

オイルダンパー付き弾性すべり支承の開発

Development of Base Isolation Device of Sliding Support with Oil Dampers

三須基規
Motoki MISU

福田滋夫
Shigeo FUKUDA

加藤直樹
Naoki KATO

谷地 畝和夫*
Kazuo YACHIUNE

飯塚 信一**
Shinichi IIZUKA

露木 保男***
Yasuo TSUYUKI

微振動対策が必要な生産施設等にも免震構造を適用できるように、弾性すべり支承に制振用オイルダンパーを組み込んだ免震装置を開発した。本報ではその概要と各種評価結果を報告する。

For demand to seismic device which can be applied to productive facilities, we have developed new device "Sliding support with oil dampers" to decrease the micro-vibration. This paper reports the outline of device and results of performance test.

1. はじめに

近年、生産施設ではBCPに基づく地震リスク低減対策として免震構造が増加している。しかし電子部品や精密機器等の生産施設を免震構造にする場合、常時の微振動の対策が重要になる。免震構造の水平方向固有周期を3秒以上にして地震時の揺れを低減させると、低振動数領域で振幅が増幅して、生産施設の振動許容値を越える可能性がある。このような場合、従来では低荷重時の剛性が高い剛すべり支承を採用することで振幅を抑える方法や、粘性ダンパーを採用することで減衰を付加させる方法が主流であった。しかしいずれも微振動を効率良く減衰させることは難しいと考えられる。

そこで戸田建設株式会社、西松建設株式会社、カヤバシステムマシナリー株式会社と共同で、微振動を効率良く減衰できる制振用オイルダンパーを弾性すべり支承に組み込んだ免震装置を開発した。本報はその概要をまとめたものである。

2. 仕様検討

2.1 構造

オイルダンパーはストロークが ± 200 mm以上の免震用と、 $\pm 60 \sim 120$ mmの制振用に大別できる。微振動を効率良く減衰させるため、オイルダンパー付き弾性すべり支承

(以下『本品』)は制振用オイルダンパーの片端を上部の建物基礎に、もう片端を弾性すべり支承の積層ゴム部とすべり材の間に取り付け構造とした。オイルダンパーは積層ゴム部と一緒に変形する。また地震時はオイルダンパーと積層ゴム部が変形したまますべるので、既存の弾性すべり支承の免震性能を損なうことなく、ストロークが短い制振用オイルダンパーを免震層に用いることができる。その機構を図1に示す。

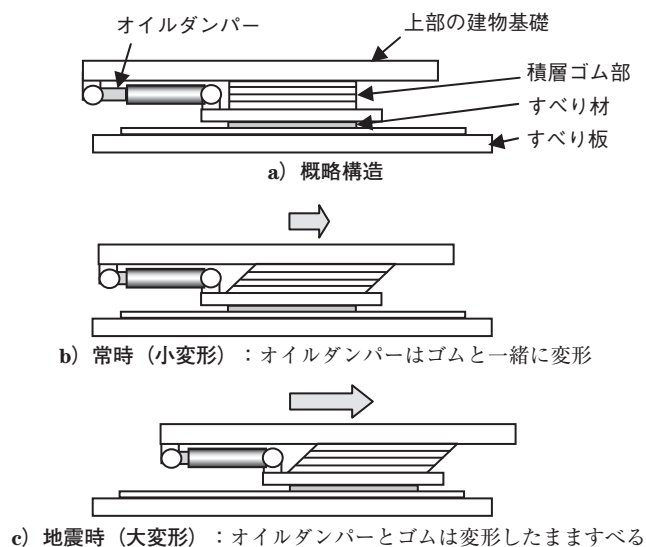


図1 オイルダンパー付き弾性すべり支承の機構

* 戸田建設株式会社

** 西松建設株式会社

*** カヤバシステムマシナリー株式会社

2.2 縮小試験体と製品形状

開発に際してまず表1に示すφ300 mm縮小試験体で各種試験を実施した。次に実際の製品サイズであるφ900 mm～φ1100 mmを試作した。試験体はいずれも弾性すべり支承のゴム・すべり材径で呼称している。φ300 mm縮小試験体に最大減衰力66.6kN、φ900 mm～φ1100 mm試験体に最大減衰力250 kNのオイルダンパーを図2のように2本ずつ平行に取り付ける。オイルダンパーの取付部はボールジョイントなので伸縮方向の振動は減衰させ、伸縮直交方向の振動には追従できる。従って本品は、オイルダンパーの伸縮方向を建物の長手方向と短手方向に向けたものを各1体ずつ、計2体を1組として建物に設置する必要がある。

