

変位比例摩擦力型振動減衰装置に用いる板ばねの試作と載荷試験

崇城大学工学部エコデザイン学科 正会員 ○片山拓朗
建築学科 非会員 東 康二

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震で経験したように、東海地震・南海地震・東南海地震の連動で引き起こされると予想される長周期地震動は、関東平野・濃尾平野・大阪平野に位置する超高層ビルや長大橋などの長周期構造物に対する現実的な脅威であり、これらの構造物または将来建設される長周期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は社会的な要請である。

筆者らは、長周期振動対策に用いる振動減衰装置として、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装置を提案している^{1), 2)}。その装置の中核部品は凹凸摺動機構と板ばねである。そこで紹介されている板ばねは複雑な形状であり、実用化にあたっては単純な形状に改める必要がある。ここでは、最大振幅 40mm・最大軸力 100kN の能力の装置を実現するために、形状を簡素化した板ばねの試作とその載荷試験について報告する。

2. 振動減衰装置の基本構造

図-1 に装置の作動直角方向断面図を示す。装置は板ばね(1)、凹凸摺動機構(2 & 3)、平面摺動機構(4 & 5)、ピストン(6)、H 型シリンダー(7)で構成され、二種類の摺動機構、ピストンおよび溝型板ばねは H 型シリンダーを挟んでそれぞれ対称に配置される。凹凸摺動機構は摺動方向に互いに逆向きに傾斜した二種類の摺動面を有する凹型摺動体(2)とこれに咬み合う凸型摺動体(3)で構成され、凹凸摺動機構の高さはこれらの摺動体の摺動変位の絶対値に比例して増加する。平面摺動機構は二つの平面摺動体(4)と(5)で構成される。ここに括弧内の数字は図-1 の符号である。

凹型摺動体 2 は板ばね 1 にボルトで固定され、同様にして、凸型摺動体 3 と平面摺動体 4 はピストン 6 に、平面摺動体 5 は H 型シリンダー 7 に固定される。板ばね 1 と H

型シリンダー 7 はそれぞれボルトで相互に連結されることにより閉じた拘束リングを形成する。

提案の振動減衰装置は、凹凸摺動機構の摺動変位に伴い発生する凹凸摺動機構の高さの増加を利用して、その高さの増加方向に拘束リングを押し広げることによって、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。装置はピストンと H 型シリンダー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。なお、平面摺動機構は摩擦力を低コストで増強させるために用いる。

3. 抵抗リングの圧縮力

図-2 に凹凸摺動機構の基本形状および摺動変位(u)と高さの増加(Δh)の関係を示す。図は凹型摺動体 2 が中立位置(Neutral)を基準として正の摺動変位($u > 0$)を生じた状態を表す。 h_0 は中立時の機構の高さである。凹型摺動体 2 は互いに傾きが逆の摺動面(2a & 2b)を有し、凸型摺動体 3 は互いに傾きが逆の摺動面(3a & 3b)を有す。正の摺動変位($u > 0$)では摺動面 2a と摺動面 3a が接触し、負の摺動変位($u < 0$)では摺動面 2b と摺動面 3b が接触する。摺動機構の高さの増加 Δh は次式で表される。

$$\Delta h = \begin{cases} i_a |u|, & u \geq 0 \\ i_b |u|, & u < 0 \end{cases} \quad (1)$$

