

7. ESO 法を用いた制震ダンパーの最適配置に関する研究

1210920045 藤井達也
指導教員 藤井大地 教授

ESO 法 制震ダンパー 層間変形角 最適配置 地震波

1. はじめに

大地震に対する安全性を確保する方法として、筋交や耐震壁を配置する耐震工法の他に、制震ダンパーを配置する制震工法がある。制震工法では、建物全体で地震エネルギーを吸収することになり、耐震工法に比較して、特定箇所に応力が集中しないメリットがある。また、超高層ビルの耐震改修では、建物の固有周期を変えずに変形を抑制できるため、一般にこの工法が用いられる。

しかしながら、耐震工法に用いられる筋交や耐震壁に比較して制震工法に用いられる制震ダンパーは一般に高価であり、配置箇所を最小にする等の工夫をしないと、耐震工法に比べてコストがかかる。一方、このような制震ダンパー配置には連層配置、市松配置、下層集中配置など様々なものがあるが、制震ダンパーは建物の動的な応答に対して働くため、どのような配置計画が適しているかは、熟練の構造設計者でも判断が難しい。

そこで、本研究では、主に連続体の進化的最適化手法として発展してきている ESO (Evolutionary Structural Optimization) 法¹⁾を骨組の動的問題に応用することで、非常に簡単に制震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、基本的な数値解析例により、提案手法の有効性を検討する。

2. ESO 法を用いたグランドストラクチャ法

本手法は、骨組構面のすべての配置可能な箇所に制震ダンパーを配置し（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、各制震ダンパーの累積エネルギー吸収量を計算し、これが最も小さい制震ダンパーから順に除去していく非常に単純な方法である。本論文では、まずは基本特性を把握するため、制震ダンパーは粘性減衰ダンパーとし、骨組部材はすべて弾性状態を保つものとする。また、地震応答解析には、平均加速度法を用いる。

3. 解析例

図 1 は、本手法の有効性を検討するため、文献 2) の例題をもとに作成した純ラーメン鋼構造骨組構面に、制震ダンパーを配置したグランドストラクチャを示す。ただし、梁の断面積は、床スラブの影響を考慮し 10 倍として

いる。入力地震波は、設計用地震波として ElCentro NS 波、長周期地震波として 2003 年十勝沖地震の苫小牧市で観測された地震波、キラーパルス地震波として、1995 年兵庫県南部地震の兵庫県鷹取市で観測された地震波を用いる。ただし、苫小牧地震波は、加速度が非常に小さいため、振幅を 100 倍にしている。

図 2 は、以上の 3 つの地震波に対して、地震応答解析およびダンパーの除去を繰り返し行い、ダンパーが 10 本になるまで解析を進めた結果を示す。図より、ダンパーの最適配置は、地震波によって異なることがわかる。

また、図 3 は、図 2 の結果の有効性を検討するために作成した比較モデルを示す。表 2 は、図 2 と図 3 の解析モデルに対して、地震応答解析を行い、骨組の変位が最大となる時間の各層の層間変形角をまとめたものである。また、図 4 は、表 2 の数値をグラフで示したものである。表 2 より、提案手法の最大層間変形角は、3 つの地震波すべてに対して最小となっていることがわかる。また、図 4 より、図 2 の配置による層間変形角は全層で低く抑えられていることがわかる。

