

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	オイルダンパーの設置率が超高層制振建物の設計精度に及ぼす影響
Title(English)	Effect of oil damper installation rate on design accuracy of highrise passive control buildings
著者(和文)	満田悠斗, 佐藤大樹, 渡井一樹, 笠井和彦
Authors(English)	Yuto Mitsuta, Daiki Sato, Kazuki Watai, Kazuhiko Kasai
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造II, , pp. 601-602
Citation(English)	, 構造II, , pp. 601-602
発行日 / Pub. date	2024, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

オイルダンパーの設置率が超高層制振建物の設計精度に及ぼす影響

制振構造 オイルダンパー 超高層建物

正会員 ○満田悠斗*¹ 同 佐藤大樹*¹
同 渡井一樹*² 同 笠井和彦*¹

1. はじめに

近年、これまでの設計レベルを大きく上回る地震動¹⁾の発生が予測されており、その対策の1つとして、オイルダンパーを用いた制振設計が挙げられるが、対象となる建物によっては、建築計画上、層間変形角を目標値に収めるために必要なダンパー量を設置できない場合がある。上野・渡井らは、笠井らが提案したオイルダンパーの層剛性非比例分配法²⁾に、設置できるダンパー量の上限値を制約条件として導入した設計手法を提案した³⁾。本論文は、この設計手法の高度化を試みるものである。文献3)で用いられていた37層建て鋼構造建物³⁾に、20階建て鋼構造建物⁴⁾も加え、より包括的な検討を行い、一質点系で求めた必要ダンパー量を上記の制約条件のもと多質点系に分配した場合の設計精度に関してより詳細な検討を行う。

2. 建物モデルおよび入力地震動概要

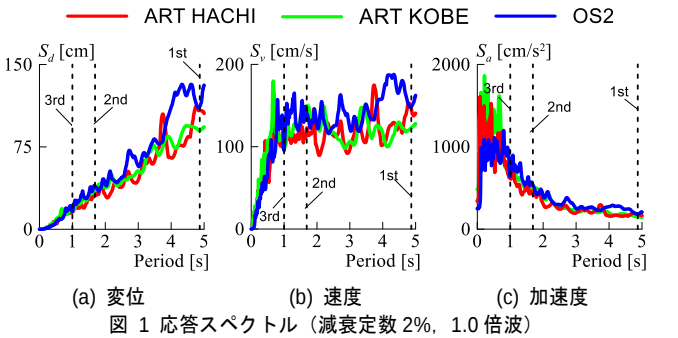
2.1 非制振モデル概要

本報では、検討対象建物モデルとしていた37階建ておよび20階建ての鋼構造建物（以降、37層モデル、20層モデルと呼ぶ）を用いる。本報では、ダンパーが設置されていない建物モデルを非制振モデルと呼ぶこととする。以下にそれぞれの非制振モデルの概要を記す。37層モデル、20層モデルのどちらも、長辺方向をX方向、短辺方向をY方向としており、X方向を検討対象とする。37層モデルは、建物高さ146.1mで、平面プランは各階同一の片コア形式である。Y3構面のX4~X7スパンの高さ方向のみにダンパーが設置可能であると仮定し、X方向の固有周期は、1次4.87s、2次1.69s、3次1.00sである。次に、20層モデルは、建物高さ82mで、事務所ビルである。Y2、Y3構面のX4~X6スパンの高さ方向のみにダンパーが設置可能であると仮定し、X方向の固有周期は、1次2.46sである。初期減衰定数 h_0 は、主架構の1次固有周期 T_f に対して $h_0=2\%$ となる剛性比例型とする。

2.2 入力地震動概要

本報では、コーナー周期0.64s以降で減衰定数5%における擬似速度応答スペクトル ρS_v が80cm/sで一定となる告示波ART HACHI（位相特性：HACHINOHE 1968 EW）、ART KOBE（位相特性：JMAKOBÉ 1995 NS）および大阪地方の基盤促波であるOS2¹⁾の3種類の地震動で検討を行う。ここで、3章で設計・解析を行う際に、37層モデルには1.0倍波、20層モデルには1.5倍波を用いる。20層モデルで1.5倍波を使用した理由としては、第3章で制振設計

