

多径間連続桁橋の動的解析モデル化手法に関する一考察

川田工業(株) 正会員 ○伊藤 剛 コスモ技研(株) 河又 康博

(株)建設技術研究所 正会員 鵜飼 隼 (株)I H I インフラシステム 正会員 田嶋 仁志

J F Eエンジニアリング(株) 正会員 深谷 道夫 筑波大学大学院 正会員 庄司 学

東洋技研コンサルタント(株) 正会員 長久保成男 首都高速道路(株) 正会員 松原 拓朗

1. はじめに

動的照査法は、既往の検討結果等に基づき、橋を構成する各部材を適切にモデル化し、動的解析を実施して、橋の耐震性能を適切に照査するものであるが、解析モデルの作成手法は、その都度、設計技術者の判断に委ねられる部分が多い。また、モデル化の違いによる応答値への影響についても明確になっていない部分がある。そこで、鋼橋として施工実績の最も多い桁橋を対象に、橋を構成する各部材のモデル化手法を変化させた複数ケースの動的解析を実施し、モデル化の違いによる応答値への影響度合いを検討した¹⁾。本稿は、適切なモデル化手法についての一考察を報告するものである。

2. 対象橋梁諸元

本検討では、昭和 60 年に建設された既設橋梁の鋼 3 径間連続非合成 4 主箱桁橋 (図-1) を対象とした。本橋は平成 9 年の「既設鋼橋脚耐震性向上設計要領 (暫定案)」²⁾ に準じ、縦リブ補強とコンクリート充填の耐震補強工事が実施されているため、モデル化に反映させた。

3. 基本解析モデルと解析条件

(1) 解析モデル

動的解析モデルおよび解析条件を図-2 と表-1 に示す。上部工は 4 主桁と横桁を再現した格子モデルとし、橋脚は軸力変動の影響を評価するためにファイバーモデルとした。基礎は地盤ばねを考慮した。入力地震波は道路橋示方書に規定されるレベル 2 地震動波形を作用させ、非線形応答特性を考慮した影響検討を実施した。

(2) 支承モデルの条件

対象橋梁の支承形式はピボット・ローラー支承である (図-3)。まず、支承モデルの条件として、橋軸方向まわりの回転拘束条件の違いによる影響を比較検討した。回転拘束無しモデルでレベル2地震動に対する解析を行い、支承回転角を算出したところ、既設支承の許容回転角以下であることを確認した。そのため、基本的には想定される地震動で回転拘束することは無いが、支承の固着等で想定機能が発揮されなかったり、大規模地震時に想定以上の変形が生じたりした場合には回転拘束されることも否定できないことから、その影響度合いを検討した。

次に、支承回転位置の違いの影響を比較検討した。支承回転位置は簡易的に橋脚天端としてモデル化することもあるが、実際の支承回転位置でモデル化したケースでも解析を実施した。

さらに、一般的に可動支承は完全自由の境界条件としてモデル化するが、図-3 に示す摩擦を考慮したバイリニア型の非線形弾性バネモデルでの解析を実施し、その影響度合いについても検討した。

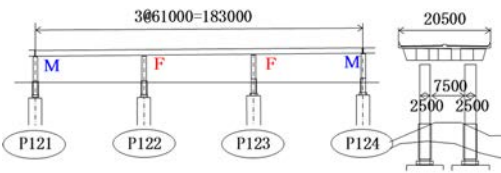


図-1 対象橋梁

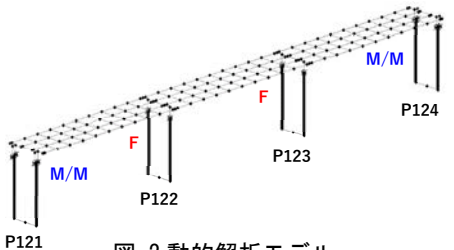
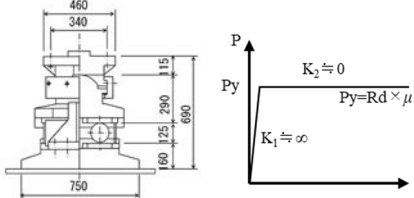


図-2 動的解析モデル

表-1 解析条件

格点配置	上部工：横桁、横梁位置 下部工：ダイヤフラム位置
支承	ピボット・ローラー支承
橋脚	ファイバーモデル
基礎	地盤ばねを考慮
入力地震動	レベル2地震動 II-III-1 (動示H29)
積分間隔	$\Delta t=0.01\text{sec}$
減衰モデル	Rayleigh減衰
減衰定数	上部工0.02、支承0.03、 橋脚0.01 (中埋Con未充填部) 0.02 (中埋Con充填部)
隣接橋荷重	隣接橋の慣性力を節点荷重として載荷



移動可能量	δa	mm	100
回転可能角	θa	mrad	54.002
可動支承ばね	死荷重反力	$Rd/\text{支承}$	kN
	静止摩擦係数	μ	0.05
	摩擦力	Py	kN

図-3 可動支承のバネモデル

キーワード 動的解析, 連続桁橋, 解析モデル, ピボット支承, 独立二柱形式橋脚

連絡先 〒114-8562 東京都北区滝野川 1-3-11 川田工業 (株) TEL03-3915-4321

4. 解析モデル化の違いによる地震時応答影響検討

(1) 支承モデルの回転拘束条件の違いによる影響

図-4 に支承の橋軸方向まわりの回転拘束の違いによる塑性域分布と曲げモーメントを示す。当然ではあるが、支承モデルの回転拘束条件により、橋脚の曲げモーメント分布に大きな影響があることを確認した。また、回転拘束条件の違いにより塑性域分布も変化するため、耐震設計の補強範囲が異なる結果となり得ることから、支承の拘束条件の選定は慎重に行う必要がある。

