

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2017

課題番号：26630256

研究課題名(和文)大質量比TMDを用いた大規模構造振動エネルギーハーベスティング技術の開拓

研究課題名(英文)Development of energy harvesting technique from large scale structural vibration using large mass ratio TMD

研究代表者

荒木 慶一(Araki, Yoshikazu)

京都大学・工学研究科・准教授

研究者番号：50324653

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、近年新たな制振装置として大きな注目を集める同調回転慣性質量機構を用いた大質量比TMDをモーターと接続することで、構造物の振動エネルギーを電気エネルギーへと効率的に変換し大規模エネルギーハーベスティングが可能となる同調回転慣性質量トランスデューサーを提案した。数値シミュレーションと実験を通して、提案装置の有効性を発電装置、制振装置の両方の側面から示した。

研究成果の概要(英文)：This study proposes tuned inertial mass electromagnetic transducers, wherein rotational inertial mass, spring, and motor are connected in series. Through numerical simulations and experiments, the effectiveness of the proposed device has been demonstrated in terms of both vibration reduction and energy harvesting efficiency.

研究分野：振動制御

キーワード：同調慣性質量 エネルギーハーベスティング 大質量比 振動制御 TMD 発電

1. 研究開始当初の背景

近年, TMD (Tuned Mass Damper) の一種である同調粘性マスダンパー (図 1) が開発され実用化されている [1]。同調粘性マスダンパーは, ボールねじを用いて直線運動を回転運動に変換することで慣性力を千倍程度に増幅する機構 (以下, 同調回転慣性質量機構と呼ぶ) を持つ。同調回転慣性質量機構を利用することで, 従来の TMD では難しかった 0.1 を超える大質量比 (通常の TMD の主構造に対する質量比は 0.01 ~ 0.03 程度) を容易に実現でき, 超高層建物の固有周期と地震動の卓越周期の同調が問題となる長周期地震動に対する応答を大きく低減できることが解析を通じて示されている。

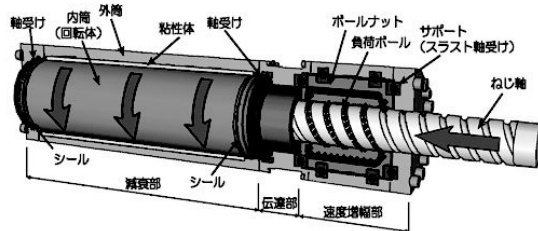


図1: 回転マスダンパーの概要

これらの研究とは別に, 米国では超高層建物に設置した (通常の) TMD により, 建物の風応答の振動エネルギーから発電を試みる研究が行われており, 強風時には相当量の発電が見込めると報告されている [2]。一般に質量比が大きいほど TMD のエネルギー吸収効率は高くなる。

参考文献

- [1] 井上範夫, 五十子幸樹, 建築物の変位制御設計 地震に対する免震・長周期建物の設計法, 丸善, 2012.
- [2] Tao Ni, Zuo Lei, Ahsan Kareem, Assessment of energy potential and vibration mitigation of regenerative tuned mass dampers on wind excited tall buildings, *Proceedings of ASME 2011*

Design Engineering Technical Conferences and Computers Information in Engineering Conference, Vol. 1, 23rd Biennial Conference on Mechanical Vibration and Noise, Washington, DC, United States of America, august 28-31, 2011.