を行う際に、1.0倍波の場合、変位応答スペクトル値 S_d が目標とする変位よりも小さい値がでてきてしまい、制振設計ができないためである。図1に1.0倍波における各地震動の応答スペクトルを示す。図1中の破線は、37層モデルの固有周期を示す。なお、解析は構造計算プログラムのRESP-Dを用いて行い、積分時間間隔は0.001秒で出力間隔は0.01秒で行う。また、本報では主架構弾性で解析を行う。



3. 制振設計及びダンパー設置率の変更

3.1 設計時に必要なパラメータ

本論文において、制振設計は文献5)で示した逆算した α 値を用いて、文献3)で提案された制振設計手法に基づいて行う。表1に、非制振37層モデルおよび20層モデルにおける変位応答スペクトル（図1）の値を示す。目標層間変形角 $\theta_{max}=1/125, 1/150$ radの2種類で、リリーフ率 $\mu_d=2.0$ 、取付け部材剛性比 $K_b/K_f=2.0$ として制振設計を行う。また、設置上限ダンパー量 $K_{di,max}$ については、各層に2000 kN級のオイルダンパーを、37層モデルの場合は6基、20層モデルの場合は8基としたときの K_{di} とする。加えて、理論的に求めた必要諸元を満たすように製品（ダンパー）を選択する際は、ダンパーのリリーフ荷重 F_{dyi} が要求値 F'_{dyi} を用いて以下の範囲内になるように選定する。

$$0.8F'_{dyi} \leq F_{dyi} \leq 1.2F'_{dyi}$$

(1)

表1 非制振時の応答		
建物モデル	設計用地震動	変位応答スペクトル [cm]
37 層モデル	ART HACHI	94.25
	ART KOBE	94.17
	OS2	133.52
20 層モデル	ART HACHI	63.95
	ART KOBE	63.14
	OS2	72.90

3.2 ダンパー設置率の異なるモデルの作成

本節では、前節で示したパラメータを用いて制振設計を行う。図 2 に、作成した制振モデルのうち、37 層モデルのものを示す。また、作成した制振モデルに設計用地震動を入力し、時刻歴応答解析を行い、解析結果より目標値を満たすかどうかを確認する。ここで、目標値を満たすかどうかの評価基準として、文献 2)を参考に、解析結果から得た最大層間変形角と目標層間変形角の比（解析値/目標値）を全層での平均値（式(2)）を算出する。

$$\frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\theta_{i,max}}{\theta_{max}} \right)}{N} \quad (2)$$

これらのモデルに加えて、本報では、一質点系に対する多質点系の 1 次損失剛性比 $(\sum K_d'' \cdot h^2 / \sum K_f \cdot h^2) / (K_d'' / K_f)$ (h は階高を表す) (以降、ダンパー設置率と呼ぶ) がどの程度まで小さくなくても目標値を満たすのか明らかにするために、先ほど作成した制振モデルのうち $\theta_{max} = 1/150 \text{ rad}$ のモデル（設計用地震動を ART KOBE とし、モデルにおいては $\theta_{max} = 1/125 \text{ rad}$ のモデル）において、ダンパーの設置数を減らしたモデルも 3 個ずつ作成する。この方法により、多質点系の 1 次損失剛性比が小さくなるため、ダンパー設置率の値が小さくなったモデルを作成することが可能となる。さらに、37 層モデルのうち、設計用地震動 ART HACHI および ART KOBE のモデル（図 2 中の(a), (b), (d), (e)のモデル）において、ダンパーの設置数を増やし、ダンパー設置率を 1 より大きくしたモデルも 2 個ずつ作成する。

4. ダンパー設置率と設計精度の関係

本章では、前章で作成した制振モデルに設計用地震動を入力し、得られた解析結果を用いて、ダンパー設置率と設計精度の関係について分析する。図 4 に、ダンパー設置率を横軸に、目標層間変形角 θ_{max} に対する最大層間変形角の全層での平均値を縦軸にとったグラフを示す。図 4 より、ダンパー設置率と平均値には、負の相関があることが分かり、建物モデルや設計用地震動、定数 α に関係なく、概ね一直線上になることが分かる。また、ダンパー設置率と目標層間変形角に対する最大層間変形角の全層での平均値の関係より、ダンパー設置率の値が概ね 0.85 以上になれば、目標値を満たすことが分かる。

