

開催概要

名称	第 12 回日本地震工学シンポジウム（略称：12JEES）
主催	日本地震工学会（幹事学会）、（社）地盤工学会、（社）土木学会、（社）日本機械学会、（社）日本建築学会、（社）日本地震学会、（財）震災予防協会
シンポジウムの趣旨	日本地震工学シンポジウム（JEES）は 1962 年に第 1 回が開催され、おおむね 4 年ごとに、世界地震工学会議（WCEE）の開催の中間年に開かれて参りました。最近数回の本シンポジウムの参加者は 800 名を超える実績があり、この種の会議の代表的なものと評価されております。この度、「人・技術・減災」をテーマとして、第 12 回日本地震工学シンポジウム（12JEES）を下記の要領で 2006 年に開催することになりました。
期日	2006 年 11 月 3 日（金）～ 5 日（日）
会場	東京工業大学大岡山キャンパス （〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1） 東急大井町線大岡山駅下車すぐ http://www.titech.ac.jp/access-and-campusmap/j/o-okayama-campus-j.html
プログラム	特別講演、パネル討論、論文口頭発表、論文ポスター発表、早わかり連続講義、技術展示、懇親会
問合せ先	第 12 回日本地震工学シンポジウム運営委員会 〒108-0014 東京都港区芝 5-26-20 建築会館 日本地震工学会事務局 TEL:03-5730-2831, FAX:03-5730-2830, E-Mail: 12jees@jaee.gr.jp

摩擦軸受を利用した機械構造物の地震応答低減装置

Device for Reduction of Seismic Response of Mechanical Structure Using Friction Type Base Isolation System

青木 繁¹, 大高 武士², 中西 祐二¹, 西村 惟之¹

稲垣 光義¹, 金澤 光雄³, 川口 澄夫³, 古田 智基⁴

Shigeru AOKI¹, Takeshi OTAKA², Yuji NAKANISHI¹, Tadashi NISHIMURA¹, Mitsuyoshi INAGAKI¹,
Mitsuo KANAZAWA³, Sumio KAWAGUCHI³ and Tomoki HURUTA⁴

¹ 東京都立産業技術高等専門学校ものづくり工学科, Dept. of Mechanical Engineering, Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

² 鹿児島大学, Kagoshima University

³ 金澤製作所, Kanazawa Manufacturing Co. Ltd.

⁴ バンドー化学, Bando Chemical Industries Co. Ltd.

SUMMARY: Reduction of seismic response of mechanical structure is important problem for aseismic design. A base isolation system for mechanical structure utilizing friction and restoring force of bearing is proposed. This bearing consists of two plates having spherical concaves and oval type metal or spherical metal with rubber. For fundamental experiment, a weight is set on the plate for the base of mechanical system. Acceleration of input and response are measured. The maximum value of response is reduced. Sum of square of response is significantly reduced. Power spectrum is also significantly reduced in almost of all frequency regions. In order to examine reduction of seismic response of actual mechanical structure, a console rack is set on the plate. Response is reduced using friction bearing.

1 はじめに

地震動入力を受ける構造物の破壊や転倒を防止するために、地震応答を低減する必要がある。そのために多くの種類の地震応答を低減させるための装置が開発されてきた。たとえば、建物内に設置されるダンパ[1]や建物や床の基礎部に設置される免震装置[2]などが挙げられる。

本研究では主に床に設置されている配電盤やコンピュータ用のラックのような機械構造物の地震応答の低減に着目した。そのために、凹面をもつ球面板で凸面の球面板または球体を挟む摩擦軸受型の地震応答低減装置を開発し、その有効性を明らかにすることを目的としている。

まず、凹面の球面板で凸面の球面板または球体を挟む装置を用いて地震波による加振実験を行い、地震応答が低減されることを明らかにした。次に、実機への応用を検討するためにコンピュータ用ラックを搭載した実験を行い、この装置の実用性を検証した。

2 凸面の球面板を挟む装置

凸面の球面板（以下「マーブルプレート」と記す。）を挟んだ装置を作製し、加振実験によってその有効性を検討した。

2.1 摩擦軸受

開発した摩擦軸受を Fig.1 に示す。これは、2 枚の凹面をもつ球面板で凸面の球面板（以下「マーブルプレート」と記す。）を挟んだものである。凹面をもつ球面板の寸法は 250 mm × 250 mm で厚みが 20 mm である。曲率は R250

