

(継続提案)

NO. 20	技術開発 提案名	長時間・長周期地震動を受ける超高層建築物の新しい制振構造システムの開発		
事業者	豊橋技術科学大学 前田建設工業株式会社 西松建設株式会社 佐藤工業株式会社 株式会社熊谷組 株式会社安藤・間 戸田建設株式会社			
技術開発 経費の総額 (予定)	約 18.089 百万円	技術高度化 の期間	平成27年度～29年度	

住宅等における環境対策や健康向上に資する技術開発  
住宅等におけるストック活用、長寿命化対策に資する技術開発

■ 住宅等における防災性向上や安全対策に資する技術開発

背景・目的

東日本大震災では、長時間・長周期の地震動によって、固有周期の長い超高層建築物が共振により大きく揺れて、非構造部材等に被害が発生した事例が多く見られた。近い将来に発生すると考えられる南海トラフ巨大地震では、東京・名古屋・大阪等の大都市において、規模の大きな長時間・長周期の地震動が発生することが懸念されており、超高層建築物の安全対策が急務である。超高層建築物の長周期地震動対策としては、柱・梁の内部に斜材（ブレース）として制振ダンパーを組み込むことが一般に行われているが、ブレースでは建物の各層のせん断変形を抑える効果はあるものの超高層建築物の曲げ変形を抑えることができない問題がある。

そこで、本技術開発では、構造物に設置された滑車を往復するようにワイヤを張り、ワイヤの端部にダンパーを設置する安価かつ設置自由度の高い新たな制振構造システムを開発する。開発する制振構造システムでは、ワイヤを伸ばすことで複数の層やスパンをまたいで変形を制御することができ、超高層建築物のように曲げ変形が卓越する背の高い構造物の地震時の揺れを低減する方法として効果が期待できる。また、本技術の実用化により、既存および新築の超高層建築物の長周期地震動対策が促進されることが期待される。

■ 技術開発の概要

① 開発する制振構造システムの概要

本技術開発で開発する制振構造システムの概要を図1、図2に示す。図1は、地面と構造物の頂部にワイヤを張設する構成の例であり、図2は構造物の架構内にワイヤを張設する構成の例である。図1の構成は、超高層建築物のように、曲げ変形が卓越する背の高い構造物の揺れを抑えるのに適している。一方、図2の構成は、従来の制振ダンパーと同様に、ブレースとして構面のせん断変形を抑えるのに適している。ワイヤは複数のスパンや層をまたいで設置できるため、図1や図2に示す以外の様々な構成が可能であり、制振システムの設置自由度が高い特徴がある。

基本構成は、ダンパー部、滑車部、それらをつなぐワイヤ部であり、動滑車の原理から構造物の揺れによるダンパーの移動量を増幅させることで、減衰力の小さな安価なダンパーでも減衰力の大きな高価なダンパーと同等のエネルギー吸収性能を確保することができる。

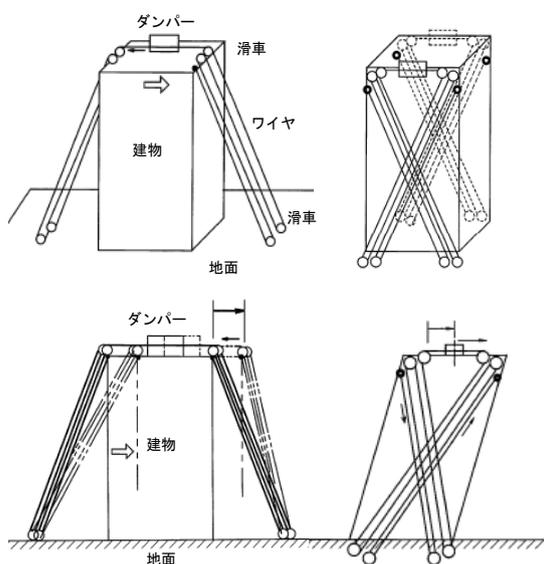


図1 地面と構造物の頂部に張設する構成の例

**【提案する制振構造システムの原理】**  
滑車群の間を往復するようにワイヤを張設し、もう一端をダンパーに接続する。建築物が移動すると、滑車群が移動することでワイヤの移動量は往復するワイヤの本数分のN倍に増幅される。一方、ダンパーの減衰力はN倍に増幅されて動滑車に作用する。

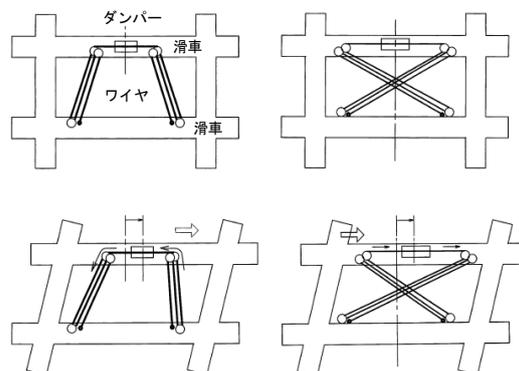


図2 構造物の架構内に張設する構成の例

■技術開発計画の概要

本技術開発の期間を3年に設定し、1年目に制振構造システムの要素実験と装置改良を行った。2年目に制振構造システムのプロトタイプを作り、振動台実験によって効果を検証する。3年目に開発した制振構造システムを実際の構造物に設置する実証実験を行い、実用化の道筋を付ける。

