

第 I 部門 リンク機構を有する回転摩擦ダンパーの動特性に関する振動台実験

京都大学工学部 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

地震に強い構造物を造るという観点で、制震技術が注目されており様々な装置や手法が研究されている。本研究ではこうした制震装置のうち、土木構造物への適用を想定して開発されたリンク機構を有する回転摩擦ダンパーに着目した。この提案された新しい摩擦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、実験値と予測値を比較した。

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。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従可能である。

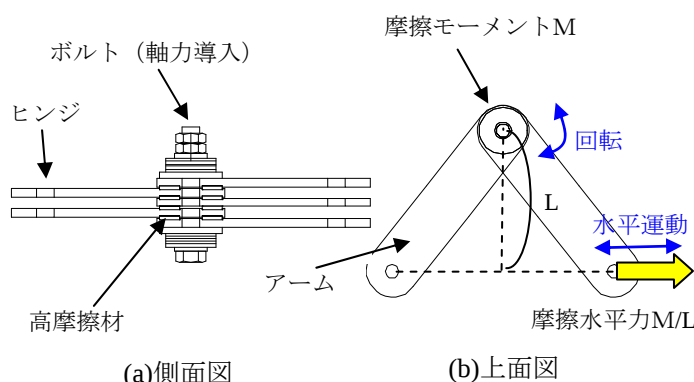


図 1 回転摩擦ダンパーの構造

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

摩擦ダンパーに動的外力を加えた場合の特性を調べるために振動台で実験を行った。

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。

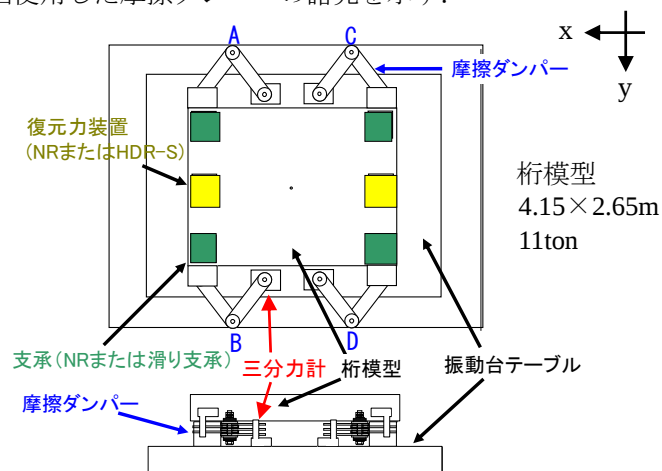


図 2 実験供試体

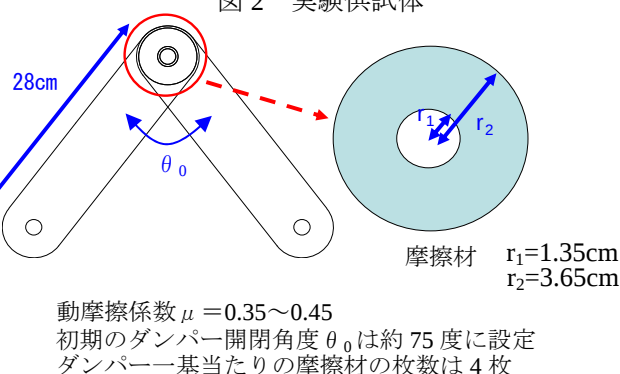


図 3 回転摩擦ダンパーの諸元

3.2 実験結果

ダンパー設置位置による大きな違いは見られなかったため、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 5 に示す。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。

