

西新井大師総持寺本堂の免震改修



木村 誠
清水建設



鈴木 泰介
同



貞広 修
同

1 はじめに

西新井大師総持寺は都内足立区に位置し、天長3年(826年)弘法大師空海によって開創されたと伝えられる関東で最も古い真言宗豊山派の寺院であり、正月時には初詣の参拝客で賑わう場所である。本堂は入母屋造鉾(シコロ)葺大屋根の壮麗な外観をもつ鉄筋コンクリート造建築で、寺院の中核施設として親しまれている。

昭和46年の建設で築36年を経過しており、耐震診断の結果は補強が必要な建物と判定された。所有者の要望に添い、

- ① できるだけ速やかに安全性を確保する。
- ② 大規模な地震直後の継続的な使用を可能とする。
- ③ 耐震改修促進法の計画認定を取得し、増築を可能とする。(本堂北側に増築建物を計画)

等の要件を満たす中間層免震による改修を計画した。

2 建物概要

図1に外観パースを、表1に建物概要を、図2、図3に改修前後の1階平面図をそれぞれ示す。

建築物の平面形状は南北方向29.16m×東西方向



図1 外観パース

30.24mのほぼ正方形で、1階は階高が3.33mの寺務室・倉庫用途、2階が正面大階段からアプローチする本堂となっている。2階の階高は10.63mと高い。

表1 建物概要

建築場所：東京都足立区西新井 1-15-1	建築主：宗教法人総持寺
用途：寺院本堂	設計：清水建設株式会社一級建築士事務所
建物規模：地上2階、地下無し	施工：清水建設株式会社
延床面積：2,330.30 m ²	既存設計：大関徹建築設計事務所
建築面積：1,623.80 m ²	既存施工：清水建設株式会社
軒高：14.03m	竣工年：昭和46(1971)年
最高高さ：27.00m	
構造種別：鉄筋コンクリート造	基礎：
架構形式：耐震壁付ラーメン架構	場所打ちコンクリート杭+圧入鋼管杭
1階中間層免震構造	※支持層はGL-34m～砂質土層
地盤：第三種地盤	※鋼管杭先端はGL-15m、耐震補強用

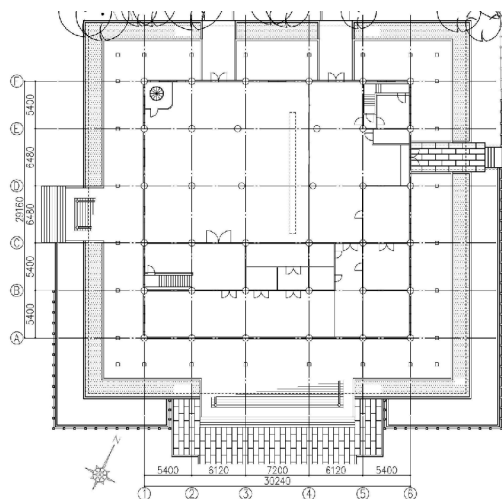


図2 1階平面図(改修前)

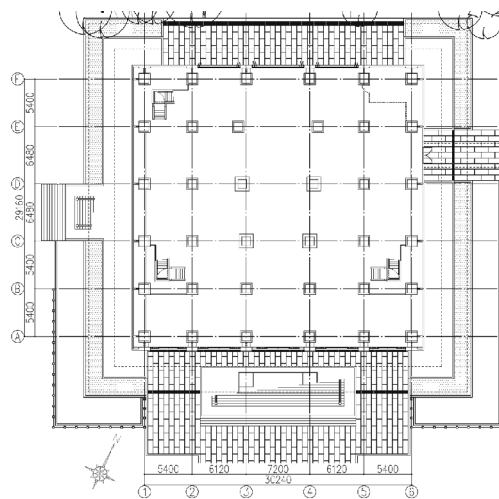


図3 1階平面図(改修後)

