

振動台実験に基づく制震デバイスの力学的特性に関する検討

(独) 土木研究所 正会員 ○崔 準祐
 (独) 土木研究所 正会員 堺 淳一
 (独) 土木研究所 正会員 星隈 順一

1. はじめに

近年、既設の桁橋や鋼製のアーチ橋等に制震デバイスを適用し、耐震性向上を試みる耐震補強事例や新設橋の耐震性向上のために制震デバイスを活用する事例が増えてきている。しかし、制震デバイスの限界状態等の性能評価や制震デバイスを用いた橋の耐震設計におけるそのモデル化手法に関しては、個々の橋梁に対して個別に検討がなされているのが現状である。本研究では、地震時に実際に橋に装着した制震デバイスに生じる作用に対して、どのような動的特性を示すのかを検証することを目的とし、制震デバイスを用いた橋梁模型の振動台実験を実施した。

2. 実験模型のセットアップおよび入力地震波

実験模型のセットアップ状況を写真-1 に示す。本実験では、橋としての地震応答ではなく、デバイスの動的挙動に着目することとしたため、慣性質量を弾性支持するという1自由度系に近似可能なシンプルな構造系に制震デバイスを設置することとした。慣性質量としては、H 鋼を組み合わせた桁模型にカウンタウェイトを設置し、これを4隅に配置されたゴム支承により支持する構造とした。慣性質量の全長は6110 mm、幅は1830 mmで、全重量は443 kNである。

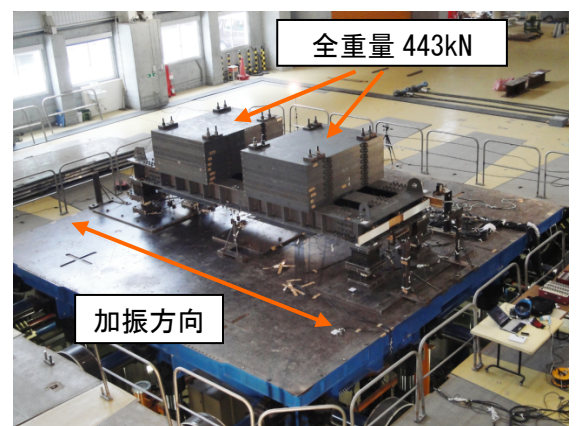


写真-1 実験模型のセットアップ状況

入力地震波は、地震時に想定される速度レベルにおける制震デバイスの繰り返しによる特性を把握するための正弦波と、地震のようなランダム波に対する挙動の評価のための地震波とした。ここで、地震波には、道路橋示方書・同解説（平成14年版）に示されるレベル2地震動の標準加速度応答スペクトルにスペクトル特性が合うように振幅調整された地震動を用いた。

3. 対象とした制震デバイス

本実験で対象とした制震デバイスを写真-2 に示す。対象とした制震デバイスは、エネルギー吸収能を発揮する機構の違いにより4つのタイプに分類している。ここでは、ゴム材料に非線形特性を付加させ、せん断変形時にエネルギー吸収能を発揮するゴム系デバイス、板状の鋼材にせん断方向の変形を生じさせ、材料の塑性化によりエネルギー吸収能を発揮させる鋼材せん断降伏系デバイス、シリンダー内に封入した粘性体の特性によりエネルギー吸収能を発揮させるシリンダー系デバイス、鋼材に軸圧縮および引張方向の変形を生じさせ、材料の塑性化によりエネルギー吸収能を発揮させる鋼材軸降伏系デバイスの4タイプとした。

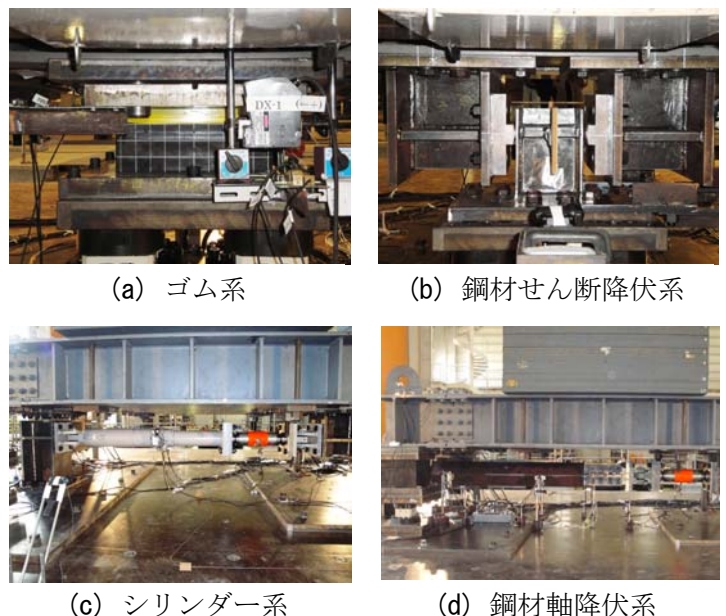


写真-2 制震デバイスの設置状況

キーワード 道路橋、制震デバイス、振動台実験、力学的特性

連絡先 〒305-0816 茨城県つくば市南原 1-6 (独)土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

4. 実験結果

振動台実験より得られた各制震デバイスの荷重-変位関係（ゴム系デバイスは応力-ひずみ関係を示す）の例を図-1に示す。図中には、別途実施されている変位制御実験により得られた荷重-変位関係とそれに基づく骨格曲線も参考として併せて示す。

