

機械的な装置による基礎絶縁型免震構造の振動台実験

荒谷建設コンサルタント 正 ○芝 ひかる 高知県 山本 守
 日建技術コンサルタント 池 正行 高知高専 正 黒岩 哲夫

1) はじめに

現在、建築分野で普及し、また一部、橋梁の支承として取り入れられ始めた免震アイソレータは積層ゴムである。一方、このようなアイソレータの働きは機械的な装置によっても実現でき、積層ゴムにないいくつかの特長を持つ。

以下、試作した概略 1/4 模型の当該アイソレータに、これもまた機械的な働きを利用しての、摺動摩擦型ダンパを組み合わせ構成した免震構造の強震応答実験について報告をする。

2) アイソレータとダンパおよび構造模型

アイソレータとダンパの断面をそれぞれ図-1と図-2に示す。アイソレータは鉛直軸をその軸とする回転体から成る転動体、またダンパは水平面を摺動面とする摩擦装置で構成され、それぞれ水平面内 360° 任意の向きの変位と速度に対応できる。

アイソレータの復元力は製作時の幾何学的形状で決定される「復元力係数」と支持重量との積で決まる。復元力係数は、たとえば図-1のように水平方向に $b_0/2$ だけ偏心した半径 r の円弧を転動体の母線とする場合、転動角を 0.1rad 程度に抑える条件で、転動角つまり水平変位の大きさに無関係に概略一定値 $b_0/(2r) = b_0/h_0$ となる¹⁾。 h_0 は転動体の高さである。試作したアイソレータの復元力係数、これを p_0 で表して、その形状寸法から $p_0 = 0.04$ である。なお、材質は許容支持力を高めるため S45C を選んだ。

ダンパはコンクリート塊とコンクリート板の組合わせで、実測した静止摩擦係数は 0.4 程度である。減衰力としては速度にあまり影響を受けないところの、静摩擦力よりやや小さい動摩擦力が対応する。取り扱う物理量としては、復元力係数に対応させた「減衰力係数」を定義することとした。アイソレータの場合、任意に配置された個々の復元力はそれぞれの支持重量に比例する、つまり剛心は必然的に免震される構造部分の重心に一致する。ここで試作したダンパは、付加重量から摩擦面圧を決定する形としたので、摩擦力そのものは、アイソレータのような配置位置と復元力の大きさの間にあるような関係を持たない。したがって減衰力係数の定義は、すべてのダンパの摩擦力の合計と免震される構造部分の重量の比として定義した。なお、ここでは測定の困難から、静止摩擦係数から算出した摩擦力を得られる減衰力として、定義の減衰力係数を決定した。以上で示した復元力特性と減衰力特性はそれぞれ図-3、4 のようである。

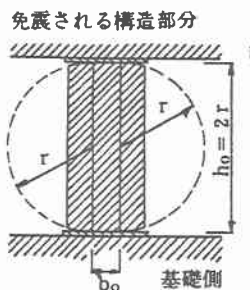


図-1 アイソレータ



図-2 ダンパ

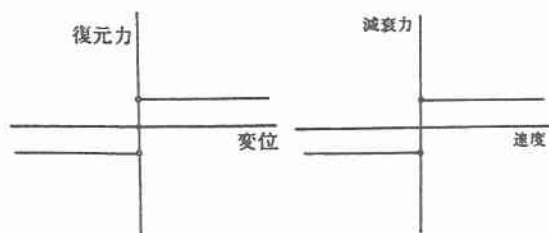


図-3 復元力特性 図-4 減衰力特性

構造模型の平面図を図-5に示した。免震される構造部分の重量の影響を見るため、ここに載せた付加重量を撤去または移動して実験に臨んだ。それぞれの場合、減衰力係数算出に際しての分母となるこの部分の重量と具体的な減衰力係数は表-1のようになる。