改修により1階が免震層となるため、正面大階段下(南面)および建物背面(北面)の鉄筋コンクリート壁を撤去して建具とした。基壇を切り下げて出入り可能とし、本堂北側に増築予定の建物と一体的な利用を図る計画とした。図4に開放的になった正面外観、図5に外縁の束柱を撤去した側面の外観をそれぞれ示す。



図4 正面外観(左:改修前/右:改修後)



図5 側面外観(左:改修前/右:改修後)

3 構造概要

3.1 改修計画

改修計画の概要を図6に示す。図に示すように1階柱頭部に免震支承材を配置した中間層免震構法を採用

用した。人の滞留頻度が高い2階本堂床ならびに瓦の脱落が懸念される大屋根を免震化するとともに、増し杭を含めた下部構造の補強を行うことにより建物全体の耐震性能の向上を図った。

＜免震装置＞ 免震支承材には、ゴム総厚が200mmタイプの直径600～700mmの高減衰積層ゴム支承($S1=36.1\sim36.64$ 、 $S2=3.00\sim3.46$)32台、すべり材の直径300～400mmの弾性すべり支承7台、限界速度1.5m/s以下のオイルダンパー8台(各方向4台づつ)を採用した。免震層での偏心率が0.03以下となるように配慮して支承材を配置した。図7参照。

＜下部構造＞ 下部構造については、1階柱と基礎つなぎ梁をコンクリート増し打ち補強した。改修による鉛直荷重増分を現況の場所打ち杭に負担させ、地震時の水平力については、先端深度GL-15mの鋼管杭(500φ×9mm)108本を圧入工法により新設して、基礎に作用する水平力の約70%をこれに負担させる計画とした。

＜上部構造＞ 上部構造については、2階の壁6か所の開口を一部閉塞することにより耐震壁とし、上部構造の強度確保と剛性バランスの改善を行った。2階大梁は1階柱切断時の建物重量を仮受けさせる必要があるため、コンクリート増し打ちによる端部補強を行ったうえでプレストレスを導入して既存部材との一体化を図った。

