

制震技術

Structural Control Technology

栗野 治彦 矢口 友貴

Haruhiko Kurino and Tomoki Yaguchi

I. はじめに

建物の剛性や強度によって外力に耐える「耐震」に対し、建物内部に設置された装置が揺れを吸収する「制震」や、建物と地盤の間に設置された装置が地震力の伝達を抑制する「免震」がある (Fig.1)。当社は 1980 年代から業界に先駆けて制震技術の研究開発に着手し、実用化を推進してきた。その豊富な知見に基づき、地震や風などの揺れから建物を守る技術ソリューションをラインナップしている。

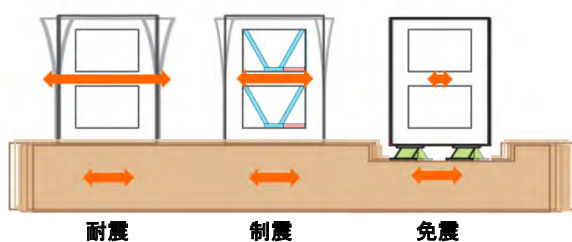


Fig.1 耐震・制震・免震の比較
(Comparison of Structural System)

制震技術には、建物の階と階の間にブレース等を介して装置を設置する層間型、建物頂部 (上層階) に設置した錘の慣性力を利用する質量型、建物高さの 2/3 程度の位置に制御層を設ける制御層型等がある (Fig.2)。

本稿では、各形式に対応する当社独自の制震技術についてその概要を紹介する。

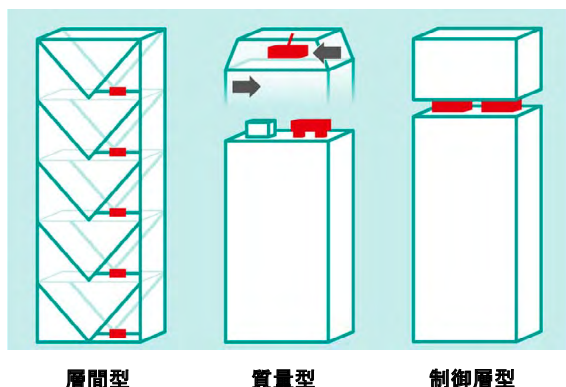


Fig.2 制震システムの分類
(Classification of Structural Control System)

II. 高性能オイルダンパ HiDAX®シリーズ (層間型)

1. HiDAX-R¹⁾

HiDAX-R (High DAmpling system in the neXt generation - Revolution) は制震オイルダンパとして世界初となるエネルギー回生システムを搭載することで、制震効果を後述する HiDAX-e の約 2 倍、一般的なオイルダンパの約 4 倍に高めた、最高レベルの安全・安心を実現する制震ダンパである。風揺れから震度 7 クラスの大地震までカバーすることはもちろん、頻度の高い震度 4~5 クラスの地震や、継続時間の長い長周期地震動に対して特に効果を発揮する。その効果は 35 階建て超高層ビルのシミュレーション (Fig.3) や、実際の地震観測を通じて確認している。

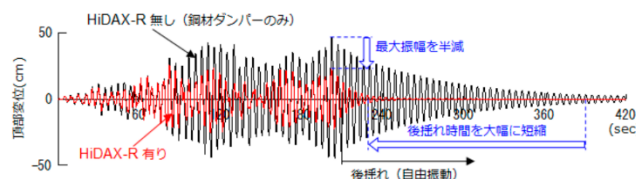


Fig.3 HiDAX-R による制震効果の解析例
(Analysis of Vibration Control Effect)

2. HiDAX-e²⁾

HiDAX-e (eco) は、ダンパ内部の制御弁を最適なタイミングで開閉させ、オイル流量をコントロールする当社独自の理論に基づくオイルダンパである。制震効果は一般的なオイルダンパの 2 倍に達し、電気制御を用いることなく建物の揺れを制御することが可能である。中低層から高層、さらには既存建物の改修工事にも適用可能であり、40 件以上にのぼる豊富な適用実績を有している。



Photo 1 HiDAX-R 設置状況
(Exterior of HiDAX-R)



Photo 2 HiDAX-e 設置状況
(Exterior of HiDAX-e)

Ⅲ. 大地震対応 TMD D³SKY[®]シリーズ (質量型)

1. ケーブル懸垂式 D³SKY³⁾

従来は風揺れや中小地震対策に留まっていた TMD (Tuned Mass Damper) を、独自技術により既存超高層ビルの長周期地震動対応へ拡張したのが D³SKY (Dual-direction Dynamic Damper of Simple Kajima style) である。大型の鋼製の錘を鋼製ケーブルによる懸垂式で支持し、万一の設計想定を上回る地震に対しても、錘を安全に制御する機能が搭載されている。

