

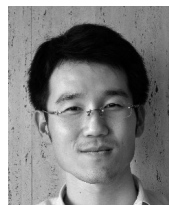
中之島フェスティバルタワー



阿波野 昌幸
日建設計



吉田 聡
同



岡田 健
同

1 はじめに

大阪・中之島のフェスティバルホールは、大阪の文化・芸術の発信拠点として長らく親しまれてきた歴史と伝統のあるホールである。中之島フェスティバルタワー（図1）はこのフェスティバルホールを建替え、これに商業施設とオフィスを組み合わせて計画された高さ200mの超高層複合施設であり、中之島における文化機能・中枢業務機能の充実と、新たな賑わいの創出を図ることで周辺地域を活性化させ、都市再生の推進に貢献することを目的としている。



図1 建物外観

2 建築概要

建 物 名 称：中之島フェスティバルタワー
建 築 主：株式会社朝日新聞社
設 計・監 理：株式会社日建設計
施 工：株式会社竹中工務店
建 築 場 所：大阪市北区中之島2丁目22
用 途：事務所、劇場、店舗等
敷 地 面 積：約8,150m²
建 築 面 積：約5,700m²
延 べ 面 積：約146,000m²
階 数：地上39階 地下3階
高 さ：約200m
基 礎 深 さ：GL-16.5m
工 期：2010年1月～2012年10月末

図2に本建物の断面構成を示す。建物としては、ホールを含む8階以下の低層階、ホール直上9階～12階の中間階、および13階のスカイロビーを挟んで14階以上の高層階、の大きく3つの部分によって構成されている。

新ホールは低層階のうち3階から8階に据えられている。旧ホールと同等の客席数最大2700席を確保した大規模ホールであり、旧ホールの特色を継承しつつ、高く奥行きのあるフライタワーを備えるなど舞台空間を大幅に拡充して最新舞台芸術の多様な要求に応えられる仕様となっている。中間階の用途はオフィスであり、朝日新聞社の大阪本社として使用する。その上部、13階にはスカイロビーと称する外部空間を存分に取り込んだ共用ロビーがあり、さらにその上部の高層階は主にテナントオフィスとして使用される計画である。外観上くびれて外部空間が入り込んでいるように見えるスカイロビーは、高

層階のオフィスにアクセスするためのエレベーターの乗り換え階である。高層階のオフィスは、貸室効率の高いセンターコア形式の平面計画となっており、建物外周部から約15mの無柱オフィス空間を確保している。

