

ディーアイシービル



山中 昌之
大林組



中塚 光一
同



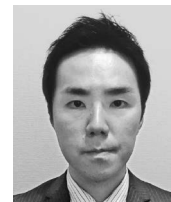
巻島 一穂
同



大橋 史和
同



岡田 郁夫
同



馬場 敏光
同

1 はじめに

本建物は、既存建物（1967年竣工）の地下躯体を利用した中間層免震構造の事務所ビルである。中間層免震構造の採用により、上部構造はもとより、既存地下躯体への地震力の入力低減を図っている。

既存地下躯体の再利用に当たっては、十分な健全性・耐久性を確認の上、今後の中性化の進行を抑制する対策を施した。また中性化深さの予測法と抑制効果の評価法を確立、日本建築センターの評定を日本で初めて取得している。



写真1 建物全景写真

2 建築概要

建設地：東京都中央区日本橋3-7
 建築主：日誠不動産株式会社
 設計監理：株式会社大林組一級建築士事務所
 施工：株式会社大林組
 用途：事務所、駐車場
 階数：地下4階 地上12階 塔屋2階
 建物高さ：55.993m
 延べ面積：29,780.34m²
 建築面積：2,025.03m²
 構造：上部S造（CFT）、下部SRC造
 基礎形式：直接基礎

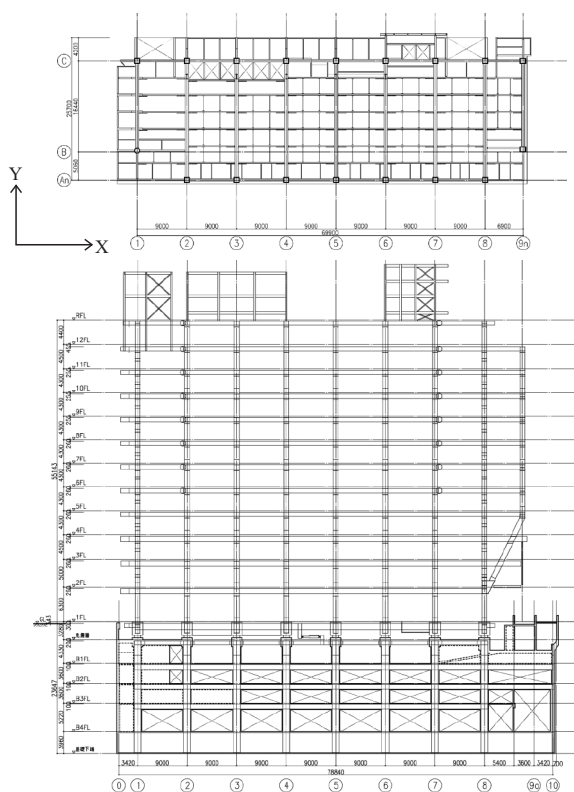


図1 基準階伏図（上）、軸組図（下）

3 構造計画概要

本建物は、1階床下に免震層を設けた中間層免震構造の事務所ビルである。地下部は、下図に示す様に1967年に竣工した既存建築物の構造体を利用して、また地上階の有効利用を図る為、1~3階で柱を外側に傾けた構造としている。

上部構造はCFT柱と鉄骨梁によるラーメン構造とし、梁は端部を水平ハンチとしている。また下部構造は耐震壁付ラーメン構造、基礎構造はGL-24mの東京礫層を支持層とする直接基礎である。

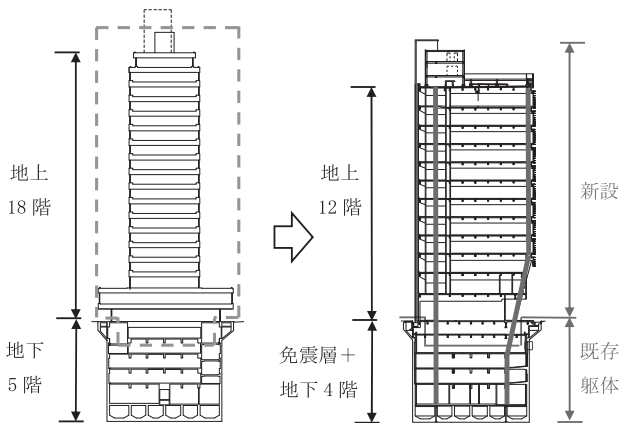


図2 既存躯体利用範囲

4 免震構造概要

支承材として、鉛プラグ挿入型積層ゴム（以下、LRB）16台を採用した。せん断弾性率 $G=0.385\text{N/mm}^2$ 、径は $1100\phi, 1200\phi, 1400\phi$ （二次形状係数はそれぞれ5.5、6.0、7.0）の3種類とした。また減衰材としてオイルダンパー（最大減衰力 1000kN ）を4台配置した。免震層の設計クリアランスは 500mm と設定した。これは積層ゴムの250%歪に相当し、以降で示すレベル2地震動時の変形 260mm より十分大きな値である。

