

I - 9 地震動の位相特性が RC 橋脚の弾塑性応答に及ぼす影響

東北大学 学生員 ○ 丸山 大輔
東北大学 正会員 秋山 充良
東北大学 フェロー 鈴木 基行

1. はじめに

レベル2地震動を受ける RC 橋脚の耐震設計に用いる弾塑性地震応答は、基本的に弾性応答スペクトルと構造物特性のみから簡易的に推定されてきた。しかし、同じ弾性応答スペクトルを有する場合でも、異なる位相特性を与えた模擬地震動による時刻歴解析から得られる応答値には、有意な差が生じることを佐藤ら¹⁾は指摘している。そこで本研究では、佐藤らの手法¹⁾に基づきマグニチュード M と震央距離 Δ から位相特性をモデル化し、その距離減衰式の有するばらつきが RC 橋脚の弾塑性地震応答に与える影響を統計シミュレーションに基づき考察した。

2. 模擬地震動の作成方法

M と Δ から位相特性を表す指標の一つである群遅延時間の平均値および標準偏差を算定し、それに従う正規乱数からフーリエ位相スペクトル $\phi(\omega)$ の集合を作成した。本研究で考慮した M と Δ の組合せの一覧は、表-1に示してある。そして、この $\phi(\omega)$ を用いて、道路橋示方書²⁾に規定されるタイプ II 地震動の加速度応答スペクトル (I 種地盤) に準拠した模擬地震動を 2000 波作成した。この佐藤らの手法に基づく模擬地震動作成フロー¹⁾を図-1に示した。

次に、作成した模擬地震動を用いて、表-2の諸元を持つ RC 橋脚の弾塑性地震応答

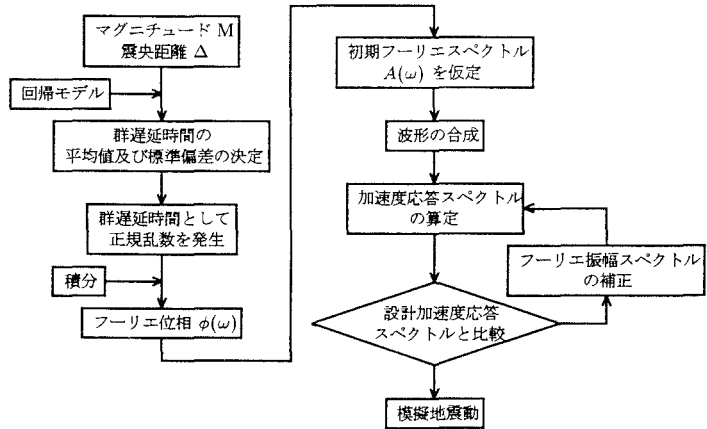


図-1 模擬地震動の作成フロー¹⁾

表-1 地震動パラメータ

		マグニチュード M	
		7.0	8.0
震央距離 Δ (km)	20	Eq1	Eq3
	100	Eq2	Eq4

表-2 解析対象 RC 橋脚

固有周期 T_1 (s)		0.7
降伏変位 δ_y (m)		0.037
終局変位 δ_u (m)		0.430
剛性 k ($\times 10^2$ tf/m)	弾性域	78.3
	塑性域	0.68

解析を繰返し行った。地震応答解析は、1自由度系モデルを用い、系の復元力特性には完全弾塑性型バイリニアモデルを用いた。また減衰定数は5%とした。なお、模擬地震動による統計シミュレーションとの比較のため、兵庫県南部地震で得られた実観測波を道路橋示方書のタイプ II 地震動の加速度応答スペクトル (I 種地盤) に適合させた地震動 (計 9 波 (Eq5)) を用いた動的解析も行った。

3. 解析結果

表-1に示す Eq1~Eq4 に対して作成した各 2000 波の模擬地震動の最大加速度 (gal) とそれを用いた RC 橋脚の最大応答変位の平均値や変動係数などを表-3に示す。また、最大応答変位に関しては、相対累積度数が 5% 及び 95% となる値 $\delta_{5\%}$ 、 $\delta_{95\%}$ も併記してある。

