

山梨文化会館耐震改修 (免震レトロフィット) 計画



小林 光男
織本構造設計



宮崎 潤
同左



蔵田 富雄
三井住友建設



鈴木 亨
同左



北澤 基至
同左



谷垣 啓司
同左

1 はじめに

山梨文化会館は山梨県甲府市北口に位置し、山梨日日新聞社・山梨放送を核とするグループ企業の本社として、丹下健三の設計により1966年に竣工した。その後、1974年の増築や外部・内部の改修を経て今日に至っている。

この建築の特徴は、建物が16本の円筒柱により構成されていることだが、この円筒柱の地下階の柱脚部に免震装置を設置し、建物全体を免震化する工事を実施した。これは地下階に免震層を設けることで、建物全体のデザイン性の維持や、工事中も地上階の執務スペースを利用することが出来るというメリットを狙ったものである。今後50年先も、その時代が求める機能性を発揮し、かつ竣工当時のコンセプト・意匠性を継承し得る計画を心掛けた。

2 建物概要

建 物 名 称：山梨文化会館
建 築 場 所：山梨県甲府市北口2-6-10
用 途：事務所（TVスタジオ）・飲食店
建 築 主：山梨文化会館
改修設計監理者：丹下都市建築設計
改修設計構造担当：織本構造設計
改 修 施 工 者：三井住友建設
延 べ 面 積：21,883.51m²
階 数：地下2階、地上8階、塔屋3階
上 部 構 造：鉄筋コンクリート構造
※梁のみ鉄骨鉄筋コンクリート構造
基 礎 構 造：直接基礎
免 震 位 置：地下2階床上
工 期：H27年6月～H28年12月



写真1 建物外観

3 構造概要

本建物に採用している鉛直部材は通常の柱とは異なり、4×4（計16本）のコア柱と呼ばれる円筒柱（直径が約5.0mで厚さは500mm～350mm（ふかし込み約700mm））で構成されており、地震時には16本のコア柱が片持ち柱の挙動によって抵抗する（図1）。各階でコア柱には各方向2本（計8本）の梁が接続され床を支えているがコア柱との剛性差により梁自身は地震時の建物剛性（ラーメン効果）にほぼ寄与しない。

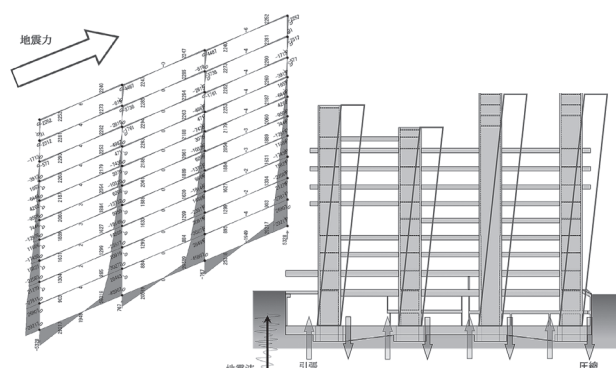


図1 地震時応力状態

構造種別としてはコア柱が鉄筋コンクリート構造（RC構造）、コア柱に接続する大梁は鉄骨鉄筋コンクリート構造（SRC構造：ラチス梁）である。

4 改修計画概要

免震レトロフィットによる改修計画を行う際に「基礎免震」「地下階床上柱脚免震」「1階床上免震」の3種類の計画案が考えられた。構造計画のみならず、建築計画や設備計画また施工面からも協議が行われ、「基礎免震」は敷地に余裕が無くクリアランスの確保が厳しいこと、「1階床上免震」は改修により外観デザインを損なってしまうことから、図2の断面図に示す「地下階床上柱脚免震」を採用した。

