

磁石式多層すべり免震支承の水平反力特性

崇城大学工学部 正会員 ○片山拓朗
第一復建株式会社構造設計部 正会員 片山 花

1. はじめに

筆者らはそれぞれ円板状のネオジウム磁石とすべり面を備える、上沓、中間沓及び下沓からなる磁石式多層すべり免震支承を試作し、その支承の水平反力特性を報告した¹⁾。その支承のすべり層はフッ素樹脂シート、シリコンオイル及び磨きオーステナイト系ステンレス鋼板で構成し、すべり層数は2層であった。

提案支承のすべり層の限界すべり量は磁石の直径で決まるので、提案支承の限界変位を大きくする方法としては、磁石の直径を大きくする、すべり層の数を増やす及びそれらを併用する、の3手法が考えられる。

ここでは、すべり層の数に着目し、すべり層の数が1層、2層及び3層の提案支承の試作機について、緩速往復作動試験で得られた水平反力特性を報告する。

2. 提案支承の基本構造

図-1 は、提案支承の上部と下部に水平方向の一对の外力 H が作用し、上部と下部の間に水平方向の変位 u が生じた状態を表す。図(a)と図(b)はそれぞれ平面図と中央断面図である。以下、本文中の数字 1~12 は図中の符号を示す。提案支承はそれぞれ円板状の上沓(1+2+3+4)、2 個の中間沓(5+6+7+8)及び下沓(9+10+11+12)を、隣り合う沓が互いに水平方向に摺動できるように、鉛直方向に重ねて構成する。

上沓は上部磁石 1、上部磁石を囲む上部非磁性体 2、及び上部磁石と上部非磁性体のそれぞれ上側と下側で接する上部磁性体 3 と上部凸側摺動体 4 で構成する。上沓の下面は下に凸の形状であり、上部凸側摺動体 4 は凸の形状の先端にある。

中間沓は中間磁石 5、中間磁石を囲む中間非磁性体 6 及び中間磁石と中間非磁性体のそれぞれ上側と下側で接する中間凹側摺動体 7 と中間凸側摺動体 8 で構成する。中間沓の上面は上に凹の形状であり、中間凹側摺動体は凹の形状の窪みの底にある。中間沓の下面は下に凸の形状であり、中間凸側摺動体は凸の形状の先端にある。

下沓は下部磁石 9、下部磁石を囲む下部非磁性体 10 及び下部磁石と下部非磁性体のそれぞれ上側と下側で接する下部凹側摺動体 11 と下部磁性体 12 で構成する。下沓の上面は上に凹の形状であり、下部凹側摺動体は凹の形状の窪みの底にある。

上部磁石、中間磁石、下部磁石の磁極面の形は円形であり、各磁石は鉛直方向に互いに吸引するように配置される。隣り合う磁石の水平面内の投影形状は、中立時においては重なり、限界変位時においては部分的に重なる。磁石が部分的に重なる状態では隣り合う磁石間に磁気吸引力が発生し、磁気吸引力の水平分力が支承の変位 u を元に戻す復元力となる。

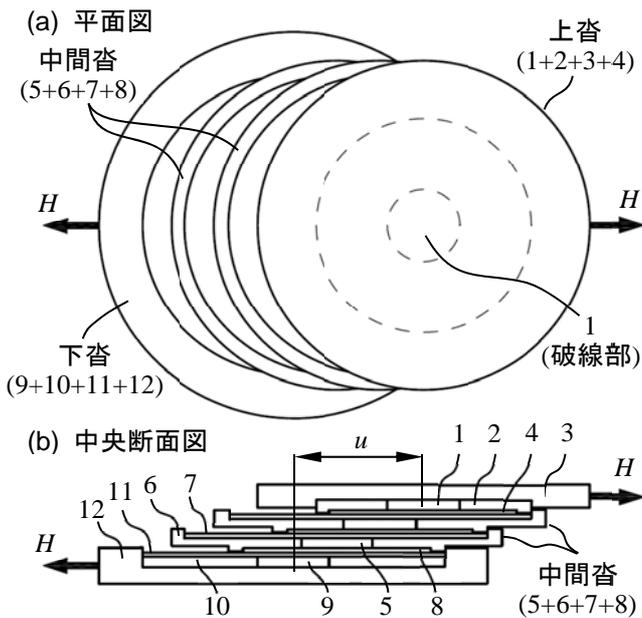


図-1 提案支承の基本構造 (すべり 3 層)

