

# 既設橋梁の非線形地震時応答解析に及ぼす支点拘束の影響について

岩手大学工学部 正会員 岩崎 正二  
(株) 土木技研 正会員 新銀 武  
岩手大学工学部 ○花田 琢司

## 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用いられるようになってきた。その様な状況の中で複雑な方向性を持つ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検討されつつある。また、既設橋梁では支承の機能障害により可動支点部の移動機能が拘束され支点拘束を生じている橋梁が多いことから、本研究は昭和54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3次元非線形動的解析手法によって支点拘束を考慮したモデルについて解析を行い、支点拘束による地震時応答への影響について明らかにする。入力地震波は道路橋示方書で規定されている地震波(平成7年兵庫県南部地震)に加え、平成16年新潟県中越地震波、更に平成15年宮城県沖地震波を採用し、各地震波に対する応答特性の違いについても検討する。

## 2. ファイバーモデルによる非線形動的解析

対象橋梁は、昭和54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簡単に示す。道路橋示方書地震波(平成7年兵庫県南部地震)、平成16年新潟県中越地震波(小千谷EW)、平成15年宮城県沖地震波(牡鹿NS)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した。解析にあたっては汎用プログラム「UC-Win/FRAME(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、基礎は地盤バネとした。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、可動支点部に水平拘束作用を持たせる。そのために橋軸方向のバネ値を  $3 \times 10^5 \text{ kN/m}$  と設定し、可動支点部のモデル化を行った。

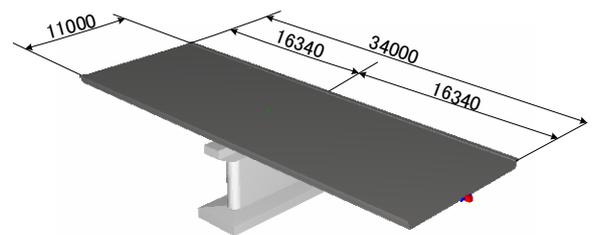


図-1 田山橋概要(単位: mm)

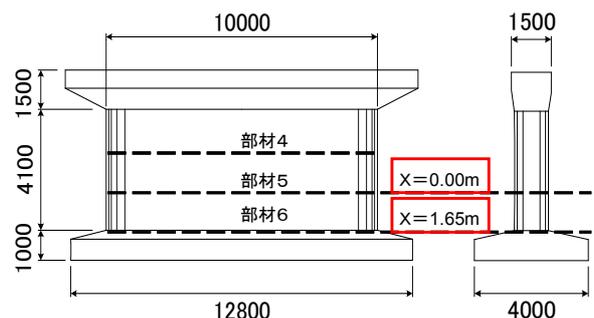


図-2 田山橋橋脚概要(単位: mm)

## 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。支点拘束が無い場合、支点拘束が有る場合よりも基本固有周期が約2.7倍大きくなった。

### 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耐震性能の照査結果を比較したものである。表-2より支点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3波平均・新潟県中越地震波で小さくなり、

表-1 動的解析による基本固有周期の比較

	支点拘束・無	支点拘束・有
固有周期(sec)	0.743	0.275

宮城県沖地震波で大きくなった。応答塑性率はどの地震波でも支点拘束が有る方が小さくなった。支点拘束が橋脚の応答にかなり影響することが分かった。

表-3は柱基部モーメントを比較したものである。「比較」の欄の

値は支点拘束が有る場合は無い場合に比べ何%増減したかを示す。道路橋示方書の地震波・新潟県中越地震波では、支点拘束が有ると曲げモーメントは減少する傾向にあり、部材6の上端側で減少が大きく表れた。しかし、宮城県沖地震波では著しく増加し、部材6の下端側で大きく表れた。

表-4は部材4～部材6の最大せん断力を比較したものである。道路橋示方書の地震波・新潟県中越地震波では、支点拘束が有る場合の方が橋脚の上端側での減少が顕著に表れた。しかし、宮城県沖地震波ではせん断力は増加し、柱基部で非常に大きく増加した。

これらをまとめるとほぼ全ての地震波で支点拘束が有る場合に応答断面力は小さくなると言える。しかし、完全な一貫性があるわけではなく、地震波によって応答は異なる。特に宮城県沖地震の地震波による応答が他の地震波とは大きく異なる応答を示した。これは宮城県沖地震波の固有周期が原因と考えられる。この地震の最大フーリエスペクトルでの周期は約0.3secで、支点拘束モデルの固有周期とほぼ同じ値であり、共振が生じたために応答が大きくなり他の地震波と異なる結果を示したと考えられる。

#### 4. まとめ

解析モデルの支点条件の設定に際しては、支点が拘束された場合応答断面力は小さくなることがわかり、既設橋梁の地震時応答の解析に際しては現状の支点状態を正確にモデル化することの重要性が示された。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、今後さらに支点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が、支点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ことも示された。

表-2 支点拘束の有無による耐震性能照査結果の比較

	記号	単位	道路橋示方書(平均)		新潟県中越地震		宮城県沖地震	
			無	有	無	有	無	有
橋脚天端の水平変位	$\delta_p$	m	0.1697	0.0439	0.3289	0.0510	0.0661	0.1188
橋脚の降伏変位	$\delta_y$	m	0.0778	0.0263	0.0320	0.0268	0.0313	0.0639
応答塑性率	$\mu_R$		6.5035	1.6950	10.2781	1.9030	2.1118	1.8592
許容塑性率	$\mu_a$		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	$\delta_R$	m	0.2569	0.0110	0.1781	0.0145	0.0209	0.0329
許容残留変位	$\delta_{Ra}$	m	0.0560	0.0560	0.0560	0.0560	0.0560	0.0560
残留変位の照査	$\delta_R < \delta_{Ra}$		NG	OK	NG	OK	OK	OK

表-3 柱基部での曲げモーメントの比較(単位: kNm)

部材6		支点拘束・無	支点拘束・有	比較(%)	
道路橋示方書	II-I-1	x=0.00m	8987.0	6268.1	-30.3
		x=1.65m	8558.1	9622.5	12.4
	II-I-2	x=0.00m	9661.2	6461.9	-33.1
		x=1.65m	8780.1	8387.0	-4.5
	II-I-3	x=0.00m	8555.7	6747.7	-21.1
		x=1.65m	8603.6	7667.0	-10.9
新潟県中越地震		x=0.00m	11954.8	6199.3	-48.1
		x=1.65m	14599.7	11624.0	-20.4
宮城県沖地震		x=0.00m	8007.4	15230.6	90.2
		x=1.65m	9763.6	20821.6	113.3

表-4 最大せん断力の比較(単位: kN)

道示(3波平均)	支点拘束・無	支点拘束・有	比較(%)
部材4	2112.9	1513.8	-28.4
部材5	2154.1	1828.6	-15.1
部材6	2476.5	2593.0	4.7
新潟中越	支点拘束・無	支点拘束・有	比較(%)
部材4	2657.3	1492.1	-43.8
部材5	2732.9	1900.2	-30.5
部材6	3182.0	3001.1	-5.7
宮城沖	支点拘束・無	支点拘束・有	比較(%)
部材4	2012.2	2562.0	27.3
部材5	2047.1	3222.1	57.4
部材6	1736.3	6675.2	284.4