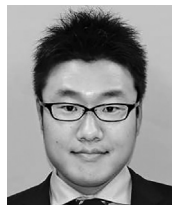


G.Itoya

川口 恵
大成建設柴田 宜伸
同藤永 直樹
同

1 はじめに

都市部の密集市街地では敷地を最大限に有効利用した建築計画が重要となる。特に建物の間口が小さい場合、必然的に1スパンのペンシル型建築となり、さらに室内空間確保のため極小の柱サイズが求められる。また、高さが60m以下の建物は建築基準法に則ったルート3、いわゆる保有水平耐力計算等で設計を行うが、振動特性係数 R_t による地震力評価の妥当性や局所階の変形集中などの課題は静的設計では把握することが難しい。また、このような1スパンのペンシル型建築は、大地震時に全体崩壊形を形成させるために十分な柱耐力の確保が重要となるが、建築計画の要求を満足させ60m級の建物を安易に基準法レベルのみで設計すると、結果的に局所階で層崩壊するなどのロバスト性の低い架構となる可能性がある。

本建物の設計は、ルート3の設計を採用しているが、局所階の変形集中や整形建物でありながらねじれ振動が卓越するなどの課題を解決するために時刻歴応答解析を実施することにより、安全性をより詳細に検証している。

2 建物概要

所 在 地：東京都中央区銀座2-7-15

事 業 主：株式会社 伊東屋

建 築 面 積：344.22m²

延 床 面 積：4,195.46m²

建 物 高 さ：55.98m

階 数：地下2階、地上13階、塔屋2階

用 途：物販店舗・事務所

基 礎 種 別：直接基礎

構 造 種 別：鉄骨造

制 振 部 材：ブレース型オイルダンパー、水平型オイルダンパー、通し壁柱構造

設 計 者：大成建設株式会社一級建築士事務所

監 理 者：大成建設株式会社一級建築士事務所

施 工 者：大成建設株式会社東京支店



写真1 外観写真

3 建築計画概要

本建物は、銀座の中央通りに面するステンレスビルとして親しまれてきた老舗文房具専門店銀座伊東屋本店の建替計画である。間口約8m、奥行き約38mの敷地を東西に抜ける「ガレリア（みち）」をイメージした細長の平面形状と塔状比が約7のスレンダーな立面形状を併せ持つ建物である。敷地を最大限利

用できるフレキシブルな建物を実現するために、外壁面から隣地境界線までのクリアランスを施工可能な最小寸法の約300mmとしている。565mm厚の外壁仕上げの中に設備配管と空調、構造体を内包するため、柱は□-390×500の扁平な箱形断面とし、内部空間の確保に最大限配慮した計画としている。扁平柱は建物全体の剛性を確保するため2.4mピッチに配置している。

4 構造計画概要

地下階は鉄骨鉄筋コンクリート造（耐震壁付ラーメン構造）、地上階は鉄骨造で長辺方向は座屈拘束ブレース付ラーメン構造、短辺方向は1スパンラーメン構造である。1階から5階の柱をCFT造とすることで、下層階の軸剛性及び水平剛性を高めている。図1に架構モデルを示す。