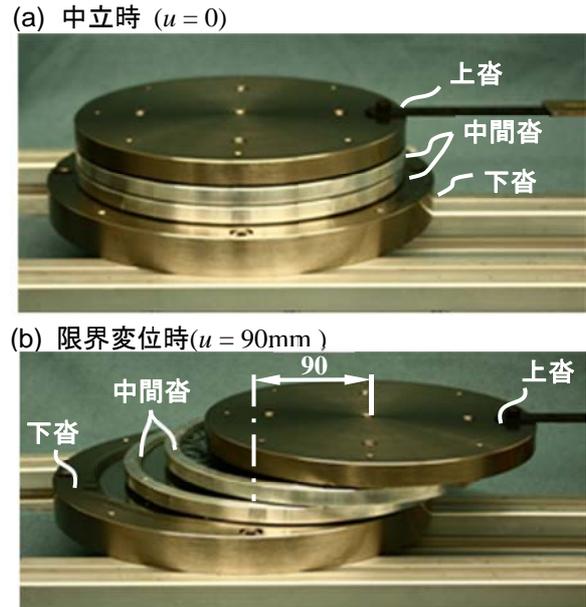


写真-1 試作機の外観 (すべり 3 層)

キーワード：免震支承，すべり，磁石，水平反力

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@mec.sojo-u.ac.jp)