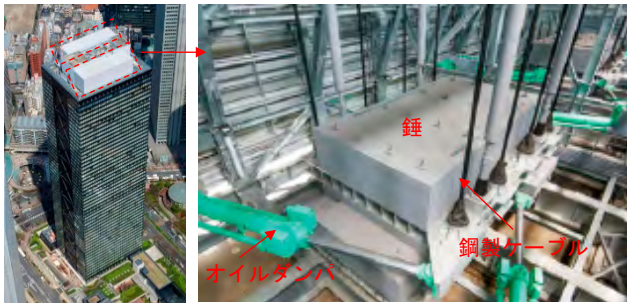


Photo 3 D³SKY の構成
(Configuration of D³SKY)

2. 積層ゴム式 D³SKY (D³SKY-L, D³SKY-c)

D³SKY-L (Layered system) ⁴⁾は、TMD 用に特化した専用開発の積層ゴムを複数段積み重ねて錘を支持する方式とすることにより、D³SKY の制震性能はそのままに大幅なコンパクト化を実現した。パーツを細かく分割可能なため、エレベータ等での搬入も可能である。錘のサイズや積層する段数を調整することで、幅広い建物規模や施工条件に対応できる汎用的なシステムである。

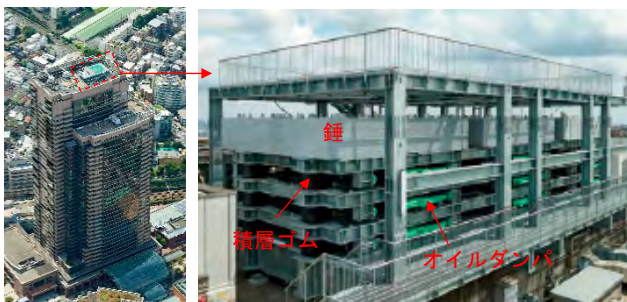


Photo 4 D³SKY-L の構成
(Configuration of D³SKY-L)

D³SKY-c (compact) は、専用開発の中空積層ゴムやコンクリート製の錘を採用することで、性能・コスト・省スペース性を高次元で両立させた中低層建物用コンパクト型 TMD である。既存建物の制震改修 ⁵⁾に留まらず、市街地や繁華街に多い間口が狭く層間型の制震装置の設置が難しいスレンダーな新築建物への適用実績も多い ⁶⁾。錘は屋上設備架台としても利用可能なため、スペースの有効活用が可能である。積層ゴム式 D³SKY は 10 件以上の建物に適用されている。

Ⅳ. 制御層型制震システム KaCLASS[®](⁷⁾)

KaCLASS (Kajima Control Layer Advanced Structural System) は、建物高さの 2/3 程度の位置に設けた制御層が地震時に変形することで、制御層より上の躯体には免震効果を、下の躯体には制震効果を与え、建物全体に高い耐震性能を付与する当社独自の制震架構である。なお、本原理を既存中低層建物の制震改修に拡張した新技術も、現在開発中である。

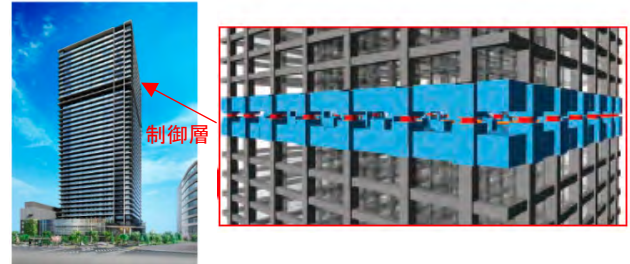


Fig.4 KaCLASS の構成
(Configuration of KaCLASS)

Ⅴ. おわりに

当社の保有する代表的な制震技術について概説した。今後ともさらなる技術開発による競争力強化と適用展開を進めながら、安全・安心を求める様々なニーズに応えていく。

参考文献

- 1) 鹿島建設；世界初、地震エネルギーで揺れを止める新世代制震装置「HiDAX-R 【Revolution】」を開発
<https://www.kajima.co.jp/news/press/201507/27a1-j.htm>
- 2) 鹿島建設；技術とサービス＞制震・免震技術＞制震技術＞性能とコストを高次元で両立させた制震オイルダンパ HiDAX-e
https://www.kajima.co.jp/tech/seishin_menshin/str_ctrl/index.html
- 3) 鹿島建設；「新宿三井ビルディング」で長周期地震動の揺れを半減 日本初 屋上に超大型制震装置(約1,800t) 工事完了
<https://www.kajima.co.jp/news/press/201505/14a2-j.htm>
- 4) 鹿島建設；恵比寿ガーデンプレイスタワーの制震工事が完了
<https://www.kajima.co.jp/news/press/202209/pdf/26a1-j.pdf>
- 5) 鹿島建設；中低層建物用 TMD「D³SKY[®]-c」を既存ビルの制震改修工事に初適用
<https://www.kajima.co.jp/news/press/201904/23a1-j.htm>
- 6) 鹿島建設；中低層建物用のコンパクトで低コスト型の TMD「D³SKY[®]-c」を開発
<https://www.kajima.co.jp/news/press/201901/24a1-j.htm>
- 7) 鹿島建設；超高層建物全体の揺れを大幅に低減する「KaCLASS[®]」を初導入
<https://www.kajima.co.jp/news/press/202306/6a1-j.htm>