

東日本大震災・兵庫県南部地震クラス対応の免震台

observer
アブサーバー

マーブルベアリングの奇跡は、先人の御影石の知恵から



地震からあなたの大切な資産を守る
株式会社金澤製作所

免震台アブサーバーの特徴

1. 特許マールベアリングによる減衰性と復元性の両立
2. 産学共同開発による学術的・技術的信頼性
3. 何度地震が起きてもメンテナンスフリーの長期保証
4. シンプル構造、低価格、そして誰でも楽々設置
5. 小型美術品から大型機器、そして床免震まで対応



アブサーバーの原理は日本の伝統技術



土壁に隠された【しなり】の原点

よく古い家屋のまわりにみられる土壁。

たまにその崩れたところから、中の竹が見えることがあります。その竹のしなりは、先人が生み出した免震の原点なのです。

従来の免震装置では、どうしても中のベアリングの動きが一定で、硬直的になってしまい、原点である「しなり」を実現することができません。アブサーバーは、変位に合わせて変化する減衰力を実現しました。

山門の御影石の免震力

注意深く山門の構造を見てみると、その柱が御影石の上に乗っていることに気付かれるでしょう。実はこれが、アブサーバーのもう一つの原点、つまり摩擦と減衰力なのです。

地震の際、御影石の上を高台（柱の土台の石）が滑り、ほどよい減衰力が生まれます。

つまり「滑り」、まさにそこに着目したのです。

従来の免震装置で復元力をもつ装置では、「転がる」ベアリングが主流でした。そこに「滑り」を加え摩擦を起こし、「転がり」と「滑り」の機能により復元力を付加する。

アブサーバーの誕生は、まさに日本の先人たちの伝統技術そのものからです。



免震装置アブサーバーは、数々の特許と公的認定を取得した産学連携の成果です。

- ・経済産業省・関東経済産業局新連携事業認定
- ・東京都品川区・工業活性化支援事業認定
- ・東京トライアル発注認定制度認定事業
- ・全国中小企業団体連合中央会・実証支援事業
- ・首都大学東京の協力の元、都立産業高専との産学共同開発
- ・PAT第5278857号 マールベアリングによる横揺れの減衰力
- ・PAT第3249451号 マールベアリングによる横揺れの復元力
- ・PAT第3340707号 減衰パットによる免震装置
- ・特許公開2006-283959 マールベアリングによる免震装置

減衰と復元を可能とするアブサーバーの秘密は、マーブルベアリング

免震に必要な減衰性と復元性

復元性とは元の位置に戻る能力

免震装置の機能として、地震後に速やかに元の位置に戻す能力が復元性です。アブサーバーでは、マーブルベアリングによる位置エネルギーの変動を利用して、速やかに元の位置に戻すことを可能としています。

減衰性とは入力振動を吸収する能力

減衰性は地震終了時には振動を速やかに停止させる能力です。

この能力がない免震装置では、二次波による共振を起こす可能性が大きくなり大変危険です。

アブサーバーでは、マーブルと上下プレートの摩擦を利用して、減衰性を実現しています。

あらゆる方向からの地震入力波を、ベアリング効果で横運動に変え、マーブル型効果で徐々に摩擦抵抗を増し、横運動を減衰していきます。



復元力と減衰力のマッチング

相反する機能である、復元力と減衰力。

アブサーバーはマーブルベアリングの採用により、その両方の機能をマッチングさせることに成功しました。

通常のボール式では、復元力が強く働きすぎるために、加震終了後もいつまでも揺れてしまいます。これでは、減衰力が働かないために、振り子のようにいつまでも動き続けてしまいます。また、滑走プレート式は復元力がないので、元の位置に戻ることができません。

マーブルベアリングは、減衰力と復元力を兼ね備えているため、加震終了後、直ちに揺れを吸収し元の位置に戻ります。

減衰力がないと、様々は振動波を持った地震波の場合、元に戻ろうとする復元力の方向と地震波の方向がマッチした場合、共振し増幅し、大きな揺れになってしまうことになります。

