

市街地における免震レトロフィット



大杉 文哉

久米エンジニアリングシステム



杉崎 健一

サットコンサルタント



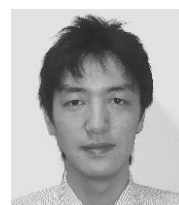
齊木 健司

免制震デバイス



朴 紀衍

同



白山 貴志

三井住友建設

1 はじめに

近年の地震リスクに対する認識の拡がりに伴い、在来型の耐震改修だけでなく免制震構法を採用した様々な耐震改修も実現し始めている。

本稿では周辺に店舗、事務所等が立ち並ぶ市街地に位置し、その壁面と隣地境界間の距離が短い建物に対し、粘性減衰装置を積極的に配置した中間階免震構法を採用することによって、免震改修を実現した構造設計および施工計画の概要について紹介する。

2 既存建物概要

本建物は、昭和57年に千葉県船橋市に竣工した事務所ビルである。JR津田沼駅前に位置する本建物は1～2階が銀行、3階以上は予備校や外国語、和装などの各種教室や事務所がテナントとして使用されている。既存建物の建築概要を以下に示す。

建築名称：津田沼駅前安田ビル
 建築場所：千葉県船橋市
 竣工年次：昭和57年
 用途：事務所
 構造形式：SRC造（地下階RC造）
 架構形式：耐震壁付ラーメン構造
 階数：地上10階、地下1階、塔屋1階
 建築面積：724.84m²
 延床面積：7473.63m²
 最高高さ：37.69m
 基準階階高：3.20m
 基礎形式：杭基礎
 地盤種別：第二種地盤



写真1 既存建物外観

上部構造は設計当時（昭和55年）の基準に従い、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。

3 耐震改修計画概要

3.1 免震構造の計画

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、1～2階および4階以上はテナントの利用を継続した状態で、3階の柱中央部に免震装置を設置する中間階免震改修を計画した。また、建物の隣地境界線までの距離が短いため、免震層の変形を小さく抑えることが要求され、極めて稀に発生する地震動入力に対して免震層である3階の最大変形量を0.35m以下と設定した。

免震装置は天然ゴム系積層ゴム及び鉛プラグ入り積層ゴム600φ～700φを採用し、3階柱に設置した。上部構造の耐震壁下部の免震装置には過大な引抜力が生じるため、耐震壁にスリットを設け、引抜力の低減を図った。

地震時の変形を抑えるため、増幅機構付粘性減衰装置「減衰こま」(最大減衰力800kN)を各方向4基ずつ、合計8基を免震層の上下梁間に設置した。それにより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シャフトは、鉄骨架構を新たに4階梁から吊り下げ、上部構造と一体とし、階段については3階で切断する計画とした。免震階となる3階の平面図を図1に、建物断面図を図2に、免震部材配置図を図3に示す。

また同一敷地内において、本建物の北側に構造エキスパンションにより分割された店舗ビル(3階建て)があるため、店舗ビルの最上階である3階柱を移設し、壁面を後退させることで、クリアランスを確保した。この店舗ビルについては別途耐震診断を行い、安全性を確認している。

