

新日比谷プロジェクト



原 健二
鹿島建設株式会社



栗野 治彦
同



加藤 敬史
同



中井 武
同



田中 裕之
同



皆川 俊平
同

1 はじめに

新日比谷プロジェクトでは、皇居と日比谷公園に隣接した環境の中、業務・商業・映画館で構成された複合施設建築物として計画する。高層部は基準階に事務所を、低層部は商業、映画館を計画し、景観的に日比谷公園の緑と連続させた屋上緑化を行う。また、歩行者ネットワークに配慮し、日比谷線・千代田線の日比谷駅が地下1階で接続すると共に公共地下通路、地下接続通路等を介して他街区と接続可能にしている。

一方、構造計画では、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震後、将来起こり得るとされている東海・東南海・南海地震をはじめとした巨大地震への対応が必要とされている。本プロジェクトでは、今回新開発した高性能オイルダンパの採用により、高い耐震性能を発揮することが可能となり、本稿ではその設計内容について紹介する。



図1 外観パース

2 計画概要

所在地：東京都千代田区有楽町1丁目

建築主：三井不動産株式会社

工期：2015年1月～2018年1月

建築面積：8,980m²

延床面積：189,800m²

階数：地上35階、地下4階、塔屋1階

軒高：設計GL+183.86m

最高高さ：設計GL+191.46m

階高：7.0m (1階)、8.0m (7階)、4.45m (基準階)

基礎底深さ：設計GL - 27.14m

構造種別：地上S造 (柱CFT、梁S)、地下SRC造

基礎形式：杭基礎と直接基礎の併用基礎

制震部材：オイルダンパ (HiDAX-R) :114台

座屈拘束ブレース (新日鉄住金エンジニアリング)

: 343台

設計者：鹿島建設株式会社 建築設計本部

施工者：鹿島建設株式会社 東京建築支店

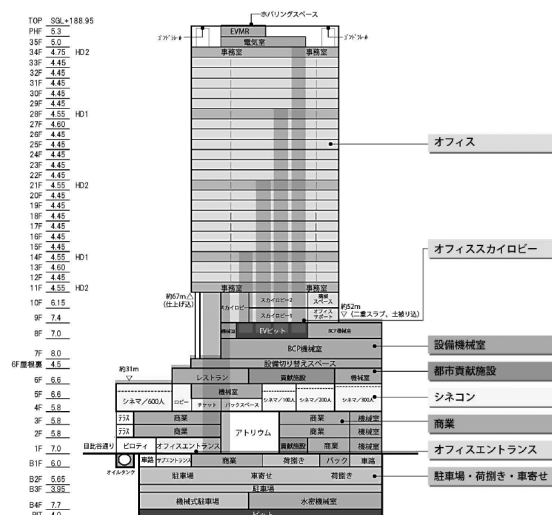


図2 断面構成図

3 構造計画

本建物は、地下4階、地上35階、塔屋1階、軒高：設計GL+183.86m、最高高さ：設計GL+191.46mの規模を有する。平面形状は、低層部が約98.8m×93.0m、高層部が56.2m×77.7mであり、高層部の基本モジュールは、X方向で9.0m、Y方向で10.8mとしている。

地上部分の構造形式は、CFT柱と鉄骨梁で構成された鉄骨造のラーメン構造としており、そこに制震装置としてオイルダンパ及び座屈拘束ブレースをバランス良く配置している。オイルダンパは1～6階に、座屈拘束ブレースは7～29階に適材適所に配置して、地震応答の低減を図っている。6階天井裏～9階のY方向では、低層階での柱抜けへの対応として、隣接する柱に軸力を伝達させるトランスファー柱（Y方向6箇所）を設けており、ブレース構造として層剛性を確保する計画としている。