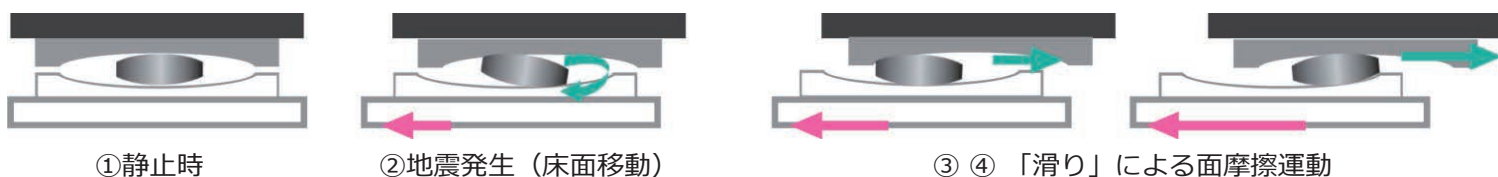


ボール型とマーブル型

揺れを吸収する力を示す減衰力と、機器装置を元の状態に戻す復元力が免震装置を見る際の指標となります。

減衰力が大きいほど、震度の大きい地震に対応できることになり、復元力が大きいほど、連続した揺れに強くなります。

地震発生時のアブサーバーの運動イメージ



- ①：静止状態にあるマーブル・ベアリング。地震波が到達するとともに、下部プレートが動きます。
- ②：マーブル・ベアリングは縦方向の動きで初期の衝撃を抑えます。
- ③：揺れが続くと、マーブル・ベアリングは横への滑り運動で衝撃を吸収するとともに、縦に起き上がり、楔（くさび）の役割を果たします。これにより復元力が形成されます。
- ④：揺れが大きくなればなるほど、マーブル・ベアリングの復元力は、対応する形で大きくなります。

実証実験での地震波で分かるアブサーバーの効果

国内有数の公的機関での3次元振動台実験でも、アブサーバーの効果を実証されています。
3.11東日本大震災、神戸震災などの地震波を再現した実験では、約85%の減震効果とピタッと元の位置に戻る復元性能が確認されています。

地震が発生すると、マーブルベアリングの摩擦効果により、免震台が減衰して行きます。
アブサーバーでは、マーブルベアリングをカバーする免震プレートが多面体になっているので、急激に摩擦抵抗を発生させることなく、徐々に抵抗を増していく構造になっています。
この実証実験では、1100gal（震度7超クラス）の入力が、140gal（震度4～5）まで低減され、機器の倒壊や免震台からの脱落なども発生しない、安全な免震装置であることが確認されています。

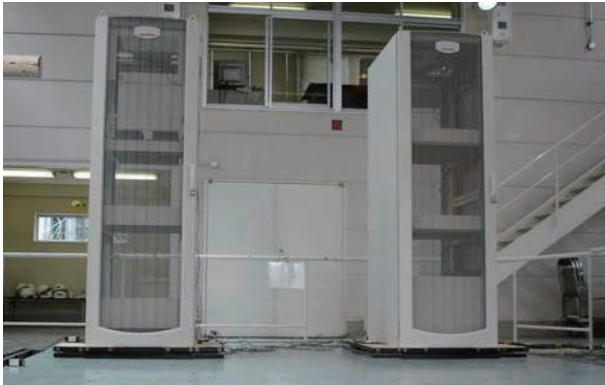
振動台 最大加速度	東西方向 1100 (gal)	南北方向 692 (gal)
アブサーバー上 最大加速度	140(gal)	149(gal)
アブサーバー 最大変位	13.6 (cm)	11.1 (cm)

