

## 可動支承を有する橋脚の橋軸直角方向に適用する「横変位摩擦ダンパー」の開発

青木あすなろ建設(株) 正会員 ○下村将之 波田雅也 木村浩之 山崎 彬 藤本和久  
 フェロー会員 牛島 栄  
 首都高速道路(株) 正会員 松原拓朗 山本一貴  
 (一財)首都高速道路技術センター 正会員 張 広鋒 非会員 右高裕二

## 1. はじめに

既設橋梁の上下部接続部に摩擦ダンパーを設置することで耐震性向上を図る制震技術が実用化されている<sup>1)2)</sup>。摩擦ダンパー特有の完全剛塑性の履歴特性を生かし、一定の水平力(例えばレベル1地震動時の慣性力)まで摩擦ダンパーが支承固定部材の役割を果たし、それ以上の水平力が作用すると制震部材として機能し、橋脚の損傷を抑制する。首都高速道路の既設高架橋の場合、とくに橋軸直角方向の支承条件は殆どの橋脚で固定であるため、橋軸直角方向に摩擦ダンパーを設置することで制震化し得る橋脚が多数存在する。しかし、直交する橋軸方向が可動支承の場合は、温度変化や地震動によって生じる橋軸方向の変位に左右されることなく、橋軸直角方向の摩擦ダンパーが所要の制震効果を発揮することが求められる。

そこで筆者らは、橋軸方向を可動支承条件とする橋脚の橋軸直角方向に適用する摩擦ダンパーとして、図-1に示す「横変位摩擦ダンパー」を考案し、幾つかの構造案を検討している<sup>3)4)5)</sup>。本報では、そのうち「固定タイプ」の横変位摩擦ダンパーの概要を示すとともに、基本的な耐荷性能の確認を目的とした1方向および2方向静的載荷実験について報告する。

## 2. 横変位摩擦ダンパーの概要

**2.1 摩擦抵抗** 横変位摩擦ダンパーは、ダイス(金属環)とロッド(金属棒)の嵌め合いによる摩擦抵抗を採用する<sup>1)</sup>(図-2)。ロッドに軸力が作用すると、ダイスとロッドの接触面が摺動して摩擦力が発生する仕組みであり、安定した完全剛塑性型の履歴特性とエネルギー吸収性能、さらには優れた繰返し耐久性を有することが知られている<sup>1)2)</sup>。

**2.2 固定タイプの機構** 横変位摩擦ダンパーは、ダイスを固定した筒部を下部構造(橋脚)に設置し、上部構造(桁)に設置するブラケット2基でロッドの両端を緊結せずに挟み込む機構である(図-2)。ロッド端部には摩擦係数0.1程度のすべり材を設置する。上部構造の橋軸直角(Y)方向の水平力に対してはダイス・ロッド部が摩擦抵抗し、橋軸(X)方向に対してはすべり材が低摩擦でスライドする。上部構造の回転変位に対しては、ブラケットとすべり材の間に設ける数mmの遊間と、ロッドやすべり材等の弾性変形で追従する。

**2.3 橋軸方向変位に対する挙動** 図-3(a)のようにダンパーを両端ピン接合で上下部接続部に緊結する場合<sup>1)</sup>、上部構造が橋軸方向に大きく変位すると、ダンパー軸が傾くことによって生じる分力の影響( $N_x$ が発生、かつ $N_y < N_D$ )が無視できなくなる可能性がある。一方、図-3(b)の横変位摩擦ダンパーは、常にダンパー軸が橋軸