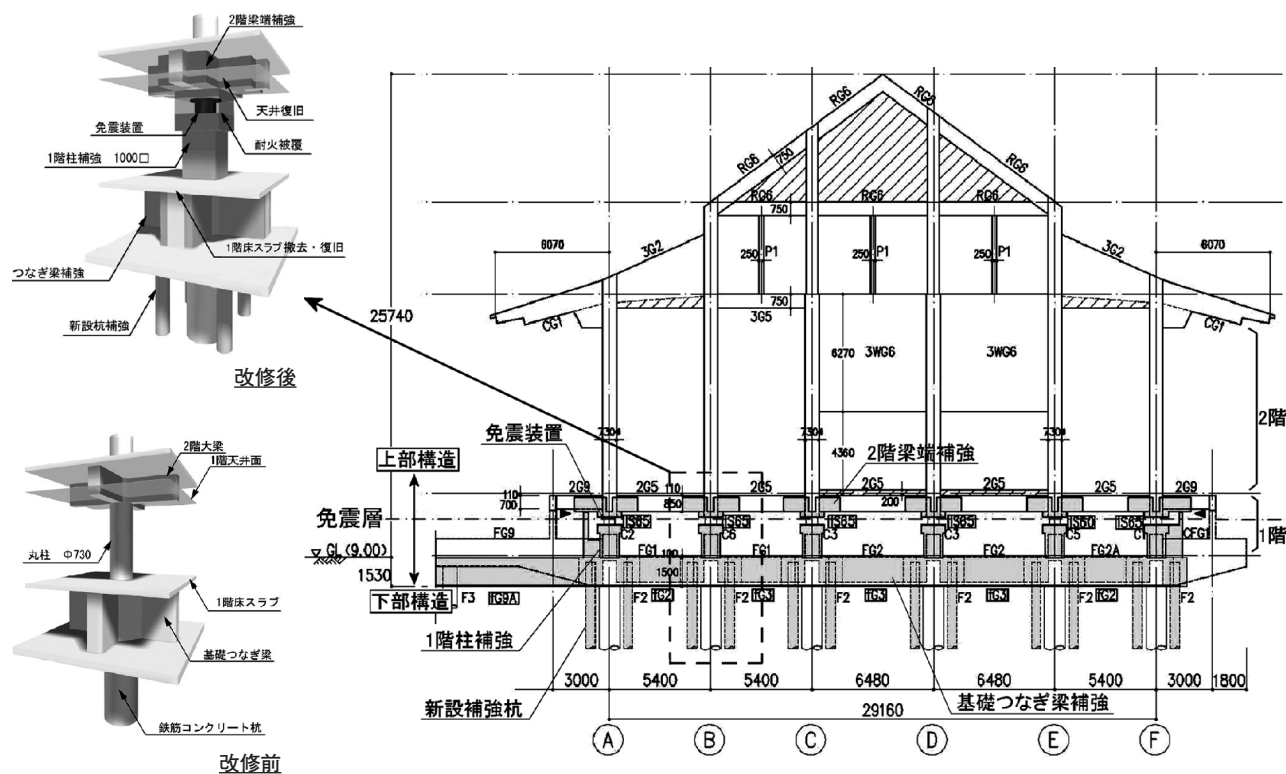


図6 改修計画概要

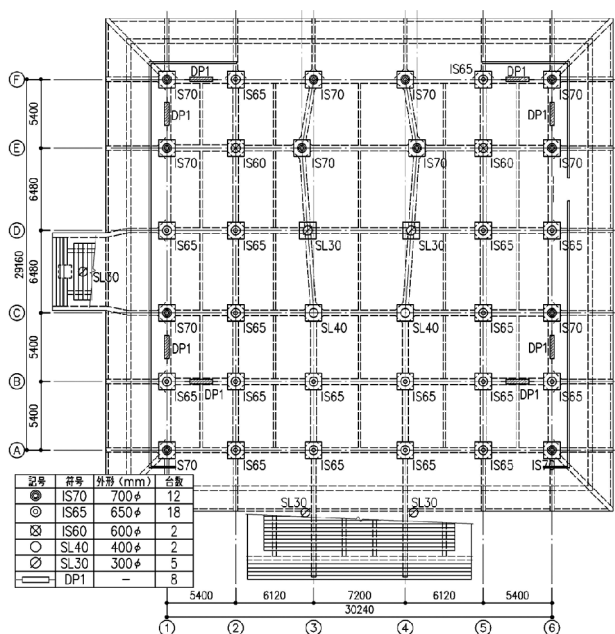


図7 免震装置配置図

その他、免震改修に伴い、内部階段を2階床梁からの吊り構造に、外部階段を弾性すべり支承で支持する構造に、また2階外縁床部分は1階束柱を撤去してはね出し架構としてなりたつように改変した。

3.2 性能目標

耐震改修設計における耐震目標性能を表2に示す。

建物全体の耐震性能向上を図るためには、杭を含めた基礎の補強も重要となる。既存鉄筋コンクリート場所打ち杭と増設鋼管杭の性能目標をそれぞれ表に示すように設定し、これにより地震時の水平復元力、鉛直支持力が確保されるものとした。杭の設計では液状化を考慮した地盤の変形と建物の慣性力による影響を同時に考慮する検証を行っている。

表2 設計用入力地震動

入力レベル		稀に発生する地震動 (レベル1)	極めて稀に発生する地震動 (レベル2)
耐震性能目標	上部構造	・層間変形角 1/500 以下	・概ね終局耐力以下 ・層間変形角 1/250 以下
	高減衰積層ゴム	・安定変形※2 21.5 cm 以下	・性能保証変形※1 43 cm 以下 ・短期許容応力以下
	すべり支承	—	・圧縮限界強度(80N/mm ²)以下 ・ストローク±600mm 以下 ・限界速度 1.5m/s 以下
	オイルダンパー	—	—
	下部構造	・層間変形角 1/500 以下	・層間変形角 1/250 以下
		柱	・短期許容耐力以下
		つなぎ梁	・終局耐力以下
		杭	・塑性率(曲げ)4.0 以下 ・終局耐力以下(せん断)
			・新設鋼管杭 ・短期許容耐力以下

