

連結制震構造を採用したサウスゲートビルディング



尼崎 隆
西日本旅客鉄道



越野 栄悦
ジェイアール西日本コンサルタンツ



保田 秀樹
安井建築設計事務所



松本 孝弘
同



秋田 智
同

1 建築概要

サウスゲートビルディング(旧アクティ大阪、今回増築後に改称)は、南北の主要幹線道路である御堂筋、四つ橋筋を両翼に配した大阪を代表する地点にあり、御堂筋、四つ橋筋それぞれからの景観に配慮し、大阪駅南口の新たな顔づくりを目指した既存超高層ビルに対する増築計画である。

増築建物の1～3階では吹抜けプラザを開放感のある立体的な広場として整備し、地下1階および3～14階では既存百貨店と一体的に利用できる店舗エリアを構成した。また、地下1階～地上3階の南北連絡通路(図1)は、南側地下街から大阪駅橋上駅へのメイン動線であり、大勢に利用されている公共空間である。

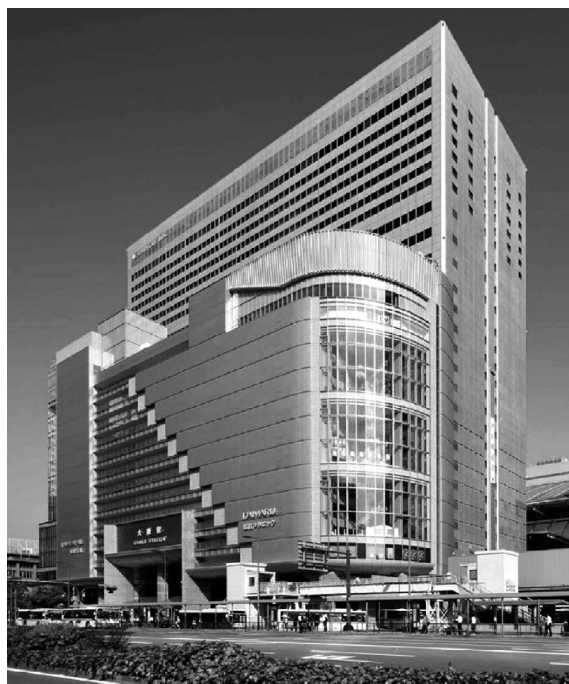


写真1 外観写真

[建物概要]

建 物 名 称：サウスゲートビルディング
所 在 地：大阪市北区梅田3丁目
建 物 用 途：店舗、ホテル、駐車場、駅コンコース
階 数：地上28階、地下4階、塔屋2階(既設棟)
地上16階、地下2階、塔屋2階(増築棟)
最 高 高 さ：122.4m(既設棟)
74.6m(増築棟)
延 べ 面 積：170,530.76m²
構 造 種 別：地上 鉄骨造(1階 SRC造)(既設棟)
鉄骨造(柱 CFT造)(増築棟)
地下 鉄骨鉄筋コンクリート造、鉄筋コンクリート造
建 築 主：西日本旅客鉄道株式会社
大阪ターミナルビル株式会社
設 計 者：株式会社安井建築設計事務所
ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社
施 工 者：アクティ大阪増築工事特定建設工事
共同企業体(竹中工務店、大鉄工業)