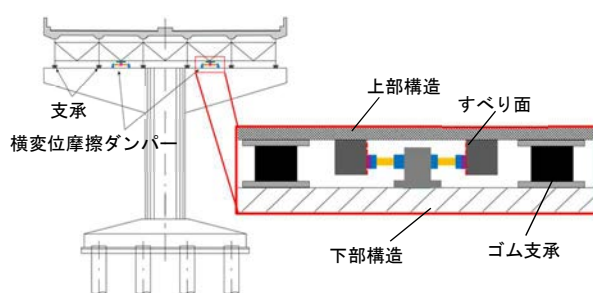


図-1 横変位摩擦ダンパーの設置イメージ

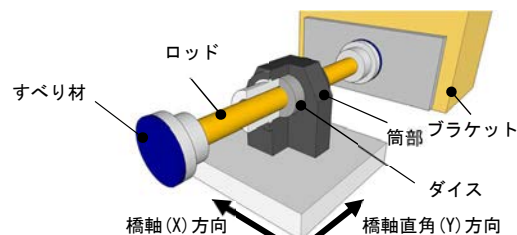


図-2 横変位摩擦ダンパー(固定タイプ)の機構

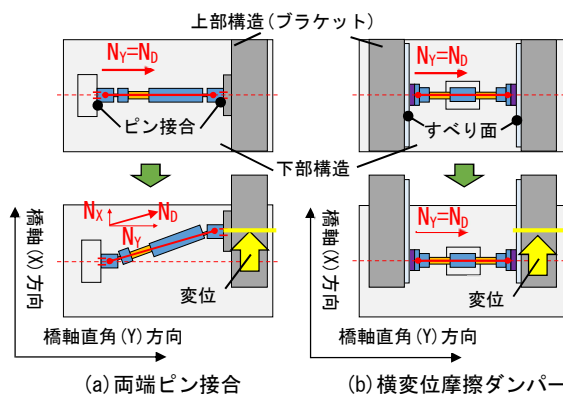


図-3 橋軸方向変位に対する挙動の比較

キーワード 摩擦ダンパー, ダイス・ロッド式, 橋梁, 制震, 静的載荷実験

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 36-1 青木あすなろ建設(株)技術研究所 構造研究部 TEL029-877-1112

直角方向と平行であり、橋軸方向変位によらず所定の耐荷性能 ( $N_Y = N_D$ ) が発揮される。

### 3. 静的載荷実験

**3.1 載荷装置と試験体** 載荷装置は、写真-2 のようにブラケットを設置した載荷ビームが上部構造、L 字形架台が下部構造に相当し、水平方向が橋軸直角 (Y) 方向、鉛直方向が橋軸 (X) 方向となるように横変位摩擦ダンパーを設置する。試験体とする横変位摩擦ダンパーは、実大規模で摩擦荷重: 500kN ~ 600kN, 最大ストローク:  $\pm 200\text{mm}$  の仕様とする (写真-3)。載荷方法は、水平 (Y 方向) および鉛直 (X 方向) に据えたアクチュエータによって、中央ピンの載荷ビームを平行に維持したまま、0.5mm/sec 以下の速度で変位制御にて載荷する。

**3.2 1 方向 (Y) 載荷** 橋軸直角 (Y) 方向の基本的な耐荷性能を確認するため、負側の最大振幅付近 ( $-180\text{mm}$ ) から正側の最大振幅 ( $+200\text{mm}$ ) に向かって 1 方向に単調載荷を行った。図-4 の荷重-変位関係より、区間①では、静止摩擦荷重により変位を拘束する固定部材として機能し、区間②では、動摩擦荷重 500kN 頭打ちで摺動し、制震部材として機能することがわかる。さらに、最大ストローク到達後の区間③では、すべり材が筒部に衝突して固定状態となり、摩擦荷重の約 4 倍 (2000kN: 水平アクチュエータの最大容量) まで載荷しても耐力・剛性を保持し、殆ど損傷しなかった。これは、このダンパーが横変位拘束構造<sup>3)</sup>を兼用できることを示している。

**3.3 2 方向 (XY) 載荷** 橋軸直角 (Y) と橋軸 (X) 方向の 2 方向載荷時の挙動を確認するため、写真-4 および図-5 (a) のように  $45^\circ$  方向に載荷した。得られた荷重-変位関係を図-5 (b) に示す。黒線が 2 方向載荷時の橋軸直角 (Y) 方向の履歴であり、黄線が別途 1 方向載荷した Y 方向の履歴である。両者が良く一致し、いずれも荷重が約 600kN 頭打ちで安定して挙動していることから、横変位摩擦ダンパーは橋軸 (X) 方向変位に左右されることなく、橋軸直角 (Y) 方向に所定の耐荷性能を発揮することが確認された。なお、2 方向載荷時の橋軸 (X) 方向は、Y 方向の約 10% の荷重でスライドし、それ以上の荷重が作用しなかった (赤線)。

### 4. まとめ

本報では、実大の横変位摩擦ダンパーに対して 1 方向および 2 方向静的載荷実験を行い、基本的な耐荷性能を確認した。なお、上部構造に回転変位を与えた状態や、動的加振時の挙動については、稿を改め報告したい。

