

変位比例摩擦力型振動減衰装置の1000回繰り返し往復载荷試験

崇城大学工学部 学生員 上原裕太 和田秀明 正会員 片山拓朗

1. はじめに

長周期地震動は超高層ビルや長大橋などの長周期構造にとって現実的な脅威であり、これらの構造物に適用できる経済的で効率的な振動減衰装置の開発が求められている。そのような装置として、減衰力としての摩擦力が変位の絶対値に比例して増加する特性を有するせん断力部材型振動減衰装置が提案されている¹⁾。本研究では、この装置の往復载荷試験を行い、振動減衰装置の力学特性を明らかにする。

2. 振動減衰装置の断面構造

図-1に振動減衰装置の作動直角方向断面を示す。振動減衰装置は、U型板ばね(1)、凹凸摺動体(2,3)、中央軸力部材(4)、平面摺動機構(5,6)、平面側支持板(7)、凹凸側支持板(8)、側方軸力部材(9)から形成される。

凹型摺動体は凹凸側支持板へ、凸型摺動体は中央軸力部材へ、それぞれボルトで連結される。二つの平面摺動体もそれぞれ平面支持板と中央軸力部材へボルトで連結される。U型板ばねの一端は凹凸側支持板へ、残りの一端は側方軸力部材へ、平面側支持板は側方軸力部材へそれぞれボルトで連結される。凹凸側支持板、二つのU型板ばね、二つの側方軸力部材および平面側支持板はボルトで連結されることにより閉じた左右対称・上下非対称形状の抵抗リングを形成する。

本装置は、凹凸摺動機構の摺動変位に伴い発生する摺動機構の高さの変化を利用してその高さの変化方向に前述の抵抗リングを押し広げることにより、凹凸摺動機構と平面摺動機構に摺動変位の絶対値に比例して増加する圧縮力を作用させる。それらの機構の摺動面にはその圧縮力に比例する摩擦力が摺動運動を妨げる方向に発生する。減衰装置は中央軸力部材と側方軸力部材を介してこの摩擦力を構造物に減衰力として作用させる。U型板ばねはこの圧縮力を調整するために用いられる。

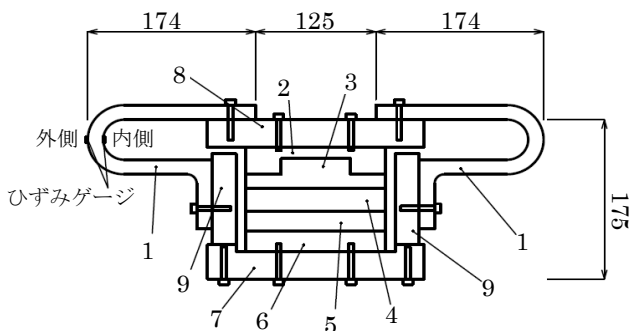


図-1 作動直角方向断面図

3. 減衰装置の力学特性

図-2に凹凸摺動機構の基本形状を示す。図は凹型摺動体が中立位置を基準として正の摺動変位を生じた状態を示す。凹型摺動体は互いに傾きが逆の摺動面 a,b を有し、凸型摺動体は互いに傾きが逆の摺動面 c,d を有す。正の摺動変位($u>0$)では、摺動面 d と摺動面 b が接触し、負の摺動変位($u<0$)では、摺動面 c と摺動面 a が接触することによって摺動機構の高さが増加する。

4. 往復载荷試験

減衰装置の力学特性を調べるために、往復载荷試験を実施した。写真-1に振動減衰装置の外観を示す。長周期構造物の制震対策を前提とするため、载荷方法は振動数 0.2Hz (周期 5sec.) とし、連続往復 10 回の载荷試験を 3 回と連続往復 120 回の载荷試験を 6 回行った。試験の 1 回~9 回をそれぞれ、T-1~T-9 と呼ぶ。