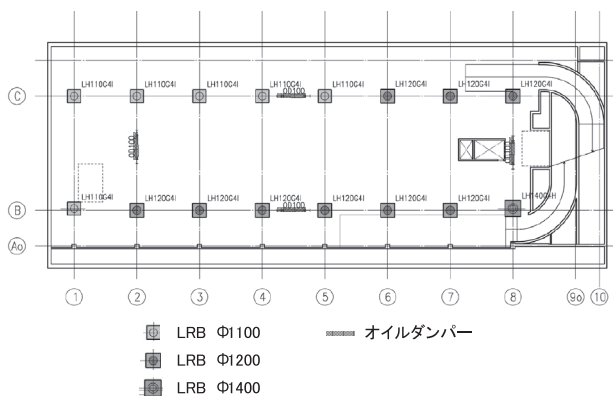


図3 免震部材配置図

5 地震応答解析の概要

1) 設計性能目標と設計用入力地震動

耐震性能目標を表1に示す。設計用入力地震動は、ランダム位相・八戸EW位相・神戸NS位相を用いた告示適合波（告示波）3波及び観測波3波の合計6波とした。表2に採用波の一覧を示す。

表1 耐震性能目標

対象部位		レベル1地震動	レベル2地震動
上部構造	断面設計	—	短期許容応力度以下
	層間変形角	—	層間変形角 1/200 以下
免震層	変形	安定変形以内 ($\gamma \leq 125\%$)	性能保証変形以下 ($\gamma \leq 250\%$)
	面圧	圧縮	短期許容面圧以下
		引張	—
基礎構造	断面設計	—	短期許容応力度以下
	地盤の支持力	—	短期許容支持力以下

表2 入力地震動一覧

	地震波名	最大加速度 $[\text{cm}^2/\text{s}]$		解析時間 [秒]
		レベル1地震動	レベル2地震動	
告示波	告示波(乱数位相)	79.2 (13.0 cm/s)	388.0 (62.8 cm/s)	160.0
	告示波(八戸EW位相)	94.0 (10.2 cm/s)	442.0 (51.4 cm/s)	320.0
	告示波(神戸NS位相)	88.2 (12.5 cm/s)	428.0 (66.0 cm/s)	80.0
観測波	EL CENTRO 1940 NS	255.4 (25.0 cm/s)	510.8 (50.0 cm/s)	53.4
	TAFT 1952 EW	248.4 (25.0 cm/s)	496.8 (50.0 cm/s)	54.4
	HACHINOHE 1968 NS	166.9 (25.0 cm/s)	333.8 (50.0 cm/s)	119.0

2) 時刻歴応答解析モデル

解析モデルは、22質点の等価せん断型モデルとした。免震層については、LRBをひずみ依存性を考慮した復元力特性、オイルダンパーをバイリニアの粘性減衰とした。上部構造の減衰は、上部構造のみ（免震層固定時）の一次固有振動数に対し2%の初期剛性比例型とした。モデル図を図4に、一次固有周期を表3に示す。

表3 一次固有周期 (sec)

方向	上部構造のみ	上部構造+免震層		
		微小変形時 ($\delta=10\text{mm}$)	L1地震時相当 ($\delta=85\text{mm}$)	L2地震時相当 ($\delta=260\text{mm}$)
X	2.09	2.37	3.22	4.18
Y	2.12	2.40	3.24	4.20