【参考文献】 1) 波田雅也ほか：橋梁の耐震補強に用いるダイス・ロッド式摩擦ダンパーの開発，土木学会論文集 A1, Vol.75, No.2, pp.95-110, 2019. 2) 波田雅也ほか：ダイス・ロッド式摩擦ダンパーを用いた橋梁模型の振動台実験，コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.2, pp.859-864, 2017. 3) 首都高速道路：橋梁構造物設計施工要領 (V 耐震設計編)，2020 年 5 月 4) 山本一貴ほか：損傷制御を目的とした橋軸直角方向に設置する摩擦ダンパーの開発，土木学会第 74 回年次学術講演会, I-235, 2019. 5) 木村浩之ほか：橋梁上部構造の挙動に追従する横変位摩擦ダンパーの静的載荷実験，土木学会第 74 回年次学術講演会, I-237, 2019.

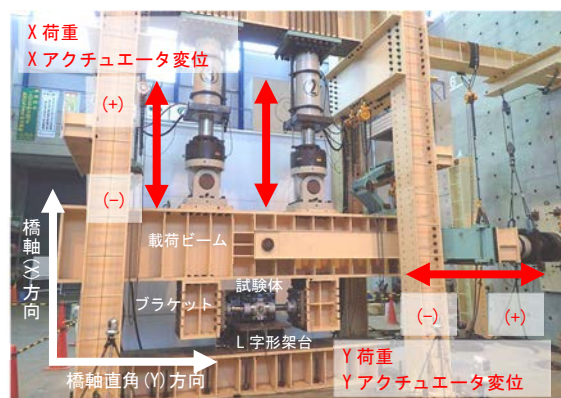


写真-2 載荷装置全景

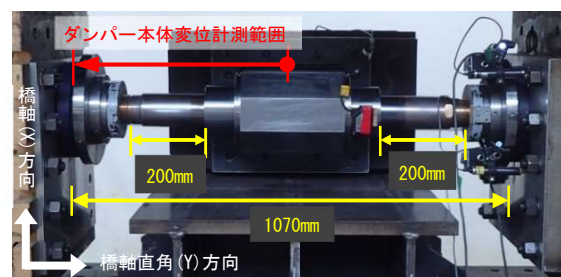


写真-3 試験体の設置状況

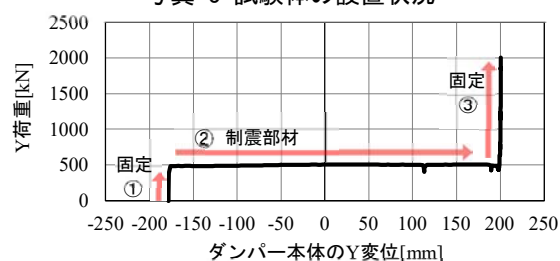


図-4 1 方向 (Y) 載荷の結果 (荷重-変位)

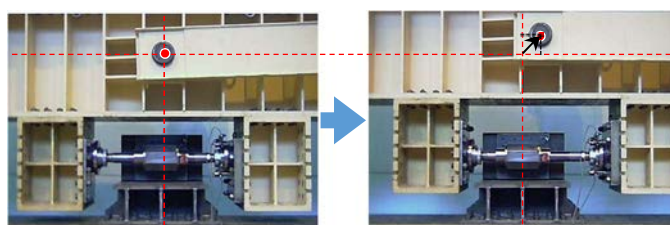


写真-4 2 方向 (XY) 載荷の状況

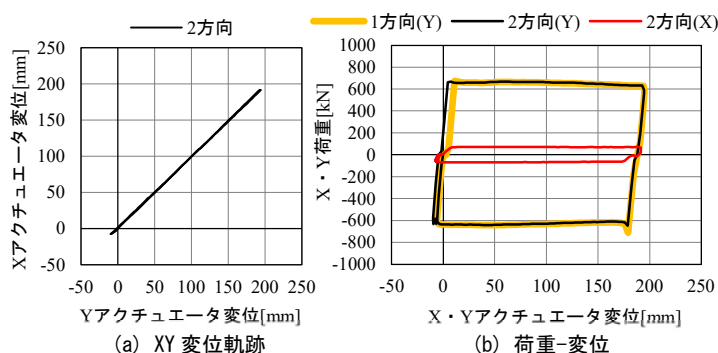


図-5 2 方向 (XY) 載荷の結果