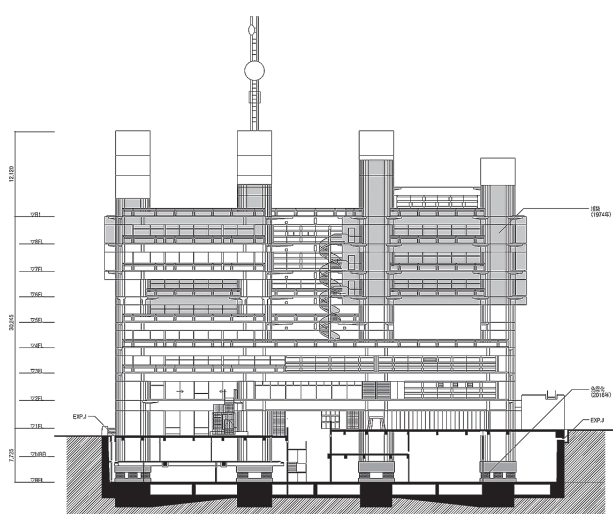


図2 免震化位置断面図

5 免震装置配置計画

免震装置の配置を図3に示す。コア柱はそれぞれが独立した片持ち柱状態となるため地震時には圧縮縁と引張縁が明確に分かれる構造であり、免震化した場合には引張力にどのように対応するかが問題となる。

本計画においては引張力に対応するための免震支承（直動転がり支承：CLB）と、錫プラグ入り積層ゴム支承（SnRB）・天然ゴム系積層ゴム支承（NRB）を用い、コア柱1本あたり支承材を4～5基配置した。

本建物は免震レトロフィットであることから、上部構造の地震荷重が過大にならない範囲で極力小さなクリアランスとするため、設計クリアランスは40.0cmに計画した。（レベル2許容変形量は32.0cmに設定）

免震層の長周期化および地震時コア柱の引張力に抵抗するためCLB支承を併用して、接線周期を5.0秒程度、免震層の等価周期（ $\delta=32.0\text{cm}$ 時）を4.0秒

以上となるように免震層の復元力を設定した。また、引き抜きが生じる箇所にCLBを配置する事で積層ゴムの引張面圧を 1.0N/mm^2 以下に抑える計画とした。

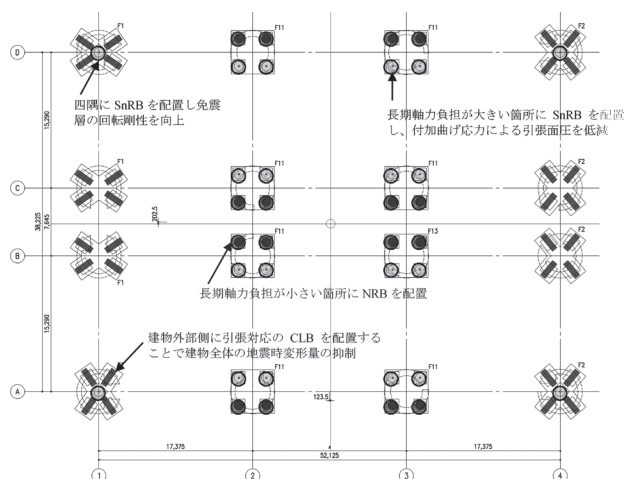
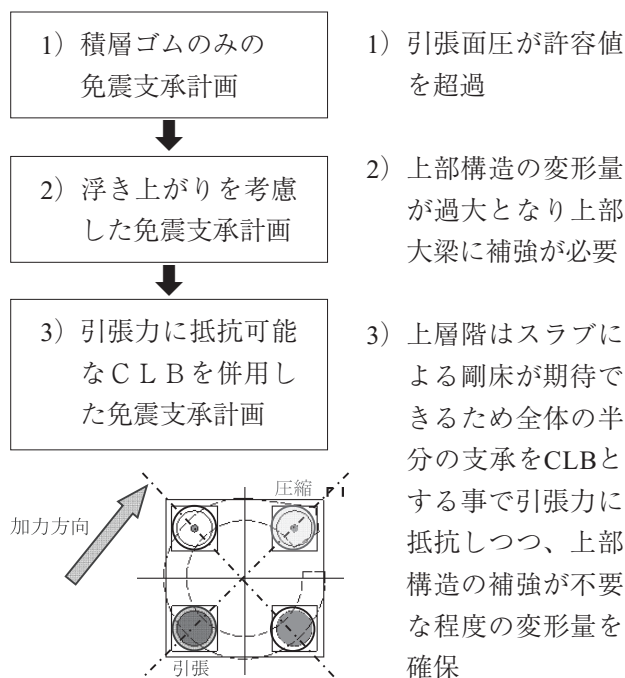


