

(I - 38) 鉄筋コンクリート橋脚の非線形動的解析の一考察

日本建設コンサルタント㈱ 正会員 草野 康祐
同上 野沢 貞三

1. はじめに

平成8年12月の道路橋示方書（以下、道示と云う）改訂に伴い耐震設計に関する規定が大幅に変更された。主な改定点の一つとして、内陸直下型地震（平成7年兵庫県南部地震）による地震動を考慮することとし、これを従来の設計地震力に加えて新たに設計地震力として規定された。

これをふまえ、本報告は、3径間連続橋梁を鉄筋コンクリート（RC）造の剛性の異なる2橋脚で支持する構造モデルを想定し、新示方書による地震時保有水平耐力と、その時の構造諸元を用い、タイプⅡ（内陸直下型地震）について、各地盤種別（三種類）における各々の地震波を直接入力した非線形動的解析を行い、動的挙動による構造性能と、道示による地震時保有水平耐力を比較した一考察である。

2. 解析の諸元

3径間連続橋梁の橋軸方向を対象に解析モデルを図-1に示すような多質点系にモデル化（主な諸元を表-1）して行った。また、解析に用いる入力地震加速度の波形としては、平成7年兵庫県南部地震で得られた強震記録の中から、Ⅰ種地盤においては神戸海洋気象台の記録、Ⅱ種地盤においてはＪＲ西日本鷹取駅の記録、Ⅲ種地盤においては東神戸大橋周辺の記録を用いた。

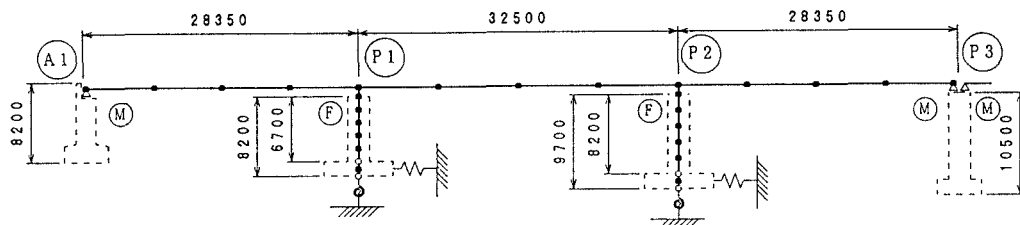


図-1. 3径間連続橋梁のモデル化

表-1. モデルの諸元

3. 解析手法

橋脚躯体部を非線形とし、上部工と基礎支持ばねは線形として取り扱った。鉄筋コンクリート橋脚躯体の非線形特性は、骨格曲線としてひび割れ時、降伏時、終局時のモーメント（M）と曲率（Φ）の関係を3本の折れ線で表した剛性低下型のトリリニアモデル（武田のモデル）を用いた。なおコンクリートの応力度へびずみ曲線は道示に基づくものである。減衰定数は上部工を2%、橋脚部を5%、基礎支持ばねは逸散減衰を考慮し20%とし、減衰行列をRayleigh減衰の質量項のみを採用した。数値解析は陽解法であるルンゲクッタ法によった。

上 部 工	断面積	(m^2)	6.229
	弾性係数	(tf/m^2)	2.90E+06
橋 脚	断面二次モーメント	(m^4)	1.367
	単位重量	(tf/m)	20.4
P 1	橋脚の単位重量	(tf/m)	22.0
	断面二次モーメント	(m^4)	3.549
	基礎の重量	(tf)	183.8
	基礎水平 β ね強度	(tf/m)	5.72E+04
P 2	基礎回転 β ね強度	($\text{tf}\cdot\text{m}/\text{rad}$)	1.20E+06
	橋脚の単位重量	(tf/m)	22.0
	断面二次モーメント	(m^4)	3.549
	基礎の重量	(tf)	183.8
橋 脚	基礎水平 β ね強度	(tf/m)	5.44E+04
	基礎回転 β ね強度	($\text{tf}\cdot\text{m}/\text{rad}$)	1.20E+06

