

新型機能性摩擦ダンパの開発に関する研究

Study on Adaptive Friction Damper

プロジェクト代表者: 渡邊鉄也(工学部・准教授)

Tetsuya Watanabe(Dept. of Mec. Eng. Associate Professor)

1. 目的

1995年の兵庫県南部地震, 1999年のトルコ地震や台湾地震において, 一般家屋もさることながら産業施設においても, 建屋の破損, クレーンの転倒等, 大規模な被害を受けた. 特に兵庫県南部地震では, 側方流動あるいは地盤の液状化による架台基礎の移動が生じ, 水平方向にもまして上下動の影響が顕著となった. 配管系に関しても同様に被害を受けた. 配管自体の運動による架構からの転落や配管支持構造物の移動により特に配管の接合部の破損による内容物の漏洩等が目立った. プラント施設内に設置されている配管は一般に架構の上に支持されており, 配管の熱膨張を見込んで架構上に完全には固定されていない場合が多い. このような配管系に地震などの振動入力加わった場合には配管が架構上をしゅう動する摩擦現象が生じる. 摩擦は振動エネルギーを散逸し地震応答を低減する効果があることが知られており, 研究者は実機相当の配管系による大規模振動試験から, 摩擦によるエネルギー散逸効果や応答低減効果を評価し, 摩擦支持部を有するプラント配管系の簡易耐震設計法を提案してきた. しかし, 配管と架構の間に必然的に介在する摩擦を利用してきたため, 摩擦係数や配管支持反力を可変にすることが非常に困難であった. また, しゅう動方向は主に1方向であるため, 直線的な摩擦となり, しゅう動量には限界があった. このため, エネルギー散逸量にも限界が生じた. そこで, 本研究では配管の並進方向の運動を回転運動に変換し, 回転部において摩擦を生じさせればしゅう動量が増加し, すなわちエネルギー散逸量が増加すると考えた. 配管の運動を減少させるデバイスとしてさまざまなダンパが開発されてきている. 摩擦ダンパに注目すると, 現在開発されているものとしては, バネを用いて摩擦力を可変にするものや, 永久磁石の吸引力を利用して摩擦力を発生させるものがあるが, いずれも並進方向の摩擦によるエネルギー散逸を利用したものであり, しゅう動量には限界がある. したがって, 本研究で開発しようとする, 並進運動を回転運動に変換し, 回転部に摩擦が生じる「回転型磁気摩擦ダンパ」は他に例を見ない. 回転型磁気摩擦ダンパはボールネジを用いて並進方向の運動を回転に変換し, 回転部に摩擦を生じさせる構造となっている. 摩擦力は永久磁石の吸引力を利用している. これにより摩擦部におけるしゅう動量の増加が見込め, エネルギー散逸量の増加に伴う応答の減衰効果が期待できる. しゅう動量はボールネジのリードを変化させることにより調整可能であり, 摩擦力は永久磁石の吸引力を変化させることにより可変となる. 研究の目的を列挙する.

- 1) 摩擦支承型構造物の動的挙動および摩擦による応答低減効果を明らかにする.
- 2) 回転型磁気摩擦ダンパの小型モデルを試作する.
- 3) 振動試験により動特性を詳細に把握する. すなわち, ボールネジのガタや回転部の慣性力の影響, ベアリング等の減衰量などを把握する.
- 4) 並進方向の摩擦を利用した摩擦ダンパに比較してエネルギー散逸効果が高いことを明らかにする.

- 5) 解析モデルを構築し、実験結果と比較することによりモデル化の妥当性を検証する。
- 6) 配管の解析モデルに回転型磁気摩擦ダンパを適用し、従来の設計に比較し、応答低減効果が高いことを明らかにする。

2. 研究成果

本研究では、目的の2)を行った。図1に示すような回転型磁気摩擦ダンパを試作した。このダンパは並進方向の運動をボールネジを用いて回転運動に変換する構造となっている。回転軸には回転板が設置されており、固定板との間で摩擦が生じる機構となっている。固定板には永久磁石が設置されており、磁石の吸引力と摩擦係数の積が摩擦力となり、摩擦力によるモーメントが抵抗力となる。回転板の材質は軟鋼とし、固定板にはPTFE（テフロン）板を貼っている。したがって、軟鋼-テフロン間の摩擦を実現している。ダンパの仕様としては、全長 300mm、発生荷重 800N である。ストロークは±15mm、ボールねじのリードは 4mm、永久磁石は Fe-Nd-B 系希土類磁石を用いた。試作したダンパを油圧加振装置を用いて加振試験を行い、所望の特性が得られているか確認した。

解析では、回転部の慣性モーメントやベアリング等の減衰力、ボールネジのねじり剛性を考慮したモデルを構築し、正弦波入力した場合のエネルギー散逸量やしゅう動量をシミュレートした。図2に実験結果とシミュレーション結果を示す。横軸は変位、縦軸は荷重の履歴曲線である。この図では荷重の水平部において変動が見られるが、これは摩擦面が粗いためである。しかし実験結果とシミュレーションは良好に一致していることがわかる。

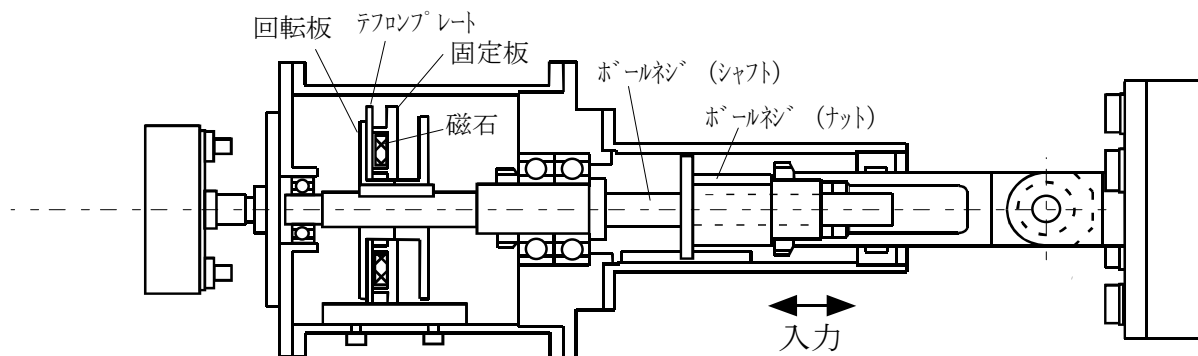


図1 回転型磁気摩擦ダンパ

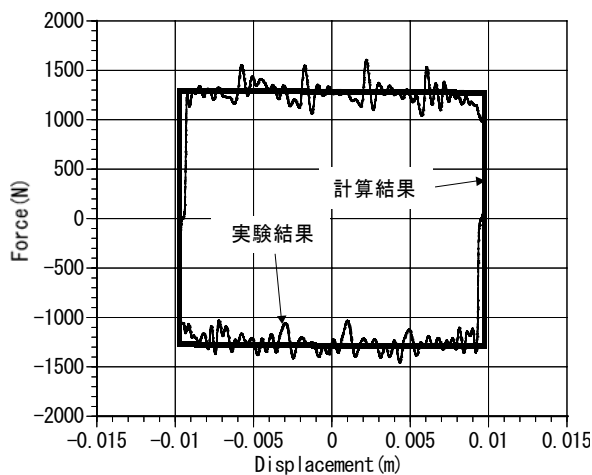


図2 履歴曲線