

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

首都高速道路株式会社 正会員 ○山本 一貴 蔵治 賢太郎 松原 拓朗 久保田 成是
 (一財)首都高速道路技術センター 正会員 右高 裕二
 青木あすなろ建設株式会社 正会員 波田 雅也 木村 浩之

1. はじめに

首都高速道路は、大規模地震発生後、速やかに緊急輸送路として機能する必要がある。そのため、想定外の地震に対しても輸送機能が確保されるような損傷制御が必要となる。また、首都高速道路は、堤防や鉄道構造物等、他機関の構造物と近接もしくは一体化している高架橋も多い。地震時に首都高速道路に生じた変位によりこれらを損傷させ、堤防を決壊させたり、列車が走行できなくなったりすることは絶対に避けなければならない。そのため、橋脚の地震応答変位を許容塑性率以内に収めるだけでなく、極力小さくすることが望まれる。これら他機関構造物と近接もしくは一体となっている首都高速道路の橋梁は、補強部材を増設するためのスペースがない場合や、補強による重量の大幅な増加が困難な場合が多い。東北地方太平洋沖地震では、首都高速道路においても支承の損傷が確認されている。支承のサイドブロックをとめるボルトが破断し、サイドブロックが脱落した場合、第三者被害につながる可能性があることからそのような事態は避けなければならない。上述した橋脚の地震応答変位の抑制および各個撃破対策は、橋脚躯体の補強ではなく、支承構造周辺への制震デバイスの設置が有効な対策となる。

以上より、レベル1地震時においては支承のサイドブロックに代わり支承の橋軸直角方向への動きを拘束し、レベル2地震動において橋脚が降伏耐力に達する前にその拘束を開放するとともに、地震時の繰り返し変位に応じてエネルギー吸収をすることで橋脚に生じる地震応答変位を抑制する損傷制御型の制震デバイスの開発が望まれた。そのため、筆者らは、これらの要求性能を満足する橋軸直角方向に設置する摩擦ダンパー（横変位摩擦ダンパー）の開発を行っている。ここでは、横変位摩擦ダンパーの設計思想および構造概要について報告する。なお、横変位摩擦ダンパーは現在開発中であり、詳細な構造は今後変更となる可能性がある。

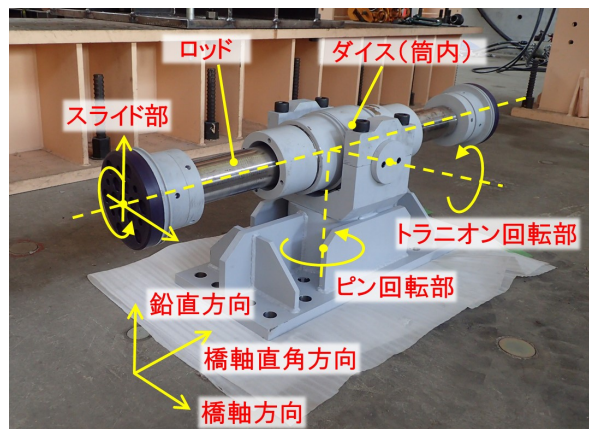


写真-1 横変位摩擦ダンパーの試作品

2. 横変位摩擦ダンパー

2.1 横変位摩擦ダンパーおよび設置位置

開発中の横変位摩擦ダンパーの試作品を写真-1に、橋梁への横変位摩擦ダンパーの設置状況の概念図を図-1に示す。横変位摩擦ダンパーは、橋脚頂部もしくは橋脚側面に設けたブラケットに取り付け、上部構造に設置した二つのブラケットにより挟み込むように設置する。横変位摩擦ダンパーは、図-2に示すようにダイスおよびロッドで構成される。ロッドの外径をダイスの内径より若干大きくすることで、ダイスによりロッドに締め付け力を働かせる。この状態でロッドが軸方向に押し引きされ

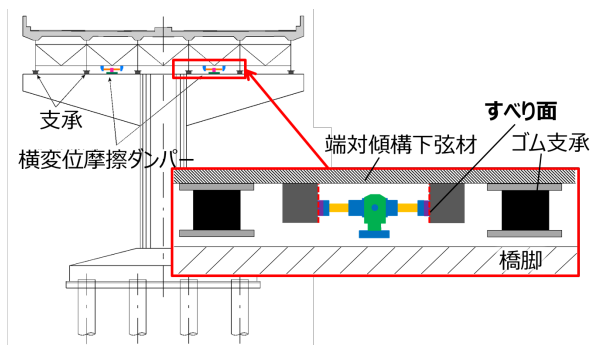


図-1 横変位摩擦ダンパーの設置状況の概念図

キーワード 橋梁, 損傷制御, 制震, 耐震, ダンパー

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1 首都高速道路株式会社 TEL 03-3539-9427

ることで、ダイスとロッドの接触面に摩擦力が発生して減衰を与える機構となっている。

2.2 上部構造変位に対する追従機能

横変位摩擦ダンパーは、複雑な上部構造の地震応答に対して、鉛直軸回りの回転にはピン構造、橋軸回りの回転にはトラニオン構造、鉛直方向および橋軸方向の変位ならびに橋軸直角周りの回転にはロッドの両端に設けたスライド部で追従し、橋軸直角方向の力のみをダンパーに確実に伝えることを目指している（写真-1）。

