

# 制震デバイスの結合部のモデル化が 橋桁の鉛直挙動に与える影響

九州大学大学院 学生会員 ○宝蔵寺 宏一 九州大学大学院 正会員 崔 準祐

## 1. はじめに

制震デバイスを橋梁に用いる際は、一般的に制震デバイスと橋梁の上下部構造との結合条件をピン結合としている。しかし、制震デバイスを用いた橋梁の地震応答解析を行う際は、制震デバイスに対してバネ要素を用い、結合条件を剛結にしてモデル化するのが一般的である。そこで、本研究では、制震デバイスと橋梁側との結合部のモデル化が橋梁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、制震デバイスの結合部に対し剛結としたモデルとピン結合としたモデルを用いて橋梁全体系動的解析を実施し、両モデルの制震デバイスおよび橋梁各部の応答差について解析的検討を行った。

## 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<sup>1)</sup>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験設計を行い、桁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。

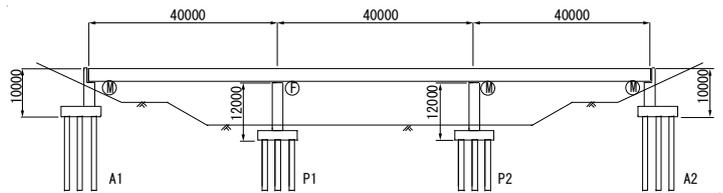


図-1 解析対象橋梁の一般図（単位:mm）

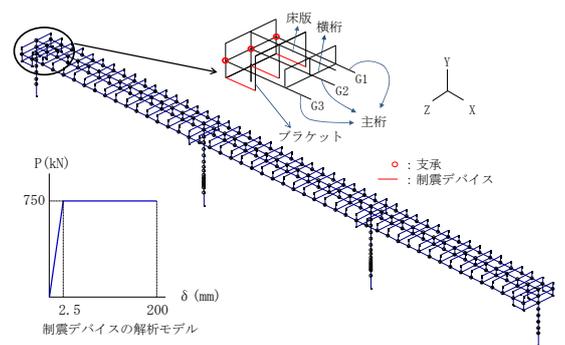


図-2 解析モデル図

## 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。

制震デバイスの結合部のモデル化については、ピン結合したモデル(ピン結合モデル)では、図-3に示すようにバネ要素の両端に仮定の剛つなぎ材を設け、その剛つなぎ材の両端を橋軸直角軸回りにピン結合として橋梁側に連結させている。一方、剛結合したモデル(剛結モデル)では、図-4に示すようにバネ要素の両端に剛つなぎ材を設け、剛つなぎ材の両端を剛結として橋梁側に連結させている。

解析条件として、入力地震動は道路橋示方書・同解説V耐震設計編<sup>1)</sup>に示されている標準波タイプIIを用い、Newmark  $\beta$ 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。また、本検討では、入力地震動の加震方向を橋軸方向、鉛直方向としており、2方向にそれぞれ単独加震を行った場合と2方向に同時加震を行った場合の、3つの加震ケースについて検討を行った。

## 4. 結合条件の違いによる橋梁の動的応答変化

まず、橋軸単独加震時の結果について述べる。第一径間中央部の桁の鉛直変位時刻歴を比較したものを図-5に示す。図-5より、桁の鉛直方向変位については、ピン結合モデルが剛

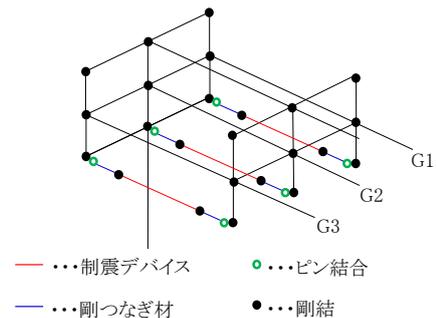


図-3 ピン結合モデル

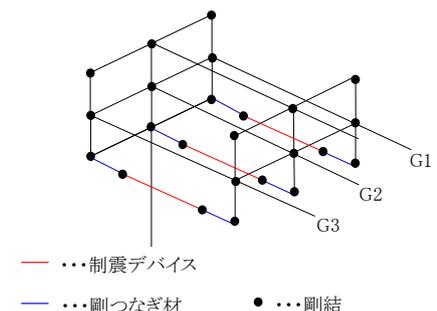


図-4 剛結モデル

結モデルに比べ最大で約 2.5 倍程度大きな値を示した。図-6 に A1 橋台, P1 橋脚, P2 橋脚, A2 橋台における支承部の鉛直方向反力の最大値を比較したものを示す。図-6 より, P1, P2 橋脚の支承部においては, 剛結モデルに比べ, ピン結合モデルの方で大きな値が生じている。したがって, 剛結モデルにおいては主に橋台の支承が桁の鉛直方向への変位を抑制しており, 結果として桁の鉛直変位が小さくなっていることが考えられる。

次に, 鉛直単独加震時の結果について述べる。第一径間中央部の桁の鉛直変位時刻歴を比較したものを図-7 に示す。図-7 より, 第一径間中央部の桁の鉛直変位に関しては, 剛結モデルとピン結合モデルでの最大値に大きな差は見られなかったが, 両モデルで最大変位が現れる時刻が異なっていた。このことから, 鉛直方向加震の場合でも, 剛結モデルとピン結合モデルの上部構造の鉛直方向への挙動特性が異なっていることが分かる。

