

本願寺帯広別院本堂改修

日本設計 中川 進 大日本土木 跡部義久 新日本製鐵 加藤巨邦 前田建設工業 細川洋治



1. はじめに

阪神・淡路大震災後、既存建築物の耐震改修の促進に関する法律が制定され、耐震改修も盛んとなりました。さまざまな耐震補強法が提案されていますが、中でも既存建築物を建て替えることなく、耐震性能を向上させることのできる免震レトロフィットに対する関心が急速に高まりつつあります。

今回は、帯広市内で本願寺帯広別院本堂（耐震改修設計施工：㈱フジタ、写真-1）が、寺院建築としては日本で初の免震レトロフィットにより耐震改修工事を行なっているということで、㈱フジタの鳥居さんに案内をお願いし、須賀川広報委員長および担当の中川、跡部、加藤、細川、そしてオブザーバーとして小幡、山竹の8名で当改修工事現場を訪問しました。（写真-2）



写真-1 建物全景

2. 既存建物の概要

既存建物は、軒高11.45m、最高部高さ25.45mで、延面積947㎡の寺院建築である。

本堂の平面は、X方向が27.85m、Y方向が34.0mの整形な形状で、内陣・外陣・参詣の順に配置されており、さらに向拝部分が南側に取り付いた計画となっている。図-1に平面図を示す。

構造は、RC造の柱および壁が外周部に配置され耐震要素となっており、その外周架構の上に木造小屋組の大屋根が載っている。本堂の床も木造床組となっている。基礎は、独立フーチング形式による直接基礎である。

昭和4年に建立され、これまでに平成6年12月28日に発生した三陸はるか沖地震（M7.5）を含む震度IV、Vの地震を過去4度経験しているものの、外周部のRC造の壁に0.3mm程度のクラックが数カ所見られるが、大きな震害によるものはなかった。ただし、RC造の経年変化による中性化の進行が見られた。木造の屋根小屋組についても、木材の乾燥収縮によると思われる斜材およびつなぎ材のボルトのゆるみ、束材および母屋のはずれが多数見られたものの、大きな震害によるものではなかった。

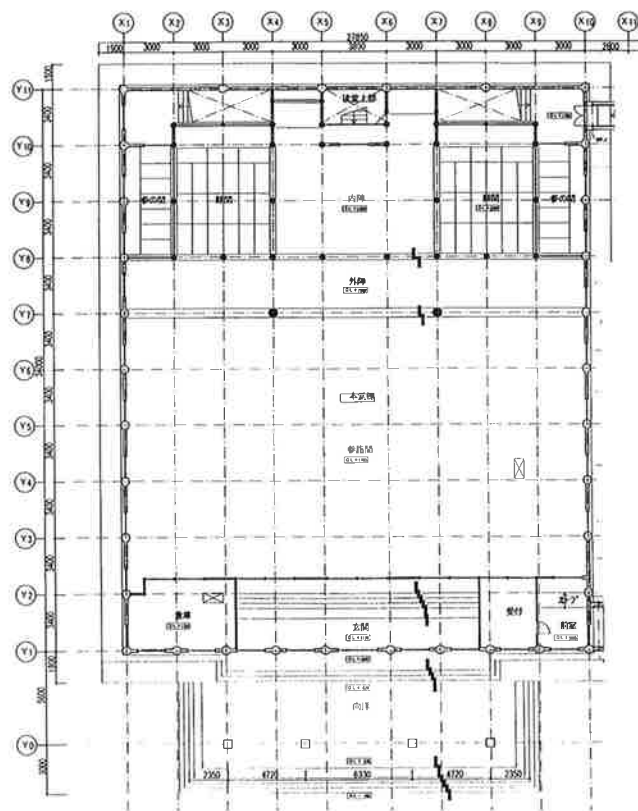


図-1 平面図

3. 補強対策

地震に対する補強対策としては、以下のことを計画した。

- 屋根トラスおよび束材、母屋の接合部の補強、屋根トラスと直交する水平つなぎ材とブレースの追加による屋根小屋組の剛性強化を図る。
- 外周の耐震要素である壁、および柱の劣化に対する補強を行うことにより耐久性の向上を図る。
- 建物基礎部に新たに杭基礎を設けて免震部材を配し、建物に入る地震力を低減し、耐震性の向上を図る。