ボール式・滑走プレート式免震台との違いも顕著

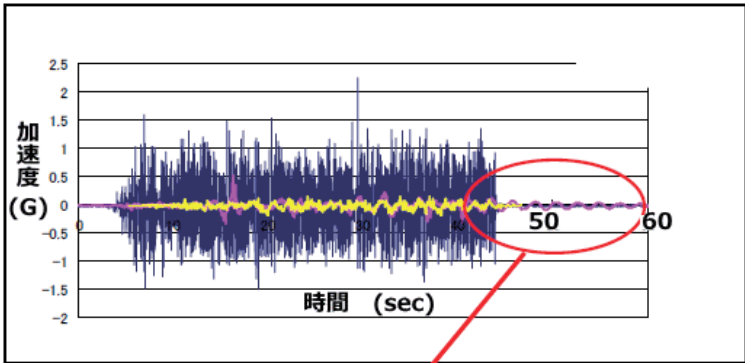
実験では、転がり摩擦のボール式免震台や、滑り摩擦の滑走プレート式免震台との比較実験も行いました。
その結果、通常のボール式では加震終了後もいつまでも揺れていたり、滑走プレート式では元の位置に戻らなかったりの問題が発生しました。

減衰力がないボール式では、免震台が元に戻る時の方向と地震波の方向がマッチした時、共振増幅し予想以上の大きな揺れを引き起こすことになります。

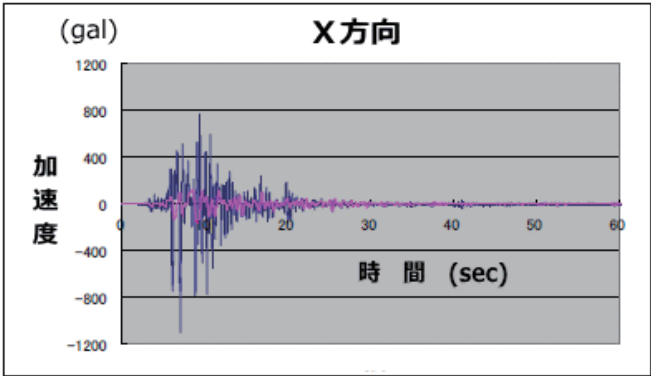
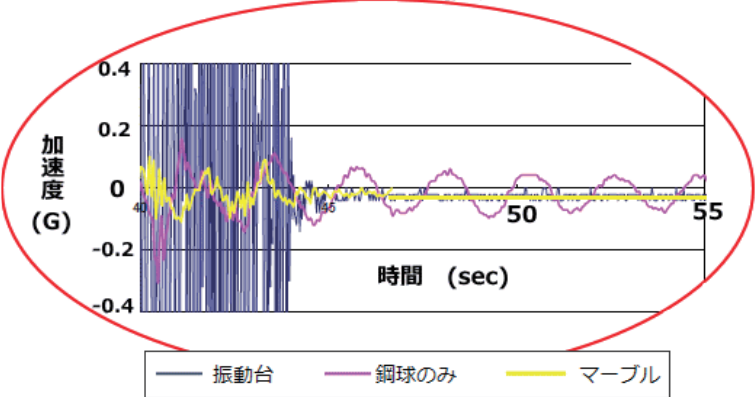
また、復元力や減衰力のない滑走プレート式免震台では、台から外れてしまったり、元の位置に戻らないための修復作業が必要になります。