※ Ⅰ種地盤における β ね強度は、上記の2倍値を用いた。

4. 解析結果

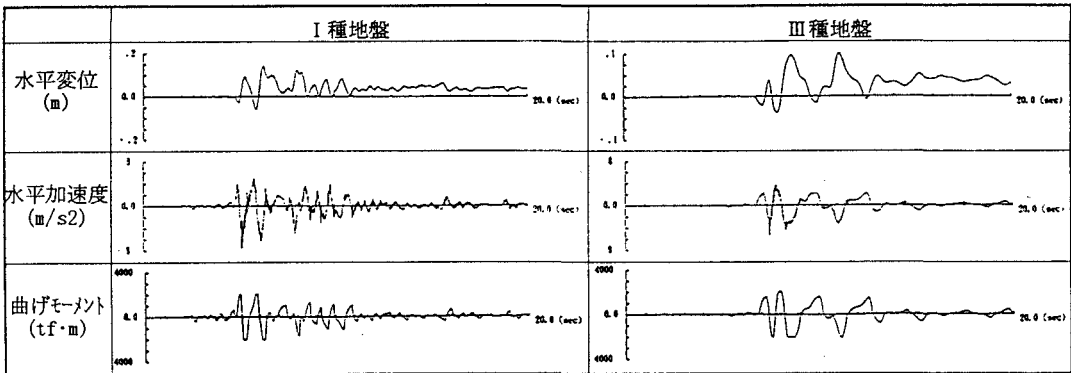
表-2に解析結果の一覧を示し、応答波形の一例を表-3に示す。

表－２． 解析結果一覧

	地震時 保有耐力		非線形動的解析					
			Ⅰ種地盤		Ⅱ種地盤		Ⅲ種地盤	
	P 1 橋脚	P 2 橋脚	P 1 橋脚	P 2 橋脚	P 1 橋脚	P 2 橋脚	P 1 橋脚	P 2 橋脚
上部工慣性力作用位置における変位 (cm) ※1	69.7	52.1	12.7	12.8	21.3	21.5	7.8	7.9
上部工慣性力作用位置における加速度 (gal)	—	—	758	799	623	631	553	488
橋脚基部における曲げモーメント (tf・m)	2161	1993	2054	1899	2065	1910	2049	1893
上部工慣性力作用位置におけるせん断力 (tf)	309	235	304	223	305	228	287	216

※1 地震時保有耐力の変位は、 $\delta y \cdot \mu a$ より求めた値を示す。

表－３． 応答波形の比較 (P 1 橋脚)



※ 水平変位、水平加速度は、上部工慣性力作用位置、曲げモーメントについては橋脚柱基部についての値を示す。

5. 考察

- 1) 地震時保有水平耐力により求めた変位は、それぞれの橋脚において異なる変位を示している。これは地震時保有水平耐力法が橋脚を個々に取り上げて計算を行うため生じる結果である。3 径間を 1 単位として考えた動的解析においては、各々の橋脚における変位の差はほとんど認められないことが認められる。
- 2) 橋脚基部における曲げモーメントにおいて、各地盤種別による影響はほとんど認められない。全ての橋脚で、柱高さの低い P 1 橋脚にモーメントが大きくでている。
- 3) 上部工慣性力作用位置における変位 (曲げ変位) に特徴的な差異が認められた。Ⅱ種地盤の鷹取駅の記録波形を入力した場合、他のものに比べ 2 倍近い値を示した。これは対象構造物 (橋脚) が入力時振動に対して高い応答倍率を示す周期特性となったため、降伏点を越えて他の 2 種より大きく塑性化したことによるものと考えられる。M-Φ 関係の履歴復元力曲線の比較からも、塑性化していることが認められる。

以上のことより、非線形動的解析において入力する地震加速度の波形 (各地盤種別) の違いが、その構造性能に影響を及ぼすことが確認できた。しかし、今回改訂された道示 V (耐震設計編) の図－解 5. 3. 2 より確認できるように、地盤種別と動的挙動の間に一定の関係が常に成り立つとは一概には言えず、固有周期の違いもその関係に影響を及ぼすと考えられる。

6. 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 (平成 8 年 1 2 月)
- 2) 日本道路協会：「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料 (案)
- 3) 上原七司：橋梁の耐風・耐震 森北出版
- 4) 猪瀬寧雄、上原七司：コンピュータによる橋梁と構造の振動解析 森北出版