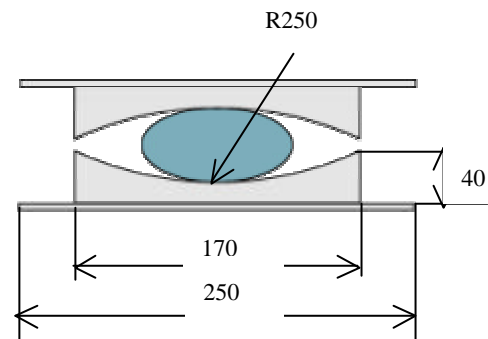


Fig. 1 Friction bearing (mm)
(Spherical plate and marble plate)

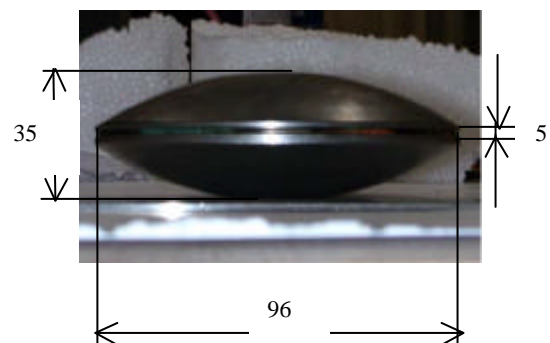


Fig. 2 Marble plate (mm)

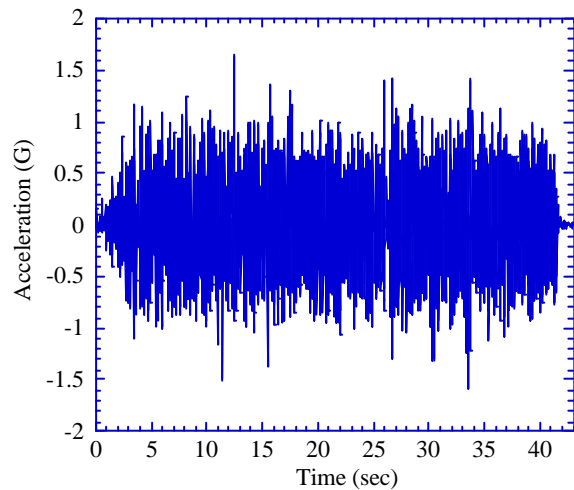
mm である。マープルプレートの写真を Fig.2 に示す。これの高さは 35 mm で幅が 96 mm の円形をしている。端の高さは 5 mm である。このマープルプレートが滑ることによって、振動台の揺れが免震台に伝わる構造になっている点、凹面の球形板により固有周期を変化させることができる点そして地震入力に対して復元力を持つ点に特徴がある。

2.2 実験装置

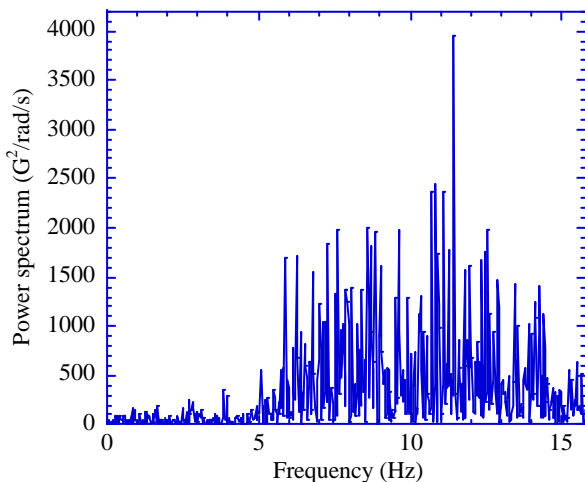
長さ 1600 mm で幅 860 mm で厚みが 60 mm の振動台の四隅に摩擦軸受を取り付けて、その上加振台と同じ大きさの免震台を乗せた装置を使用した。加振台に地震波を入力した。振動台と免震台とを摩擦軸受の凹面をもつ球面板に固定させた。入力地震波の加速度および応答の加速度を測定するために、加振台と免震台に加速度計を設置した。

