

鋼構造架構内に設置された間柱型ダンパーの効率に関する研究

Study on efficiency of stud type dampers installed in steel frame

○齊藤望美¹, 石鍋雄一郎², 中島肇³

*Saito Nozomi¹, Yuichiro Ishinabe², Hajime Nakajima³

In determining the installation position and input amount of the damping member, it is important to secure a large ratio of deformation (effective deformation ratio) that effectively works on the damper to the interlayer deformation of the main frame. Various studies have been conducted on brace-type dampers, but there are still few studies on stud-type dampers. Therefore, in this study, we investigate the difference in effective deformation ratio and response due to the difference in frame rigidity and support part rigidity for stud type dampers.

1. はじめに

制振部材の設置位置や投入量を決定する上で、層間変形に対するダンパーに有効に働く変形の割合(実効変形比)を大きく確保することが重要となる^[1]。既往の研究において、ブレース型ダンパーを対象に架構剛性、ダンパー設置位置、ダンパー量の違いが実効変形比に与える影響について検討された^[1]。また、間柱型ダンパーについても設置位置が実効変形比に与える影響について検討されている^[2]。しかし、間柱型ダンパーに関する検討はまだ少ない。また、間柱型ダンパーは支持部が曲げ変形、回転することでダンパー部の変形が小さくなる(Fig.1)。そのため支持部の剛性も実効変形比に影響を与えると考えられる。

本研究では間柱型ダンパーを対象に架構剛性や支持部剛性を変化させ実効変形比、応答への影響を検討する。

2. 解析概要

2.1 解析モデル

解析モデルを Fig.2 に示す。質量は 10 層骨組の 1 層部分を想定し 4214kN とした。柱と梁、間柱型ダンパーと梁の接合部には仕口パネルを設け、梁の剛性増大率を 2 倍とした。間柱型ダンパー、梁、柱の節点は剛接合、柱と間柱型ダンパー下部の節点はピン接合とした。柱は BCP235 材、梁と支持部は SN490 材、せん断パネルは LY225 材とした。せん断パネルの復元力特性を Fig.3 に示す。

柱、梁、支持部の断面寸法を Table1 に示す。Ds 値を 0.25(0.25 モデル)、0.4(0.4 モデル)とし必要保有水平耐力計算から柱、梁断面を算定した。標準せん断力係数 C_0 は 1.0、地震地域係数 Z を 1.0、地盤種別を第二種地盤、設計用一次固有周期を 1.05s(建物高さ×0.03)、形状係数 F_{es} を 1.0 とした。ダンパー部のせん断パネルは全

モデルで同一断面(Table2)とし、支持部断面を変化させた。支持部断面は S, M, L の順に大きくなる。

2.2 解析条件

実効変形比 α_N を静的弾性解析から求めるため、1000kN の水平力を左の柱頂部に載荷する。

また、時刻歴応答解析として入力地震動は EL CENTRO1940 NS を採用し、損傷に寄与するエネルギー E_D の速度換算値 V_D が 1.0m/s, 1.25m/s, 1.5m/s となる倍率を入力する。

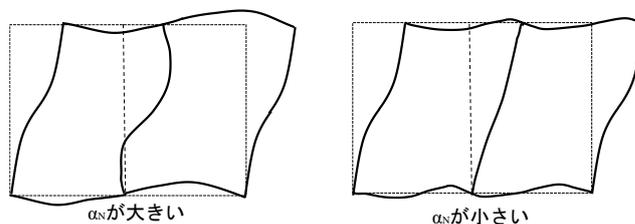


Figure1 Deformation of stud type damper

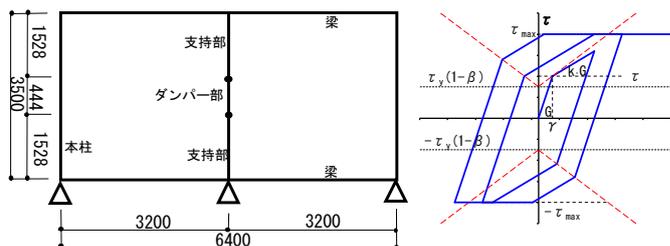


Figure2 Analysis model Figure3 Hardening of damper

Table1 Cross section of members

モデル名	梁断面	柱断面	支持部断面
0.25S	H-600 × 300 × 14 × 23	□-550 × 550 × 32	H-450 × 200 × 12 × 22
0.25M			H-500 × 300 × 12 × 28
0.25L	H-800 × 300 × 14 × 26	□-650 × 650 × 36	H-550 × 300 × 16 × 28
0.4S			H-450 × 200 × 12 × 22
0.4M			H-500 × 300 × 12 × 28
0.4L			H-550 × 300 × 16 × 28

Table2 Shear panel details

パネル寸法 (mm)	パネル厚 (mm)	ダンパー部降伏せん断力 (kN)
444 × 444	6	315.3

1 : 日大理工・院(前)・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・教員・建築

2.3 実効変形比の定義

α_N を式(1)に定義する.

$$\alpha_N = \frac{\alpha}{\delta} = \frac{Q}{\delta K} \quad (1)$$

α :実効変形

δ :層間変形

Q :間柱に生じるせん断力

K :支持部を含めた間柱全体の水平剛性

3. 解析結果

静的解析の結果として Fig.4 に α_N-Q 関係, 時刻歴応答解析の結果として Fig.5 に α_N -降伏層間変形 δ_y 関係, Fig.6 にダンパー部エネルギー吸収比(ダンパー部吸収エネルギー/入力エネルギー), Fig.7 に最大層間変形を示す.

