

橋梁に用いる制震デバイスのモデル化が橋梁の地震時応答に及ぼす影響

九州大学 学生会員 ○宝蔵寺 宏一 九州大学大学院 正会員 崔 準祐
九州大学大学院 フェロー 大塚 久哲

1. はじめに

制震デバイスを用いた橋梁の耐震設計を行う際は、制震デバイスの解析モデルを適切に構築する必要があるが、動的載荷試験による制震デバイスの性能検証や地震時制震デバイスの実挙動の把握事例が少ないため、これまでは静的載荷試験に基づいてデバイスのモデル化を行っている現状である。ここでは、デバイスの速度等に関する依存性や地震時制震デバイスの応答のばらつきが橋梁各部の地震時応答に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、制震デバイスの解析モデルをパラメータとした橋梁全体系地震応答解析を行った。

2. 解析対象橋梁の概要

解析対象橋梁を図-1に示す。本橋は、橋長 121.4m (支間割：40m+40m+40m)、有効幅員 8.5m、RC 壁式橋脚を有する鋼 3 径間連続鈎桁橋である。支承は鋼製支承であり、支持条件としては、P1 橋脚のみ固定、他は可動とした。橋脚に対しては、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編¹⁾のレベル 2 地震動に対し橋軸方向の耐震性を有しないように試設計を行い、鈎端部と橋台の間に制震デバイス(シリンダー型)を設置することにより橋梁の耐震性を確保するよう耐震補強を行った。

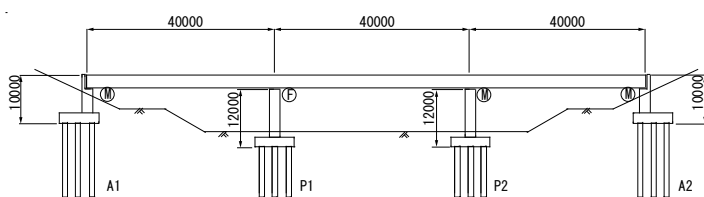


図-1 解析対象橋梁の一般図 (単位:mm)

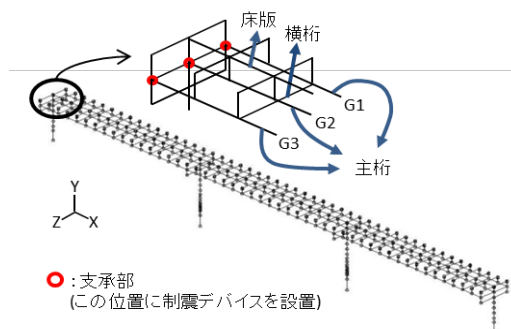


図-2 解析モデル

3. 解析モデルと解析条件

対象橋梁の解析モデルを図-2に示しており、3次元骨組みモデルによりモデル化を行った。上部構造においては、主桁、横桁、床版をそれぞれモデル化し、各部材に剛性や質量を与えることとした。支承部に対しては、6方向成分を有する弾性バネ要素を用いてモデル化を行い、拘束条件を与えた。制震デバイスに対しては、非線形バネ要素を用いてモデル化を行った。

解析条件として、入力地震波は図-3に示す道示標準波のタイプ II を使い、Newmark β 法 ($\beta=0.25$) により数値積分を行った。減衰は要素別 Rayleigh により評価した。

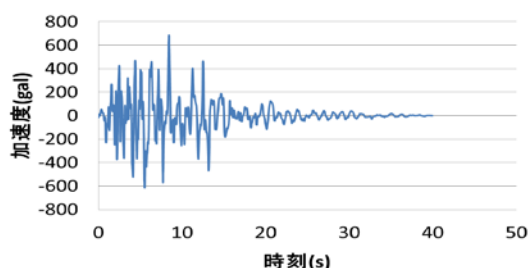


図-3 入力地震波 (タイプ II - II-1)

4. 制震デバイスの検討モデル

制震デバイスの検討モデルを図-4に示す。まず、静的載荷試験に基づいて求められたバイリニア型モデルを用いて地震応答解析を行い、レベル 2 地震動に対して橋脚の耐震性を満足するよう、制震デバイスの降伏荷重を求めた。このモデルを基本モデルとする。次に、制震デバイスの速度依存性やばらつきを考慮し、基本モデルから降伏荷重をパラメータとしたモデルをモデル 1、モデル 2、モデル 3、初期剛性と 2 次剛性をパラメータとしたモデルをモデル 4、モデル 5、モデル 6 とした。