2.3 入力地震波

入力地震波として Fig.3 に示す模擬地震波を用いた。図 3(a)に入力地震波の加速度波形、Fig.3(b)に入力地震波のパワースペクトルを示す。Fig.3(a)の横軸は加振開始からの時間である。本研究は機械構造物の地震応答を低減させる



(a) Time history



(b) Power spectrum

Fig.3 Input earthquake excitation

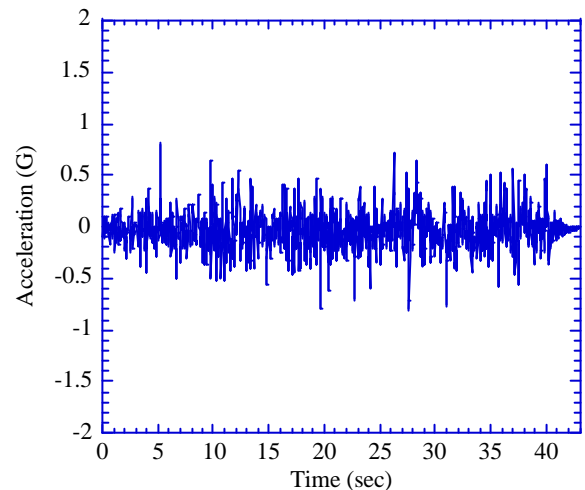
ことを目的としている。そのため、実在の機械構造物の固有振動数が含まれると予想される約 10Hz 付近にピークをもつ模擬地震波を用いた。

2.4 加振実験

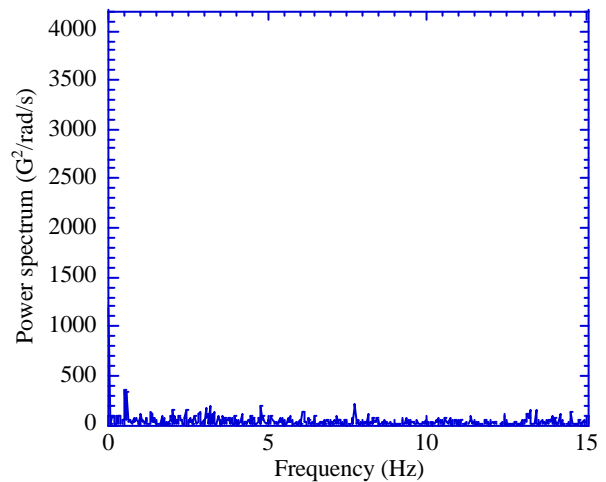
この応答低減装置の性能を検証するために、水平方向一方向のみに加振させ、グリースを塗布したか否かで地震応答を低減できる性能が変化するかどうか調べた。なお、応答低減装置に機械構造物を想定した荷重をかけるために、150 mm × 600 mm、厚みが 50 mm で質量が 35 kg の金属板を免震台上の中央部に 8 個(全体で 280 kg)乗せた。

2.5 実験結果

Fig.4(a)にグリースを塗布しない場合の免震台の応答波形を、Fig.4(b)に応答のパワースペクトルを示す。Fig.3(a)と Fig.4(a)とを比較すると、応答加速度が大幅に低減されている。また、Fig.3(b)と Fig. 4 (b)とを比較すると極低周波数域では応答のパワースペクトルは入力のそれと同程度であるが、それ以外の領域では応答のパワースペクトルが入力のそれよりも大幅に低減されている。



(a) Time history



(b) Power spectrum

Fig.4 Response of isolated plate

Table 1 Maximum acceleration

	Non-grease	Grease
Input (G)	1.80	1.80
Response (G)	0.80	2.56
Response/Input	0.44	1.42

Table 2 Sum of squares of acceleration

	Non-grease	Grease
Input (secG ²)	410	410
Response (secG ²)	43.9	451
Response/Input	0.11	1.1

Table 1 にグリースを塗布しない場合と塗布した場合の応答加速度と入力加速度の絶対値の最大値, Table 2 に応答加速度と入力加速度の自乗和を示す. これらを見ると, グリースを塗布していない場合では応答を低減できたが, 塗布すると応答が入力よりも大きくなった. また, 塗布しない場合では自乗和を大幅に低減できた.

