

(株) 土木技研 正会員 ○新銀 武
 岩手大学工学部 正会員 出戸 秀明
 岩手大学工学部 赤山 由

1. まえがき

近年、構造物の動的応答照査において2次元非線形動的解析手法が多く用いられるようになっているが、複雑な方向性を持つ実地震動による構造物の3次元的挙動を十分に反映したより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も検討されつつある。本研究は、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、従来の骨組みモデルとファイバーモデルによる地震時応答解析の違いを検証するとともに、道路橋示方書で規定されている地震波(兵庫県南部地震)に加え、平成16年新潟県中越地震波さらに平成15年宮城県沖地震波に対する鉄筋コンクリート橋脚の応答特性の違いについて検討し、地域特性の把握を目的とする。

2. ファイバーモデルによる非線形動的解析

非線形動的解析には、汎用プログラム「UC-Win/FRAME(3D)Ver.1.04.03」を用いた。鉄筋コンクリート橋脚は、その柱基部に塑性ヒンジの形成を期待するため、柱基部をファイバーエлементでモデル化し、基礎は地盤バネとした。動的照査の対象は橋脚弱軸となる橋軸方向を対象とした。

入力地震動は、道路橋示方書に規定されている地震波(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)を用いた。図-2は各地震波のフーリエスペクトルの比較を示す。卓越固有周期の特徴として、道路橋示方書地震波は1~1.2秒が卓越しているが、平成16年新潟県中越地震波は0.7秒に、平成15年宮城県沖地震波は0.3秒が卓越している。

耐震性能照査は、平成14年道路橋示方書V耐震設計編に従い、①応答塑性率の照査、②残留変位の照査、③支承の変形の照査を行った。

対象橋脚は、平成8年道路橋示方書に準拠し設計された岩手県一般県道宮古山田線長沢橋と同示方書で耐震補強された岩手県一般国道282号田山橋とし、道路橋示方書地震波・平成16年新潟県中越地震波・平成15年宮城県沖地震波のファイバーモデルによる動的解析結果に対する各々の耐震性能の照査と比較を行った。また、長沢橋においてはファイバーモデルによる動的解析法と設計時の地震時保有耐力照査法、等価線形法との比較を行い、田山橋においては設計時における地震時保有耐力照査法との比較に加えてさらに耐震補強前後の比較も行った。

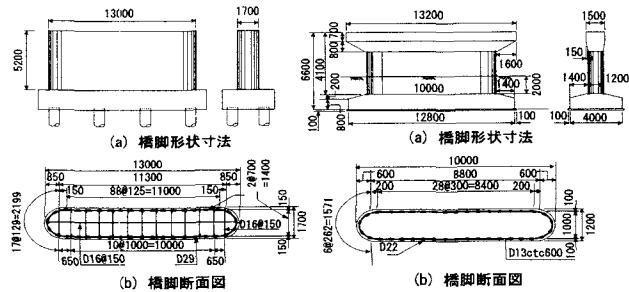


図-1 解析対象橋梁諸元 (単位:mm)
 橋名: 長沢橋
 位置: 岩手県宮古市(宮古山田線)
 形式: 3径間連続非合成析橋
 橋長: 74.00m 幅員: 9.0m
 地盤種別: II種地盤 重要度区分: B種
 橋名: 田山橋
 位置: 岩手郡安代町(一般国道282号)
 形式: PC連続床版析橋
 橋長: 34.00m 幅員: 11.8m
 地盤種別: I種地盤 重要度区分: A種

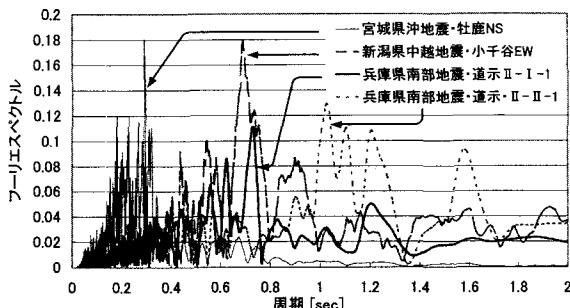


図-2 兵庫県南部地震、新潟県中越地震、宮城県沖地震波形のフーリエスペクトルの比較

3. 解析結果と考察

(1) 固有値解析結果

長沢橋および田山橋の動的解析法および保耐法による固有周期計算結果の比較を表-1,2に示す。両橋脚とも解析手法の違いによる固有周期の違いについて顕著な差は見られなかった。

表-1 長沢橋の橋脚1次モード固有周期の比較

	固有周期(sec)	比 較
① ファイバーモデル	0.68	
② 保耐法	0.69	②/① 1.01
③ 等価線形化法	0.77	③/① 1.13

表-2 田山橋の橋脚1次モード固有周期の比較

	固有周期(sec)	比 較
ファイバーモデル	①補強前 0.54	
	②補強後 0.52	
保耐法	③補強前 0.61	③/① 1.13
	④補強後 0.61	④/② 1.17

(2) 橋脚天端における時刻歴応答解析結果

図-3に長沢橋の各地震波における橋脚天端の応答変位、応答加速度を示す。道示II-I-2と比較し、小千谷EWでは残留変位が2倍程度生じ、反対に牡鹿NSではほとんど残留変位が見られなかつた。図は省略するが、田山橋でも同じ傾向が見られた。