□平成27年度：「制振構造システムの要素実験と基本特性把握」

制振構造システムの性能に及ぼす要因として、とくに滑車とワイヤの摩擦の影響や動滑車による増幅効果に着目し、小型振動台を用いた模型実験や実大規模の要素実験を実施し、数理モデルを構築した。また、実用化に不可欠な打診によるワイヤの張力管理方法を検討した。

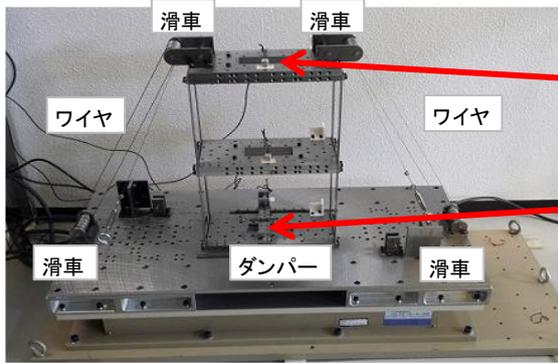


図3 小型振動台を用いた模型実験の実施

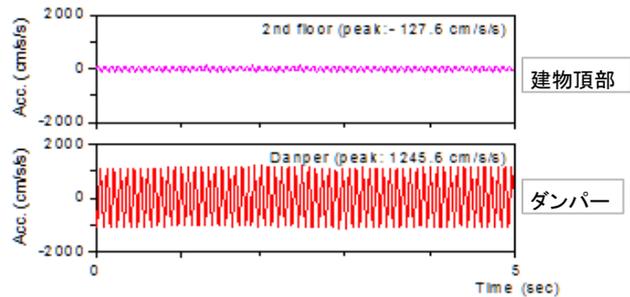


図4 建物頂部とダンパー部の加速度波形  
(動滑車によって、ダンパー部の動きが建物頂部の動きの10倍に拡大された)



図5 打診検査による振動数測定

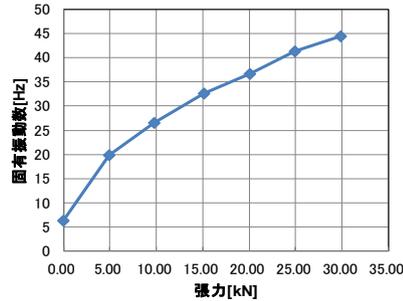


図6 打診検査による振動数(縦軸)とワイヤ張力(横軸)の対応関係  
(実用的なワイヤ張力の管理方法が示された)

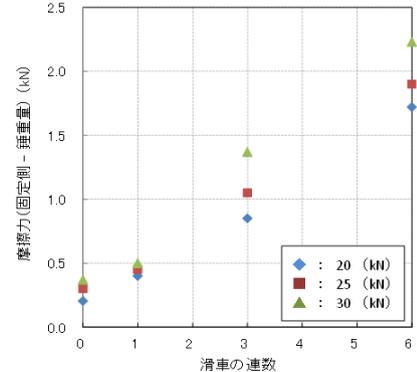


図7 滑車の連数と摩擦力の関係  
(滑車の摩擦力が比例関係にあり、張力に依存することが明らかになった)

□平成28年度：「制振構造システムの振動台実験と設計方法の開発」

建築物を模擬した試験体に制振構造システムを設置し、ワイヤの張設方法や滑車数を様々に変えて振動台実験を行い、試験体各部の変形や加速度、ワイヤの軸力・たわみ等を測定する。これらの実験結果を踏まえて、地震時の揺れを効果的に低減する最適な制振構造システムの構成や設計方法を開発する。

□平成29年度：「制振構造システムの試作品の製作と実証実験」

提案する設計方法に従い制振構造システムの試作品を製作し、実際の建築物に設置して、強制加振実験や常時微動観測および地震観測を行い、建築物の応答加速度や部材のひずみを測定して、制振構造システムの効果を実証し、製品化への道筋を付ける。

■実施体制

制振構造システムの装置改良のための要素実験や振動台実験は、主に民間建設会社の技術研究所が有する構造実験施設において行う。豊橋技術科学大学は要素実験の一部と、数理モデルの構築や設計法の開発を主に担当する。また、試作品の製作、実証実験、製品化は、民間建設会社が主に担当する。

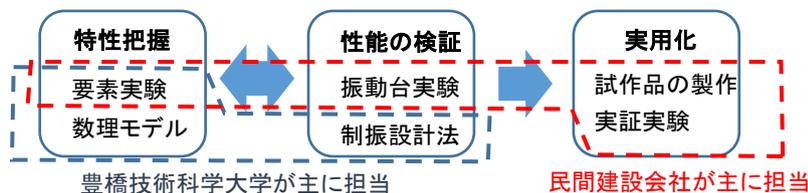


図8 研究体制・研究分担の概念図

総評	<p>超高層建築物を対象とする制震システムを提案する技術開発であり、実現性の高い方法としてコア部を有する構造物にワイヤを水平に設置する形式に至った点を評価する。当初目標としていた適用形式とは異なるが、曲げ変形を抑制するワイヤを効果的に用いた制震システムの提案である。</p> <p>実施体制も充分であることから、実用化イメージを明確に位置づけた上で、大型模型での実証実験等を行うこと。</p>
----	--