

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	複層ダブルレイヤー配置のオイルダンパーによる制振設計 その1 設計法の提案
Title(English)	Passive control design using oil dampers arranged in multi-story double layer (Part 1: Proposal of design method)
著者(和文)	上野史也, 渡井一樹, 佐藤大樹, 笠井和彦, 佐分利和宏, 前田達彦, 増田寛之, 濱田明俊
Authors(English)	Fumiya Ueno, Kazuki Watai, Daiki Sato, Kazuhiko Kasai, Kazuhiro Saburi, Tatsuhiko Maeda, Hiroyuki Masuda, Akitoshi Hamada
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 881-882
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 881-882
発行日 / Pub. date	2020, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

複層ダブルレイヤー配置のオイルダンパーによる制振設計
その1 設計法の提案

正会員 ○上野史也*1 同 渡井一樹*1 同 佐藤大樹*1
同 笠井和彦*1 同 佐分利和宏*2 同 前田達彦*2
同 増田寛之*2 同 濱田明俊*2

制振構造 オイルダンパー 設計法
複層ダブルレイヤー配置 2層跨ぎダンパー 大振幅地震動

1 はじめに

近年、想定を上回る大振幅地震動の発生が予測されている。その対策として、筆者らは、各層でダンパー量の上限值がある場合でも、十分な制振効果を発揮できる単層配置(図1(a))の設計法を提案した²⁾。また、少ないダンパー量でより高い制振効果が期待できる複層ダブルレイヤー配置(図1(b))をもつ制振構造の解析検討を行い、その制振構造の減衰特性はモードひずみエネルギー法で概ね評価できることを示した³⁾。そこで本報では、複層ダブルレイヤー配置の設計法とその設計例を示す。

本報その1では文献4)のトリムモデル20層、10層および4層のせん断モデルを対象に複層ダブルレイヤー配置のオイルダンパーによる制振設計を行う。

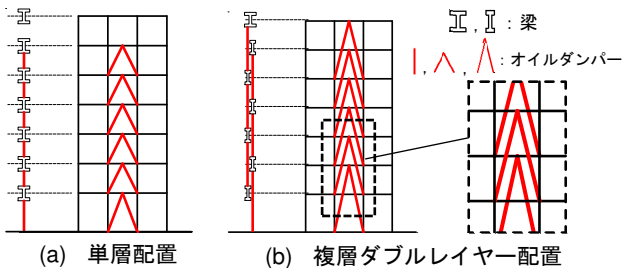


図1 ダンパー配置の概念図

2 解析概要

図2に検討対象建物モデルの概要として固有周期、総重量および刺激関数を、図3に検討対象地震動の疑似速度応答スペクトル $p_s S_v$ を示す。その他のそれぞれの建物モデルの詳細は文献4)を確認されたい。なお、検討地震動はある設計地の地盤増幅を考慮した地震動である²⁾。

	固有周期(s)			総重量(kN)
	1次	2次	3次	
20層モデル	3.71	1.41	0.86	140786
10層モデル	2.01	0.76	0.46	67777
4層モデル	1.43	0.51	0.31	16016

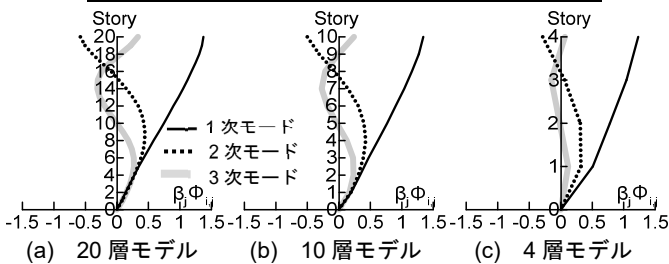


図2 検討対象建物モデル概要

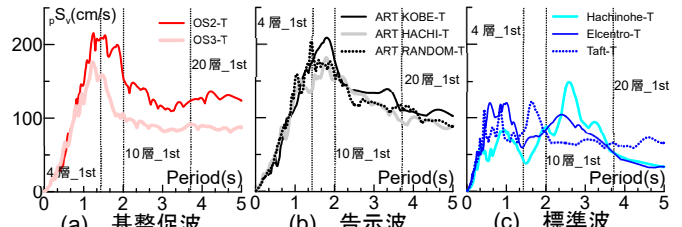


図3 検討対象地震動の疑似速度応答スペクトル (減衰定数: 5%)

3 ダンパー配置の作成

3.1 1質点系の必要ダンパー量の算定

笠井らのオイルダンパーによる制振設計法では、建物の構成要素と制振性能を関連付ける性能曲線により1次損失剛性比 K_d^*/K_f を算定し、多質点系へ分配する。一方、等価支持材変形比 λ は粘性要素の変形のしにくさを表す指標であり、次式で表される。

$$\lambda = \frac{K_d^*}{K_b^*} = \frac{K_d^* \cdot (K_b + K_d)}{K_b \cdot K_d} \quad (1)$$