表-3より、同じ加速度応答スペクトルを有するように振幅調整された地震動でも、合成する位相スペク

表-3 地震動の最大加速度及び RC 橋脚の最大応答変位の統計量

地震動	最大加速度		RC 橋脚の最大応答変位			相対累積度数	
	平均値 (gal)	変動係数	平均値 (m)	変動係数	平均塑性率	5% 値 $\delta_{5\%}$ (m)	95% 値 $\delta_{95\%}$ (m)
Eq1	616	0.22	0.30	0.35	9.54	0.16	0.49
Eq2	611	0.20	0.34	0.37	10.8	0.18	0.58
Eq3	604	0.20	0.31	0.36	10.3	0.17	0.53
Eq4	604	0.20	0.35	0.38	11.3	0.19	0.61
Eq5	747	0.12	0.24	0.29	7.72	—	—

トルにより、RC 橋脚の弾塑性応答は大きくばらつくことが確認できる。また、佐藤・植竹ら³⁾の指摘にもあるように、マグニチュード M の相違が位相特性に与える影響は小さいため、M が統計シミュレーション結果に与える感度は震央距離 Δ よりも小さくなった。一方、 Δ が大きくなるのに伴い、応答変位の平均値および変動係数も大きくなり、結果として、 $\delta_{95\%}$ 値は $\Delta=20\text{km}$ と $\Delta=100\text{km}$ で 1.25 倍程度の差となった。なお、図-2 および図-3 には、Eq3 と Eq4 の条件で作成された模擬地震動と RC 橋脚の時刻歴応答の一例を示した。図-2 より、地震波の重心位置と広がり、与えた震央距離 Δ の影響を反映していることを確認できる¹⁾。

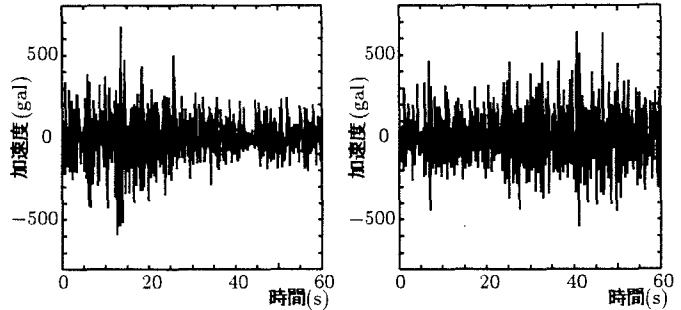


図-2 応答解析に用いた模擬地震動 (左: Eq3, 右: Eq4)

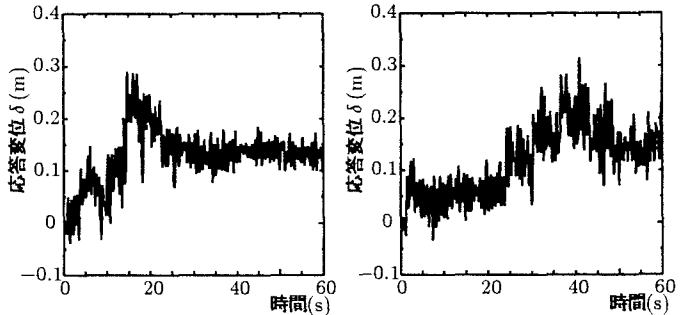


図-3 RC 橋脚の時刻歴応答変位 (左: Eq3, 右: Eq4)

レベル 2 地震動に対する耐震性能の照査を動的解析により行う場合、実測された強震記録を基にして地震動を設定することは、現状では困難な場合が多く、設計加速度応答スペクトルに適合させた兵庫県南部地震等の観測波を架設地点近傍の震源特性などに関わらず使用していることが多い。しかし、Eq5 の地震動から得られる応答値のばらつきに対し、観測波の回帰分析から得られた位相特性のばらつきを考慮すると、表-3 に示される程度の応答値のばらつきが生じることに留意し、従来着目してきた応答スペクトルやフーリエ振幅スペクトルなどの情報の他に、位相スペクトルにも配慮して地震動の非定常性を検討する必要があると思われる。

4. まとめ

RC 橋脚の弾塑性地震応答には、地震動の振幅特性の他に位相特性も大きく関係していることが示された。今後は、どのような位相特性をもつ地震動が RC 橋脚の弾塑性地震応答に大きく影響するのかを検討していく予定である。

参考文献

- 1) 佐藤忠信, 室野剛隆, 西村昭彦: 観測波に基づく地震動の位相スペクトルのモデル化, 土木学会論文集, No.640/I-50, pp.119-130, 2000.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, V 耐震設計編, 1996.
- 3) 佐藤智美, 植竹富一, 菅原良次: 群遅延時間を用いたやや長周期地震動の経験的経時特性モデルに関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 493 号, pp.31-39, 1997.