

24.高層ビルにおける制震ダンパーの最適配置に関する研究

0810920012 平本 慎弥
指導教員 藤井 大地 教授

制震ダンパー 最適配置 位相最適化 グランドストラクチャ法

1. はじめに

今年、日本に衝撃を与えた東日本大震災での長周期地震動で、東京などでの高層建物の揺れが問題になった。建物の高層部では、長周期の揺れが原因で、家具などの転倒があり、人の命も危険に冒された。このことから高層建物の耐震補強が急務となっている。しかし、高層建物の場合、通常の耐震補強では、建物の固有周期が短くなり、応答を増大させてしまう危険性がある。そこで、建物内部の被害を抑えるという観点からも、建物の骨組構造に地震エネルギー吸収装置（制震ダンパー）を設置する制震構造が注目されている。

このような制震構造では、建物頂部または第一層に集中的に制震ダンパーを配置する方法もあるが、一般的には構造体の各層に分散的に制震ダンパーを配置する層間設置型がよく用いられている。この層間設置型では、制震ダンパーの配置方法として、連層配置、市松配置、下層集中配置、複数層への分配配置など様々な配置方法がある。また、構造上の条件とは別に、建物の用途や計画上の理由によって、ダンパーを設置できる空間が制約されることがある。したがって、制震ダンパーの適切な配置を見つけることは容易ではない。特に、ダンパーの設置場所や設置数に制限がある場合、制震ダンパーの配置には、豊富な設計経験と解析的な試行錯誤が必要となる。

このような問題を解決するため、久保、藤井らによって研究されている制震ダンパーの最適配置方法をもとに、高層建物に対しても利用できると考え、グランドストラクチャ法で求めたダンパー最適配置モデルと比較モデルを作成した。また、ダンパー性能が変化しても本手法のモデルが有効であることを検討するため、ダンパー配置の建物の総減衰力が 7%,10%,15%と本手法のダンパー性能を定め、これらでも有効であるか検討を行う。

2. ダンパーの最適配置を求める方法

本手法は、図 1(a)に示すように、解析上、まず、すべての設置可能箇所に制震ダンパーを配置する。次に、図 1(b)に示すようにすべてのダンパーを剛性部材に置き換える。次に、このダンパー置換部材の剛性を設計変数とし、静的な地震力 (Ai 分布の地震層せん断力) に対する応力解析 (有限要素解析) を行う。そして、骨組全体の

剛性が最大となるように、ダンパー置換部材の剛性を最適化する。この場合、図 1(c)に示すように、必要なダンパー置換部材の剛性 (太さ) は大きくなり、 unnecessary ダンパー置換部材の剛性は小さくなる。このようにして得られたダンパー置換部材の剛性分布から、図 1(d)に示すようにダンパー配置位置を決定する。

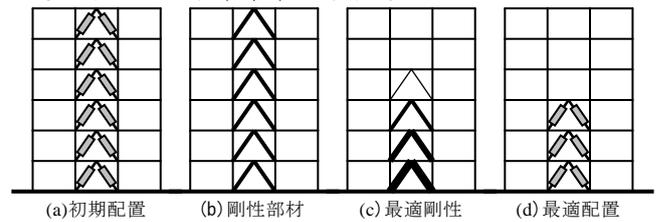


図 1 解析法の概要

3. 解析概要

ダンパー最適配置と比較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波の ElcentroNS, TaftEW, 八戸 NS, 神戸海洋気象台 NS の 4 つで行う。動的解析で用いるダンパーの総減衰力は最適配置モデルが 7%,10%,15%となるように設定し、ダンパーの性能をすべて同等のものとして比較を行う。本論文では、4 つの地震波のうち ElcentroNS を用いた解析結果を示す。

4. 解析例

高層ビルを想定して東京都庁庁舎を参考に図 2(a)に示すモデルを作成した。このモデルは、48 層の建物で各階の高さ 5m とし、スパン 6.5m の建物である。図 2(a)の解析モデル、表 1 の断面詳細で解析を行った。結果、図 2(b)の配置となった。次に、地震応答解析のときに比較するモデルを図 3 に示す。図 4 に ElCentroNS の最大変位の結果を示す。

表 1 断面詳細

| 梁 | 断面積 | 断面 2 次モーメント |
|---------|---------------------|-------------------------|
| 1~11 階 | 684 cm ² | 2609300 cm ⁴ |
| 12~22 階 | 664 cm ² | 2233500 cm ⁴ |
| 23~33 階 | 644 cm ² | 1890800 cm ⁴ |
| 34~48 階 | 624 cm ² | 1580300 cm ⁴ |

| 柱 | 断面積 | 断面 2 次モーメント |
|---------|----------------------|--------------------------|
| 1~11 階 | 3900 cm ² | 24732500 cm ⁴ |
| 12~22 階 | 3700 cm ² | 21120800 cm ⁴ |
| 23~33 階 | 3500 cm ² | 17879200 cm ⁴ |

| | | |
|---------|----------------------|--------------------------|
| 34~48 階 | 3300 cm ² | 14987500 cm ⁴ |
|---------|----------------------|--------------------------|

