

新丸の内ビルディング



小川 一郎
三菱地所設計



吉原 正
同

1 はじめに

本建物は、東京丸の内の国際ビジネスセンターの拠点となる高さ約200mの超高層ビルである。低層部が商業用途、高層部が事務用途の複合ビルとして構成されている。首都東京の玄関口である東京駅前広場において、当地区の景観形成をリードし、ゲート性を備えた象徴的な都市景観を形成することを目標に、よりグローバルな視点からコンセプトデザインに英国人建築家のマイケルホプキンス卿を起用している。外壁の凹凸による建物ボリューム感の減少、塔屋を含んだ建物中央部のシンボル性、及び高さ31mラインを介しての高層と低層が明快に分離された意匠デザインが特徴である。



写真1 外観

2 建築概要

建物名称	新丸ビル
所在地	東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
建築主	三菱地所株式会社
主要用途	事務所・店舗・駐車場
階数	地下4階・地上38階・塔屋1階
最高高さ	約198m
延床面積	約195,000m ²
構造種別	地上：鉄骨造(柱CFT) 地下：鉄骨鉄筋コンクリート造 (一部鉄骨造)
外装	アルミカーテンウォール
設計監理	株式会社 三菱地所設計
施工者	竹中工務店
工期	2005.3～2007.4

3 構造設計概要

3.1 構造計画概要

構造的には、超高層建物でありながら、基準階に18m×18mグリッドの大スパン事務室を計画しているのが、最大の特徴である。耐震的には、外周の柔構造フレームとコア内の剛構造(エネルギー吸収)フレームの混合構造である。

1) 鉛直荷重に対する設計概要

オフィスゾーンの床組については、3.6mのモジュールを基本とし、格子梁を用いてたわみの低減をはかっている。オフィスゾーンの18mスパンを支える柱については、高軸力に耐えるよう外形1,200mm程度の角型CFTとし、下層階の鉄骨材質はS590N級、コンクリートはFc60Nの高強度コンクリートを使用している。外装については、外周フレームから3.6mはね出した先端で支持しているため、はね出し及び先端小梁の剛性を確保している。

