HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	建物地震応答制御用の摩擦ダンパーの性能向上と摩擦機構の応用方法に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	佐野, 剛志
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14241号
Issue Date	2020-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/79416
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Takeshi_Sano_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　佐野　剛志

審査担当者　主　査　准教授　白井 和貴
副　査　教　授　岡崎 太一郎
副　査　特任教授　千歩 修

学位論文題名

建物地震応答制御用の摩擦ダンパーの性能向上と摩擦機構の応用方法に関する研究
(Study on Performance Improvement of a Friction Damper and Application Method of a Friction Mechanism for Building Earthquake Response Control)

建築構造物の耐震性を向上させる有効な技術として、地震によるエネルギーを制振部材に吸収させ主架構の損傷を抑える応答制御構造がある。高力ボルト摩擦接合部で構成する摩擦ダンパーは、繰り返し作動後の交換の必要性が少なく、温度依存性が小さく、大容量ダンパーの実現が比較的容易であるという利点がある。しかし、従来型の摩擦ダンパーは、高力ボルト導入軸力の高精度な管理が容易ではなく、ボルト軸力変動等による摩擦性能の安定性に課題があった。また、既存超高層建物の耐震化技術の一つに、大容量のチューンド・マス・ダンパー (TMD) を設置する頂部制振があるが、設計限界を超える地震動に対して TMD の損傷や付加質量の脱落を防止するフェイルセーフ機構の導入が必要であった。

本研究の目的は、大容量かつ安定した摩擦力を発揮する建物地震応答制御用の摩擦ダンパーを開発するとともに、その摩擦機構を利用した超高層建物用 TMD フェイルセーフ機構を開発することである。

本論文は、以下のように全 9 章で構成されている。

第 1 章では、研究の背景および関連する既往研究を概説し、本研究の目的を示している。

第 2 章では、開発した摩擦ダンパーの基本ユニットの構成および軸力管理方法ついて述べている。基本ユニットは、高力ボルト摩擦接合部に摩擦材およびステンレス板を挿入し、皿ばねを介した高力ボルトで締結して構築されている。この基本ユニットの構成により導入軸力および摺動面の面圧を安定させる効果が高いこと、また皿ばねのたわみ量を計測することで精度の高い導入軸力管理を実現できることを示している。

第 3 章では、基本ユニット 2 セットで構成した要素試験体に対して、三角波で載荷する要素実験を実施している。開発した摩擦ダンパーの基本ユニットが安定した摩擦性能を発揮することを実証するとともに、皿ばねのたわみ量を用いた導入軸力管理方法の妥当性を示している。

第 4 章では、ブレース型の摩擦ダンパーの実大架構実験について述べている。基本ユ

ニットを 10 セット組み込んだブレース型摩擦ダンパーを対象とし、様々な振幅や継続時間を有する正弦波で動的載荷する実験を実施している。ブレース型摩擦ダンパーが、組み込んだ基本ユニット数に応じた安定した摩擦性能を発揮するとともに、ブレースダンパー部材に座屈等の不安定な挙動が生じないことを実証している。

第 5 章では、間柱型の摩擦ダンパーの実大架構実験について述べている。基本ユニットを 5〜7 セット組み込んだ間柱型摩擦ダンパーを対象に、様々な振幅の正弦波や超高層建物の応答層間変形波で載荷する動的実験を実施している。間柱型摩擦ダンパーが、基本ユニット数に応じて安定的な摩擦挙動を発現し、間柱部分に横座屈等の不安定挙動が生じないことを実証している。

第 6 章では、ブレース型摩擦ダンパーの超高層建物への適用効果について述べている。大容量のブレース型摩擦ダンパーで 30 層の鋼構造建物モデルを制振化し、告示スペクトル適合波、長周期・長時間地震動、長周期パルス性地震動に対する挙動を非線形地震応答解析により評価している。ブレース型摩擦ダンパーを用いることで、配置箇所が限定された場合でも、最大応答変位や残留変形角等を大幅に低減できることを示している。

第 7 章では、間柱型摩擦ダンパーによる超高層建物の制振効果について述べている。間柱型摩擦ダンパーを有する 30 層鋼構造建物モデルを用い、各種入力地震動に対する建物応答を評価している。間柱型摩擦ダンパーを分散配置することで、最大応答変位や残留変形角等を有効に低減できることを示している。

第 8 章では、開発した摩擦装置を、超高層建物の大地震動対応 TMD のフェイルセーフ機構 (過大変形抑制装置) に応用する方法を提示している。フェイルセーフ機構付き TMD を適用した等価 1 自由度および 30 自由度建物モデルの地震応答解析により、TMD 部やフェイルセーフ機構の作動性状および制振効果を評価している。摩擦フェイルセーフ機構付き TMD を採用することで、設計限界を超える地震動に対しても TMD の付加質量の過大変形を防止でき、建物応答の急増も生じないことを示している。

第 9 章では、本研究で得られた結果を総括し、今後の課題と展望について言及している。

これを要するに、本論文は、大容量かつ安定した滑り摩擦力を発揮できる制振構造建物用の摩擦ダンパーを構築するとともに、摩擦機構を活用した超高層建物用 TMD のフェイルセーフ機構を提示した。これらの知見は、摩擦ダンパーが持つ特性を合理的に活用しその性能を引き出すことに成功しており、耐震工学、構造工学、および地震工学に対して貢献するところ大なるものがある。よって、著者は北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。