

ローラー支承のモデル化が曲線橋の地震時応答に及ぼす影響

九州大学大学院 学生会員 ○徳永 裕二 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 オイレス工業株式会社 非会員 小南 雄一郎

1. はじめに

鋼製支承を有する多くの曲線橋は、支承の支持方向を上部構造の接線方向と法線方向に合わせて設置しているが、可動支承に対して斜め方向に地震力が作用した場合、該当支承がどのような挙動を示すかは不明である。そこで、筆者らは過去に模型ローラー支承を対象に载荷方向をパラメータとした破壊実験¹⁾を行い、その結果に基づいてローラー支承の解析モデルを提案した。本稿では、この提案した解析モデルを用いて仮想の曲線橋を対象に地震応答解析を行い、現行の設計に用いられている支承モデルを導入した解析結果と比較して、可動支承部のモデル化が橋脚や上部構造の応答に及ぼす影響について述べる。

2. 曲線橋の地震応答解析

(1) 解析対象橋梁

本解析で対象とした曲線橋は、図-1 に示すように全長 160m を有する 4 径間連続鋼箱桁橋である。模型ローラー支承の破壊実験では载荷方向とローラー軸のなす角度を 0° 、 30° 、 60° としており¹⁾、その結果を本解析モデルに反映させるため、解析対象橋梁の支承部の支持方向を 0° 、 30° 、 60° に合わせるよう橋脚の位置を決定した。

(2) 支承部の検討モデル

a) 現行モデル

現行モデルでは、図-2 に示すように各支点において上部構造の接線方向と法線方向に合わせてバネ要素を設け、それぞれのバネ要素に対して表-1 に示すバネ定数を与えた。

b) 提案モデル

提案モデルでは、図-3 に示すように全ての支承部に対し、入力地震動の加震方向に合わせてバネ要素を設けた。バネ定数は、模型ローラー支承の破壊実験結果に基づいて算定することとし、ローラーの軸と水平载荷方向の角度が 0° の結果から得られた初期剛性を基準として 30° と 60° の剛性変化率を求め、これらを P1, P2, P5 支承部のバネ定数算定に適用することとした。

(3) 解析条件

本解析では、直接積分法 (Newmark- β 法, $\beta=0.25$) により時刻歴応答解析を行うこととし、積分時間間隔は 0.01 秒とした。

減衰は Rayleigh 減衰を用いて評価することとした。入力地震動は、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編²⁾の標準波形タイプ II-II-1 を用いた。加震方向は、P1 と P5 を結ぶ方向を X 軸、それに対する法線方向を Z 軸とし、それぞれの方向に対して単独加震を行った。

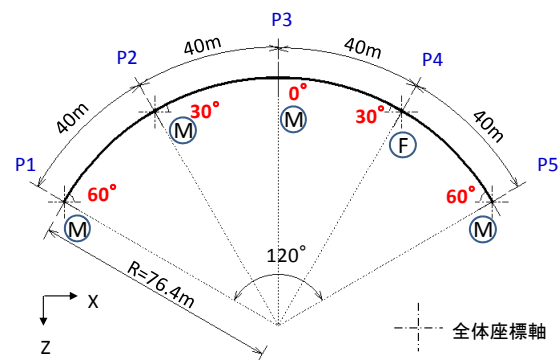


図-1 対象曲線橋の平面図

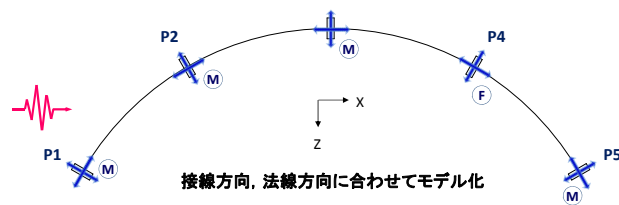


図-2 現行モデルのモデル化

表-1 現行モデルのバネ定数

(単位: kN/m)					
接線方向	法線方向	鉛直方向	接線軸回り	法線軸回り	鉛直軸回り
1.0×10^{-5} ※	1.0×10^7	1.0×10^7	1.0×10^7	1.0×10^{-5}	1.0×10^7

(※P4固定支承は 1.0×10^7 である)

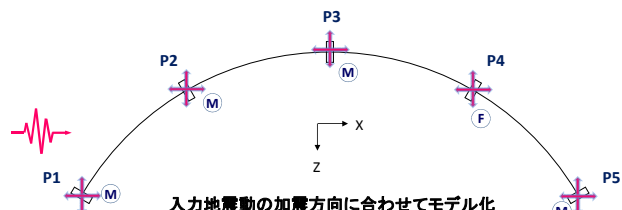


図-3 提案モデルのモデル化

表-2 提案モデルのバネ定数

(単位: kN/m)						
	X軸方向	Z軸方向	鉛直方向	X軸回り	Z軸回り	鉛直軸回り
P1	6.1×10^6	1.8×10^6	1.0×10^7	1.0×10^7	1.0×10^{-5}	1.0×10^7
P2	1.8×10^6	6.1×10^6				
P3	1.0×10^{-5}	1.0×10^7				
P4	1.0×10^7	1.0×10^7				
P5	6.1×10^6	1.8×10^6				

(4) 橋脚基部の最大せん断力について

X 軸方向加震時と Z 軸方向加震時において、橋脚基部に生じる最大せん断力をそれぞれ図-4 と図-5 に示す。どちらの加震時においても、接線方向の応答では、P1 橋脚、P2 橋脚、P5 橋脚において現行モデルより提案モデルのほうが大きく現れた。これは、現行モデルでは接線方向に対し可動の条件となっているため接線方向への慣性力が橋脚に伝達されないが、提案モデルでは X 軸方向と Z 軸方向に支承部の剛性を与えているため、両軸に生じる反力が橋脚に伝達されたためと考えられる。一方、法線方向の応答では、どちらの加震時においても、全ての橋脚において提案モデルより現行モデルのほうが大きくなる結果となった。これは、現行モデルの場合、P4 橋脚の支承部以外は可動支承としているため、提案モデルに比べ、上部構造が平面上変形しやすいためと考えられる。

