

既設橋梁の非線形地震時応答解析に及ぼす支承ばね定数の影響について

岩手大学工学部 正会員 出戸 秀明
岩手大学工学部 正会員 岩崎 正二
(株)建設技術研究所 正会員 青井 裕昭
岩手大学工学部 ○金野 慶大

1. はじめに

近年、構造物の動的応答照査において実際の地震動に対する応答を計算する非線形動的解析手法が多く採用されるようになってきた。特に実地震動に伴う構造物の3次元的挙動を十分に反映する高精度な解析方法として、材料非線形履歴モデル(以下ファイバーモデル)を用いた3次元非線形動的解析手法による照査方法が有効である。既設橋梁では支承の経年劣化や機能障害などにより可動支承部の水平移動が拘束され支承拘束を生じている橋梁が多いが、同時に回転拘束も生じている可能性も高い。そのため耐震補強設計に際しては支承条件の設定に細心の注意が必要である。本研究は、ファイバーモデルを用いた橋梁全体モデルの解析において、支承の回転ばね定数を変化させた解析を行い、地震時応答への影響について検討する。

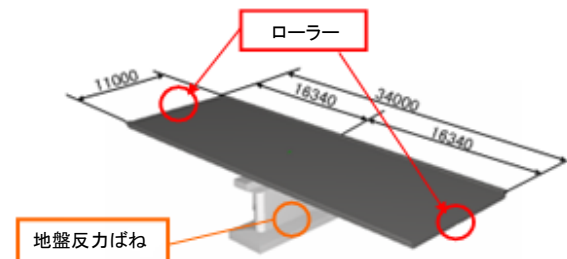


図-1 対象橋梁概要(単位: mm)

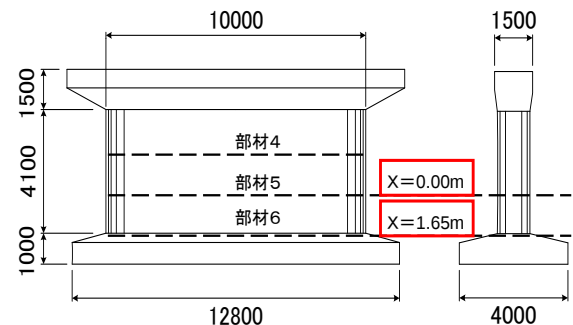


図-2 対象橋脚概要(単位: mm)

2. ファイバーモデルによる非線形動的解析

対象橋梁は、平成8年道路橋示方書において設計された田山橋とする。橋梁形式はPC2径間連結床版桁橋である。図-1に田山橋の概要を、図-2に田山橋橋脚の概要を示す。道路橋示方書地震波(平成7年兵庫県南部地震)、平成15年十勝沖地震波、平成20年宮城岩手内陸地震波(一関西)による非線形動的解析を実施し、それらの解析結果を用いた耐震性能照査を行い比較検討する。解析にあたっては汎用プログラム「UC-Win/FRAME(3D)」を用いる。解析モデルとして、耐震補強後の橋梁全体モデルとそのモデルに支承拘束を加えたモデルを考えた。鉄筋コンクリート橋脚の橋脚基部はヒンジの形成を期待するため、ファイバー要素でモデル化し、基礎は地盤ばねとした。動的照査の方向は橋脚弱軸となる橋軸方向を対象とする。支点拘束モデルでは、可動支承部にばね要素を用いて水平・回転

表-1 支承拘束の違いによる基本固有周期

水平拘束	回転拘束	固有周期(s)
無	無	0.743
無	有	0.743
有	無	0.356
有	有	0.234

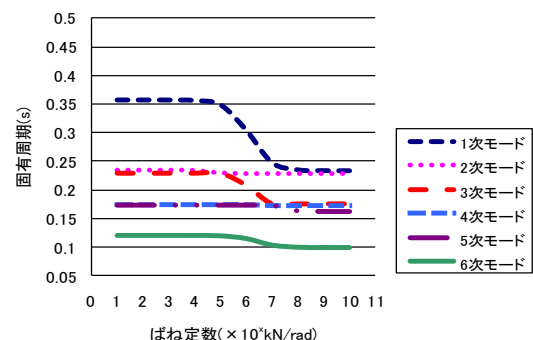


図-3 支承回転ばね定数による固有周期の変化

キーワード: 非線形地震時応答解析 支承ばね ファイバー要素

連絡先:〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5 岩手大学工学部社会環境工学科 TEL 019-62166436

拘束作用を持たせる。

3. 解析結果と考察

3.1 固有値解析結果

表-1 に田山橋の動的解析法による固有周期計算結果を示す。支承の水平拘束の有無により固有周期は大きく変化することが分かった。

また図-3 は、水平拘束を有する支承に回転ばねを加えたモード別の固有周期の変化である。図より、回転ばね定数が 10^5 から 10^7 kN/rad の間で 1, 3 次の固有周期が急激に減少することが分かった。