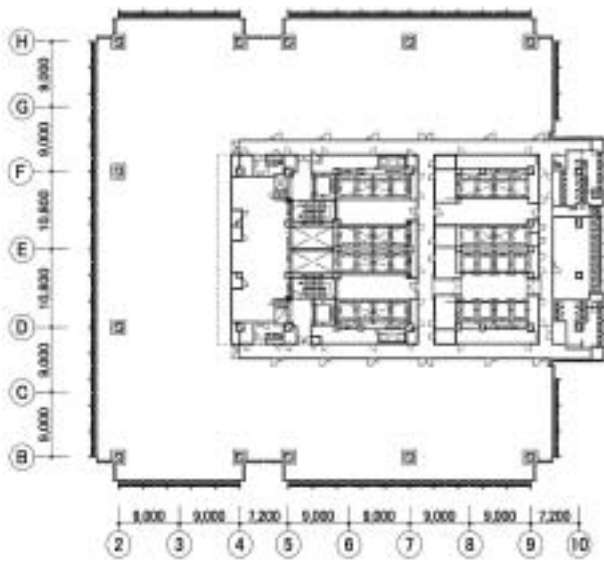


図1 基準階平面図

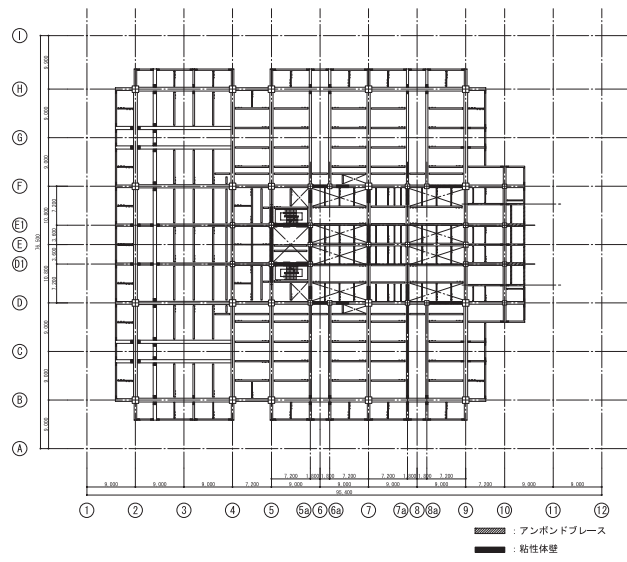


図2 基準階伏せ図

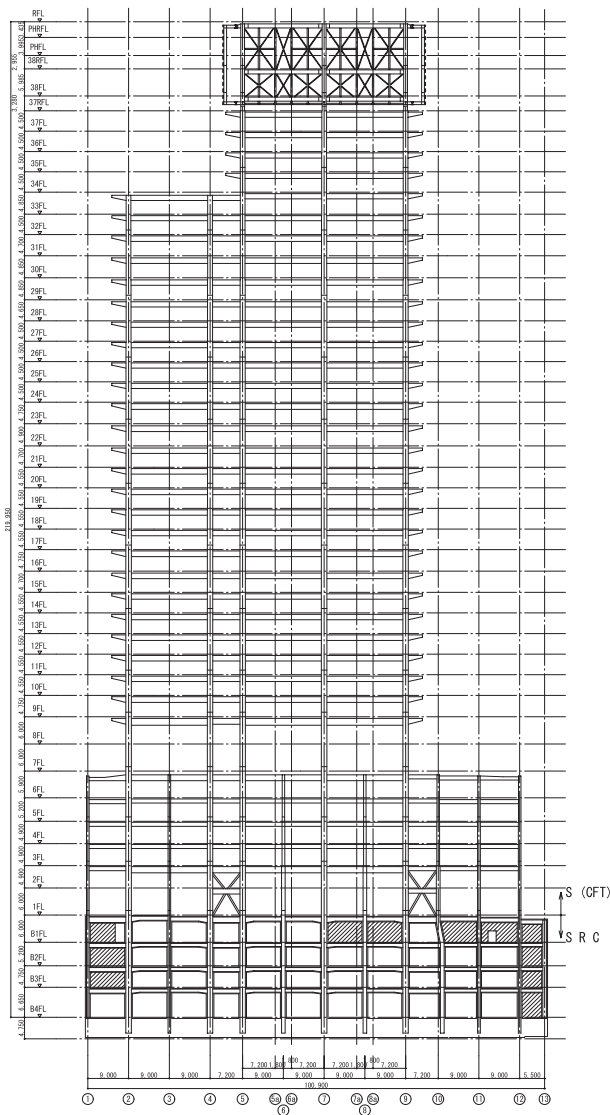


図3 外周フレーム軸組図

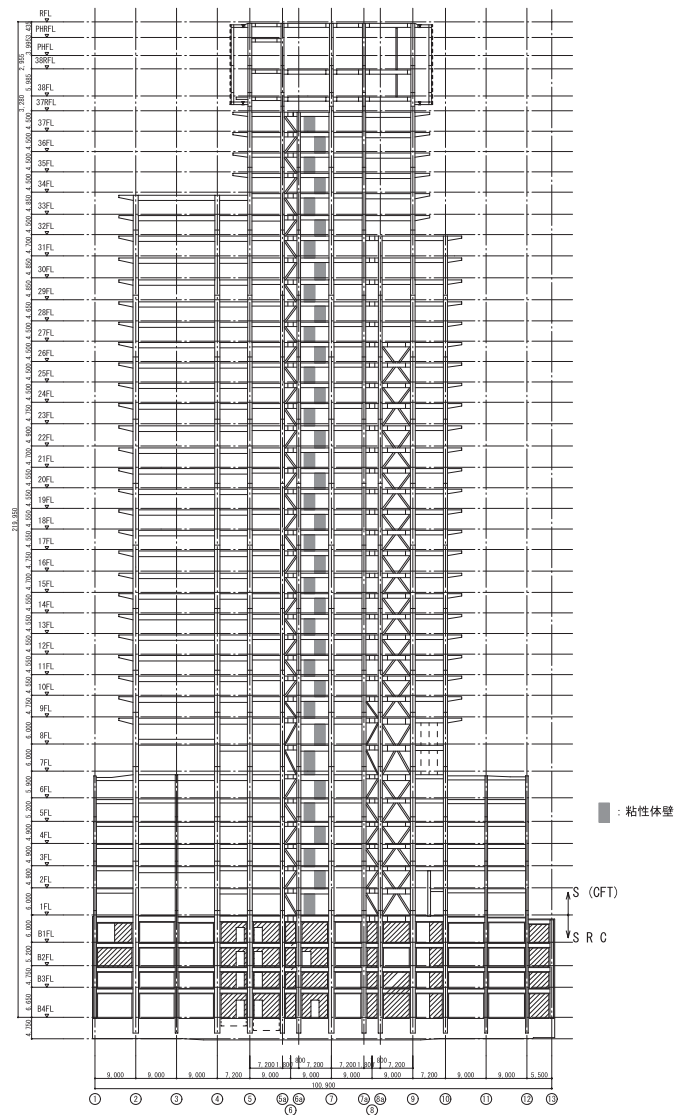


図4 コアフレーム軸組図

2) 水平荷重に対する設計概要

高層部の外周は、X、Y両方向とも18mグリッドを基本としたフレーム構造としている。外周部の大梁は、3.6mのはね出し床及びはね出し先端部の外装を支持するため、想定する最大の地震時においても損傷程度が軽微(ほぼ弾性)であるよう、剛性及び強度を確保している。