表1 オイルダンパー付き弾性すべり支承仕様

部品	項目	縮小試験体	製品			
すべり支承	摩擦係数*		0.094			
	ゴム・すべり材径 (mm)	φ300	φ900	φ1000	φ1100	
	ゴム総厚さ (mm)		21			
オイルダンパー	減衰係数 C1 (kN・s/mm)	0.78	7.8			
	減衰係数 C2 (kN・s/mm)		0.18			
	リリーフ速度 (mm/s)		21			
	最大減衰力 (kN)	66.6	250			
	限界速度 (mm/s)	300	500			
	ストローク (mm)		±60			

* 面圧 20 N/mm², 速度 400 mm/s 加振時

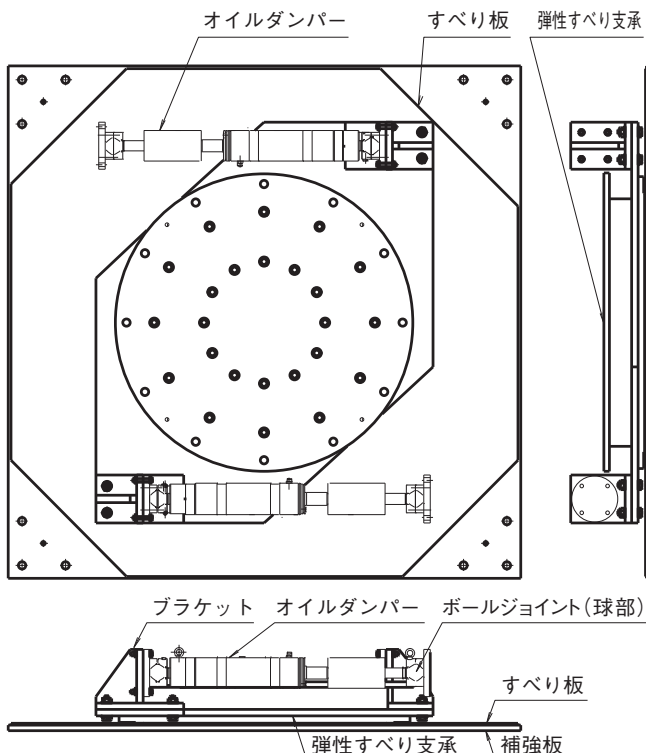


図2 オイルダンパー付き弾性すべり支承の形状

3. 製品性能試験

3.1 静的加振試験

表2に示す25 MN試験機と35 MN試験機で静的加振時の基本性能を確認した。加振速度は5 mm/sで、弾性すべり支承のみの時と、図3のようにオイルダンパーを取り付けた時の2とおり、振幅は±30 mmと±200 mmの2条件で実施した。

φ300 mm縮小試験体及びφ900 mm試験体の水平方向履歴曲線の3サイクル目を図4に例示する。振幅±30 mmの履歴曲線面積が僅かに大きくなったのは、静的加振でオイルダンパーが減衰力を発生させたためである。水平荷重は殆ど変化が無いので、オイルダンパーを取り付けても弾性すべり支承の摩擦係数に殆ど影響を与えないことが確認された。

表2 静的試験機と試験体 (○印は試験実施品)

	試験機荷重仕様 (MN)		ゴム・すべり材径 (mm)			
	鉛直 (静的)	水平 (静的)	φ300	φ900	φ1000	φ1100
25MN試験機	25	6	○			
35MN試験機	35	8		○	○	○

