

等価線形化法による鉄筋コンクリートラーメン橋脚の地震応答解析

大日本コンサルタント(株) 正会員 浅野 恵哉, 田崎 賢治, 吉澤 努, 川神 雅秀

1. はじめに ゴム支承を用いた地震時水平力分散構造のけた橋について, 地震時の動的挙動を精度よく算定するための簡便的手法が提案されている¹⁾. この提案手法によると, 単柱形式の橋脚については, 等価線形化法による解析値が非線形時刻歴応答解析の応答値に対して比較的良く一致することが確認されている. 本稿では, 構造形式の異なる3種類のRCラーメン橋脚を対象に, 文献1)による等価線形化法を適用した場合の非線形時刻歴応答解析との比較結果を紹介し, ゴム支承のせん断剛性の変化が解析精度に与える影響について報告する.

2. 解析モデルと解析手法 解析橋脚は, 図-1に示す3柱式RCラーメン橋脚, 門形式RCラーメン橋脚, 2層式RCラーメン橋脚の3種類とし形式の異なる橋脚を選定した. 各塑性ヒンジ部材中心には, 軸力変動の影響を考慮した完全弾塑性バイリニア型の回転バネモデルを設けた. なお, 柱基礎は固定として扱った.

等価線形化法で採用するラーメン橋脚モデルは, 図-2に示すラーメン橋脚全体系の水平力-水平変位関係と等価な完全弾塑性バイリニアモデルとした. この仮定により, 文献1)の単柱形式橋脚を対象とした計算手法がラーメン橋脚に対しても基本的に適用できる. ただし, ラーメン橋脚では単柱形式の橋脚に比べ下部構造の重量に横梁の占める割合が大きい場合が多いため, 橋脚の重量 W_p に乗じる等価重量算出係数 C_p は, ラーメン構造としての値を別途算出するものとした. 具体的には, 脚柱の部材剛性を降伏剛性とするラーメン橋脚の水平変位と, 降伏バネ $K_{py} = P_y / y$ より求めた水平変位が等価となるよう C_p の値を算定した.

非線形時刻歴応答解析における塑性回転バネモデルの履歴特性は, 剛性低下を考慮しない正規バイリニアモデルとした. また, 上部構造は横梁の上に剛なフレームを組んでモデル化し, 上部構造の慣性力作用高さの影響を考慮できるモデルとした. 数値計算にはNewmarkの法($\alpha=1/4$)を用い, 応答計算の時間刻みは0.002秒とした. 減衰定数としては, RC部材の粘性減衰は2%, ゴム支承は4%とした. また, 入力地震動は, 文献²⁾に示される種地盤用のタイプの標準加速度波形を用い, 応答結果は3波形の平均値とした.

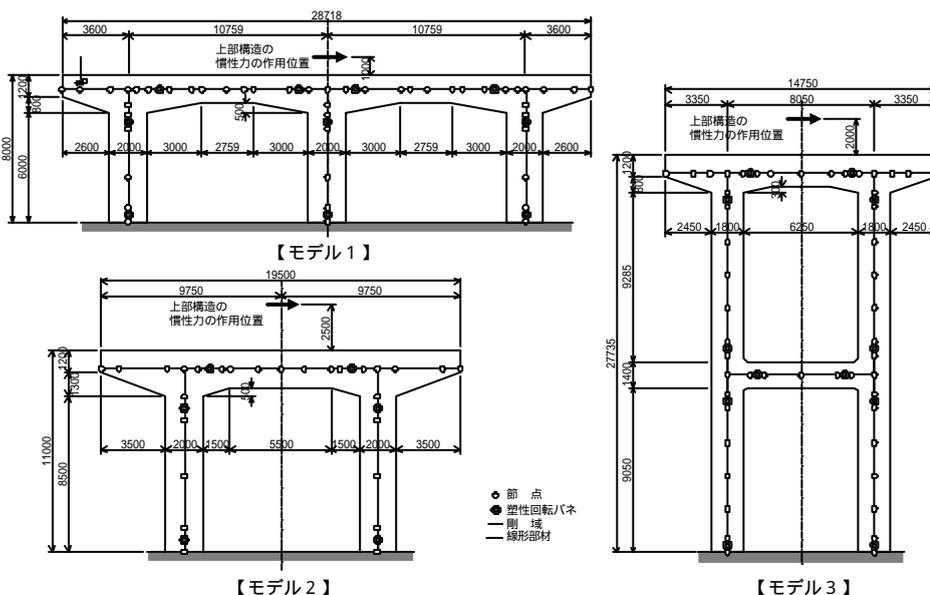
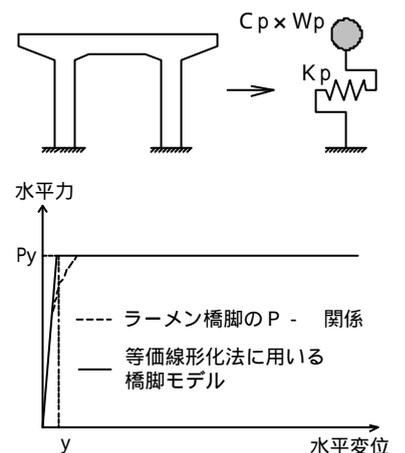


