

既存超高層建物に適用可能な 大地震対応超大型 TMD の開発

鹿島建設株式会社：栗野治彦、黒川泰嗣、瀧 正哉、狩野直樹、中井 武



屋上 TMD 設置後の建物外観（撮影：鹿島建設）

概要

2011 年の東北地方太平洋沖地震の際、都心部の超高層建物がゆっくりと長時間揺れ続ける現象が観測され、建物安全性向上のみならず居住者の安心感醸成の観点からも、既存超高層建物の長周期地震動対策が重要課題として認識された。既存超高層建物の制震改修構法としては、層間にダンパを追加する方法が一般的であるが、一般居室階に工事が発生するため、テナントの退去、貸室面積の減少、眺望が損なわれるなどの問題点がある。そこで、大地震に対応可能な超大型 TMD (Tuned Mass Damper) を開発し、築 40 年、高さ 225m の既存超高層建物（新宿三井ビルディング）に適用し、テナントに与える影響を最小限に留めた制震改修を実現した。

選評

長周期地震動に対して超高層建物の共振的振動を抑制するには、制振装置等による減衰付加が効果的であるが、既存建物に設置する場合、テナント退去、アスベスト対策および執務空間への影響等の課題が多い。

本技術は、「建物居住者に影響を与えない制振改修」を実現するために、屋上に超大型の同調質量ダンパ (TMD) を設置したものである。この技術は、国内で初めて実用化された大地震対応型 TMD であり、①錘、②錘を支持するワイヤ、③錘外周に放射状に配置された水平オイルダンパ 4 基、④上下動時の錘の浮き上がり防止する鉛直オイルダンパ 4 基、および⑤鉄骨架構、で構成されている。開発にあたっての課題は、①巨大な錘の支持方法、②ストロークの制御方法の 2 点である。以上の課題は、①周期調整が容易で 2 方向制御が可能となるワイヤ懸垂式 TMD の開発、②錘のストロークを制御する速度制限機構付オイルダンパの開発、により解決された。このダンパは、錘の速度が設定値に達すると自動的に減衰係数を増大させる機構を有し、外部電源なしで効果的かつ安定的に錘の変位を制御する。

本技術は、1974 年に竣工した地上 55 階建ての超高層建築物に適用され、実大 TMD の性能確認試験およびシミュレーション等により、長周期地震動に対する制振効果の有効性が確認されている。この TMD は一基あたり 300 トンの錘を 6 基組合せたもので、世界的にも類のない大規模なものである。今後、発生が予測される南海トラフ地震等の長周期地震動対策として、極めて優れた日本独自の技術と評価し技術賞に値すると判断した。

(森高英夫)

システム及び特記事項

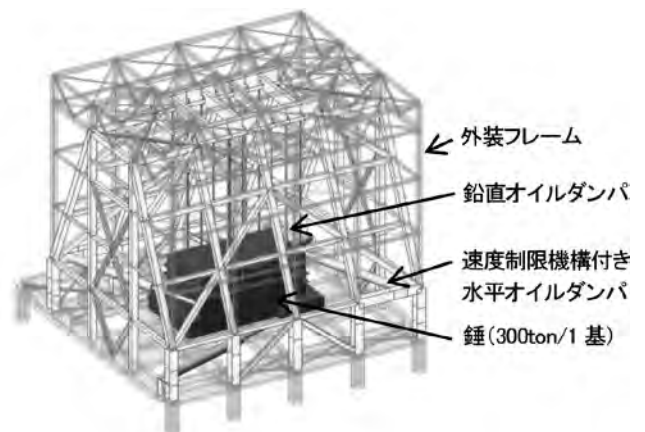
TMD は建物頂部に設置するだけで良いため、既存建物の制震改修には魅力的なシステムであるが、これまで実用化された TMD のほとんどは風揺れや小地震対応に限定されていた。超高層建物の大地震対応とするためには千トン規模の錘を数メートル動かす必要があり、支持方法や制御用のオイルダンパなどの技術的な課題があった。

本開発では、鋼ワイヤによる吊り構造を採用することで、TMD1 基あたり 300ton の錘を 2 方向に ± 2m の振幅で安定的に支持することを可能とした。また、速度制限機構を内蔵したオイルダンパを新規開発することにより、制震効果を保ちつつ変位を合理的に制御可能となり、大地震対応の TMD を実現した。本システムの動特性は工事に先立って実施された実大の性能確認実験により確認されている。

本 TMD を、高さ 225m の新宿三井ビルディングの屋上に合計 6 基 (合計 1800ton の錘) 設置することで、長周期地震動による揺れ (振幅) を概ね半減することを可能とした。工事は主に夜間、屋上およびその直下階で行われ、入居者の執務に支障をきたすことなく無事完工した。入居者が居ながらにして、様々な揺れに対するバリュアアップが可能な本技術は、今後のストック型社会における安全・安心性能の向上に非常に有効である。



TMD 内観（撮影：鹿島建設）



TMD (1 ユニット) の概要図