図-8 に A1 橋台, P1 橋脚, P2 橋脚, A2 橋台における支承部の鉛直方向反力の最大値を比較したものを示す。図-8 より, すべての支承部の鉛直方向反力において, ピン結合モデルに比べて剛結モデルが大きな値を示しているが, A1 橋台, A2 橋台の支承部においては, 剛結モデルとピン結合モデルの反力差は, 橋軸単独加震時のものと比べて小さい。このことが原因で, 鉛直単独加震時の場合は, 剛結モデルとピン結合モデルの桁端部の鉛直方向変位において, 橋軸単独加震時ほど大きな差が生じていないことが考えられる。

次に, 橋軸鉛直同時加震時の応答比較について述べる。図-9 と図-10 に各加震ケースでの第一径間中央部の桁の鉛直方向変位の時刻歴をモデルごとに比較したものをそれぞれ示す。図-9 より, ピン結合モデルの第一径間中央部の桁の鉛直変位においては, 橋軸方向加震時の応答と橋軸鉛直同時加震時の応答にほぼ差がなく, 同時加震時の応答に鉛直方向加震が与える影響は小さいと考えられる。一方, 図-10 より, 剛結モデルにおいては, 橋軸方向加震時の応答と橋軸鉛直同時加震時の応答にわずかながら約 1.5mm 程度の差が生じた。これは, 剛結モデルにおいては, ピン結合モデルに比べ, 鉛直方向加震時の変位応答が相対的に大きく現れ, これが同時加震時の応答にも影響を与えたためと考えられる。

## 5. まとめ

本研究では, 制震デバイスの結合条件をピン結合としてモデル化したモデルと, 剛結合としてモデル化したモデルを 2 つ作成し, 3 つの加震ケースについて, モデル間の橋梁各部の応答の比較検討を行った。橋軸単独加震と鉛直単独加震の場合, 上部構造の鉛直方向への変位応答および支承部の鉛直方向反力にモデル間で応答差が確認できた。2 方向同時加震の場合, ピン結合モデルと剛結モデルの両モデルにおいて, 単独加震時と 2 方向同時加震時の応答にほぼ変化はなかった。本研究により, 制震デバイスの結合部のモデル化の違いによって, 主に橋梁各部の鉛直方向の応答に大きな変化が現れることがわかった。制震デバイスを設置した橋梁の地震応答解析を行う際は, 制震デバイスの結合条件に対し適切にモデル化することが重要である。

## 参考文献

- 1) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2012.

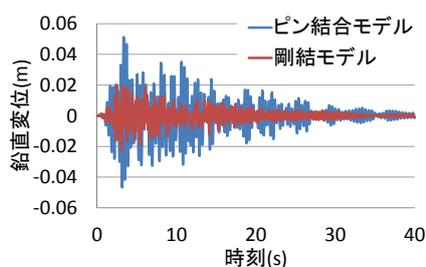


図-5 第一径間中央部の桁の鉛直変位(橋軸単独加震)

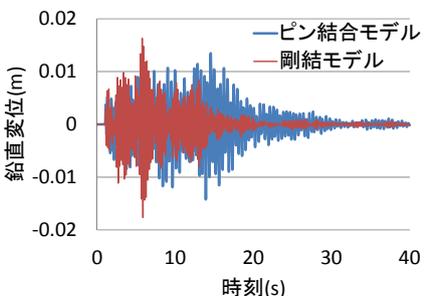


図-7 第一径間中央部の桁の鉛直変位(鉛直単独加震)

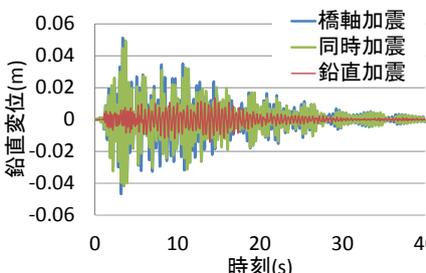


図-9 第一径間中央部の桁の鉛直変位(ピン結合モデル)

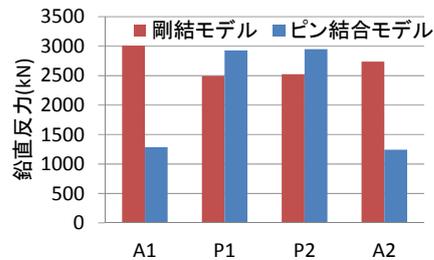


図-6 支承部の鉛直方向反力の比較(橋軸単独加震)

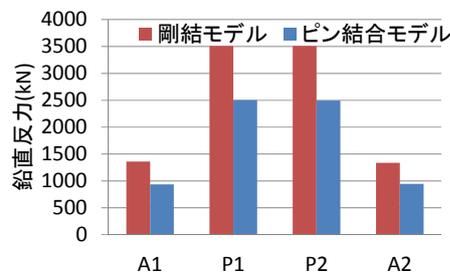


図-8 支承部の鉛直方向反力の比較(鉛直単独加震)

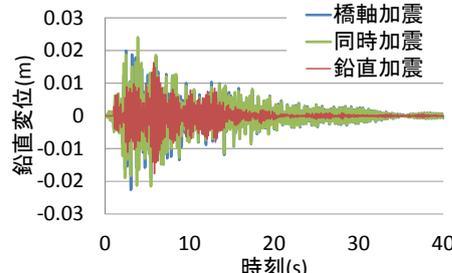


図-10 第一径間中央部の桁の鉛直変位(剛結モデル)