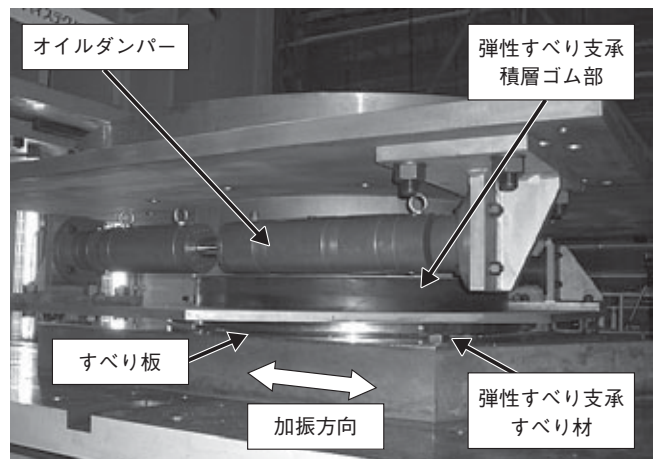


図3 静的加振試験状況

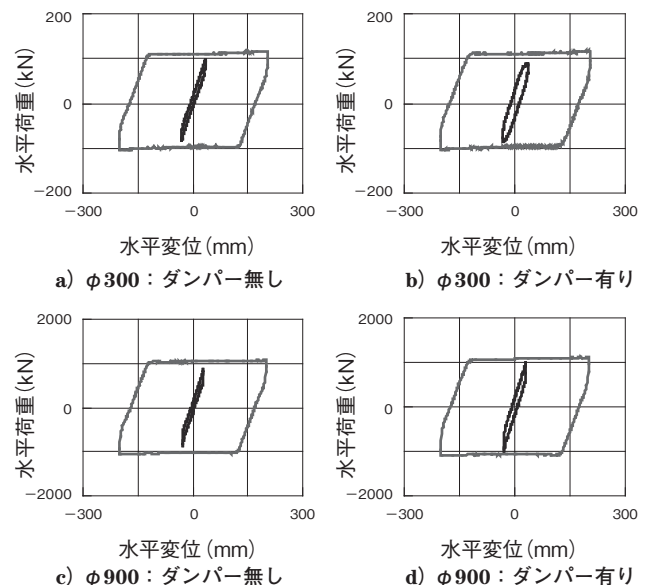


図4 静的加振試験結果

3.2 動的加振試験

オイルダンパーは加振速度に応じて減衰力が増加する。そこで表3、図5に示す動的試験機でφ300縮小試験体の速度と減衰力の関係を確認した。実際の建物の熱伝導を模擬して断熱材を介在させ繰り返し加振時の摩擦熱がすべり材とすべり板から容易に放熱されないようにした。静的加振試験と同様に弾性すべり支承のみの時とオイルダンパーを取り付けた時の2とおり、振幅±30mm時は最大速度300mm/s、振幅±150mm時は最大速度500mm/sまで実施した。

φ300mm縮小試験体の水平方向履歴曲線の3サイクル目を図6 a) b) に、全175サイクルを図6 c) d) に例示する。加振速度の速い動的加振試験では履歴曲線面積が大きく、オイルダンパーが所定の減衰力を発生させたことがわかる。一方で動的加振でも水平荷重は殆ど変化していないので、本品の摩擦係数はオイルダンパーの有無や加振速度、サイクル数に影響されず、安定した免震性能を発揮することが確認された。

表3 動的試験機と試験体 (○印は試験実施品)

