

リンク機構を有する回転摩擦ダンパーの基本特性に関する振動台実験

京都大学工学研究科 学生員 ○高橋 天平
 京都大学工学研究科 正会員 豊岡 亮洋
 京都大学工学研究科 フェロー 家村 浩和

川口金属工業(株) 正会員 比志島 康久
 川口金属工業(株) 正会員 姫野 岳彦
 DAMPTECH 非会員 Imad H. Mualla

1. はじめに

本研究では、土木構造物への適用を想定して開発された制震装置である、リンク機構を有する回転摩擦ダンパーに着目し、このダンパーを取り付けた橋梁上部工モデルを大型振動台で加振することにより、動的外力下におけるダンパーの基本特性について検証した。さらに、ダンパーが発揮する動摩擦モーメントの予測式を提案し、実験値と比較をすることでこの妥当性を検証した。

2. リンク機構を有する回転摩擦ダンパー

2.1 リンク機構を有する回転摩擦ダンパーの構造

リンク機構を有する回転摩擦ダンパーとは、図1に示すように複数のステンレスのアームをボルトで締め付け、この締め付け部に高摩擦材を配したダンパーである。本ダンパーのアームを橋梁の支承部のように相対変形を生じる箇所に設置することで水平運動をリンク機構部の回転運動に変換し、高摩擦材とステンレスとのすべり摩擦によりエネルギー吸収を行う制震装置である。この装置はボルトの締め付けによって軸力を決定できるため桁の自重によらず摩擦力を調整可能であり、上下地震動に対しても安定した力が発揮できる。また、リンク機構を有するため小さいすべり面でも大きな変位に追随可能である。

2.2 ダンパーの発揮する荷重

本ダンパーは図1(b)に示すようにリンク機構部で摩擦によるモーメント(M)が発生し、モーメントのつりあいからヒンジ間を結んだ直線方向にのみ荷重(M/L)が期待できる。この力を摩擦水平力と称することにする。

3. 振動台実験による効果の検証

3.1 実験供試体の概要

提案する摩擦ダンパーの動的外力作用下における特性を調べるために振動台実験を行った。図2のように桁模型の自重を四つの支承で支え、桁と振動台の間に摩擦ダンパーを4基(A, B, C, D)設置した。実験ケースによっては復元力装置も設置した。また図3に今回使用した摩擦ダンパーの諸元を示す。

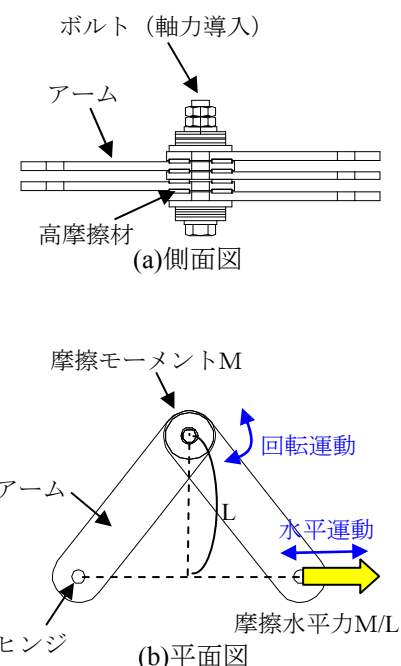


図1 回転摩擦ダンパーの構造

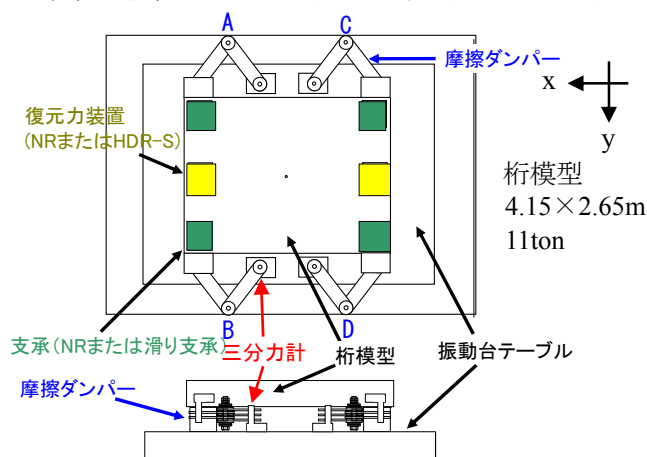


図2 実験供試体

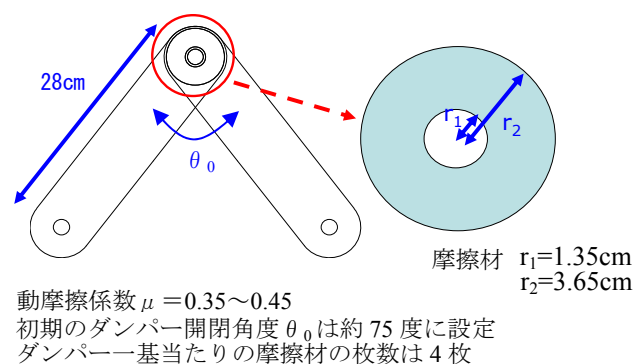


図3 回転摩擦ダンパーの諸元

キーワード 制震, 摩擦ダンパー, 振動台実験, 動的特性

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院構造ダイナミクス分野 TEL:075-383-3244

3.2 実験結果

図2のA～Dのダンパーの個々における動的特性の違いはそれほど顕著ではなかったため、以下の考察では、ダンパーBについて、その特性を考察する。なお三分力計を設置することによりダンパーの荷重を直接測定している。

3.2.1 動摩擦モーメント

正弦波(1.7Hz, 最大300gal)を、x方向に入力した時に、得られたダンパー1基のダンパー開閉角度—摩擦モーメントの履歴を図4に示す。このように、動摩擦モーメントがダンパー開閉角度によらず、一定であることが分かる。

