

東京家政大学附属中高B棟耐震改修工事

大成建設 小山 実



1. はじめに

阪神・淡路大震災以後、既存建物の耐震安全性に対する関心が高まり、耐震診断ならびに耐震改修が数多く実施されています。

今回は、JR埼京線十条駅の南約1kmに位置する東京家政大学内の附属高校校舎の免震レトロフィットによる耐震改修工事を、株式会社山下設計の岩部部長の案内で、須賀川委員長及び出版委員のメンバーが訪問しました。

2. 建物概要

計画建物は、昭和42年に竣工した地下1階、地上4階、塔屋1階の鉄筋コンクリート造です。平面形状は長辺方向が約6m×1スパン+8.3m×8スパンの72.4m、短辺方向が8.3m×1スパン+2.1m×1スパンの10.4mの長方形で、架構形式は長辺方向、短辺方向とも耐震壁付きラーメン架構です。

図-1に建物平面図を示し、下記に建物概要を示します。

所在地：東京都北区十条台2-1895-1

建物概要：敷地面積 72,045.55m²

建築面積 24,783.08m²

(対象建物996,715m²)

延べ床面積 75,508.49m²

(対象建物4,273.083m²)

階数 地下1階地上4階塔屋1階

構造 鉄筋コンクリート造

基礎 独立基礎

(既存：打込RC杭、新設：鋼管圧入杭)

本建物について日本建築防災協会「既存鉄筋コンクリート構造物の耐震診断基準・同解説」に基づき、1次診断及び2次診断を行った結果、柱鉄筋量が少ないこと及び短柱が多いことから、建物の長辺方向において判定基準値をかなり下回り、耐震性に問題があることが判明しました。

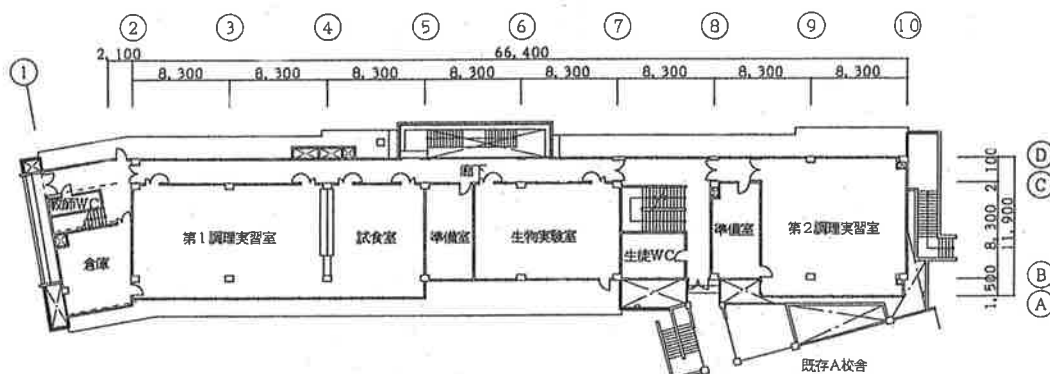


図-1 建物平面図

本建物を取り壊して新築することも検討されましたが、現状建物は日影規定について既存不適格であり、新築の場合、同じ位置では3階建程度が限界となり、同規模の床面積が確保できないことから、耐震補強を行うことになりました。

耐震補強計画に際しては、建物内部に増設壁を設ける方法と建物外部に鉄骨ブレースを取り付ける方法が検討されました。しかし、増設壁の場合、建物内部の使用状況にかなりの支障を来すこと及び工事中の仮設校舎が必要になること等により、現実的には困難であると判断されました。また、鉄骨ブレースについては、外観に与える影響が非常に大きいことから、同様に見送られました。

そこで、建物外観に影響を与えず、地上階の改修を最小限に抑え、かつ建物を使用しながら工事が可能になる補強方法として、免震レトロフィットが採

用されました。

3. 構造計画概要

図-2に免震部材の配置を示し、図-3に軸組図を示します。

1階床梁の直下で柱を切断し、積層ゴムを挿入する中間階免震が採用されていますが、建物西側(①通り側)1スパンは地下が無いので、既存杭を切断して基礎フーチング下部に積層ゴムを挿入する基礎免震形式になっています。