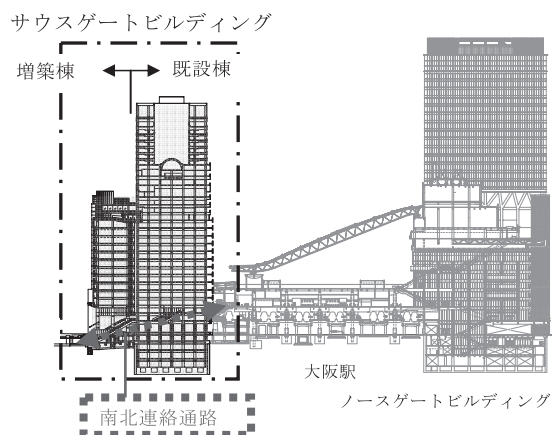


図1 大阪駅開発プロジェクト

2 構造上の課題と連結制震構造の採用

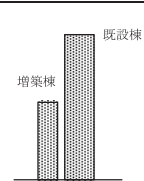
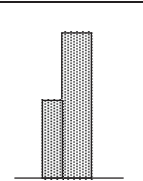
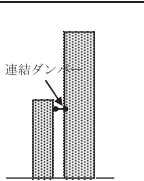
既存超高層建物(以下、「既設棟」)に高層建物(以下、「増築棟」)を増築するにあたり、次の3点が構造上の重点課題であった。

- ① 既設棟の現行法規への適合
(法令の遵守・耐震安全性の確保)
- ② 増築に伴う既設棟の地震力負担の抑止
(既設棟の基礎・杭等の補強の回避)
- ③ 既設・増築間のEXP.Jや補強による空間支障の最小化(有効面積の確保)

単純に躯体相互を緊結する方法や躯体を完全に分離する方法ではこれらの課題を合理的に解決することは難しい。そこでその解決策の一つに、建物相互を制震デバイスで連結する連結制震構造を採り上げ、表1に示す構造方式に対して時刻歴地震応答解析などの結果を比較し、その効果を確かめた。

その結果の一例として、既設棟の最大応答値分布を図2に示す。ここでの連結制震構造は制震デバイスにオイルダンパーを用い、15階床で連結した。最大応答層間変形角は、連結しない場合や全層接続の場合に比べて連結制震構造の場合、応答は減少している。また、最大応答層せん断力係数では、15階(連結階)以上でのホイッピングによる応答の増幅が連結制震構造の場合最も抑制される結果であった。さらに連結制震構造では、EXP.J寸法の目安となる最大応答棟間変位は連結しない場合の1/2～1/3程度に低減された。

表1 構造方式の比較

構造的に独立した構造	両棟の躯体を緊結した構造	特定の床を連結した構造
		

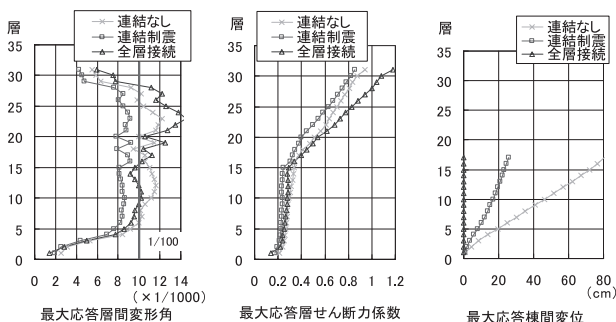


図2 時刻歴地震応答解析結果の一例

3 構造概要

既設棟は、東西を長辺方向とした120m×35mの長方形平面であり、増築棟も同様に120m×20mの辺長比の大きい平面をもち、これら2棟は長辺方向に平行に配置されている。

構造概要図を図3に示す。地下階は既設・増築棟ともに鉄骨鉄筋コンクリート造耐震壁付ラーメン構造である。既設棟の地上階は2階以上が鉄骨ラーメン構造、1階が鉄骨鉄筋コンクリートラーメン構造であり、増築棟には耐震間柱とオイルダンパーを併用した鉄骨ラーメン構造を採用し、柱にコンクリートを充填した。また、既設棟の基礎は、GL-28m以深のN値50以上を示す砂礫層(第一天満層)を支持層とする場所打ち鉄筋コンクリート杭基礎およびGL-40m以深のN値50以上の砂礫層(第二天満層)を支持層とする場所打ち鉄筋コンクリート地中壁、壁杭を併用し、増築棟では第一天満層を支持層とした杭頭鋼管巻き場所打ち鉄筋コンクリート杭(拡底杭)を採用した。

