

特別記事

中規模オフィスビルにおける 制振構造 エキスパートオフィス渋谷

原田 玄[◎](株)メタストラクチャ

村上夏樹+津之下 睦[◎](株)コンステック 制震事業部

はじめに

密集市街地には、ほとんど同じプロポーションの塔状のビルが並んでいる。地価の高い土地を最大床面積で計画するため、特に事務所や店舗においては機能的に間口にブレースや壁をバランスよく配置することが難しく、鉄骨ラーメン構造が多く採用される。しかし、ラーメン架構の耐震設計を行う場合、主構造の耐力は満足できるが、大きな損傷を受けることが前提となる。また水平変形性能は非常に小さいため建物の変形が大きくなり、鉄筋コンクリート構造に比べて減衰が小さいため揺れの納まりは遅くなる。そのため中小規模オフィスビルにおいても、大地震や暴風による主構造の損傷や建物の揺れに対して考慮することは重要な問題であった。

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震により、地震後の事業継続性や長時間の揺れによる心理的問題への関心が高まっており、中小規模オフィスビルにも免震や制振といった高い耐震性能が不可欠となってきた。こうした社会変化に対応できる技術として、既往波や模擬波を用いた時刻歴応答解析による制振構造は、主要部材の損傷を抑え、揺れの軽減を図るものである。

エキスパートオフィス渋谷(写①)では、ファサードの意匠性、建物用途における機能性、高い耐震性などの検討の結果、コンパクトに配置が可能な間柱型粘弾性ダンパー(VESダンパー)を用いた制振構造とした(図1)。

ただし、この規模では、免震や制振とすることで主構造のサイズダウンやコストダウンは効果としてわずかであり、そのための大臣認定に4か月程度もかける余裕がないため、付加的な制振要素とする設計が

考えられる。この手法は、制振装置を除いた状態で建築基準法を満足した設計を行う。制振装置を付加した場合でも、各部材に悪影響がないことを確認する必要があるが、通常の確認申請で対応可能となる(図2)。

構造計画

エキスパートオフィス渋谷は、渋谷区渋谷2丁目の青山通りに面する事務所ビルである。間口8.22m、奥行15.14mの基準階平面で、建物規模は地下1階地上10階建、高さ36.15mである(図3、4)。

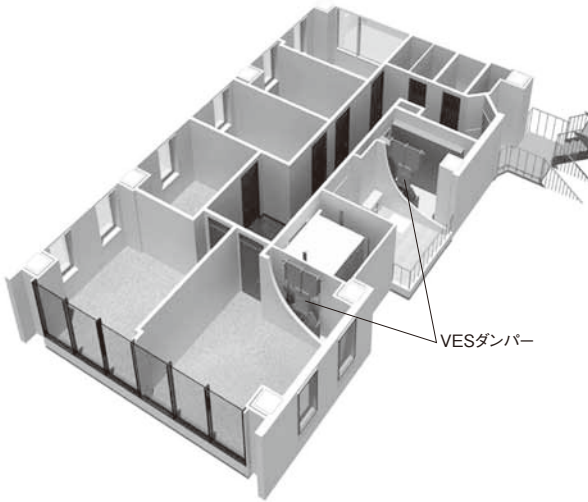
本敷地の地盤は、GL-24.0m以深の強固な砂礫層を支持層とし、工学的基盤はGL-24mの砂礫層である。杭は場所打ちコンクリート杭とし、保有耐力時においても建物を健全に支持する杭とした。

地上部の架構は、短辺方向1スパン、長辺方向3スパンからなる鉄骨造のラーメン架構とした。水平力に対しては両方向とも、柱(角型鋼管500×500)と梁(H-600)の剛節架構の曲げ耐力で抵抗するフレーム架構とし、基礎梁との接合は露出型の固定柱脚とした。

短辺方向は塔状比 $4.86 \geq 4.0$ であるため、居住性や巨大地震に対する配慮を目的とした制振装置を1階に1構面、2~10階に2構面配置する。制振装置は間柱型粘弾性ダンパー(VESダンパー)を採用することで、間仕切壁の中に配置が可能で、主構造の柱のみの構造とした。後述する時刻歴応答解析から、おのおのダンパー数を決定した。