図3 免震装置の配置

6 時刻歴応答解析

1) 振動モデル

本建物の振動モデルは、図4に示す立体骨組モデルを採用し、筒形のコア柱は円筒柱と同等な剛性となるよう8本の正方形柱と耐力壁にモデル化した。

免震装置はNRBをLinear、SnRBを歪み依存型Bi-Linearとし、CLB支承は摩擦係数 $\mu=0.0048$ と免震層の復元力に大きな影響を与えないと考え、免震層の復元力には考慮しない。

2) 応答解析結果

レベル2地震動の応答解析結果を図5に示す。層せん断力は、弾性限耐力以下であることを確認し、層

間変形角は目標とする1/300以下に対して1/472となっている。また、1階の加速度は286cm/sec²に抑えることができた。

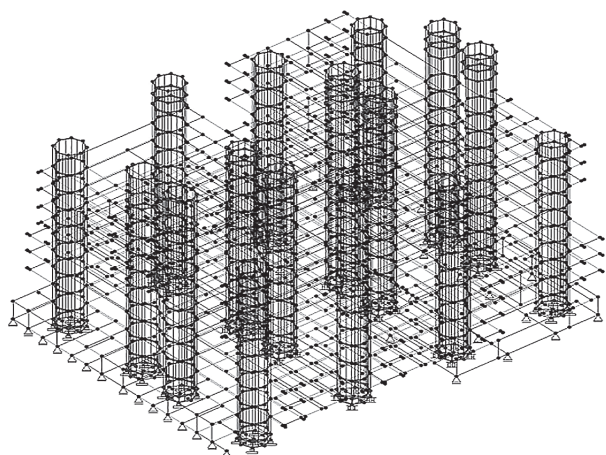


図4 立体骨組モデル

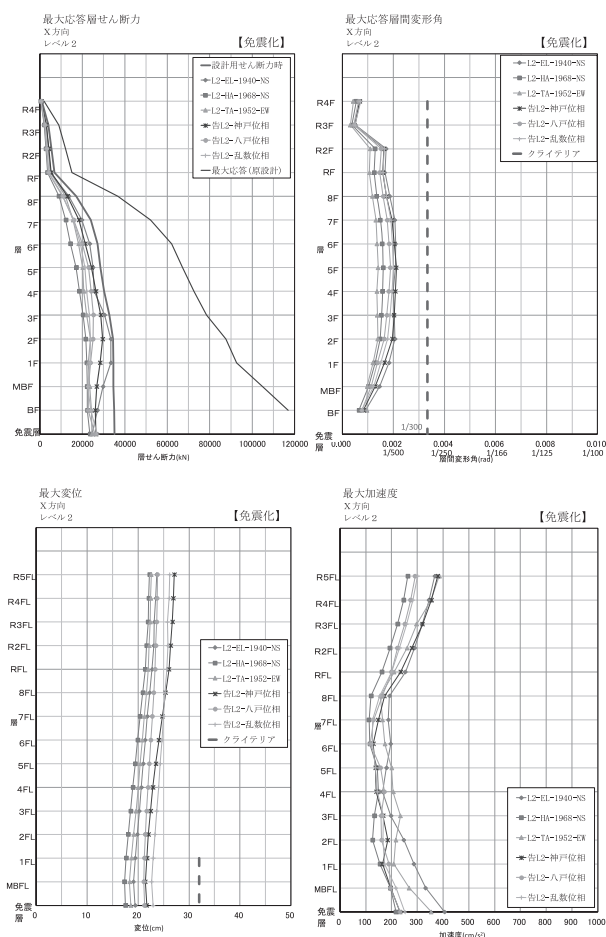


図5 解析結果

7 免震化工事概要

免震基礎はCLB×4台(隅柱は+SnRB×1台)を配したX型基礎が8基、SnRB×2台+NRB×2台を配した口型基礎が8基の計16基で構成されており、直径約5m・壁厚約70cm(ふかし含)・柱1本当たり軸力25,000kN(約2,500t)の円筒形コア柱16本を支えている。

