

I-B 48 RC橋脚の耐震性向上に関する非線形解析の適用事例の考察

日本建設コンサルタント（株） 正員 ○増田 達伸
 同上 野沢 貞三
 同上 フェロー 田中 俊雄

1. はじめに

兵庫県南部地震での橋梁構造物の被害は甚大で、その対応策として「復旧仕様（参考文献：1）」では、連続高架橋の場合、免震支承の採用が望ましいとしている。

本報告は、橋脚の設計上で免震支承を採用する効果を線形解析と非線形解析で把握するため、3径連続高架橋の中間橋脚に着目し、免震支承の有無、橋脚躯体および免震支承の線形と非線形の影響度について、検討結果の報告を行うものである。

2. 解析の諸元

解析の対象とするRC橋脚を図-1のような9質点系にモデル化する。基礎部は水平及び回転バネで支持する。地震の入力はⅢ種地盤相当の東神戸大橋の記録（図-2）を用いた。

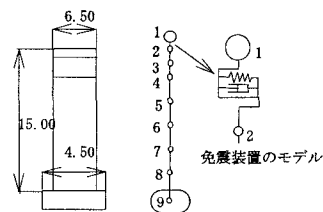


図-1 橋脚のモデル化

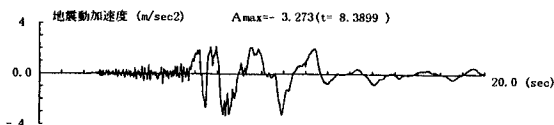


図-2 入力地震加速度

表-1 モデルの諸元

上部工分担重量(tf)	9000.0
橋脚の重量(tf)	1755.0
基礎の重量(tf)	520.0
基礎水平バネ強度(tf)	1.02E+06
基礎回転バネ強度(tf.m/rad)	8.50E+07

3. 解析手法

基礎のバネは線形とし、橋脚躯体部と免震支承を非線形とする解析をおこなった。なお比較のため免震支承がない場合についても行った。橋脚躯体の非線形の解析に用いた応力度ひずみ曲線は復旧仕様に基づくものである。

履歴復元力モデルはひび割れ時、降伏時、終局時のM-Φ関係を3本の折れ線で表した剛性低下型のトリ、リニア型モデルを用いた。免震支承の復元力履歴関係はバイリニア型モデルによった。粘性減衰は質量項と剛性項の一次結合で表すRayleigh減衰のうち質量項のみを採用した。基本式は式（1）に示す。

$$m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + c \frac{\partial u}{\partial t} + r(x) = -m\ddot{z}_0 \quad \dots\dots (1)$$

ここで m : 単位長さ当たりの質量 c : 減衰係数 r (x) : 位置 x における復元力 \ddot{z}_0 : 入力地震動
 各質点について(1)式を階差法を用いて離散化する。

表-2 解析結果一覧

	免震支承なし		免震非線形+橋脚非線形				免震非線形+橋脚線形
	橋脚線形	橋脚非線形	K1=1000 K2=100	K1=2000 K2=200	K1=4000 K2=400	K1=8000 K2=800	K1=4000 K2=400
質点1の水平変位(cm)	-8.04	37.29	-70.03	-75.33	84.6	82.32	84.3
質点1の水平加速度(m/sec²)	8.66	-3.40	0.096	0.203	0.445	0.865	-0.445
免震支承の復元力(tf/m)	7953	-3102	88	187	-408	-794	-408
橋脚根付けの曲げモーメント(tf.m)	133444	-49533	22054	22671	-24450	-31882	-24504
橋脚根付けのせん断力(tf)	-9214	3549	-1618	-1660	1774.2	2264	1794

(注: K1:一次剛性(tf/m)、K2:二次剛性(tf/m)、降伏変位は2.0(cm))