5. まとめ

本報では、様々な設計パラメータを用いて、ダンパー設置率の異なる制振モデルを作成し、時刻歴応答解析結果より、ダンパー設置率と設計精度の関係を分析した。ダンパー設置率と目標層間変形角に対する最大層間変形角の全層での平均値の関係より、ダンパー設置率の値が概ね 0.85 以上になれば、目標値を満たすことを示した。

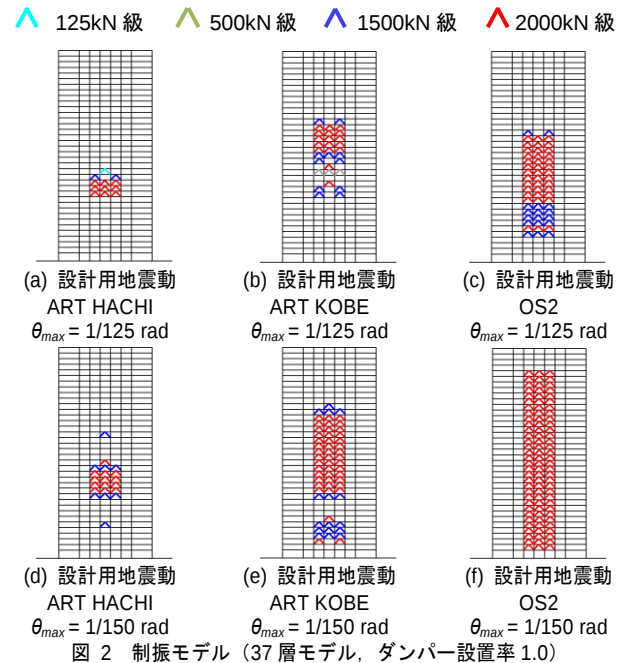


図 2 制振モデル (37 層モデル, ダンパー設置率 1.0)

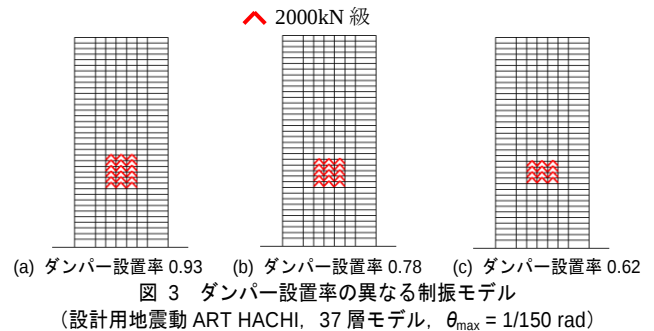


図 3 ダンパー設置率の異なる制振モデル

(設計用地震動 ART HACHI, 37 層モデル, $\theta_{max} = 1/150 \text{ rad}$)

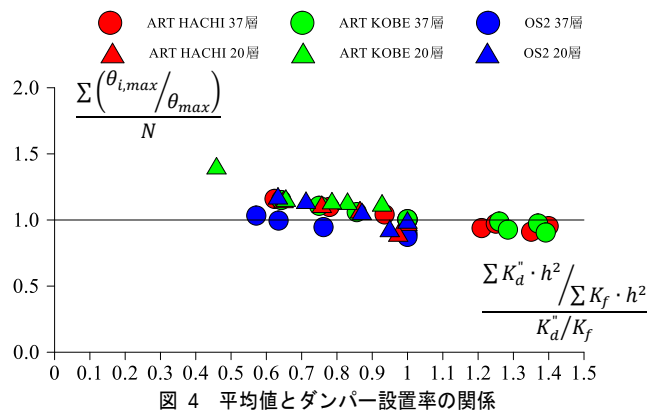


図 4 平均値とダンパー設置率の関係

参考文献

- 国土交通省：超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動対策について（技術的助言），2016.06
- 笠井和彦，伊藤浩資，小椋崇之：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
- 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：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
- 日本建築学会：鋼構造制振設計指針第 1 版，2014.11
- 満田悠斗，佐藤大樹，笠井和彦，渡井一樹，Alex Shegay：オイルダンパーの設置上限を考慮した超高層制振建物の設計手法の検討，第 16 回日本地震工学シンポジウム論文集，G403-05，2023.11

*1 東京工業大学

*2 竹中工務店

*1 Tokyo Institute of Technology

*2 Takenaka corporation