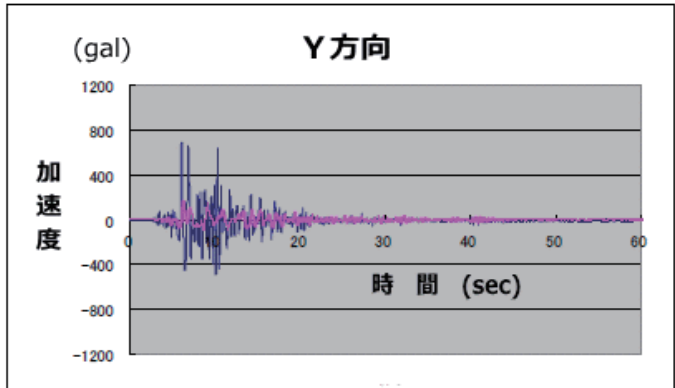
マーブルと剛球の免震比較



拡大



— 振動台 — アブサーバー



アブサーバーの製品仕様と設置仕様

搭載物のサイズ・形・重さで選べるラインナップ

フリー設置型

大型美術品や変形サイズの搭載物などに適。
搭載物の形状に合わせて、
1台ずつ自由に設置できます。



サイズ：350 / 400mm 角
厚さ：63mm

連結設置型

サーバーラックなど矩形サイズの搭載物に適。
搭載物の数量・サイズに合わせて、
ユニット単位で連結増設できます。



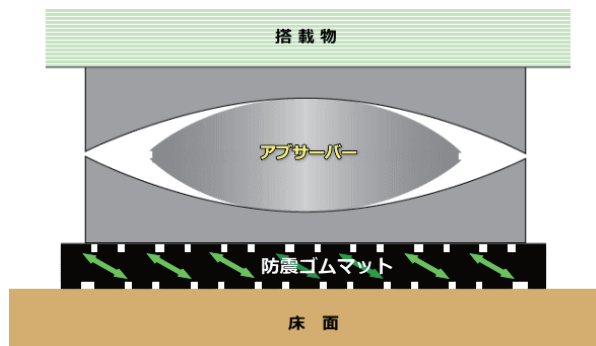
ユニットサイズ：
幅 944/1044/1144mm
奥行 1000/1180mm
厚さ 63mm

直下型地震にも対応

アブサーバーと床面の間に特殊な吸盤型ゴムマットを挿入することにより、縦・横の振動を反対方向に戻す力が働き、より防振効果を高めます。

このゴムマット上の大小異なる特殊な突起面が、より多くの振動をひろい、安定した防振効果を発揮します。

また、床面遊歩がなくなるので、アブサーバーと床面を安定させて設置することができます。



誰にでも設置できます

アブサーバーの設置には特別な技術は必要ありません。
誰でも簡単に組立できます。高さ63mmなので、設置後も目立たず大変スマートに収めることができます。

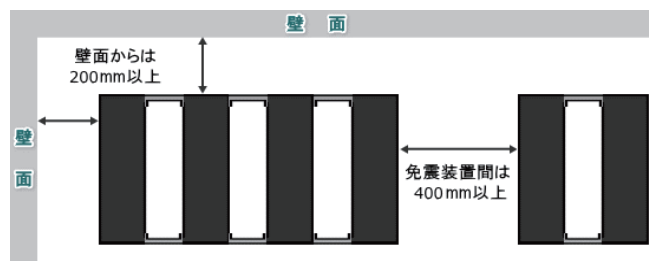
装置は、マーブル台一つから選べるフリーサイズ型とサーバーラック対応の固定ユニット型がありますので、設置環境に応じた構成を取ることが出来ます。

免震装置アブサーバーの性能を十分に発揮させるために、お客様の地盤環境やビルの固有振動、あるいは载荷機器に応じた個別対応が必要になります。

それによって内蔵させるマーブルベアリングの種類と組み合わせを決定いたします。

弊社では、お客様の環境を無料調査の上、個々のお客様に最適な組み合わせをご提案させていただいています。

(一部、地盤調査などに別途費用が発生する場合もございます。詳細はお問い合わせください)



- 免震装置アブサーバーは、最大地震時に水平全方向に±200mm程度移動する装置です。
- 壁や柱などの障害物とアブサーバーの側面、もしくは载荷装置の側面から、安全の為に200mm以上のスペースを確保して下さい。
- また、アブサーバーの载荷荷重の差異によらず固有周期が決定されますので、隣り合った免震装置が逆位相で動くことはありませんが、安全の為に、アブサーバー同士の間隔は、400mm以上確保されますことを推奨いたします。

設置事例



数々の特許と公的認証を取得した
免震装置アブサーバーは、技術審
査の厳しい公的機関・著名企業
（国立博物館、東京都庁、NTTな
ど）を初め、数多く設置されてい
ます。



