

既設橋梁の非線形地震時応答解析に及ぼす地盤反力係数の影響について

岩手大学工学部 正会員 岩崎 正二
 東邦技術株式会社 正会員 山村 浩一
 (株)中央コーポレーション 正会員 堀合 聡
 岩手大学工学部 ○多田 大輔

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次元挙動を十分に反映する高精度な解析手法として、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。橋脚の耐震設計においては、橋脚下部の地盤反力係数を基盤条件により決定している場合が多い。また、既設橋梁では支承の機能障害により可動支点部の水平移動・回転機能が拘束され支点拘束を生じている橋梁が多いので、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、平成8年道路橋示方書で設計された橋梁に対して、ファイバーモデルを用いた解析による照査を行う。地震波に平成15年宮城県沖地震波を採用して、支点拘束と地盤反力係数を考慮した橋梁全体モデルについて地盤反力係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。

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年道路橋示方書に準拠し設計された岩手県一般国道282号線田山橋とする。図-1に田山橋の概要を、図-2に田山橋橋脚の概要を示す。平成15年宮城県沖地震波(牡鹿 NS)を用いて地盤反力係数を変化させた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した。解析は汎用プログラムUC-Win/FREAM(3D)を用いた。解析モデルとして、通常時の橋梁全体モデルと支点拘束モデルを考えた。鉄筋コンクリート橋脚の柱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3方向の水平と回転バネとした。橋脚の基礎の地盤バネ定数を定める際、一般的な設計¹⁾ではN値を30~50と仮定し地盤バネ定数を求めるが、本研究では軟弱な地盤も考慮しN値を10、30、50に設定して地盤バネ定数を求め、解析を行った。具体的には、砂の場合、N値が10の場合ではゆるい、30の場合では密に締まっている、50の場合では非常に密に締まっている状態を表す²⁾。

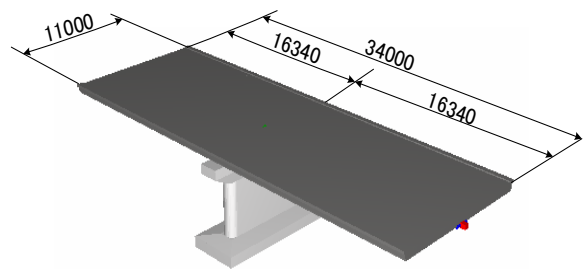


図-1 田山橋概要(単位：mm)

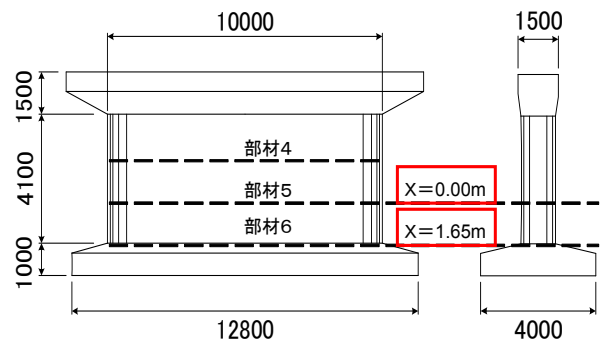


図-2 田山橋橋脚概要(単位：mm)

表-1 動的解析による基本固有周期の比較

	固有周期(sec)		
	N=10	N=30	N=50
単柱	1.136	0.803	0.622
支点拘束・有	0.263	0.248	0.238
支点拘束・無	1.169	0.883	0.706

3. 解析結果と考察

3.1 固有値解析結果

表-1に、田山橋の固有値解析による基本固有周期の計算結果を示す。すべてのモデルでN値が大きくなるにつれ固有周期は小さくなったが、減少率は単柱モデルの場合が一番大きかった。

3.2 橋脚部分の照査

表 - 2 は支点拘束の有る場合と無い場合の地盤の N 値の変化による耐震性能の照査結果を比較したものである。表より支点拘束が無い場合の橋脚天端の水平変位、橋脚の降伏変位は N 値が大きくなるに従い数値が小さくなり、応答塑性率は大きくなった。支点拘束が有る場合は、N=30 のとき橋脚の降伏変位が最も大きくなり、応答塑性率は最も小さくなった。全体でみると、支点拘束の有無による変化の方が N 値の変化より橋脚の応答に大きな影響を与えることが分かった。表 - 2 地盤の N 値の変化による耐震性能照査の比較