ここに、 i_a は摺動面 2a と 3a の勾配であり、 i_b は摺動面 2b と 3b の勾配である。

凹凸摺動機構、平面摺動機構、ピストンおよび H 型シリンダーの圧縮変形を無視すると、摺動機構と抵抗リングに作用する圧縮力(F)は次式で表される。

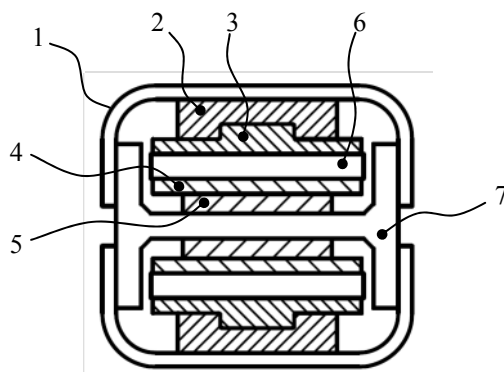


図-1 作動直角方向断面図

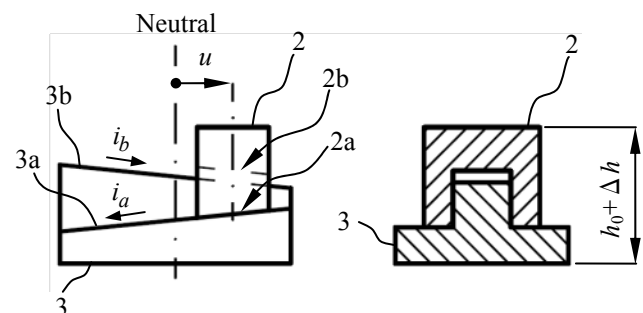


図-2 凹凸摺動機構の基本形状

キーワード：振動減衰装置、変位比例摩擦力、凹凸摺動機構、平面摺動機構、板ばね

連絡先：(〒860-0042 熊本市池田 4-22-1, Tel:096-326-3792, Fax:096-311-1769, Email:katayama@eco.sojo-u.ac.jp)

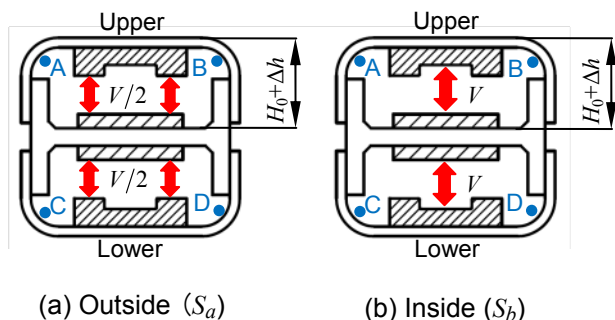


図-3 拘束リングのばね定数と圧縮力

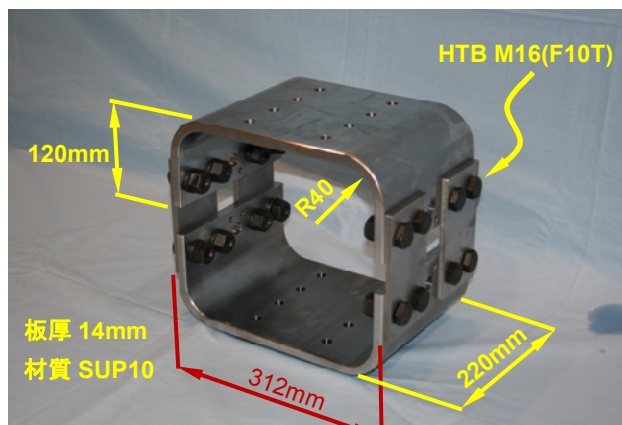


写真-1 試作した板ばねの外観

$$V = \begin{cases} S_a \Delta h = S_a i_a |u|, & u \geq 0 \\ S_b \Delta h = S_b i_b |u|, & u < 0 \end{cases} \quad (2)$$

ここに、 S_a, S_b は図-3 に示すように圧縮力 V とこの圧縮力による変位 Δh で定義する拘束リングのばね定数とする。図(a)は凹凸摺動機構の摺動面 2a と摺動面 3a が接触する場合の圧縮力の作用位置を表し、図(b)は摺動面 2b と摺動面 3b が接触する場合の圧縮力の作用位置を表している。ここに H_0 は拘束リングの初期高さである。