その他、間柱部に剛滑り支承を22台、外周部のRCブラケットに滑り板を38台設置しており、免震装置の総数は128台である。

コア柱の中はエレベーター4基、階段3ヶ所、トイレその他設備シャフトとして使われており、建物の心臓部とも言える機械室エリアにおいても建物機能を維持しながら、機械・電気設備の直近で(あるものは移設を伴いながら)免震化工事を行う必要があった。

また、上階の既存ホール機能を維持するために、プレストレスを導入することにより免震基礎高さを低く抑える工法を採用している。

8 付帯工事概要

図6に免震階の平面と、地下外壁の断面を示す。地下外壁は1階床スリット切断により高さ7mの片持ち壁となるため、全周240mにわたり厚さ約80cmの補強壁を増打することで自立させた。また、スラブ切断部に配置した外周梁を補強壁から持ち出したRCブラケットと滑り板で支えることにより、ほぼ敷地一杯の建物を地上階の意匠を変える事なく、地下階で免震化することが可能となっている。コア柱内のエレベーター・階段の地下2階着床部は全て免震基礎となってしまうため、地下1階と地下2階を繋ぐエレベーターと階段を各1基、非免震側である地下2階より立ち上げる形で新設し、免震エキスパンションジョイント(EXP.J)を用いて免震側と連結させている。

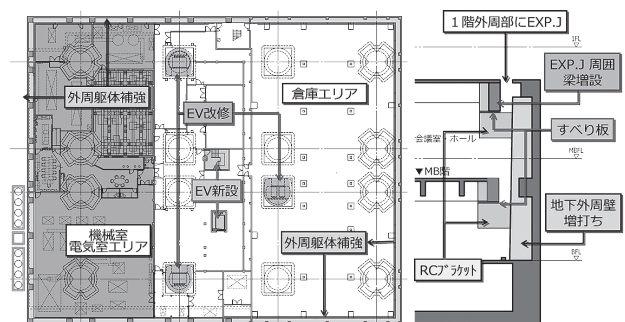


図6 免震階平面及び地下外壁断面

9 施工計画

CLB4台で支持するX型基礎を50日サイクル、積層ゴム4台で支持する口型基礎を40日サイクルにて柱免震化工程を計画し、工事中の建物の安全性を確保するために、切断された状態の柱が常に2本以内かつ、隣接する事のないように施工順序を決定した。

コア柱内部にあるエレベーター・階段の施工については、エレベーターの全停止や階段による2方向

避難の障害が生じないように、新設エレベーター・新設階段工事のタイミングを計画した。

また、柱免震化工事が全16本完了するまでは1階床スリット工事に着手せず、外周床の拘束力を利用することで施工中の耐震安全性を確保することとした。このことにより、施工中のコア柱毎に鉛直荷重・鉛直変位の2項目のみを管理すれば良い、シンプルかつ安全性の高い施工とする事が出来た。

図8にX型基礎の施工フロー抜粋を示す。CLBの設置に必要な先行開口を開け、次いでPC鋼棒等を配置して上部基礎を構築する。先行開口の施工にあたっては、FEM解析によりその応力状態を確認し、仮設支柱の設置等の安全対策を施した。FEM解析例を図7に示す。