3 球体を挟む装置

ゴムで囲まれた球体を挟んだ装置を作製し, 加振実験によってその有効性を検討した.

3.1 摩擦軸受

この装置で用いる摩擦軸受を Fig.5 に示す. これは, 2枚の凹面をもつ球面板でゴムで囲まれた球体を挟んだものである. 凹面をもつ球面板の寸法は 250 mm × 250 mm で厚みが 20 mm である. 球体の動きをよくするために, 曲率は R300 mm から R500mmno 間で Fig.5 に示すように連続的に変化させた. 球体の径は 36.5mm である. 球体がないときのゴムの内径は 36mm, 外径は 80mm, 厚さは 34mm である. マーブルプレートの場合と同様に, 球体が滑ることによって, 振動台の揺れが免震台に伝わる構造になっている. また, 凹面の球形板により固有周期を変化させることができる. さらに, 地震入力に対して復元力を持つ.

振動台の四隅に摩擦軸受を取付けた. 入力地震波の加速度および応答の加速度を測定するために, 加振台と免震台に加速度計を設置した. 地震波は Fig.3(a) に示したものをを用いた.

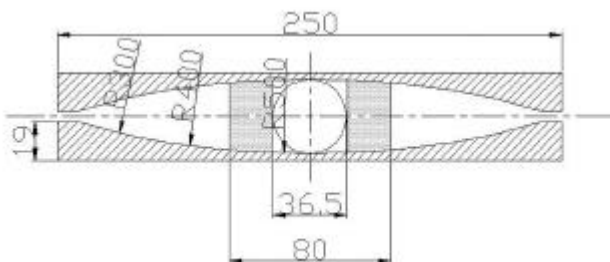


Fig.5 Friction bearing (mm)
(Spherical metal and rubber)

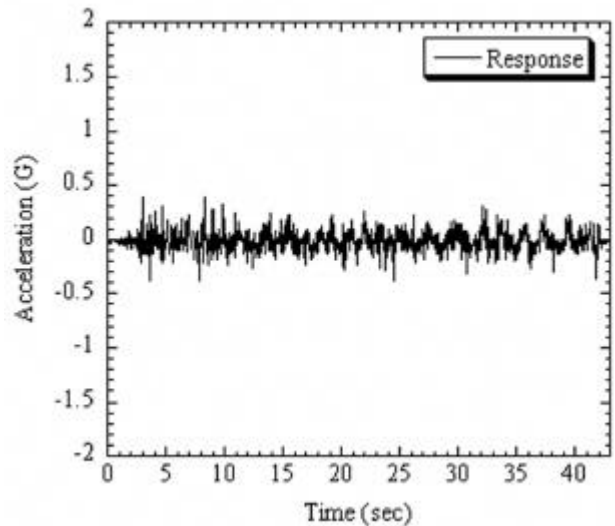
3.2 実験結果

この装置を用いた場合には, グリースを塗布した場合も塗布しない場合も結果に差がなかったため, グリースを塗布した場合の結果を示す. Fig.6(a)に免震台の応答波形を, Fig.6(b)に応答波形のパワースペクトルを示す. Fig.3(a)と Fig.6(a)とを比較すると, 応答加速度が大幅に低減されている. また, Fig.3(b)と Fig.6(b)とを比較すると極低周波数域では応答のパワースペクトルは入力のそれと同程度であるが, それ以外の領域では応答のパワースペクトルが入力のそれよりも大幅に低減されている.

