

変位比例摩擦型ダンパーの性能特性実験

熊本大学大学院 学生員○山本 敬三 熊本大学大学院 フェロー山尾 敏孝
宮崎市 山元 隆彰 崇城大学 正員 片山 拓朗 熊本大学 戸田 善統

1. はじめに

構造物の振動を低減するための減衰装置には、粘性型、摩擦型、塑性型等があり、多くの装置が開発されてきた。著者らは、減衰力が変位に比例し、構造物の固有周期によって変化しない変位比例摩擦型減衰力装置を開発した。本装置は勾配を持つシリンダと2つの摩擦体から構成されるもので、従来の減衰装置に比べて小型で安価で製作できる減衰装置である。本研究では、まず、一軸方向への繰り返し荷重を作用できる実験装置を用い、摩擦体の材料やシリンダの勾配など変化させて開発した減衰装置の性能特性を調べ、明らかにした。次に、静的及び動的載荷が可能な試験装置を用い、鋼製門型ラーメン模型にダンパーを取り付けた時の挙動特性を検討した。

2. 変位比例摩擦型ダンパーと実験概要

変位比例摩擦型ダンパーは、図-1 に示すような傾斜を有する左右対称なシリンダ内部と摩擦体を有するピストンから構成される。左右の摩擦体はロッドで連結され、シリンダ内部と摩擦体はシリンダ中央に向かって狭くなるようにテーパがかかっている。図-2 は開発したダンパーの荷重-変位履歴の一例を示しているが、このようなバタフライ型の履歴挙動を示すのが特徴である。履歴曲線は、摩擦体の形状や剛性やシリンダのテーパ角度 i により影響を受けることから、摩擦体として図-3 に示すクロロプレンゴムと真鍮(C3606)を材料として用いた。

ヤング率 E とポアソン比 ν は、クロロプレンゴムが $E=5.4 \times 10^3 (\text{N/mm}^2)$, $\nu=0.42$, 真鍮が $E=8.8 \times 10^4 (\text{N/mm}^2)$, $\nu=0.36$ であった。なお、クロロプレンゴムは、通常、ブレーキ材や電線として使用され、真鍮はゴムとは対称的に剛性の強い材料である。また、シリンダ全体の長さは320mm でそのテーパ角度 i は $i=0.01$ と $i=0.005$ の2種類とした。実験に使用した摩擦体の長さ d は10~40mm であった。

実験は、図-1 に示すダンパーのロッドに直接荷重を作用させ、一軸方向に繰り返し載荷の実験と図-4 に示すような鋼製ラーメン模型にダンパー取り付けでダンパーの減衰効果を確認する2つの実験を行った。ラーメン模型では、静的及び動的の荷重を受ける場合の挙動を調べた。なお、ラーメン模型は図-5 に示すような剛性が違う2種類を用い、アクチュエータにより振動数が1Hz, 1.5Hz, 2Hz, 3Hzで振幅が $\pm 10\text{mm}$, $\pm 15\text{mm}$ を持つ正弦波を入力して振動させ、B点に取り付けたダンパーの摩擦体 No.4($d=20\text{mm}$, $i=0.01$), No.5($d=20\text{mm}$, $i=0.01$)の挙動を調べた。

3. 実験結果と考察

図-6 は摩擦体の長さやテーパ勾配を変化させた時の履歴曲線を比較した結果を示した。図より摩擦体の長さが大きいほど軸方向変位は小さく、逆に長さが小さいと変位が大きくなる。つまり、長い摩擦

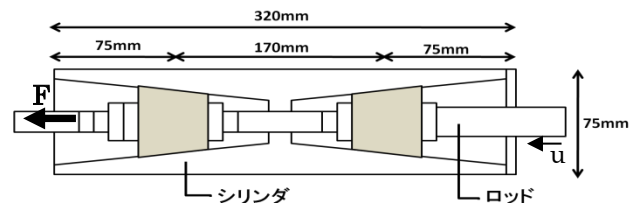


図-1 ダンパーの断面概略図

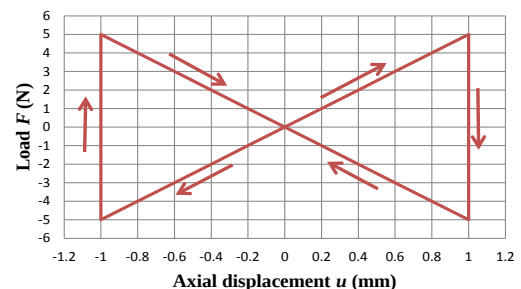


図-2 荷重 F -変位 u の履歴曲線



(a)クロロピレンゴム (b)黄銅 (C3606)