一方、コアフレームは、水平剛性の比較的小さい外周フレームを補うだけの剛性・耐力を確保すると同時に、履歴系及び粘性系のダンパーを配置し、地震時のエネルギーを極力吸収させている。粘性系のダンパーについては、主に中小地震時の減衰性を高めることにより、応答の低減と振動の減衰性を高めることを目的とした。また、履歴系のダンパーについては、大地震及び極大地震時における柱梁主フレームの損傷を極力低減することを目的とした。

3) 部材断面サイズ及び板厚に関する設計概要

オフィス基準階の大梁の梁せい設定については、大スパン18m(最大スパン21.6m)のたわみを抑えること及び特に建物全体の水平剛性・ねじり剛性を確保する必要から、下層階で梁せい1200mm、上層階で1150mmと設定している。また、想定するフランジの板厚及び幅としては、基本を40mmの600mm以下、外周梁において最大で50mmの700mm以下としている。

3.2 耐震設計概要

本建物の耐震性能は、兵庫県南部地震と同規模の直下型地震並びにM8クラスの長周期長時間地震動に対して中破以下(層間変形角1/100以下)に抑えることを目標としている。

制震部材としては、履歴系及び粘性系のダンパーを配置している。履歴系のダンパーとしては、新日本製鉄社製の225N/mm²級低降伏点鋼材を用いたアンボンドブレースを各階約20箇所、粘性系のダンパーとしては、オイレス工業社製の壁型粘性せん断ダンパー(Viscous Wall Damper)を各階約7箇所を設置している。

アンボンドブレースは、芯材断面を22×250~36×300の範囲で上下階に応じて6種類切り替えて採用している。一部下層階に、強度確保のため芯材をSN490材としたタイプも使用している。

制震壁は、高粘度の粘性体の粘性せん断抵抗を利用したもので、粘性体を充填した外部鋼板(粘性体容器)の間に内部鋼板(抵抗板)を挿入したものである。風及び中小地震時の揺れから大地震時の激しい

揺れまで幅広い振動減衰効果を期待している。種類としては、内部鋼板がシングルタイプとダブルタイプの2種類を使い分けており、主に上層階をシングルタイプ、中下層階をダブルタイプとしている。有効減衰力の目安としては、ダブルタイプで1800kN、シングルタイプで900kN程度である。

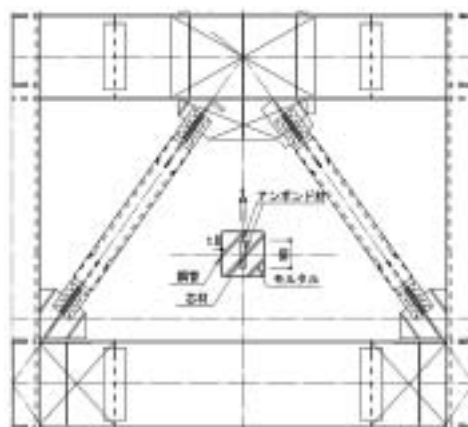


図5 アンボンドブレース

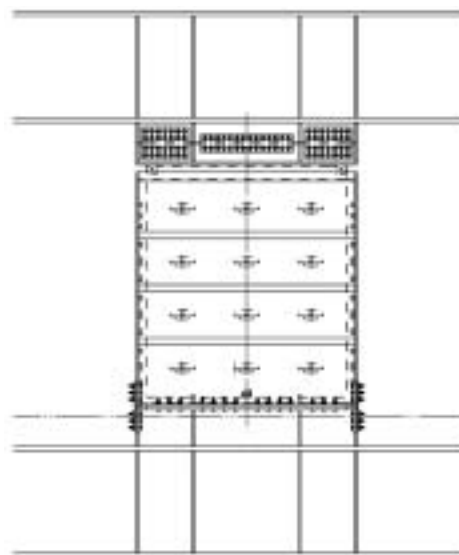


図6 粘性壁

3.3 地震応答解析結果概要

振動解析モデルは、各階の質量を各階床位置の質点に集約し、各質点間を曲げせん断棒でつないだ44質点系モデルとした。建物の一次固有周期は $T_1 = 4.05$ (s)である。