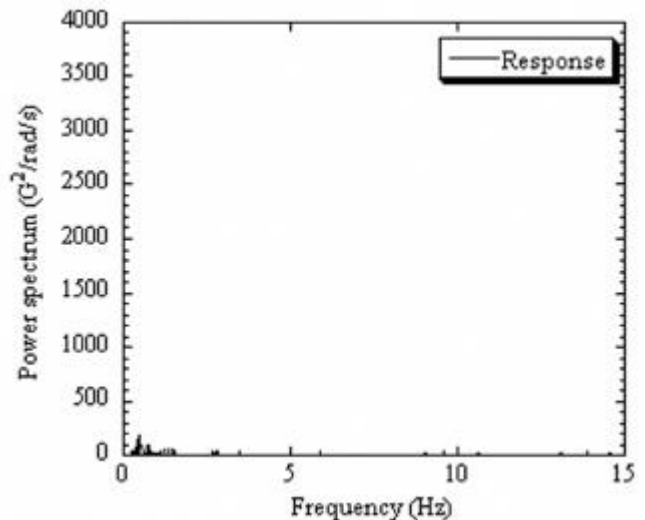
Table 3 にこの実験における応答加速度と入力加速度の絶対値の最大値, および Table 4 に応答加速度と入力加速度の自乗和を示す. これらを見ると, この装置を用いると応答の最大値を低減できることが明らかである. また, 応答の自乗和を大幅に低減できることが明らかである.

4 コンピュータ用ラックを積載した実験

提案した地震応答低減装置の実用性を検討するために.



(a) Time history



(b) Power spectrum

Fig.6 Response of isolated plate

Table 3 Maximum acceleration

Input (G)	1.80
Response (G)	0.38
Response/Input	0.21

Table 4 Sum of squares of acceleration

Input (secG ²)	410
Response (secG ²)	12.0
Response/Input	0.03

免震台にコンピュータ用ラックを搭載した加振実験を行った。

4.1 実験概要

Fig.7 に示すコンピュータ用ラックを免震台に搭載した。ラックの大きさは高さ 1850mm, 幅 600mm, 奥行 1000mm であり, 重さは 210kg である。摩擦軸受としては Fig.5 に示すゴムで囲まれた球体を挟んだ形式のものを用いた。水平方向に加振し, 入力地震波は Fig.3(a)に示したのものを用いた。

4.2 実験結果

Fig.8(a)に 200mm の高さで測定した加速度応答波形, Fig.8(b)に応答波形のパワースペクトルを示す。Fig.3(a)と Fig.8(a)とを比較すると, 応答加速度が大幅に低減されている。また, Fig.3(b)と Fig.8(b)とを比較すると極低周波数域では応答のパワースペクトルは入力のそれと同程度であるが, それ以外の領域では応答のパワースペクトルが入



Fig.7 Console rack

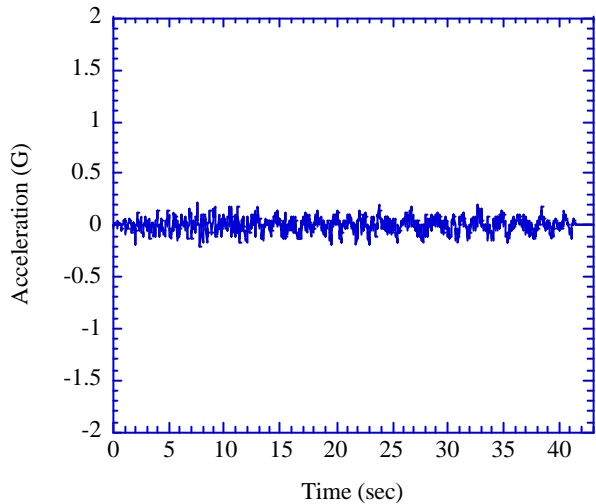
力のそれよりも大幅に低減されている。

5 まとめ

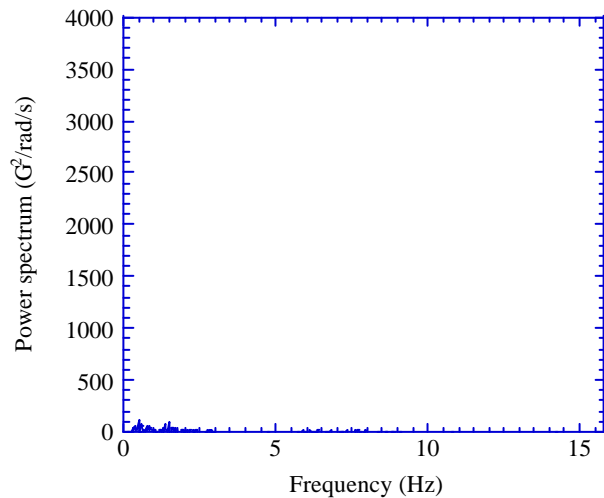
本研究では主に床に設置されている配電盤やコンピュータ用のラックのような機械構造物の地震応答の低減に着目した。そのために, 凹面をもつ球面板で凸面の球面板または球体を挟む摩擦軸受型の地震応答低減装置を開発し, その有効性を加振実験によって検討した。その結果, この装置の加速度応答の最大値が入力地震波よりも小さくなり, 応答の自乗和およびパワースペクトルは大幅に低減されることが明らかになった。また, 実機を想定したコンピュータ用ラックを搭載した実験を行い, 応答が低減されることを検証した。

