

大型ネオジウム磁石を備える転がり免震支承の自由振動特性

崇城大学工学部機械工学科 正会員 ○片山拓朗

1. はじめに

筆者は多数の転動体(鋼球)で鉛直支持力を確保し、磁石間の磁力線直角方向の磁気吸引力を復元力とする転がり免震支承を試作し、静的往復作動試験によって得られた復元力特性を報告した¹⁾。その試作機の最大変位は約 250mm である。変位が約 30 mm 未満ではその復元力は概して弾性的であり、変位が約 30mm を超えると復元力は概して超弾性的であった。

この復元力によって特徴づけられる振動特性を検討するため約 1000kg の付加質量を搭載した試作機の自由振動試験を実施した。ここでは試験によって明らかになった提案支承の自由振動特性を報告する。

2. 提案支承の基本構造

図1は提案支承の基本構造図である。図(a)と図(b)はそれぞれ平面図と断面図である。以下、本文中の数字1~9は図1中の符号を示す。提案支承は主にスライドプレート1、リテーナー2、ベースプレート3で構成する。図1はスライドプレートとベースプレートに一对の外力 F が作用し、両プレート間に変位 u が生じた状態を示す。

リテーナーはカバー5を用いて転動体4を転動自在に格納し、スライドプレートとベースプレートの間

多数の転動体を配置する。

スライドプレートとベースプレートの中央にはそれぞれ円盤状の磁石6と磁石9を配置し、リテーナーの中央部には円盤状の磁石7と磁石8を配置する。4つの磁石6~9は互いに吸引する向きに取り付けられる。

提案支承に変位 u が生じると、スライドプレート、転動体、ベースプレートおよび磁石の間で発生する磁界に変化が生じ、その磁界の変化を元に戻す方向すなわち変位を元に戻す方向に磁気吸引力が発生する。

3. 試作機の諸元

写真1と表1にそれぞれ試作機の外観と諸元を示す。スライドプレートとベースプレートの材料は耐摩耗鋼板とし、転動体は高炭素クロム軸受鋼(SUJ2)の玉軸受用鋼球とした。リテーナーの材料はアルミニウム合金(A5052P)とした。磁石はネオジウム磁石とした。磁石6と磁石7の磁極間隔および磁石8と磁石9の磁極間隔は4.5mmとした。

転動体の直径と個数はそれぞれ50.8mm(2 inch)と40個とし、転動体は半径の異なる二つの同心円上に等間隔に配置した。内側と外側の転動体のピッチ円の直径はそれぞれ424mmと516mmとした。試作機の最大変位は254mmである。