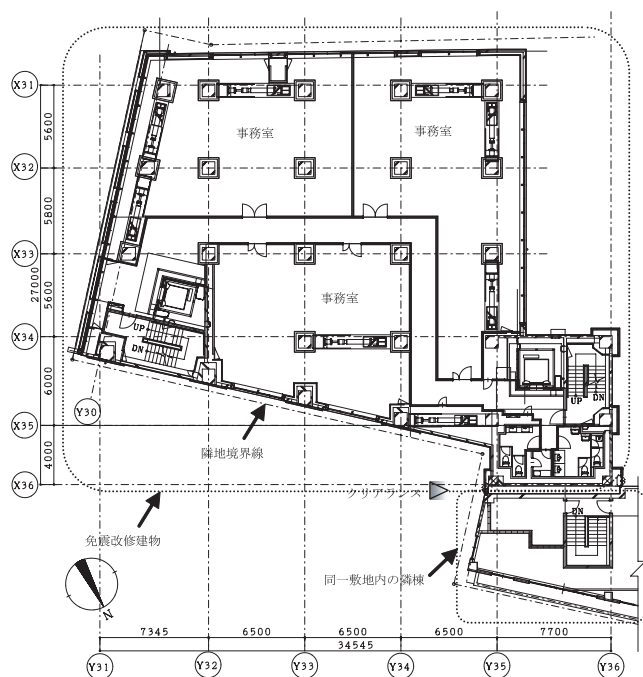


図1 免震階平面

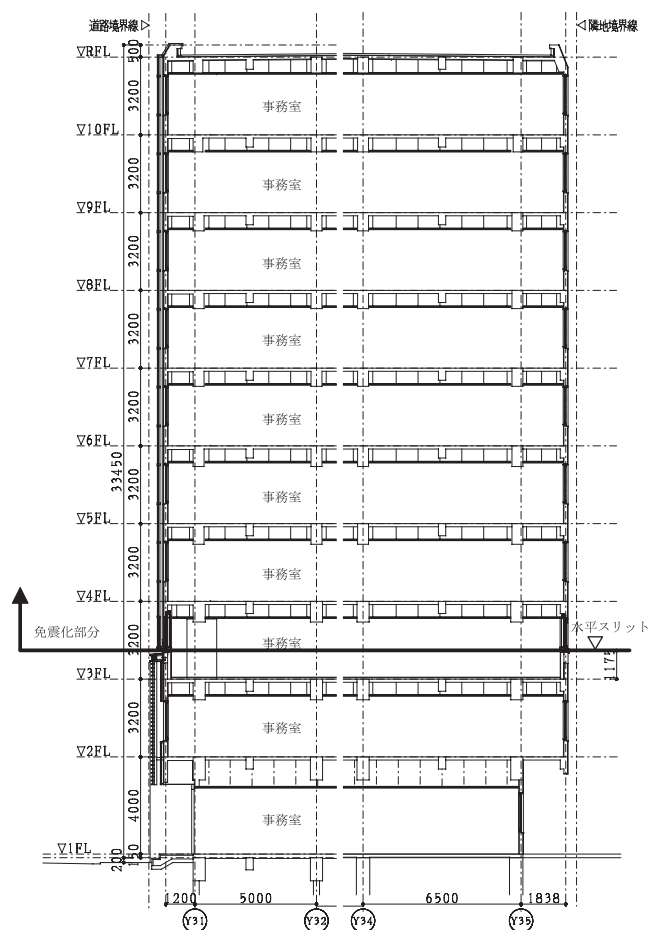


図2 建物断面

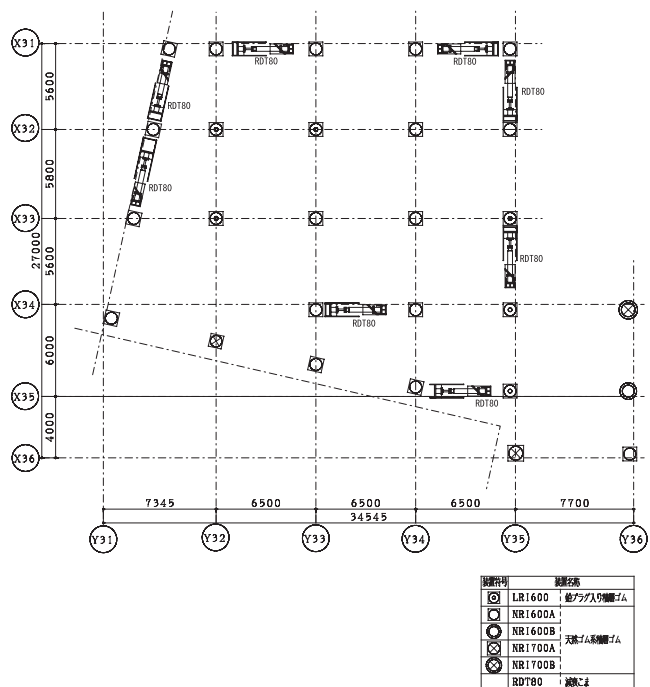


図3 免震部材配置

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には、表2に示す既往の観測地震波、告示スペクトルに適合する告示波およびサイト波（東京湾北部断層）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
上部構造体	・ 架構レベルで弾性限耐力以内
免震装置	・ 最大変形量 0.35m 以下 ・ 圧縮限界強度以内かつ有害な引張力を生じさせない。
下部構造体	・ 架構レベルで弾性限耐力以内
基礎（杭）	・ 弾性限耐力以内

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 S1 (遠距離位相)	3.76	0.75
告示波 S2 (近距離位相)	3.25	0.61
告示波 S3 (乱数位相)	3.14	0.60
EL CENTRO 1940 NS	5.11	0.50
TAFT 1952 EW	4.97	0.50
HACHINOHE 1968 NS	3.30	0.50
東京湾北部断層 NS	3.27	0.55
東京湾北部断層 EW	3.42	0.45

3.3 解析結果

解析モデルは、各階床位置に集中させた質量を等価せん断ばねで連結した等価せん断型10質点系モデルとした。免震材料のばらつきを考慮した検討を行い、耐震改修性能目標を満足することを確認した。図4に代表的な応答解析結果を示す。