3.2.2 ダンパーの荷重

JR 鷹取記録を0.6倍したものを平面2方向に入力した時に、得られたダンパー1基の相対変位—摩擦水平力の履歴を図5に示す。2.2で示したように、摩擦水平力の働く向きがヒンジ間を結んだ直線方向(x方向)に働いていることが確認できる。

4. 動摩擦モーメントの予測値との比較

摩擦材の面圧を一定と仮定した場合、図6に示す摩擦材の微小部分の動摩擦モーメント dm を積分することによってダンパー1基当たりの動摩擦モーメントの予測値は以下のよう

に算出できる。

$dm = \text{摩擦係数} \times \text{圧力} \times \text{面積} \times \text{距離}$

$$= (\text{動摩擦係数} \times \text{圧力} \times \text{面積}) \times \text{距離}$$

$$= \mu \times \frac{W}{A} \times (r d\theta dr) \times r$$

$$M_0 = N \times \int_A dm$$

$$= N \times \int_0^{2\pi} \int_{r_1}^{r_2} \mu \cdot \frac{W}{A} \cdot r^2 dr d\theta = \frac{2}{3} \cdot N \cdot \mu \cdot \frac{r_2^3 - r_1^3}{r_2^2 - r_1^2} \cdot W$$

この予測式に図3の試験体特性を代入することにより得られる動摩擦モーメントの予測値を実験値と比較したものを図7に示す(μ は0.45で計算)。入力波はJR 鷹取記録、北海道東方沖地震の温根沼記録、sin波である。軸力は、ボルトのひずみを軸力に換算する軸力計により測定している。また、実際の橋梁の供用期間において、大きな地震動を受けるのは数回程度であると考えられるので、载荷経験の少ないケースにおいて比較をしている。予測値と実験値は良好な一致を示していることが分かる。予測値からの変動量は平均9.91%、標準偏差4.69%となった。

ここで 変動量 = $\frac{\text{実験値} - \text{予測値}}{\text{予測値}} \times 100 (\%)$ である。

5. まとめ

本研究では、振動台実験により、リンク機構を有する回転摩擦ダンパーが発揮する動摩擦モーメントがダンパー開閉角度によらず一定であることを確認した。さらに、本ダンパーが発揮する動摩擦モーメントの予測式を提案し、実験値と比較することで、その妥当性を示した。

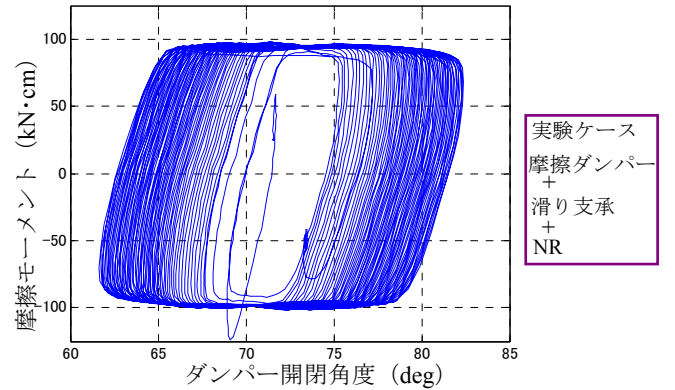


図4 ダンパー開閉角度—摩擦モーメントの履歴

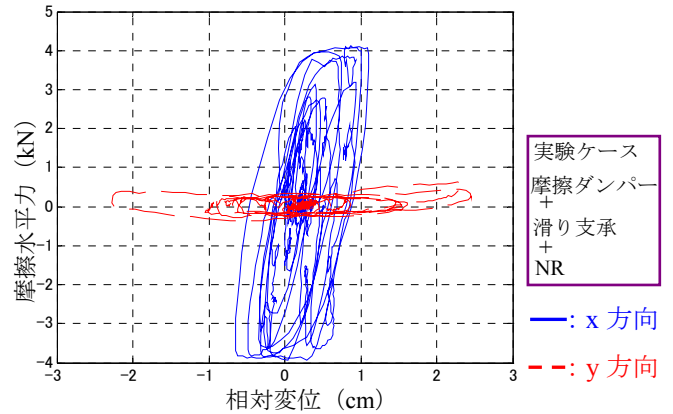


図5 相対変位—摩擦水平力の履歴

M_0 : ダンパー1基当たりの動摩擦モーメント
 N : ダンパー1基当たりの摩擦材の枚数
 μ : 動摩擦係数 A : 摩擦材の面積
 r_1 : 摩擦材の内径 r_2 : 摩擦材の外径
 W : 軸力

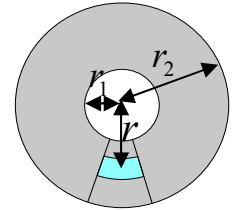


図6 摩擦材

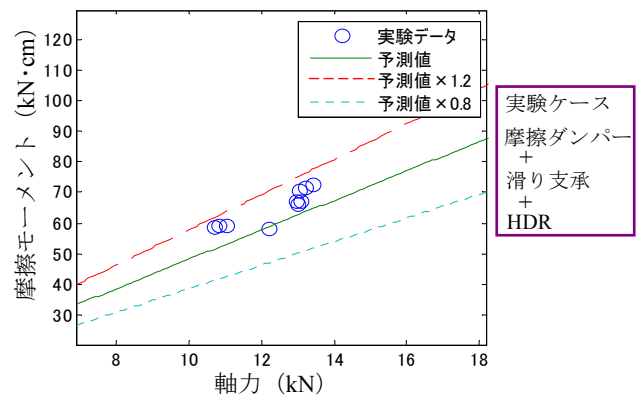


図7 動摩擦モーメントの予測値との比較