

ニューラルネットワークによる建造物の知能化適応制御に関する実験的研究

茨城大学大学院 学生会員 門馬 正彦
 茨城大学工学部 フェロー 横山 功一
 茨城大学工学部 正会員 呉 智深
 茨城大学工学部 正会員 許 斌

1. 研究背景、目的

地震に対する備えとして近年、建造物の制震技術に関する研究が盛んに行われてきた。この技術は主にアクティブ制震とパッシブ制震の二種類に分けられる。より能動的で効果的に建造物の震動を制御しようとするのはアクティブ制震である。しかし、アクティブ制御はセンサによる感知から制御力付加までの時間遅れや、構造特性の不確定要因による問題を有している。このような問題に対し、構造同定を行いながら制御を行う適応制御による制御システムが有用視される。

そこで本研究はモデルシミュレーションでその有効性が確認された階層型ニューラルネットワーク制御アルゴリズムにより、実構造モデルへの適応性を実験的に確認するのが目的である。

2. ニューラルネットワークを用いた適応制御システム

建造物のある瞬間の状態を制御しようとして制御力を付加させても建造物は次の瞬間には変化しているため、その無駄時間との誤差と状態パラメータの変化といった構造特性の変化を考慮し、常に最適な制御を目指すために状態推定が必要となってくる。このような同定をしながら制御するシステムを適応制御システムと呼ぶ。一般的に適応制御は制御対象の先験的情報が少ない状況で用いられ、制御対象である土木建造物の特性を算出することが困難なため、同定しながら制御を行う制御理論である。このような同定に対し階層型ニューラルネットワークは、ある系における入力信号と出力信号のみが与えられれば、学習によってその系の同定をすることが可能であるため、種々の予測問題や同定問題に適用することができると考えられている。

図1の点線内部にシステムの流れを示す。階層型ニューラルネットワークによる状態予測を状態予測部とし観測した各層の応答加速度、応答変位、入力外乱、制御量が入力され、予測応答変位が出力される。学習はセンサからの応答と状態予測部からの応答の比較により行われる。また階層型ニューラルネットワークによる制御量の算定を制御量算定部とし観測した各層の応答加速度、応答変位、以前に付加した制御量が入力され、制御量が出力される。また、学習には状態予測部と制御側により計算される制御誤差信号を用いる。

本システムの流れを説明すると、

- (1) センサから建造物の状態量および付加外乱、制御量が状態予測部に入力される。
- (2) 状態予測部において、次ステップの状態量が予測される。
- (3) 制御則にしたがい、制御誤差信号を算出する。
- (4) 制御誤差信号により、制御量算定部の学習および制御量を算出する。