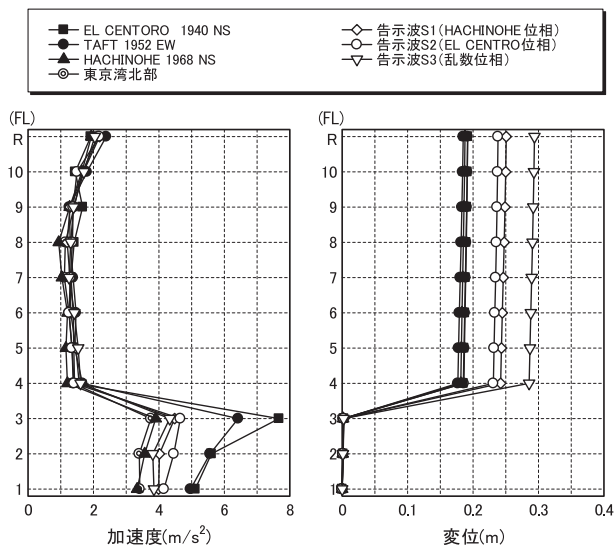


図4 応答解析結果

4 改修工事概要

4.1 施工計画概要

改修工事については、減衰装置を併設した免震改修計画の採用により、構造体に関する補強を最小限に抑えることができた。他の階の主な工事は、耐震壁のスリット工事、EVシャフトの移設等であり、通常使用されている居室内ではなく、上下動線となるコア部分の工事のみとすることにより、工事階以外において居ながらの免震改修工事を可能とした。

本改修工事では重機を入れられないため、手作業により複雑で様々な工種をこなさなければならない。また斫り工事等による使用中のテナントへの音の問題、一部階段、EVの使用中止等、施工計画はより綿密に立てる必要がある。

施工中の安全計画として、内部階段の工事中は建物外部に仮設階段を設置することで2方向避難経路を用意し、また柱や壁の切断時の耐震安全性については、免震装置固定プレートや仮設ブレースを設置することで施工前と同等の構造耐力を確保することとした。

4.2 柱の免震化工事

本改修計画の主要工事である柱免震化の一連の作業について以下より示す。

①柱頭柱脚に鉄製仮設治具を圧着し、上下仮設治具間に設置したサポートジャッキへ柱の軸力を移行させ、ダイヤモンドワイヤーソーにより柱を切断する。(写真2)



写真2 柱切断後状況

②上下柱切断面について補強を行い、アンカープレートを設置する。また、上部アンカープレートには積層ゴム、下部アンカープレートにはフラットジャッキを各々据え付ける。(写真3)



写真3 積層ゴム据付状況

- ③フラットジャッキに加圧し、サポートに移行していた軸力を再び柱に戻す。(写真4)

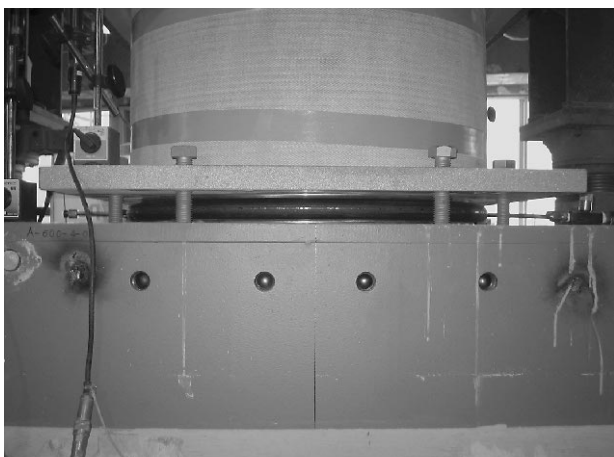


写真4 フラットジャッキ加圧状況

- ④サポートジャッキおよび仮設治具を撤去し、せん断伝達プレート、および仮設の免震装置固定プレートを設置する。(写真5)



写真5 柱免震化工事完了状況

4.3 粘性減衰装置設置工事

減衰こまの設置予定パースを図5に示す。

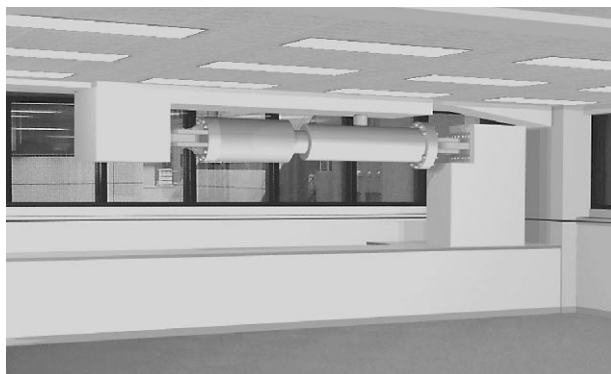


図5 減衰こま設置予定パース

5 おわりに

本建物は、耐震改修計画について所管行政庁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、耐震改修工事を開始した。現在、免震化工事終了に向け最終工程に入り、4月からは免震構造建物として機能し始めることとなる。

最後に、本改修計画において、建物性状、敷地形状、周辺状況による独特な課題を克服しつつ、設計・施工を進めるにあたり、ご指導とご協力を頂いた関係者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株式会社コスモスイニシアに紙面をお借りして御礼申し上げます。



写真6 施工中外観