免震部材としては、天然系積層ゴム支承を20基($\phi 700\text{mm}$ -2基、 $\phi 600\text{mm}$ -18基、 $G=3.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 、2次形状係数5.1)と鉛ダンパー19基(U-180型)を設置する計画としています。

また、上部構造は耐力及び変形能力の向上を目的

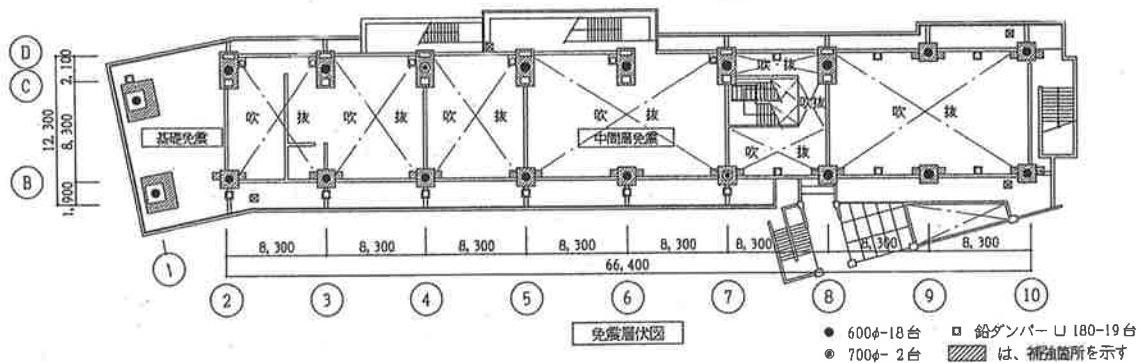


図-2 免震部材配置

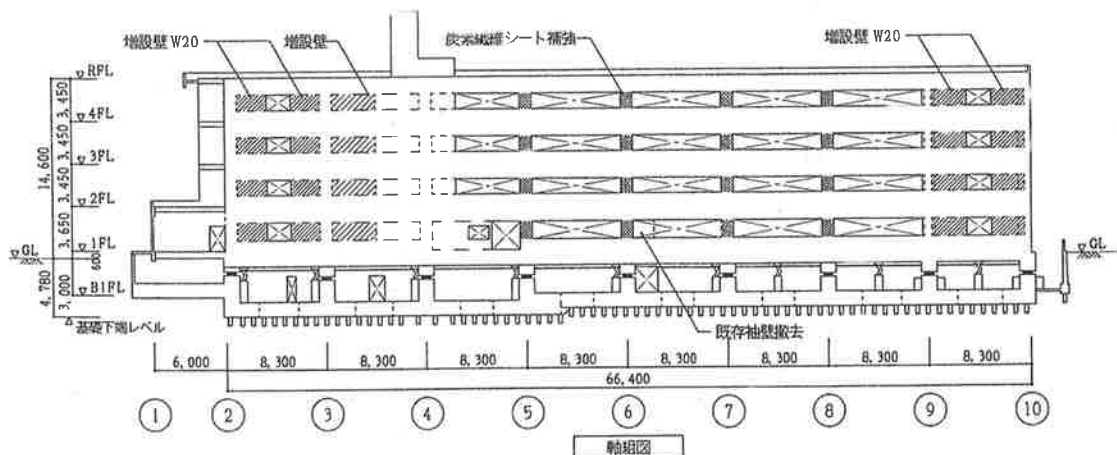


図-3 軸組図

として、増設壁や炭素繊維補強を行い、基礎構造には、地下1階の躯体補強に伴う荷重の増加分及び地震時に生じる杭の水平力に対処するため、鋼管杭を圧入しています。

4. 構造設計概要

設定した耐震性能の目標を表-2に示します。

地震応答解析では、免震層下部を固定とした6質点（塔屋を含む）等価せん断型モデルを用い、上部

表-2 耐震性能目標

レベル	上部構造	短期許容耐力以内
	免震部材	安定変形 (23.4cm) 以内 ゴム層厚の200%
	基礎構造	短期許容耐力以内
レベル2	上部構造	弾性限耐力以内
	免震部材	性能保証変形 (35.1cm) 以内 ゴム層厚の300%
	基礎構造	弾性限耐力以内
余裕度 レベル	上部構造	終局限界せん断耐力以内※
	免震部材	終局限界変形 (46.8cm) 以内 ゴム層厚の400%
	基礎構造	弾性限耐力以内