※1 性能保証変形は基準面圧時の終局限界強度に対応するせん断変形 γ_o に対し、安全率 α を考慮して性能保証限界を設定する。

α は高減衰積層ゴムの径ごとに 700φ: $\alpha=0.70$, 650φ: $\alpha=0.75$, 600φ: $\alpha=0.80$ とする。設定した性能保証限界に対応する水平変位は径 600φ に対する 435mm が最小値となり、設計用として 430mm を採用する。表 5.3.2 に免震装置の性能保証変形の算定結果を示す。

※2 安定変形は性能保証変形の 1/2(=21.5mm) とする。

3.3 地震応答解析

解析モデルは図8に示す部材系弾塑性立体モデルとした。免震支承材の復元力特性は菊地モデルとし、すべり支承は標準バイリニア型でモデル化した。

免震層の一次固有周期はX方向3.483秒、Y方向3.486秒である。(支承材のせん断ひずみ100%時、免震層変位20.0cm)

検討用地震動を表3に示す。観測地震動3波と告示模擬地震動3波の合計6波とした。告示模擬地震動は工学的基盤で定義し、建設地表層地盤の増幅特性を考慮して設計用地震動を作成した。

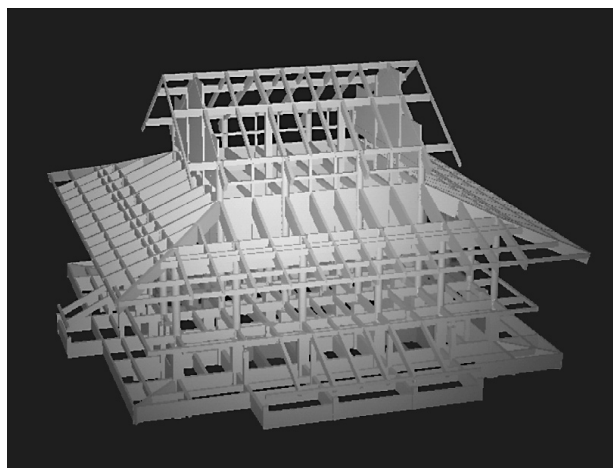


図8 解析モデル

表3 検討用地震動

波形名称	観測地震動波形		入力地震動波形			解析時間(sec)
	最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)	稀に発生する地震動 最大加速度 (cm/s ²)	極めて稀に発生する地震動 最大加速度 (cm/s ²)	極めて稀に発生する地震動 最大速度 (cm/s)	
告示波 A(長岡)	—	—	103	327	63.2	80.0
告示波 B(関東)	—	—	92	304	53.4	200.0
告示波 C(フナギ)	—	—	97	333	71.4	72.0
EL CENTRO NS	341.7	33.5	255	511	50.0	53.8
TAFT EW	175.9	17.7	248	497	50.0	54.4
HACHINOHE NS	229.6	34.4	167	334	50.0	51.0

図9に極めて稀に発生する地震動に対する桁行方向の応答解析結果を示す。免震層の変形量は420mm、免震層上部の応答加速度は100～230cm/s²、応答層せん断力係数は0.11～0.18の範囲にあり十分に低減されている。図10に極めて稀に発生する地震動に対する桁行方向の吸収エネルギーの時刻歴を示す。免震層の吸収エネルギーの70%程度をダンパーが負担している。