また、「1 はじめに」で述べた1スパンのペンシルビル型建築の課題を解決するために、下記の方策を図った。

- ①建物の地震時の変形制御及び特定層への変形集中を避けるため、地下階から地上階全層を貫通する剛強な通し壁柱を建物重心位置に配置する

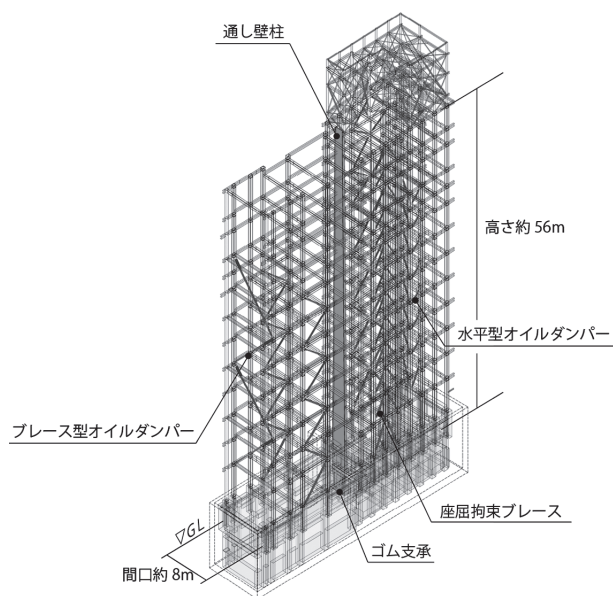


図1 架構モデル

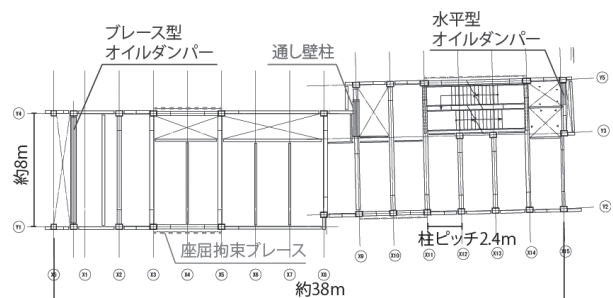


図2 一般階伏図

- ②建物の変形およびねじれ振動制御のため、オイルダンパーを両妻面に設置する

- ①②の設計概要について以下に述べる。

5 通し壁柱の設計

外乱に対してラーメン部材を極力弾性に保つために、制振部材により減衰を付加することは有効であるが、減衰を付加しても想定外の外力分布や材料のばらつき等による特定層の変形集中に対処することは期待できないため、全体崩壊メカニズムの形成には懸念が残る（図5）。その解決策として、高層建築物の耐震設計の基本要素である連層耐震壁（図4の

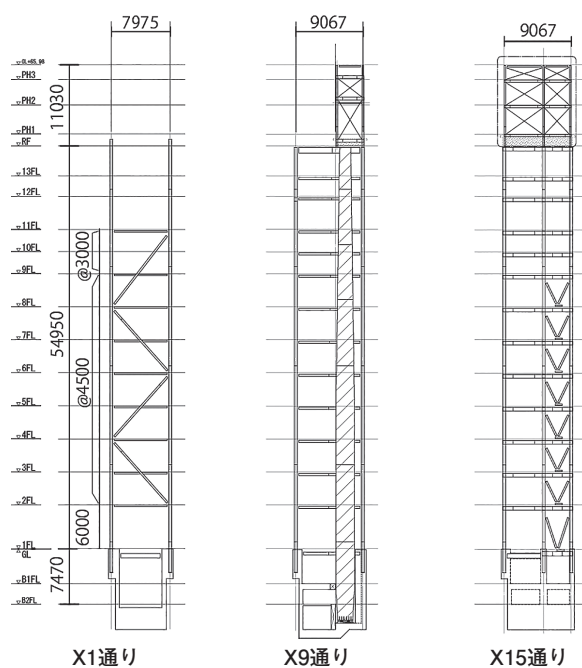
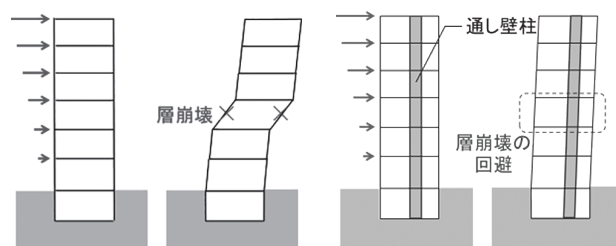


図3 軸組図



1) 通し壁柱なし 2) 通し壁柱あり

図4 過大入力等に対する崩壊モードのイメージ

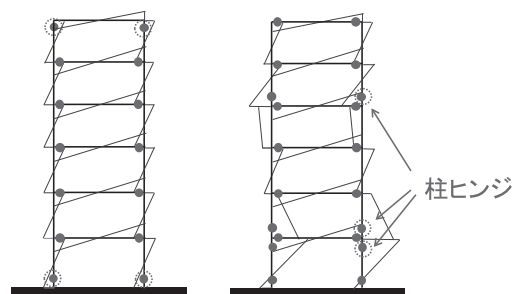


図5 過大入力等に対する崩壊モードのイメージ

2)) が有効であると考え、建物重心位置に高剛性ビルドH形鋼の通し壁柱を地下階から地上階まで貫通させた。地震時の変形が特定層に集中した場合、高剛性の通し壁柱によりその変形を上下階に分散させることが狙いである。しかしながら、ラーメン架構に剛性の高い壁柱を設置すると通し壁柱に地震時のせん断力が過大に集中することとなる。そこで通し壁柱の脚部をばね支持としてせん断力の集中を避けることとした。以下に通し壁柱の変形分配能力および最適剛性の算定手法について述べる。