また、図-5a) に橋軸まわりの回転拘束とした場合と自由とした場合の橋脚天端での加速度波形を示す。両ケースを比較すると、回転固定条件の方が橋軸直角方向の最大加速度が大きくなった。このことから支承のモデル化が、橋梁全体の応答特性に影響を及ぼすことが解る。地震時に生じる橋軸まわりの回転角が既設支承の許容回転角以下であれば、橋軸まわりの回転拘束を固定としないでモデルすることを検討することも、支承のモデル化にあたっては注意が必要な点のひとつである。

(2) 支承モデル化の位置の違いによる影響

図-5b) に支承ばねモデルの位置を支承中心とした場合と、橋脚天端とした場合の橋脚天端での加速度波形を示す。支承モデルの位置を変更しても、今回の解析では加速度波形に有意な違いは確認できず、時刻歴応答解析に大きな影響は見られなかった。

(3) 可動支承の摩擦抵抗考慮の違いによる影響

図-5c) に支承条件が完全自由な場合と線形ばねを設置した場合の橋脚天端での加速度波形を示す。線形ばねを設置すると橋軸方向で振幅も大きくなり減衰も早くなる傾向を示し、時刻歴応答解析結果に影響があることが解った。

5. まとめ

独立二柱形式橋脚の多径間連続桁橋を対象に、レベル2地震動による時刻歴応答解析を行った結果、以下の知見が得られた。

- ・ 支承モデルの橋軸まわりの回転拘束の違いにより、橋脚の曲げモーメント分布に差異が生じる。
- ・ 既設支承と支承のモデル化が乖離していると橋脚の耐震補強が適正でなくなることもあるため、留意が必要である。
- ・ 支承のモデル化が適正でないと橋梁の耐震照査が過小評価されてしまうことがあることから留意が必要である。

謝辞

本研究は、鋼橋技術研究会「耐震・免震・制震デバイス部会（部会長：田嶋仁志）」の活動内容であり、関係各位からご指導いただきましたことを感謝いたします。

参考文献

- 1) 鶴飼 隼他：道路高架橋地震時観測波による構造応答解析検証（その2），土木学会第77回年次学術講演会（2022.9）
- 2) 首都高速道路公団：既設鋼橋脚耐震性向上設計要領（暫定案）（1997.10）

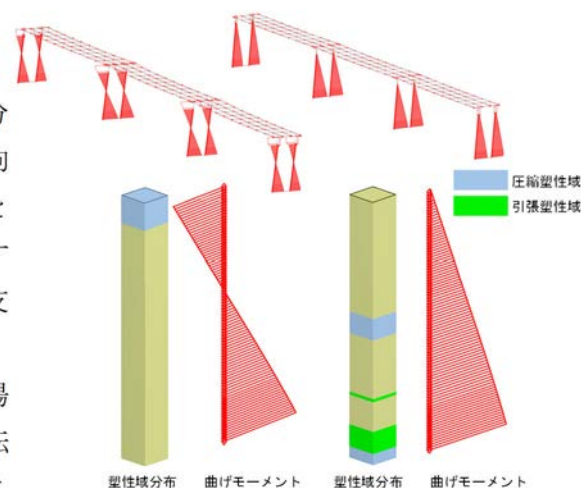
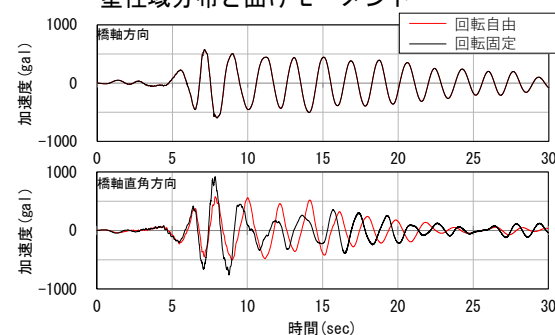
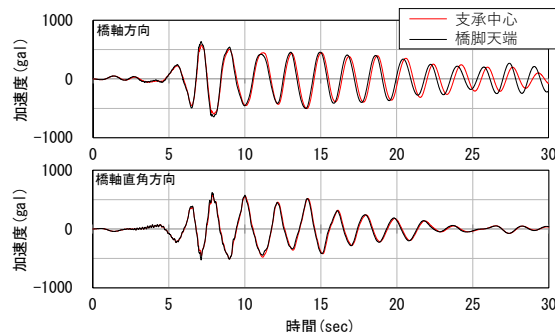


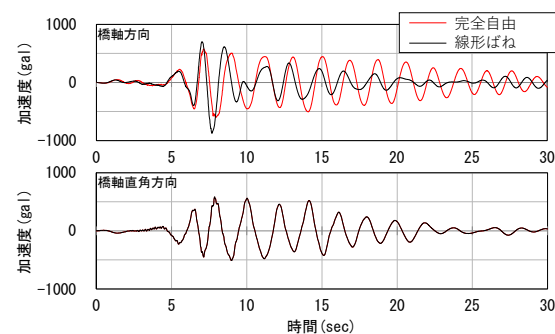
図-4 橋軸方向まわりの回転拘束の違いによる塑性域分布と曲げモーメント



a) 支承拘束条件：橋軸方向まわり 回転固定と回転自由



b) 支承モデル化の位置：支承中心と橋脚天端



c) 支承条件：完全自由と線形ばね

図-5 応答加速度の比較