

I-B 62

流動抵抗型ゴムダンパーの基礎開発

ブリヂストン 正会員 鈴木重信 合田研吾
同 上 正会員 水津洋二

1. はじめに

長大橋の地震応答を低減するための高減衰化装置として、ゴム材料の流動抵抗によるエネルギー吸収を利用した流動抵抗型ゴムダンパーの開発を進めている。このダンパーは大容量化が容易であり、緩速変形時の抵抗力が小さいことを特長としている。本報告では、小型のダンパーモデルを用いて行った動的加力実験の結果について述べる。また、本ダンパーの特性予測式についても考察を加える。

2. 供試体

実験用供試体として用いた流動抵抗型ゴムダンパー（小型モデル）を図1に示す。本ダンパーは円筒状の密閉容器内に充填した流動性のあるゴムを突起を持つ軸を介して流動させる構造で、密閉容器内径を92mm、軸径を30mmとしている。実験では、絞り部寸法の影響を調べるため幅 W を5mm～20mmの範囲で、長さ L を30～90mmの範囲で変化させた。なお、充填したゴム材料は未加硫の合成ゴムで、完全弾塑性体に近い特性を持つ。

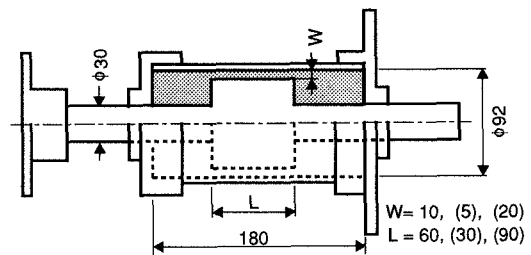


図1 供試体

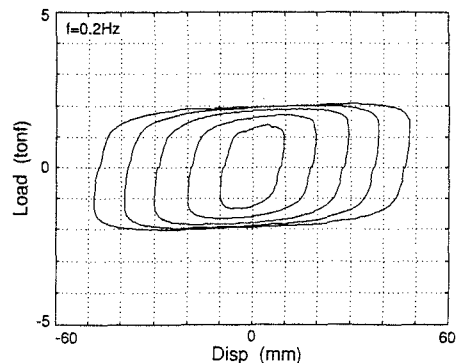
3. 実験装置および実験方法

実験では、動的な加力実験装置（荷重容量±20tonf、ストローク±100mm）を用いて、上記のダンパーについて種々の振幅、振動数の正弦波加力より得られる荷重－変位特性を調査した。また、定振幅での繰返し加力による温度上昇と特性変化を評価した。

4. 実験結果

4.1 基本特性

本ダンパーの代表的な荷重－変位特性を図2に示す。荷重－変位特性は矩形に近い形状（ただし、全体的に丸みを帯びている）を有し、荷重（減衰力）は振幅が大きいほど、また、振動数が高いほど増大する。

図2 代表的な荷重－変位特性
($W=10\text{mm}$ 、 $L=60\text{mm}$ の場合)

このような結果から、図3に示す方法でダンパーの変位速度と荷重を評価すると図4の結果を得る。本材料の場合、ダンパーに生じる荷重は速度の0.28乗に比例するものとみなすことができる。また、ダンパーの荷重は絞り部の寸法により大きく変化し、絞り部幅 W が小さいほど、長さ L が大きいほど増大する（図7参照）。

さらに、振幅5cmで連続に繰返し変形を与えた場合の特性変化を図5に示す。100回の繰返し変形に対して、温度は20°C程度上昇するが、減衰力の低下は30%前後であり実用上問題無いと考えら

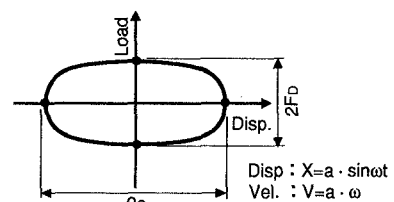


図3 速度と荷重の評価方法

れる。

4.2 ダンパー荷重についての理論的考察

ダンパー内部に充填するゴム材料を非ニュートン粘性として、流動時のせん断応力 τ^* とせん断ひずみ速度 $d\gamma^*/dt$ の間に式(1)の関係が成り立つものとする（ただし、 C と n は材料により決まる定数である）。

$$\tau^* = C \left(\frac{d\gamma^*}{dt} \right)^n \quad \text{----- (1)}$$

また、流動時のせん断応力 τ^* とダンパー内部に生じる圧力差 Δp の関係を式(2)で、せん断ひずみ速度 $d\gamma^*/dt$ とダンパーの変位速度 V の関係を式(3)で近似する（記号は図6参照）。

$$\tau^* = \frac{D_0 - D_1}{4L} \Delta p \quad \text{----- (2)}$$

$$\frac{d\gamma^*}{dt} = \frac{4(D_0 + D_1)}{(D_0 - D_1)^2} V \quad \text{----- (3)}$$