図-3 使用した摩擦体

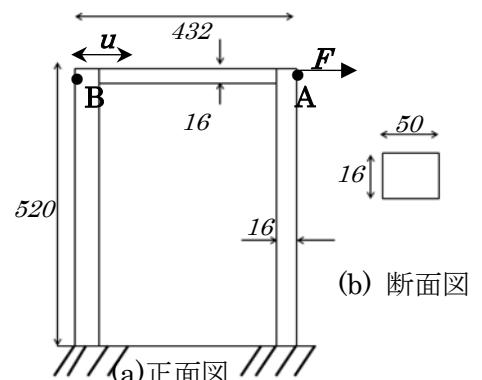


図-4 門型ラーメンの模型

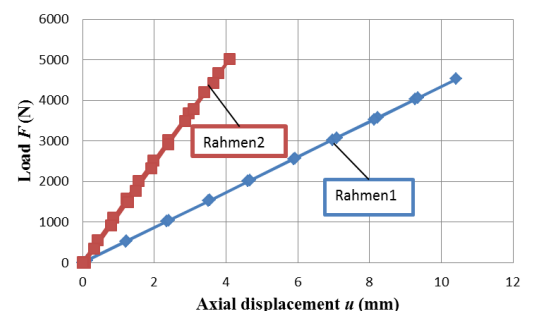


図-5 水平力 F と水平変位 u の関係

キーワード：変位比例摩擦型ダンパー、摩擦体、鋼製門型ラーメン、荷重-変位履歴曲線、動的載荷
連絡先 〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1 熊本大学大学院自然科学研究科 TEL:096-342-3533

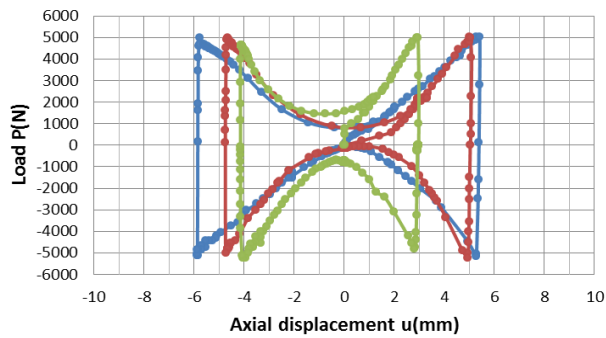
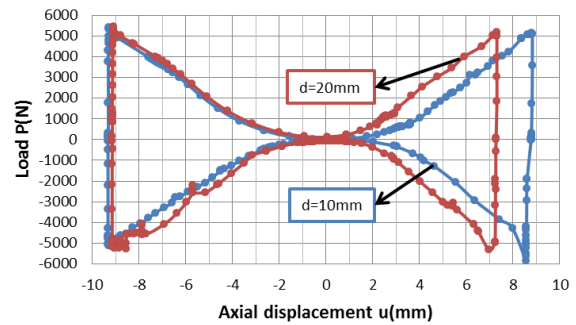
(a) テーパー角度 $i=0.01$ (b) テーパー角度 $i=0.005$

