

奥村東京三田ビル免震レトロフィット



舟山 勇司
奥村組



西野 晃平
同



稲垣 考一
同



森川 勤
同

1 はじめに

奥村東京三田ビルは、平成元年に竣工した鉄骨鉄筋コンクリート造による事務所ビルである。首都圏での防災拠点として、大地震時においても事務所機能を維持することを目的として免震化が計画された。

建物の地下部分は敷地境界との余裕が無いことから、基礎免震ではなく、1階の柱頭部に免震支承を配置する中間階免震方式を採用した。なお、構造的な性能並びに耐火性能について国土交通大臣の認定を取得している。

2 建築概要

建築場所：東京都港区芝5-6-1

設計：村野・森建築事務所

竣工：平成元年11月

構造形式：鉄骨鉄筋コンクリート造

階数：地上9階、地下3階

基準階面積：966.9m²

延床面積：9,738.6m²

軒高：GL+33.17m

基礎底深さ：GL-16.1m

工期：平成18年7月末～平成19年5月



写真1 建物外観(竣工時)

表1 耐震性能目標

| 入力レベル | レベル1 | レベル2 |
|-------|-----------------|----------------|
| | 稀に発生する地震動 | 極めて稀に発生する地震動 |
| 建物 | 短期許容応力度以下 | 短期許容応力度以下 |
| | 層間変形角 1/1000 以下 | 層間変形角 1/500 以下 |
| 免震材料 | せん断歪 100%以下 | せん断歪 200%以下 |
| | 最大変位 16.5cm 以下 | 最大変位 33.0cm 以下 |

3 構造設計概要

3.1 目標性能

設計にあたり、耐震性能目標を表1のように設定した。建物については、レベル2地震時においても無損傷を目標とした。また、免震層の最大変位は、免震変位対応型エレベーターのレールと1階柱とのクリアランスが35cm、積層ゴム支承の周囲に配置される耐火被覆材とのクリアランスが34cmであることから、目標値を33cm(積層ゴム支承のせん断ひずみ $\gamma=200\%$)とした。

3.2 建物切断位置

免震支承を挿入するための建物切断位置は1階柱頭(1FL+2750)を原則とした。ただし、両妻面のピロティ柱は柱脚が太い既存の意匠性を損なわないよう配慮して、柱脚(1FL+1270)に免震支承を配置している。西側の屋上庭園部分は、梁・スラブを切断したうえで1階の柱(非免震部分)より再支持させる計画とし、上部構造から切り離れた。(図1)

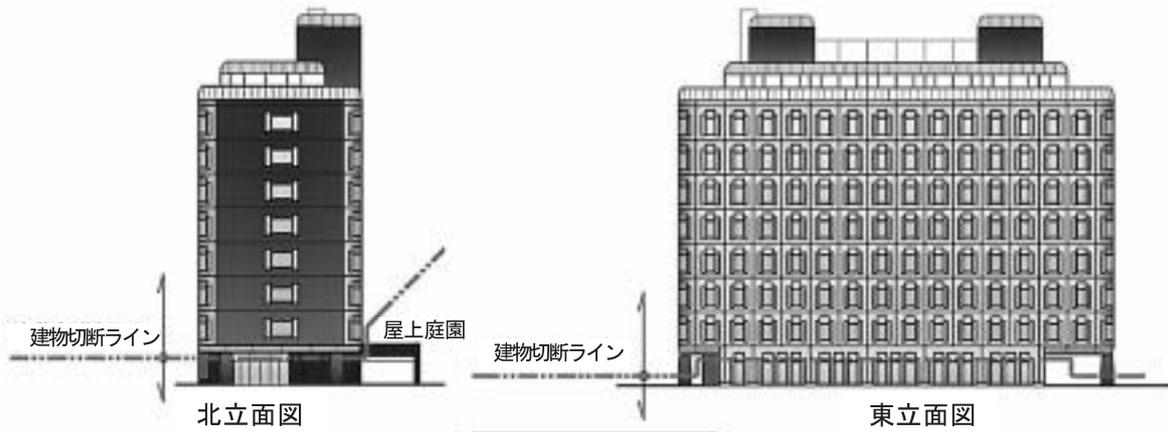


図1 建物切断位置

3.3 免震部材

免震部材の配置を図2に示す。上部構造を22基の高減衰ゴム系積層ゴム支承により支持することとした。支承のゴム総厚は160mm、ゴム径はΦ650mm～Φ750mmを用い、支承にはそれぞれ耐火被覆を施す。また、応答変位を極力低減させる必要性から、長辺および短辺方向ともに最大減衰力500kNのオイルダンパーをそれぞれ2基設けた。