3.1 架構剛性の違いによる影響

Fig.4, 5 より 0.4 モデルの方が δ_y が小さいため α_N は大きくなった. その差は, 支持部剛性が小さいほど大きかった. しかし, α_N が大きいほど Q は小さくなった.

Fig.6 より 0.25 モデルの方がエネルギー吸収比が小さかった. これは 0.25 モデルの方が梁の塑性変形がより進行し, 梁の吸収するエネルギーが大きくなるためである. そのため, 地震動レベルが大きくなるほど, エネルギー吸収比は小さくなった. Fig.7 より 0.25M モデルは, $V_0=1.0\text{m/s}$ では架構のみの約 6 割程度の変形に抑えられている. 一方 $V_0=1.5\text{m/s}$ では約 1.4 倍の変形となった. 0.25(架構のみ)モデルの場合は, 入力地震動レベルが大きくなるほど最大変形が小さくなったが, 梁の累積塑性変形倍率は $V_0=1.5\text{m/s}$ の場合, 塑性率の約 8 倍と大きくなっている. そのため入力地震動と固有周期の関係からこのような結果になったと考えられる.

0.4M モデルでは, どの入力地震動レベルにおいても架構のみの約 8~9 割程度の変形となった. 0.4 モデルは架構のみでも変形が小さく, ダンパーを設置した場合との差が小さかった. また, 地震動レベルによる差も小さかった.

3.2 支持部剛性の違いによる影響

Fig.4, 5 より支持部剛性が小さいほど α_N は大きく, Q は小さくなった. しかし, 支持部剛性が小さいほど δ_y が大きいことから, 支持部が変形したことで, α_N が大きくなったと考えられる.

Fig.6 より 0.25 モデルでは支持部剛性が大きいほど, エネルギー吸収比が大きくなった. 0.4 モデルでは 0.25 モデルよりも支持部剛性による差が小さかった. これは, 入力エネルギーに対し, 架構が吸収するエネルギーの割合が大きくなるためだと考えられる. また, 地

震動レベルが大きいほど, 支持部剛性の違いによる差が大きくなり, 支持部剛性が大きいほど, 地震動レベルによる差は小さくなった. Fig.7 より 0.25 モデルでは $V_0=1.25\text{m/s}$ の場合を除き, 支持部剛性が大きいほど最大変形は小さくなった. S と L モデルとの差は, 最大で約 14.6 mm ($V_0=1.5\text{m/s}$)となった. 一方 0.4 モデルは最大でも約 2.8 mm ($V_0=1.25\text{m/s}$)と 0.25 モデルよりも差が小さかった. また, 地震動レベルによる差は支持部剛性が大きいほど小さくなった.

4. まとめ

本研究では, 架構剛性や支持部剛性を変化させた場合の実効変形比, 応答の違いについて検討した.

今後はスパン数を増やして同一ダンパー量で, 設置数を変化させた場合, および多層の場合の応答について検討を行う.

参考文献

- [1] 古谷ら:「履歴ダンパーを有する超高層弾性架構の実行変形比に着目した制振性能評価」, 構造工学論文集, Vol.58B, pp.197-207, 2012.3
- [2] 佐藤ら:「周辺架構の剛性が間柱型ダンパーの制振効果に与える影響の分析」, 日本建築学会講演梗概集, pp.759-760, 2015.9

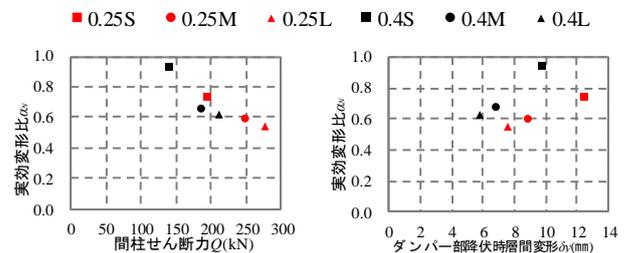


Figure4 α_N-Q relationship

Figure5 $\alpha_N-\delta_y$ relationship

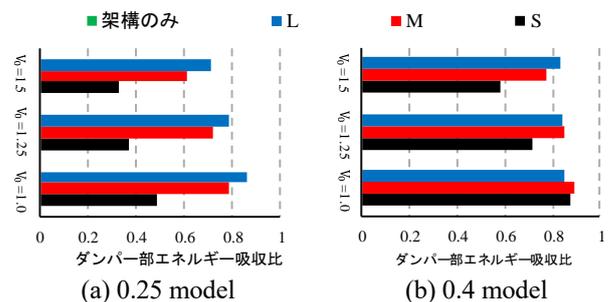


Figure6 Damper energy absorption ratio

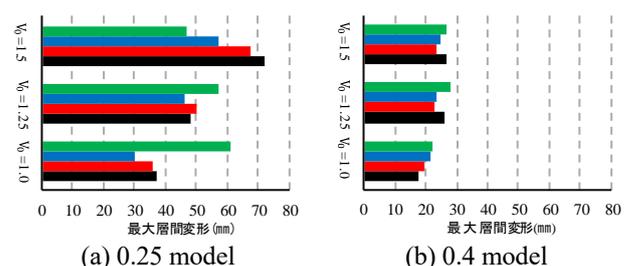


Figure7 Maximum interlayer deformation