

摩擦型ダンパーの性能確認実験

(株)大林組 正会員 〇武田 篤史
(株)川金コアテック 正会員 加藤証一郎

(株)大林組 正会員 早川 智浩
スターライト工業(株) 段 祐輔

1. はじめに

建築構造物に用いられている摩擦型ダンパー¹⁾について、橋梁で用いることが可能なように大ストローク化、大容量化を図った。本報文では橋梁用に改造した摩擦型ダンパーについて行った性能確認実験について示す。

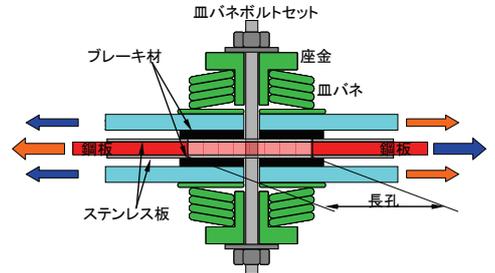


図-1 摩擦型ダンパーの基本構成

2. 摩擦型ダンパー

本研究で用いた摩擦型ダンパーの基本構成を図-1に示す。鋼板を左右に引張ることにより、ブレーキ材とステンレス板の間が摺動して減衰力を発生させる。摩擦面における抗力は貫通したボルトで発生させ、皿ばねによりその抗力を安定させる。

ダンパー全体の減衰力は、ボルト軸力、摩擦面数および、皿ばねボルトユニットの個数で調整する。本実験においては、ボルト軸力を N=100kN、摩擦面を6面、皿ばねユニットは6個とした。

摩擦面の多面化および大ストローク化を行った場合、図-1に示す鋼板は圧縮時に座屈することが問題となる。そこで、圧縮軸力を負担できる型鋼フレームを追加し、シアキーを用いて鋼板に力を伝達することにより、鋼板には常に引張力が働く構造とした。

ブレーキ材には、一般に焼結金属系と樹脂系があるが、焼結金属系は腐食の問題があるため、本研究ではフェノール樹脂を用いた。本実験に用いたブレーキ材は摩擦係数が $\mu = 0.30 \sim 0.36$ 程度であるため、減衰力 P は $P = \mu N \times (\text{摩擦面数}) \times (\text{皿ばねユニット数}) \approx 1000\text{kN}$ となる。ただし、実験は挙動の安定化を図るため、皿ばねユニットを4個として行なった。ダンパーのストロークは400mmとした。本研究で用いた摩擦型ダンパーの写真を写真-1に示す。

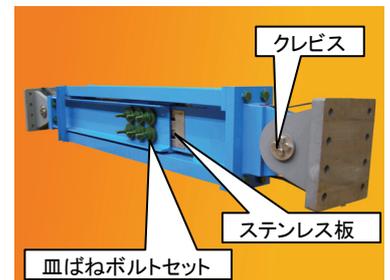


写真-1 摩擦型ダンパー

3. 性能確認実験

3.1 実験方法

実験は、ダンパーの両端を、それぞれクレビスを介して振動台上および振動台基礎上の反力治具に固定して、振動台を動かすことにより行なった。加力方法を図-2に示す。実験の加力パターンは、正弦波および地震応答波とした。正弦波の加力パラメーターの範囲を表-1に示す。地震応答波は、橋長193mの3径間ラーメン橋梁の桁端部と橋台の間に摩擦型ダンパーを入れたとして地震応答解析を行なったときの摩擦型ダンパーの変形応答を入力したものであり、橋梁への入力波は道路橋示方書²⁾に示されるL2地震動6種類である。

3.2 結果の評価法

実験結果を整理する際の平均摩擦係数は1サイクルの吸収エネルギーを変位振幅およびボルト軸力で除すことにより算定した。また、減衰力-変形関係のループ形状を表す指標として、1サイクル中での摩擦係数最小点(速度最大点、変位=0点)と、摩擦係数最大点(速度=0点、変位最大点)の比を、摩擦係数低減比として定義した。

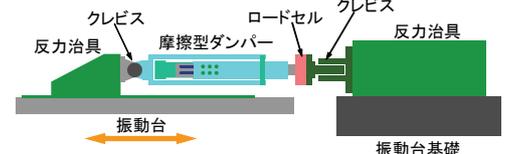


図-2 加力方法

| | |
|-------------|------------------------|
| 振動数 (Hz) | 0.429~3.0Hz |
| 加振波数 (回) | 1, 6, 12, 50 |
| 変形振幅 (mm) | 50, 100, 200, 300, 350 |
| 最大速度 (kine) | 15.1~126 |

キーワード 制振橋梁, 摩擦型ダンパー, 速度依存性, 振幅依存性

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組技術研究所構造技術研究部 TEL 042-495-1013

4. 実験結果

4.1 基本特性と繰り返し特性(振動数: 1Hz, 振幅: 100mm, 12波)

図-3 に減衰力-変形関係を示す。おおむね、エネルギー吸収のよい長方形が描かれていることがわかる。また、静止摩擦による過大な力がかかることがないため、取付部等はダンパーの減衰力で設計できることがわかる。図-4