既設棟は昭和58年に竣工し、およそ30年が経過しているが、コンクリートコア試験などからその健全性を確認した。

これら2棟間には次節に示す連結ダンパーを配置して、連結制震構造を構成した。

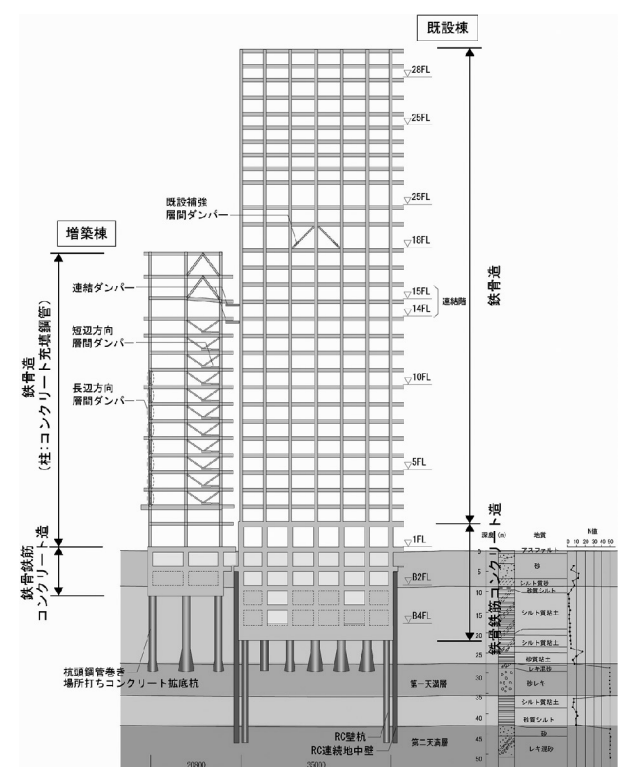


図3 構造概要図

4 連結ダンパーの配置

連結ダンパーにはオイルダンパーを採用し、既設棟側の取付け部の補強を最小限にとどめるため、次の方針によりその仕様・配置を計画した。

- ① 既設棟側の取付け位置は柱梁接合部としたが、その部分への負荷に配慮して連結ダンパーの減衰力は1基あたり最大1000kN、その減衰特性はリリーフ機構を有するバイリニア型とした。
- ② 連結ダンパーは、上層階である14階、15階の2フロアに12基ずつ集約して配置した。また、連結ダンパーの総量(減衰係数)は、事前に検証したエネルギーの消費効率の高くなる減衰係数とし、それに適するオイルダンパーを選定した。
- ③ 連結ダンパーは水平方向の全方位に効果を発揮するように建物の主軸に対して45°方向に、天井内で水平に配置した。

連結ダンパーの取付けを図4に示す。既設棟の耐震補強部材である連結ダンパーを天井内に設置することで、既存の店舗内やホテル内で耐震補強に要するスペースを占有せず、既設棟の耐震性能向上を実現できた。

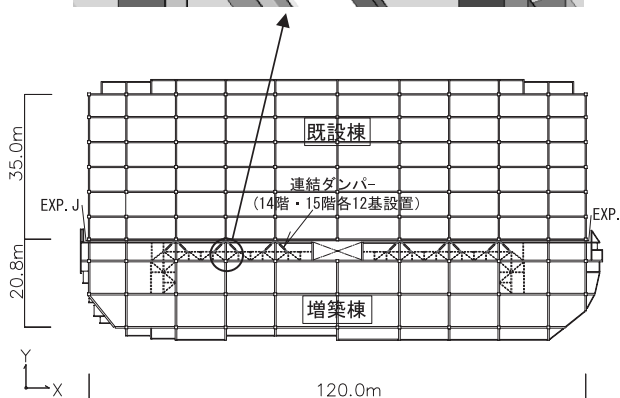
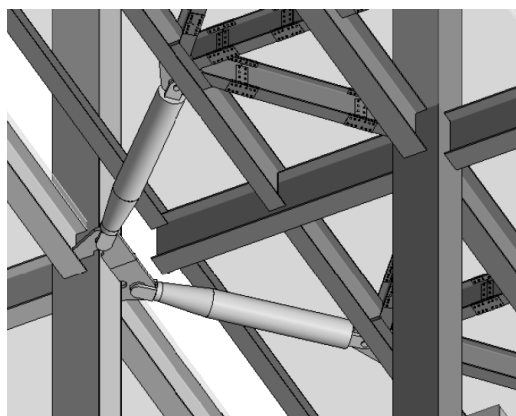


