

ビンガムダンパーの耐震性能に関する研究

Experimental Study on Seismic Performance of Bingham Damper

青木徹彦†, 吉田雅彦††

Tetsuhiko Aoki, Masahiko Yoshida

Abstract For enhancing seismic resistance of civil or architectural structures it is recognized to be effective to place dampers on them. Bingham damper has distinctive merit in independent nature from the velocity and the temperature, differ from conventional liquid type damper. In this study new type Bingham material are used and tested dynamically. As a test results, four different Bingham material showed good force-displacement hysteretic curves except one, which material exhibited so high viscosity and due to narrow clearance inner cylinder.

1. はじめに

我が国は世界有数の地震国である。大地震から高速道路、橋などの公共構造物、あるいは住宅やビル等の建築物、工場やその施設の破壊を防ぐには、免振装置を付ける等の耐震性の向上が望まれているが、コストの問題や、装置を付けた時の効果がすぐには分かりにくいなどの問題があり、普及は必ずしも進んでいない。免振装置としてはダンパーが有効と認められており、高減衰免震ゴム、鋼材を用いた履歴減衰型ダンパー、摩擦ダンパー、粘性ダンパーがある。

本研究では、川金コアテックが開発、販売しているオイル・シリンダー型ダンパーのオイルの代わりにビンガム材を用いて、従来問題となっていた温度依存性、速度依存性を改善し、安価で高性能のシリンダー型ダンパーの開発を行うことが主な目的である。本製品が開発されれば、公共構造物、建築物以外にも、工場、設備等への設置の促進により、我が国産業界の耐震性能向上に大いに寄与できると思われる。

2. 実験計画

2.1 ビンガム剤

ビンガム剤は構成する材料を4種変えたものを用意す

† 愛知工業大学 工学部 都市環境学科 (豊田市)

†† (株)川金コアテック技術本部 (川口市)

る。これらをPB03-1, PB03-AA, PE03-A, およびPB03-Bと名づける。オイル剤は、通常シリコンが用いられるが、文献1)に示す本学で以前に行われた研究結果から、今回の実験ではポリブデンを用いた。4種のビンガム剤の違いは主として粘度の違いである。ビンガム剤PB03-1の粘度に関する基本特性試験およびダンパー性能試験は予め川金コアテック社により行われた。これを付録に示す。

2.2 シリンダー

シリンダーは図-1に示す寸法とし、内部のコマを2種用意する。一方を従来型の“フラット”と呼び、他方を“段付き”とする。

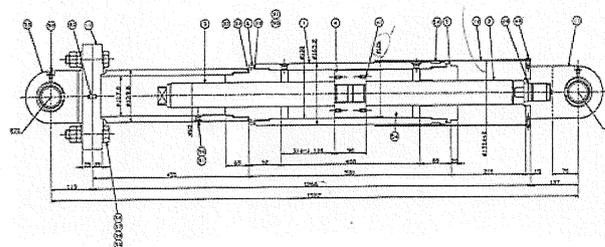


図-1 シリンダー寸法

2.3 試験装置

加震装置として、愛知工業大学耐震実験センターが所有するMTS社製250kN動的アクチュエータ1台を使

用する。この仕様を表-1および図-2に、外観を写真-1に示す。リニアレール4本の上にフレームを設け、その中央線上の一方の端にアクチュエータを、他端に試験を行うシリンダーを固定する。

表-1 油圧式アクチュエータ仕様

項目	仕様
最大速度	500(mm/sec)
加震周波数	0.2~4Hz
最大変位	±300(mm)
最大加震力	250kN

2.4 加震方法

加震方法は以下の3種とする。

- 1) 一定振幅±120mmで、周波数を0.5Hz, 0.75Hz, 1.0Hz, 1.5Hz および2.0Hzの5種変えたもの
- 2) 一定周波数1.0Hzの下で、振幅を±10mm, 25mm, 50mm, 80mm および100mmと変えたもの
- 3) 実地震波として兵庫県南部地震波 JRT を入力したもの。