2. 研究の目的

本研究では, 近年新たな制振装置として大きな注目を集める同調回転慣性質量機構を用いた大質量比 TMD をモーターと接続することで, 構造物の振動エネルギーを電気エネルギーへと効率的に変換し大規模エネルギーハーベスティングが可能となる同調回転慣性質量トランスデューサーを提案し, その装置の有効性を発電装置, 制振装置としての両方の側面から検討を行う。

3. 研究の方法

発電効率向上の実現可能性検討

発電装置としての有効性を検証するため, 提案する同調回転慣性質量トランスデューサーが接続された一自由度質点モデルを考え, 既往文献で提案されているさまざまな制御アルゴリズムを用いた場合の発電効率を計算し, 同調回転慣性質量機構をもたない場合と比較する。

制振装置としての有効性の検討

提案する装置が設置された三層のベンチマーク建築物モデルにさまざまな地震動が入力された場合の振動制御性能と発電効率を数値シミュレーションにより検討する。

提案装置の試作と性能確認実験

提案する装置の縮小型のプロトタイプ的设计, 作成を行う。ここでは発電用にエネルギー変換効率の高い三相モーターを用いて, 抵抗をスター結線によりモーターに接続し,

この抵抗値を調節することで装置が発揮する減衰を変化出来るようにする。簡単のため、この抵抗により消費される電力を発電量と定義し、さまざまな周波数をもった正弦波を入力した加振実験を行う。

4. 研究成果

発電効率向上の実現可能性検討

シミュレーションを通して、同調回転慣性質量機構を付与することで、既往の最適制御アルゴリズムを用いて電気回路を制御した場合と比較して、有意な発電効率の向上が確認できることを示した。

制振装置としての有効性の検討

提案装置が設置された三層のベンチマーク建築物モデルのシミュレーションを通して、良好な建物の振動低減効果と、発電効率の向上を確認した。

提案装置の試作と性能確認実験

提案装置がある特定の周波数をもった外乱に対してエネルギー吸収効率を大きく向上可能である事を実証した。さらに、得られたデータからカーブフィッティング手法を用いて、実験データを非常に高い精度で再現出来る、エネルギー損失を考慮した信頼性の高い数理モデルを導出した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

- [1] Takehiko Asai, Yoshikazu Araki, Kohju Ikago, Energy harvesting potential of tuned inertial mass electromagnetic transducers, *Mechanical Systems and Signal Processing*, 査読有, Vol. 84, 2017, pp 659 - 672, 2018

DOI: 10.1016/j.ymsp.2016.07.048

- [2] Takehiko Asai, Yoshikazu Araki, Kohju Ikago, Structural control with tuned inertial mass electromagnetic transducers, *Structural Control and Health Monitoring*, 査読有, Vol. 25, Issue 2, 2018, pp e2059, 2017
DOI: 10.1002/stc.2059

[学会発表](計2件)

- [1] Takehiko Asai, Yoshikazu Araki, Kohju Ikago, Outrigger Tuned Viscous Mass Damping System for High-rise Buildings Subject to Earthquake Loadings, 6th International Conferences in experimental Structural Engineering, 11th International Workshop on Advanced Smart Materials and Smart Structures Technology, Joint Conference, Illinois, United States of America, August1-2, 2015
- [2] Ryoko Sawada, Ruriko Haraguchi, Takehiko Asai, Yoshikazu Araki, Experimental Verification of an Oscillating-Body Wave Energy Converter with a Variable Tuned Inertial Mass Mechanism, International Society of Off-shore and Polar Engineering, 28th International Ocean and Polar Engineering Conference, Sapporo, Hokkaido, Japan, June 10-15, 2018

[図書](計 件)

[産業財産権]

出願状況(計1件)

名称：波力発電装置及び波力発電方法
発明者：浅井健彦，原口瑠璃子，荒木慶一
権利者：国立大学法人筑波大学
種類：特許
番号：特願 2017-158848
出願年月日：平成 29 年 8 月 21 日
国内外の別：国内

取得状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荒木 慶一 (Araki Yoshikazu)
京都大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：50324653

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

五十子 幸樹 (Ikago Khoju)
東北大学・災害科学国際研究所・教授
研究者番号：20621983

浅井 健彦 (Takehiko Asai)
筑波大学・システム情報工学研究科・助教
研究者番号：90775793

(4) 研究協力者

原口 瑠璃子 (Haraguchi Ruriko)
筑波大学・システム情報工学研究科・大学院生