

高粘性液体ダンパーの力学特性の把握

山梨大学大学院 学生会員 服部 博
 山梨大学大学院 正会員 吉田純司
 山梨大学大学院 正会員 杉山俊幸

1. はじめに

高粘性液体ダンパーは耐久性・耐候性に優れ、高いエネルギー吸収性能を有することから地震や風に対する構造物の制振部材として利用されている。ダンパーは動力学的な性質を積極的に利用していることから構造物全体の挙動に大きく影響する。従って、構造物の応答を精度良く予測するためには、精緻なモデルの構築が必要であると考えられる。そこで本研究では、高粘性液体ダンパーを対象として、その広範な条件下における力学特性を把握し、モデル化のための十分なデータを得ることを目的とする。

2. 振動数依存性に関する動的载荷実験

本実験で使用した試験体について図-1 に示す。試験体は実物のダンパーと比較すると、1/10 程度の大きさである。この試験体を振動台に設置し、外部入力により振動台を制御し、正弦波連続 5 サイクルによる载荷実験を行った。設置した計測機器により変位、荷重、温度データを取得した(図-2)。载荷条件としては、振動数を 0.01~7Hz、初期温度を 5℃~40℃、振幅を 0.5mm~15mm とし、これらを組み合わせ、総計 73 パターンの実験を行った。

図-3 は、20℃の微小振幅域で振動数を変化させたときの復元力特性を表す。この図から高振動数であるほど復元力が増加し、逆に低振動数であるほど復元力が低下している。この傾向は既往の固体ダンパーと同じである¹⁾。次に、得られた履歴曲線より、材料特性である貯蔵弾性率と損失弾性率を抽出する²⁾。ここに、貯蔵弾性率とは最大変形点での剛性を表し、式(1)で表される。また、損失弾性率とは履歴面積と関連している量で、式(2)で表される。

$$G' = \frac{\sigma_0}{\gamma_0} \quad (1), \quad G'' = \frac{S}{\pi \gamma_0^2} \quad (2)$$

ここで、 γ_0 は最大変形点、 σ_0 は γ_0 における力、 S は履歴曲線の面積である。図-4 は微小振幅域(振幅 2mm)で振動数を変化させたときの貯蔵弾性率を表す。これより、貯蔵弾性率は高振動数ほど高くなり、低振動数ではゼロに漸近する傾向が見られた。また、この傾向は損失弾性率についても同様に見られた。

3. 温度依存性に関する動的载荷実験

図-5 は、微小振幅域で温度を変化させたときの復元力特性を表す。これより、高振動数、低温度であるほど復元力が増加し、逆に低振動数、高温であるほど復元力が減少している。図-6 は、微小振幅域で温度を変化させたときの貯蔵弾性率を表す。これより、高振動数、低温度であるほど弾性率は増加し、逆に低振動数、高温であるほどそれらの値がゼロに漸近する傾向が見られた。

4. 振幅依存性に関する動的载荷実験

図-7 は、20℃で振幅を変化させたときの復元力特性を表す。これより、変形率が大きくなるほど、サイクル毎に力が減少し、履歴の形状が角ばってくる傾向が見られた。これは、大振幅载荷における液体の温度上昇、試験体側面での空洞の発生および容器と液体とのすべりが原因であると考えられる。図-8 は、振幅を変化させたときの貯蔵弾性率を表す。これより、せん断変形率が大きくなるほど低下し、大振幅(変形率 300%以上)を与えると、その低下が緩慢になる傾向が見られた。

5. まとめ

本研究では、広範囲な条件下での高粘性液体ダンパーの復元力特性を把握した。ダンパーの力学特性は振動数・温度・振幅により大きく影響を受けるため、モデル化に際しては、これらの影響を導入する必要がある。

謝辞：本研究で用いた高粘性液体ダンパーの試験体の設計・製作では、オイレス工業(株)の下田郁夫氏、横川英彰氏、沖村明彦氏にご協力頂きました。ここに記して謝意を表します。

キーワード：高粘性液体ダンパー、载荷実験、振動数依存性、温度依存性、振幅依存性

連絡先：〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 TEL:055-220-8521 FAX:055-220-8773

参考文献：1) 下田郁夫：高粘性ダンパーに関する研究，日本機械学会論文集(C編)，60巻570号，pp.112-117，1994.2. 3) 笠井和彦，寺本道彦，大熊潔，所健：粘弾性体の温度・振動数・振幅依存性を考慮した構成則，日本建築学会構造系論文集，第543号，pp.77-86，2001.5.