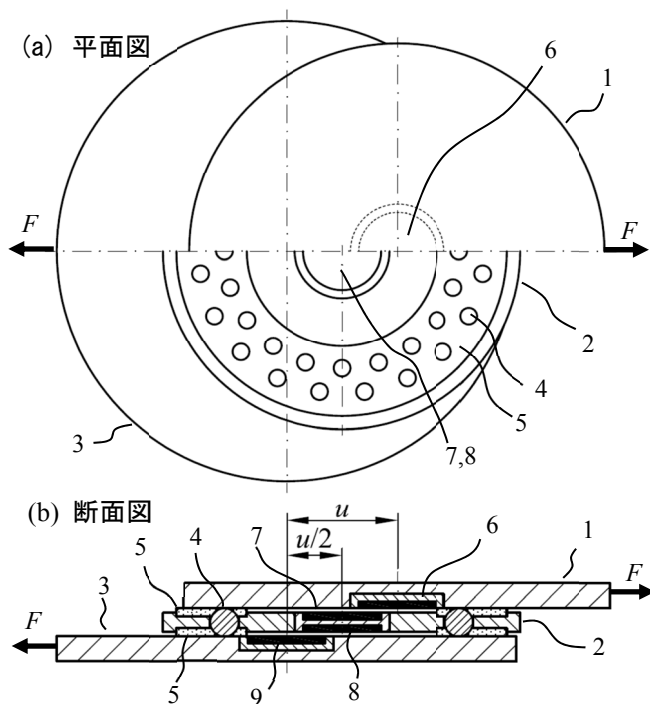


図1 提案支承の基本構造図

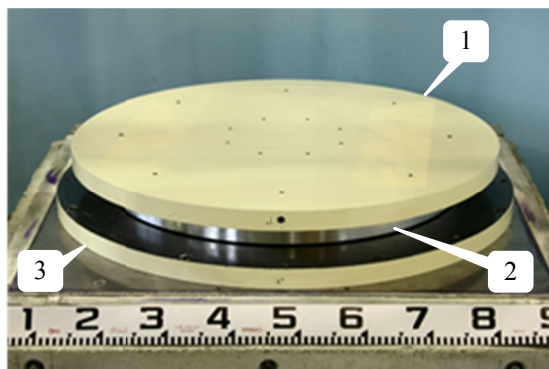


写真1 試作機の外観 ($u=0$)

表1 試作機の諸元

名称・符号	寸法 (mm)	質量 (kg)	材質
スライドプレート・1	$\phi 770 \times t35$	128	耐摩耗鋼板
リテーナー・2	$\phi 644 \times t45$	20.6	A5052P
ベースプレート・3	$\phi 830 \times t35$	140	耐摩耗鋼板
転動体・4	s $\phi 50.8$	0.535/個	SUJ2
カバー・5	$\phi 596 \times t10$	2.3	POM
磁石・6~9	$\phi 140 \times t15$	-	ネオジウム磁石

キーワード：免震支承，転動体，磁石，磁気吸引力，自由振動

連絡先：(〒860-0042 熊本市西区池田 4-22-1, Tel: 096-326-3792, Fax: 096-323-1351, Email: katayama@eco.sojo-u.ac.jp)