(1) 軸力と変位

往復载荷試験の T-4 と T-9 で得られた減衰装置の軸力と変位の履歴曲線を図-3に示す。両者とも履歴曲線は蝶が羽を広げたような形になることが確認できる。T-4 と T-9 の履歴曲線を比べると変位が 0 のところ (中立時) では、T-9 が T-4 よりも摩擦力(F_A)が大きくなることが確認できる。また、履歴曲線の傾き(B の範囲) も T-9 の方が T-4 よりもなだらかなことが確認できる。

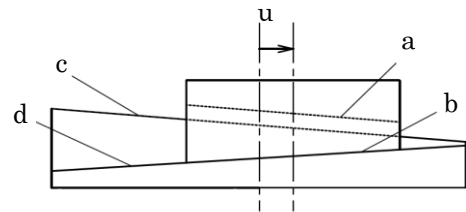


図-2 凹凸摺動機構の基本形状

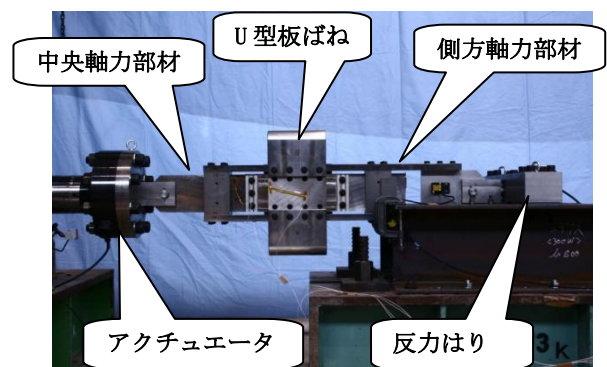


写真-1 振動減衰装置の外観

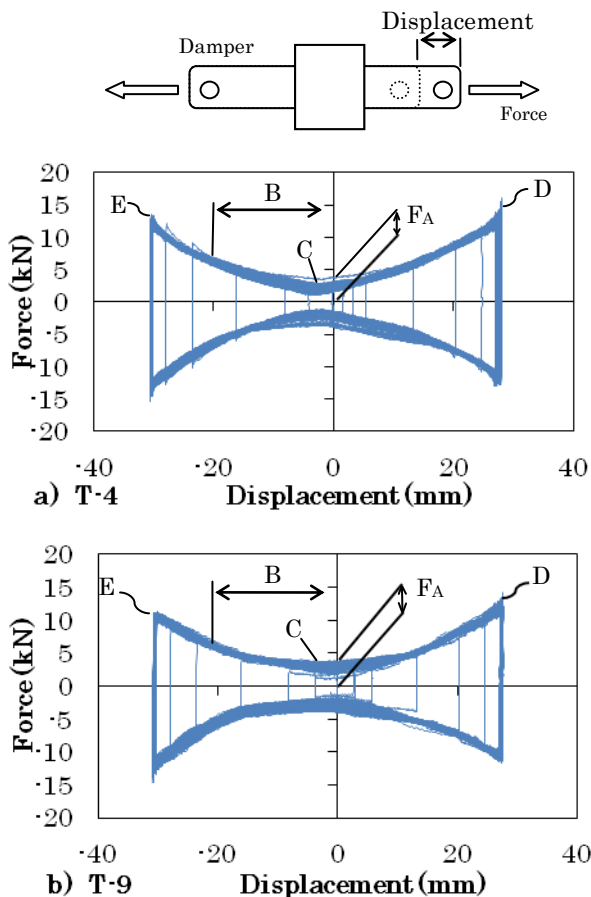


図-3 軸力と変位の履歴曲線

(2) ひずみと温度と往復回数

抵抗リングに作用する圧縮力の変化を調べるために U 型板ばねにひずみゲージを貼りつけ、往復試験中の U 型板ばねのひずみの変化を調べた。ひずみゲージの貼りつけ位置は、図-1 に示す。また、摺動体に温度計を貼りつけて、試験中の摺動体の温度変化を調べた。