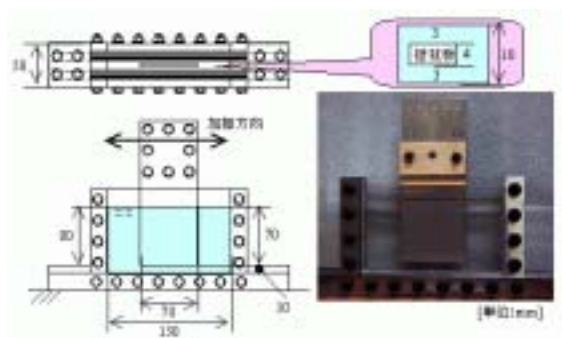


図-1 試験体寸法

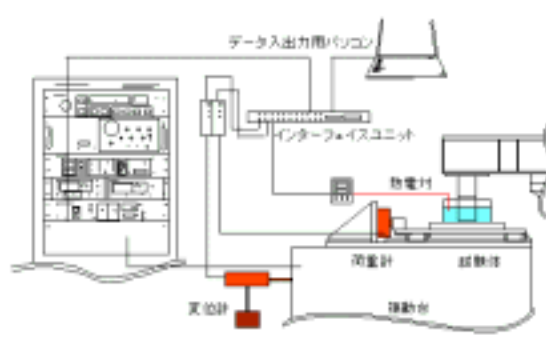
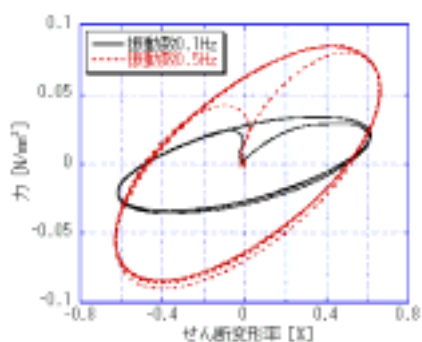
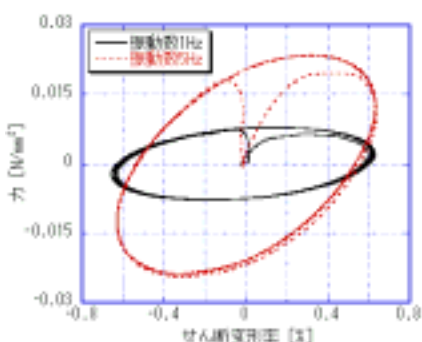


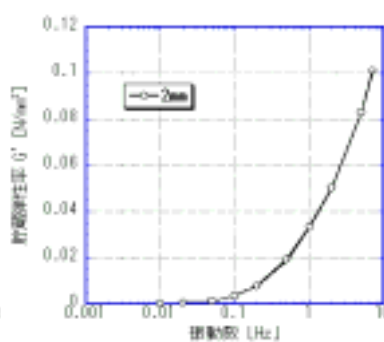
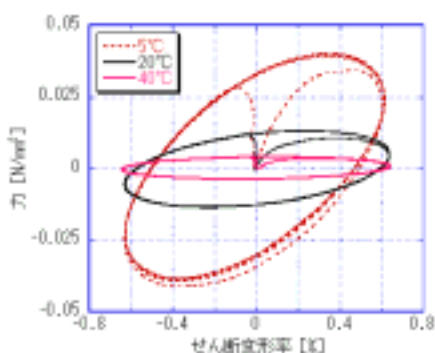
図-2 実験装置接続状況



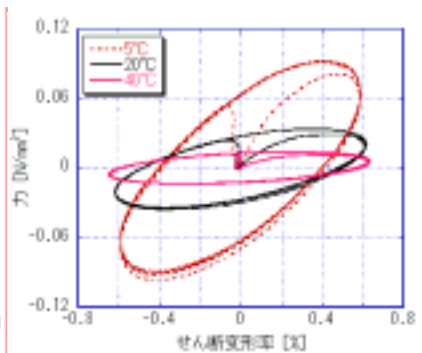
(a) 低振動数で载荷した場合



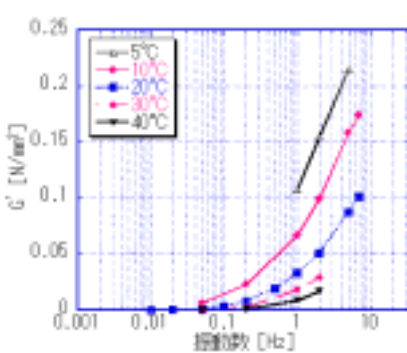
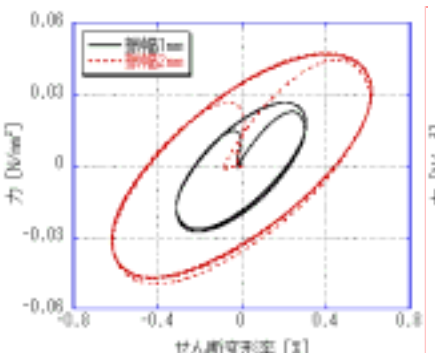
(b) 高振動数で载荷した場合

図-4 G' の振動数依存性

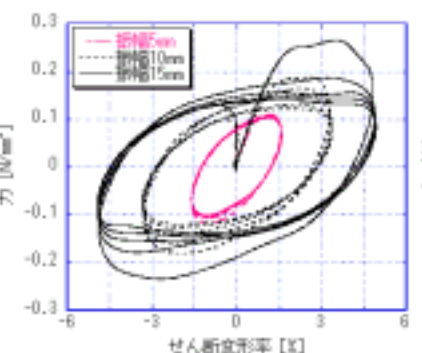
(a) 振動数 0.2Hz で载荷した場合



(b) 振動数 1Hz で载荷した場合

図-6 G' の温度依存性

(a) 小振幅で载荷した場合



(b) 大振幅で载荷した場合

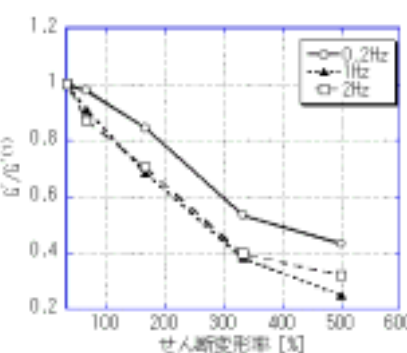
図-8 G' の振幅依存性

図-7 振幅を変化させたときの復元力特性