※終局限界せん断力とは、ある層の鉛直部材（柱、壁）にせん断破壊が生じた時点と定義した。

表-3 採用地震波

採用地震波	最大加速度 (cm/sec ²) (最大速度 (cm/sec))		
	レベル1 (C1)	レベル2 (C2)	余裕度 レベル
EL CENTRO 1940 NS	284 (28)	562 (55)	674 (66)
TAFT 1952 EW	296 (30)	577 (58)	692 (70)
HACHINOHE 1968NS	235 (36)	407 (62)	488 (74)
HACHINOHE 1968 EW	144 (28)	296 (58)	355 (70)
MOGI-KASEI	—	468 (62)	562 (75)

※MOGI-KASEIは直下の地震として1855年安政江戸地震、海洋性の地震として1923年関東地震を考慮し、両者のスペクトル包絡するように、地震波形を作成した。

構造の復元力特性は、静的弾塑性解析より得られる荷重変位曲線をTri-linearにてモデル化しています。

入力地震には、表-3に示しますように実地震動記録波形4波と、建設地で将来発生が予想される模擬地震波形1波を用いています。なお、レベル1、レベル2の入力レベルは、擬似速度応答スペクトルpSv40が実効周期に対して各カテゴリーのC1、C2に入るように設定し、余裕度レベルはレベル2地震動

表-4 免震部材の水平剛性・降伏耐力の変動

変動値	変動要因	硬化率 (%)	軟化率 (%)
積層ゴム 水平剛性	温度 経年変化 製作誤差	+4.0 (5℃)	-3.5 (30℃)
		+7.2	±0
		+10.0	-10.0
鉛ダンパー 降伏耐力	製作誤差	+10.0	-10.09

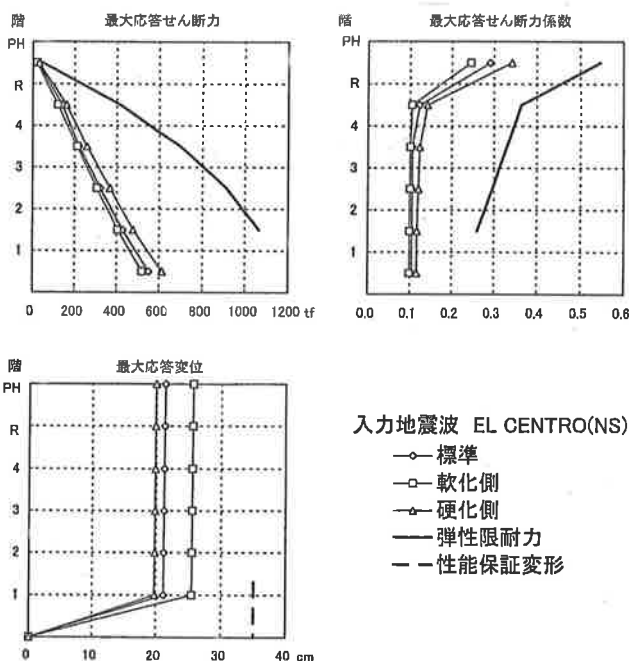


図-4 レベル2応答解析結果

表-5 上部応答解析結果概要

	X方向		Y方向	
	せん断 係数	層間 変形角	せん断 係数	層間 変形角
レベル1	0.082	1/5864	0.082	1/5864
レベル2	0.150	1/3386	0.150	1/3386
余裕度	0.207	1/1858	0.207	1/1858

の1.2倍としています。

図-4にEL CENTRO (NS) のレベル2地震波における応答解析結果を示し、表-5に応答解析結果の概要を示します。なお、表5の結果は上部構造の応答値が最大となる、力学特性変動の硬化側の値を示しています。

