

36. グランドストラクチャ法を用いた制振ダンパーの最適配置方法に関する研究

0710920121 船浪健太  
指導教員 藤井大地 教授

制振ダンパー 位相最適化 最適配置 動的応答解析

1. はじめに

近年、建物の地震に対する安全性を確認する方法として、建物の骨組構造に地震エネルギー吸収装置（制振ダンパー）を設置する制震構造が増えている。大規模建築物に採用することが多かったが、近年では戸建て住宅への効果も検証され、採用される例が急増している。この制振ダンパーを用いる制震構造は、新築建築だけではなく、現行の耐震基準を満たさない既存の不適合建物の補強にも用いられている。

このような制震構造では、制振ダンパーを特定層に集中配置させる頂部設置型と第一層設置型があるが、一般的には構造体の各層に分散的に配置する層間設置型がよく用いられる。また、構造用の条件とは別に、建物の用途や計画上の理由により、ダンパーを設置できる空間が制約されることがあるため、制震構造のダンパーの適切な配置を見つけることは容易ではない。よって効果的にダンパーを配置するためには豊富な設計経験と解析的な試行錯誤が必要になる。

本研究の目的は、骨組構造の位相最適化手法であるグランドストラクチャ法を用いて、静的地震力からダンパーの最適配置を求め、これが動的地震力に対する骨組構造の最大応答も最小化することを、いくつかの代表的な地震力に対する動的応答振動解析によって検証することにある。

2. ダンパーの最適配置を求める方法

ここでは、ダンパーを筋交い等の部材に置き換え、ダンパーの最適配置問題を部材の最適配置問題として解く。また、部材の最適配置は、グランドストラクチャ法による骨組構造の位相最適化手法によって、骨組全体の剛性を最大化するダンパー置換部材の最適配置を求める。

3. 提案手法の妥当性の検討

3.1 実設計例 1

本手法の妥当性を検討するため、実設計例に近い建物を想定して、図 1(a)に示す基本モデルを作成し、本手法の妥当性の検討を行う。基本モデルは事務所ビルを想定し、地上 9 階建て、1 階ピロティー、主体構造は鉄骨造、地盤種別は第 II 種とする。1 階の階高が 4.1m、2 階から最上階までが各層ごとに 3.8m、1 スパンは 6m である。9 層 6 スパンとし、2 層から 6 層まで壁が設置されている。

各部材の断面積、部材詳細は表 1 のとおりである。部材のヤング係数は鋼材のものを利用する。建物重量は 1 階 599 t、2～8 階 591 t、9 階 834 t である。

グランドストラクチャ法によって、ダンパーの最適配置を求めるために図 1(b)のようにダンパーを配置できる箇所全てにダンパーを配置する。そして建物重量と静的地震荷重 (Ai 分布) を加える。ダンパーは筋交い等の置換部材とし、これによって求められたダンパーの最適配置が図 1(c)ようになる。ここで求めたダンパーの最適配置モデルの有効性を検討するために図 2 のように、ダンパーを配置した 6 パターンの解析モデルを作成した。ダンパーの数は最適配置モデルと同様の 13 本とし、配置に関しては、一般的に用いられている配置で考えた。

次に図 1(c)と図 2 のモデルについて動的解析を行う。動的解析は実際に起こった地震の加速度を利用する。解析で利用する地震は EICentroNS, TaftEW, 八戸 NS, 神戸海洋気象台 NS の 4 つである。これらの地震加速度を用いて動的解析を行い、ダンパーを配置していないモデル (図 1(a)) に対する、ダンパーを配置したモデル (図 1(c), 図 2) についての最大応答の比を図 3 に示す。動的解析で用いるダンパーの総減衰力はダンパーを配置した最適配置モデル (図 1(c)) の減衰率が 10% となるように設定した。なお、比較する事象は地震力を与えたときの、モデルの変位、速度と自由振動時の減衰である。ここでは 4 つの地震力のうち八戸 NS の地震力を用いた解析結果を示す。

表 1 部材詳細

(a) 柱			(b) 梁		
柱	A (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	梁	A (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )
1～2 階	482.3	130000	1～4 階	217.1	134000
3 階	432	121000	5～7 階	187.2	114000
4～6 階	392.8	112000	8～9 階	169.2	98900
7～9 階	351.7	103000			

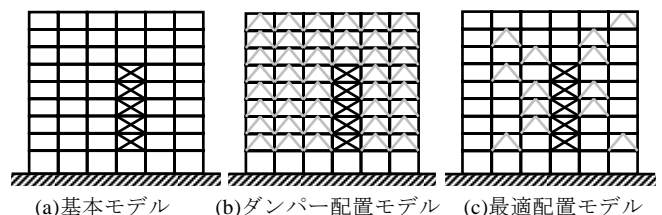


図 1 ダンパー配置図

Study on Optimum Placement of Response Control Damper using Topology Optimization Method for Frame Structure

