

3. 多質点系モデルと ESO 法を用いた弾塑性解析を考慮した制振ダンパーの層最適配置

1410920074 原田和佳
指導教員 藤井大地 教授

ESO 法 制震ダンパー 最適配置 多質点系モデル

1. はじめに

高層ビルは固有周期が長く、通常の地震に対しては免震効果があるが、長周期地震動やキラーパルス地震動に対しては大きな応答を生じることがある。このような高層ビルに被害を及ぼす可能性のある地震に対しては、建物の固有周期を変化させずに地震エネルギーを吸収する制震ダンパーの導入が有効であると考えられる。しかし、このような制震ダンパーの各層への投入量に関しては、明確な指針が示されておらず、経験を積んだ設計者であっても設計が難しい。そこで、野村ら¹⁾は、高層ビル構面に対して、制震ダンパーの最適配置を求める方法を提案している。この方法は、すべての配置可能箇所にダンパーを配置し、時刻歴応答解析を繰り返すことで、エネルギー吸収量の少ないダンパーから順に除いていく方法で、実務設計への応用が容易な方法である。しかしながら、このような構面解析では、特に弾塑性解析においては時刻歴応答解析に膨大な計算時間がかかる。したがって、計算負荷が少ない多質点系モデルで各層の最適ダンパー投入量が把握できればより有効なツールとなりえる。そこで本研究では、文献 1)と同様の ESO 法を多質点系モデルに適用し、その有効性を検討する。

2. 解析手法の概要

高層ビルをせん断多質点系モデルとし、各層のダンパー投入量を粘性減衰係数（密度×初期粘性減衰係数）で与える。初期モデルでは、全層に均等なダンパー投入量（全層の密度を 1）を設定し、各ステップの時刻歴応答解析により、エネルギー吸収量の最も小さい層から段階的に粘性減衰係数（密度）を小さくしていく。そして、このような計算を全層の粘性減衰係数（密度）が 0 になるまで繰り返す。設計者は、以上の全ステップの結果から、最大変位や最大層間変位等の値から、適当なステップの解を選択することになる。

3. 解析例

以上の手法の有効性を検討するために、巨大地震として東北地方太平洋沖地震における宮城県地震波（MYG013）と長周期地震動として十勝沖地震における苫小牧地震波（HKD129）の 2 種について解析を行う。

まず、弾性解析における有効性を確かめるために、構面解析¹⁾との比較を行う。図 1 は、多質点系モデルと構面モデルで、ESO 法による除去過程を比較したものである。ただし、多質点系モデルの密度は 1(赤),2/3(水色),1/3(緑),0(白)と 3 段階で変化するものとし、地震の最大加速度は 100gal に設定している。図より、多質点系モデルと構面解析の結果には、同様の傾向が見られることがわかる。