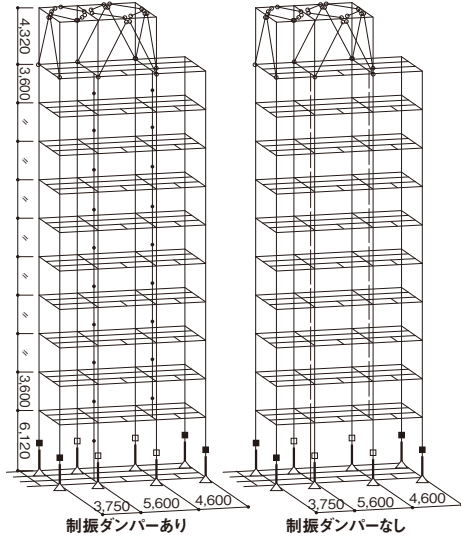
構造計算では、応答解析結果に基づいた制振ダンパーの剛性を考慮した解析モデルで設計を行う。ただし、制振装置がない状態でも建築基準法のすべてを満足させるために、剛性を考慮しない解析モデルでも設計を行う。

時刻歴応答解析の層間変形角がレベル1: 1/200



①建物外観

図1 ダンパー取付位置



●: 節点 □: 柱脚ばね △: 支点拘束条件ピン
○: 部材接合条件ピン

図2 制振あり, 制振なしモデル

図3 基準階伏図

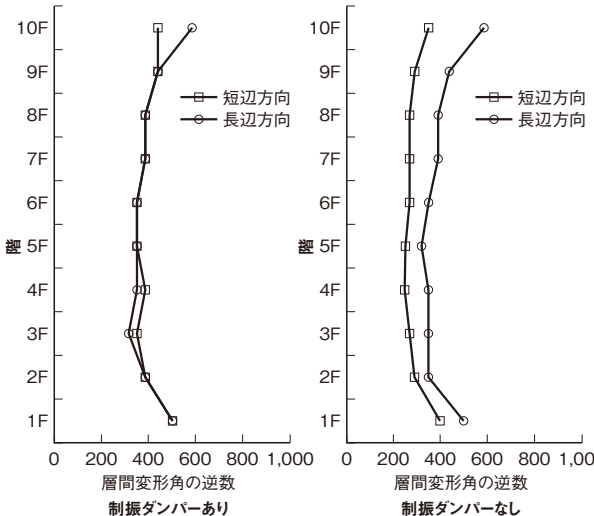
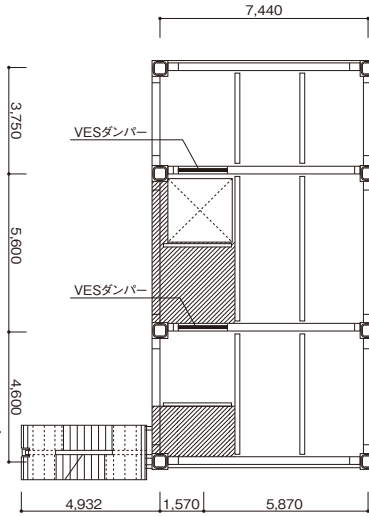