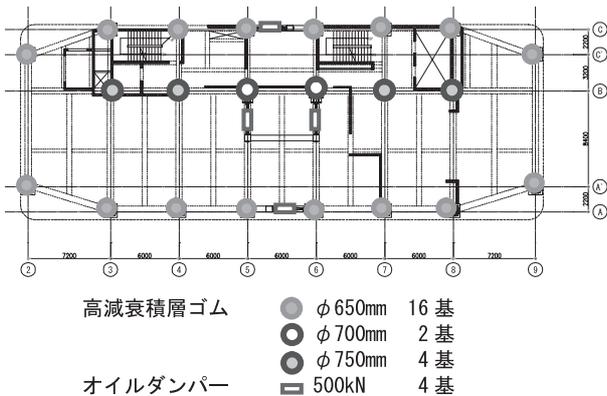


図2 免震部材配置図

3.4 設計用入力地震動

設計用入力地震動は、告示に定められた加速度応答スペクトルに適合し、表層地盤による増幅を考慮して作成した告示波を3波、関東地震を想定して入倉の方法(経験的グリーン関数法)を用いて作成したサイト波、代表的な観測地震波を3波とした。各入力地震動の最大加速度と最大速度を表2に示す。

設計用入力地震動の擬似速度応答スペクトル(h=5%)を図4に示す。告示波はいずれも速度レベルがほぼ一定で、 $S_v = 100\text{cm/s}$ 程度である。一方、サイト波は8秒付近に、 $S_v = 250\text{cm/s}$ を越える大きなピークを有する長周期地震動である。敷地での常時微動測定

結果や、地震基盤までを対象とした地盤増幅解析においても7～8秒付近にピークが見られ、この8秒近傍の長周期成分は、関東平野の深い地層構造に起因する特性と考えられる。

表2 設計用入力地震波と入力レベル

| 地震波 | | レベル1 | レベル2 |
|--------------------------|---|------|------|
| 告示波1 (ELCENTRO NS位相) | A | 150 | 674 |
| | V | 11.1 | 61.4 |
| 告示波2 (HACHINOHE NS位相) | A | 135 | 628 |
| | V | 12.3 | 59.4 |
| 告示波3 (乱数位相) | A | 161 | 605 |
| | V | 10.4 | 54.2 |
| サイト波 | A | — | 412 |
| | V | — | 60.8 |
| ELCENTRO 1940 NS | A | 255 | 511 |
| | V | 25 | 50 |
| TAFT 1952 EW | A | 248 | 497 |
| | V | 25 | 50 |
| HACHINOHE 1968 NS | A | 167 | 333 |
| | V | 25 | 50 |

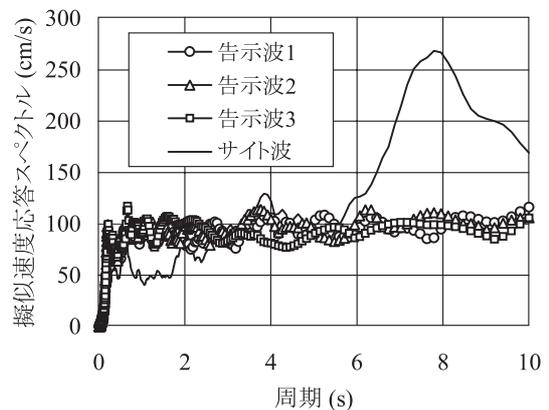


図3 入力地震動のスペクトル特性

3.5 時刻歴応答解析

免震化後の建物について時刻歴応答解析を行い、目標とする耐震性能を有することを確認した。

地下階は壁量が多く十分な剛性を有することから剛体とし、1階の積層ゴム支承に上部構造が支持される基礎固定の9質点等価せん断ばねモデルとした。

解析結果の一例として、最大応答加速度の分布を図4に、層せん断力係数の分布を図5に示す。最大応答加速度の分布状態は高さ方向にほぼ一様であり、最上層における最大応答加速度は200cm/s²程度であった。上部構造の層せん断力係数は、当初設計時の設計用せん断力の50%程度に抑えられており、柱や梁部材が短期許容応力度以下であることが確認された。また、最大層間変形角は1/919であり、目標とした1/500を十分下回っている。時刻歴応答解析による免震層の最大変位は32.6cmであり、目標性能を満たすことを確認した。

