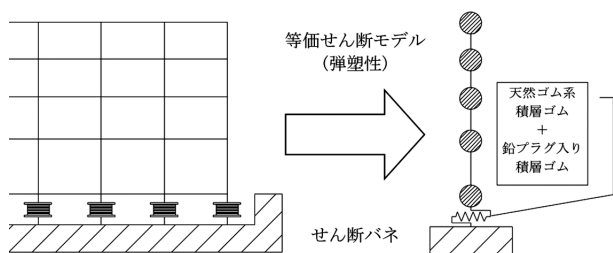


図5 質点系モデル

5.2.2 立体モデル

図6に立体モデルを示す。立体モデルでは上下動を考慮した免震材料の支持能力に対する検討を行う。

コンクリート充填鋼管の復元力特性はトリリニア型とし、履歴法則は剛性低下型（武田モデル）とした。鉄骨柱の復元力特性はバイリニア型とし、履歴法則は原点指向型とした。鉄骨梁の復元力特性はバイリニア型とし、履歴法則は標準バイリニア型とした。鉛プラグ入り積層ゴムおよび天然ゴム系積層ゴ

ムの水平方向特性は各部材位置に、複数のばねからなる特性に異方性の無いせん断ばね（MSS：マルチシアスプリング）を置くことによりモデル化した。MSSでは鉛プラグ入り積層ゴムに修正BROモデル、天然ゴム系積層ゴムに線形モデルの復元力特性を与えた。鉛プラグ入り積層ゴムおよび天然ゴム系積層ゴムの鉛直方向特性は、支持点位置の免震材料の個々の鉛直ばねにより与えた。引張剛性については、圧縮剛性の1/15としてモデル化し、引き抜きを考慮した検討を行っている。減衰は上部構造の水平方向が卓越する固有モードと鉛直方向が卓越する固有モードに対して1%の減衰定数を与えたレーリー減衰を採用する。また、免震層が変形する1次モードから3次モードまでは減衰定数を別途指定し、0%となるようにした。

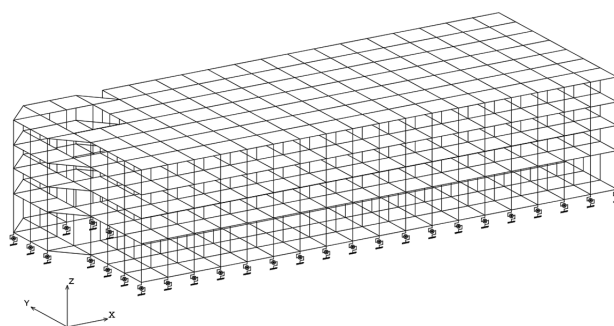


図6 立体モデル

5.2.3 免震材料の特性変化

免震材料の特性変化として、製品誤差、経年変化、温度依存性を考慮する。応答解析のモデル化において、剛性が増加する正側のケースと剛性が低下する負側のケースを考慮した。

5.3 応答解析結果（質点系モデル）

5.3.1 固有値解析結果

X方向・Y方向とも100%歪レベル時に3.7秒、200%歪レベル時に4.1秒程度となっている。

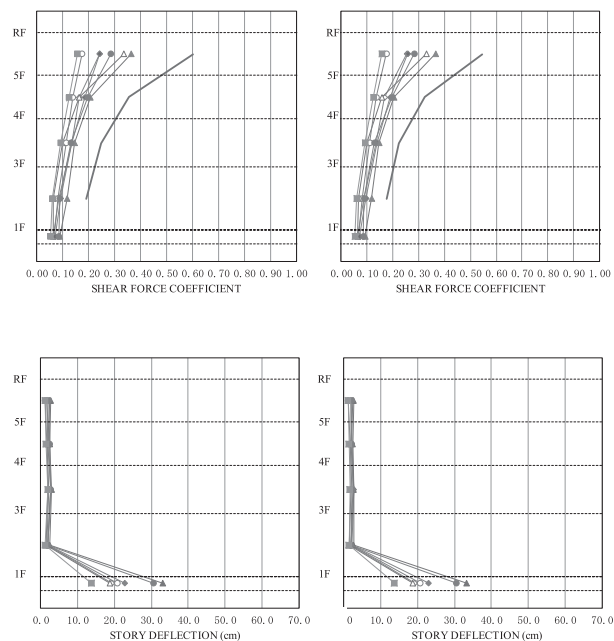
5.3.1 応答解析結果

応答解析結果による最大層せん断力係数は、最下階（1階）でX方向0.117、Y方向0.117、最上階でX方向0.364、Y方向0.365であり、各方向とも弾性限耐力以下である。

最大層間変形角は、X方向1/258（5階）、Y方向1/246（3階）であり、1/150（レベル2時、上部構造のクライテリア）以下となっている。

免震層の最大変形はX方向331.5mm、Y方向332.7mmであり、各方向とも500mm（レベル2時、

免震層の変形クライテリア) 以下となっている。参考として、レベル2地震時の最大せん断力係数と最大変形を図7に示す。



X方向

Y方向

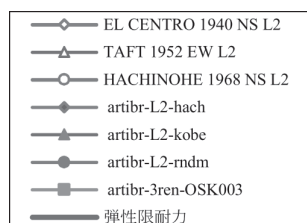


図7 最大せん断力係数と最大変形
(レベル2地震時)

5.4 応答解析結果 (立体モデル)

地震時の面圧の検討は質点系モデルの応答解析において、レベル2地震として転倒モーメントが最大となる告示波Kobe位相を対象とする。面圧の検討にあたっては動的弾塑性立体モデルに水平および上下方向地震動を同時に作用させた検討を行った。

5.4.1 免震材料の面圧検討

レベル2地震動時の免震材料の面圧は基準面圧の2倍以下となっている。また、免震材料には引き抜きは生じていない。

5.4.2 免震材料の変形能力に対する検討

すべての部材で面圧とせん断歪は性能保証曲線以下であることを満足している。参考として鉛プラグ入り積層ゴム (径1100φ) と天然ゴム系積層ゴム (径1100φ) の最大面圧と最大せん断歪の関係を図8に示す。

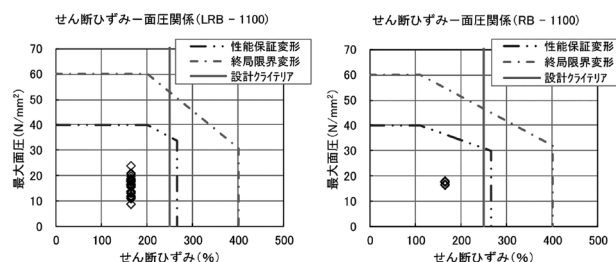


図8 免震材料の変形性能図

5.5 免震層のエネルギー吸収割合に対する検討

レベル2地震動における入力エネルギーに対する免震層のエネルギー吸収率を確認した。入力エネルギーが最大となるのはサイト波 (長周期) 南海トラフ三連動IBR-3REN-OSK003である。そのときのエネルギー吸収割合は、上部構造吸収量で5.3%、変位依存型吸収量で94.4%、運動エネルギーで0.3%であり、免震効果が有効であると確認した。

5 おわりに

本建物の設計から竣工に至るまで関係者の皆様方には多大なご理解、ご協力をいただきました。この場をお借りして心よりお礼申し上げます。