4. 板ばねの試作と载荷試験

写真-1 に試作した 2 個の板ばねの外観と基本寸法を示す。板ばねの材料(材質)は直径 200mm の丸棒 (SUP10) とし、材料を鍛造により長方形に成形し、切削により大まかに所定の形状に加工し、それに焼入れと焼き戻しの熱処理を施し、最後に切削により板ばねの所定寸法に成形した。

同様な加工法により直径 14mm の試験片 (JIS Z 2201 4 号試験片) を製作し、引張試験を行った。引張試験による弾性係数、降伏応力度(残留ひずみ 0.2%)、引張強さはそれぞれ 210000 N/mm², 1080 N/mm² 以上, 1230 N/mm² 以上であることを確認した。また、比例限度はひずみで約 0.5%、応力度で約 1050 N/mm² であった。

図-4 は载荷試験で得られた圧縮力 V と変位 Δh の履歴曲線である。最大圧縮力 150kN の範囲においては、载荷と除荷の経路は異なるものの、残留変位は生じなかった。接触する摺動面の違いによりばね定数が異なることが確

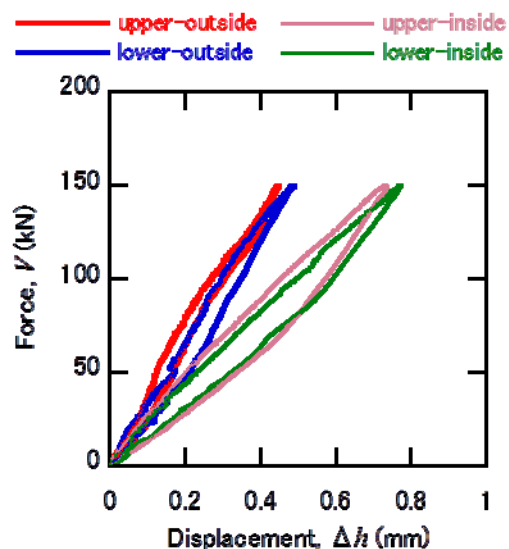


図-4 圧縮力と変位の履歴曲線

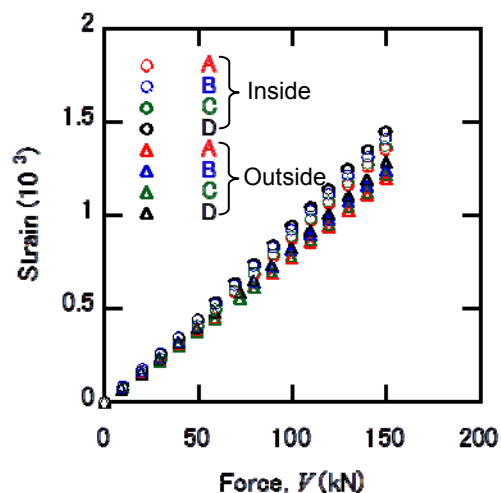


図-5 圧縮力とひずみの関係

認され、摺動面 2a, 3a が接触する場合(outside)のばね定数は 320~350kN/mm 程度、摺動面 2b, 3b が接触する場合(inside)のばね定数は 200~170kN/mm 程度であることが確認された。

図-5 は、载荷過程における板ばねのひずみと圧縮力の関係である。ひずみの計測点は図-3 の記号 A, B, C, D で示す内側の曲面である。各計測点のひずみは圧縮力に概ね比例することが確認された。最大圧縮力が 150kN の範囲においては板ばねの内側曲面のひずみは、引張試験で確認された比例限度内にあることが確認される。

载荷実験の結果より、試作した板ばねは概ね弾性体として挙動することが確認された。

参考文献

- 1) 片山拓朗, 山尾敏孝: 変位の絶対値に比例する摩擦力を生成する摺動型減衰装置に関する研究, 土木学会論文集 A, Vol. 66 No. 4, pp.783-798, 2010.
- 2) 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, 土木学会第 66 回年次学術講演会, CD-ROM, 1-353, 2011.