2.3 横変位摩擦ダンパーの機能

横変位摩擦ダンパーは、①レベル1地震時における支承の橋軸直角方向の拘束材（サイドブロックの代用）、②損傷制御設計における犠牲部材、③摩擦機構による制震部材、④想定を超える上部構造の橋軸直角方向変位に対する横変位拘束構造の4つの機能がある。これらの機能を実現するために、摩擦ダンパーの剛塑性の履歴特性が適している。横変位摩擦ダンパーの機能の遷移を図-3に示す。（STEP1）レベル1地震動では、静止摩擦力により橋軸直角方向の変位を

拘束し、サイドブロックとして機能させる。橋軸直角方向から作用する力が最大静止摩擦力を超えないとダンパーは動かないため支承の橋軸直角方向への動きを拘束することができる。（STEP2）レベル2地震動では、ダンパーの摩擦抵抗が最大静止摩擦力に達すると動摩擦に切り替わり、二次勾配が0に近いほぼ一定の荷重でダイスとロッドが摺動する。これにより、上部構造から下部構造に伝わる荷重は頭打ちとなり、荷重が上昇した場合に発生する可能性のある上部構造や下部構造の損傷をダイスとロッドが摺動することによって生じさせない。ダンパー摺動後は、摩擦により地震力を熱エネルギーに換えることで摩擦ダンパーとして機能する。

（STEP3）さらに想定を超える橋軸直角方向の地震応答変位が生じると、ダンパーのストロークがストロークエンドに達する。この際に横変位拘束構造としての耐力を持たせておくことで、横変位拘束構造として機能させる。以上のような横変位摩擦ダンパーの挙動は、解析モデルでは図-3の右側に示すように、初期剛性をほぼ無限大とし、降伏後は剛性をほぼ0とした剛塑性型のバイリニアモデルで表すことができる。

3. おわりに

橋軸直角方向に摩擦ダンパーを設置することによる橋軸直角方向の損傷制御構造を提案した。また、その際の摩擦ダンパー（横変位摩擦ダンパー）の設計思想および構造概要を示した。本構造では、ロッドに発生する曲げモーメントを極力小さくし、横変位摩擦ダンパーのダンパー軸方向に確実に荷重を伝えることが必須であるため、上部構造への追従機能について詳細な構造を引き続き検討している。今後、検討した構造に対し、動的載荷試験等により性能を確認していく予定である。

参考文献

- 1) 波田 雅也, 蔵治 賢太郎, 右高 裕二, 牛島 栄: 既設橋梁の耐震性向上に用いるダイス・ロッド式摩擦ダンパーの開発, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 38, No. 2, pp. 1003-1008, 2016. 7
- 2) 和田 新, 右高 裕二, 牛島 栄 ほか: 摩擦ダンパーを用いた橋梁模型の振動台実験について（その1: 実験概要）（その2: 地震時挙動）, 第71回土木学会全国大会, I-203, I-206, 2016. 9

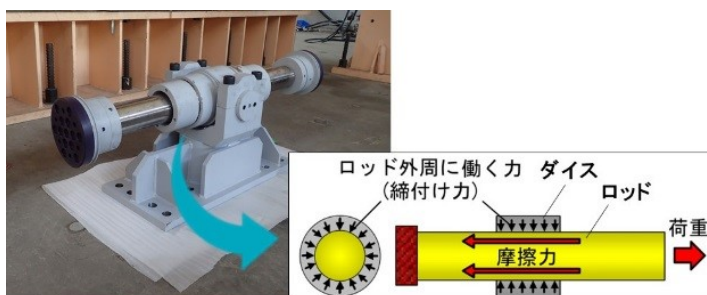


図-2 横変位摩擦ダンパーの構成

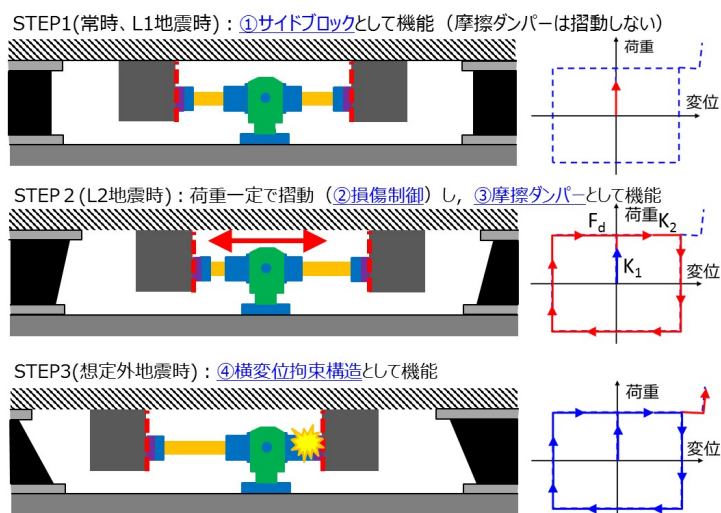


図-3 摩擦ダンパーの機能の遷移