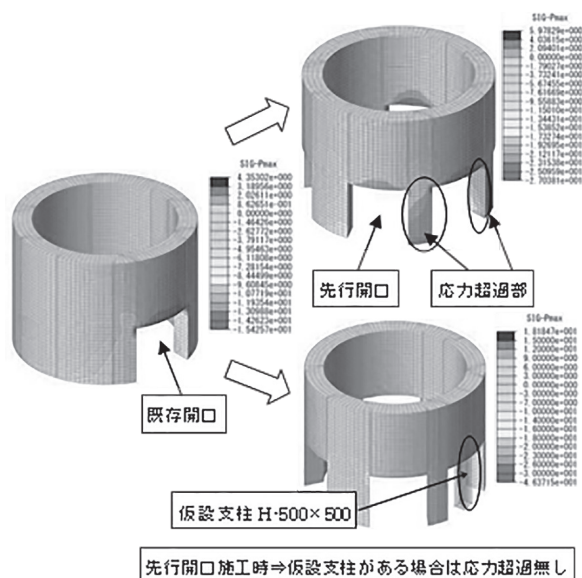


図7 FEM解析による安全性の確認

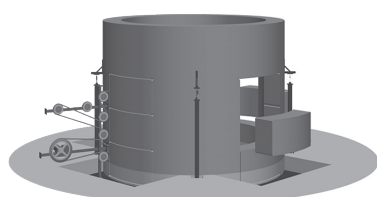
上部基礎よりCLBを吊下げ設置した状態で下部基礎を構築し、上部基礎にプレストレスを導入後サポートジャッキに軸力を移行し、柱残置部を切断する。最後にサポートジャッキを減圧しCLBに軸力を移行する。

図9に口型基礎の施工フロー抜粋を示す。柱の一部に先行開口を開け、サポートジャッキを含む仮設支柱を設置する。次いで仮設支柱に軸力を移行した後に柱の残置部分を切断し、下部基礎を構築する。その後、フラットジャッキ・積層ゴムの順に下部基礎上に据え付け、上部基礎を構築する。上下基礎のコンクリート強度が発現後、フラットジャッキに無収縮グラウト材を圧入すると同時にサポートジャッキ荷重を除荷することにより、積層ゴムに軸力を移行する。

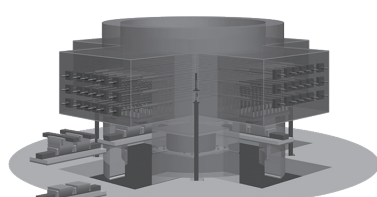
柱切断工事においては、地下揚重・運搬条件よりコンクリート塊は1ブロック約2t以内に切断することとした。また、設置が完了した免震装置には鋼製のストッパーを取付け、すべての柱への免震装置の設置が終了し1階床スリット工事が完了するまでその動きを拘束し、切断前の柱水平耐力を確保した。

10 まとめ

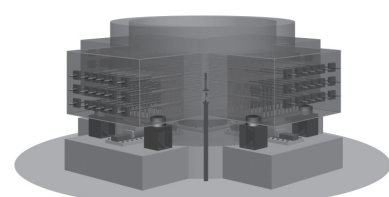
本計画は「山梨文化会館100年計画」として、竣工後50年経過した建物を更に50年使い続けようというものである。今回の免震改修により今後懸念されている地震時にも大きな損傷を受けることなく、建物の機能維持が可能となっている。



(a) ワイヤソー切断・切断塊引抜

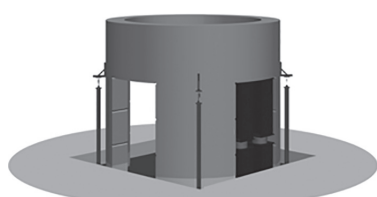


(b) 上部基礎構築・免震装置据付

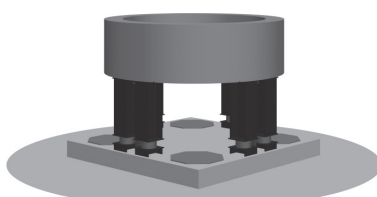


(c) 下部基礎構築・プレロード・コア柱縁切り

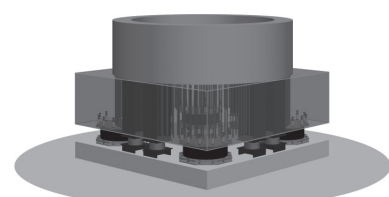
図8 X型基礎施工フロー抜粋



(a) 仮設支柱据付部の柱切断



(b) ジャッキアップ・コア柱縁切・下部基礎構築



(c) 上部基礎構築・フラットジャッキによる柱軸力の移行

図9 口型基礎施工フロー抜粋