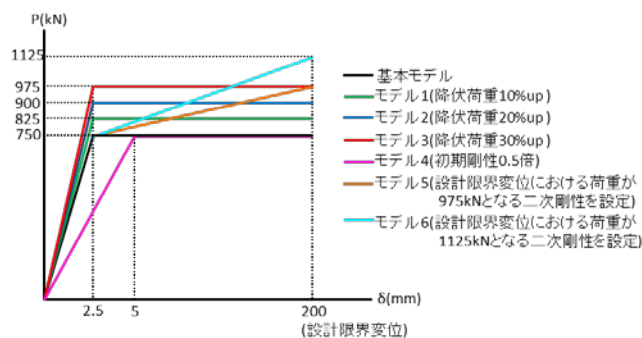


図-4 制震デバイスの検討モデル

5. 解析結果

図-5 にモデル 1, 2, 3 の制震デバイスの荷重-変位関係を、図-6 にモデル 1, 2, 3 の P1 橋脚曲げ-曲率関係をそれぞれ示す。表-1 は、モデル 1, 2, 3 の P1 橋脚の応答塑性率とエネルギー吸収量、制震デバイスのエネルギー吸収量を示したものである。図-5 より制震デバイスの降伏荷重が大きくなるにつれてデバイスの変位応答が小さくなり、モデルごとにデバイスの履歴が変化していることがわかるが、表-1 のデバイスのエネルギー吸収量を比較してみるとモデルごとに大きな相違はない。一方、橋脚の曲げ-曲率関係においては、降伏荷重が大きくなるにつれて応答塑性率が大きく低減していることが確認された。これは、制震デバイスのエネルギー吸収量の変化によるものではなく、制震デバイスの降伏荷重を大きくしたことにより各支点での分担荷重が変化したことが一因であると考えられる。

表-2 は、A1 橋台頂部におけるモデル 1, 2, 3 のせん断力増加量と制震デバイスの降伏荷重増加量を比較したものである。全てのモデルにおいて A1 橋台せん断力増加量と制震デバイスの降伏荷重増加量が異なっている。モデル 1 の場合は、制震デバイスの降伏荷重増加量に比べ A1 橋台頂部のせん断力増加量が 66kN 大きくなっており、必ずしも制震デバイスの降伏荷重の増加分がそのまま橋台に伝達される結果とはならなかった。これは制震デバイスのモデルの変化に伴い橋梁の振動特性が変化し、上部構造の慣性力が変化したことが原因であると推測される。

図-7 にモデル 4, 5, 6 の制震デバイスの荷重-変位関係を、図-8 にモデル 4, 5, 6 の P1 橋脚曲げ-曲率関係を示しており、デバイスの荷重-変位関係と橋脚の応答には各モデル間でそれほど違いがないことがわかる。したがって、制震デバイスの剛性の変化が橋脚の地震時応答に与える影響は小さいといえる。

6. まとめ

制震デバイスの降伏荷重をパラメータとした検討では、橋脚の応答が大きく変化すること、制震デバイスの降伏荷重増加量と橋台のせん断力増加量が異なることが確認された。制震デバイスのモデル化において、降伏荷重は橋梁の地震時応答に大きな影響を与える重要な因子であり、橋梁の地震応答解析を行う際は制震デバイスの降伏荷重を適切に設定する必要がある。

参考文献

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2012.

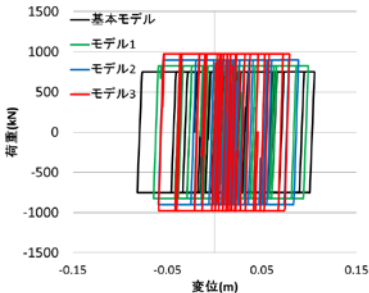


図-5 モデル 1,2,3 の制震デバイス
荷重-変位関係

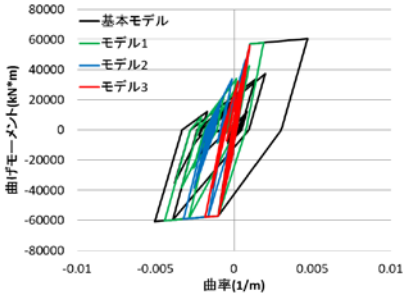


図-6 モデル 1,2,3 の P1 橋脚
曲げ-曲率関係

表-1 モデル 1, 2, 3 の橋脚の応答塑性率とエネルギー吸収量
および制震デバイスのエネルギー吸収量

	デバイス設置無し	基本モデル	モデル1	モデル2	モデル3
デバイスの降伏荷重(1基)		750kN	825kN	900kN	975kN
P1橋脚の応答塑性率	27.03	4.98	4.36	3.17	1.82
P1橋脚累積エネルギー吸収量(kN*m)	9422	835	458	235	134
デバイス累積エネルギー吸収量(kN*m)		3418	3242	3129	3049

表-2 モデル 1, 2, 3 の A1 橋台頂部せん断力増加量と
制震デバイスの降伏荷重増加量

	基本モデル	モデル1	モデル2	モデル3
A1橋台頂部せん断力(kN)	3682	+291	+446	+626
制震デバイスの降伏荷重増加量(kN)	750	+225	+450	+675

※制震デバイスの降伏荷重増加量：デバイス 3 基の合計増加量

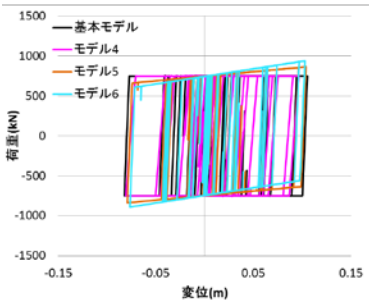


図-7 モデル 4,5,6 の制震デバイス
荷重-変位関係

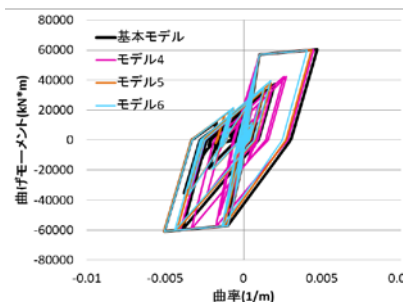


図-8 モデル 4,5,6 の P1 橋脚
曲げ-曲率関係