

## 曲げねじれ連成振動を利用した2つの同一構造物における連結制振法

### Connected Control Method for Two Identical Structures Utilizing Transverse-Torsional Coupled Vibration

川名健太<sup>1</sup> 中里諒太<sup>2</sup>  
Kawana Kenta<sup>1</sup> Nakazato Ryota<sup>2</sup>

This study deals with novel Connected Control Method (CCM) applicable to two identical structures. CCM is a method of structural vibration control utilizing interaction force between multiple structures connected by springs and/or dampers. Ordinary CCM is not effective to identical structures because no relative motion occurs among identical structures. In this paper, novel CCM applicable to two identical structures is presented that utilizes transvers-torsional coupled vibration. Theoretical analysis and experimental evaluation using simple structural model are carried out and the effectiveness of the presented method is confirmed.

#### 1. 緒言

高層ビルの構造振動制御は、地震が頻繁に発生する日本では特に重要な問題となっている。構造振動を抑制するための多くの方法が既に提示されている。実用化されている例としてマスダンパがある。連結制振法(CCM)も、バネやダンパで接続された複数の構造物間の相互作用力を利用する方法の1つである[1]。連結制振法は既に効果的な方法であることが証明されており、東京の繁華街にある「トリトンスクエアタワー」という商業ビルにすでに適用されている。しかし、連結制振法には基本的な制限がいくつかあり、さらなる開発を困難にしている。

最も厳しい制限の1つは、結合構造間で固有振動数に大きな違いがなければならぬ。同一の構造は同一の振動モードおよび同一の励起を受ける応答を有するので、それらが同一の高さで接続されている限り、同一の構造間で相対運動は生じない。連結制振法は連結構造間の相互作用力を利用するため、連結制振法を適用しても制振効果は得られない。

先行研究では、2つの同一の構造に適用可能な連結制振法が提案されている[2]。異なる高さでそれらを接続すること(例えば、ある建物の1階ともう1つの2階を接続する)によって、それらの振動特性が同じであっても、有意な相対運動が得られ、有意な振動抑制効果も両方の構造で得られる。

しかし、この方法を実際の建物に適用するには、建物を異なる高さで接続するために長く硬い棒が必要になる。現実では、そのような大規模建築物用の棒は入手できないので実用的ではない。そこで制御不能な構造振動を抑制するために、制御対象である対称構造物を非対称に変更し、相対運動を発生させることで制御可能にすることができる[3]。

そこで本研究では、曲げねじれ連成振動を有する2つの同一構造に適用可能な、新規の連結制振法を提示する。構造物に意図的にねじれ振動を誘起させ、かつ2つの同一の構造物を軸対称に配置し、揺れたときの連結部に速度差を生じさせて減衰力を得る方法である(後の2.1節のFig. 1を参照)。以下の節では、提示した方法の有効性について、単純構造

モデルを用いた理論解析と実験評価により検討する。

#### 2. 理論解析

##### 2.1. 検証モデル

提示したアイデアの有効性を検証するために、単純な構造モデルを用いたMATLABを使用した理論解析を行った。Fig. 1は、制御オブジェクトの概略図を示している。質量体は、各質量体の端部においてそれぞれ2種類の剛性のばねによって支持されており、軸対称に配置されている。したがって、第1のモードでは、左の質量体は上端でより大きい振幅を有し、右の質量体は下端でより大きい振幅を有する。2つの同一のダンパを介して各質量の2つの端部を接続することによって、各ダンパに対する著しい相対運動が期待できる。

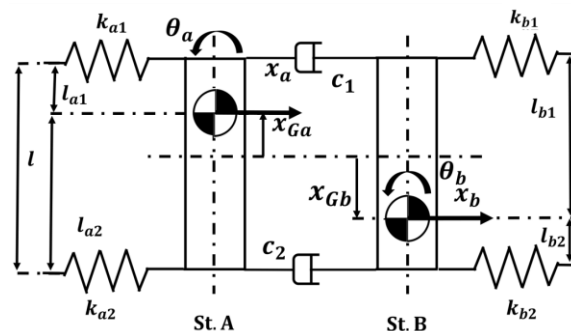


Fig. 1 Schematic diagram of the control object

##### 2.2. シミュレーション

上記のモデルを使用して、システムが地面励振を受けたときの周波数応答を計算した。Fig. 2は、ダンパを用いて連結した場合と用いなかった場合の周波数応答を示している。緑色の線はダンパなしの場合を、赤色の線はダンパありの場合をそれぞれ示している。ダンパを適用することで大きな制振効果が得られることが明確に示された。すなわち、提示した新規の連結制振法の有効性は理論的に証明されたといえる。