免震部材の設置により地震の入力が大幅に低減されることが期待できることや、過去の地震経験や被害状況が少ないこと、および寺社建築であることから、上部構造については大規模な耐震補強は行わないものとする。

4. 免震化改修の設計

免震化改修を行う際の設計の目標として、耐震設計におけるクライテリアを表一に示すように設定し、本建築物の安全性の確認を行うものとした。各部材を検討する地震時外力は地表面速度値で50cm/secにおける予備応答解析を行い、全層の層せん断力係数は0.24とした。この時得られる地震時応力と鉛直荷重時応力、積雪による応力を組み合わせ、全ての部材が短期許容応力以下であることを確認している。

表一 耐震設計目標値

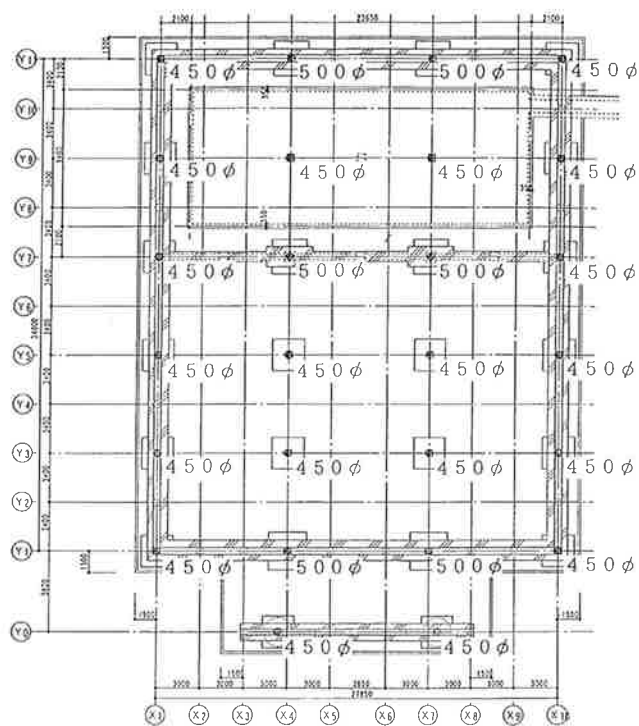
検討用地 震動の入 力レベル	設計目標		
	上部構造	免震部材	下部基礎構造
レベル1 25cm/s	<ul style="list-style-type: none"> ・層間変形角1/4000以下 ・柱・壁の平均せん断応力度が$0.02Fc^*$ (1.4kg/cm²) 以下 	<ul style="list-style-type: none"> ・最大せん断ひずみ50%ひずみ以下 	短期許容応力以下
レベル2 50cm/s	<ul style="list-style-type: none"> ・層間変形角1/4000以下 ・柱・壁の平均せん断応力度が$0.03Fc^*$ (2.1kg/cm²) 以下 	<ul style="list-style-type: none"> ・最大せん断ひずみ100%ひずみ以下 ・部材に引張力が生じない。 ・ゴムに生じる局部ひずみが極限ひずみ($\epsilon_H=4.5$)に対し安全率1.50以上とする。 	
安全余裕度の確認 65cm/s	<ul style="list-style-type: none"> ・層間変形角1/4000以下 ・柱・壁の平均せん断応力度が$0.03Fc^*$ (2.1kg/cm²) 以下 	<ul style="list-style-type: none"> ・最大せん断ひずみ150%ひずみ以下 ・部材に引張力が生じない。 ・ゴムに生じる局部ひずみが極限ひずみ($\epsilon_H=4.5$)に対し安全率1.00以上とする。 	

Fc^* : コア供試体の圧縮強度の平均値から標準偏差を差し引いた値 (70kg/cm²)

