

柱脚周りに限定された補強機構を用いた 中間層免震レトロフィット

株式会社日建設計：向野聡彦、小野潤一郎、木村征也



建物外観（撮影：三島 寛）

概要

近年、中間層レトロフィット工法の適用例が増加している。この工法は既存建築物の中間特定層を免震化することで地震入力を低減し、耐震性能を向上させる有効な補強方法である。しかし、高層建築物や柱の少ないRC系建築物においては1柱あたりの軸力が比較的大きくなり、地震時に支承周りに生じる大きな偏心応力の処理が課題となる。

本提案では、柱脚周りの限定された範囲の躯体補強で、大地震時に免震支承周りに発生する大きな偏心応力に抗し得る力学的な曲げ戻し機構を実現しつつ、補強改修後の建築計画上の空間の用途に幅を持たせることができる巧妙な解として、今後の中間層免震レトロフィット計画に新たな可能性を示すことができた。

選評

中間層免震レトロフィットは、免震層より上部の階の機能や使用を停止することなく、工事範囲を限定して耐震性能を向上できる有効な改修工法である。ただし、アイソレータが安定的にその機能を発揮するためには、その取り付け部分が剛強であること、アイソレータに伝達される外力が極力単純明快であることが望ましい。

静岡県庁西館では、各種の補強工法の比較に基づき、駐車場として用いられている1階の柱20本の下部を切断して免震部材を設置する中間階免震工法が採用された。1階部分の車路を確保すること、および2階床梁部分の既存躯体の補強の必要性から、1階外周部の柱の切断面より上部に、柱を挟み込む形で剛強なRC梁がプレストレス圧着工法により増設された。補強梁の片側長さはスパンの1/4程度である。また、柱脚部から横にアウトリガー状に張り出した補強梁の下部には転がり支承が設けられ、アイソレータに作用する曲げモーメントを押さえ込んでいる。

補強工法の信頼性を検証するために、FEM解析や1/2スケールの載荷実験がなされた。ここで用いられている免震部材は特別なものではないが、それぞれの特長を活かした使い方がされている。

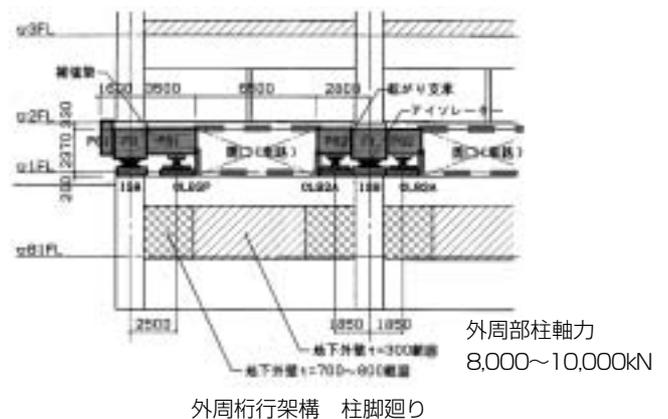
これらの実績は、今後の免震レトロフィットの展開に大いなる示唆を与えるものであり、技術賞に値する。
(河村壮一)

システム及び特記事項

この技術提案は、静岡県庁西館の耐震改修計画を実現する際に発注者要望に対して構造設計上、最も有効な解として発案されたものである。計画条件・要望は、①「想定される東海地震に対して建物本体の被害を最小限に抑え、大地震後も庁舎機能を確保すること」②「免震改修工事期間中も2階以上の事務執務を継続するために、工事中のいかなる期間にも既存建物の保有水平耐力を下回らないよう施工方法・手順に十分配慮すること」③「1階は耐震改修後も駐車場空間とすること」であった。

耐震改修工法としては、東海地震に対して「居ながら補強」により既存庁舎の耐震性能を向上させるため、1階を免震層とする中間層免震レトロフィットを採用した。その際、1階は改修後も駐車場とするため建築計画上、駐車場入口及び車路を設ける必要があり、外周部の桁行方向にはスパン全長にわたり補強梁を設けることが困難であった。

そこで既存柱の両側に桁行方向スパンの約1/4程度までの限定された範囲にプレストレストコンクリート造補強梁を既存柱に圧着接合して、その先端に上下方向の支点として水平滑動抵抗 ≈ 0 なる十字型転がり支承を設けた。これにより限定された範囲の躯体補強で大地震時に既存柱の柱脚における支承周りに発生する大きな偏心応力に抵抗し得る反力機構を実現した。なお、この補強梁は柱切断時のジャッキ仮受けや万が一の支承部材交換に対しても配慮されたものとなっている。