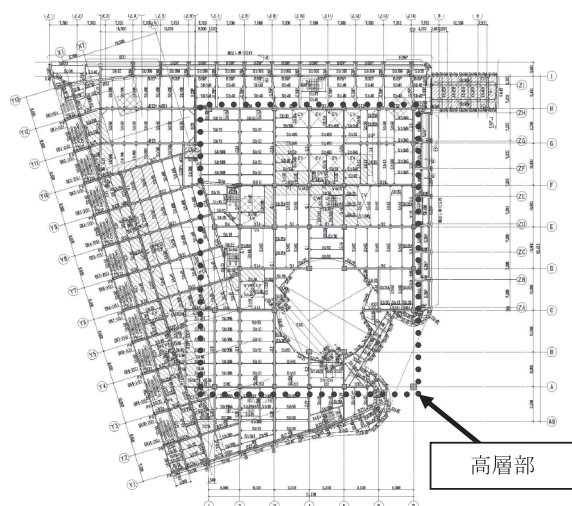


図3 低層部（2階）梁伏図

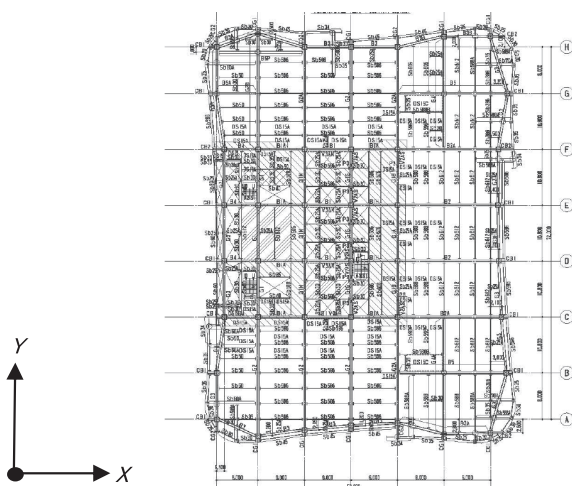


図4 高層部（基準階）梁伏図

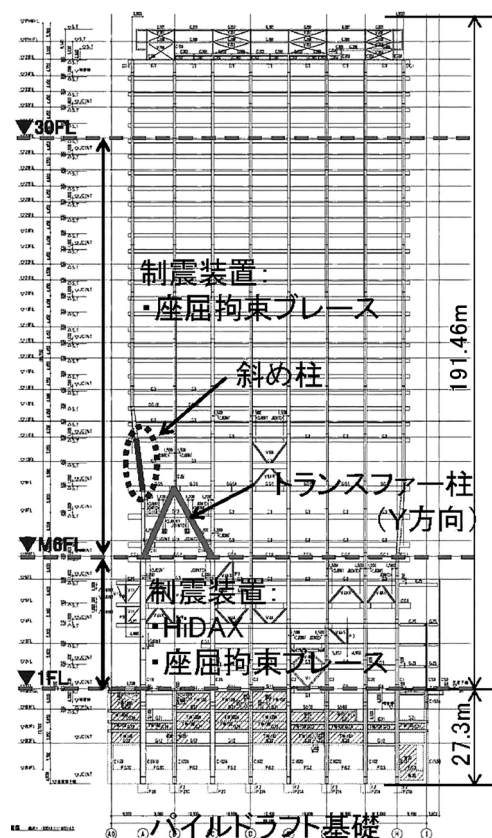


図5 構造計画概念図

4 地震応答解析

■採用地震動

本建物の設計用入力地震動を下記に示す。通常のレベル1およびレベル2の既往波・告示波のほかに、敷地特性を反映した地震波として、合計5波のサイト波を設計用入力地震動として採用している。

○レベル1（既往波25cm/s、告示波10cm/s）

- ・既往波：EL Centro NS、Taft EW、Hachinohe NS
- ・告示波：神戸NS位相、八戸NS位相、乱數位相

○レベル2（既往波50cm/s、告示波50cm/s）

- ・既往波：同上
- ・告示波：同上
- ・長周期地震動100cm/s：東海・東南海・南海地震の3連動地震を対象とし、5秒以上の長周期領域の速度応答スペクトル（h=5%）が100cm/sとなるよう作成した入力地震動。
- ・大正関東地震（NS, EW）：1923年の大正関東地震を統計的手法と理論的手法を組合せて評価した地震動。
- ・東京湾北部地震（NS, EW）：中央防災会議（2004）による首都圏周辺で発生が懸念されている直下型地震。

レベル2入力地震動の速度応答スペクトルを図6および図7に示す。

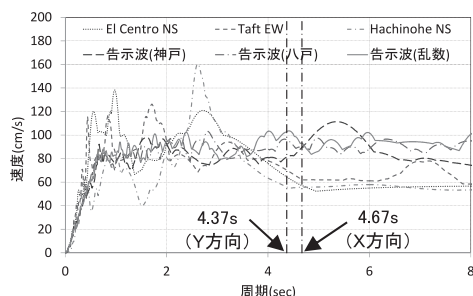


図6 速度応答スペクトル（既往波・告示波、h=5%）

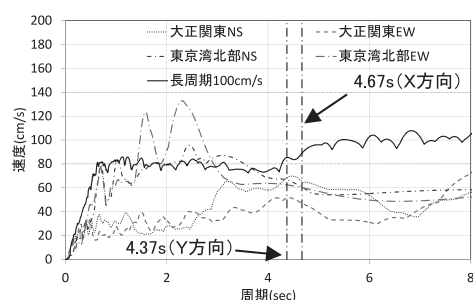


図7 速度応答スペクトル（サイト波、h=5%）

■耐震クライテリア

上記採用地震動に対する耐震クライテリアを、表1に示す。レベル1およびレベル2の各入力地震動に対して地震応答解析を行い、各クライテリアを満たしていることを確認する。また、オイルダンパの応答速度、応答変位が装置設計仕様をもとに設定した許容値以下であることを合わせて確認する。

