

橋梁に斜め方向に設置された制震デバイスに対するモデル化手法について

九州大学大学院 学生会員 ○宝蔵寺 宏一

阪神高速道路株式会社

正会員

八ッ元 仁

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設置する場合、デバイスの両端にクレビス等を設け、デバイスと橋梁をピン結合として設置されることが多い。また、施工条件の制約などによりデバイスの軸方向と橋軸方向が一致せず、デバイスを斜め方向に設置する場合もあるが、こうした斜め方向に設置されたデバイスに対してはシンプルにモデル化されることが多い。本研究では、制震デバイスが水平斜め方向に設置された橋梁を対象に、デバイス自身に作用する断面力や支承部、取付部などデバイスの周辺部材に生じる地震時応答を精度よく評価することを目的とし、結合条件を含め制震デバイスを詳細にモデル化した場合（以後、詳細モデル）と制震デバイスを1本のバネ要素でシンプルにモデル化した場合（以後、従来モデル）の橋梁の地震時応答を比較した。

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 径間連続鈹桁橋である。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。制震デバイスは、降伏荷重 750kN のシリンダー型を用い、両桁端部に 3 基ずつ設置することとし、外側の主桁には施工条件の制約によりデバイスを水平斜め方向に 35° 傾かせて設置することを想定した。橋梁との結合条件としては、鉛直軸回りにピン結合としている。

3. 解析モデルと解析条件

解析モデル図を図-2に示す。制震デバイスは非線形バネ要素を用いてモデル化することとし、非線形履歴モデルとしては、図-2に示すバイリニアモデルを用いた。図-3、図-4は、制震デバイスの従来モデルと詳細モデルをそれぞれ示したものである。従来モデルでは、デバイスの軸方向に対してのみバネ要素でモデル化し、その実剛性を与えている。一方、詳細モデルでは、デバイスの軸方向以外の方角に対してもバネ要素でモデル化することとし、デバイスの軸方向には実剛性を与え、それ以外の 5 方向には剛な値と仮定した。詳細モデルでは、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鉛直軸回りにピン結合としている。

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¹⁾の標準波を用いることとし、橋軸方向に対してはタイプⅡ-Ⅱ-1、橋軸直角方向に対してはタイプⅡ-Ⅱ-2をそれぞれの方向に単独加震を行った。数値積分法は Newmark β 法 ($\beta=0.25$) を用い、減衰は要素別 Rayleigh 減衰により評価した。

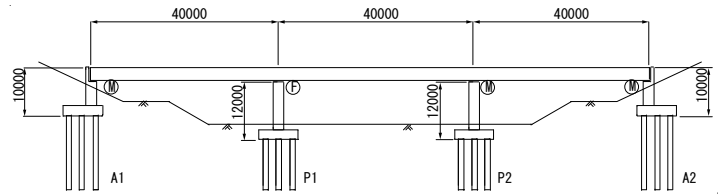


図-1 解析対象橋梁の一般図（単位:mm）

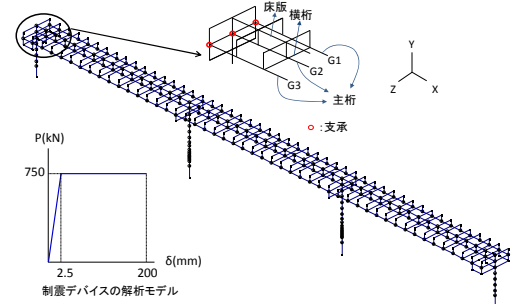


図-2 解析モデル図

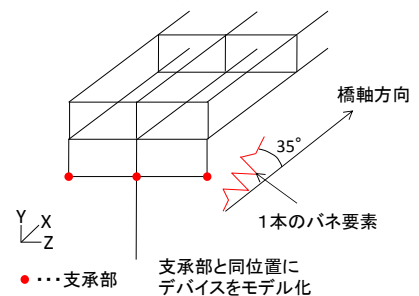


図-3 従来モデル

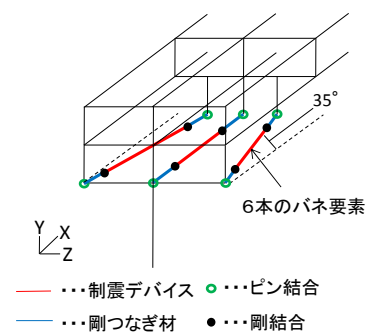


図-4 詳細モデル

キーワード 制震デバイス, 斜め方向, ピン結合, 支承部反力

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 TEL092-802-3374

4. 解析結果

図-5, 6 に G1, G2 主桁位置において従来モデルと詳細モデルの制震デバイスの履歴を比較したものを示す. G1, G2 とともに, 両加震ケースにおいてデバイスの履歴に差がみられたが, 特に橋軸直角方向加震時は, 斜め方向に設置した G1 位置のデバイスにおいて, 従来モデルが詳細モデルより大きな変位を示した. この原因としては, 詳細モデルではデバイスの両端をピン結合としているため, デバイスが橋軸直角方向に回転されやすくデバイスの軸方向に力が伝達されにくいことや, デバイス軸方向の水平直交方向のバネ要素が上部構造に作用する地震力を負担したことが考えられる.

