

HSRプロジェクト



齊木 健司
三井住友建設



小林 哲之
同



長谷山 幸好
同



堀 裕弘
ABSGコンサルティング

1 はじめに

本建物は、昭和40年に東京都中央区に建設された事務所ビルである。耐震診断の結果耐震改修が必要とされたが、各階を使用するテナントが異なる貸事務所ビルという性格上従来の耐震補強方法では建物の使用性に与える影響が大きく、事務所を利用しながらの改修は困難であった。この問題を解決する方法として、2階の柱中央位置に免震装置を設置する中間階免震改修を実施した。

2 既存建物概要

既存建物の建築概要を以下に示す。

建築名称	TOKYU REIT 八丁堀ビル
建築場所	東京都中央区八丁堀2丁目
建築年次	昭和40年
用途	事務所
構造形式	地上：鉄骨鉄筋コンクリート造 地下：鉄筋コンクリート造
架構形式	耐震壁付ラーメン構造
階数	地上9階、地下2階、塔屋3階
建築面積	876.64m ²
延床面積	9,135.82m ²
軒の高さ	31.55m
最高高さ	41.80m
基準階階高	3.25m
基礎形式	杭基礎(ベノト杭)
地盤種別	第二種地盤



写真1 既存建物外観

上部構造は建設当時の耐震設計基準に従い、高さ16m以下で設計震度 $k=0.2$ とし、それ以上の階は1階につき設計震度を0.01ずつ増した水平力を元に許容応力度設計がなされており、既存建物の耐震診断の結果、耐震改修が必要と判断された。

また、本建物は平成11年に内外装のリニューアル工事が行われており、1階エントランスの改装および外装にはカバー工法による建物ガラスカーテンウォールが設置されている。

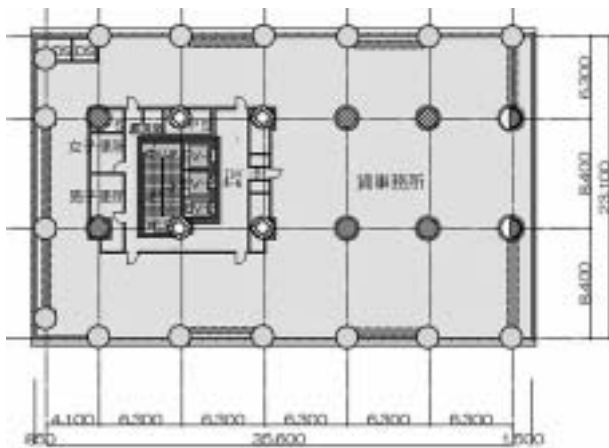
3 耐震改修計画概要

3.1 免震構造の計画

前述のように、従来の耐震補強方法では建物の使用性に与える影響が大きく、改修計画が困難であったため、2階の柱中央位置に免震装置を設置する中間階免震改修を計画した。免震層となる2階は改修後も事務所として使用されるため変形量を小さくすることが要求され、極めて稀に発生する地震動入力に対して2階の最大変形量を0.30m以下とすることとしている。

免震装置は各柱中央に天然ゴム系積層ゴム500φ～800φを設置し、減衰装置は梁下に増幅機構付粘

性減衰装置「減衰こま」(最大減衰力1,250kN)を長短辺両方向共4基ずつ設置する。最大変形時の等価粘性減衰定数は20%以上となっている。免震層を貫通するEVシャフトおよび階段室は3階大梁から吊り下げ、階段は地下1階で切断する計画とした。構造クリアランスは水平方向0.35m、鉛直方向0.05mとする。図1に免震階となる2階の平面図、図2に建物断面図を示す。



- 積層ゴム
- NRI-500φ 16基
 - NRI-600φ 2基
 - ⊗ NRI-700φ 6基
 - ⊙ NRI-800φ 4基
- 減衰こま ⊞ RDT-125

図1 免震階平面

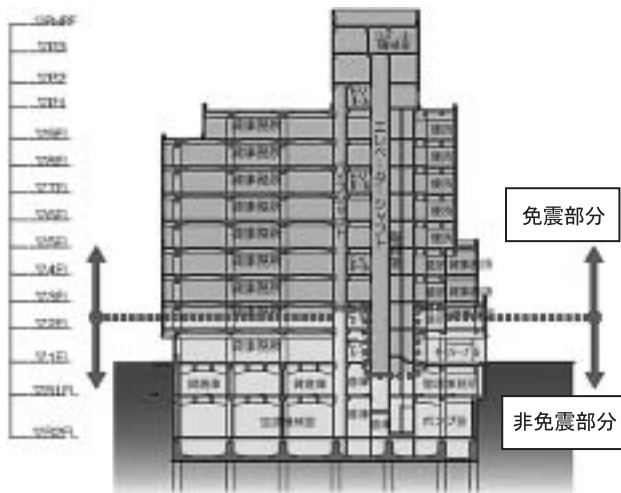


図2 建物断面

3.2 耐震性能目標

本建物の耐震改修後の性能は、極めて稀に発生する地震動入力に対して表1に示す目標としている。改修設計用入力地震動は表2に示す既往の観測地震波および告示波を採用した。