表1 耐震クライテリア

	レベル1	レベル2
入力波	既往波 (25cm/s) 告示波 (10cm/s)	既往波 (50cm/s) 告示波 (50cm/s) 長周期地震 (100cm/s) 大正関東地震 (NS, EW) 東京湾北部地震 (NS, EW)
部材	短期許容応力度以下	部材の塑性率：4.0 以下
層間変形角	1/200 以内	1/100 以内

■地震応答解析結果

地震応答解析は、建物地上部を部材レベルでモデル化し、1階柱脚位置を固定とした「立体骨組解析モデル」によって行った。柱梁はビーム要素、座屈拘束ブレースはトラス要素、オイルダンパは直列剛性を考慮したMaxwell要素にてモデル化した。最大応答層間変形角を図8、および図9に示す。

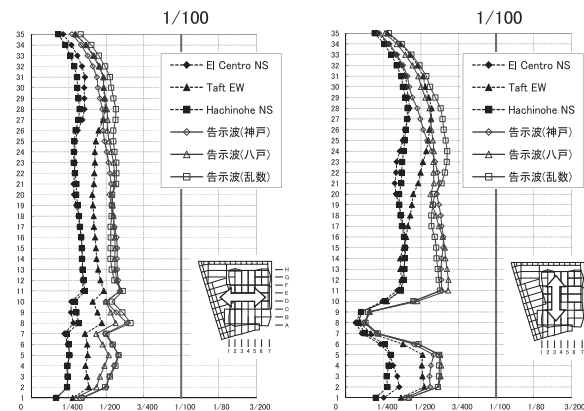


図8 最大応答層間変形角（レベル2、既往・告示波）

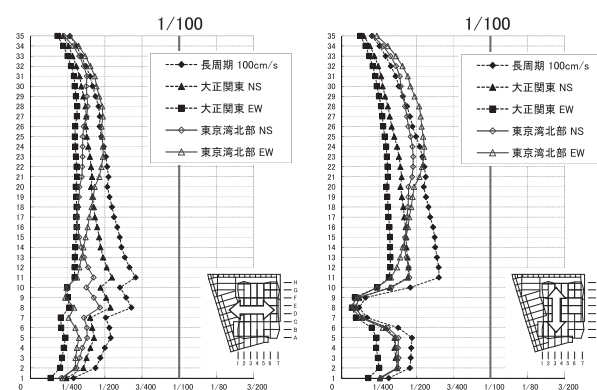


図9 最大応答層間変形角（レベル2、サイト波）

次節にて詳述するが、本建物では新開発のエネルギー回収式オイルダンパ「HiDAX-R」を採用している。図10に従来型の減衰係数切替型オイルダンパ（HiDAX-e）とHiDAX-Rの最大応答変位の比較を示す。HiDAX-eは現在一般に用いられているオイルダンパと比較して大きなエネルギー吸収能力を有するが、HiDAX-Rを用いるとさらに地震時の揺れ幅を低減できており、地震時における居住者の安心感の向上に有効なデバイスであることが確認できる。

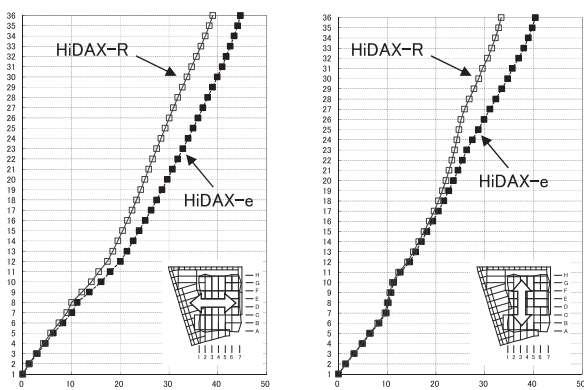


図10 最大応答変位 (cm) の比較
（入力波：告示波乱数位相・25cm/s）

5 高性能オイルダンパの採用

鹿島では、建築用制震ダンパーとして世界初となる振動エネルギー回生システムVERS（Vibration Energy Recovery System）を搭載した新世代制震オイルダンパ「HiDAX-R（Revolution）」を開発し、本建物において初めて実適用した。