表-2は、想定する実構造のアイソレータを同じ材料で構成すると
して弾性係数の比を1、また強震記録を同じ大きさの加速度で与える
こととしてこれらの比を1とすることを2つの条件として決定した、
関連する物理量の相似比である。

なお、加振装置は高知高専設置の加振力300Kgf、±5cmの油圧アク
チュエータによる一軸振動台である。強震記録は1968年十勝沖地震八
戸港記録NSおよびEWとし、手持ちのデジタル・データをD/A変換
して振動台の入力信号とした。

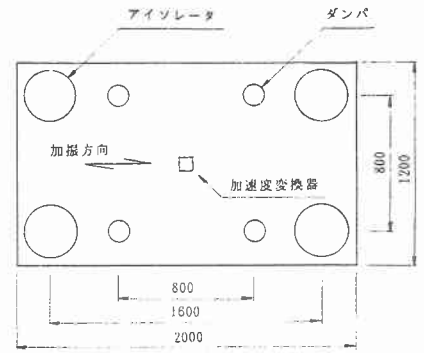


図-5 模型の平面

3) 実験結果

図-6に時間を1/2とした強震応答15秒間の一例
として、NS成分(下側)に対する加振方向絶対加
速度度応答(上側)を示す。

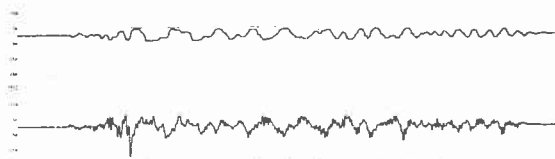


図-6 十勝沖地震八戸港NSに対する応答

4) まとめ

転動体型の免震アイソレータに、摺動摩擦によるダンパを併用した基礎絶縁型免震構造は、積層ゴムによ
るそれにはない、つぎに示す特長を持つ。

- ① 非線形な復元力と減衰力を持つそれぞれアイソレータとダンパで構成した当構造は狭義の固有振動数を
持たない。一定の変位振幅 u_1 で定常振動する、復元力係数 p_0 と減衰力係数 q_0 の1自由度系の振動数 f は

$$f = \sqrt{((p_0 - q_0)g / 2u_1)} / 4$$

$$p_0 > q_0$$

g は重力の加速度である。

- ② 式①の中に質量 m が含まれないことから、転動体の自重による慣性力や接触部の摩擦力の影響にいく
かの配慮をすれば、製作された特定の復元力係数を持つひとつのアイソレータが免震される構造部分の重
量の増減を意識することなく流用できる。重量の増加に対する唯一の条件はアイソレータの許容支持力で
ある。なお、鋼種にもよるがヘルツの理論によると、高さ5mの転動体に対して100tonf程度が得られる。

- ③ 中立静止時の安定がよく、地震に備えてのトリガ装置を必要としない。このときの水平抵抗力 F_0 は

$$F_0 = (p_0 + q_0)W$$

W は免震される構造部分の重量である。なお、免震される構造部分に生じる加速度の最大値は F_0 / g 。

- ④ 当模型は絶対加速度の最大値や相対変位の最大値にほとんど変化はないものの応答の再現性に乏しい。
ダンパの接触面の変化などに原因が考えられるがいずれの場合にも安定した応答である。いいかえればロ
バスト性が極めて高い。このことはアイソレータの接触面さらには形状についても言えることで、結論的
に転動体の製作に当たって高度な精度を必要としない。このようなデバイスは特別な生産装置を必要とせ
ず地方の鉄工所の技術レベルで十分に対応できる。

規制緩和が叫ばれる現在も、標準的な積層ゴムによる免震建築についても逐一、時間と経済的負担の大き
い建築センターの評定を必要としている。このような中、当免震機構のとりあえずの応用先としては、床免
震、棚免震、機器免震などが考えられる。

<文献1)黒岩他「機械的な装置による基礎絶縁型免震構造の1自由度系としての応答計算」

高専学術紀要第31号1989年8月>