入力地震波は、M8クラスの長周期成分の大きい長時間地震動4波(以降、関東波、エネフィット波とする)、建築センターBCJ-L2波、兵庫県南部地震と同規模の断層を想定した直下型の模擬地震波(以降、直下型L4波とする)の合計6波である。

表1 入力地震波一覧

検討地震波		最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)	継続時間 (s)
関東波	NS	88.5	47.5	435
	EW	83.8	25.3	435
エネフィット波	NS	387.8	69.4	420
	EW	449.9	62.6	420
BCJ-L2波		355.7	57.4	120
直下型L4波		594.0	90.5	50

図7に各階最大層間変形、図8にフレームの塑性率を示す。最大応答は、直下型L4地震で生じているが、いずれの地震波も層間変形角1/100、塑性率2.0以下のクライテリアを満足している。

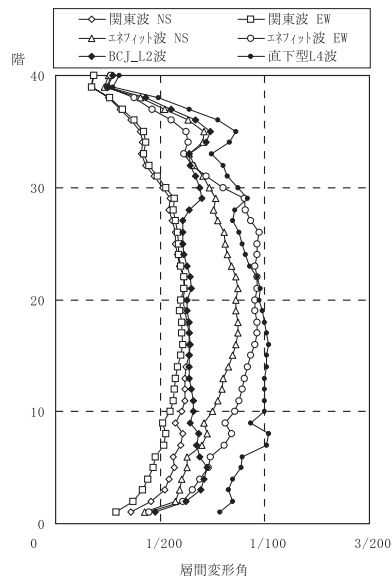


図7 最大層間変形角

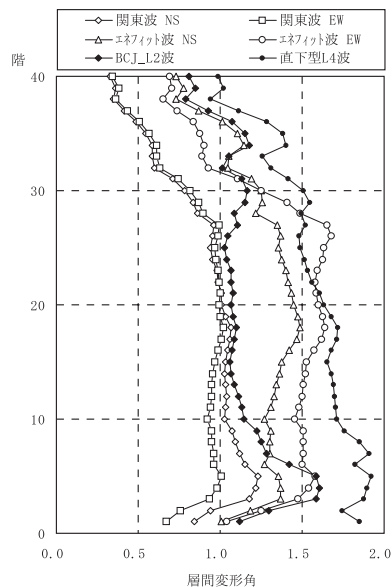


図8 最大塑性率

表2に各地震波の入力エネルギー並びにエネルギー吸収配分を示す。関東波・エネフィット波は、BCJ-L2の1.5倍程度のエネルギー総入力を受けている。関東波・エネフィット波・BCJ-L2波では、フレームの負担割合が小さく制震部材(制震壁・制震ブレース)の吸収割合が多くなっており、フレームの損傷が小さくなっていること分かる。それに対して直下型L4波では、フレームの負担割合が多くなる傾向となっている。図9～10に関東波NSとBCJ-L2波の時刻歴エネルギー吸収配分の例を示す。

表2 各地震波の入力エネルギーとエネルギー吸収配分

地震波		エネルギー 総入力	エネルギー配分割合			
			減衰	制震壁	制震ブレース	フレーム
関東波	NS	7.798E+07	2.455E+07 (31.5%)	2.064E+07 (26.5%)	3.281E+07 (41.2%)	6.917E+05 (0.9%)
	EW	2.092E+07	8.197E+05 (39.2%)	7.468E+05 (35.7%)	5.255E+05 (25.1%)	2.003E+02 (0.0%)
エネフィット波	NS	7.716E+07	3.467E+07 (44.9%)	2.066E+07 (26.8%)	2.013E+07 (26.1%)	1.761E+06 (2.3%)
	EW	7.054E+07	3.242E+07 (46.0%)	1.863E+07 (26.4%)	1.544E+07 (21.9%)	4.101E+06 (5.8%)
BCJ-L2波		5.114E+07	2.769E+07 (54.1%)	1.254E+07 (24.5%)	9.238E+06 (18.1%)	1.290E+06 (2.5%)
直下型L4波		3.412E+07	1.279E+07 (37.5%)	6.375E+06 (18.7%)	9.359E+06 (27.4%)	5.567E+06 (16.3%)