図6の1) に示す中間層に単位せん断力を与えて層崩壊を仮定したモデルにて、通し壁柱の剛性を变化させた場合の架構に蓄えられる歪エネルギーの配分を比較する。

図6の2) 及びその拡大図である3) より強制変形を与えた層の歪エネルギーが通し壁柱の剛性が高くなるにつれ減少し、逆に上下層の歪エネルギーは増加している。この結果より、通し壁柱の剛性を高くすると上下階への歪エネルギーの分配効果が向上し、想定外の外力が特定層に集中しても局所的な崩壊を起こしにくい架構になることが確認できた。次に通し壁柱の必要剛性について考えてみる。図7は架構全体と各部材の歪エネルギーの絶対量の変化を示している。通し壁柱の剛性を高くするにつれ架構全体の歪エネルギーは減少し、通し壁柱の歪エネルギーは増加するが剛性倍率が1.0倍で頭打ちとなっている。以上の結果から通し壁柱断面は、剛性倍率1.0倍に相当するビルドH形鋼BH-2500×400×28×

60 (1F) とした。通し壁柱は図8に示すように1階床を支点としたキャンティレバー状となるが、壁脚部を固定すると地震力を集めてしまうため、支持条件は水平ばね支持とし、水平ばねを実現する部材として、ゴム支承を設置した。

通し壁柱の有効性を図1に示す立体弾塑性フレームモデルを用いた時刻歴応答解析により検証した。入力地震動は、想定以上の外力を仮定しレベル3地震動(レベル2地震動の1.5倍)とした。図9に通し壁柱の有無による層間変形角の応答の違いを示す。通し壁柱がない場合、観測El Centro_NS波に対しては吹抜けのある11階の変形が顕著に表れている。一方通し壁柱がある場合は、特定層に変位が集中せず設計の意図通りに各階の変位は均一化している。なお通し壁柱は全層にわたり弾性状態を保っている。

6 ブレース型制振ダンパーの設計

建物平面形状は整形で偏心率は小さいが、動的解析を行うと短辺方向の一次固有周期2.05 (sec) に対し、ねじれ振動の固有周期が1.708 (sec) と一次固有周期に近いので建物が平面的に大きくねじれ、特に両妻面の変形が大きくなる。静的解析では予測できなかったこのねじれ振動は、室内空間を確保するために、柱を扁平にしたことで建物のねじり剛性が低下していることも一つの要因と考えられる。ねじれ振動および水平変位を制御するために、変位の大きい両妻面にオイルダンパーを設置することで解決しようと考えた。

銀座中央通り側のX1通り妻面は、銀座のきらびやかな街並みにマッチするガラスダブルスクリーンによる透明感の高いファサードで計画されており、その中に溶け込む細径のブレース型オイルダンパー(2階から11階まで4台設置、最大減衰力:1000kN/台)を採用することで、意匠と構造の外観デザインの融合を図った(写真1)。X15通り妻面には水平型オイルダンパーを1階から8階に8台設置(最大減衰力:500kN/台)した。

図10は、通し壁柱とオイルダンパーの効果を比較したレベル2地震時の最大応答変位を示す。頂部の変位は通し壁柱により約25%、オイルダンパーにより更に20%低減し、変形低減効果がみてとれる。

ブレース型オイルダンパーの長さは12.6m、細長比 $\lambda=147$ (ブレース軸径、ダンパー径ともに $\phi 267.4\text{mm}$)の極力細い材を採用した。

