

鋼構造骨組における間柱型ダンパーのエネルギー吸収効率に関する基礎的研究  
軸剛性の違いが鋼構造架構内における履歴特性に与える影響について

Fundamental study on energy absorption efficiency of stud-type damper in steel frame  
Influence of axial stiffness difference on hysteresis characteristics in steel frame

○齊藤望美<sup>1</sup>, 石鍋雄一郎<sup>2</sup>, 中島肇<sup>3</sup>

\*Nozomi Saito<sup>1</sup>, Yuichiro Ishinabe<sup>2</sup>, Hajime Nakajima<sup>3</sup>

The stud type panel damper that consists of a support and a damper and absorbs the seismic input energy by shear plastic deformation of the panel. At present, there is not enough research on the variable axial force. In this study, the effect of the difference in the axial stiffness ratio between the support section and the damper section on the axial force is discussed based on numerical analysis.

1. はじめに

間柱型せん断パネルダンパー(以下, 制振間柱)は, 弾性範囲内に留まる支持部と, ウェブにせん断パネルが組込まれたダンパー部で構成され, パネルのせん断塑性変形により地震入力エネルギーを吸収する鋼材ダンパーである.

既往の研究<sup>[1]</sup>で一定軸力下におけるダンパー部単体についての実験, 解析がされているが, 架構内における制振間柱に生じる変動軸力に関する研究は, 十分でないのが現状である. 松村らの研究<sup>[2]</sup>で梁と間柱の剛性比が変動軸力に影響することを示した.

本研究では, 制振間柱の支持部とダンパー部の軸剛性の比率の違いが履歴性状や軸力の変動に与える影響について数値解析を基に考察する.

2. 解析モデル

解析は複合非線形解析を行う. 解析モデルは Figure 1 に示す1層1スパンモデルとする. 両モデルにおいて梁, 本柱, 制振間柱支持部はビーム要素に置換し, 制振間柱ダンパー部とその上下端から 100 mm までをシェル要素に置換する. ダンパー部断面は参考文献<sup>[3]</sup>の計算例より H-540×200×6×19 とした. ダンパー部の詳細を Figure 2, Table 1 に示す. 支持部断面と梁断面は, 式(1)~(3)に示す梁/間柱剛性比  $k_g$  がおよそ 0.5 となるよう  $K_{sm}$  と  $K_{gb}$  を変化させ, 各断面を設定した計 3 パターンとする. せん断パネルは LY225 材, ダンパー部のフランジおよびスチフナは SN490 材, ダンパー部以外は弾性とする. LY225 材と SN490 材の応力-ひずみ関係を Figure 3 に示す. 制振間柱と梁が接合する節点から梁せいの半分までの支持部を剛域とした. 本柱下部の節点をピン支持, 柱と梁は X 方向の変位と Y, Z 軸回りの回転を拘束した. 各部材の諸元を Table 2 に示す.

$$k_g = \frac{K_{gb}}{K_{sm}} \tag{1}$$

$K_{gb}$ : 両端固定時の中央集中荷重の梁中央のたわみ剛性  
 $K_{sm}$ : 制振間柱の軸剛性

$$K_{gb} = \frac{192E_g I_g}{L_g^3} \tag{2}$$

$E_g$ : 梁の弾性係数  
 $I_g$ : 梁の強軸断面 2 次モーメント  
 $L_g$ : 梁の長さ

$$K_{sm} = \frac{1}{\frac{1}{K_{dn}} + 2 \cdot \frac{1}{K_{st}}} \tag{3}$$

$K_{dn}$ : ダンパー部弾性時軸剛性 ( $K_{dn} = E_d \cdot A_d / L_d$ )  
 $K_{st}$ : 支持部弾性時軸剛性 ( $K_{st} = E_{st} \cdot A_{st} / L_{st}$ )

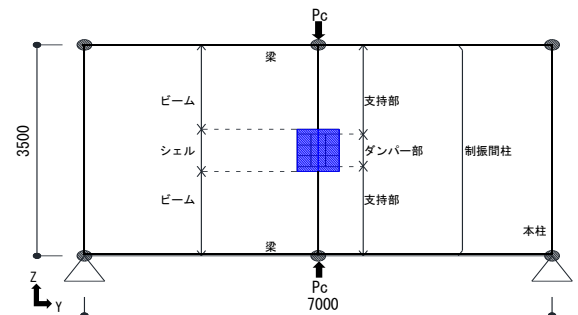


Figure 1. Analysis Mode

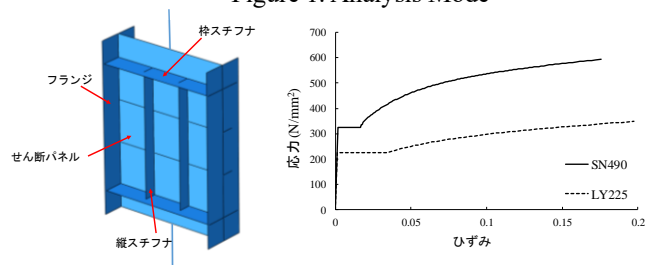


Figure 2. Detail of damper Figure 3. Stress-strain relationships

Table 1. Dimensions of damper

縦横スチフナ 本数	縦横スチフナ 幅 (mm)	縦横スチフナ 板厚 (mm)	枠スチフナ 厚さ (mm)	枠スチフナ 幅 (mm)
2	55	9	16	90
ダンパー部断面		パネル寸法 (mm)		ダンパー部降伏軸力 (kN)
H-540×200×6×19		540×540		3199