地下・基礎構造については、基礎梁の一部に許容曲げモーメントを超える部材が見られるが、せん断力に対しては十分に余裕がある。杭に発生する曲げモーメントおよびせん断力は終局耐力以下であり、軸力は短期許容支持力以下である。

4. 施工概要

4.1 免震化工事

免震化の工事は、1階の施工部分を除いた建物全館を供用しながら実施された。そのため、全工程を2期に分け、来客者、役職員の出入口、使用するエレベーター、および資材の搬入口を確保した。

柱の切断にはワイヤーソーを、壁についてはウォールソーを併用する方式とした。両装置ともに通常の水冷式ではなく空冷式を採用し、地下階への漏水や漏電事故を防止すると同時に、粉塵や振動・騒音を抑えることで執務環境の維持に努めた。

積層ゴム支承の設置手順を図6に示す。まず、2階の梁との接合部に仮設柱および積層ゴム支承の架台となるキャピタルを製作する。次に、柱の両脇に仮設柱を配置し、油圧ジャッキにより軸力を作用させた後に柱を切断する。積層ゴム支承の挿入、補強筋を施した後、コンクリートの打設および無収縮モルタルのグラウトを行なう。強度発現後に仮設柱を撤去し、積層ゴム支承の周囲に施工期間中の耐震要素となる水平拘束板を取り付ける。この一連の作業を、短辺方向の柱3本を1セットとして順次実施した。