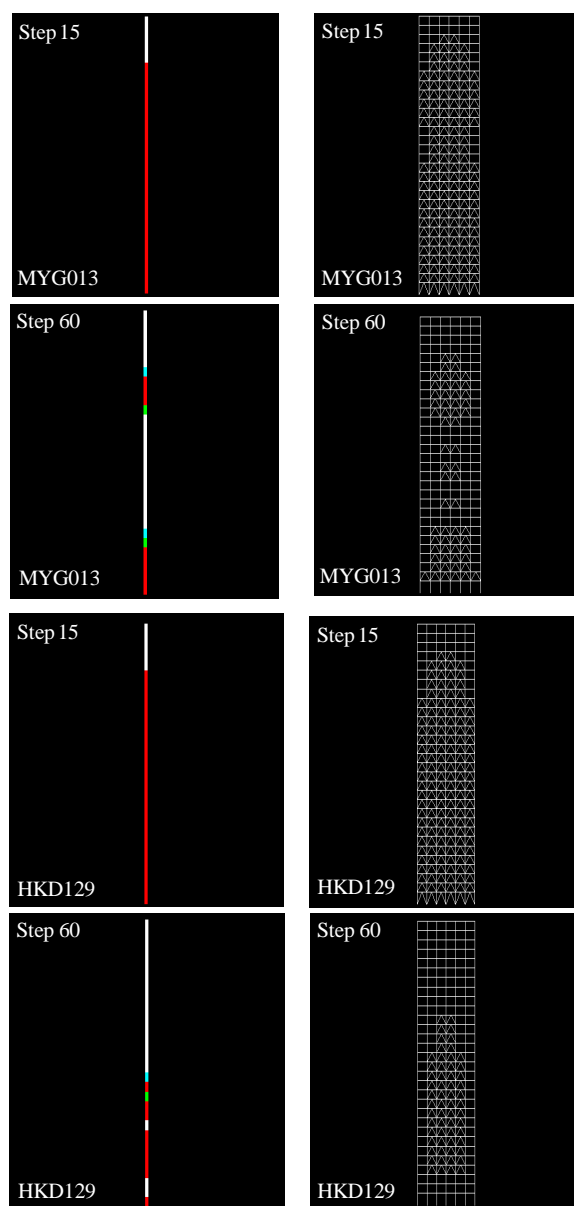


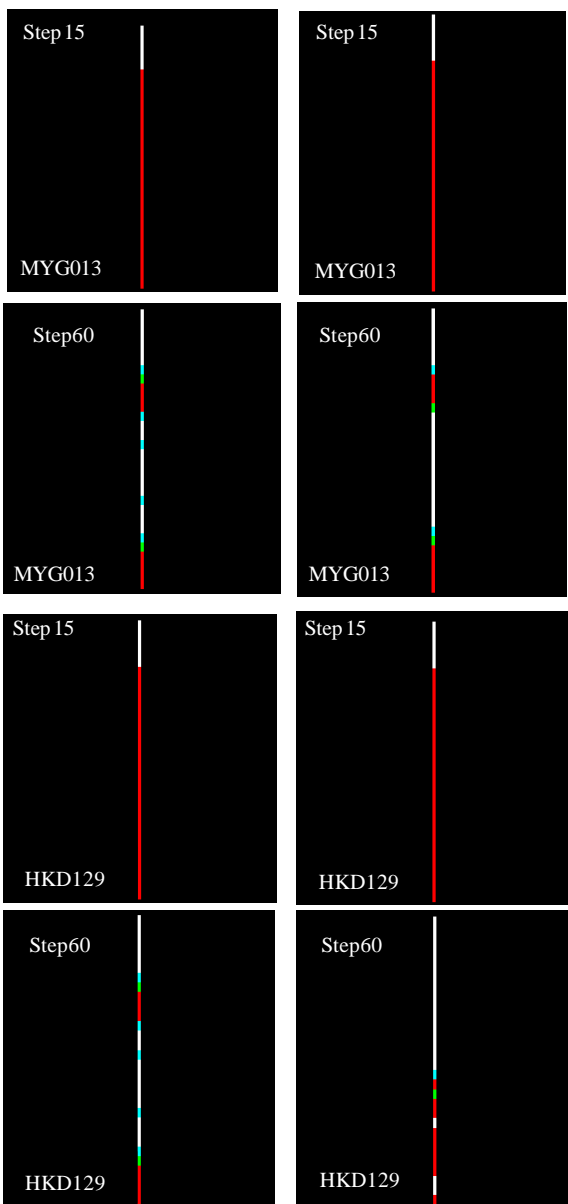
図 1 ダンパー除去過程の比較 (Max Acc.= 100gal)

Optimal placement of damping dampers for building structure using multi-mass system model and ESO method.