図-6 長さやテーパ勾配が異なる摩擦体の履歴曲線の比較

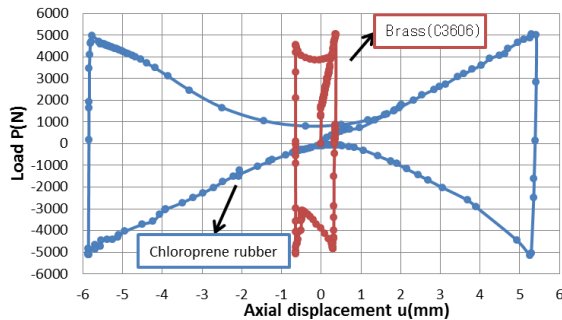


図-7 摩擦体の材質変化の比較

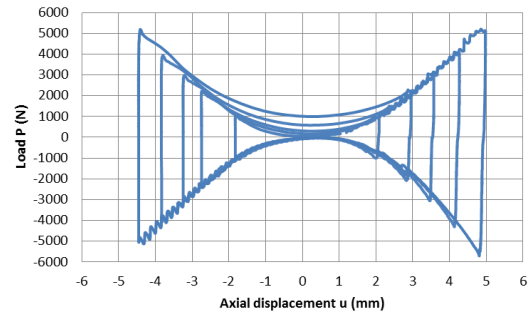


図-8 繰り返し載荷時の履歴挙動

体ほど荷重初期時の履歴曲線の勾配が急になり、同じ荷重に対する軸変位量も小さく、摩擦体の接触面積も小さいことが分かった。また、テーパ角度 i を小さくすると曲線の勾配が緩やかになることが分かる。摩擦体の接触面積やテーパを変化は履歴曲線に影響することがわかった。図-7 は、摩擦体の材料としてクロロプレンゴムと真鍮(C3606)を使用した時の履歴挙動を比較したもので、摩擦体の材料としてゴム製と真鍮製の材料特性の違いが表れており、ダンパーとして使用する場合の摩擦体の材料選択も適用する構造物等により検討が可能となる。今後摩擦体としての適切な材料を調べる必要がある。図-8 は、繰り返し載荷時の履歴挙動を調べたもので、不規則変化する荷重にも対応できると思われる。また、開発した減衰装置の履歴挙動をみてわかるように、実験では摩擦体が荷重の負荷がない状態を保持して履歴挙動を求めているが、現実の場合中立位置に保持するのは困難であり、常にある程度の荷重が作用していることが予想される。

図-9 と図-10 は鋼製ラーメンに取り付けた場合の結果を示す。図-9 は、Rahmen2 に振動数を 1Hz, 2Hz, 3Hz を持つ正弦波を入力させた時の摩擦体 No.4 の履歴挙動を示した。振動数の変化にも大きな影響はなかった。図-10 は、門型ラーメンの異なる剛性が減衰装置の挙動に与える影響を調べた結果で、Rahmen1 と Rahmen2 に連結した減衰装置のそれぞれの挙動を比較して示した。図より、門型ラーメンの剛性が減衰装置にどのような影響を与えるのかを計測した結果、剛性の高い Rahmen2 での履歴曲線の方がはっきりと描かれることが分かった。加えて、変位も大きくなっていることがわかる。今後、開発した減衰装置の有効性等を検討していく必要がある。

参考文献：1) 宇佐美 勉 編著 日本鋼構造協会 編：鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン，

2) 児玉菜月：変位比例摩擦力型減衰装置・・・，熊本大学工学部社会環境工学科，平成 21 年度卒業論文，2009

3) 中村善之：上路式鋼アーチ橋梁の耐震性能照査法に関する検討，熊本大学大学院修士論文，2004

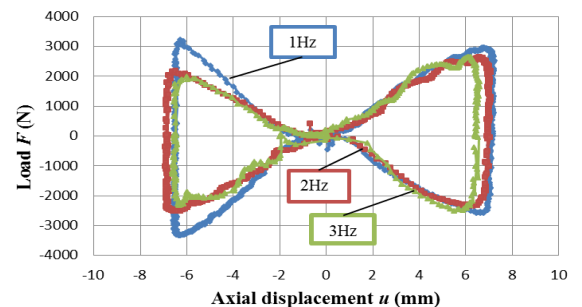


図-9 振動数の変化の影響(No.4)

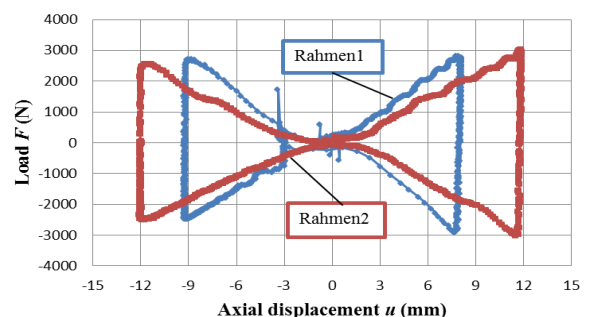


図-10 異なる剛性の履歴曲線の影響(No.5)