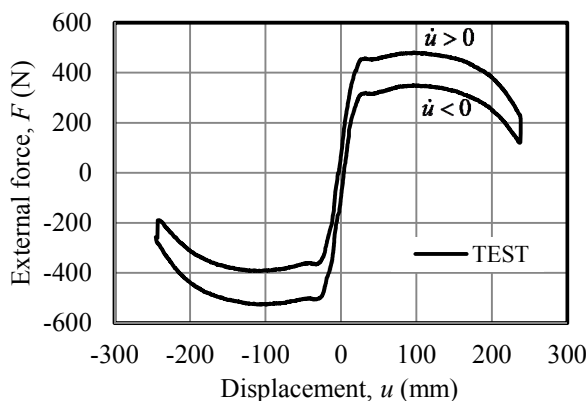


図2 外力—変位曲線

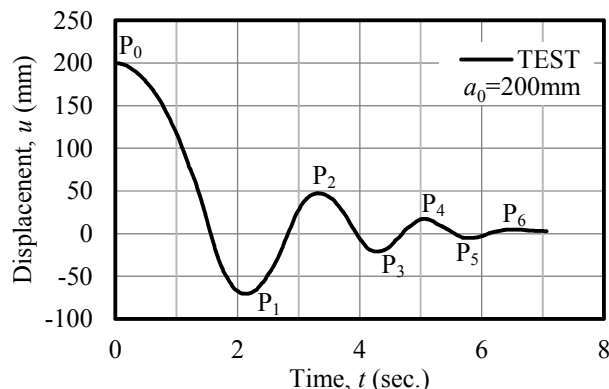


図3 自由振動記録の一例

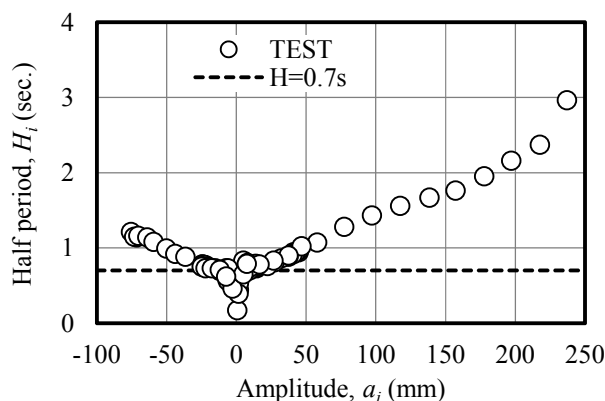


図4 振幅と半周期の関係

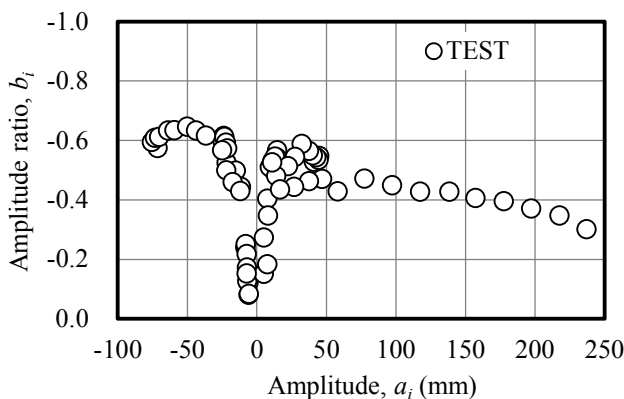


図5 振幅と振幅比の関係

4. 復元力特性

図2は試作機の外力—変位曲線である。中立位置から変位が増加する方向にスライドプレートを動かすと($\dot{u} > 0$)、変位 u が約 15mm までは変位の増加に比例して外力が増加し、変位が約 15mm を超えると外力の増加の割合は減少し、変位が約 30mm で外力は最大となった。その後、変位が約 100mm まで外力は緩やかに増加し、変位が約 100mm を越えると外力は緩やかに減少した。前進時($\dot{u} > 0$)と後退時($\dot{u} < 0$)の外力—変位曲線は摩擦力のため異なった。摩擦力は 69N と推定される。

5. 自由振動特性

図2より、変位が 15mm より小さい場合の初期接線剛性は約 23N/mm と考えられる。付加質量 1091kg と試作機の可動部の有効質量 132kg の合計質量は 1223kg であり、合計質量と初期接線剛性から推定される振幅 15mm 以下の固有周期は約 1.4s である。外力—変位曲線の特徴から振幅が 15mm を越えると固有周期は 1.4s より大きくなると推定される。

図3は初期変位 a_0 を与えて自由振動させたときの試作機の自由振動記録の一例である。記号 $P_0 \sim P_6$ で示す変位—時間曲線の山と谷に着目すると、振幅は時間の経過と共に減少し、隣り合う山と谷の時間間隔が変化していることが確認される。

山谷 P_i の発生時間と振幅をそれぞれ t_i と a_i とし、隣

り合う山と谷の時間間隔を半周期 H_i として次式で定義する。

$$H_i \equiv t_{i+1} - t_i, i = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

また、半周期ごとの振幅の変化を振幅比 b_i として次式で定義する。

$$b_i \equiv \frac{a_{i+1}}{a_i}, i = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

図4は、初期変位を 10mm～240mm まで 20mm 刻みで変化させた自由振動試験で得られた振幅 a_i と半周期 H_i の関係である。図4には予想される振幅 15mm 以下の固有周期 1.4s から計算した半周期 $H=0.7s$ を併記する。振幅が 0 に近い場合の半周期は実験値と計算値が良い対応を示した。振幅が約 200mm 以下では振幅の増加に比例して半周期が増加することが確認される。

図5は半周期の振幅と振幅比の関係である。振幅が 0 に近い場合は摩擦力のため振幅比のばらつきが大きい。振幅が正の場合と負の場合で振幅比の大きさに違いがみられる。正の振幅では、振幅が増加すると振幅比が減少することが確認される。これらの振幅と振幅比の関係は試作機の減衰性能を示すと考えられる。

参考文献

- 1) 片山拓朗：大型ネオジウム磁石を備える転がり免震支承の磁気復元力，日本建築学会大会学術講演梗概集，2015.9.