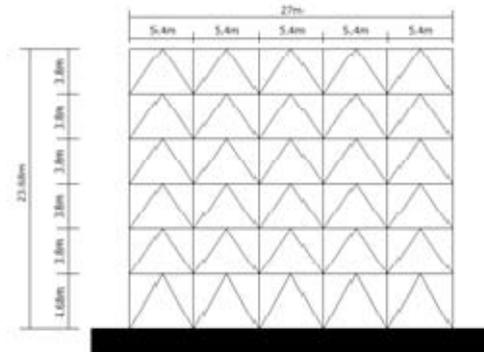


図 1 解析モデル

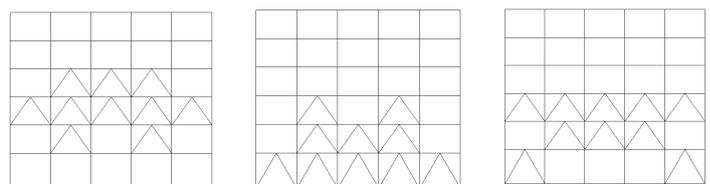


図 2 提案手法の解析結果

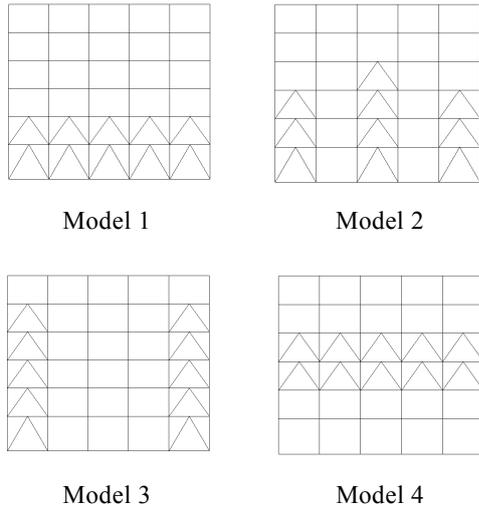


図 3 比較モデル

表 2 ダンパー配置の違いによる層間変形角の比較

	提案手法	Model1	Model2	Model3	Model4
1F	0.0053	0.0054	0.0054	0.0058	0.0055
2F	0.0059	0.0061	0.0061	0.0065	0.0062
3F	0.0065	0.0069	0.0067	0.0072	0.0067
4F	0.0063	0.0065	0.0064	0.0067	0.0064
5F	0.0052	0.0053	0.0052	0.0054	0.0053
6F	0.0033	0.0033	0.0032	0.0033	0.0033

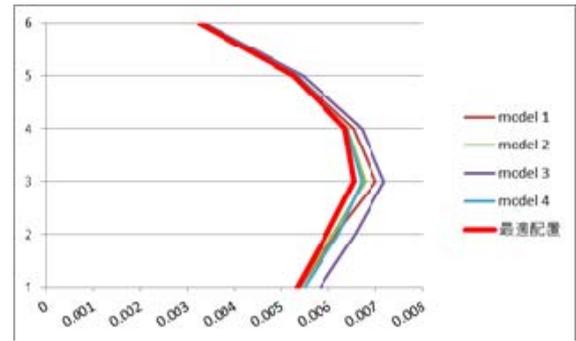
EICentro

	提案手法	Model1	Model2	Model3	Model4
1F	0.0037	0.0037	0.0039	0.0041	0.0043
2F	0.0042	0.0041	0.0043	0.0045	0.0047
3F	0.0043	0.0045	0.0042	0.0044	0.0039
4F	0.0036	0.0037	0.0034	0.0034	0.003
5F	0.0025	0.0026	0.0025	0.0024	0.0024
6F	0.0014	0.0015	0.0014	0.0015	0.0014

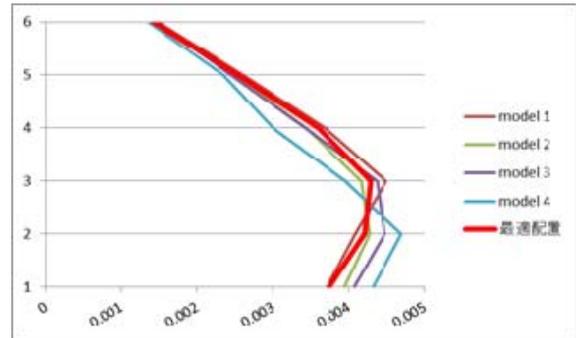
苫小牧市

	提案手法	Model1	Model2	Model3	Model4
1F	0.0137	0.0137	0.0139	0.0145	0.0142
2F	0.0158	0.016	0.016	0.0168	0.0164
3F	0.0177	0.0183	0.0181	0.0188	0.0179
4F	0.0171	0.0174	0.0172	0.0175	0.0165
5F	0.014	0.0142	0.014	0.0141	0.0139
6F	0.0085	0.0086	0.0086	0.0086	0.00853

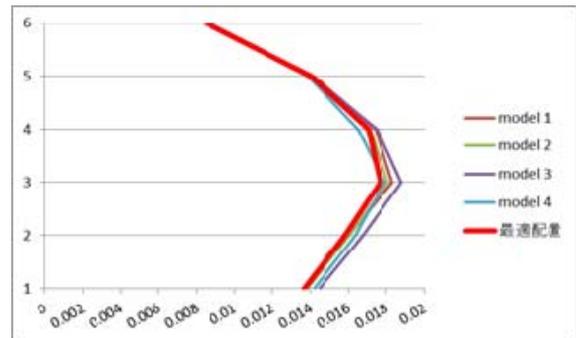
鷹取市



EICentro



苫小牧市



鷹取市

図 4 ダンパー配置の違いによる層間変形角の比較

5. まとめ

本論文では、ESO 法を骨組の動的問題に応用することで、非常に簡単に制震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、3種の典型的な地震波に対する基本的な数値解析例により、提案手法の有効性を検討した。その結果、提案手法によって得られた配置は、各地震波に対して異なる配置となり、また、人為的に配置したいいくつかの比較モデルに対して、3種すべての地震波に対して最大層間変形角が最小となり、また、全層の層間変形角も、比較モデルに比較して低く抑えられていることがわかった。

参考文献

- 1) 島津孝之(編), 中山昭夫, 高松隆夫, 森村 毅共著: 鋼構造 [第 2 版], 森北出版, 2013
- 2) Xie, Y.M., Steyen, G.P.: Evolutionary Structural Optimization, Springer, 19