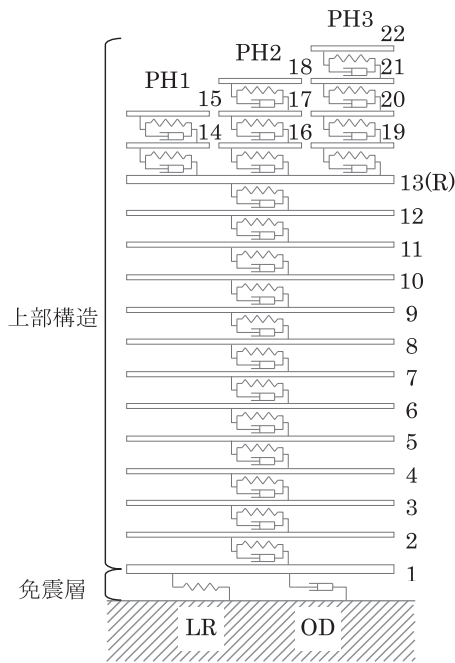


図4 応答解析モデル図

3) 応答解析結果

図5,6にレベル2地震動（標準状態）に対する応答解析結果（最大応答層せん断力係数、最大層間変形角）を示す。応答結果は目標値に対し十分余裕があり、所定の免震効果が発揮されていることが分かる。また免震層の変形については、免震装置のばらつきを考慮しても最大260mmであり、免震層の設計クリアランス500mmに対し十分余裕がある。地震時鉛直震度を考慮した免震装置の面圧については、最大面圧で29.8N/mm²、最小面圧で-0.35N/mm²であり、目標値を満足している。

また、図7に免震層の復元力特性と安全余裕度のまとめを示す。本建物の終局状態は、X方向においては、免震材料の特性値のばらつきが上限状態では

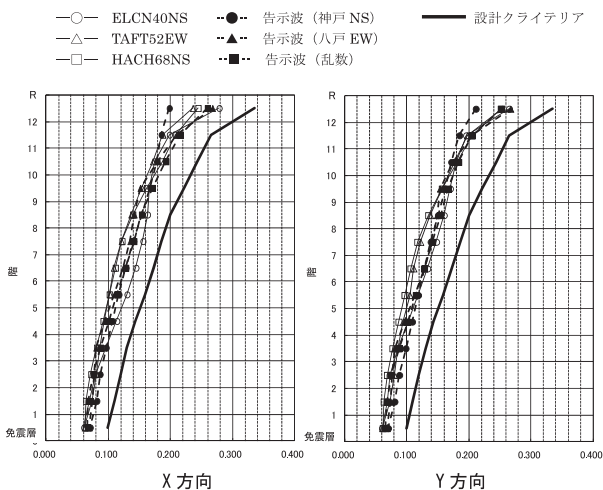


図5 最大応答層せん断力係数（レベル2地震動）

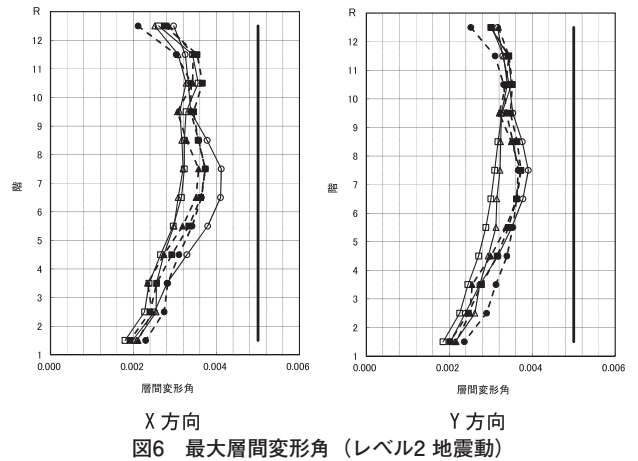


図6 最大層間変形角（レベル2地震動）

建物本体の部材の弾性限耐力によって決まり、標準状態・下限状態では設計クリアランスによって決定している。また、Y方向においてはいずれの状態においても設計クリアランスによって決定している。いずれのケースにおいても、終局状態はレベル2の応答値に対して十分な余裕を有する結果となった。

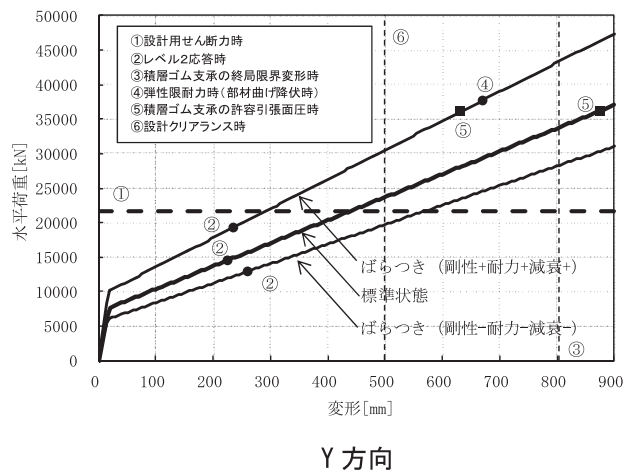
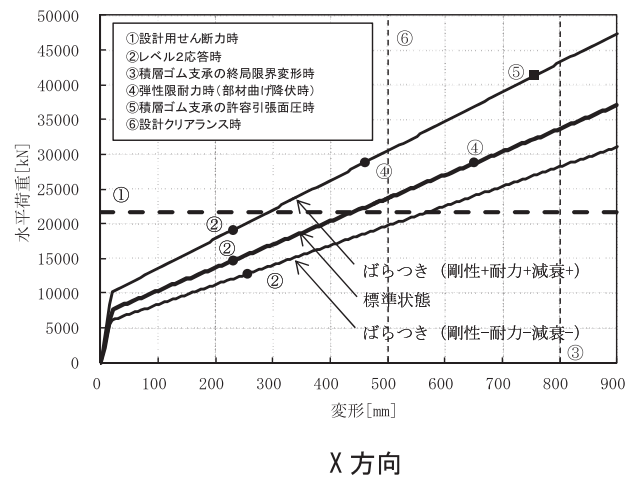