においても最大0.2程度であり、上部構造の層間変形角は1/1858と小さく、長辺方向(X方向)、短辺方向(Y方向)とも設定した耐震性能目標を充分満足しています。

上部構造に生じるせん断力係数は、余裕度レベル

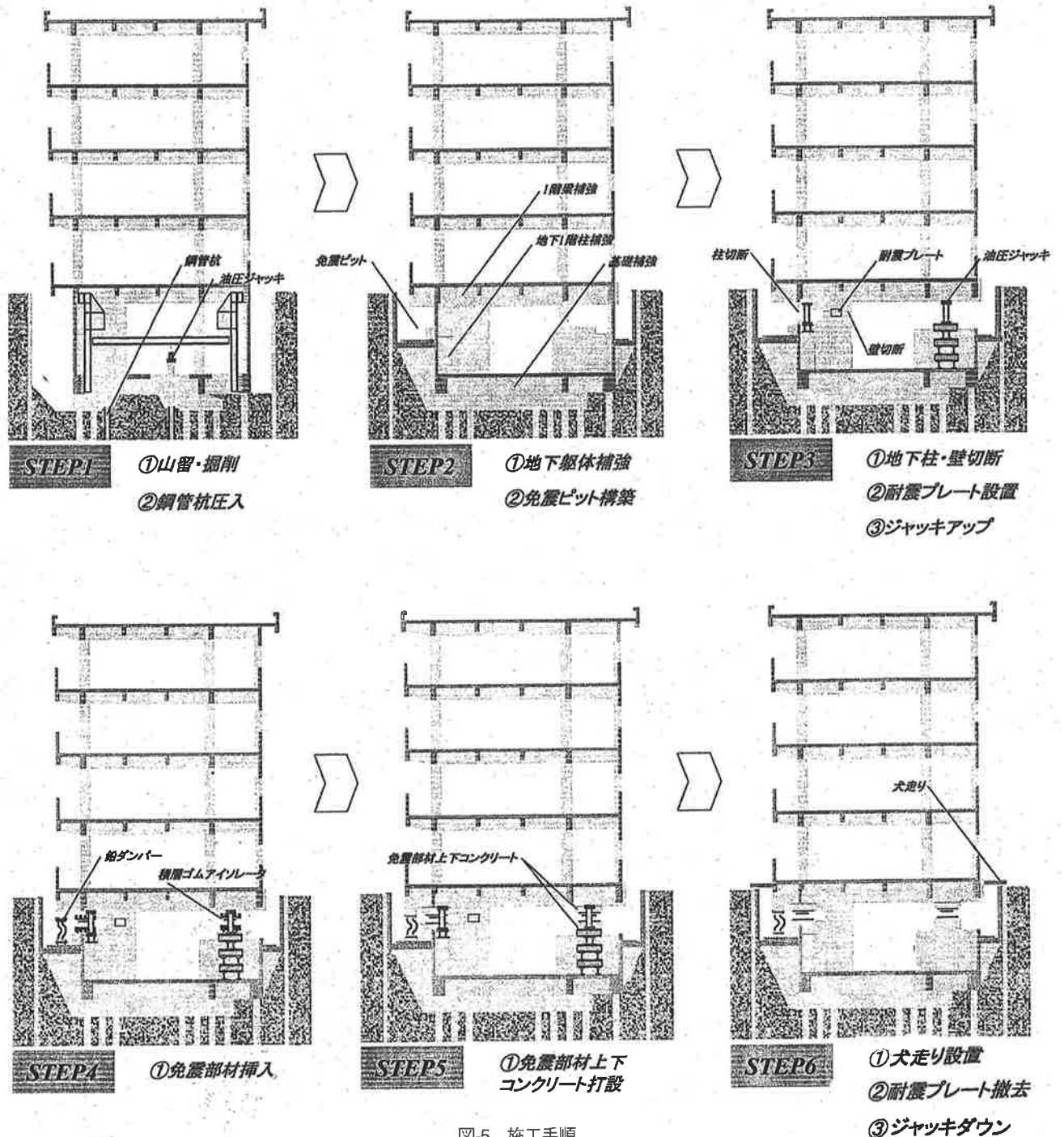


図-5 施工手順

5. 施工計画

免震層の施工手順を図-5及び下記に示します。

- STEP1：山留壁を設置し、掘削及び既存土間の撤去を行った後、仮設鉄骨を反力として鋼管杭の圧入を行います。
- STEP2：既存の地下躯体を補強するとともに、免震ピットを構築します。
- STEP3：油圧ジャッキにて荷重を支え、地下柱や壁をワイヤソーやウォールソーで切断します。切断した壁には、施工中の耐震性を確保するための耐震プレートを設置します。
- STEP4：免震部材を挿入します。
- STEP5：免震部材の上部、下部にコンクリートを充填します。
- STEP6：犬走りを構築した後、耐震プレートを撤去し、建物をジャッキダウンします。最後に免震部材に耐火被覆を行うなどの仕上げを行います。