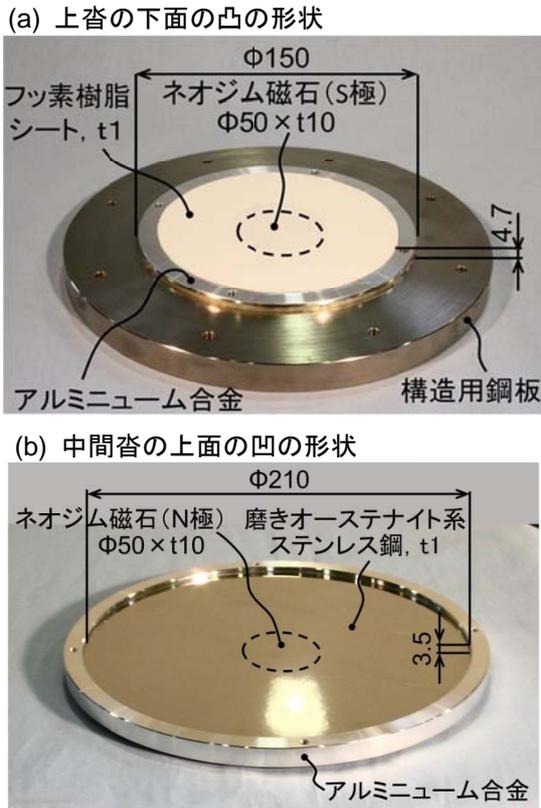


写真-2 凸の形状と凹の形状の寸法と外観

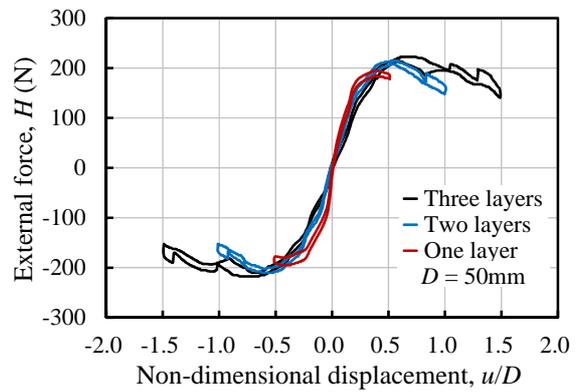


図-2 外力—変位の履歴曲線

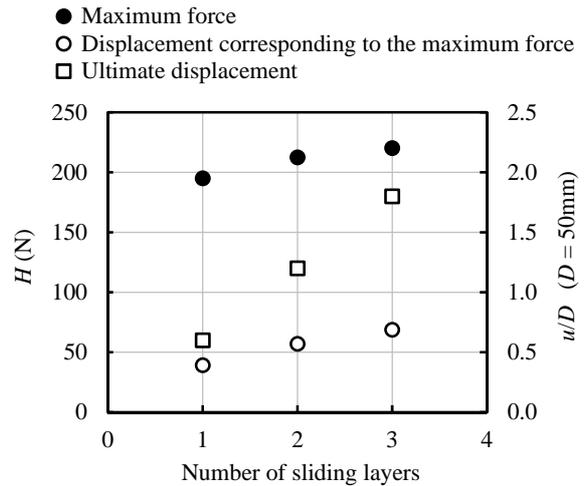


図-3 最大外力と最大外力時変位の比較

3. 試作機の諸元

写真-1(a)と写真-1(b)はそれぞれ中立時と限界変位時の試作機の外観である。限界変位時とは、鉛直方向に隣り合う沓の凸の形状と凹の形状の変位方向の隙間がゼロとなった状態である。中立時の凸の形状と凹の形状の隙間は30mmであり、限界変位時の上沓と下沓の変位は90mmである。

写真-2(a)と写真-2(b)はそれぞれ上沓の下面の凸の形状と中間沓の上面の凹の形状の寸法と外観である。中間沓の下面の凸形状と下沓の上面の凹の形状も同様である。凸の形状の先端には凸側摺動体としてフッ素樹脂シート(厚1mm)を配置し、凹の形状の窪みの底には凹側摺動体として磨きオーステナイト系ステンレス鋼板(厚1mm)を配置した。ステンレス鋼板及びフッ素樹脂シートは共に非磁性体と磁石にエポキシ樹脂系接着剤で固定した。シートとステンレス鋼板の裏側には円板状のネオジウム磁石(直径50mm×厚10mm)を配置した。上部非磁性体、中間非磁性体、下部非磁性体はアルミニウム合金板(A5052P)とし、上部磁性体と下部磁性体は構造用鋼板(SS400)とした。凹の形状の窪みにシリコンオイルを充填した。

4. 試作機の水平反力特性

図-2は緩速往復作動試験で得られた試作機の外力—変位の履歴曲線の一つである。図には、中間沓を1個とするすべり2層の試作機の履歴曲線及び中間沓を省略

するすべり1層の試作機の履歴曲線を併記する。すべり1層、すべり2層及びすべり3層(写真-1)の各試作機の限界変位はそれぞれ30mm, 60mm, 90mmであり、作動試験時の各試作機の最大変位(最大変位/磁石直径)はそれぞれ25mm (0.5), 50mm (1.0), 75mm (1.5)とした。磁石の直径はD=50mmである。図-2より、すべり層数を増加させることにより、外力すなわち水平反力を大きく減少させることなく最大変位を増加できることが確認される。

図-3は外力—変位の履歴曲線における最大外力、最大外力時の変位、限界変位及びすべり層の数の関係である。すべり層の数を増加させると、最大外力と最大外力時の変位は単調に増加し、限界変位は層数に比例して大きくなることが確認される。

すべり1層、すべり2層及びすべり3層の各試作機の初期接線剛性はそれぞれ24.8N/mm, 15.8N/mm, 12.9N/mmである。また、各試作機の鉛直方向の磁気吸引力はそれぞれ813N, 757N, 715Nである。

参考文献

1) 片山拓朗, 片山花: 磁石式多層すべり免震支承の変位—水平力特性, 平成28年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, I-13, 土木学会西部支部, 2017年3月。