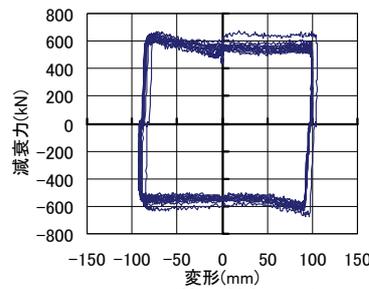


図-3 基本特性試験

には繰り返しによる摩擦係数の変動を示す。変形を繰り返すことにより摩擦係数が2割近く下がることがわかる。これは、摩擦材により発生した熱が影響している。よって、地震時の繰り返しと等価な正弦波の繰り返し数を考慮し、設計時において用いるべき摩擦係数を決めなければならない。

4.2 速度依存性(振動数: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0Hz, 振幅: 100mm, 12波)

図-5 に最大速度と摩擦係数減衰比の関係を示す。速度が大きくなるにつれて、単位時間あたりの発熱量が上がるため、最大速度時の摩擦係数は小さくなる。しかし、3ループ目と11ループ目では摩擦係数低減比はほとんど変わっておらず、1ループ内での摩擦係数低減は繰り返し数の影響がほとんどないことがわかる。

4.3 振幅依存性(振動数: 3.0~0.429Hz, 振幅: 50~350mm, 6波、最大速度: 94kine=const.)

図-6 に速度を一定としたときの振幅と摩擦係数減衰比の関係を示す。変位振幅が大きくなるにつれ1ループでのエネルギー吸収量が大きくなるため、最大速度時の摩擦係数は小さくなる。ただし、振幅が300mmを超えると、放熱時間が長くなり、摩擦係数減衰比は下げ止まる。なお、4.2と同様に摩擦係数低減比は繰り返し数の影響がほとんどないことがわかる。

4.4 地震応答波入力

図-7, 8にそれぞれL2-I-3(継続時間が最長)およびL2-II-2(最大速度が最大)について減衰力-変形関係を示す。繰り返し数の多いタイプI地震動ではループ形状がほぼ長方形であるのに対し、速度の速いタイプII地震動では、ループ形状が鼓状にくびれていることがわかる。

表-2に全6ケースの平均摩擦係数を示す。タイプI地震動とタイプII地震動の間で平均摩擦係数は明らかに異なっており、地震動タイプ毎に設計摩擦係数を変えることが合理的と考えられる。

5. まとめ

本実験により、摩擦型ダンパーの基本特性と速度依存性や振幅依存性を把握できた。今後は、ダンパーフレームの安定化を図る改良を加えるとともに、設計で用いる摩擦係数を地震動ごとに適切に評価し、設計法を確立する予定である。

参考文献

- 1) 日野ら: 高力ボルト摩擦接合滑りダンパーの開発と実建物への適用、鋼構造年次論文報告集、No1. 8、2000. 11
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、2002. 3

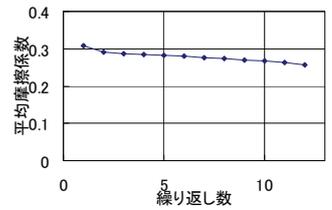


図-4 繰り返し数の影響

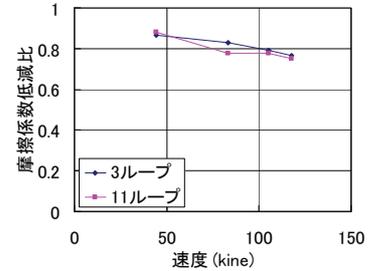


図-5 速度の影響

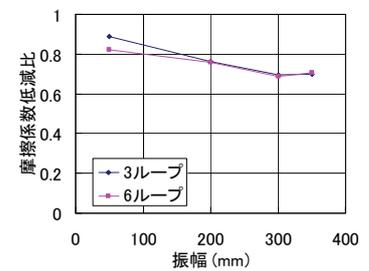


図-6 振幅の影響

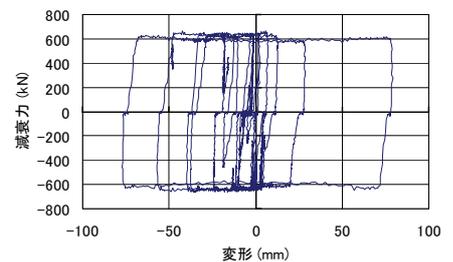


図-7 地震時挙動(L2-I-3)

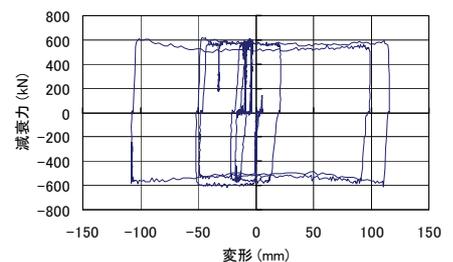


図-8 地震時挙動(L2-II-2)

表-2 地震時の平均摩擦係数

| 入力波 | 最大変位 (mm) | 最大速度 (kine) | 平均摩擦係数 |
|---------|-----------|-------------|--------|
| L2-I-1 | 120.2 | 58.4 | 0.336 |
| L2-I-2 | 123.9 | 61.3 | 0.325 |
| L2-I-3 | 83.9 | 55.3 | 0.330 |
| L2-II-1 | 136.9 | 82.8 | 0.299 |
| L2-II-2 | 168.7 | 116.9 | 0.296 |
| L2-II-3 | 163.4 | 114.7 | 0.299 |