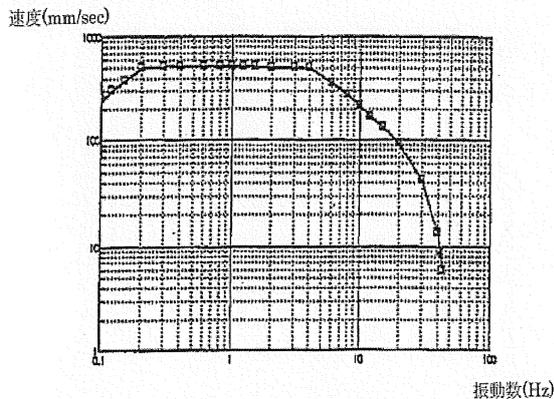


図-2 速度-振動数 相関図

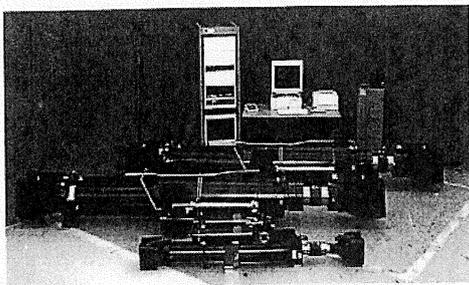


写真-1 油圧式アクチュエータ外観

3. 実験結果と考察

3.1 加震実験結果

3種類の加震実験で得られた、荷重-変位履歴曲線のうち、あるビンガム剤（フラット PE-03-A）の一定振幅試験の例を図3に示す。各図の縦軸は抵抗力（kN）を、横軸は変位（mm）である。

実験結果より、PB03-1を除き、実用的な1.0Hzまでの範囲で、履歴曲線はほぼ実用できる性能が確認できた。PB03-1は材料の粘度は著しく高く、シリンダーに材料を封入するにも困難な状態であった。荷重-変形履歴も他の材料と異なり、不安定な形状となり、実用的とは思われなかった。

実地震波入力による荷重変形履歴もPB03-1を除きほぼ良好な形状を示した。

3.2 温度の影響

ビンガムダンパーの利点は、温度依存性、速度依存性がオイルダンパーに比べて小さいことである¹⁾。今回の実験でも加震による温度変化の影響を調べるため、予備試験として熱電対による温度計測を、3, 4ケースについて行ったが、各試験の10回程度の加震では、せいぜい2, 3℃の温度上昇がみられただけで、実際の地震でも温度上昇はほとんど見られないと思われた。そこで、以後の試験では温度計測は行わないこととした。

ダンパーにおける実際上の問題点は、夏季の40℃から50℃での性能と、冬季の0℃以下での性能の差であり、今回の実験では10℃前後の一定の室温下での実験で、このような広範囲の実験は想定してなかったため、実際的な使用下での温度依存性に関する実験データは得られていない。実際的な使用条件での実験は、シリンダーを恒温槽で包んで温度管理をしながら加震し、履歴特性を観察、記録する必要がある、今後の課題である。

4. 結論

ポリブデンを主体とするビンガム剤を用いたシリンダー型ダンパーの耐震性能試験を行った。試験は±120mmの一定振幅実験で、周波数を0.5Hz, 0.75Hz, 1.0Hz, 1.5Hz および2.0Hzの5種変えたもの、および一定周波数1.0Hzの下で、振幅を±10mm, 25mm, 50mm, 80mm および100mmと変えたものである。

今回の試験体に関して、PB03-1を除きほぼ良好な結果が得られた。ビンガム充填剤は、粘生が非常に高く、シリンダー内に充填するのに、真空ポンプを用いたが、時間がかかり非常に苦勞した。実際の市販の製品にするには、特別な充填装置が必要と思われる。