■HiDAX-Rの内部機構概念

従来型HiDAXは、ブレースに蓄えられた建物の振動エネルギーを一気に熱に変換して吸収するが、VERSは建物の振動エネルギーを一旦補助タンクに蓄え、このエネルギーをダンパー抵抗からのアシスト力として利用する。地震エネルギーを制御エネルギーに変換するこの革新技術により、従来型HiDAXの限界を超えた性能のアップを実現している。

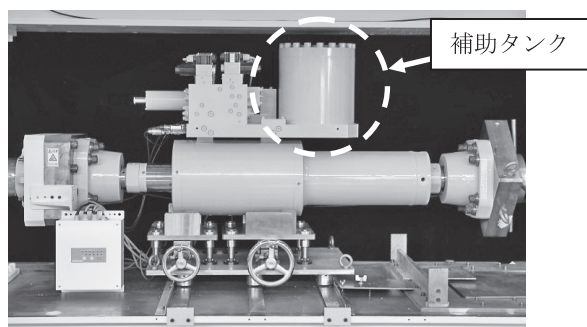


写真1 HiDAX-Rの外観

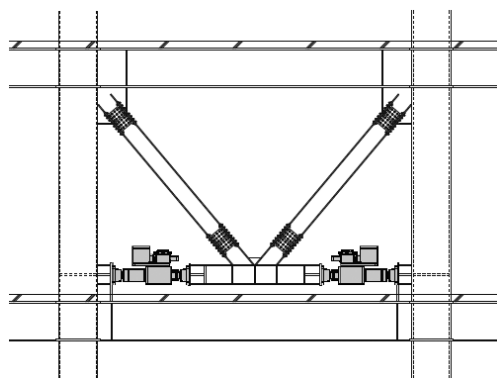


図11 建築躯体への取付け例

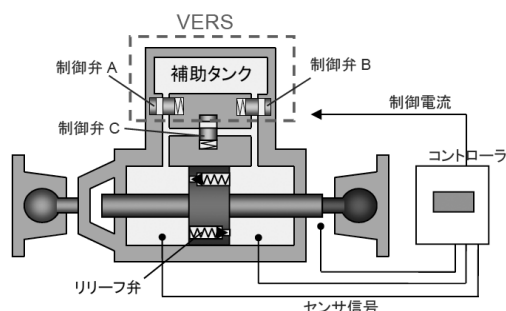


図12 HiDAX-Rの内部機構概念図

■HiDAX-Rの特徴

- ①従来HiDAXの約2倍（一般のオイルダンパの約4倍）に達する振動エネルギー吸収効率を実現した（図13）。風揺れから震度7の大地震までカバーすることはもちろんのこと、頻度の高い震度4～5クラスの地震や長周期地震動に特に高い効果を発揮し、揺れ幅を半減、後揺れ時間1/9程度とし体感時間を激減させ、建物の耐震安全性のみならず、安心性能を大幅に向上することが可能となる。（図14 東北地方太平洋沖地震（東京・大手町）の記録に対する解析例）。
- ②ダンパー1台当たりの電力は約70W程度と軽微であり、万一の停電や電気系統の異常時には自動的に従来型HiDAXに切り替わるフェイルセーフ機能を内蔵している。また、ダンパー監視機能も併せ持つコントローラーはダンパー本体と離れた位置に設置可能なため、遠隔・簡便な場所で点検が可能である。

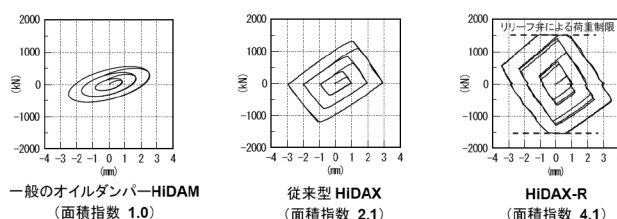


図13 実大試作装置による実験結果（荷重変形関係）

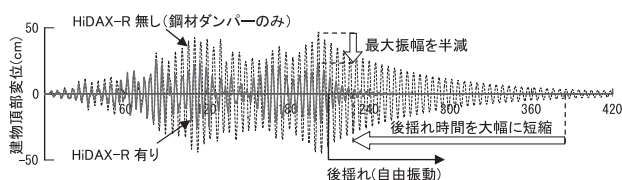


図14 東北地方太平洋沖地震（東京・大手町）の記録に対する解析例

6 おわりに

本稿では、新日比谷プロジェクトにおいて、将来来る巨大地震に備えて、新開発した高性能オイルダンパー（HiDAX-R）を採用した設計事例を紹介した。

昨年10月より地上鉄骨建方が開始され、2月現在、地上7階の鉄骨建方が進行中である。再来年2018年の年明けに竣工の予定だが、国内有数の高い耐震性能の建物であるだけでなく、東京都内のランドマークの1つとなるであろう。