ここに、 K_d^* は粘性要素の損失剛性、 K_b^* は等価支持材剛性、 K_b は取り付け部材剛性、 K_d はダンパー内部剛性を表す。複層ダブルレイヤー配置を採用する場合、単層配置に比べてダンパーの装置長さ l や取り付け角度 θ が大きくなるため K_b^* が非常に小さな値になり、結果として λ が著しく増大する場合がある。そのため、本検討では K_d^*/K_f 算定の際に、取り付け部材剛性比 K_b/K_f ではなく λ を指定できる性能曲線を新たに作成し、それを使用

	K_d^*/K_f		S_d (cm)	θ_{max} (rad)	ρ	μ_d	β
	単層	複層					
20層モデル	0.294	0.385	104	1/100	0.02	2.0	4.5
10層モデル	0.743	0.863	75				
4層モデル	5.144	5.467	83				

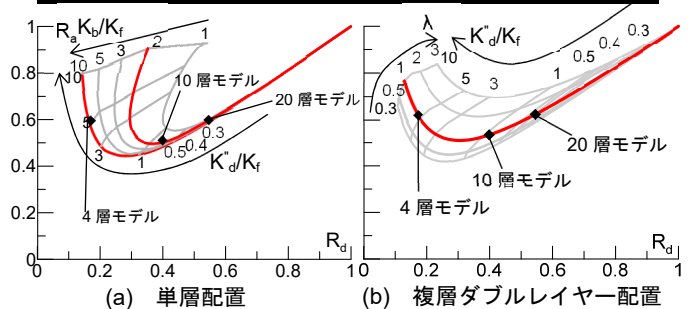


図4 性能曲線による1質点系必要ダンパー量算定

Passive control design using oil dampers arranged in multi-story double layer (Part 1: Proposal of design method)

UENO Fumiya, WATAI Kazuki, SATO Daiki
KASAI Kazuhiko, SABURI Kazuhiro, MAEDA Tatsuhiko
MASUDA Hiroyuki, HAMADA Akitoshi

する。なお、比較対象として設計する単層配置は、従来の K_b/K_f を指定する性能曲線を使用した。図 4 に性能曲線によるそれぞれのダンパー配置の K_d''/K_f 算定を示す。本検討では、複層ダブルレイヤー配置では $\lambda=1.0$ 、単層配置では $K_b/K_f=2.0$ or 5.0 としてダンパー量を算定している。なお、変位応答スペクトル S_d 、目標層間変形角 θ_{max} 、2 次粘性比 p 、リリース率 μ_d およびダンパー内部剛性比 β は併記する表の通りである。

3.2 多質点系への分配

複層ダブルレイヤー配置について、文献 5) で示されている拘束条件を拡張し、以下の拘束条件により算定された K_d''/K_f を多質点系に分配する。

a) 1 質点系と多質点系の等価減衰定数が一致する。

$$\frac{\pi K_{dL}'' u_{dL,max}^2 / (1 + \lambda_L^2)}{2\pi (K_f + K_{dL}') u_{dL,max}^2} = \frac{\pi \sum_D \{K_{dLi}'' (h_i + h_{i+1})^2 \theta^2 / (1 + \lambda_L^2)\}}{2\pi \sum_{i=1}^N (K_{fi} h_i^2 \theta^2) + \sum_D \{K_{dLi}' (h_i + h_{i+1})^2 \theta^2\}} \quad (2)$$

b) 層の抵抗力が層せん断力と一致する。

$$Q_i = \theta \cdot \{K_{fi} h_i + K_{dLi}' (h_i + h_{i+1}) + K_{dLi-1}' (h_{i-1} + h_i)\} \quad (3)$$

ここに、 K_d'' は 1 質点系のダンパー量、 u_d は 1 質点系の粘性要素変形、 K_f は層剛性、 K_d' は 1 質点系の付加系貯蔵剛性、 \sum_D の D はダンパーを設置する層の総数、 h_i は階高、 θ は層間変形角、 Q_i は層せん断力である。なお、等価リニアシステムの変数には添え字 L を、最大値には添え字 max を使用している。また、 i は層番号を、 N は最上層を表す。上記拘束条件に加え、第 1 層のダンパー量 K_{d1}'' を任意指定ダンパーとして与えることで次式を得る。

$$K_{d1}'' = \frac{Q_1}{B(h_1 + h_{i+1})} \left\{ A \cdot A + \frac{K_{d1}''}{K_f} \cdot \sum_{i=1}^N (K_{fi} h_i^2) - K_{d1}'' \cdot (h_1 + h_2) \right\} - \frac{1}{h_i + h_{i+1}} \left\{ A \cdot K_{fi} h_i + K_{dLi-1}' \cdot (h_{i-1} + h_i) \right\} \quad (4)$$