HARADA Waka

次に、弾塑性解析における有効性を検討するために、弾性解析と弾塑性解析の比較を行う。図 2 は、弾性解析と弾塑性解析の除去過程を比較したものである。ただし、密度は 3 段階で変化するものとし、弾塑性解析における地震の最大加速度は 400gal に設定している。図より、弾性解析と弾塑性解析では多少異なる除去過程となることがわかる。

図 3 は、各除去ステップにおける弾性解析と弾塑性解析における最大層間変位を示した図である。図より、どちらの地震波に対しても、弾塑性解析の場合 1 層、9 層、22 層付近で大きな層間変位を生じていることがわかる。このために弾塑性解析では、これらの層付近のダンパーが最後まで残っていると考えられる。



弾塑性解析 弾性解析
 図 2 弾性解析と弾塑性解析の除去過程の比較

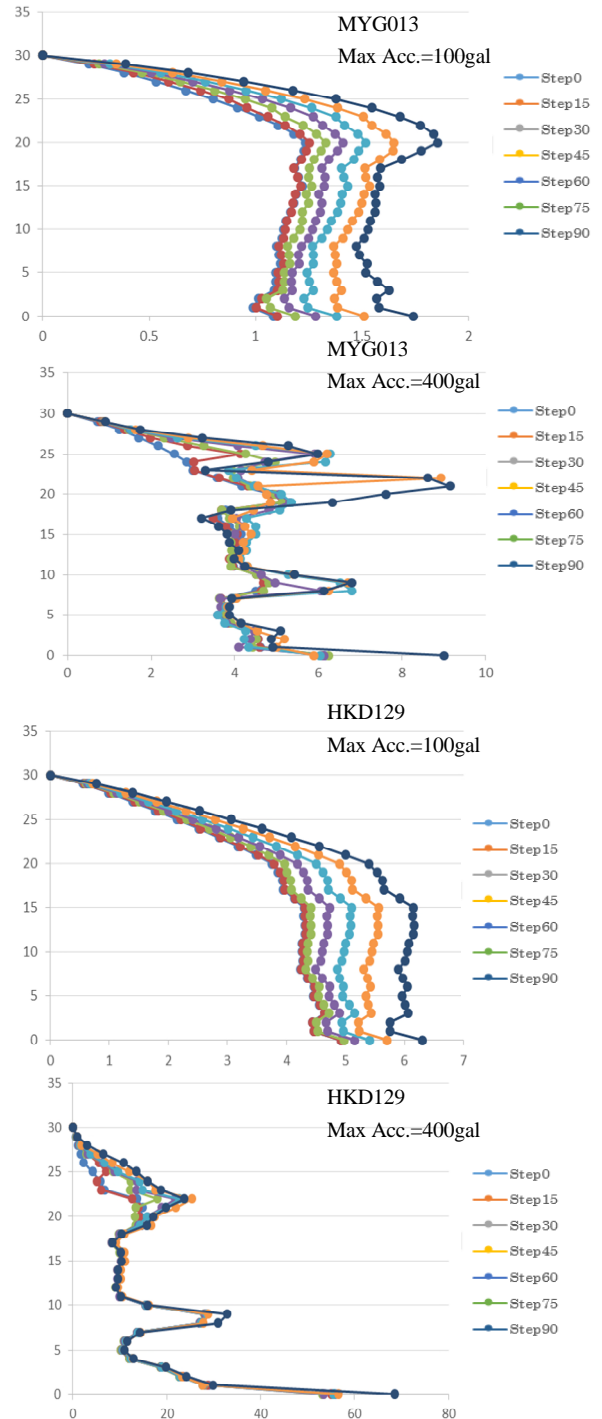


図 3 各ステップの最大層間変位

4. まとめ

本論文では、多質点系モデルで各層の制震ダンパーの最適投入量を ESO 法によって求める方法を提案し、弾性解析、弾塑性解析の双方で有効であることを検証した。

参考文献

- 1) 野村将貴, 松本慎也, 崎野良比呂, 藤井大地 : ESO 法を用いた高層ビルの制震ダンパーの構面配置の最適化, 日本建築学会構造系論文集, Vol.82, No.742, 2017.12