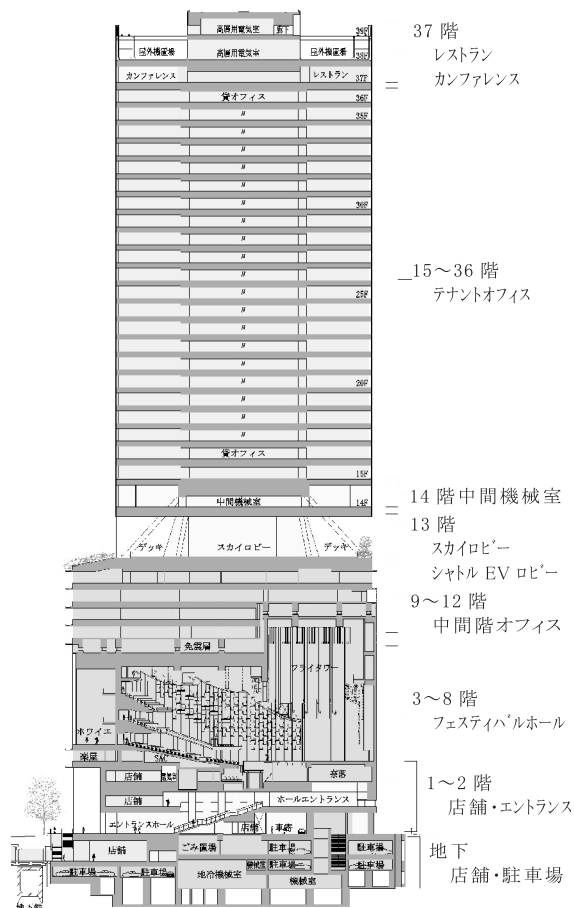


図2 建物断面構成

する中間階と高層階がS造であり、低層階と中間階の間のホール直上部に免震層を設けた中間層免震構造を採用している。

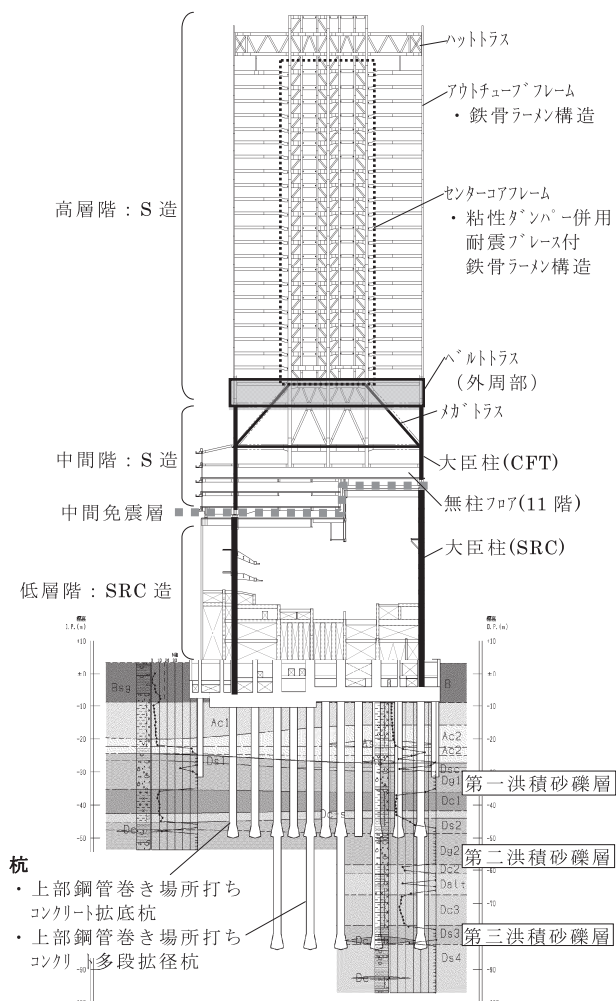


図3 架構断面

3 構造概要

3.1 構造計画

本建物の構造計画上の最大の命題は、座席数2700席の大ホールの上部に、センターコアの超高層オフィスを積み上げることを、高い構造性能を確保しながら実現する、という点である。この命題を実現するために採用したのが、本建物の構造計画を特徴づけている次の2点である。

- ・高層階の荷重をホール外周部に伝達して、ホールの大空間を確保するための「巨大トラス」
- ・ホールとオフィスとの境界に免震層を設けた「中間層免震構造」

図3に本建物の架構断面図を示す。構造形式は、ホールを含む低層階がSRC造、オフィスとして使用

S造の高層階（図4）はセンターコア形式の平面計画となっており、耐震ブレースを組み込んだコア（センターコアフレーム）に加え、1.8m間隔で128本のH形鋼柱を並べたベアリングウォール的な外周架構（アウトチューブフレーム）で所要剛性および耐力を確保する計画とした。コアには地震時の応答抑制と風揺れ対策の目的でオイルダンパーを設置した。また、建物頂部には建物全体の曲げ変形抑制を目的としてハットトラスを設けた。

高層階と中間階の間の13～14階は、高さ約20mを有する立体トラス構造、メガトラス（図5）を有する部分である。このメガトラスで、高層階コアの重量を外周に立つ16本の大断面CFT柱にすべて流すことにより、低層階の無柱ホール空間を実現している。関係者間で「大臣柱」と称しているこの16本の柱には、高層階外周部の128本の柱が支持する