柱直下に設けた積層ゴムと補強梁先端に設けた転がり支承
(撮影：三島 寛)

国立新美術館

設計・監理者：株式会社黒川紀章建築都市設計事務所 黒川紀章
 株式会社日本設計 人見泰義、中村 伸
 施工者：鹿島建設株式会社 大野平雄
 清水建設株式会社 田中純一



建物外観（撮影：森嶋康洋）

建築概要

建設地：東京都港区六本木七丁目22-1
 建築主：文化庁
 設計：黒川紀章・日本設計共同体
 施工：I工区 鹿島・大成・松村JV、
 II工区 清水・大林・三井JV
 竣工：2006年6月
 建築面積：13,096㎡ 延床面積：48,580㎡
 階数：地上6階、地下2階 高さ：29.5m
 構造種別：鉄骨造一部鉄骨鉄筋コンクリート造

選評

国立新美術館は、都心部青山霊園に隣接する旧東京大学生産技術研究所跡地に建てられた我が国を代表する美術館である。このような一般に広く知れわたる大規模公共建築に免震構造を採用したことは評価される。

本美術館は収蔵品を持たない、企画型・公募展のための美術館である。諸外国からの貴重な美術品を地震国である日本で展示する国立美術館が、免震構造で建てられたことに大きな意義がある。

本建物は130m×60mの整形な形状を持つ巨大な展示部とその南側に複雑な曲面のガラスファサードを持つアトリウムで構成される。展示部は、2,000㎡の柱の無い展示室を3層積み重ねた効率の良い架構計画を行い、水平地震力が小さくなる免震構造の利点を生かすとともに、鉛直荷重を集約することで免震層の長周期化と合理化を図っている。アトリウムの構造マリオン材は曲面のガラスファサードを支持するために様々な工夫が施されている。また、建物と地面との境界が、免震構造であると感じさせない処理がなされている。

本建物は免震構造として望ましい美術館でそれを実現し、免震構造を生かす建築計画、構造計画がなされており、作品賞に相応しい建物である。

(北村春幸)

免震化した経緯及び企画設計等

本建物は、多様化する現代美術など急速に進展する美術活動にも対応できる、我が国を代表する5館目の美術館として、機能的で利便性の高い展示空間や関連施設が配置されている。

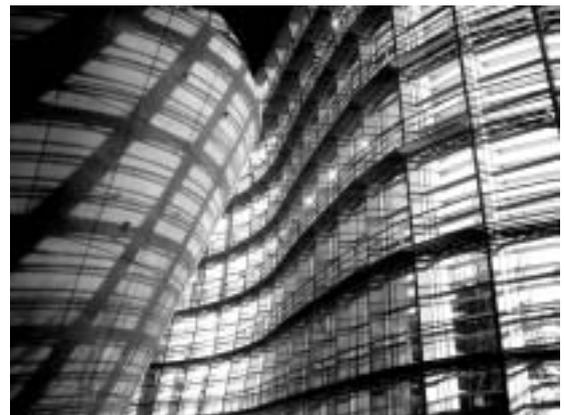
免震構造を採用することにより、大地震時に展示作品を保護するだけでなく、大空間の積層構造を合理的に実現するとともに、在来工法では難しい3次曲面の透明感あるガラスファサードを持つ無柱空間の大規模アトリウムを実現しているのが建築的な特徴となっている。

技術の創意工夫、新規性及び強調すべき内容等

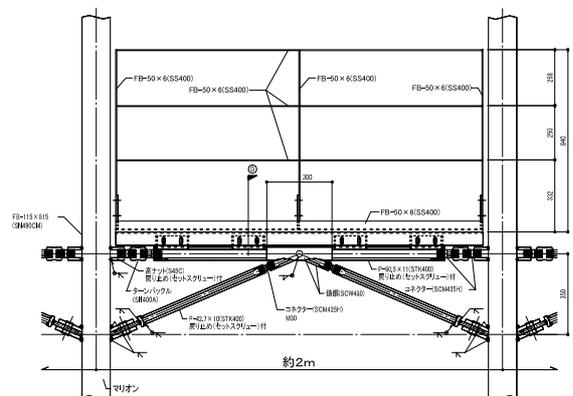
アトリウムは高さ約23m、面積約3,000㎡の無柱空間であり、ガラスファサードと一体となった構造マリオンがアトリウムの屋根を支える架構としている。