ゴム系デバイスでは、加振直後に最大変位が発生した履歴において荷重値が上昇し、繰り返し载荷により徐々に荷重が低下し、変位制御実験相当の荷重値を発現している。本デバイスは、過去の変位制御実験において初回加振の履歴が高い荷重値を示すことが確認されており、振動台実験でも同様な特性が確認された。

鋼材せん断降伏系デバイスにおいては、振動台実験と変位制御実験の履歴形状が比較的近似していることが確認された。また、本デバイスには低降伏点鋼材が用いられていることから、鋼材のひずみ硬化によりデバイスの履歴形状が繰り返し荷重を受ける度に徐々に膨らんでいく現象が変位制御実験で確認されているが、振動台実験でもこの特性が確認された。

シリンダー系デバイスの場合、速度依存性を有していることから、ここでは振動台実験と変位制御実験のデバイスの応答速度が同程度の加振ケースで比較を行ったが、このような条件では両実験のデバイスの履歴形状が比較的近似していることが確認される。すなわち、制震デバイスの応答速度が振動台実験と同程度で得られるような加振条件で変位制御実験を行えば、振動台実験と比較的一致した動的挙動を得ることができると考えられる。

鋼材軸降伏系デバイスの履歴においては、変位制御実験より振動台実験の荷重応答が大きくなることが確認された。圧縮側（+側）については、本振動台実験ではセットアップの関係上、デバイスの境界条件が本来想定している結合条件と異なっていたことも影響し、芯材と補剛部材の摩擦力の付加により荷重が増加する傾向が見られた。一方、この影響を受けない引張側（-側）については、鋼材のひずみ速度による影響により変位制御実験に比べ振動台実験の荷重応答が13%～14%程度大きくなる結果となった。

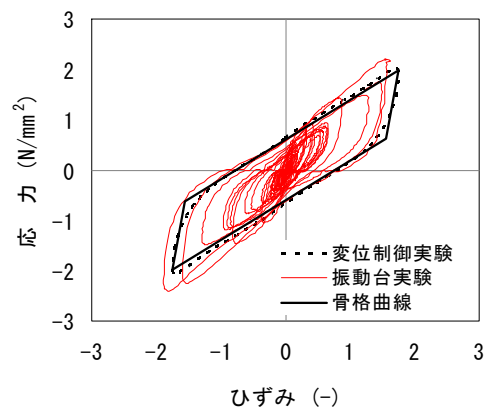
5. まとめ

振動台実験により制震デバイスの力学的特性を確認した。本検討により得られた制震デバイスの力学的特性を踏まえ、今後は橋の耐震設計に用いる制震デバイスのモデル化手法や制震デバイスの受け手となる橋側の部材の設計について検討を行う予定である。

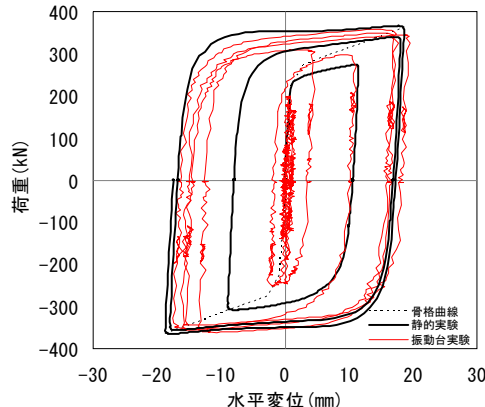
謝辞：本研究は、土木研究所と民間14社で実施した「橋梁に用いる制震ダンパーの性能検証法及び設計法に関する共同研究」の一環として実施したものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

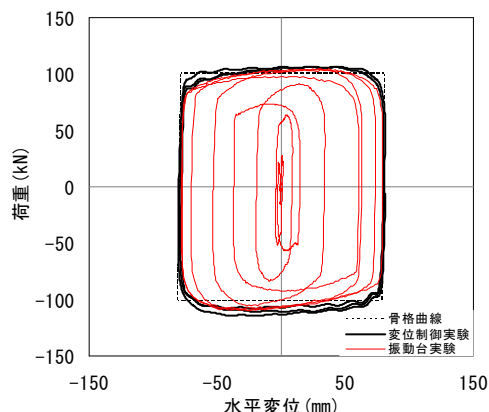
- 岡田太賀雄, 運上茂樹：シリンダー型のダンパーを用いた橋梁模型の振動台実験とそのシミュレーション解析, 土木技術資料 Vol.52, No.5, pp.26-29, 2010.



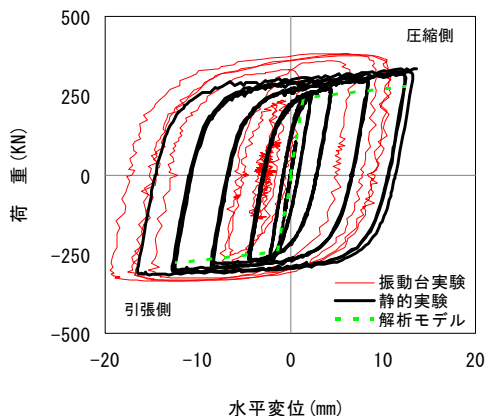
(a) ギュム系（タイプⅡ地震波）



(b) 鋼材せん断降伏系（1.0Hz 正弦波）



(c) シリンダー系（1.0Hz 正弦波）



(d) 鋼材軸降伏系（1.5Hz 正弦波）

図-1 制震デバイスの履歴