なお、西側1スパンの基礎免震は、掘削後に新設基礎フーチングを構築して、既存基礎フーチングとの間にジャッキを設置して既存杭を切断してから免震部材を挿入しています。

6. 訪問談議

写真1～5に設置された免震部材等を示し、下記に説明会での主な質疑応答内容を記載します。



写真-1 耐震改修工事中の校舎

Q：施工中の耐震性の確保はどのようにしていますか

A：既存壁の上下を鉄板とボルトで固定した仮設拘束プレート（図-6参照）という耐震プレートにて、せん断力係数0.2を確保しています。

Q：ジャッキアップする場合の軸力はどのように決



写真-2 地下1階の免震層

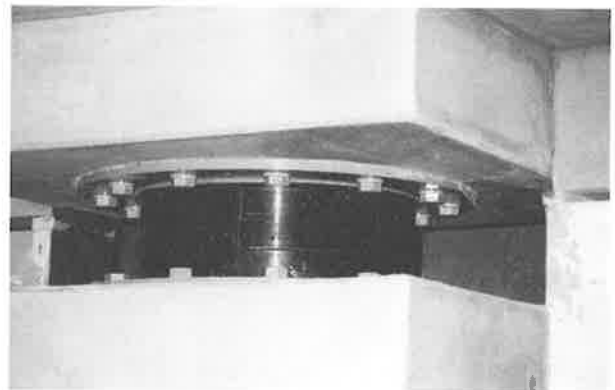


写真-3 設置された天然ゴム系積層ゴム

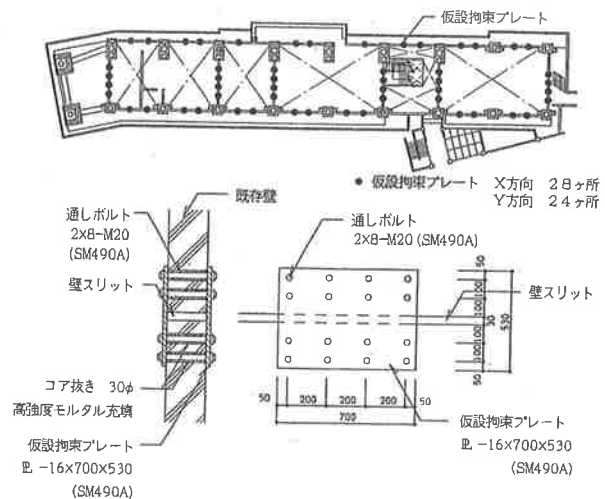


図-6 耐震プレート（仮設拘束プレート）要領

めたのですか

A：実際の積載荷重を調査し、構造計算で求まる軸力を採用しました。

Q：施工実験等はされていますか

A：免震部材の上下コンクリートの充填性について施工実験を行っています。

Q：居ながら施工で工事工程上の影響はありませんでしたか。

A：音のする工事は、学校が休業中に行うなどしたため、大きな影響はありませんでした。

Q：工事において何か環境へ配慮したようなことはありますか

A：地下躯体コンクリートの一部には、掘削土を利用しました。



写真-4 ウォールソーで切断された壁



写真-5 設置された鉛ダンパー

7. おわりに

平成7年12月に施行された既存建物の耐震補強を促す「建築物の耐震改修の促進に関する法律」により、建物を使用しながら耐震性を向上させる動きが顕在化しています。

今回訪問させて頂いた東京家政大学のように、既存建物に免震構法を用いることは、補強効果が際立っていることの他に、免震層だけに工事が集約されるため、建物を使用しながらの工事が可能であり、かつ外観に与える影響が少なく、建物の有効スペースもほとんど失っていません。

最後になりましたが、御忙しいところ、貴重なお話を聞かせて下さいました山下設計の岩部部長、戸田建設の河本所長ならびに関係者の方々に厚く御礼申し上げます。



写真-6 岩部部長（中央作業着）と訪問メンバー

参考文献

- ・「東京家政大学附属中高B棟耐震改修工事」
ビルディングレター 2000年1月
- ・パンフレット「レトロフィット免震 東京家政大学
附属中・高B校舎耐震改修工事」

戸田建設株式会社