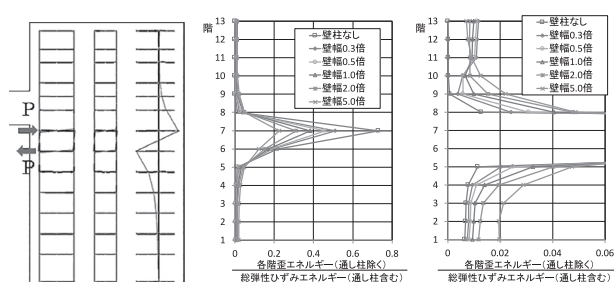


図6 曲げモーメントによる通し壁柱の高さ方向分布

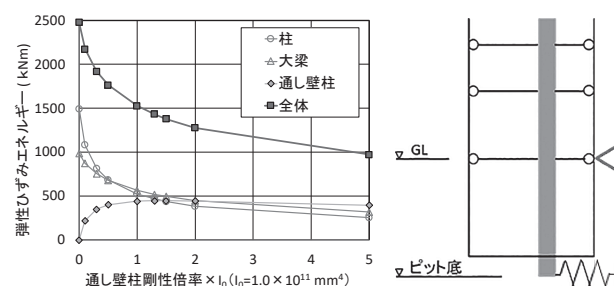


図7 架構全体と各部材の歪エネルギーの変化

図8 柱脚モデル

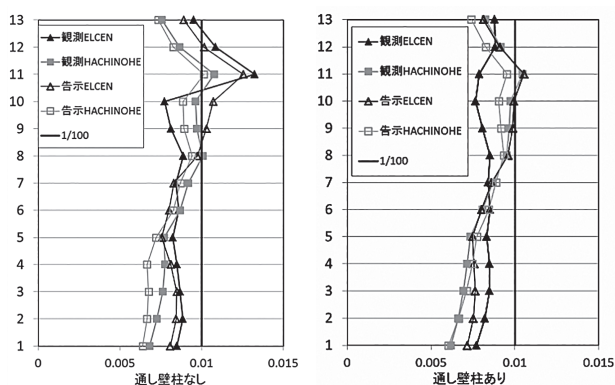


図9 時刻歴応答解析結果（レベル3）

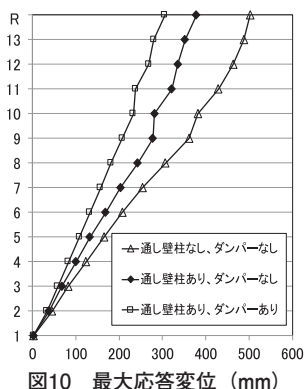


図10 最大応答変位 (mm)

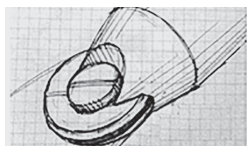


図11 ブレース端部スケッチ



写真2 ブレース端部

7 施工について

敷地が間口8mの奥行きが38mという狭小敷地の上、建物外壁面から隣地境界までのクリアランスが300mmでの施工であるため、鉄骨建て方はタワークレーン設置までは建て逃げにて施工した。敷地幅から設置可能な重機に限られるため、それに合わせた節割で計画した。また、タワークレーンは7階に設置することで隣地建物の高さをかわす計画とした。

通し壁柱は、他の部材に比べて断面サイズが格段に大きいため、1層毎に節割を計画した（写真3および4）。構造性能上、施工時に通し壁柱に鉛直荷重がかからないようにする必要があったため、施工の各段階で通し壁柱脚部に設置したジャッキを用いて鉛直荷重を除荷する計画とした。また、ジョイントの現場溶接部では、除荷時の変形に追従させるため、最下層のジョイント部のルートギャップに余裕を持たせるディテールとした。

ブレース型オイルダンパーは、接合ピンがデザイン要素となっていたため、接合ピン部分の施工誤差の吸収が課題であった。ガセットプレートのルートギャップで施工誤差を調整し、写真5に示すようにエレクトロニクスにて位置決めをして現場溶接施工を採用、溶接工の技量試験により確実な品質管理を図った。



写真3 通し壁柱の建方状況

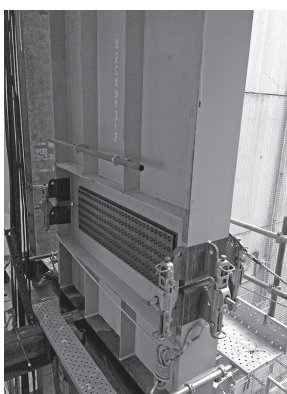


写真4 通し壁柱のジョイント

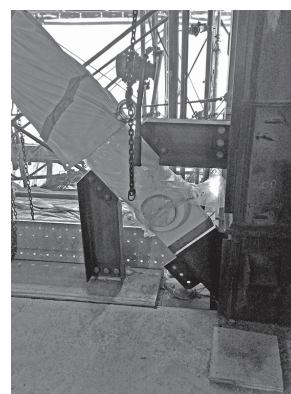


写真5 ダンパー端部施工時

扁平CFT柱は、コンクリートを充填するにあたり、安定した品質確保のため圧入工法を採用した。内法寸法310mm×420mmに対して、コンクリートの充填孔はダイアフラムの中央部に極力大きく設けることでコンクリート充填時に柱スキンプレートとの摩擦が生じないように充填性に配慮した。また、圧入の困難さを改善するために圧入高さは10m以内とし、全柱内の充填状況をビデオカメラにより確認しながら施工を進めた。

8 さいごに

剛性の高い通し壁柱を設置することで特定層への変形集中を避けることが可能となり、ペンシルビルでありながらロバスト性の高い架構を実現することができた。またオイルダンパーの設置により水平変形やねじれ振動を制御し、高い耐震性能とフレキシブルなデザインの両立に成功した。

最後に、事業主をはじめ、関係者の皆さま方には多大なご理解、ご協力をいただきました。この場を借りて心より御礼申し上げます。