(3) 耐震性能の照査結果

表-3,4にそれぞれ長沢橋・田山橋の各地震波における耐震性能照査結果を示す。長沢橋においては、保耐法および等価線形化法に比べて、ファイバーモデルによる動的解析の支承の変形が大きな応答を示し、他の耐震性能に大きな差は見られなかつた。田山橋においては、保耐法とファイバーモ

デルによる動的解析の結果を比較すると、結果にかなり大きな差があることがわかる。また、各地震波による応答の違いについては、道示(3波平均)の応答に比べて小千谷EWの応答が大きく表れ、逆に牡鹿NSの応答は小さくなつた。これは、今回解析対象とした両橋脚の固有周期が小千谷の固有周期と近い値を示したために大きな応答を示したものと考えられる。

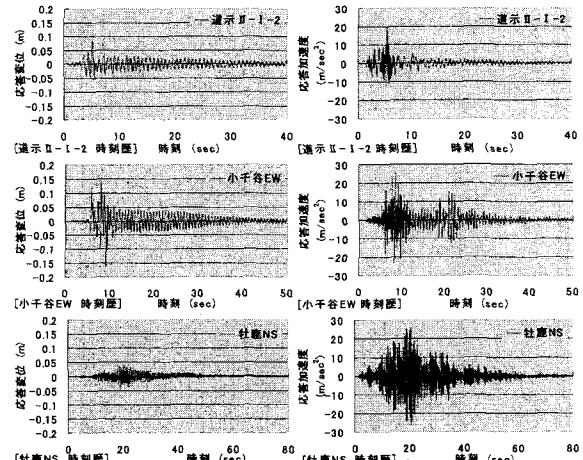


図-3 長沢橋の橋脚天端における時刻歴応答

表-3 長沢橋での耐震性能の照査結果比較

記号	単位	ファイバーモデルによる動的解析法					
		保耐法	等価線形化法	道示(3波平均)	小千谷EW	牡鹿NS	OUT
σ_u	m	0.5386	0.2850	0.3173	0.3843	0.1800	OK
σ_b	m	0.0832	0.2175	0.2673	0.3173	0.1864	OK
σ_c	m	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	OK
$\sigma_b < \sigma_c$		OK	OK	OUT	OUT	OK	OK
σ_p	m	0.4624	0.0742	0.0754	0.1606	0.0429	OK
σ_y	m	0.0050	0.0217	0.0332	0.0330	0.0355	OK
μ_R		7.7170	4.0200	2.2711	4.8670	1.2080	OK
μ_a		80.2270	17.1100	17.0800	17.0800	17.0800	OK
$\mu_R < \mu_a$		OK	OK	OK	OK	OK	OK
σ_R	m	0.0203	0.0383	0.0253	0.0768	0.0044	OK
σ_{Ra}	m	0.0740	0.0740	0.0740	0.0740	0.0740	OK
$\sigma_R < \sigma_{Ra}$		OK	OK	OUT	OUT	OK	OK
$\sigma_R < \sigma_{Ra}$		OK	OK	OUT	OUT	OK	OK

表-4 田山橋の耐震性能の照査結果比較

記号	単位	ファイバーモデルによる動的解析法							
		保耐法	道示(3波平均)	小千谷EW	牡鹿NS	補強前	補強後		
σ_u	m	-	0.1310	0.1578	0.2833	0.2319	0.0679	0.0585	
σ_b	m	-	-	-	-	-	-	-	
σ_c	m	-	-	-	-	-	-	-	
$\sigma_b < \sigma_c$		-	-	-	-	-	-	-	
σ_p	m	-	0.0979	0.1151	0.2074	0.1708	0.0497	0.0438	
σ_y	m	0.0068	0.0081	0.0171	0.0287	0.0208	0.0284	0.0225	0.0287
μ_R		2.9423	0.9450	5.7234	4.0116	9.9712	6.0141	2.2089	1.5298
μ_a		19.3700	16.7140	24.5400	26.0500	24.5400	26.0500	24.5400	26.0500
$\mu_R < \mu_a$		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
σ_R	m	0.0079	0.0000	0.0485	0.0519	0.1120	0.0854	0.0163	0.0091
σ_{Ra}	m	0.0580	0.0560	0.0560	0.0560	0.0560	0.0560	0.0580	0.0560
$\sigma_R < \sigma_{Ra}$		OK	OK	OUT	OUT	OUT	OK	OK	OK

4. まとめ

ファイバーモデルを用いた非線形動的解析による応答照査では、保耐法および等価線形化法による照査法に比べ、大きな応答を示す特徴が得られた。これはファイバーモデルの特徴とも言える軸力の変動が大きいために応答が大きく表れたため考えられる。また、各地震動による応答比較結果から、地震波形の卓越固有周期と対象橋脚の固有周期が解析結果に大きく関係することがわかつた。従つてこれらの地域的特徴のある地震動に対しては、今後どのような地震動に対して性能を保証するかといった性能設計的観点から検討する必要があると思われる。