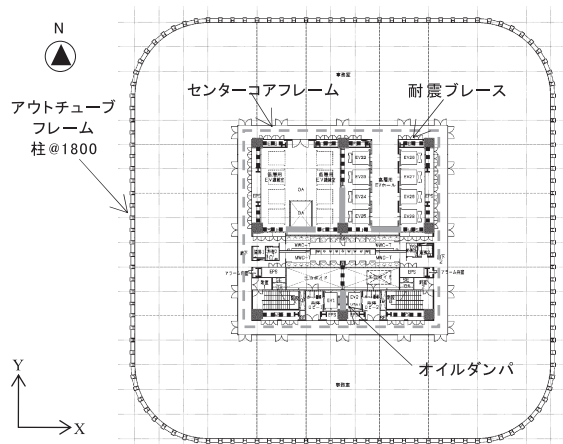


図4 高層基準階平面図

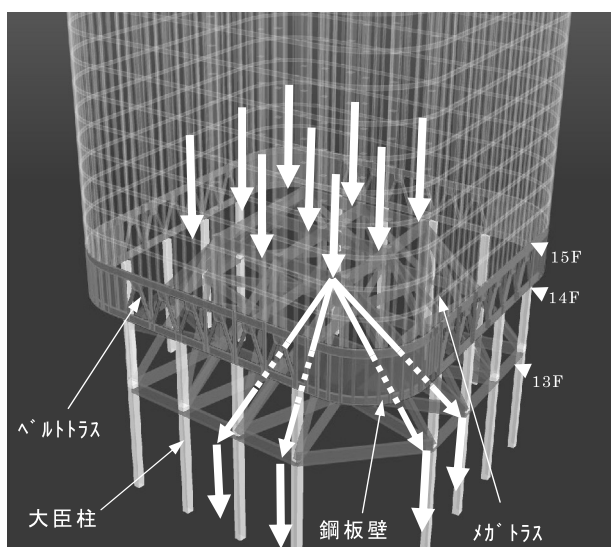


図5 メガトラス・ベルトトラス概要

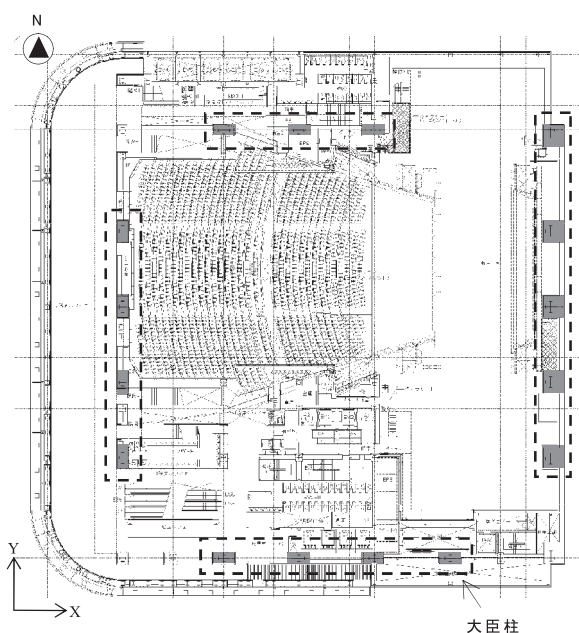


図6 ホール階(5F)平面図

荷重も14階に設けられたベルトトラスによって集約されるため、13階以上の全ての重量が16本の大臣柱で支持されるという計画となっている。

免震層は、中間階と低層階の間に設けた。本建物の免震層は低層階のホール直上にあるため、舞台上部のフライタワーと呼ばれる部分が2層分高い段違い免震層となっている。

免震層以下の低層部(図6)については、ホールの遮音性に配慮してSRC造とし、十分な量の耐震壁で地震力に抵抗する計画とした。低層部において、大臣柱は断面3.0m×1.5mの巨大SRC柱となっている。

3.2 設計クライテリア

本建物の耐震設計クライテリアを表1に示す。

表1 耐震設計クライテリア

地震規模		レベル1地震	レベル2地震
目標性能	高層階 中間階	部材応力	短期許容耐力以下
		層間変形	1/300 以下
	免震層	変形レベル	安定変形の1/2 以下
		変形量	200mm 以下
	低層階	部材応力	短期許容耐力以下※
		層間変形	1/800 以下
	基礎	部材応力	短期許容耐力以下
		支持力	短期許容支持力以下

※観測波を除く

クライテリアは免震層より上部(高層階および中間階)、免震層、免震層より下部(低層階)に分けて設定した。免震層より上部の高層階・中間階については、レベル2地震動時においても部材応力を短期許容耐力以下とすること、および最大層間変形角を1/150以下とすることとした。免震層より下部の低層階および基礎構造については、免震効果が発揮される部分ではないが、高層階、中間階を支持している構造であることの重要性を鑑みて、レベル2地震動時に部材応力を原則的に短期許容耐力以下とすることとした。

