

I-617

アクティブコントロールによる鉄骨構造物の制振に関する研究

鹿島（株）

○浅野 星人

長岡技術科学大学 建設系 正会員 鳥居 邦夫

長岡技術科学大学 機械系 正会員 川谷 亮治

太陽工業（株） 空間技術研究所 中原 義男

鉄骨構造物は図1に示すトラス状の空間構造物と考えられる。そこで本研究では、長大スパンを有する鉄骨構造物を念頭においた上で、主構成部材である梁部材に着目して強震強風の際発生する梁の低次振動を制振する制御手法の確立を目的とする。

本研究では、実際の梁の振動特性を近似した模型梁を制御対象に取り、電磁石と永久磁石からなるアクチュエータ、ひずみゲージ及びコンピュータでAMDを構成して制振制御実験を行なった。図2に模型梁の概要を示す。本研究の制御実験は全て部材1のみの振動を制振するものである。部材1の外部に固定点を設けることができる場合をCASE1、部材1と部材2を並列に並べて両者の振動特性を生かして制御する場合をCASE2とする（図3）。CASE1の周波数特性測定結果並びにモード解析法を用いたモデリング結果を図4に示す。なお、モデリングは3次モードまでを対象とした。次に、モデリングで得られた数式モデルに対してロバスト制御理論に基づくコントローラを設計する。本設計法では、設計者が重み関数の選定を行うのみで制振性能及びロバスト性能を高める設計ができる。CASE1の設計仕様として1次、3次を5dB、2次10dB低減することとし、4次以上のモードに対して安定性を保証する。この設計仕様を満足するように選定した重み関数を図5に示す。図6は制振性能に関するシミュレーション結果で、図7はロバスト性能に関するシミュレーション結果である。両図から設計仕様を満たすコントローラが

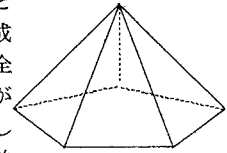
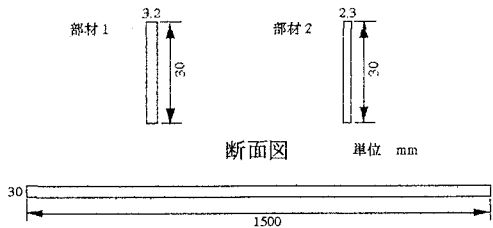


図1 鉄骨構造物



側面図（部材1、2共通）

図2 梁概略

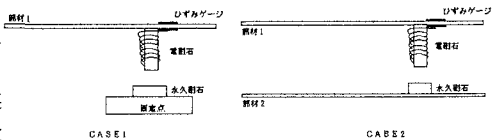


図3 実験ケース（スパン1/4コロケーション制御）

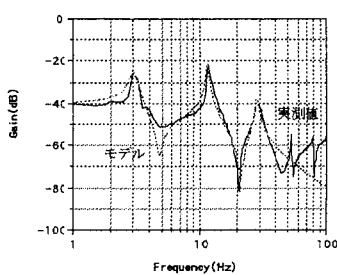


図4 部材1のボード線図（CASE1）

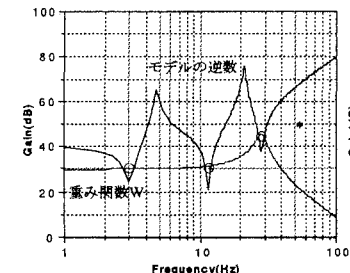


図5 3次モードまでのモデル（逆数）と重み関数W

得られていることがわかる。できたコントローラをコンピュータに実装して制振制御実験を行なった。実験結果を図8に示す。なお、外乱はスパン1/4地点にインパルスを加えた。