ガラスファサードが3次曲面をなすため、構造マリオンは最大2.8mの大曲がりがあるが、115mm×515mmの無垢のスチール（フラットバー）を最大9,500Rで曲げ加工して用いている。

架構に加わる設計地震力は免震効果により約1/3に低減されるため、60.5φと42.7φのパイプで出来たつなぎトラスを約4m毎に設けるだけで、サッシュ面の面内剛性を確保でき、ガラスファサードの透明感を生かしている。



アトリウム内観（撮影：人見泰義）



アトリウム横つなぎ詳細

東京建設コンサルタント新本社ビル

建築主・監理者：株式会社東京建設コンサルタント 岸 輝親
 設計者：清水建設株式会社 竹内雅彦、斎藤利昭
 監理者：株式会社松田平田設計 藤森 智
 施工者：清水建設株式会社 野口高行

免震化した経緯及び企画設計等

安全なインフラの担い手としての企業の本社ビルである。よって建築も高い安全性を備えたものとするを標榜し、コンクリート造による中間階免震構造を採用した。土木設計コンサルタント企業のアイデンティティーの表現として躯体そのものを打放し仕上として利用し、免震装置を見せることで企業姿勢を目に見える形で表現した。免震上部の居室部分を守ると同時に免震層の高さを利用し居室部分を隣接する山手線のレベルより上に配することで、外部への視界が広がる良好な執務空間を確保した。

技術の創意工夫、新規性及び強調すべき内容等

「完全無柱オフィス」、「構造合理性を伴った建築表現」のコンセプトに基づき構造計画を行ったRC造中間階免震建物である。

1階と2階の間に免震層を配置して、1階を土味的スケールの厚さのRC壁、2階以上を外装PCa版+RCコアウォール+プレストレス格子梁により構成し、最大14mスパンの完全無柱オフィス空間を実現した。外装PCa版は柱及び耐震壁として利用した。外装耐震壁の配置は鉛直及び地震時の応力分布に基づき決定し、構造合理性を伴った建築表現を追求した。大地震時においても外装PCa構造体は弾性範囲内に留まり外装機能は維持され、免震化により可能となった建築表現である。

免震層は、建物内部側に免震装置を集約配置することで、平均面圧を高めて長周期化を図り、耐震安全性を向上させた。装置から外周部に跳ね出したプレストレス大梁を建物正面に表して、土味的風景の創出を試みた。



建物外観（撮影：新建築写真部）

建築概要

建設地：東京都豊島区北大塚1-15-6
 建築主：株式会社東京建設コンサルタント
 設計施工：清水建設株式会社
 監理：株式会社松田平田設計、株式会社東京建設コンサルタント
 竣工：2006年8月
 建築面積：868.43㎡ 延床面積：5,980.28㎡
 階数：地上7階、地下1階 高さ：35.7m
 構造種別：鉄筋コンクリート造

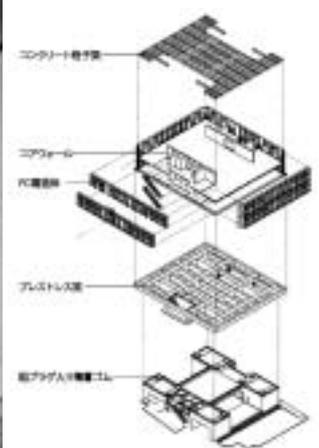
選評

建物正面に立つと一階と二階の間にしっかりとした免震装置が見える。明らかに免震構造の建物とわかることを意図したデザインである。正面で視線を受ける昇り庭までまっすぐに抜けるエントランスホールと地下駐車場からなる下部構造、そしてその上に載せられた一塊の上部構造のオフィスという明快な構成である。外装は構造体をかねるプレキャストコンクリートが全面を覆い、一方、内部は剥き出しの格子状プレストレス・コンクリート梁が空間の性格を決定付けているなど、全体に構造の意図がそのままデザイン表現へと昇華されている。室内の梁下寸法は2,800であるが、露出梁としているため、天井高で3,400あるオフィス空間は伸びやかである。均質な無柱のオフィス空間に対して、外装PCa版の応力集中箇所に配されたコンクリートパネルが、かえって空間的变化を内観に与えていて興味深い。これはまた外観に個性を付与するものともなっている。免震構造として新しい提案があるわけではないが、免震構造を存分に生かしつつ、構造の考え方を直截的にデザインに表現した統合度の高い優れた作品である。