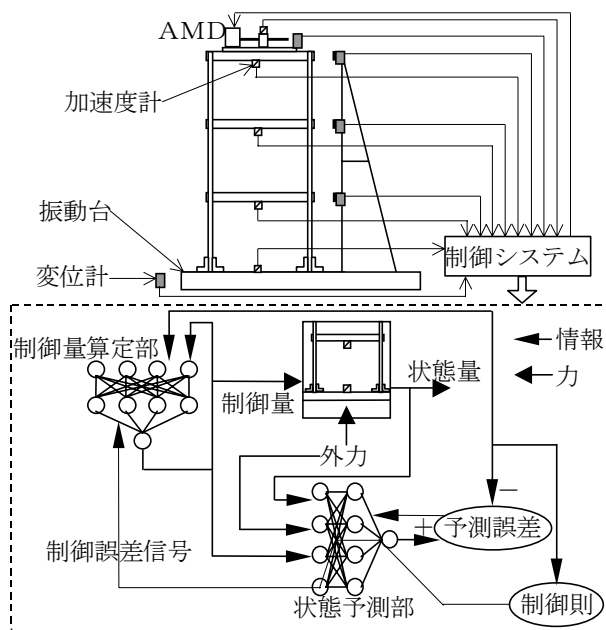


図1 本実験の概略図

3. 実験装置

三層ラーメンの詳細を図2に振動特性を表1に示す。なお模型の全重量は約200kgである。

AMD (アクティブ・マス・ダンパ) の概略図を図3に諸元を表2に示す。なおAMDの重りは建物の重量の約1%の2kgとした。

表1 振動特性

次	固有振動数(Hz)	減衰
1	1.8	0.0015
2	5.6	0.0025
3	8.4	0.0030

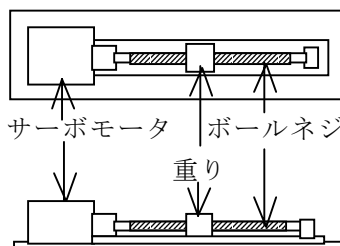


図3 AMD

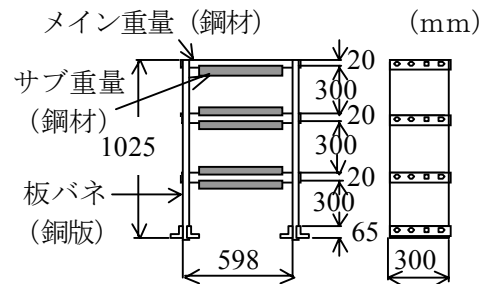


図2 三層ラーメン

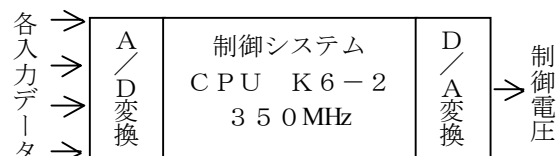


図4 制御システムの入力から出力までの流れ

表2 AMDの諸元

モーターパワー	定格回転速度	定格トルク	重りの最大速度	ストローク	重り重量
120ワット	3000rpm	0.4N・m	330mm/s	±46mm	2kg

入力データから制御量を算出する流れを図4に示す。ここで、入力データは図1に示した変位計と加速度計により計測された値である。これらの計測機器からのデータはアナログデータなので制御システムで計算を行わせるために、A/D変換ボードでデジタルデータに変換を行う。また制御システムより算出された制御電圧もAMDに送る際に逆の変換を行う。A/D変換から制御システム、D/A変換までの一連の流れはN88-Basicによるプログラムにより行う。

4. 制震実験

(1) 実験の方法と実験ケース

図1のように三層ラーメンの頂部にAMDを取り付け、振動台加振による制震実験を行った。計測する項目は、各階層と振動台、AMDの変位と加速度およびAMDへの制御電圧である。振動台加振は長軸方向一軸のみで、正弦波を入力波とし、正弦波の周波数は一次モードである1.8Hzとその付近の値を使用した。振幅は制御効果を見ながら±0.1mmから徐々に増やしていった。制御システムには事前に学習を行うOff-line学習により状態予測を行わせた。学習は振動台およびAMDを互いに違う正弦波入力により動かし、その応答を元に行った。また、計測の間隔及び制御電圧出力の間隔は0.04sを使用した。

(2) 実験結果

図5に正弦波外力周波数1.8Hz、振幅±0.1mmのケースにおける結果を示す。これよりよく制御されていることがわかる。しかし、これ以外のケースでは良い結果は得られなかった。

5. 結論・今後の課題

AMDの性能に不足点があるものの今回の実験では限られたケースにおいて、ニューラルネットワークを用いた適応制御システムの実構造物への適用による振動制御の確認ができた。

今後はAMDの重りを重くしAMDのパワーをより大きなものにするなどAMDの改善を図り、さらに大きな振幅の場合に対する制御を行いつつ、地震波に対する制御の検証を行う。

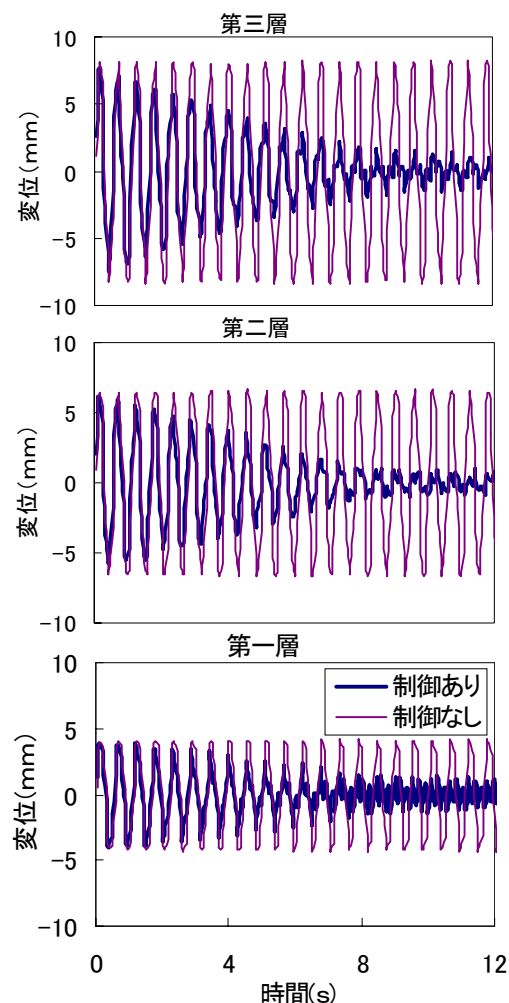


図5 変位の時刻歴