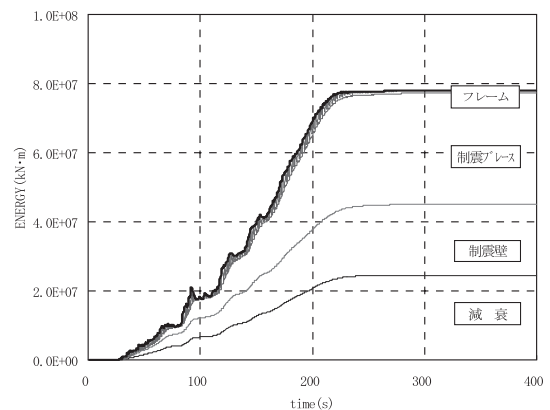


図9 関東波NS

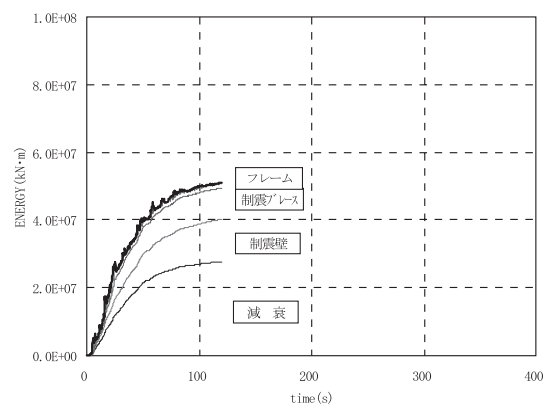


図10 BCJ-L2波

また、別途解析により、制震壁の効果を検討した。入力地震動は、中地震を想定したレベル1相当の模擬地震波VE75N($A_{max}=229.6\text{cm/s}^2$ 、 $V_{max}=28.8\text{cm/s}$ 、継続時間60秒)とした。例として上層階34階の最大応答値は、制震壁がある場合は無い場合に比べて、加速度で89%、層間変位で83%に低減された。図11に34階の時刻歴応答加速度を示す。また、図12に入力終了後(60秒以降)の自由振動の減衰性の比較を示

す。制震壁による効果は、建物に仮定した粘性減衰2%に対して概ね2%程度の付加減衰に相当していることがわかる。

4 おわりに

本建物は、2007年4月12日に竣工し、4月27日にグランドオープンした。

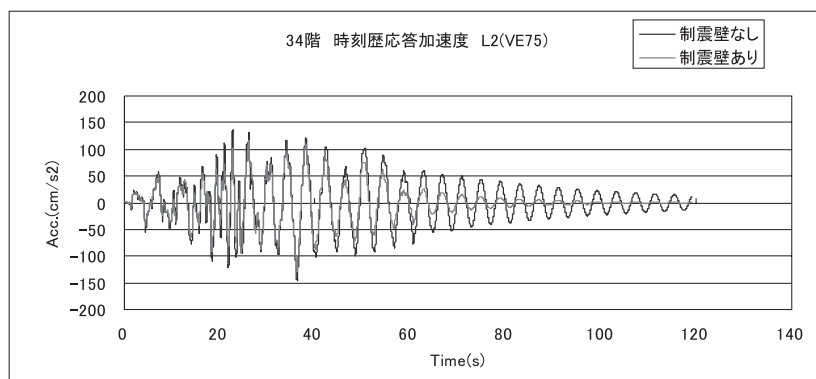


図11 34階時刻歴応答加速度

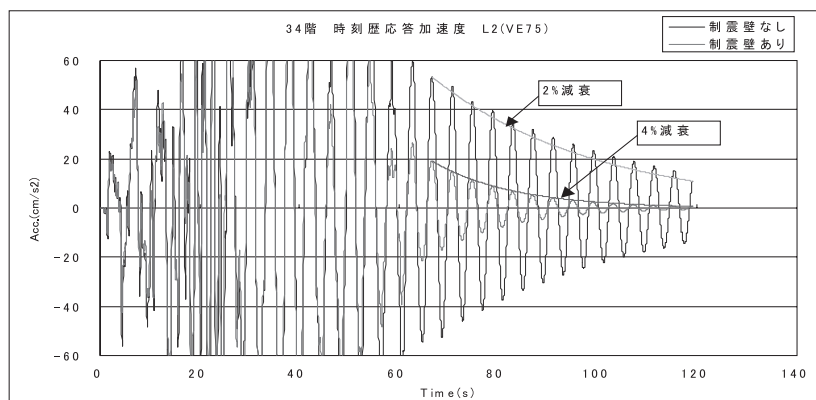


図12 自由振動時の減衰性(34階時刻歴応答加速度)



写真2 アンボンドブレース設置状況



写真3 制震壁設置状況