免震層の耐震設計クライテリアとしては、変形量としてレベル2地震動時に400mm以下とした。これは使用しているLRBの最小径800φの安定限界変形量に相当する。

4 中間層免震の設計

本建物の耐震性能目標は、大地震後も構造体の被害を軽微とし主要機能を確保することである。低層部がホール、高層部がオフィスという用途の違い、それぞれの構造特性の違いを勘案し、前述の耐震設計目標を満足する手法として、両者の間に免震層を設ける中間層免震構造を採用した。

図7に免震層概要図、表2に免震部材の諸元一覧を示す。免震層は低層階ホール直上部の地上44.9mの高さにあり、建物東側の舞台上部フライタワーが2層分高い（地上53.7m）段違い免震層となっている。免震部材は、鉛プラグ入り積層ゴムアイソレーター（LRB）およびオイルダンパーにより構成されている。

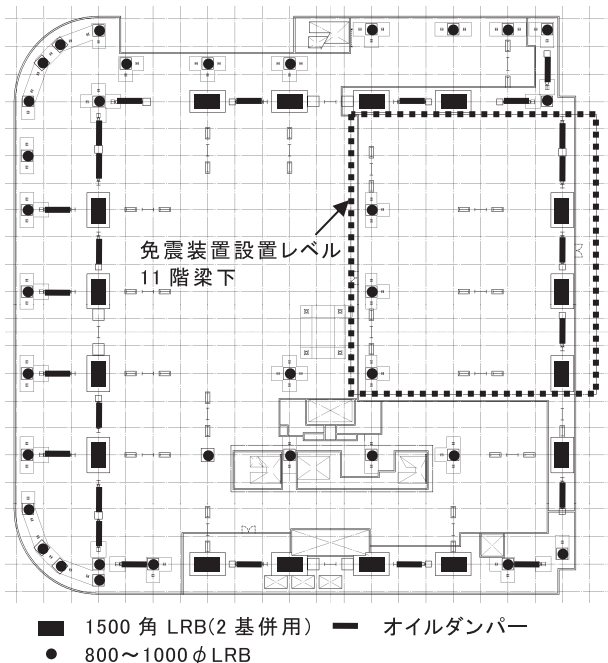


図7 免震層概要図

LRBは、ゴム外寸1500mmの角型LRBを32基使用している。この大型LRBは、1柱あたり6000トンの軸力を支持する大臣柱の直下に2基1セット（図8）で配置されており、これらが支持している重量は、免震層より上部の重量の95%程度になっている。オイルダンパーはリリーフ荷重800kN、最大荷重1000kNのものをX方向Y方向共12基ずつ計24基設置した。鉛プラグとオイルダンパーの降伏せん断力の合計は免震層上部重量の約4.5%程度である。LRB、オイルダンパー共に、主要な免震部材は大臣柱がある構面に取り合うようにし、偏心の影響が少なくねじれが生じにくいバランスの良い配置とした。

表2 免震部材諸元一覧

		内部 ゴム外径 (mm)	数量	鉛プラグ 径 (mm)	初期 剛性 (kN/m)	二次 剛性 (kN/m)	降伏 せん断力 (kN)
L R B	1500□	1500 (角型)	32	4×185φ	38140	2930	930
	1000φ	1000	1	220φ	20420	1570	300
	900φ	900	1	200φ	18210	1400	250
	800φ	800	32	180φ	16610	1280	200

	数量	リリーフ荷重 (kN)	最大減衰力 (kN)	ストローク (mm)
オイル ダンパー	24基 〔X方向12基 Y方向12基〕	800	1000	±700



図8 免震装置設置状況

時刻歴応答解析による安全性の検討は、40質点の等価せん断型立体振動モデルを用いて行った。解析モデルの固有周期を表3に示す。検討用地震動は、図9に示す（1）告示波、（2）観測波、（3）サイト波の3種類10波である。

表3 時刻歴応答解析モデル概要

	一次固有周期（秒）	
	X方向	Y方向
鉛プラグの剛性		
無視	6.285	6.374
初期剛性	3.753	3.851
レベル2地震応答等価剛性	5.361	5.446
高層階・中間階のみ（11階床固定）	3.426	3.593
低層階のみ（1階床固定）	0.338	0.344

図10に解析結果の例として、レベル2地震動時の各階層間変形角と免震層の応答変位を示す。建物のレベル2地震動応答時の固有周期は5～6秒程度となるが、この周期帯が卓越する地震動として想定される南海地震、東南海地震についても、震源特性、伝播特性および地盤特性を考慮して作成した想定地震動によって検討を行い、安全性を確認している。