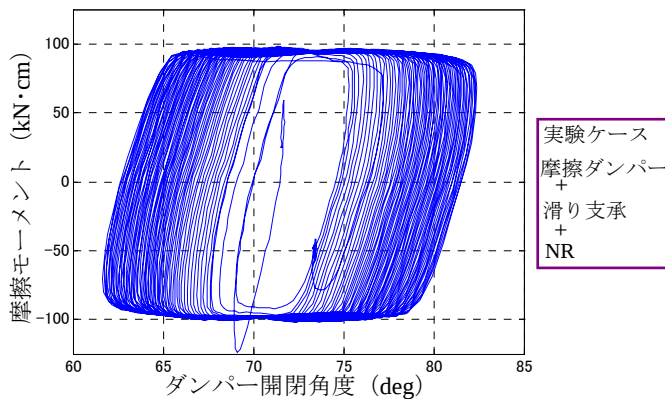


図4 ダンパー開閉角度—摩擦モーメントの履歴

3.2.2 ダンパーの荷重

西日本鷹取駅構内地盤上の地震動記録を 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 4 に示す。摩擦水平力の働く向きがヒンジ間を結んだ直線 の方向 (x 方向) に働いていることが確認できる。

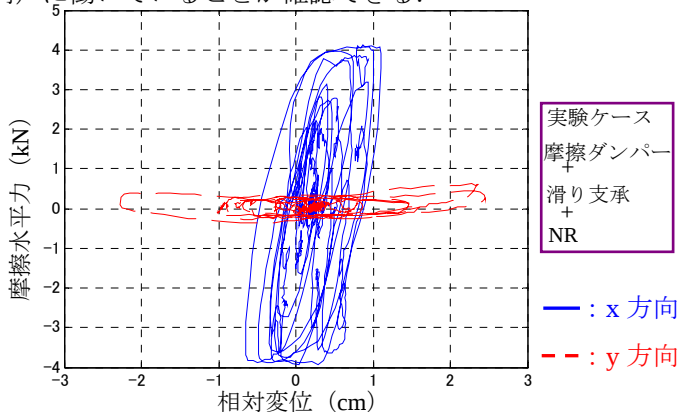


図5 相対変位—摩擦水平力の履歴

4. 動摩擦モーメントの予測値との比較

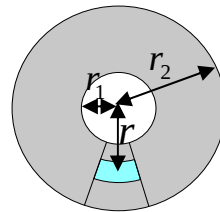
摩擦材の面圧を一定と仮定した場合，図 6 に示す摩擦材の微小部分の動摩擦モーメント dm を積分することによってダンパー1 基当たりの動摩擦モーメントの予測値は以下のように算出できる。

$$dm = \text{摩擦力} \times \text{距離}$$

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

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

$$\begin{aligned} M_0 &= \int_A dm \\ &= \int_0^{2\pi} \int_{r_1}^{r_2} \mu \cdot \frac{W}{A} \cdot r^2 dr d\theta \\ &= \frac{2}{3} \cdot N \cdot \mu \cdot \frac{r_2^3 - r_1^3}{r_2^2 - r_1^2} \cdot W \end{aligned}$$



M_0 :ダンパー1基当たりの動摩擦モーメント
 N :リンク機構部の摩擦材の枚数
 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

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)。なお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。

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

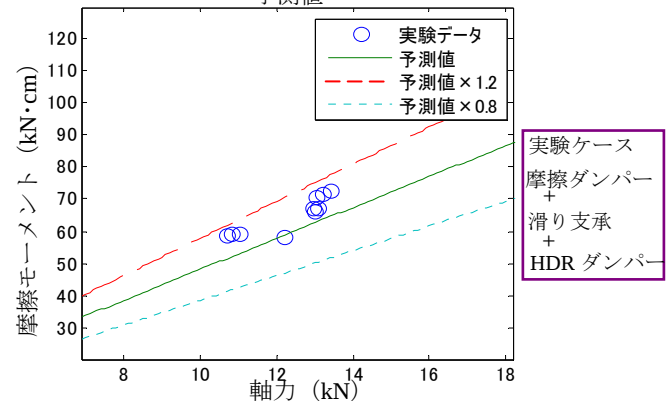


図7 動摩擦モーメントの予測値との比較

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。また，ダンパーの荷重がヒンジ間を結んだ直線 の方向に働くことを確認した。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，载荷経験が少ないケースにおいて実験値と比較することで，その妥当性を示した。