図7 免震層の復元力特性と安全余裕度のまとめ

6 既存躯体利用における中性化抑制技術

1) 中性化の進行予測

建物の供用期間を50年間とし、50年後の既存躯体の中性化の予測を行った。

中性化の予測は、中性化の進行が \sqrt{t} 則に従うものとして、以下の式¹⁾を用いた。

$$C=R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4 \times \sqrt{t} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、C:中性化深さ (mm)、 R_1 :コンクリートの品質による係数、 R_2 :施工による係数、 R_3 :環境条件による係数(湿度他)、 R_4 :仕上げ材による係数、t:経過年数(年)

Cとして調査時の中性化深さ、経過年数 $t=44$ 年とすれば、 \sqrt{t} 則により今後50年の中性化の進行を予測することができる。なお、安全側に評価するため、中性化深さは調査結果のうち最大値のデータを採用した。

中性化深さの許容限界は、鉄筋が発錆しないこととし、屋外にあってはかぶり厚さの深さまで中性化しないこと、屋内にあってはかぶり厚さより20mm奥の深さまで中性化しないこととした²⁾。

図8は柱・壁について今後の中性化深さの進行を予測したものである。今後50年経過すると中性化深さが許容限界を超えることが分かる。

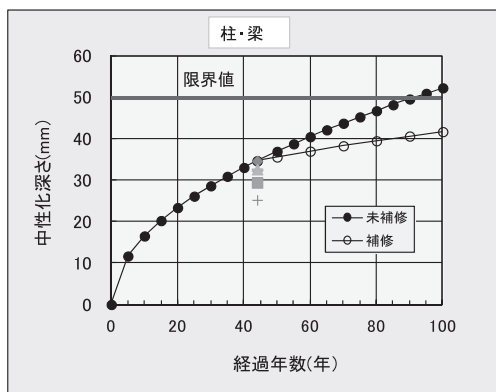


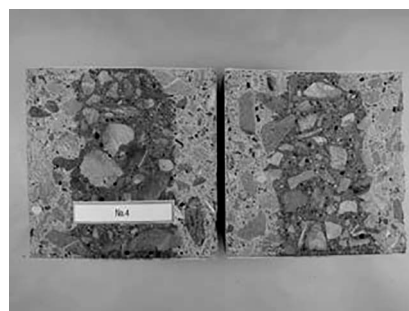
図8 中性化深さの進行の予測

2) 中性化の抑制

仕上げ材の中性化抑制効果³⁾に着目し、一般的な塗装工事で使用されるアクリル樹脂エマルジョンを結合材とした水性塗料を塗布して中性化の進行を抑制する方法を検討した。

まず、前述の中性化予測式に対して、今後50年まで許容限界を超えないために必要な中性化の低減率((1)式における R_4 に相当)を求めた。その結果、必要な低減率は柱・壁部材については0.4、床について0.25と算定された。次に、これを満足できる塗装材(使用量、施工方法を含む)を選定した。選定

に際しては、コンクリート供試体に塗装材を塗布した上でJIS A 1153(コンクリートの促進中性化試験方法)による促進試験を行い、中性化深さが無塗装に対する低減率として0.25より小さくなるものを選定した。写真2に促進材齢19週における中性化の状況を示す。塗装なしの23.8mmに対し、塗装ありは2.9mmであり、塗装材による抑制効果を確認した。また、低減率は0.12となり、目標値を満足した。



塗装なし 23.8mm



塗装あり 2.9mm

写真2 中性化深さの測定結果(促進材齢19週)

7 おわりに

本建物は2015年4月に無事竣工を迎えました。建築主をはじめ関係者の皆様方には多大なご理解、ご協力を頂きました。この場を借りて心よりお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会:建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事,p.198,2009
- 2) 日本建築学会:高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針案・同解説、1991
- 3) 建築業協会:中性化抑制評価研究会活動報告書,2009