(5) 上部構造の変位について

図-6 は、両モデルにおける上部構造の X 軸方向加震時の X 軸方向変位と Z 軸方向加震時の Z 軸方向変位を最大値でプロットしたものである。どちらにおいても全長にわたって現行モデルの応答値が提案モデルより大きくなっていることがわかる。これは、現行モデルでは、P4 橋脚以外の橋脚の支承部に対して可動条件を与えていることにより、提案モデルに比べ上部構造の水平変形に対する拘束度が低く、全体的に上部構造が変位しやすくなっているためと考えられる。

(6) 上部構造の鉛直軸回りのモーメントについて

図-7 は、X 軸方向加震時と Z 軸方向加震時において上部構造に生じる鉛直軸回りのモーメントを最大値として示したものである。X 軸方向加震時の応答においては、変位応答と同様に全長にわたって現行モデルの応答値が提案モデルより大きくなっていることがわかる。これは、現行モデルでは P4 橋脚支承部以外は可動支承としているため、上部構造が平面上変形しやすくなっているためと考えられる。また、Z 軸方向加震時の応答においても提案モデルより現行モデルのほうが大きく評価される結果となった。

3. まとめ

可動支承を有する橋脚の斜め方向に地震力が作用した場合、接線方向の橋脚基部断面力は現行モデルより提案モデルの応答が大きく現れる結果となった。これは、可動支承の可動方向に対しては、橋脚に地震時慣性力を伝達しないと考えられていたこれまでの考え方とは異なり、斜め方向に地震力が加わると、その可動方向に対しても橋脚の付加せん断力が生じる可能性があることを意味しており、曲線橋の耐震設計を行う際は支承部に対して適切にモデル化する必要がある。

参考文献

- 1) 崔準祐, 徳永裕二, 大塚久哲, 小南雄一郎: 模型ローラー支承の破壊実験とローラー支承のモデル化が曲線橋の地震時応答に及ぼす影響, 第 32 回地震工学研究発表会講演論文集, 2012 年 10 月
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2012.

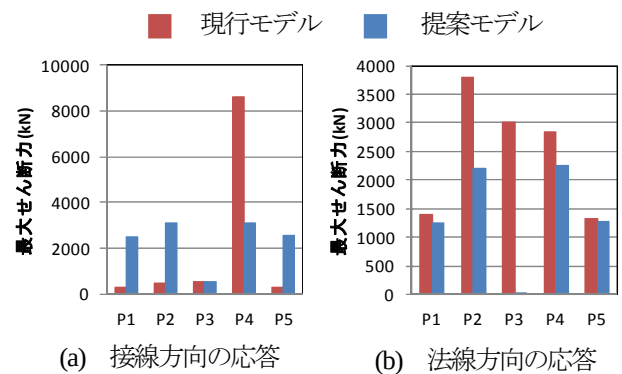


図-4 橋脚基部の最大せん断力 (X 軸方向加震時)

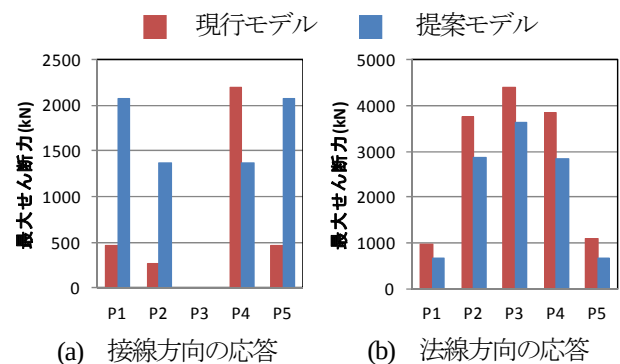


図-5 橋脚基部の最大せん断力 (Z 軸方向加震時)

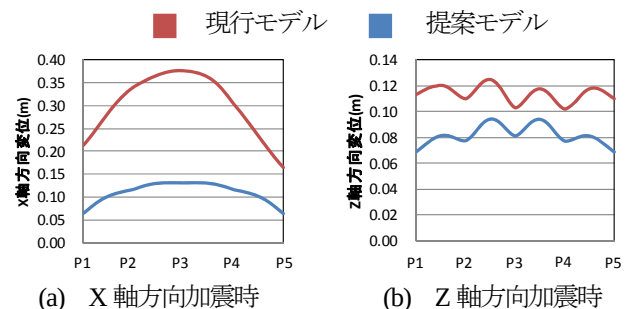


図-6 上部構造の変位

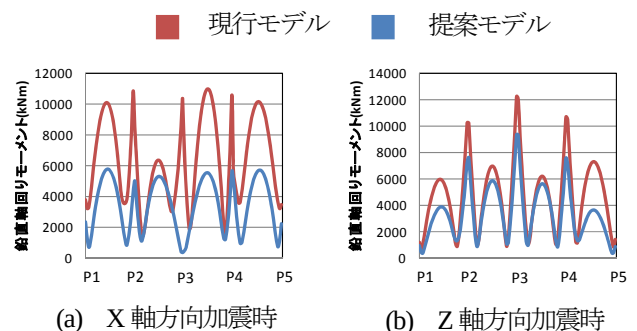


図-7 上部構造の鉛直軸回り曲げモーメント