す。なお、外乱はスパン1/4地点にインパルスを加えた。

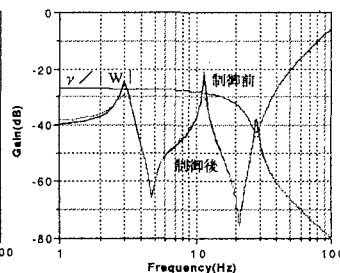


図6 制振性能（CASE1）

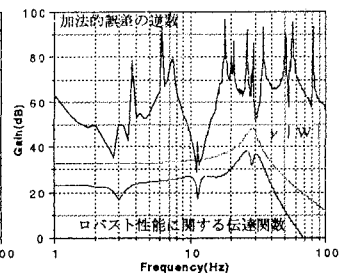


図7 安定性判別（CASE1）

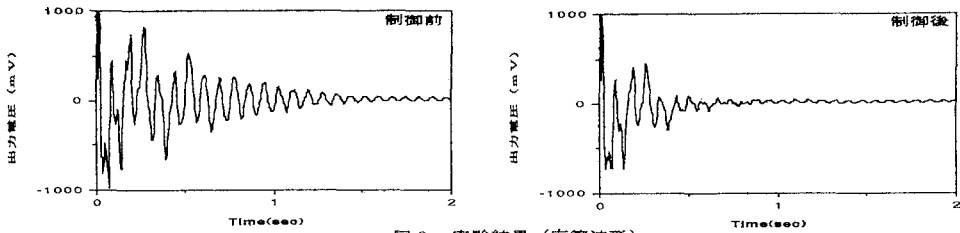


図8 実験結果（応答波形）

次にCASE 2についてもCASE 1同様にコントローラを設計して制振制御実験を行なった。図9にCASE 2の周波数測定結果とモデリング結果のボード線図を示す。CASE 2の大きな特徴として、1次モードが現われにくくなっている。部材1と周波数特性が異なる部材2を並列に配置することによって部材2が一種のパッシブマスダンパの働きをしていることがわかる。このCASE 2に対しての設計仕様は2次、3次ともに10 dB低減し、安定性についてはCASE 1と同じとする。この設計仕様に基づいた重みを図10に示す。また、図11に制振性能と図12にロバスト性能のシミュレーションを示す。できたコントローラについてCASE 1同様に制御実験を行なった結果を図13に示す。

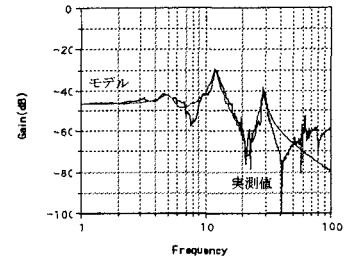


図9 部材1のボード線図（CASE 2）

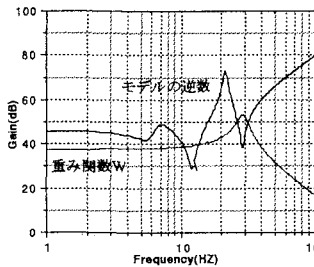


図10 モデル（逆数）と重み関数W

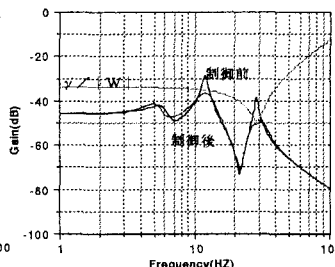


図11 閉ループ特性（CASE 2）

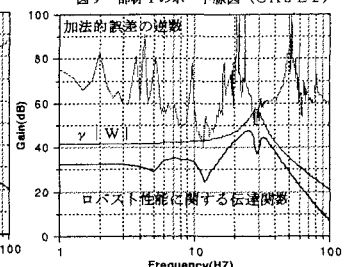


図12 安定性判別（CASE 2）

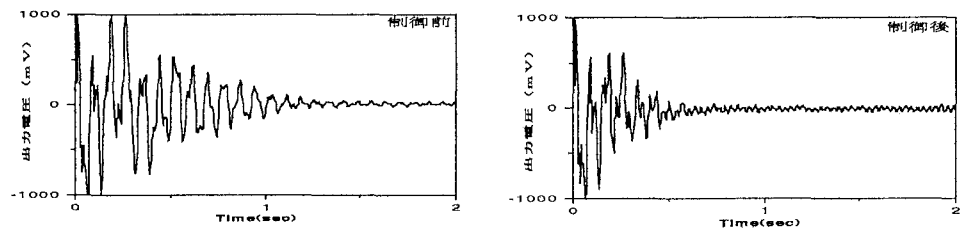


図13 実験結果（応答波形：CASE 2）

図13より、CASE 2でもCASE 1と比較して遜色ない結果が得られていることがわかる。以上、本研究をまとめると

1. 柔軟な梁部材を制御対象とし、電磁石及び永久磁石からなるアクチュエータ、ひずみゲージ及びコンピュータから構成されるAMDを構築し良好な制御結果を得た。
2. 並列梁でも良好な制御結果が得られ、長スパンの梁を有する鉄骨構造物の空間を妨げない有効な制御方法の提案ができた。
3. 電磁石と永久磁石からなるアクチュエータを構成し、制御部を小型かつ安価に実現した。このアクチュエータは電磁石の巻数を増やす等制御対象に柔軟に対応できる利点がある。