

間柱型ダンパーを用いた制震構造設計法に関する研究

その1 設計法の概要

Study on Seismic Response Control Structure Design Method Using Stud-Type Damper

Part 1 Overview of Design Methods

○寺岡大輝¹, 塩見義弘², 北嶋圭二³

*Daiki Teraoka¹, Yoshihiro Shiomi², Keiji Kitajima³

Abstract: The response control design method using Stud-type dampers requires an evaluation of the deformation effects on the beams and the stud where the dampers are installed. Currently, it cannot be said that this design method is sufficiently established. Therefore, this study aims to develop a response control design method for Stud-type dampers using an equivalent linearization approach, and we will outline the proposed design method.

1. はじめに

近年、大地震後の建物を継続的に使用するために、新築建物や既存建物に対して高い耐震性能が求められている。そのため、建物に入力される地震エネルギーを減衰部材で吸収する制震構造が普及し、実用化されており、制震構造設計法には、より合理的で実用的な等価線形化法による設計法が用いられている。また、制震部材の取付け方法は様々であり、ブレース型ダンパー(Fig.1)は節点間に取り付くため、層間変位をほぼ直接ダンパーに伝達でき、制震効果が高いが、開口部を塞いでしまうというデメリットがある。それに対し、間柱型ダンパー(Fig.2)は開口部を塞ぐことなく設置できるが、梁に間柱を介して設置するため、梁と間柱の変形の影響からダンパー変位が小さくなる。そのため、間柱型ダンパーを用いた制震構造設計法は、間柱型ダンパーが取り付く梁や取付部材である間柱の変形の影響を評価する必要がある、現在その設計法が十分に確立されているとはいえない状況である。

そこで本研究では、等価線形化法による間柱型ダンパーの制震構造設計法を構築することを目的とする。本報(その1)では、提案する制震構造設計法の概要について述べる。

2. 設計法の概要

間柱型ダンパーを用いた制震構造設計法の設計手順を Fig.3 に示す。主な手順は以下のとおりである。

- ①検討対象建物の主架構の静的増分解析を実施し、建物の強度と変形性能を評価する。
- ②その結果を 1 自由度系に縮約して主架構の構造特性曲線を評価する。
- ③目標変位時周期の 1 質点弾性応答解析結果(設計用応答スペクトル)から、検討対象建物の応答変位を目標変位以下に抑えるための必要減衰性能 h と必要付加減衰量 h_d を算定する。
- ④ 1 自由度系における必要付加減衰量を得るための制震ダンパー必要量(Q_d/Q)と検討対象建物の必要ベースシア係数 ${}_RC_B$ を算定する。

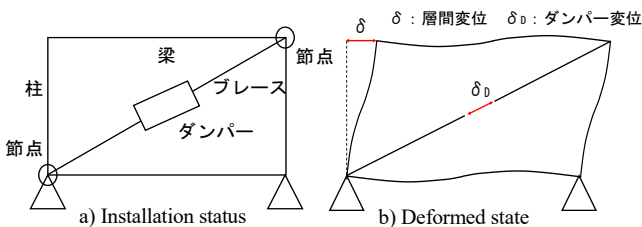


Fig.1 Conceptual diagram of brace type damper

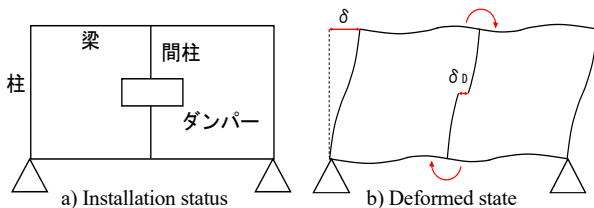


Fig.2 Conceptual drawing of stud-type damper

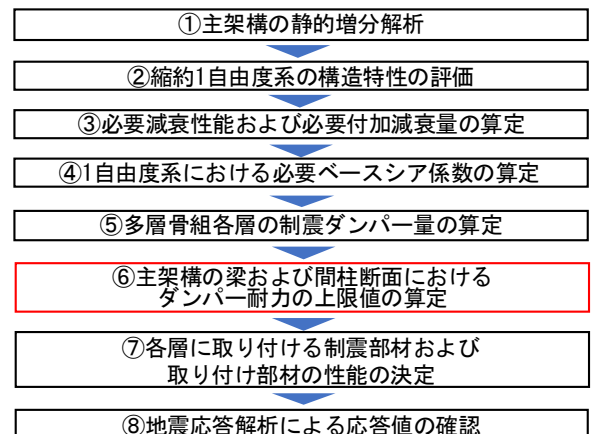


Fig.3 Design procedure of seismic damping structure design method Stud - type dampers

1 : 日大理工・院(前)・海建、2 : 日大理工・学部・海建、3 : 日大理工・教員・海建

- ⑤検討対象建物の必要ベースシア係数 R_{CB} に基づき、建物の応答層間変形角が各層で一様になるように配慮して、各層の制震ダンパー量 Q_{di} を算定する。
 - ⑥間柱型ダンパーが取り付く梁と間柱の変形を考慮して、ダンパー塑性率を満たすダンパー耐力の上限値 Q_d^L を算定する。
 - ⑦各層の設置本数より1基当たりのダンパー耐力を決定し、⑥にて算定した上限値 Q_d^L より小さいことを確認する。上限値 Q_d^L より大きい場合は、間柱断面または、梁断面を変更し、上限値 Q_d^L を修正する。
 - ⑧地震応答解析を実施し、検討対象建物の応答値が設計クライテリアを満足していることを確認する。
- 以上の手順により、試行錯誤を繰り返すことなく間柱型ダンパーを用いた制震構造設計を行うことが可能となる。