また、シリンダー形状は従来の粘性の低いオイルダンパー用のものを流用したため、ビンガムダンパーとして

の性能が十分に得られなかったと思われる。それらの検討が今後さらに必要と思われる。

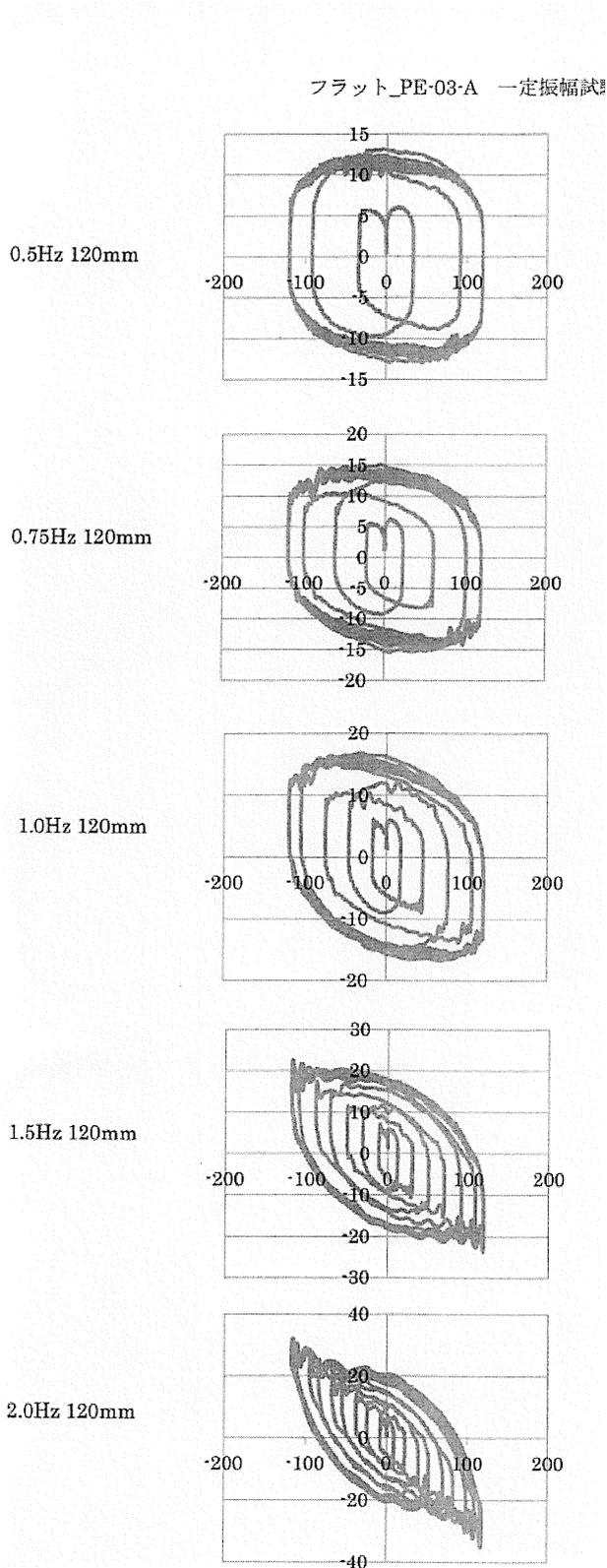


図 - 3 荷重—変位履歴曲線 (フラット PE-03-A)

参考文献

- 1) 水野千里、青木徹彦、鈴木森晶：微小粉体とオイルを混合したビンガムダンパーの耐震性能実験、土木学会・構造工学論文集、Vol.55A, No.9-5,平成 21年
- 2) Tetsuhiko Aoki, Liu Yang, Tatumasa Takaku, and Yuhshi Fukumoto: New Type of Shear Panel Dampers for Highway Bridge Bearings, EUROSTEEL 2008, pp1305-1310, Graz, Austria, September 2008
- 3) Yang Liu, Tetsuhiko Aoki: The Strain Measurement by Image Processing Technique for Shear Panel Damper made of Low Yield Steel, Fifth International Conference on Thin-Walled Structures, ICTWS 2008, Australia, 18-20 June 2008