

39. ESO 法を用いた高層ビルの制振ダンパー構面配置の最適化に関する研究

1310920124 野村将貴
指導教員 藤井大地 教授

ESO 法 制振ダンパー 最適化 グランドストラクチャ

1. はじめに

近年、建物の地震に対する安全性を確保する方法として、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）を設置する制振構造が増えている。しかしながら、耐震工法に用いられる筋交や耐震壁と比較して、制振工法に用いられる制振ダンパーは一般的に高価であり、必要最小限のダンパーを適切に配置することが求められる。一般的には構造体の各層に分散的に制振ダンパーを配置する層間設置型がよく用いられている。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、制振構造の設計において、制振ダンパーの適切な配置を見つけることは容易ではない。そこで、本研究では ESO (Evolutionary Structural Optimization) 法を骨組の動的問題に応用することで、非常に簡単に制振ダンパーの最適配置を求めることができる方法を提案し、手法の有効性を検討する。

2. ESO 法を用いた動的解析によるダンパーの配置

本手法は、骨組構面のすべての配置可能な箇所に制振ダンパーを配置し（この初期構造をグランドストラクチャと呼ぶ）、骨組の地震応答解析によって、各制振ダンパーの累積減衰エネルギーを計算し、これが最も小さい制振ダンパーから順に目標のダンパー数になるまで除去していくという非常に単純な方法である。なお、 i 番目ダンパーの累積減衰エネルギー E_i は次式により計算される。

$$E_i = (1/2) \int_0^{t_g} (\dot{d}_i^T \rho_i c_i^0 \dot{d}_i) dt \quad (1)$$

ただし、 c_i^0 はダンパー要素の初期減衰マトリクス、 \dot{d}_i は i 番目要素の節点速度ベクトル、 t_g は解析時間である。

3. 解析例

ここでは、高層のモデルでの有効性の検討を行う。解析モデルは図 1 に示すような 30 層 6 スパンの鉄骨構造とし、部材断面の詳細は表 1 に示す。なお、ダンパーは減衰力 1000kN の粘性減衰ダンパーとし、解析に用いる長周期地震波は、十勝沖地震の苫小牧で観測された地震波 (HKD129) を用いる。

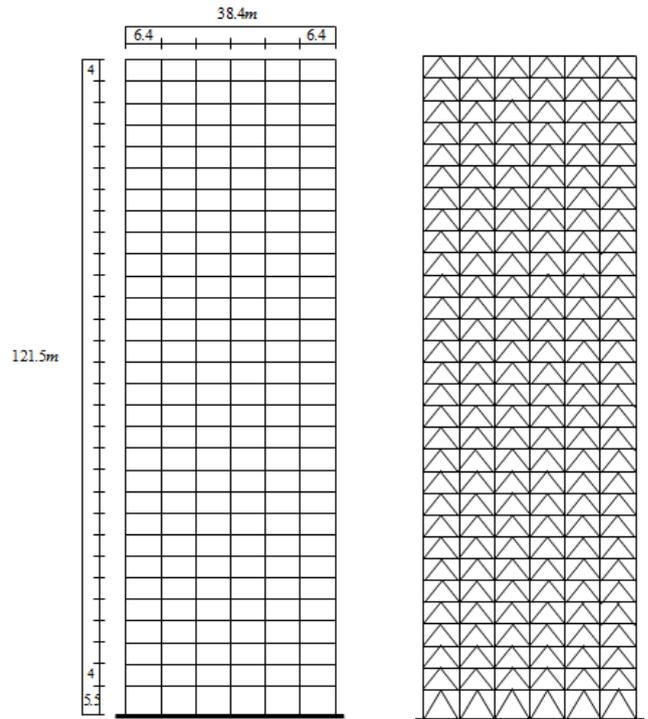
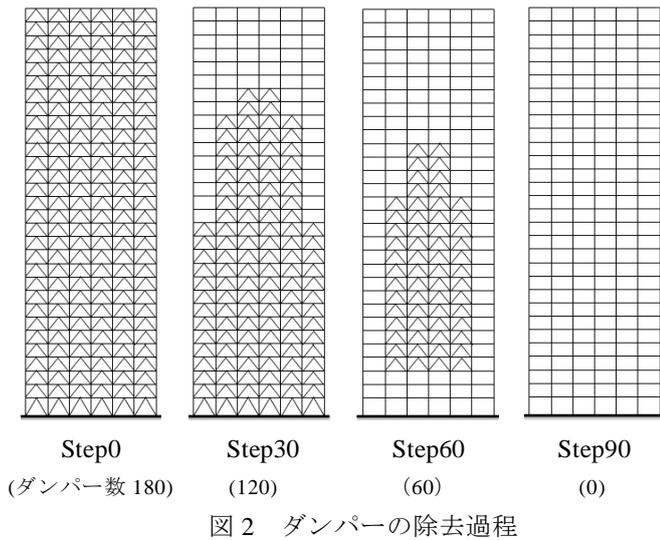