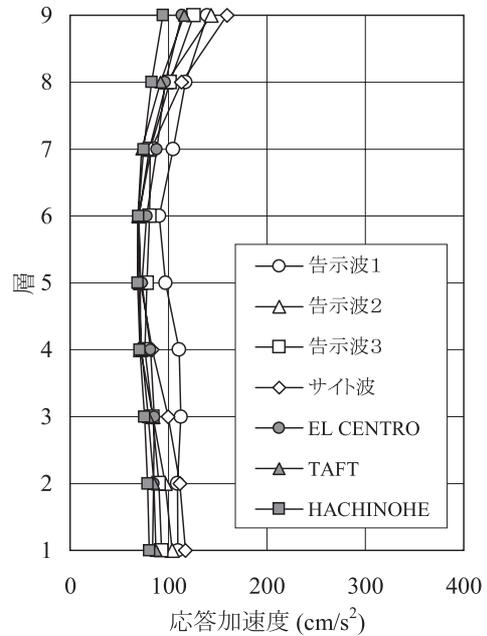


図4 最大応答加速度の分布

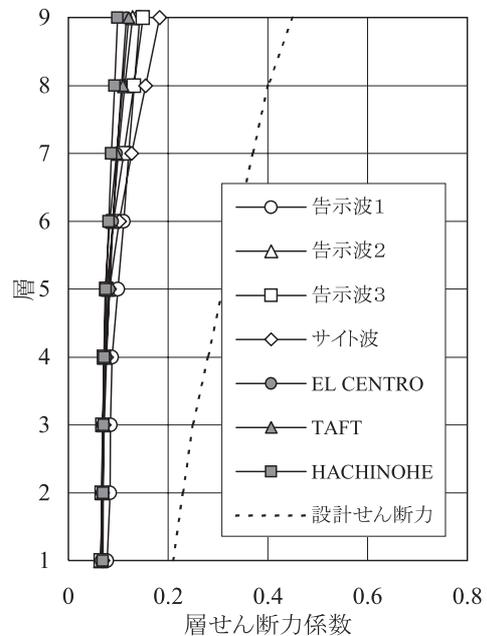


図5 層せん断力係数の分布

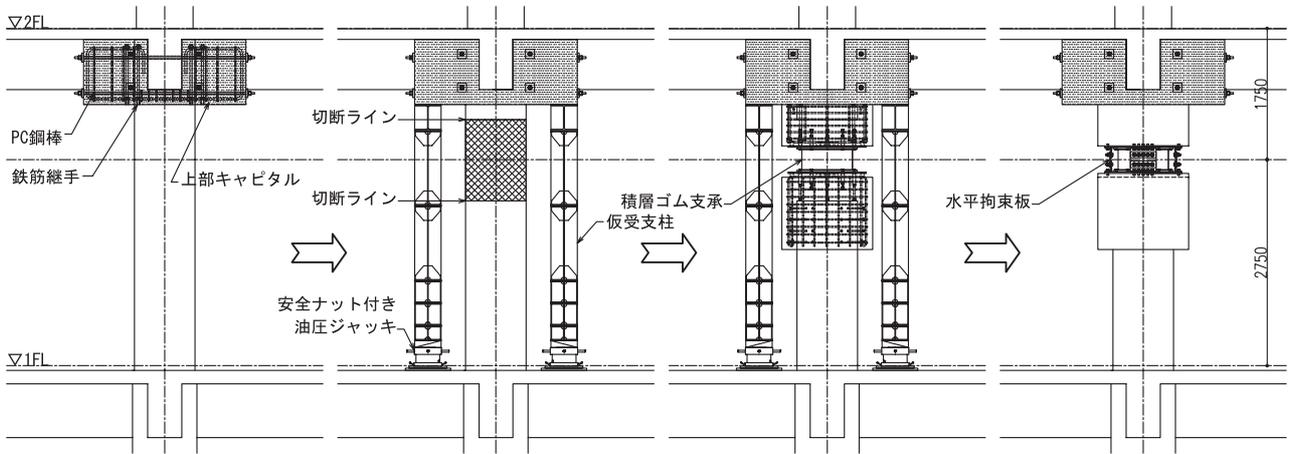


図6 積層ゴム支承の設置手順

4.2 施工中の耐震安全性

施工中も通常通りの業務を継続しているため、施工前と同等の耐震安全性を確保するように補強計画を定めた。

施工中の耐震要素としては、切断前の柱と耐震壁、施工を完了した柱、および鋼製仮設壁である。図7に示す鋼製仮設壁は、せん断降伏により振動エネルギーを吸収する機能を有している。

レベル2地震動の時刻歴応答解析をもとに、1階に生じる水平力および補強材の必要数量を求め、図8に示す部分架構モデルにより、施工の進捗に伴う各ステップ毎に応力解析を行って、施工過程のどの状態においても、柱が脆性破壊をすることなく支持力を失わないことを確認した。

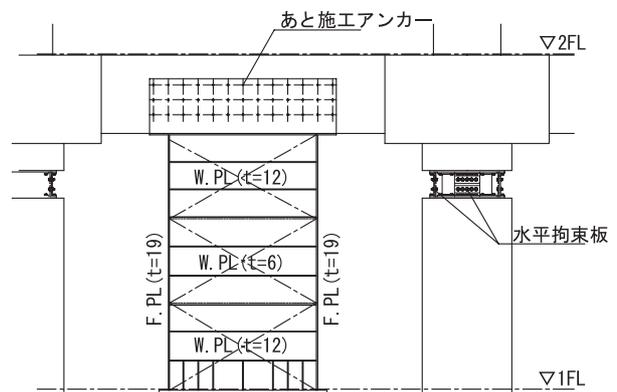
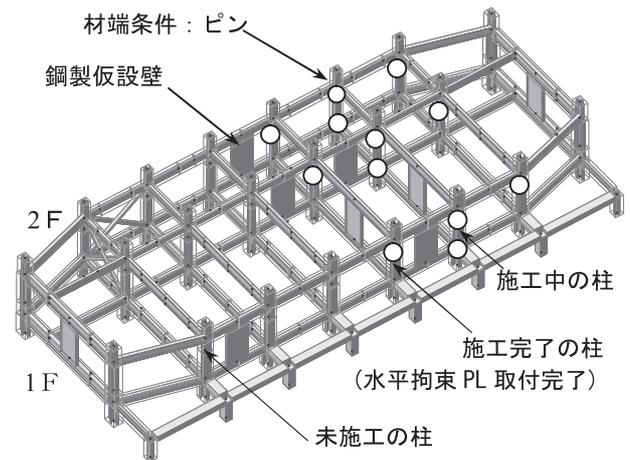


図7 鋼製仮設壁の概要

5 あとがき

本免震レトロフィット工事は、建物を使用しながら業務に支障を及ぼすことなく約10ヶ月の工期で平成19年5月に無事竣工した。最後に、本改修工事にご協力いただいた関係各位に、紙面を借りて御礼申し上げます。



施工中：柱頭・柱脚ピン（仮支柱にて支持）
 施工完了：柱頭ピン（積層ゴム支承位置）

図8 部分架構モデルの概要