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・教員・建築

Table 2. Specifications of each member

a) Stud				
モデル	$A_{st}$ (mm <sup>2</sup> )	$K_{sm}$ (kN/mm)	$K_{dn}$ (kN/mm)	$K_{sn}$ (kN/mm)
1	10858 (H-400×200×9×19)相当	2061	4029	820.6
2	13624 (H-540×200×12×19)相当	2586	4029	978.8
3	20284 (H-550×300×14×22)相当	4138	4029	1367
b) Beam				
モデル	$I_g$ (mm <sup>4</sup> )	$E_g$ (N/mm <sup>2</sup> )	$K_{gb}$ (kN/mm)	$k_g$
1	3819440000 (H-800×400×14×28)相当	205000	438.3	0.53
2	4408310000 (H-800×400×19×32)相当	205000	505.9	0.52
3	6337370000 (H-950×350×19×36)相当	205000	727.2	0.54
c) Column				
断面寸法		断面積 (mm <sup>2</sup> )		
B. B-750×750×32		91904		

$A_{st}$ : 支持部断面積  $K_{sm}$ : 支持部弾性時軸剛性  
 $K_{dn}$ : ダンパー部弾性時軸剛性  $K_{sn}$ : 制振間柱の軸剛性  
 $I_g$ : 梁の強軸断面2次モーメント  $E_g$ : 梁の弾性係数  
 $K_{gb}$ : 両端固定時の中央集中荷重の梁中央たわみ剛性  
 $k_g$ : 梁/間柱剛性比

### 3. 解析条件

解析は 10 サイクルの正負繰返し水平変位を与えるものとする。変位の制御は建物頂部 3 節点の強制変位とし、ダンパー部のせん断変形角が 1/20 以上となるよう各モデルで振幅を設定した。また、一定鉛直荷重  $P_c$  を制振間柱上下端に載荷している。 $P_c$  は降伏軸力比 0.5 に相当する値とした。

### 4. 解析結果

ダンパー部せん断力  $Q$ —ダンパーせん断変形角  $\gamma$  関係を Figure 4 に、ダンパー部上下端の鉛直変位差  $\delta_v$ — $\gamma$  関係を Figure 5 に、ダンパー部軸力  $N$ — $\gamma$  関係を Figure 6 に示す。

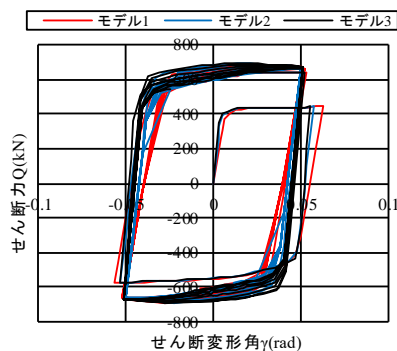


Figure 4.  $Q$ - $\gamma$  relationship

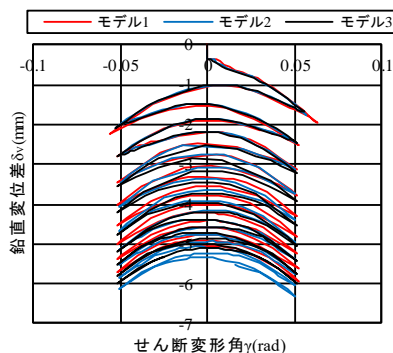


Figure 5.  $\delta_v$ - $\gamma$  relationship

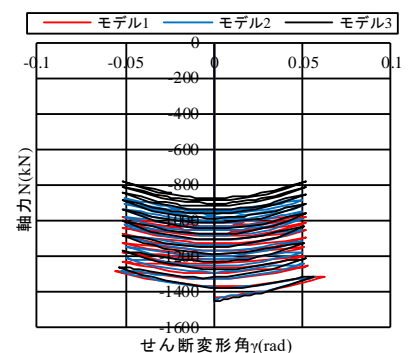


Figure 6.  $N$ - $\gamma$  relationship

Figure 4 より支持部軸剛性の小さいモデルのほうが履歴面積が小さくなっている。これは支持部軸剛性が小さいほど曲げ剛性も小さいためである。Figure 5 よりモデル 2 の鉛直変位差がわずかに大きい、その差は約 0.5 mm と小さく、3 モデルの鉛直変位差はほぼ等しいと言える。Figure 6 よりどのモデルも初期軸力は降伏軸力比 0.5 に近い 1500kN 程度が作用しているが、サイクルの増大により軸剛性が低下し、ダンパー部の軸剛性低下により軸力が梁に伝達されたと考えられる。また、支持部軸剛性が大きなモデルのほうが軸力の変動が大きい。これは支持部軸剛性が大きいほどダンパーを拘束する効果が大きいためだと考えられる。今回検討したモデルの軸剛性の範囲では、支持部とダンパー部の軸剛性の比率の違いは、ダンパー部のせん断変形に伴う沈み込みにより制振間柱に生じる軸力に影響はみられるが、梁の拘束効果下での塑性変形能力に影響はみられなかった。

### 5. まとめ

本研究では、支持部とダンパー部の軸剛性の比率の違いが軸力に与える影響について検討した。今回検討した範囲では軸剛性の違いによる影響は制振間柱への作用軸力にのみ見られた。今後の課題として軸剛性の比率をより大きく変化させた場合の検討が必要であると考えている。

### 参考文献

- [1] 入江, 石鍋ら: 間柱型パネルダンパーの履歴特性に及ぼす圧縮軸力の影響(その 1), (その 2) 日本建築学会大会学術講演概論集 pp. 859-862 2016. 8
- [2] 松村ら: 鋼構造架構内の間柱型せん断パネルダンパーに生じる変動軸力が塑性変形能力に与える影響に関する解析的研究 日本建築学会大会学術講演概論集, pp. 769-770, 2019. 9
- [3] 日本建築学会: 「鋼構造制振設計指針」, 2014. 11