A 、 A および B は次式で算出される。

$$A = \lambda + \frac{1}{\lambda \{f(p, \mu_d)\}^2}$$

$$A = \sum_{i=2}^{N-1} (K_{fi} h_i) + \sum_{i=2}^{N-1} \{(-1)^{j(i)} K_{fi} h_i h_N\}$$

$$B = \sum_{i=2}^{N-1} (Q_i h_i) + \sum_{i=2}^{N-1} \{(-1)^{j(i)} Q_i h_N\} \quad (5a,b,c)$$

ここに、 $j(i)$ は総層数 N が偶数のとき $j(i) = i+1$ 、奇数のとき $j(i) = i$ となる。なお、 $f(p, \mu_d)$ は等価線形化に係る関数である⁵⁾。式(4)を用いる場合、まず、 $K_{d1}''=0$ として各層の K_{di}'' を算定する。その後、次式を用いて較正した K_{di}'' を最終的なダンパー量分布とする。

$$\text{minimize } f = \sum_D |K_{di}'' - K_{d(i-1)}''| \quad (6)$$

図 5 に提案手法を用いた複層ダブルレイヤー配置の K_{di}''

分布を示し、比較対象として文献 2) の手法で分配された単層配置の K_{di}'' 分布を併記する。なお、式(4)中の Q_i は非制振時に検討対象地震動を入力したときの最大層せん断力 $Q_{i,max}$ の包絡値 (応答解析結果包絡値²⁾) を使用した。20 層と 10 層モデルについて、複層ダブルレイヤー配置のダンパー量の総和は単層配置に比べて約 0.5 倍となった。

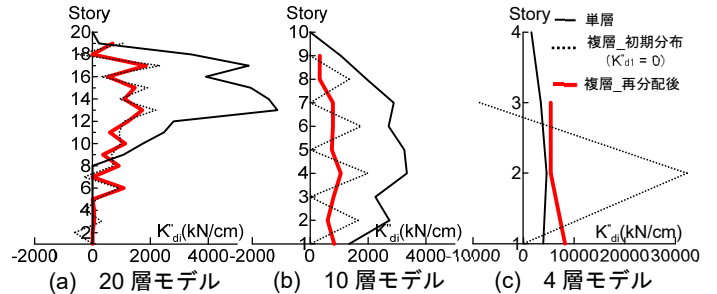


図 5 ダンパー量分布

4 提案手法の精度検証

本報での応答解析結果包絡値は、すべての建物モデルで、ART RANDOM-T 入力時の $Q_{i,max}$ となった。提案手法の精度検証として、図 6 にそれぞれのダンパー配置に ART RANDOM-T を入力したときの最大層間変形角 $R_{i,max}$ を示す。いずれの複層ダブルレイヤー配置もダンパー量が少ないにもかかわらず単層配置と同等の変形制御効果を発揮することがわかる。

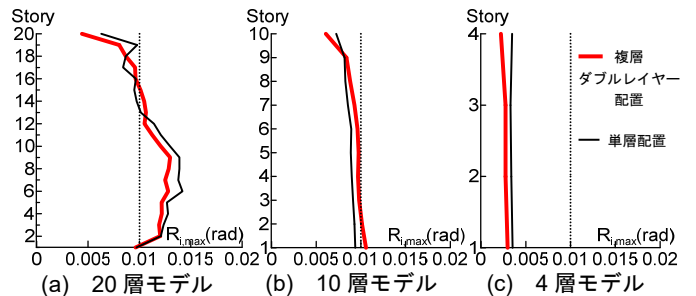


図 6 最大層間変形角 (入力地震動: ARRANDOM-T)

5 まとめ

本報その 1 では、複層ダブルレイヤー配置のオイルダンパーによる制振設計法を示し、その精度を 4 層、10 層および 20 層のせん断モデルで確認した。

謝辞

本研究は東京工業大学と竹中工務店の共同研究であり、一部は JST 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラムによるものです。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築学会：大振幅地震動と建築物の耐震性評価—巨大海溝型地震・内陸地震に備えて、2013.10
- 2) 上野史也ほか：オイルダンパーと変形制御機構を併用した大振幅地震動に対する既存超高層建物の制振改修設計法、構造工学論文集 vol.66B, pp.353-365, 2020.03
- 3) 上野史也ほか：複層ダブルレイヤー配置のオイルダンパーをもつ制振構造の解析検討、日本建築学会大会関東支部研究報告集, pp.481-484, 2020.03
- 4) 日本免震構造協会 (JSSI)：パッシブ制振構造設計・施工マニュアル 第 1 版, 2003.10, 第 2 版, 2005.09, 第 3 版, 2013.11
- 5) 笠井和彦ほか：オイルダンパーの等価剛性調節による制振構造の応答制御手法、日本建築学会構造系論文集, Vol.73, No.630, pp.1281-1288, 2008.08

*1 東京工業大学

*2 竹中工務店

*1 Tokyo Institute of Technology

*2 Takenaka Corporation