図-7 に詳細モデルにおける制震デバイスに作用するせん断力の時刻歴を示す. 橋軸方向加震, 橋軸直角方向加震ともに G2 位置では制震デバイスにせん断力がほとんど生じていないが, G1 位置では 80~150kN 程度のせん断力が確認された. こうしたデバイスの軸方向以外方向に生じた力は, 取付部に生じる断面力評価にも影響を与えるものと考えられるため, デバイスのモデル化の重要性は大きいと言える.

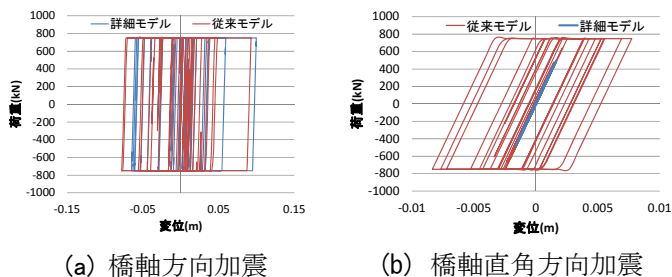
次に, 各加震ケースでの G1, G2 主桁における支承部の橋軸直角方向反力の時刻歴をそれぞれ図-8, 9 に示す. 図-8, 9 (a) より, G1 主桁においては, 従来モデルが詳細モデルより大きな値を示している. これは, 詳細モデルでは上述のようにデバイスの軸方向と直交する方向にモデル化した剛バネがデバイスに作用するせん断力を受け持つのに対し, 従来モデルではデバイスの軸方向に対してのみバネ要素でモデル化しているため, デバイスに作用するせん断力を支承部が負担しているためと考えられる. 一方, 図-8, 9 (b) より, G2 主桁においては, 従来モデルと詳細モデルで応答差が小さい. このことから, デバイスが水平斜め方向に設置されている場合の地震時応答は, 制震デバイスのモデル化に大きく依存することがわかった.

5. まとめ

本研究では, 結合部などを含め制震デバイスを詳細にモデル化することが制震デバイスやデバイスの周辺部材の地震時応答に及ぼす影響について解析的検討を行った. 本検討により, 斜め方向に設置された制震デバイスの場合, デバイスのモデル化が制震デバイスの履歴や支承部反力に大きな影響を与えることが確認されており, 制震デバイスのモデル化の重要性は大きいと考えられる.

参考文献

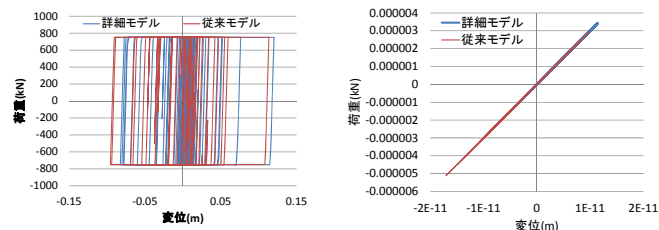
- 1) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2012.



(a) 橋軸方向加震

(b) 橋軸直角方向加震

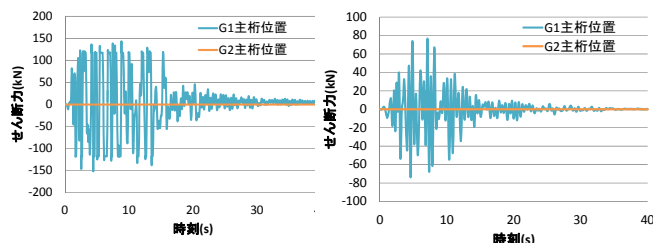
図-5 制震デバイスの履歴の比較 (G1 主桁位置)



(a) 橋軸方向加震

(b) 橋軸直角方向加震

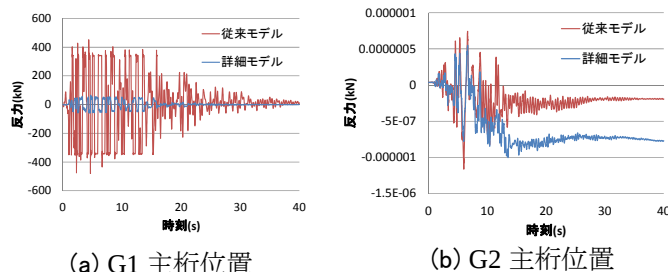
図-6 制震デバイスの履歴の比較 (G2 主桁位置)



(a) 橋軸方向加震

(b) 橋軸直角方向加震

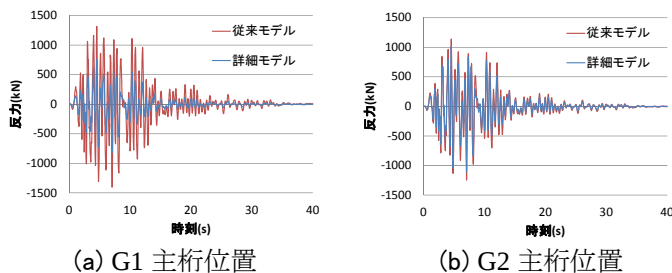
図-7 制震デバイスのせん断力 (詳細モデル)



(a) G1 主桁位置

(b) G2 主桁位置

図-8 支承部の橋軸直角方向反力 (橋軸方向加震)



(a) G1 主桁位置

(b) G2 主桁位置

図-9 支承部の橋軸直角方向反力 (橋軸直角方向加震)