3. ダンパー耐力の上限値の算定法

間柱型ダンパーの取り付く梁と間柱の変形を考慮して、設定したダンパー塑性率を満たすダンパー耐力の上限値 Q_{di}^L を式(1)より算定する。式(1)は先行研究^[1]^[2]より提案された連続梁モデルによるダンパー降伏時層間変形角 R_{dy} の算定式(式(2))を、ダンパー耐力 Q_d の式に変換した式である。式(2)は、連続梁モデルの中央節点の節点回転角とせん断変形角、間柱の曲げ・せん断変形を足し合わせて、梁と間柱の変形の影響を考慮したダンパー降伏時層間変形角を算定する式である。Fig.4 に節点の回転角と曲げモーメントの関係を示す。梁の変形によるダンパー降伏時層間変形角 R_G は式(3)より、中央節点の節点回転角 θ_2 とせん断変形によるせん断回転角 γ_G を足し合わせることで算定する。中央節点の節点回転角 θ_2 は、柱の変形の影響が小さい場合には、梁の端部に生じる回転角 θ_1, θ_3 と梁中央節点に生じる回転角 θ_2 は概ね一致することから、連続梁モデルの曲げ剛性方程式(式(4))を端部と中央の節点回転角が等しくなると仮定し、 $\theta_2 = \theta_1 = \theta_3$ とした式(5)より算定する。梁のせん断変形によるせん断変形角 γ_G は、梁に生じるせん断力 Q_G を、ダンパー耐力より求まる梁中央節点に生じる曲げモーメント M_2 より、梁端部のモーメントを $M_2/2$ と仮定して式(6)で算定する。算定時、中央節点の曲げモーメント M_2 は各階梁の上下に取り付く間柱型ダンパーのダンパー耐力 Q_d の足し合わせた値から、階高の1/2をかけて算定する。間柱の変形によるダンパー降伏時層間変形角 R_S は、式(9)より算定した間柱の曲げ変形 δ_{sm} と式(10)より算定したせん断変形 δ_{ss} を足し合わせたものを階高で除すことで式(8)より算定する。

以上の算定式を整理した式(1)により、ダンパー塑性率を満たすダンパー耐力の上限値が算定できる。

4. まとめ

以上、本報(その1)では、間柱型ダンパーを用いた制震構造設計法の概要について述べた。

5. 参考文献

- [1] 加藤, 北嶋ほか: 連続梁モデルによる間柱型ダンパー降伏時層間変形角の推定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1089-1090, 2023.7
- [2] 寺岡, 北嶋ほか: 連続梁モデルによる間柱型ダンパー降伏時層間変形角の推定(その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.617-618, 2024.7

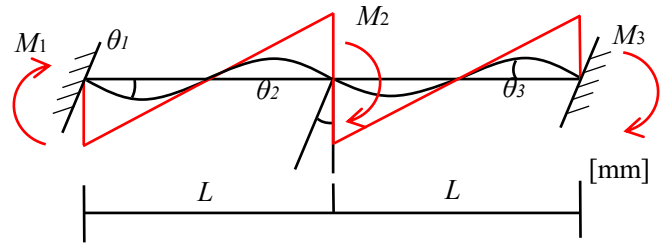


Fig.4 Relationship between rotation angle of a node and bending moment

$$Q_{di}^L = \frac{R_{dy}}{h \left(\frac{L}{12EI_G} + \frac{1}{LGA_{WGi}} \right) + \left(\frac{h^2}{12EI_s} + \frac{1}{GA_{Wsi}} \right)} \dots (1)$$

$$R_{dy} = R_G + R_S \dots (2) \quad R_G = \theta_2 + \gamma_G \dots (3)$$

$$\begin{Bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{Bmatrix} = EI \begin{bmatrix} 4/L & 2/L & 0 \\ 2/L & 8/L & 2/L \\ 0 & 2/L & 4/L \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{Bmatrix} \dots (4)$$

$$\theta_2 = \frac{L}{12} \times \frac{M_2}{EI_G} \dots (5) \quad \gamma_G = \frac{Q_G}{GA_{WGi}} \dots (6)$$

$$Q_G = \frac{M_2}{L} \dots (7) \quad R_S = (\delta_{sm} + \delta_{ss})/h \dots (8)$$

$$\delta_{sm} = \frac{h^3}{12EI} \cdot Q_d \dots (9) \quad \delta_{ss} = \frac{h}{GA_w} \cdot Q_d \dots (10)$$

E : ヤング係数 G : せん断弾性係数

I_{Gi} : 断面二次モーメント(梁) I_{si} : 断面二次モーメント(間柱)

A_{WGi} : 梁のウェブ断面積 A_{Wsi} : 間柱のウェブ断面積

M_2 : 中央節点に生じるモーメント θ_2 : 中央節点の回転角

Q : 梁のせん断力 Q_d : ダンパー耐力

γ_G : せん断変形角 h : 階高

R_G : 梁の変形を考慮したダンパー降伏時層間変形角

R_S : 間柱の変形を考慮したダンパー降伏時層間変形角

R_{dy} : 梁および間柱の変形を考慮したダンパー降伏時層間変形角