試験機荷重仕様 (MN)		ゴム・すべり材径 (mm)			
鉛直 (静的)	水平 (動的)	φ300	φ900	φ1000	φ1100
10	0.4	○			

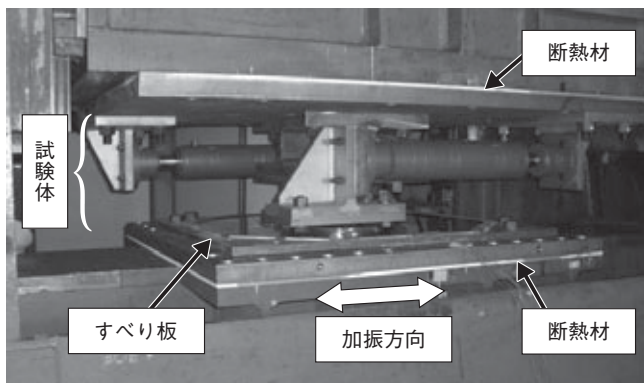


図5 動的加振試験状況

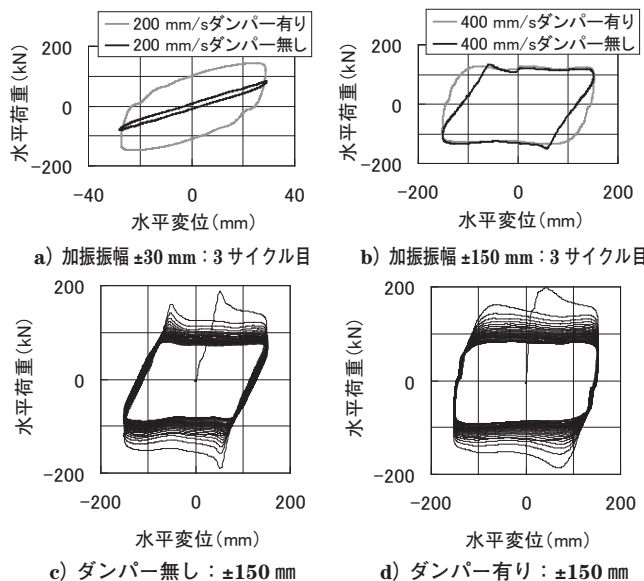


図6 動的加振試験結果

4. 実験棟加振試験

4.1 実験棟

本品の建物設置時の効果を確認するため、戸田建設株式会社技術開発センター内の実験棟に設置して加振試験を実施した。

実験棟は階高3.0m、最高高さ18.9m、各階のスパン長さ8.0m×8.0m、総質量500tの6層鉄骨造で、1階と3階に積層ゴムと転がり支承を設置して約5秒の固有周期を再現できる免震層として設計された。実験棟の立面図と1階の平面図を図7に示す。形状等の制約でφ300mm縮小試験体を1体、図8に示すようにオイルダンパーが1本ですべり板を用いない構造に変更したものを取り付けることで、オイルダンパーの有無で応答を比較できるようにした。

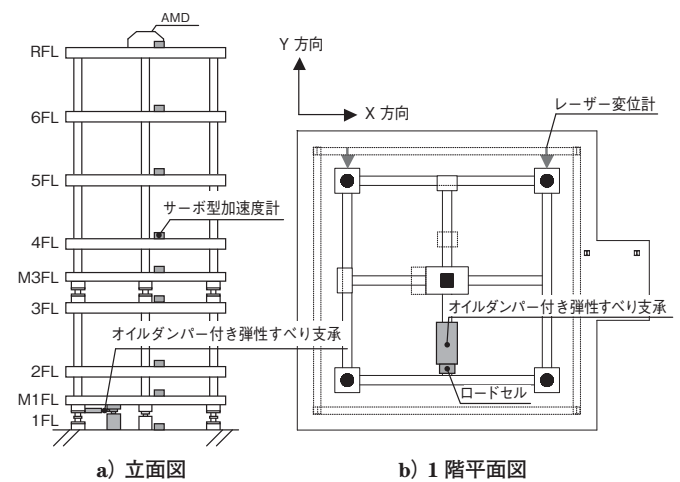


図7 実験棟の立面図および1階平面図

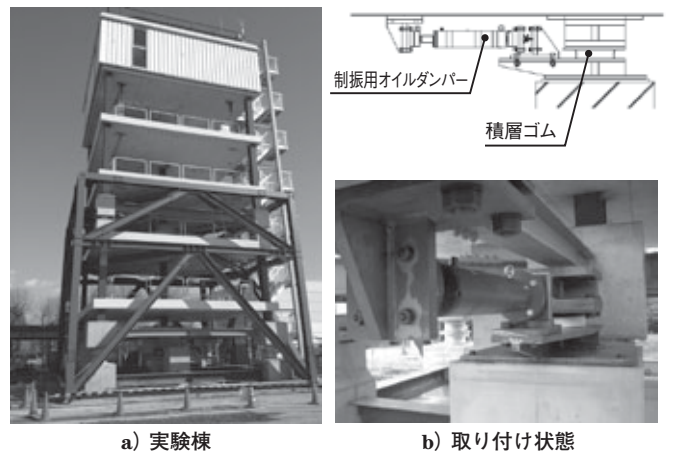


図8 φ300mm縮小試験体設置状況

4.2 加振試験

加振試験に用いた地震波を表4に示す。いずれも小振幅領域の性能を検証するため0.2～0.5Hzの低振動数成分を卓越させて免震層の応答振幅が数mm程度になるよう調整して作成したもので、入力エネルギーと各階の吸収エネル