図4 連結ダンパー配置図

5 時刻歴地震応答解析による制震効果の検証

前節で示した既設棟・増築棟の構造架構に対して時刻歴地震応答解析により応答性状を確認した。

時刻歴地震応答解析に用いた振動モデルを短辺方向(Y方向)について図5に示す。14・15階レベルで既設棟と増築棟を結ぶ連結ダンパーは、バネとダッシュポットを直列配置したMaxwellモデルで評価した。

検証に採用した地震波を表2にまとめて示す。表中、「告示波」は平成12年建告第1461号に示された加速度スペクトルに適合した地震波に、建設地の表層地盤の特性を反映した模擬地震波とした。

固有値解析の結果を表3に示す。建物の重量・剛性の違いにより、固有周期は既設棟・増築棟で大きく異なっており本構法の有効性を推測できる。

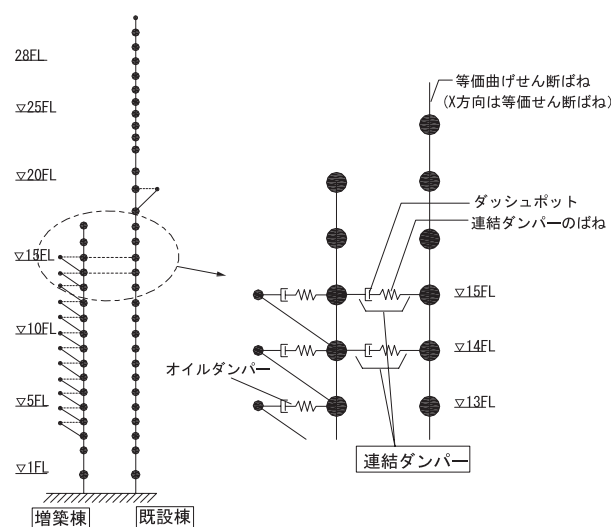


図5 振動解析モデル (Y方向)

表2 採用地震波と入力レベル

地震動名	記録地震動		極めて稀に発生する地震動 (レベル2)		
	最大速度 (cm/s)	最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)	最大加速度 (cm/s ²)	応答継続時間 (秒)
EL CENTRO 1940 NS	33.5	341.7	50.0	510.8	60
TAFT 1952 EW	17.7	176.0	50.0	496.8	60
HACHINOHE 1968 NS	34.1	225.0	50.0	330.1	60
告示波 1	—	—	58.6	369.8	120
告示波 2	—	—	58.6	349.5	120
告示波 3	—	—	82.4	350.5	120

告示波：告示波1, 2は「ランダム位相」、告示波3は「HACHINOHE 1968 NS位相」を採用。

表3 固有周期 (単位: sec)

		1次	2次	3次
X方向	既設棟	3.17	1.19	0.73
	増築棟	2.17	0.74	0.53
Y方向	既設棟	3.02	1.09	0.64
	増築棟	2.35	0.78	0.46

時刻歴地震応答解析により得られた結果の一例として、既設棟の応答に着目し、その最大応答層間変形角を図6に、最大応答層せん断力を図7に示す。各図とも、採用地震波6波による最大応答値を包絡する曲線で示している。また、連結の効果を確認するため、既設棟の単独モデル(連結しない状態)での解析結果も合わせて示している。既設棟の最大応答層間変形角は、単独モデルでは最大で1/70～1/80であったが、増築棟との連結により1/100以下に低減でき、また、最大応答層せん断力も、連結しない場合の70%～80%程度まで低減できた。