表1 耐震改修性能目標

入力地震動	極めて稀に発生する地震動
地上部分	・ 架構レベルで弾性限耐力以内 ・ 層間変形角 1/500 以内
免震装置	・ 最大変形量 0.30m 以下 ・ 積層ゴム：圧縮限界強度以内 かつ引張力が面圧 1N/mm ² 以下 ・ 減衰こま：速度 1.5m/s 以内
地下部分	・ 許容応力度以内
基礎(杭)	・ 許容応力度以内

表2 改修設計用入力地震動一覧

	加速度 (m/s ²)	速度 (m/s)
告示波 1 (EL CENTRO 位相)	3.76	0.541
告示波 2 (KOBE JMA 位相)	3.25	0.691
告示波 3 (乱数位相)	3.14	0.582
EL CENTRO 1940-NS	5.11	0.500
TAFT 1952-EW	4.97	0.500
HACHINOHE 1968-NS	3.30	0.500

3.3 解析結果

本改修で採用した粘性減衰性能が振動性状に与える影響を、複素固有値解析による位相特性から検討している。表3に無減衰系および減衰系の固有周期、減衰定数および変位の刺激関数の抜粋(2、3階および9、R階)を示し、図3に複素刺激関数の表示方法を示す。固有値解析に採用する減衰係数は、最大変形0.3m時の減衰力から算出し、構造物の内部減衰は免震階以外に剛性比例型減衰2%を与えた。

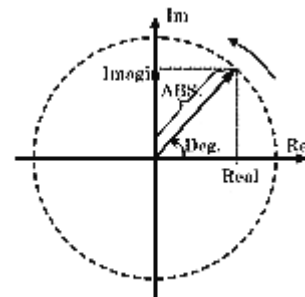


図3 複素平面のイメージ

表3 固有値解析結果

		無減衰	0.3m 変形時等価減衰系			
階	刺激関数	刺激関数				
		Real	Imag.	ABS.	Deg.	
1次	R	1.015	1.020	0.007	1.020	0.4
	9	1.013	1.018	0.006	1.018	0.4
	3	0.984	0.988	-0.008	0.989	359.5
	2	0.003	0.003	0.001	0.003	25.7
	周期(s)	3.14	3.13			
	減衰定数	—	0.244			
2次	R	-0.019	-0.033	-0.097	0.102	251.0
	9	-0.015	-0.028	-0.076	0.081	250.1
	3	0.012	0.019	0.061	0.064	72.6
	2	0.000	-0.001	0.000	0.001	153.2
	周期(s)	0.30	0.30			
	減衰定数	—	0.068			

減衰系の1次モードは24%で、周期と刺激関数の絶対値は無減衰系との差が無く、免震層(2階)に位相差が生じていることが分かる。また高次モードは刺激関数が若干励起されるが、その影響は小さい。

地震応答解析は1階柱脚を固定とした12質点のせん断弾塑性単列マスーバネモデルとした。免震装置の性能変動を考慮した検討の結果、表1に示す目標性能を満足することを確認している。位相差を確認するために、告示波1入力時の免震階における水平力の時刻歴を図4に示す。積層ゴムの水平力(せん断力)と減衰こまの減衰力は逆相となっており、両者の和(全反力)の最大値発生点は、せん断力と減衰力の最大値発生点とずれていることが分かる。

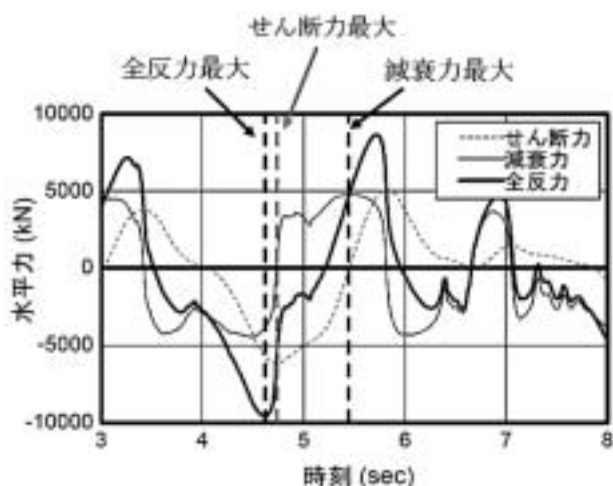


図4 水平力の時刻歴

4 改修工事概要

4.1 施工計画概要

本改修では減衰こまを2~3階梁間に設置し、減衰力と積層ゴムのせん断力の負担を梁と柱に分離することで、構造体への補強を最小限に抑えており、2階以外の工事範囲を地下1階~1階のEVシャフトおよび階段の改修工事のみにとどめている。