図 1 解析モデルとグランドストラクチャ

表 1 部材断面の詳細

	F	部材断面
梁	20~R	H-850×200×16×19
	14~19	H-850×250×16×19
	11~13	H-850×250×16×22
	2~10	H-850×250×16×25
柱	19~30	□-600×600×19
	16~18	□-600×600×22
	13~15	□-600×600×25
	10~12	□-600×600×28
	7~9	□-600×600×32
	4~6	□-600×600×36
	1~3	□-600×600×50

図 2 は、本手法による 30 ステップごとのダンパーの除去過程を示しており、ステップの進行に伴い、まず上層から除去され、次に下層が数層消えていき、中層部分に集中してダンパーが残るような傾向がみられた。



次に、提案手法によって得られた解が、優良な解であるかを検討するために、同じダンパー数の比較モデルを人為的に作成し、それぞれに対し地震応答解析を行い、最大応答を比較する。ここでは、Step60 のダンパー数が 60 の場合の検討を行う。提案手法と比較に用いるモデルを図 3 に示す。これらのモデルに対して時刻歴地震応答を行い、最大変位応答を比較したものを表 2 に示す。

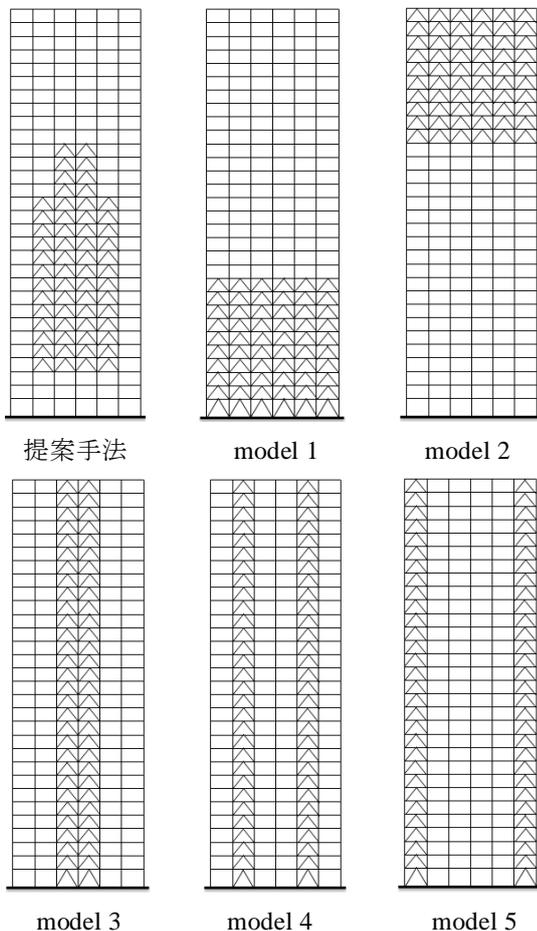


表 2 最大変位の比較

	最大変位 [m]
提案手法	1.559
model 1	1.590
model 2	1.681
model 3	1.591
model 4	1.609
model 5	1.656

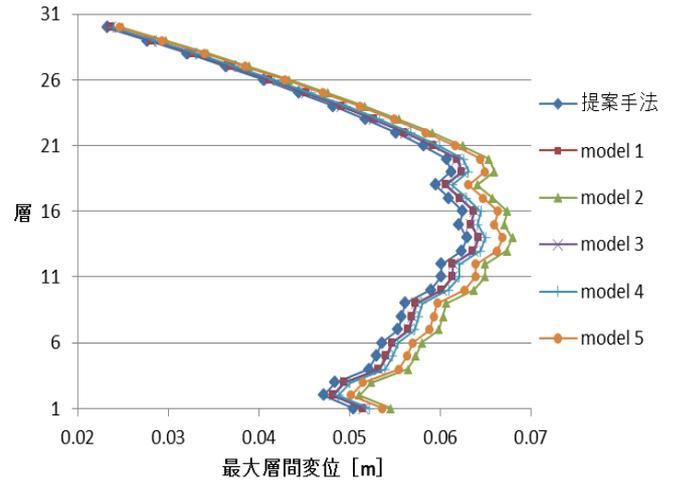


表 2 により、提案手法によるモデルが他の比較モデルと比べて、最大変位が最小になっていることが分かる。また、図 4 は図 3 の各モデルの最大層間変位を比較したものであり、提案手法によるモデルが概ね小さくなっていることが分かる。これらにより、ダンパー数が 60 の場合の優良解が得られていると裏付けられた。

4. まとめ

本研究では、ESO 法を用いたグラッドストラクチャ法によって、制振ダンパーの最適配置を求める手法を提案した。そして、本手法の有効性を検討するために、提案手法の解析により得られた解と、人為的に配置したモデルとの比較を行い、時刻歴応答における最大応答変位を比較した。その結果、本手法による解が比較モデルよりも、応答を低減できていることが分かり、本手法の有効性が確かめられた。

なお、ここには示していないが、入力地震波によって異なる解が得られることも確認された。

参考文献

- 1) Xie, Y. M., Steyen, G. P. : Evolutionary Structural Optimization, Springer, 1997
- 2) 藤井大地 : 建築デザインと最適構造, 丸善, 2008
- 3) 日本建築学会 : 長周期地震動と超高層建物の対応策, 一専門家として知っておきたいこと一