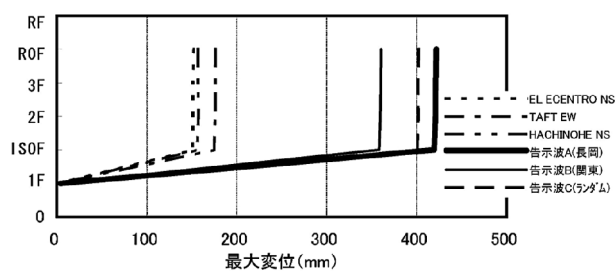
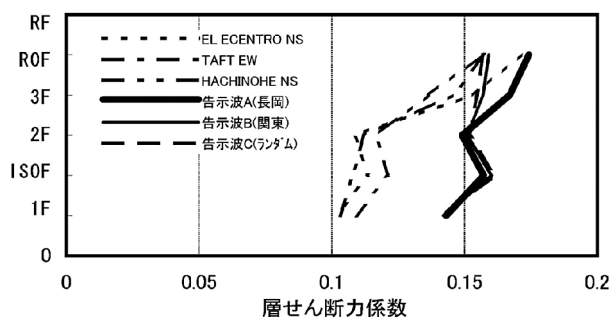
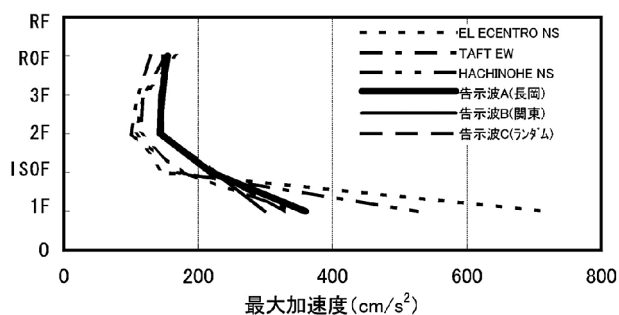


図9 レベル2応答解析結果(桁行方向)

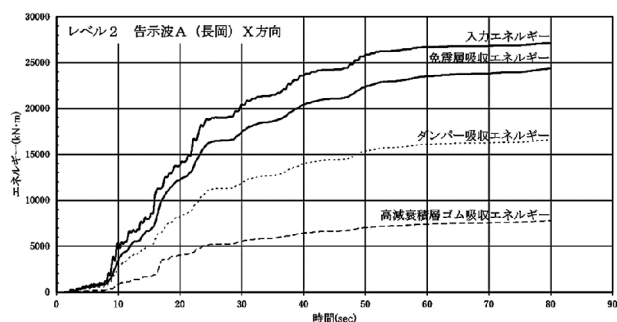


図10 各部材の吸収エネルギー分担(桁行方向)

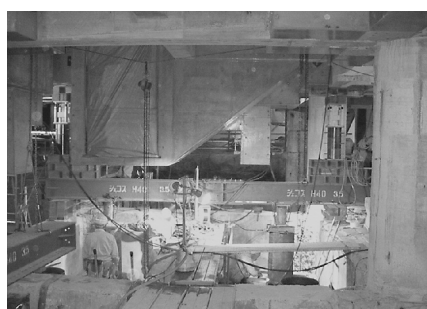
4 施工

鋼管杭の圧入は2階梁端下部に設置したジャッキ反力にて行った。免震支承の設置は、仮受けジャッキ撤去後の免震支承の鉛直歪みを極力小さくするように配慮して行った。上部構造をジャッキで仮受けしたあと柱を切断し、免震支承とその下部にプレロードケース、プレロードジャッキを設置する。プレロードジャッキにより免震支承に圧縮力を与えて軸力を柱に戻してから支承下部のコンクリートを打設した。

施工時の状況を示す写真を図11に示す。

5 おわりに

本改修工事は本年4月～10月の期間、施設を一時閉鎖して進められている。計画から施工に渡りご協力頂いた関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。



杭圧入工事



基礎つなぎ梁補強配筋



既存柱切断



免震支承取付



プレロードジャッキ・プレロードケース設置



柱周り補強後

図11 施工時状況写真