工事階以外を居ながらとする本工事では、重機を入れにくいために手作業が増え短期間に複雑に関係する様々な工種をこなさなければならないため、施工計画を効率よく計画する必要がある。

また施工中の安全計画として、内部階段の施工中における2方向避難経路の確保のために外周足場を利用できるように計画し、柱の切断や壁の撤去に伴う耐震安全性の確保のために免震装置固定プレートや仮設ブレースを設置して施工前の構造耐力を確保した。

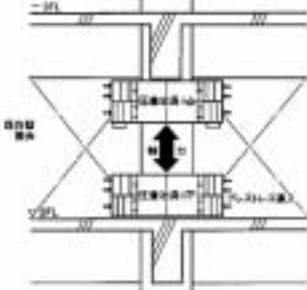
4.2 柱の免震化工事

本改修工事では、積層ゴムの設置位置を2階柱の中央位置とすることで、免震化による柱の構造補強を不要としている。柱を切断する際には写真2に示すように柱頭柱脚に鉄骨製の仮設治具を圧着し、サポートジャッキへ柱の軸力を移している。ダイヤモンドワイヤーソーで柱を切断して積層ゴムを設置し、フラットジャッキにより軸力を積層ゴムに戻した後に積層ゴムを固定している。一連の作業手順を図5に示す。本工事では建物規模、コストおよび工期から柱3本を1サイクルとした施工計画としている。

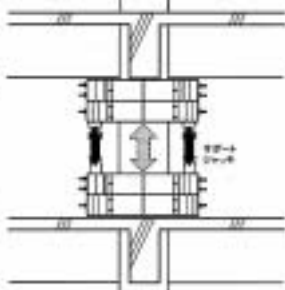


写真2 仮設治具の設置と柱切断状況

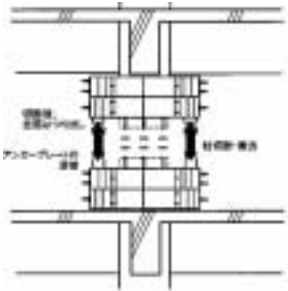
①柱上下に圧着治具を
設置、PCで緊張



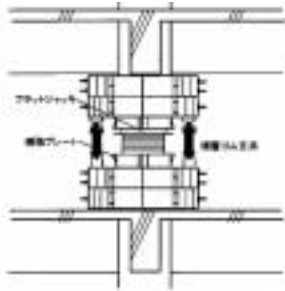
②サポートジャッキ
に軸力を移行



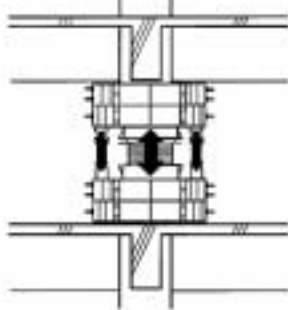
③柱の切断、装置設
置部分の処理



④免震装置設置



⑤フラットジャッキ
による軸力移行



⑥圧着治具撤去

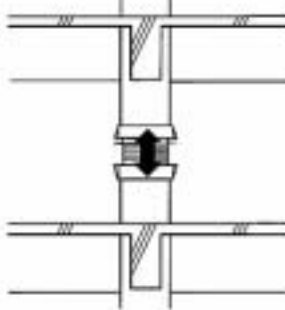


図5 積層ゴム設置手順

4.3 粘性減衰装置設置工事

減衰こまの設置状況を写真3に示す。



写真3 減衰こま設置状況

5 おわりに

本建物は、耐震改修計画について(財)日本建築防災協会の耐震判定を受け、国土交通大臣認定および中央区より建築物の耐震改修の促進に関する法律に基づく認定を取得した後、耐震改修工事を実施した。

写真4は耐震改修工事終了後の建物外観であり、建築的に納まりの厳しい条件の中で平成11年に実施した外観ファサードを変えることなく免震改修に成功している。



写真4 改修施工後外観

最後に、本耐震改修の設計・施工を進めるにあたりご指導とご協力を頂いた皆様に御礼申し上げますと共に、本誌への掲載をご快諾頂いた東急リアル・エステート・インベストメント・マネジメント株式会社に紙面をお借りして御礼申し上げます。