以上の式から $D_1 \gg D_2$ として、ダンパーに生じる荷重 FD と速度 V の関係は式(4)で表すことができる。

$$FD = C \frac{4^n \pi (D_0 + D_1)^n D_0 D_1 L}{(D_0 - D_1)^{2n+1}} V^n \quad \text{--- (4)}$$

本充填ゴム材料の流動特性を表す式(1)を $\tau^* = 0.95(d\gamma^*/dt)^{0.28} \text{ kgf/cm}^2$ として、絞り部の幅と長さを変化させた場合についてダンパーの速度と荷重の関係を求めると図7の結果が得られる。図中には実験結果も併記しているが、式(4)は実験結果をほぼ再現できるものとなっている。

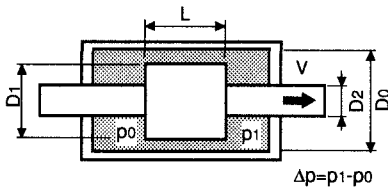


図6 記号の定義

5. おわりに

流動抵抗型ゴムダンパーの力学特性を把握し、ダンパーに生じる荷重は速度のほぼ0.3乗に比例する結果を得た。また、荷重と速度の関係式を導出し、実特性を説明できることを確認した。

なお、本研究は建設省土木研究所、（財）土木研究センターおよび民間19社が共同で行った「高減衰材料を用いた長大橋の免震技術に関する共同研究」において実施したものである。

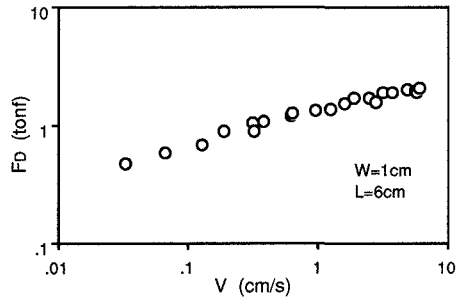


図4 速度と荷重の関係
($W=10\text{mm}$, $L=60\text{mm}$ の場合)

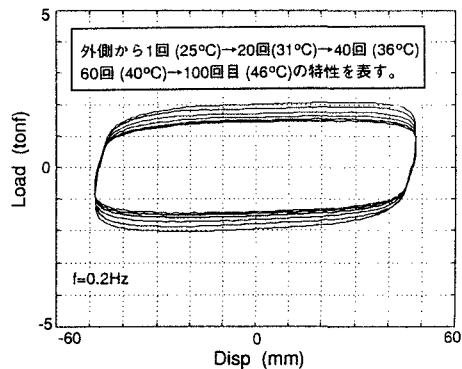


図5 繰り返し変形下の特性変化
($W=10\text{mm}$, $L=60\text{mm}$ の場合)

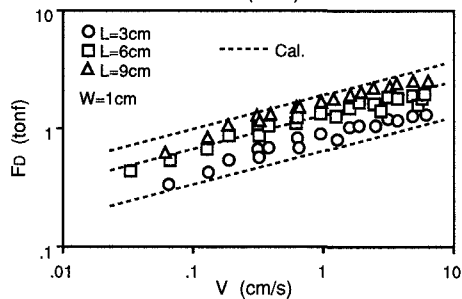
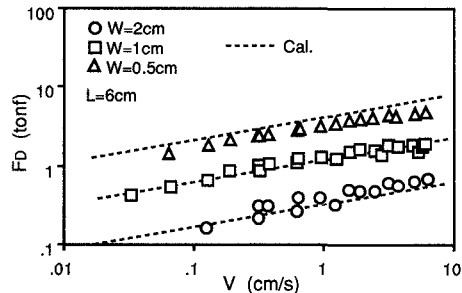


図7 計算と実験による速度と荷重の関係