(六鹿正治)



正面外観（撮影：新建築写真部）



全体構成図

味の素グループ高輪研修センター

建築主：味の素株式会社 坂倉一郎

設計者：株式会社久米設計 嵐山正樹、依田博基、渡瀬利則

施工者：大成建設株式会社 平田尚久



建物外観（撮影：ハットリススタジオ）

建築概要

建設地：東京都港区高輪3丁目13-65

建築主：味の素株式会社

設計：株式会社久米設計

施工：大成建設株式会社

竣工：2004年11月

建築面積：1,925㎡ 延床面積：6,210㎡

階数：地上3階、地下1階 高さ：16.0m

構造種別：鉄骨造

選評

国際的な食品企業の人材育成、研修のセンターで一般のための図書館、博物館機能も併設した計画である。都心住宅地における高さ制限、近隣への配慮を十分に計画してくみ込み、企業創業者住居の跡地であることから、一部歴史的な要素の保存も同時に実現している。

第一に特筆すべきは、都営浅草線の地下鉄シールド上部にマットスラブを配し、免震を介して軽やかな構築物が建設されている点にある。地下部分に大スパンの大講義室、庭に面したロビー空間を配し、地下部分へのランドスケープ、自然光の導入に免震構成の空間利用がなされている。地階から最上階へとつながる吹抜けと自然光に満ちたトップライトはこの建築に豊かな明るい空間性を与えている。保存された日本庭園、流水壁への眺望など明るい内部空間と内部外部の浸透性をたくみにデザインにとりいれ、日本の伝統建築のもつ和やかさと現代のモダニズムをむすびつけた表現を獲得している。免震により軽量大スパン、構造材のプロポーションが軽快に実現している点において、日本免震構造協会賞（作品）にふさわしい計画であるといえる。中規模の建築に免震を用いることで、構造性能を向上させるとともに明解な空間構成と形態ヴォリュームのデザインを成立させ、今後の免震をつかった建築設計に多くの可能性を示唆してくれる作品と考える。

（岡部憲明）

免震化した経緯及び企画設計等

本建物は、味の素グループの全世界的な人材育成の場として、味の素創業者自邸である「旧鈴木三郎助邸」の跡地に建設する研修センターである。地震災害時には免震構造を採用することにより、味の素グループの災害活動の中核として機能する。旧鈴木三郎助邸は、歴史的建築要素が多く、塀や内装材の一部を保存移築することにより伝統を継承する計画とした。

本敷地は、都心住宅地における高さ制限などの条件に加え、敷地内を地下鉄トンネルが横断するという条件がある。この厳しい敷地条件の中、施設計画の要求を満たす免震構造である。

技術の創意工夫、新規性及び強調すべき内容等

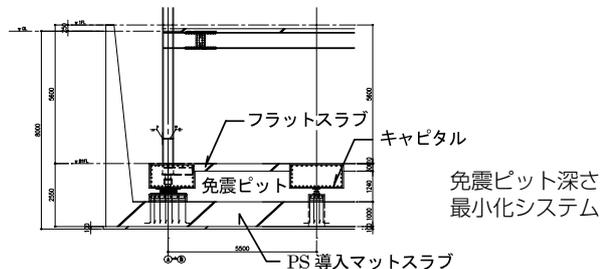
地下鉄が横断することにより与えられた建物重量、地下スペース・工事への厳しい制限、12ヶ月工期、狭小敷地での伝統的家屋の一部保存を行なうと条件に対して、以下の免震技術提案によって、高い耐震性能の確保と伝統の継承を図る新しい形態の研修施設を実現した。

【免震ピット深さの最小化システムの構築】

限られた地下スペースに大スパン架構を構築するために、免震架台をキャピタルとして利用したフラットスラブとした。フラットスラブは、16.6mの大スパン中間に上下方向を拘束する直動型転がり支承を配置することで応力の軽減を図った。また、マットスラブには、厚さを薄くするためにPCを導入した。

【大スパン軽量建物の免震システムと免震部材の適所配置】

H鋼柱・梁架構により構造体重量を軽量化することで制限重量を満足させ、最小個数の鉛プラグ入り積層ゴムにすべり支承+転がり支承を組合せた免震システムで、軽量免震建物の長周期化を図っている。また、高軸力となる中央部柱直下に弾性すべり支承を配置し免震部材からの反力を軽減するなど、免震部材の特性を利用した適所配置を行った。



擁壁を利用した滝（撮影：ハットリススタジオ）