3.2 支承条件による耐震性能照査の比較

表-2 は、水平拘束の有る場合と無い場合、全固定(水平・回転拘束有)の場合の耐震性能照査結果を比較したものである。表-2 より支承拘束が有ると橋脚天端の水平変位、橋脚の降伏変位は、道路橋示方書地震波では小さくなり、宮城岩手内陸地震波では橋脚の降伏変位が大きくなった。応答塑性率はどの地震波でも水平拘束が有る方が小さくなった。水平拘束が橋脚の応答にかなり影響することが分かった。また、水平拘束有と全固定では照査結果にあまり差は見られなかった。

3.3 回転バネ定数の影響

図-4 は、橋脚基部(図-2, $x=1.65 \text{ m}$)での支承条件を変えた場合の最大曲げモーメントを比較したものである。回転バネ定数の値は 10^6 kN/rad を採用した。支承の水平拘束や回転拘束の有無などにより、5 通りのケースを取り上げ比較検討する。道路橋示方書地震波、十勝沖地震波では、水平・回転拘束の度合いが強まると最大曲げモーメントは、増加する傾向にあり、特に十勝沖地震波では水平拘束によるモーメントの増加が大きかった。それに対して宮城岩手内陸地震波では、支承の拘束度合いが強まると減少する傾向が見られ、他の地震波とは傾向が異なった。図-5 は橋脚基部(図-2, $x=1.65 \text{ m}$)の最大せん断力を比較したものであり、最大曲げモーメントと同様な傾向になった。

4. まとめ

解析モデルの支承条件の設定に際しては、支承条件を変化させた場合、その応答断面力の変化は地震波との組み合わせにより異なることがわかり、既設橋梁の

表-2 支承条件による耐震性能照査結果の比較

	記号	単位	道路橋示方書			宮城岩手内陸地震(一関)		
			無	有	全固定	無	有	全固定
橋脚天端の水平変位	δp	m	0.1697	0.0439	0.0411	0.1440	0.1368	0.1381
橋脚の降伏変位	δy	m	0.0778	0.0263	0.0257	0.0528	0.0830	0.0829
応答塑性率	μR		2.1812	1.6692	1.5992	2.7245	1.6486	1.6664
許容塑性率	μa		24.5400	24.5400	24.5400	24.5400	24.5400	24.5400
応答塑性率の照査	$\mu R < \mu a$		OK	OK	OK	OK	OK	OK
残留変位	δR	m	0.0551	0.0106	0.0092	0.0547	0.0323	0.0331
許容残留変位	δRa	m	0.0560	0.0560	0.0560	0.0560	0.0560	0.0560
残留変位の照査	$\delta R < \delta Ra$		OK	OK	OK	OK	OK	OK

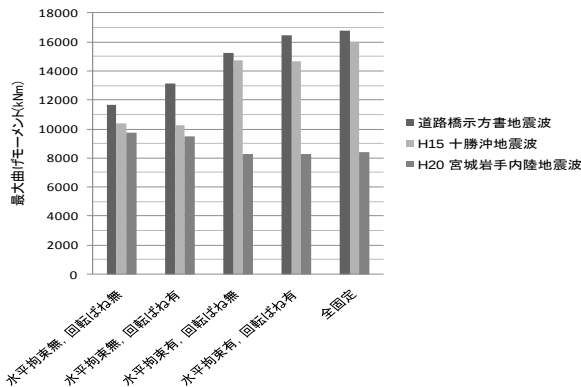


図-4 橋脚基部での最大曲げモーメントの比較
(単位: $\text{kN} \cdot \text{m}$)

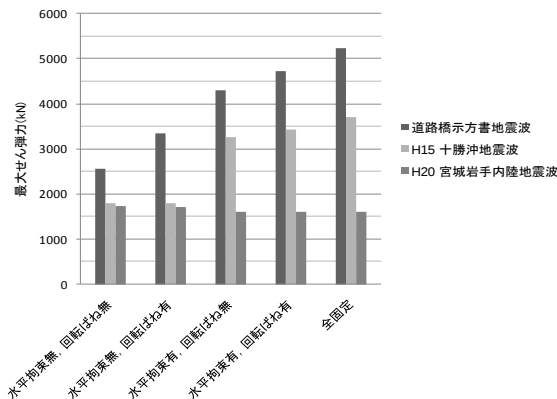


図-5 橋脚基部での最大せん断力の比較
(単位: kN)

地震時応答の解析に際しては現状の支承状態を正確にモデル化することの重要性が示された。また、回転ばね定数の影響は、水平拘束に比べて小さいことが明らかになった。近年、地震時応答の解析において橋台部への衝突を考慮した解析を奨める動きもあり、今後さらに支承状態の評価については重要性を増すものと思われる。しかし、地震動によってその応答の差が大きいことも判明し、地域的特性のある地震波を考慮して建設された橋の支承が拘束されることで橋本来の固有周期が変わり、その地震波に対する安全性が満たされなくなる可能性もあることが分かった。