ギーを算出して計測精度を確認している。この地震波で実験棟屋上のアクティブマスダンパー（AMD）を図7のY方向に加振させて各階の加速度や1階の変位等を測定した。

実験棟のねじれ成分を0.65～0.95 Hzのバンドストップフィルタで除去する前後の例として、サイト波site-0311の免震層の変位フーリエスペクトルを図9に示す。オイルダンパーが無い弾性すべり支承のみの時と比べて、本品は並進成分の1次固有振動数で42%、2次で33%の低減効果を示した。また1次固有振動数より低い振動数領域でも低減効果が確認できた。

この時の免震層の応答変位時刻歴波形を図10に示す。主要動区間の60～80秒で免震層の変位は大きく低減されており、本品の小振幅領域における性能が確認できた。

免震装置の開発その2～その6」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.379-388 (2010)

3) 渡部幸宏他:「AMDを加振装置として利用した実大振動実験 その1～その3」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1079-1084 (2012)

表4 各地震波の名称と最大加速度

種類	既往の観測波		告示波	サイト波
名称	El Centro-NS	Hachinohe-NS	BCJ	site-0311
最大加速度 (cm/s ²)	10.0	5.0	5.0	10.0

※site-0311：建築研究所で観測された2011/3/11の地震波

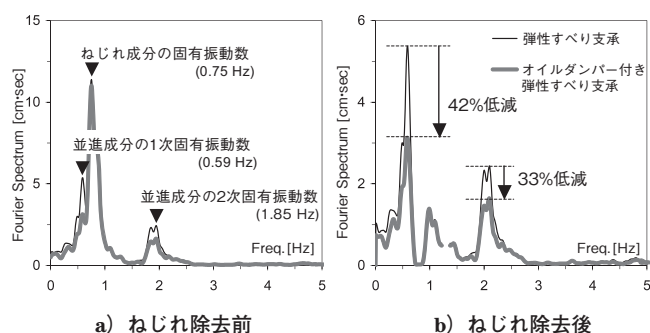


図9 免震層の変位フーリエスペクトル例 (site-0311)

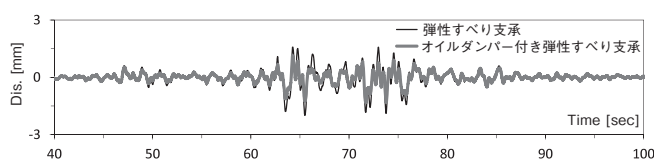


図10 免震層の応答変位時刻歴波形 (site-0311)

5. まとめ

制振用オイルダンパーを弾性すべり支承に組み込んだ免震装置を開発した。静的・動的加振試験結果から摩擦係数の変化は小さく安定した免震性能が得られたこと、動的加振試験結果や実験棟加振試験結果から目標としていた小振幅領域における振動の低減効果を確認できた。

参考文献

- 1) 谷地 敏和 他:「弾性すべり支承に制振用オイルダンパーを組み込んだ免震装置の開発」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.891-892 (2009)
- 2) 山添 秀敏 他:「弾性すべり支承に制振用オイルダンパーを組み込んだ

昭和電線デバイステクノロジー(株)
三須 基規 (みす もとき)
免制震制音事業部 免制震部 技術課 主査
免制震製品の開発・設計に従事

昭和電線デバイステクノロジー(株)
福田 滋夫 (ふくだ しげお)
免制震制音事業部 免制震部 技術課長
免震製品の開発・設計に従事

昭和電線デバイステクノロジー(株)
加藤 直樹 (かとう なおき)
取締役 免制震制音事業部長

戸田建設株式会社
谷地 畝 和夫 (やちうね かずお)
建築設計統轄部 構造設計部

西松建設株式会社
飯塚 信一 (いづか しんいち)
技術研究所 建築技術グループ

カヤバシステムマシナリー株式会社
露木 保男 (つゆき やすお)
専務取締役