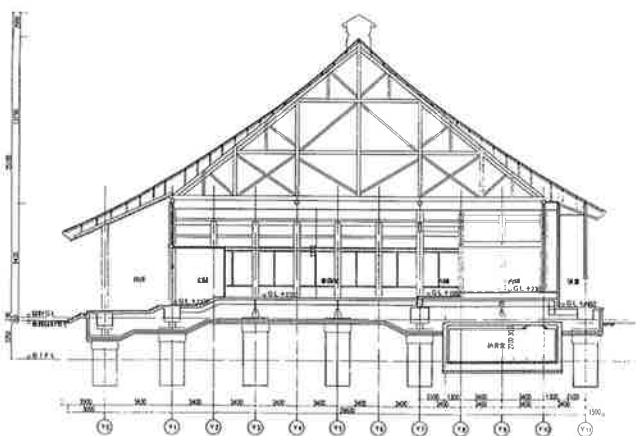
免震部材(鉛プラグ入り積層ゴム)の挿入に際しては、まず既存の基礎梁に新たに両側からRC造の補強基礎梁を設け、上部構造を支持し、免震部材を配する位置の既存の基礎を撤去し、新たに杭基礎を設けて免震部材を挿入していく。免震部材を配置した後は既存の



写真一 本堂正面にて



図二 免震部材の配置図



図三 断面図(改修後)

基礎は全て撤去する。

免震部材は重量分布および剛性分布の均一化を図るため、軸力に応じて450φ、500φの径を用いている。なお、今回の改修において木造床は全てS造梁を新設し、RC造の床スラブにしている。図-2に免震部材の配置図、図-3に改修後の断面図を示す。

また、既存の基礎梁と増設部分の一体性の確保には、鉄筋等のだけ作用による方法とプレストレスを導入し打ち継ぎ面を一体化する方法が考えられる。本計画では、小地震時での微小変形から一体性が確保されるプレストレスを導入する方法(図-4)を採用した。

計画どおりの導入軸力が打ち継ぎ面に作用し維持されるか、その時、打ち継ぎ面のずれ耐力の設定値が満足されるかを実験により確認した。現在はリラクゼーションが経時とともにどの程度生じてくるかを計測中である。

5. 施工方法

既存建物は、直接基礎にて地盤に支持させているが、改修に当たり既存の基礎を一基とばしに撤去し、そこに新規に深礎杭基礎を造り、免震部材を配置していく。

以下に、基礎部の改修および免震部材の設置手順を示す。

- ①既存の木造床を撤去する。
- ②仮設用の基礎を造る。
- ③既存基礎梁の両側に補強基礎梁を造る。

(この時、既存基礎梁の両面は面はつりし、脆弱部を除去し、新規の補強基礎梁とはPC鋼棒で締め付けて接合させる。)

- ④免震部材を設置する位置の既存基礎を撤去する。
- ⑤同じ位置に深礎杭を造る。
- ⑥同じ位置に、新規に基礎を造り、免震部材を設置する。(写真-3)

(免震部材はあらかじめ4本のターンバックル付きのボルトで緊張しておき、軸方向にある程度のプレストレスを与えておく。(写真-4))