FUNANAMI Kenta

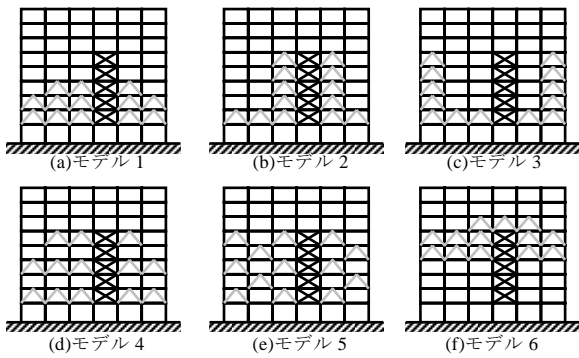


図 2 比較モデル

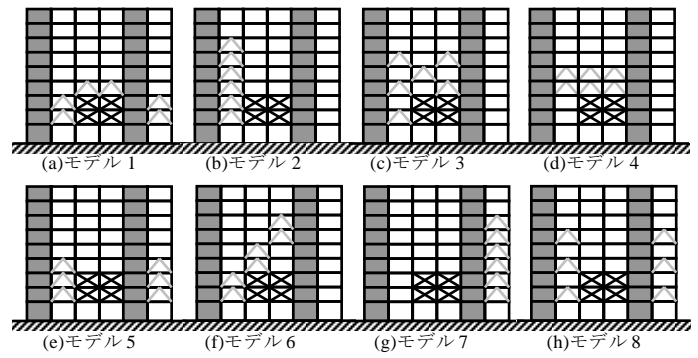
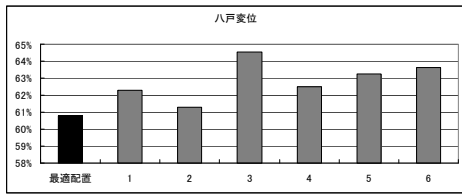
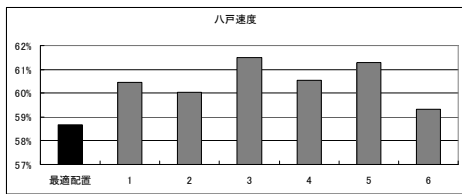


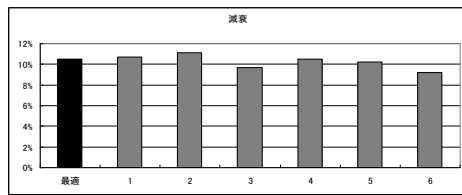
図 5 比較モデル



(a) 変位



(b) 速度



(c) 減衰

図 3 モデル最大応答グラフ

以上の図より、変位、速度ともに、グランドストラクチャ法によって求めた最適配置モデルの応答が最小となった。ただし、減衰についてはあまり顕著な差が見られなかった。

### 3.2 実設計例 2

次に壁と窓を配置したモデルで検討する。モデルの概要は実設計例 1 で用いたものを利用する。壁、窓の配置は図 4(a)とし、図 4(b)のようにダンパーを配置できる箇所すべてにダンパーを配置し、図 4(c)のダンパー最適配置モデルを求めた。次に実設計例 1 のように比較モデル (図 5) を作成し、地震加速度を用いて動的解析を行った。

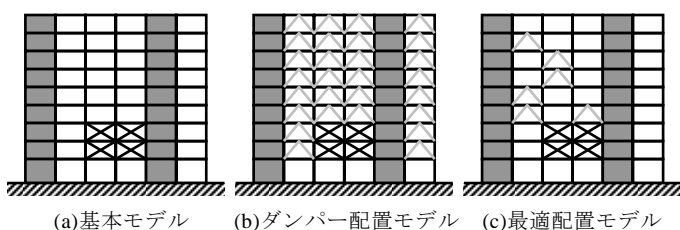
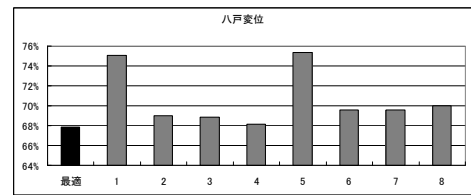
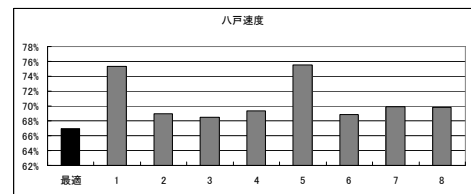


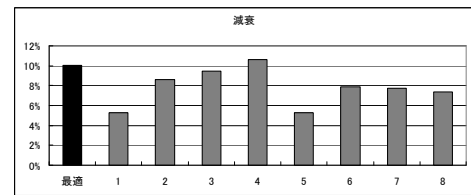
図 4 ダンパー配置図



(a) 変位



(b) 速度



(c) 減衰

図 6 モデル最大応答グラフ

以上の図より、このモデルも 3.1 と同様の結果が得られた。

### 4. まとめ

本研究では、制震構造のダンパーの最適配置を求める方法として、静的地震力に対する構造の剛性を最大化する部材配置を求め、ここにダンパーを配置する方法を提案した。そして、本手法の有効性を示すために、動的に地震力を加え、動的解析を行い、ダンパー最適配置モデルと比較モデルとの最大応答を比較した。その結果、本手法によるダンパー最適配置により地震応答の変位と速度は概ね最小となることがわかった。

### 参考文献

- 1) 藤井大地, 「建築デザインと最適構造」, 丸善, 2008
- 2) 藤井大地, 「Excel で解く 3 次元建築構造解析」, 丸善, 2005
- 3) 財団法人 日本建築学会, 「鋼構造限界状態設計 設計例」, 丸善, 1991
- 4) 社団法人 日本鉄鋼連盟, 「鋼構造設計演習 第 4 版」, 技報堂出版, 2003
- 5) <建築のテキスト>編集委員会, 「初めての構造設計」, 学芸出版, 2008
- 6) 清水建設耐震研究会, 「耐震・免震・制震のわかる本」, 彰国社, 1999