図-1 解析対象橋脚



橋脚モデル	降伏水平耐力 P_y (kN)	降伏水平変位 y (m)
モデル1	17729	0.023
モデル2	12681	0.056
モデル3	5596	0.080

図-2 橋脚のP - 関係

キーワード：等価線形化法, 非線形時刻歴応答解析, RCラーメン橋脚

連絡先：〒343-0851 埼玉県越谷市七左町5-1 Tel:0489-88-8123 FAX:0489-88-8136

表 - 1 解析ケース

橋脚モデル	橋脚の降伏震度	橋脚の固有周期	解析ケース	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE5
モデル1	0.937	0.300(sec)	ゴム支承の剛性 K_B (kN/m)	19000	27000	45000	67000	
			1 次の固有周期 T_1 (sec)	1.780	1.493	1.157	0.948	0.300
モデル2	0.977	0.662(sec)	ゴム支承の剛性 K_B (kN/m)	12800	19200	32000	64000	
			1 次の固有周期 T_1 (sec)	1.899	1.581	1.272	0.980	0.622
モデル3	1.782	0.723(sec)	ゴム支承の剛性 K_B (kN/m)	8360	12086	18338	27126	
			1 次の固有周期 T_1 (sec)	1.801	1.498	1.200	1.000	0.723

3. 解析ケース 解析ケースは表 - 1 に示すように、各橋脚モデルについて支承線当りのゴム支承のせん断剛性が異なる5ケースとした。

4. 解析結果 図 - 3 に、上部構造慣性力作用位置に生じる水平変位について、非線形時刻歴応答解析に対する等価線形化法の応答比率を示す。グラフの縦軸は、各橋脚モデルの橋脚の固有周期と降伏震度を、横軸は支承の固有周期を示している。また、表 - 2 に門型RCラーメン橋脚における解析結果一覧を示す。これによると、今回対象とした各RCラーメン橋脚では、どの固有周期領域においてもほぼ等価線形化法と非線形時刻歴応答解析の応答結果が一致していると言える。

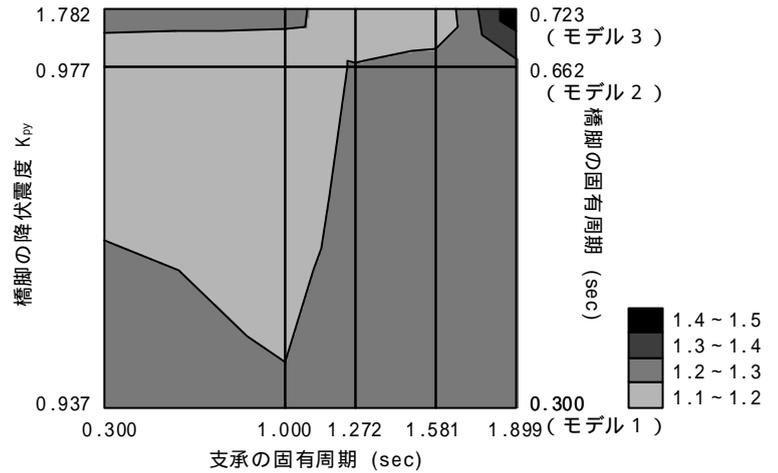


図 - 3 非線形時刻歴応答解析に対する等価線形化法の応答比率 (上部構造位置)

5. おわりに 本稿では、等価線形化法を構造形式の異なるRCラーメン橋脚に適用した

事例を紹介した。今回の検討では、単柱形式の橋脚と同様に扱うことができる構造形式について解析を行いその結果、ほぼどの固有周期帯でも等価線形化法と非線形時刻歴応答解析結果はよく一致した。ただし、基礎パネを考慮する場合の短周期領域については等価線形化法を適用する場合、非線形時刻歴応答解析に比べて過大な応答結果となる場合があることに注意が必要である。

表 - 2 解析結果一覧 (門型RCラーメン橋脚)

項目	記号	単位	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE5
橋脚の等価剛性	K_{Peq}	kN/m	226439	226439	159350	148359	131423
橋脚の等価減衰定数	h_{Peq}	-	0.020	0.020	0.071	0.081	0.096
一次振動モードの固有周期	T_1	sec	1.787	1.479	1.208	0.941	0.617
一次振動モードの減衰定数	h_1	-	0.039	0.038	0.046	0.054	0.096
減衰定数補正係数	C_D	-	1.087	1.092	1.031	0.976	0.811
標準加速度応答スペクトル	S_0	m/s^2	9.01	12.36	17.30	17.50	17.50
加速度応答スペクトル	S	m/s^2	9.80	13.49	17.84	17.08	14.18
上部構造慣性力作用位置の水平変位	u	m	0.872	0.823	0.727	0.423	0.152
上部構造慣性力作用位置の水平変位 (非線形時刻歴応答解析)	ud	m	0.777	0.738	0.568	0.340	0.120
非線形時刻歴応答解析に対する比率	u/ud	-	1.122	1.115	1.280	1.244	1.267
支承の変形	B	m	0.826	0.758	0.485	0.242	0.000
橋脚天端の水平変位	P	m	0.047	0.065	0.282	0.201	0.152

参考文献：

- 1) 建設省土木研究所：ゴム支承を用いた地震時水平力分散構造を有する道路橋の非線形地震応答の簡易推定法，1999.3
- 2) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，1997.3