- ⑦既存の残りの基礎および仮設用基礎を撤去する。
- ⑧鉄骨造の床組の上に鉄筋コンクリート造の1階床スラブを造る。

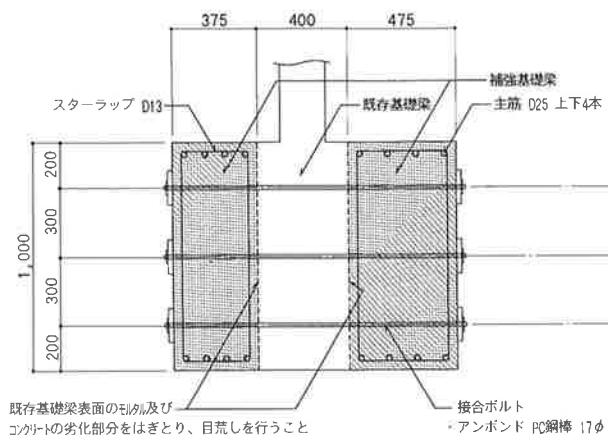


図-4 基礎梁断面図

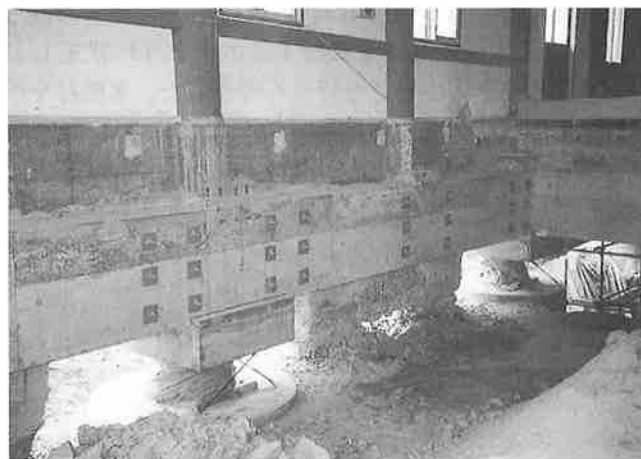


写真-3 免震部材設置後



写真-4 免震部材をターンバックル付きボルトで緊張した状態

6. 訪問談議

始めに、本願寺帯広別院の蓮（はちす）清典輪番にお話を伺いました。（写真－5）

この地域が地震多発地帯であることから、老朽化が進んでいたが、開拓時代を経て門徒の悲願の結晶として、昭和4年に建てられた本堂をそのままの形で後世に残そうとの門徒の声によって、免震レトロフィットを実現することができたそうです。

既存の本堂は面積286坪、高さは約25m。外周壁や柱梁などが鉄筋コンクリート造りで、屋根と床が木造という、当時では珍しい建物で今まで厳しい自然に耐えてきた。4年前には屋根の葺き替えが行われたが、度重なる地震や風雪などによって、木造小屋組や天井のゆがみ、外壁の亀裂などが顕著になってきた。そのため、本堂の耐力調査を行い、建築委員会を発足させることになったそうです。新築との声も上がったそうですが、「先人達が開拓時代を経て苦勞して建てた建物を後世に残していきたい。」との声が高く、改修工事を行うことにより既存本堂を残すことになったそうです。

門徒の人々に免震を理解してもらうために大変苦勞されたそうですが、帯広が地震の多発地帯であることや、わずかな費用で耐震性が大きく向上することなどを説明し説得し続けてきたそうです。地震が起これないと思われていた神戸に大地震が起これ、生田神社が倒壊するなど大きな被害を受けたことがきっかけとなり、いくつかの案の中から免震レトロフィットを採用することになったそうです。

蓮輪番は以前に竜谷大学で施設の建て替えなどを担当されていたため、建築の知識も豊富で、免震についてもかなり勉強されており、「現在の技術では免震は最善の耐震補強法だと考えている。」と今回の免震レトロフィットに対して満足げに話されていたのが印象的でした。

これからは災害時の避難場所として、寺院を活用して行くことを考えているそうです。

この本堂内参詣の間は約300畳の広さがあるので多目的に使って行くことを考えており、その1つの使い方として、厳寒の冬場でも運動が可能ないように「屋内体育」が出来るように計画したとのことでした。

次に、(株)フジタの青木廣美工事に現場を案内して頂き、改修工事の施工方法や施工手順の説明をしてもらいました。特に、青木工事に考案のルールを使って免震部材を迅速かつ正確に据え付けることが出来る免震部材の横引きセット法は、大変興味深いものでした。（写真－6）



写真－5 免震レトロフィット採用の経緯を説明されている蓮輪番



写真－6 免震部材横引きセット法の説明をされている青木工事に

現在、現場は免震部材の設置がほぼ終了した状況です。工事は去年の10月に着工し、完成は今年11月の予定で順調に進んでいるそうです。

改修工事費は3億3千5百万円で、そのうち免震工事費は約2億円だそうです。

7. おわりに

日本においては免震レトロフィットの施工事例はまだ少ないのが現状ではありますが、今後は歴史的建造物のみでなく重要かつ貴重なものを収容している建物や社会的に重要性の高い建物、有事の時に防災拠点となる建物等に免震レトロフィットが数多く採用されていくと思われます。

最後に、免震レトロフィット採用までの貴重なお話を聞かせて頂いた本願寺帯広別院の蓮輪番、そして現場を案内していただいた(株)フジタの青木工事に感謝の意を表します。