参考文献

- [1] Soong, T.T. and Dargush, G.F., Passive Energy Dissipation Systems in Structural Engineering, John Wiley and Sons, and Sons, Chichester, 1997.
- [2] Chen, B.-O., Tsai, C.S. and Chiang, T.-C., Compressive Stiffness Verification of Stirrup Rubber Bearing, Proceedings of the 2004 ASME/JSME Pressure Vessels and Piping Conference, PVP-Vol.486-1, pp.217-224, 2004.



(a) Time history



(b) Power spectrum

Fig.8 Response of console rack

摩擦軸受を利用した機械構造物の地震応答低減装置
 青木繁* (産技高専), 大高武士 (鹿児島大), 中西佑二 (産技高専),
 西村惟之 (産技高専), 稲垣光義 (産技高専), 金澤光雄 (金澤製作所),
 川口澄夫 (金澤製作所), 古田智基 (バンドー化学)

Device for Reduction of Seismic Response of Mechanical Structure Using Friction Type Base Isolation System

Shigeru AOKI* (TMCIT), Takeshi OTAKA (TMCIT),
 Yuji Nakanishi(TMCIT), Tadashi NISHIMURA(TMCIT),
 Mitsuyoshi INAGAKI(TMCIT), Mitsuo KANAZAWA(Kanazawa Manuf.),
 Sumio KAWAGUCHI(Kanazawa Manuf.) and Motoki FURUTA(Bando Chem.)

地震動入力を受ける構造物の破壊や転倒を防止するために、地震応答を低減する必要がある。そのために多くの種類の地震応答を低減させるための装置が開発されてきた。たとえば、建物内に設置されるダンパや建物や床の基礎部に設置される免震装置などが挙げられる。

本研究では主に床に設置されている配電盤やコンピュータ用のラックのような機械構造物の地震応答の低減に着目した。そのために、凹面をもつ球面板で凸面の球面板または球体を挟む摩擦軸受型の地震応答低減装置を開発し、その有効性を明らかにすることを目的としている。

まず、凹面の球面板で Fig.1 に示す凸面の球面板または Fig.2 に示す球体を挟む装置を用いて地震波による加振実験を行い、地震応答が低減されることを明らかにした。次に、実機への応用を検討するためにコンピュータ用ラックを搭載した実験を行い、この装置の実用性を検証した。

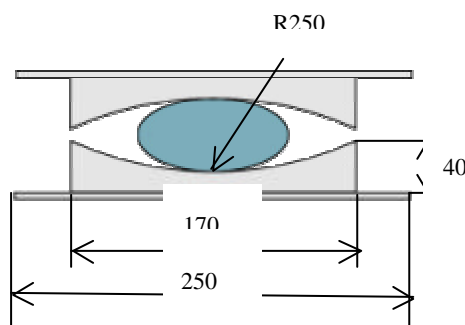


Fig. 1 Friction bearing (mm)
 (Spherical plate and marble plate)

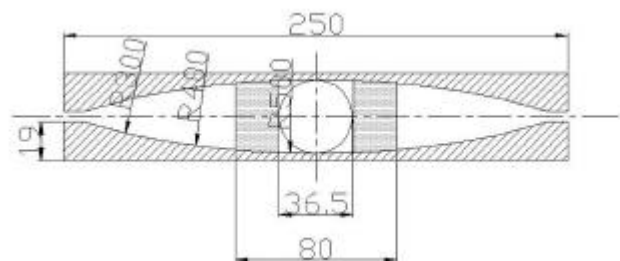


Fig.2 Friction bearing (mm)
 (Spherical metal and rubber)