<sup>1</sup> : 日大理工・院 (前)・機械 <sup>2</sup> : 日大理工・学部・機械

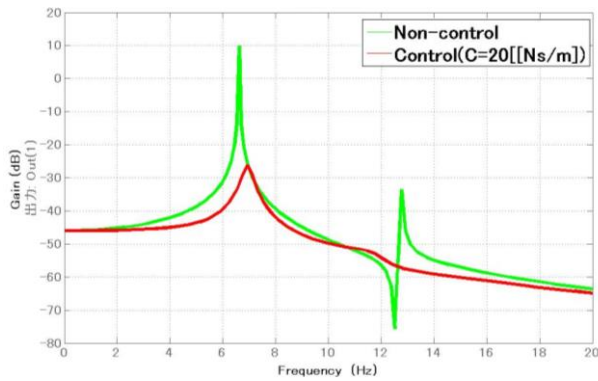


Fig. 2 Theoretical frequency responses

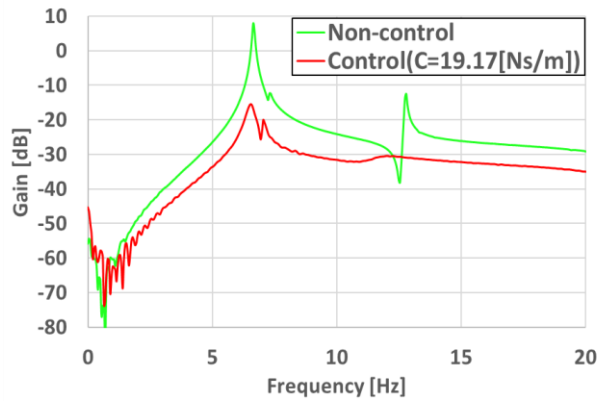


Fig. 4 Experimental frequency responses

### 3.実験的評価

#### 3.1.制御対象構造物

新規の連結制振法の有効性を確認するために、単純な実験構造物を用いた実験的評価を実施した。実験構造物の概観と構造物の模式図を Fig. 3 に示す。それぞれの構造物はアルミニウム板を4つの細い鉄製の丸棒で支えており、磁気ダンパは互いにアルミニウム板を接続するように取り付けられている。



Fig. 3 Schematic view of the experimental system

#### 3.2.インパルスハンマーによる加振実験

制振性能を測定するために、インパルスハンマー、加速度ピックアップ、FFTアナライザーを用いたインパルス加振試験を行った。Fig. 4は、ダンパを用いて連結した場合と用いなかった場合の周波数応答を示している。緑色の線はダンパなしの場合を、赤色の線はダンパありの場合をそれぞれ示している。ダンパを適用することで大きな振動効果が得られ、提示された新規の連結制振法の有効性が証明されている。

### 4.結論

本論文では、曲げねじれ連成振動を利用する二つの同一構造物に適用可能な新しい連結制振法を提示した。MATLABを用いた理論解析と簡単な実験モデルを用いた実験評価を行い、提示した方法の有効性を確認した。

今後の展望としては、重心位置や剛性の強弱を変えた場合について、制振性能を比較する。また、階層を多段化し、実験モデルを実物の構造物に近づけ、地震波加振した場合に制振性能を示すかが今後の課題となる。

#### 参考文献

- [1] e.g. E. Yoshino, T. Watanabe and K. Seto, Hybrid Connected Control Method with Equivalent Performance for Two Flexible Parallel Buildings with Different Heights and Stiffness, Motion and Vibration Control: Selected Papers from MOVIC 2008, Springer, ISBN-13: 978-1-4020-9437-8, pp.345-355 (2009)
- [2] K. Makita, R. E. Christenson, K. Seto and T. Watanabe, Optimal Design Strategy of Connected Control Method for Two Dynamically Similar Structures, Transaction of ASCE, Journal of Engineering Mechanics, Vol.133, No.12 pp.1247-1257 (2007)
- [3] K. Takemoto, T. Fukui, H. Tanaka, T. Watanabe and K. Seto, Motion and Multi-Mode Vibration Control of a High-Speed Logistic Transportation System (2<sup>nd</sup> Report: Expansion to Suppress Drumming Mode according to Structural Modification), Transaction of JSME, Series C, Vol.7, No.69, pp.1665-1668 (in Japanese) (2004)

<sup>1</sup> : 日大理工・院 (前)・機械 <sup>2</sup> : 日大理工・学部・機械