図-4 に、図-3 の C,D,E 点での U 型板ばねの内側のひずみと減衰装置の往復回数の累計と摺動体の温度の関係を示す。図-5 に別途実施した抵抗リングの載荷試験で得られた圧縮力と U 型板ばねのひずみの関係を示す。図-4 より、初めは往復回数を増やしていくと、徐々にひずみも増加するが、往復回数 100 回を超えたあたりからは往復回数が増加しても U 型板ばねのひずみは増加しないことが確認できる。また、往復回数を増やしていくと摺動体の温度は上昇することが確認できる。このことから、U 型板ばねのひずみの変化と摺動体の温度変化は密接な関係がないと考えられる。

(3) 軸力とひずみ

図-6 に軸力と U 型板ばねの外側のひずみの関係を示す。図より、累積往復回数が少なく U 型板ばねの外側ひずみ（中立時）が小さい時は減衰装置の軸力（中立時）は、ひずみに比例して増加するが、累積往復回数が多くなりひずみが大きくなると、ひずみと軸力の関係は不規則になることが確認できる。

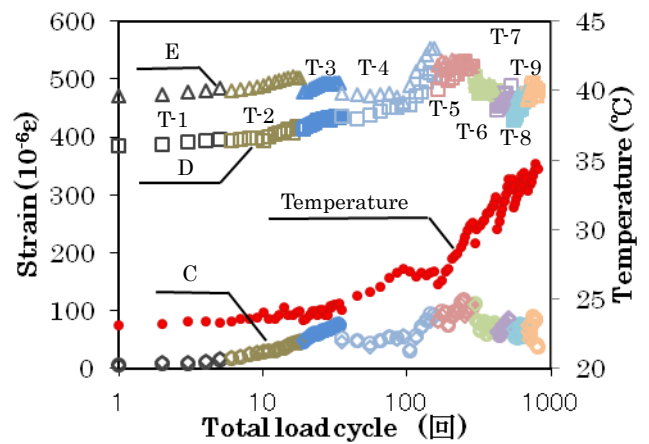


図-4 U 型ばねの内側のひずみと回数

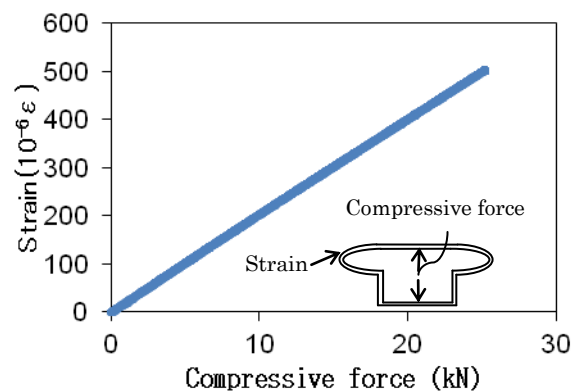


図-5 圧縮力とひずみ

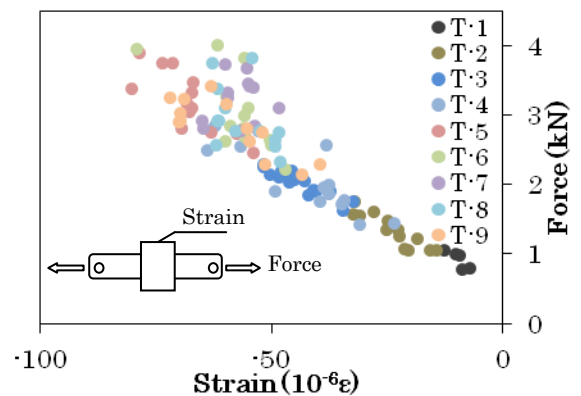


図-6 軸力と U 型ばねの外側のひずみ

5. まとめ

本研究では、減衰力としての摩擦力が変位の絶対値に比例して増加する特性を有するせん断力型振動減衰装置の往復載荷試験を行い、減衰装置に作用する軸力や変位、摺動体の温度、U 型ばねのひずみ等を調べた。他の実験結果については発表当日に説明する。

参考文献

- 1) 片山拓朗、東康二：変位の絶対値に比例する摩擦力を生成する軸力部材型振動減衰装置の実験