図5 一次設計

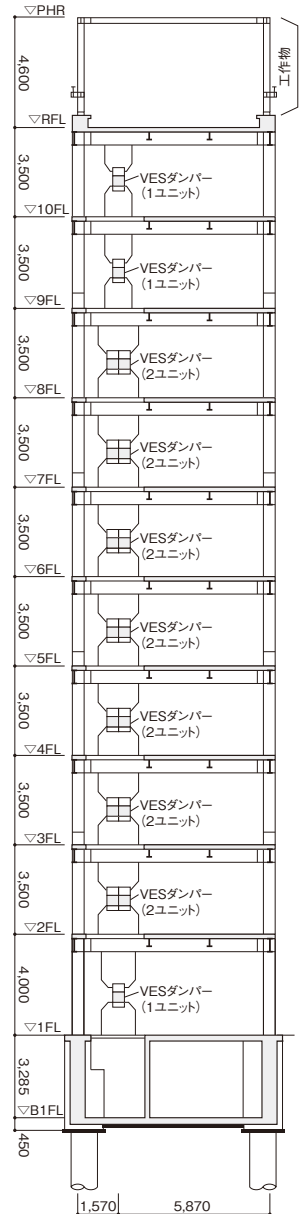


図4 短手軸組図

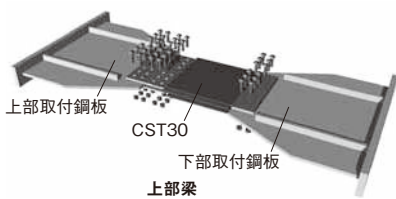


図6 VESダンパーの基本構造

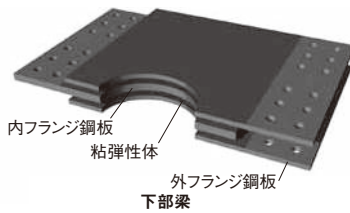


図7 CST30

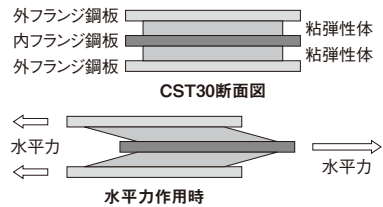


図8 エネルギー吸収機構イメージ

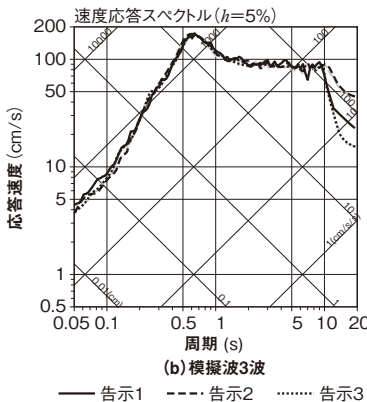
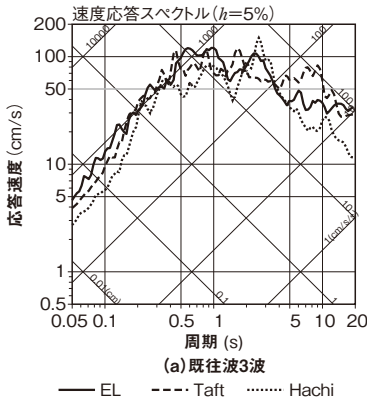


図9 三軸応答スペクトル

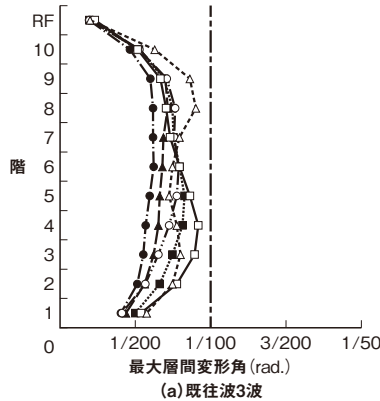
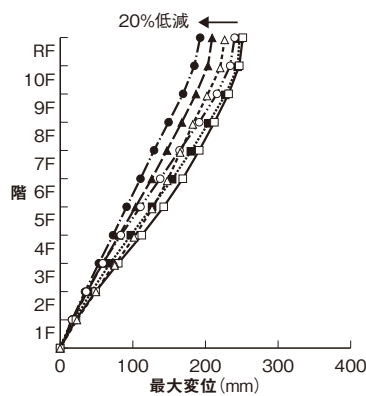


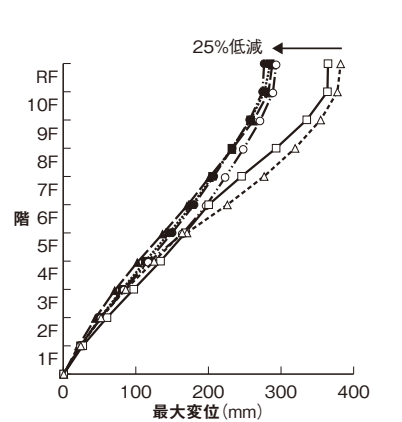
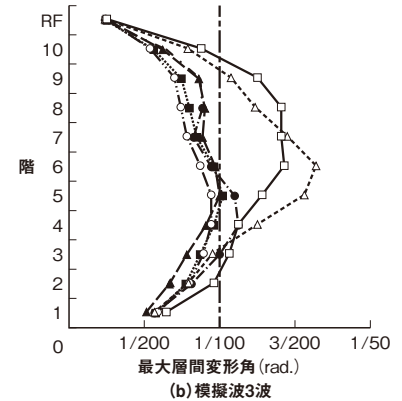
図10 最大層間変位図



(a) 既往波3波 (b) 模擬波3波

—□— EL・なし —☆— Taft・なし —○— Hachi・なし
 - - - □ - - - EL・あり - - - ☆ - - - Taft・あり - - - ● - - - Hachi・あり

図11 最大変位図



(a) 既往波3波 (b) 模擬波3波

—□— 告示1・なし —☆— 告示2・なし —○— 告示3・なし
 - - - □ - - - 告示1・あり - - - ☆ - - - 告示2・あり - - - ● - - - 告示3・あり