4. 解析結果

解析結果の一例を、表-2、表-3、表-4に示す。

表-3 応答波形図の比較

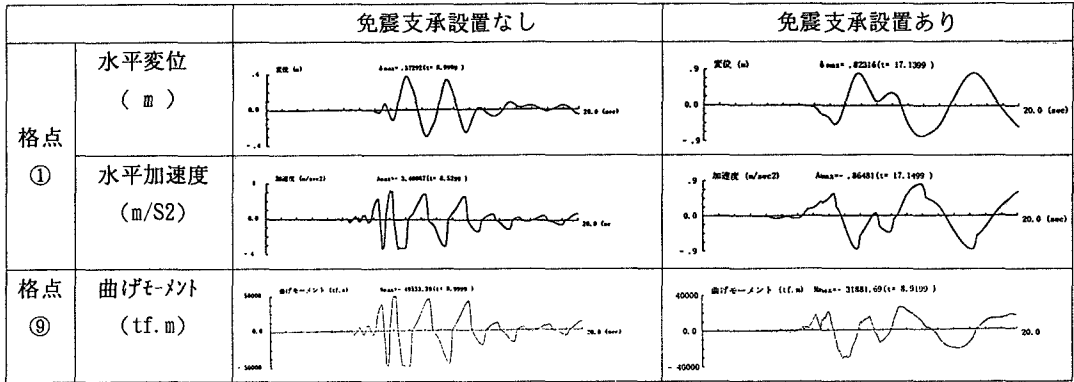
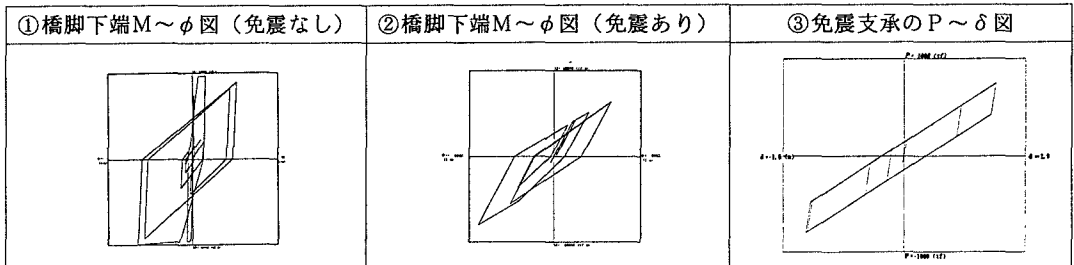


表-4 M~φ、P~δ履歴図の比較



5. 考察

- 免震支承なしの場合、橋脚躯体部の非線形を考慮すると橋脚下端の作用力は、線形の結果に比べ60%程度低減した。このことより、設計上橋脚躯体の非線形を考慮するのが効果的であることが確認された。
- 免震支承ありの場合、橋脚躯体の線形と非線形の差は、ほとんど見られない。その理由は、橋脚本体と免震支承の固有周期が、かけ離れているため、連成振動が生じず、免震支承のみが単独で振動した結果によるものと思われる。
- 免震支承の剛性として、一次剛性は、1000~8000 tf/m、二次剛性は、等価剛性を参考にして、一次剛性の10%と仮定して解析を行った。表-4③の免震支承の履歴によると、降伏変位の設定が低いため、二次剛性が支配的となる結果となった。そのため、履歴復元力を曲線形のモデルで検証するのが望ましい。
- 表-4①、②より、免震支承なしの場合は、降伏点を越えている。免震支承ありの場合は、ひび割れ点を越えているが、降伏点までには達しておらず、免震支承ありの場合の有効性が認められた。

以上のことより、免震支承の有効性が認められたが、免震支承の剛性の取り方について、十分留意して設計を行うのが望ましい。今回は、橋脚単独系で検討したが、今後は、多径間全橋モデルで照査検討を進めていくことを考えている。

6. 参考文献

- 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)平成7年6月
- 建設省土木研究所：土木構造物における加速度強震記録(No. 21)，土木研究所彙報第64号平成7年6月
- (財)土木研究センター：建設省 道路橋の免震設計法マニュアル(案)平成4年10月
- 上原七司：橋梁の耐風・耐震 森北出版(株)1982.11