

間柱型ダンパーのエネルギー吸収効率に関する解析的研究 フランジに着目した履歴特性の検証

Analytical Study on energy absorption efficiency of the stud type dampers Verification of hysteresis characteristics focusing on flanges

○沖山 駿¹, 石鍋 雄一郎², 中島 肇³*Shun Okiyama¹, Yuichiro Ishinabe², Hajime Nakajima³

It is important to understand the behavior in the in-plane direction of a column-type damping panel damper using low-yield-point steel because it absorbs energy by shear deformation of the panel. Previous studies have shown that a compressive axial force with an axial force ratio of 0.3 has no effect on the hysteresis, and a compressive axial force with an axial force ratio of 0.5 causes a sudden decrease in strength [1][2]. In this report, after satisfying the requirements of the design method [3] of the shear panel damper, a model with varying the slenderness ratio and width / thickness ratio of the flange was created, and FEM analysis was performed. The effect on properties will be verified.

1. はじめに

低降伏点鋼を用いた間柱型制振パネルダンパー（以下、制振間柱）においては、パネルのせん断変形によりエネルギー吸収をすることから面内方向の挙動の把握が重要である。既往の研究では、軸力比 0.3 の圧縮軸力では履歴性状に影響はなく、軸力比 0.5 の圧縮軸力では急激な耐力低下を生じることが示されている^{[1][2]}。本報では、せん断パネルダンパーの設計の規定^[3]を満たした上で、フランジの細長比や幅厚比を変えたモデルを作成して FEM 解析を行い、履歴性状に及ぼす影響について検証する。

2. 解析概要

2-1. 解析モデル

本解析モデルの断面寸法を Table 1 に示す。モデル B はモデル A よりフランジ幅厚比が大きい断面としている。モデル C はモデル A より細長比が小さい断面としている。なお、細長比はパネル高さを座屈長さとし、フランジプレート単独の断面二次半径を用いて求めている。また、解析モデルを Figure 1 に示す。解析モデルは 10 節点四面体 2 次ソリッド要素で構築する。全てのモデルをパネル高さ 540mm、全長 2000mm で統一した。下支持部の最下部の節点群を完全拘束、また上支持部の最上部の節点群は初期の断面形状を保持するように拘束した上で、3 方向の回転を拘束した。素材特性はスチフナ及び支持部を SN490、せん断パネルを LY225 とした。応力-ひずみ関係を Figure 2 に示す。既実験で実施した素材引張試験の結果をもとに、降伏応力度を SN490 では 325N/mm²、LY225 では 225N/mm² となるようにした。

Table 1. Sectional dimensions of analysis model

	モデルA	モデルB	モデルC
支持部	H-578×250×12×19	H-578×300×12×19	H-586×250×12×23
パネル寸法 (mm)	540×540	540×540	540×540
パネル板厚 (mm)	6	6	6
縦横スチフナ	2PL-12	2PL-12	2PL-12
降伏耐力 (kN)	475	486	500
支持部長さ (mm)	730	730	730
全長 (mm)	2000	2000	2000
幅厚比	6.6	7.9	5.4
細長比	99	99	81

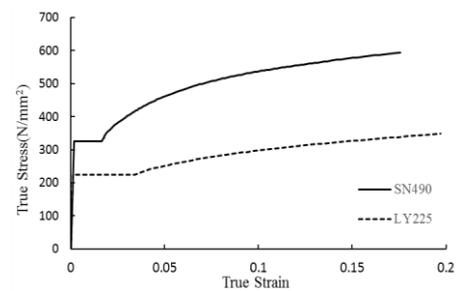
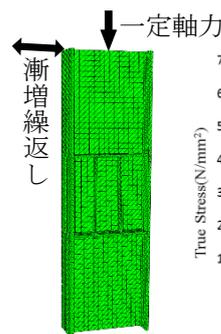


Figure 1. FEM Model Figure 2. Stress-Strain Curve
2-2. 载荷条件

本解析では、それぞれのモデルに対して軸力比 0.3、0.5 の一定の圧縮軸力を導入する計 6 パターンとした。変位制御による静的弾塑性解析とした。導入軸力は、降伏軸力 N_y をもとに設定する。降伏軸力は、(1) 式により定義する。

$$N_y = 2A_f\sigma_{yf} + A_p\sigma_{yp} \quad (1)$$

A_f : フランジ断面積 σ_{yf} : フランジ降伏応力度

A_p : パネル断面積 σ_{yp} : パネル降伏応力度

载荷振幅は層間変形角 R により定義することとし、 $R=1/500, 1/250, 1/166, 1/125, 1/100, 1/83$ で各 1 サイクル载荷した後、 $R=1/75$ で 10 サイクル繰返した。

3. 解析結果

全てのモデルの荷重-変形の関係を図3に示す。軸力比0.3の場合は、図3から明らかなように全てのモデルにおいて履歴性状は概ね同等となり、安定した履歴性状が得られ、耐力低下を生じることなく最終サイクルまで完了した。一方で、軸力比0.5の場合は全てのモデルにおいて Table 3 に示すサイクルにおいて耐力を喪失し、解析が終了となった。同表より、モデルCがモデルA、モデルBと比べて1~1.5回サイクルが多くなっている。これより、フランジの細長比が小さい方が履歴性状の向上を見込めることが示唆された。また、モデルBはモデルAよりフランジの幅厚比を大きく設定したが、わずか0.5サイクル多いだけで、大きな差は生じなかった。これより、フランジの幅厚比による履歴性状への影響が小さいことが示唆された。なお、全てのケースにおいてR=1/75時の部材角は0.05rad程度である。