(rad), レベル2: 1/100 (rad) を満足することから、一次設計および二次設計においても同じ変形クライテリアとした。結果は、一次設計でダンパーありのとき最大1/350 (rad), ダンパーなしのとき最大1/250 (rad) となった (図5)。屋外階段はおのこの階と独立柱とで支持され、独立柱に水平力は負担させない架構とした。屋上工作物は2方向とも純ブレース構造とし、本体とはピン接合とした。

VES ダンパー工法

VESダンパー工法とは、図6, 7に示すように、ダンパーデバイスCST30と取付鋼板をボルトで緊結し、間

柱パネル型として躯体の上下大梁間に接合する工法である。建物に水平方向の変形が生じたとき、図8に示すように、CST30の内外フランジ鋼板に相対的なずれが生じ、挟み込まれた粘弾性体がせん断変形することで、履歴を伴う抵抗力を発揮して振動エネルギーを吸収する。コンパクトな形状であり、意匠性を損なわない局所的な配置が可能となった。粘弾性部には高減衰ゴムを使用しているため、微小変形から大変形まで効果を発揮でき、メンテナンスフリーである。

制振ダンパーの振動制御効果

振動制御効果を確認するために、制振ダンパーの

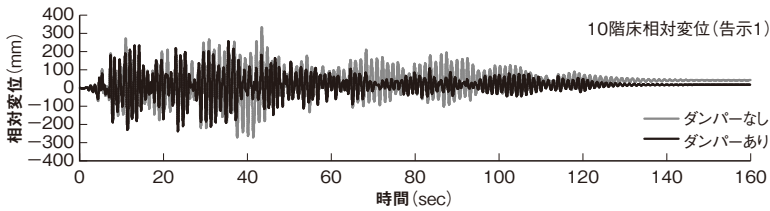


図12 時刻歴変位図

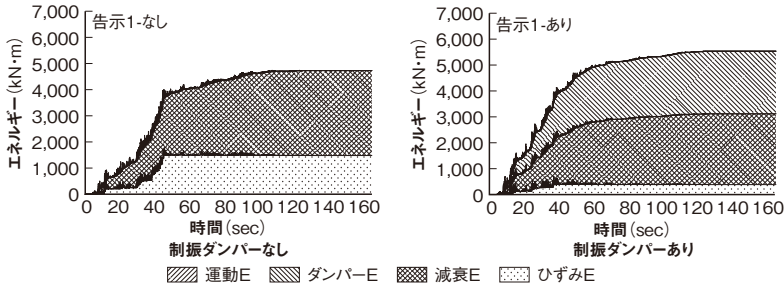


図13 地震エネルギーの時刻歴変化図

有無による時刻歴応答解析結果の比較を行う。

設計用入力地震動波は、日本建築センターから提供されている実記録波形から、最大速度を50cm/sに基準化した標準3波 (El Centro 1940 NS, Taft 1952 EW, Hachinohe 1968 NS), ならびに建設地の表層地盤の影響を考慮した模擬地震動波形 (以下、告示波) 3波の、計6波に対して検討を行った。図9に、三軸応答スペクトルを示す。時刻歴応答解析によって算出した、最大層間変形角図を図10に、最大変位図を図11に、10階床の時刻歴変位図を図12に示す。

最大層間変形角および最大変位は、制振ダンパーを設置することにより、変形が低減される結果となり、最大層間変形角が1/98 (告示1, 5F), 最大変位が287mm (告示2) となった。時刻歴変位を比較すると、60秒付近から揺れ幅に大きな差が出てきており、制振ダンパーで早期に揺れが収まる事が確認された。

図13に、地震エネルギーの時刻歴変化図を示す。制振ダンパーが地震エネルギーを40%以上負担する結果となり、躯体が受ける損傷が低減されていることが確認された。

以上により、制振ダンパーを設置することで、地震時の揺れ幅や躯体の損傷を抑えることが可能であり、振動制御効果の有効性が確認された。

現場工事

間柱型粘弾性ダンパーの設置状況 (写②) と、制振



③主構造と制振装置



②ダンパーの設置

装置の構面の建方時 (写③) の写真を示す。本ダンパーは、建物の水平方向の変形に効果を発揮させるため、軸力が生じないように、ダンパーデバイスと取付鋼板のボルト締めをスラブ打設後に行った。

おわりに

本建物のような中小規模の鉄骨造においては、ダンパーが各階1~2ユニット程度でも、揺れ幅、揺れの継続時間の低減の効果は高く、将来の高層建築に大きく寄与できるシステムであると考えている。

(はらだ まこと, むらかみ なつき, つのした あつし)