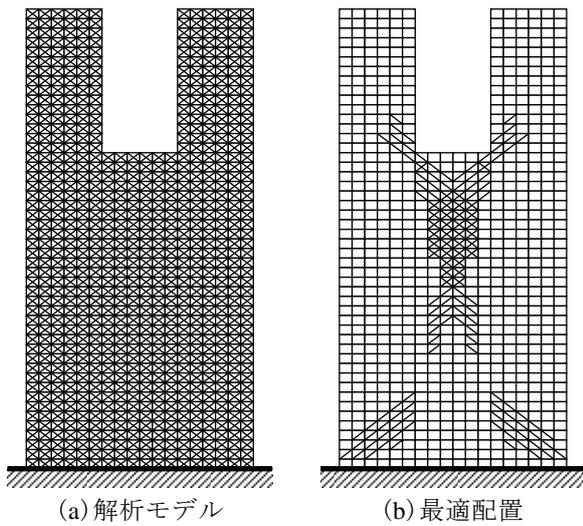


図 2 ダンパー配置

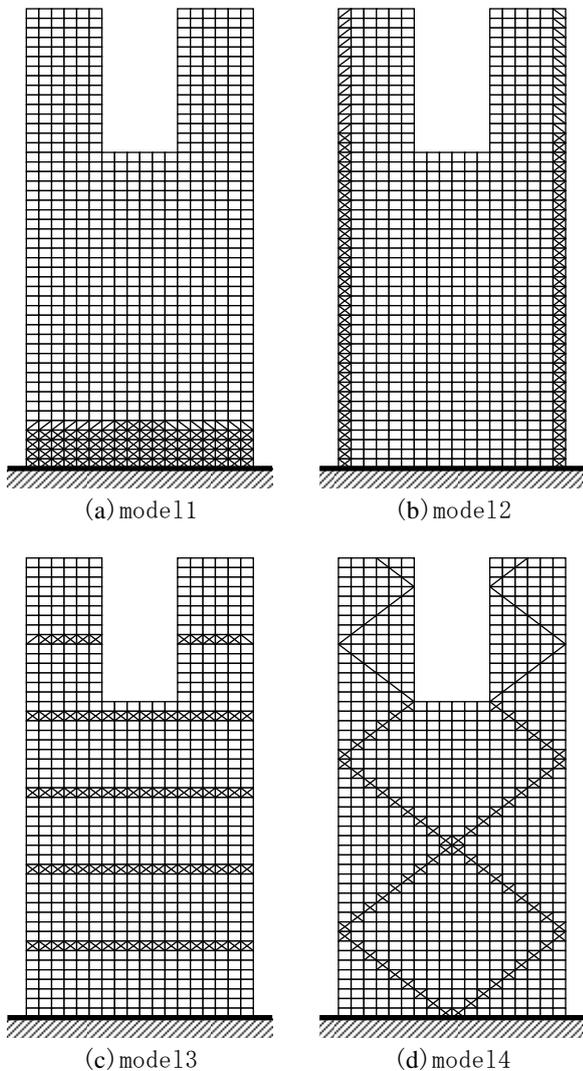
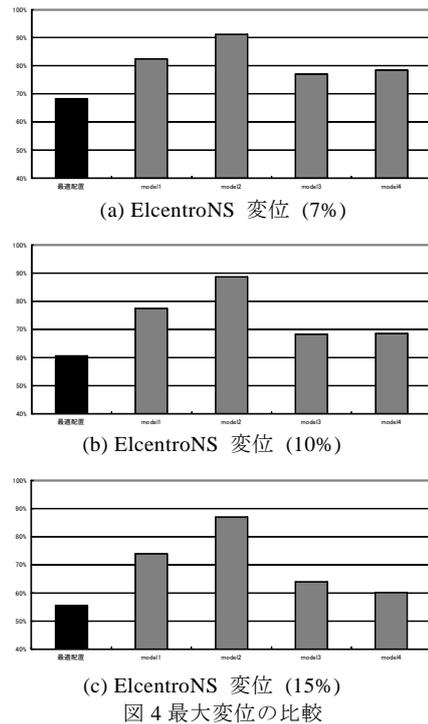


図 3 比較モデル

図 4 より、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最大応答が 7%,10%,15% 全て最も小さくなった。他の地震波でも同様の結果が得られた。また、

減衰力は最も大きくなった。



4. まとめ

本研究では、久保、藤井らによって提案された制震構造のダンパー最適配置方法を、高層建物に対しても有効であるか検討した。実際の建物を想定し、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、減衰を比較した。

その結果、本手法のダンパー最適配置が、最大変位、最大速度は最小となった。しかし、最大加速度については、他のモデルや骨組よりも大きくなる場合があった。これは、制震装置を入れたことにより、固有周期が変化したことや、衝撃を受けた時の最初の応答にあまり差が出ないことが原因と考えられる。減衰力については、本手法のダンパー配置が最も大きくなった。このことより、本手法による制震ダンパーの配置方法は高層建物に対しても利用できることがわかった。また、ダンパー性能がどのようなものであっても有効であることがわかった。

参考文献

- 1) 加地孝敏, 皆川洋一: 遺伝的アルゴリズムを用いた制震壁の最適配置, 日本建築学会, 大会学術講演梗概集 (東北), pp.355-356, 2000.9
- 2) 浜崎宏典, 藤田聡; 改良型 GA による制震装置の適正配置の検討 (単純 GA との比較および加振実験での制震性能の確認), 日本機械学会論文集 (C 編), 68 巻, 673 号, pp.61-68, 2002.9
- 3) 藤井大地, 「建築デザインと最適構造」, 丸善, 2008
- 4) 藤井大地, 鈴木克幸, 大坪英臣, 最適化手法 CONLIN を用いた骨組の位相最適化, 日本建築学会構造系論文集, No.548, 2001.10
- 5) 藤井大地, 「Excel で解く 3 次元建築骨組解析」, 丸善, 2005