なお、免震層の水平変位クライテリアはレベル2地震動に対して400mmであるが、免震層のクリアランス（仕上げ、配管等を含む）は最低650mm以上とし、フライタワーとの段違い部については衝突

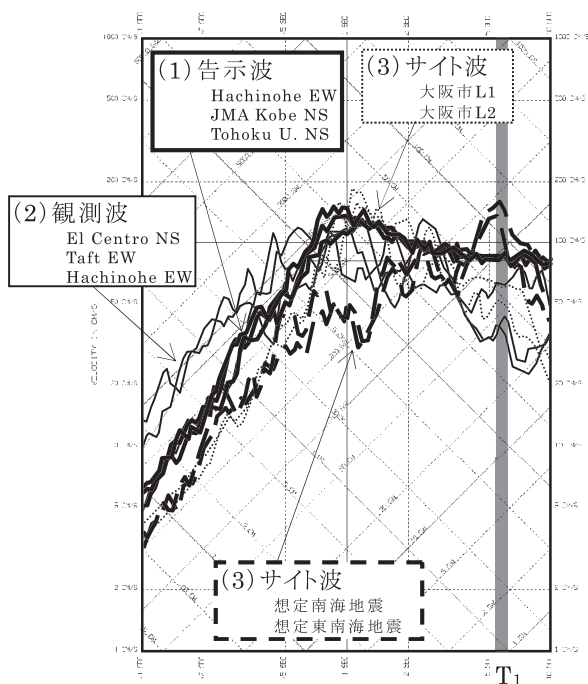
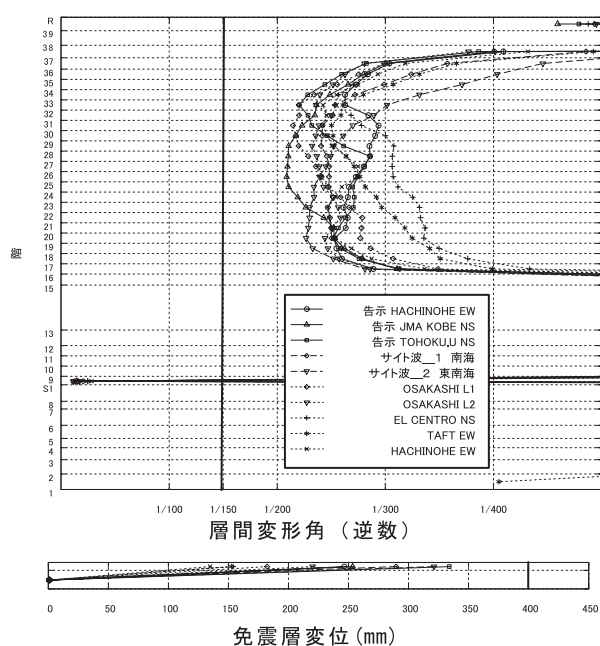


図9 検討用地震動



※温度等に対する免震装置の性能のばらつきを考慮しない場合
図10 レベル2地震動に対する時刻歴応答解析結果
(層間変形角および免震層変位)

をさけるため、クリアランスをさらに100mm大きい750mmとして、安全性の確保に配慮した。

免震層の風荷重に対しての設計は、レベル2風荷重に対してダンパーの降伏耐力以下となることとした。また、LRBの鉛ダンパーは静的な外力に対してクリープし、暴風時の変形が大きくなることが報告されているが、本建物では、レベル2の暴風時に対してこのクリープの影響を考慮しても免震層の変形は安全限界変形(400mm)を超えることはない。ただし、万が一変形が残った場合に、免震層を貫通するエレベーターの運行に支障が生じる可能性があるため、再現期間50年程度の暴風時まではエレベーターが停止しないよう、暴風時には免震層の水平変形をロックして変形量を制限する耐風シアピンを設置している。なお、暴風以外でも、地震等のあとに万が一残留変形が生じた場合には、変形を戻す措置ができるように、オイルジャッキを設置する反力架台もあらかじめ設けてある。

5 おわりに

中之島フェスティバルタワーは2012年10月末に34か月の工事を終えて竣工した。旧フェスティバルホールは50年にわたり大阪の人々に愛されたホールであったが、本建物も周辺地域の活性化に貢献し、長く愛される建物になることを願っている。