既設棟・増築棟の各階床位置での相対変位で表した最大応答棟間変位を図8に示す。連結しない場合に比べ、棟間変位は1/2程度となりEXP.J寸法を小さく抑えて、床面積を有効に活用することができた。

6 おわりに

本建物では高層建物の増築のほかに、既存の店舗エリア部分を駅コンコースへ用途変更する計画も同時に行われた。その際、既設棟の床仕上げ改修だけでなく大梁の撤去を伴った床改修を要したが、既設棟の耐震性向上と現行法への適合を可能とした増築棟との連結制震構造によって、特別な補強を施すことなく改修を実現できた。

既設建物の改修は、店舗・ホテルなどを営業しながらの工事となる場合が多く、補強箇所数や補強位置は改修工事においては重要な要素である。本建物

では、このような問題点を合理的に解決し、建物を継続的に利用する一つの手法を提示できたと考える。

最後になりますが、本計画の設計・監理に携わる機会を頂いた大阪ターミナルビル株式会社の皆様と、本工事に多大な尽力を頂いた工事関係者の皆様に深く感謝いたします。



写真2 吹抜け部（南ゲート広場）

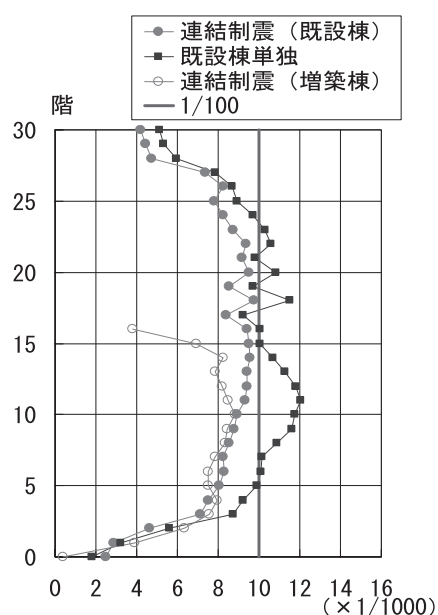


図6 最大応答層間変形角

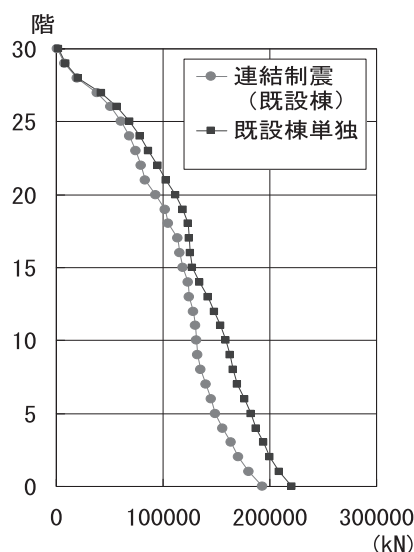


図7 最大応答層せん断力

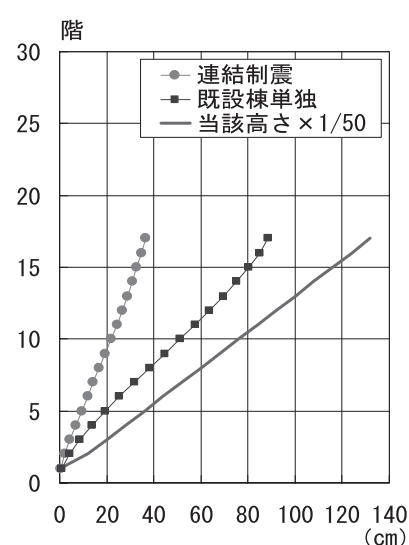


図8 最大応答棟間変位