免震装置の原理・機構別比較表

* 本資料に記載の情報は、当社調べによる参考情報です。記載情報を保証するものではありません。

装置名		アブサーパー		ボール(剛球)の転がり		滑走プレート	レールと滑車
基本原理		振り子と摩擦支承					
装置仕様	許容積載加重(kg)	標準品1ユニット(0.8㎡)で1.2ton		900kg		1㎡あたり16ton (面荷重)	1セット0.8㎡あたり2トンまで搭載可能
	装置の高さ	63mm		78mm		6mm	108～213mm
	許容応答変位(mm)	±200mm 360度全方向		水平方向：±210mm (360度全方向) 垂直方向：+20mm		±250mm	±200mm レール方向のみ
免震性能他	最大応答加速度	818gal → 100gal 相当 (上下動・パルス応答は除く)		818gal → 80gal 以下		818gal → 100gal (上下動・パルス応答は除く)	770gal → 207gal
	残留変位	理論的にはゼロ		振動後偏位発生あり、調整必要		振れた分だけの偏位が発生する	振動後の偏位発生あり
	想定以上の地震動における 挙動と影響、対策	設置地点の地盤特性、対象物の固有周期を考慮し、共振が起きないよう免震設計がなされている。 万が一の倒壊防止のための釣りオブション(特許)あり		共振による倒壊が懸念される		固有周期が無限度となるので、長周期地震にも共振しない。 免震性能としては摩擦係数が $\mu=0.08$ なので、地震の揺れは80gal(震度5相当)より大きくなることはない。	レールと滑車の脱線が懸念される
	減衰力	マーブルベアリングと上下板との摩擦で支持力に比例し減衰力が得られる		減衰力機能はない： ボールの摩擦係数程度でほとんど減衰しない		摩擦係数が低いので、基本的には、ほとんど減衰しない	摩擦による硬直性減衰力： 車輪内部材とレールの摩擦力で減衰
	原点復帰機能	あり(振り子の原理)		斜面を鋼球が転がるので、支持荷重に関係なく一定の復元力がある。		なし	傾斜しているレール上を振り子のように転がることで復元力を得る。復元力は搭載物の重量に比例。
	余震に対する免震性能維持	あり		少		少	あり
欠点	積載加重条件・偏在性 偏心加重により揺りが生じないこと。	積載荷重位置を変動による免震性能に変化はない。また、本免震装置はねじりにも対応する機構を持っている。		偏心荷重に弱い。		搭載物の積載重量の偏心により免震効果は変化する。	搭載物の積載重量の偏心により免震効果は変わらない。
	縦揺れ対策	縦揺れ吸収用ゴム免震有り		なし		なし	なし
	メンテナンス性	メンテナンスフリー		地震により、位置ずれが発生。 またプレートの樹脂剥がれによるメンテナンスが必要		振動後は元の位置に復元しないので復元装置によるメンテが必要。	滑らかな動きを維持するための定時メンテナンス
		搭載荷重が4000kgを超えると、摩擦が効きすぎて免震効果が弱まる。		●加振終了後も揺れ続けるので、その後の余震次第で共振する可能性が大きい。 ●減衰力がないので、装置の移動可能量を超えることがある ●振り子作用で連続した揺れに対しては不安定、その結果、ボールが飛び出して、搭載物が倒れる危険が起きる。 ●設置に関して特別の技術とノウハウが必要。		●復元力がないので、振動停止後、元の位置に戻すための復元システム(オブション)により追加可能)と人的作業が必要になる。 ●プレート表面の樹脂が振動により剥がれていき、免震性能が低下してしまう。 設置には専門技術者が必要。	●揺れ防止と減衰力を付加する装置追加のため、装置高さが高い ●滑らかな動きにならないので衝撃波などが載荷物に入る可能性あり ●重量の支点が定まらない ●復元性がない ●重量が非常に重い
特徴		○マーブルとボールベアリングによるシンプル構造で、載荷荷重に関係なく最適な免震効果を発揮。 ○360度あらゆる方向に動き、かつ変化する減衰力と復元力で安定した効果を発揮できる。 ◎施工が簡単で、適切な環境下であれば保守も必要ない。		○鋼球が転がりほとんど減衰力がないので、低レベルの地震から免震効果を発揮 ○支持荷重に関係なく一定の復元力 ○シンプルな構造 ○実施物件が多い。		○ $\mu=10\%$ の摩擦係数だけを残した、スリムでリーズナブルな免震装置を実現 転がることで復元力を得る。	車輪と車軸が接する面で車輪が転がりながら減衰力(摩擦)を得る。 減衰力は搭載物の重量に比例。 傾斜しているレール上を振り子のように転がることで復元力を得る。