Figure 4 に全てのモデルの圧縮軸力による鉛直変位量を示す。Figure 4 から明らかなように軸力比0.3の場合、モデルAとモデルBは鉛直変位が6.3mmほどだったのに対して、モデルCは8mmほどになった。また、軸力比0.5の場合、全てのモデルにおいて、鉛直変位が10数mmとなったサイクルから急激に沈み込んで解析終了という結果になった。

4. まとめ

本報では、制振間柱におけるフランジの幅厚比や細長比が履歴性状に及ぼす影響をFEM解析によって検証し、本検討範囲では細長比が小さい方が履歴性状は向上する事が確認できた。一方で、幅厚比を大きくしても、その影響が履歴性状に顕著に表れることはなかった。

今後の課題として、さらに細長比や幅厚比の差を大きくし、サンプルを増やすことなどが挙げられる。また面内と面外荷重が同時に作用する場合^[2]においても、確認する必要がある。

5. 参考文献

- [1] 入江, 石鍋他: 「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梗概集, pp. 859-862, 2016.8
- [2] 入江他: 「2方向水平力と軸力を受ける鋼製制振間柱の履歴特性に関する解析的検討」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.767-768, 2019.9
- [3] 日本建築学会: 「鋼構造制振設計指針」, pp.102-103, 2014.1

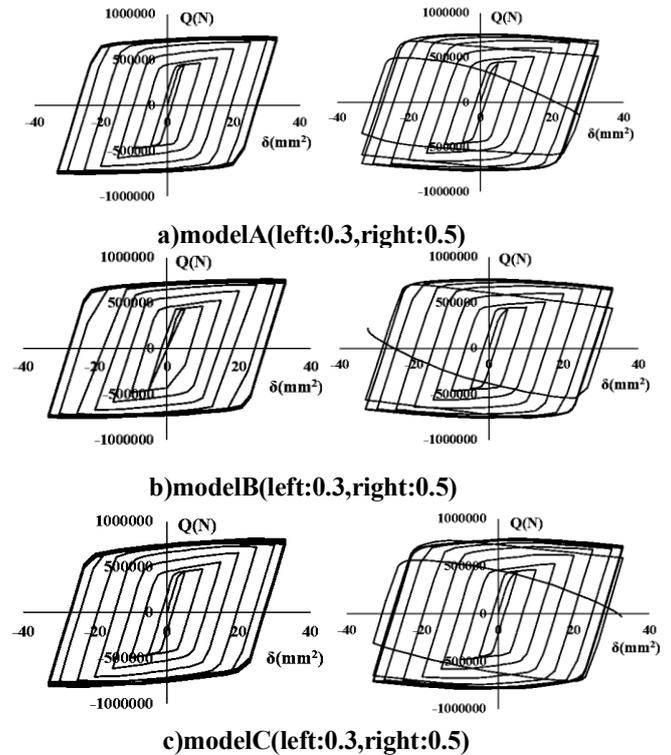


Figure 3. Load-deformation

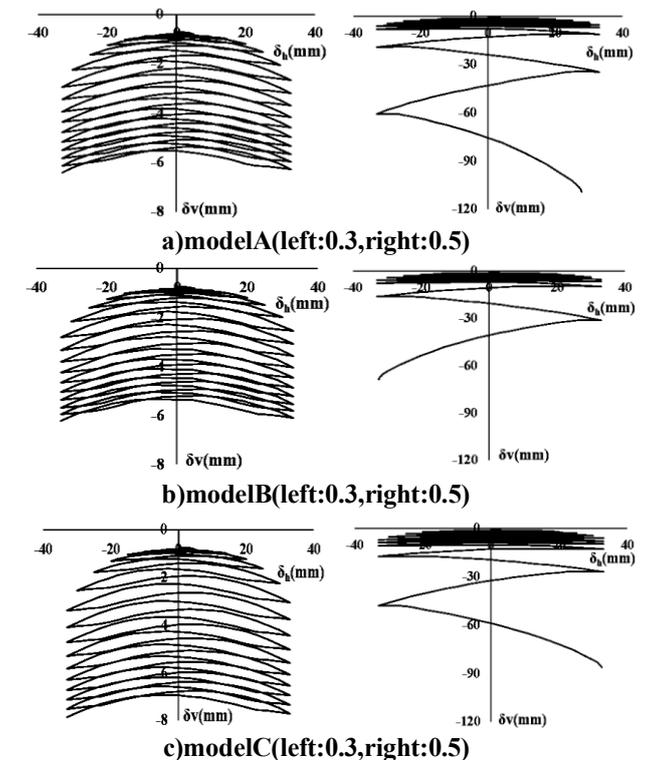


Figure 4. Vertical displacement

Table 3. Analysis interruption cycle

	軸力比0.3	軸力比0.5
モデルA	最終サイクル完了	+1/75 (5回目)
モデルB	最終サイクル完了	-1/75 (4回目)
モデルC	最終サイクル完了	+1/75 (6回目)