	記号	単位	N=10		N=30		N=50	
			無	有	無	有	無	有
橋脚天端の水平変位	δp	m	0.0733	0.1162	0.0688	0.1217	0.0662	0.1264
橋脚の降伏変位	δy	m	0.0222	0.0970	0.0177	0.1210	0.0170	0.1054
応答塑性率	μR		3.3018	1.1979	3.8870	1.0141	3.8941	1.1992
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	0.0307	0.0115	0.0307	0.0010	0.0295	0.0126
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 - 3 は柱基部での曲げモーメントの比較を棒グラフで表したものである。柱基部においては、支点拘束が有る場合のほうが無い場合に比べて約 2 倍の曲げモーメントが発生している。また、支点拘束が有る場合は N 値が大きくなると曲げモーメントも増加する傾向

にある。それに対し、支点拘束が無い場合は N 値が増加しても曲げモーメントはあまり変動しないようである。柱基部より少し離れた点 (x=0m) では、支点拘束の有無によって曲げモーメントに極端な差は生じないが、N 値が 50 になると支点拘束が有る場合の曲げモーメントが急激に増加するためその差が広がる。

図 - 4 は部材 4 から部材 6 の最大せん断力の比較を棒グラフで表したものである。図より支点拘束が無い場合、柱全体に同じような最大せん断力が発生している。N 値による変化は部材 6 の場合にのみ生じている。支点拘束が有る場合は柱基部に近づくほど最大せん断力が増加する傾向を示し、部材 6 では、支点拘束が無い場合に比べて 2.5 倍ほど大きくなっている。

これらをまとめると、N 値の増加に伴い、各応答は規則ある傾向を示すわけではないが、おおむね N 値が大きくなるに従い、曲げモーメントも最大せん断力も大きくなる傾向にあることが分かった。また、支点拘束が有る場合の曲げモーメント、最大せん断力が大きい値を示したが、これは宮城県沖地震波の周期が約 0.3sec で支点拘束が有る場合の全体モデルの固有周期と近い値であるためと考えられる。従って今後非線形動的解析を用いた照査を行う場合、地域的特性に合った地震波を選択する必要があり、地盤条件を性格に把握することにより、基礎の地盤バネ定数を定め、耐震設計することが重要である。

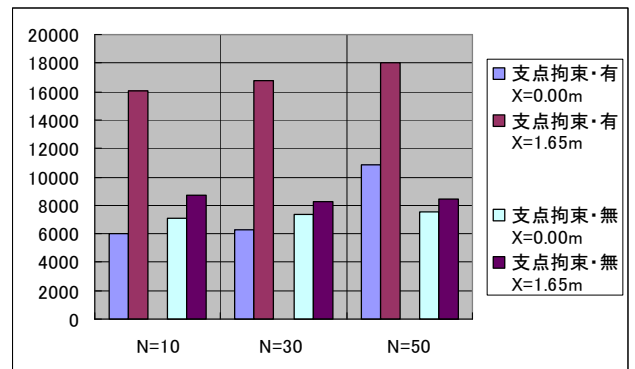


図 - 3 柱基部での曲げモーメントの比較 (単位 : kNm)

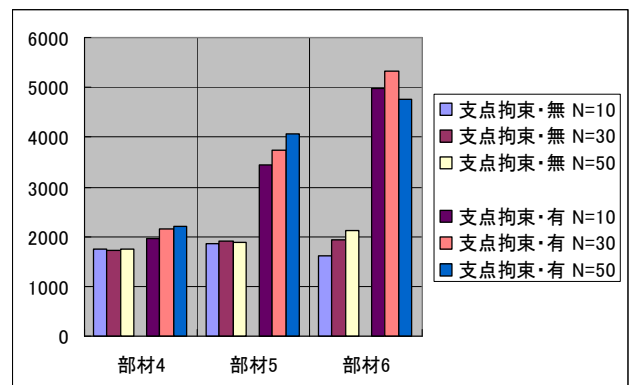


図 - 4 最大せん断力の比較 (単位 : kN)

参考文献

- 1) 社会法人 日本道路協会:道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、2002. 3
- 2) 小松田精吉:わかりやすい土木技術 土質調査の基礎知識、鹿島出版会 pp.69 - 73