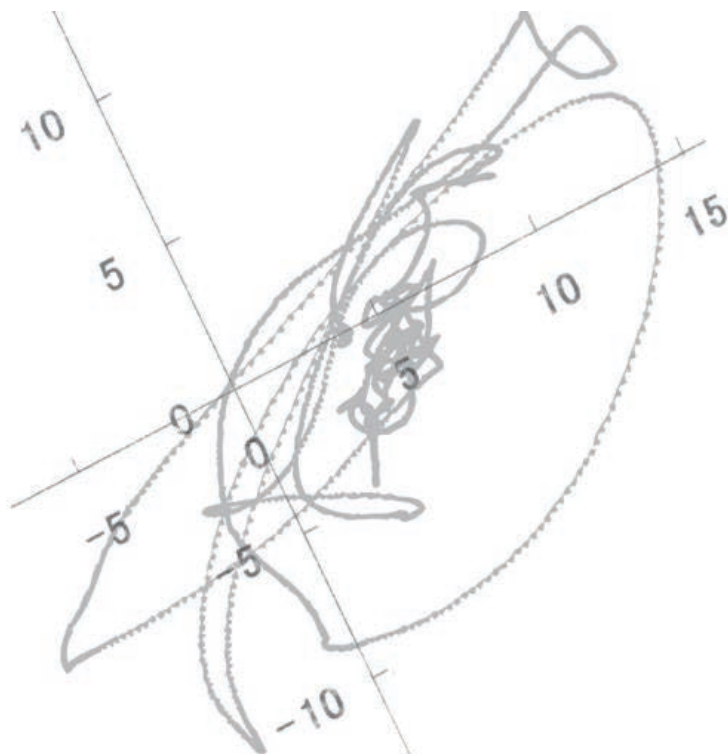
ご注意事項

本カタログに記載されている内容に関しましては万全を期しておりますが、損害に関しましては一切の責任を負いかねますので、あらかじめご了承ください。

免責事項

- ・ 津波や雷、水等の災害時や火災、その他の事故災害時
- ・ 地震による建屋の損傷や倒壊等による災害時、
- ・ お客様の故意、あるいは第三者の行為による過失や誤用、その他異常な条件下での使用によって生じた障害
- ・ 仕様に記載されている用途以外の使用、または搭載重量以外のものをのせた場合に生じた障害
- ・ 仕様に記載されている性能以上の地震入力があった場合、並びに仕様に記載している変形量をこえる入力があった場合
- ・ アブサーバーの動きを妨げる障害物、その他機能に支障が生じるものが存在した場合
- ・ 取扱説明書に記載されているアブサーバーの正しい設置が行われていない場合
- ・ 載物の制限を外れる物をのせた場合

上記の事項により発生した免震装置アブサーバーの不具合については、責を免れるものとします。



アブサーバーの変位オービット例：
(兵庫県南部地震再現の振動台加振による)

製品に関しては予告なく変更する場合があります。あらかじめご了承ください。

開発製造元：



株式会社金澤製作所

〒141-0031 東京都品川区西五反田7-7-9

電話：03-3491-0766

FAX：03-3490-9297

URL：<http://www.kanazawa-ss.jp/>