

鉄道RCラーメン高架橋の地震時応答に関する一考察

（株）復建エンジニアリング ○正会員 江口 聡

（株）復建エンジニアリング 正会員 井口 光雄
 （株）復建エンジニアリング 野田 幹雄
 京成電鉄（株） 加藤 誉夫

1. まえがき

地震時における構造物の応答は、地盤の固有周期と構造物の固有周期及び入力地震動に依存する。ここでは実際に設計された構造物として2層1径間、2層3径間、2層4径間RCラーメン高架橋を対象とし、L2地震動を設計地震動とする静的非線形解析を行い、種々の条件下での構造物の応答値の変化を主に等価固有周期に着目して考察した。

2. 構造解析

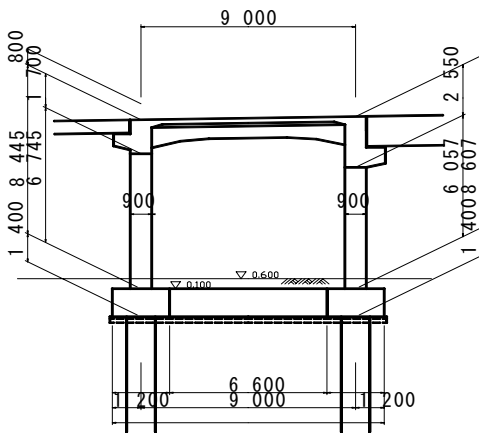


図 2.1 構造物モデル縦断面図

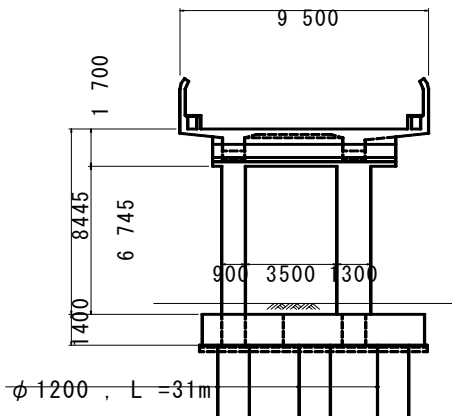


図 2.2 構造物モデル横断面図

表 1 対象構造物計算条件

径間	方向	柱高h(m)	液状化m	径間	方向	柱高h(m)	液状化m
1	橋軸	6.745	1.0	1	橋軸	6.745	1.0
		6.921	1.0			6.921	1.0
		6.190	1.0			6.190	1.0
3	橋軸	4.662	7.5	3	橋軸	4.662	7.5
		4.760	7.5			4.760	7.5
		3.612	7.5			3.612	7.5
		4.462	2.0			4.462	2.0
		6.924	2.0			6.924	2.0
4	橋軸	6.057	3.0	4	橋軸	6.057	3.0
		5.579	3.0			5.579	3.0

(1) 構造物概要

本計算に用いた構造物モデルは図 2.1、図 2.2 に示すような断面をもつ、1径間、2径間および4径間の地中梁を有する2層RCラーメン高架橋である。基礎は杭基礎、杭径 1.2m、杭長 30m、橋軸直角方向に3本配置されている。対象構造物の寸法関係を1にまとめる。

(2) 計算概要

今回の解析に用いた表層地盤はすべて地盤種別 G5 地盤¹⁾であるが、液状化層厚はそれぞれ異なる。検討ケースは、①液状化を考慮した解析ケース、②地盤変位を考慮したケース、③常時の3つで計算を行った。計算に用いたモデルの地盤条件では、液状化すると判定された層では地盤ばねは一切考慮されず、液状化層を考慮した耐震設計上の地盤面よりも上にある杭は突出杭として扱った。また地盤変位考慮のケースでは、応答変位法により算出される表層地盤の設計水平変位量を入力値として計算を行った。検討ケースは、表 1 に示す各ラーメンについて、常時および液状化・地盤変位考慮のケースを含め計 75 ケースとした。

解析モデルは2次元骨組モデルとした。また、杭基礎であることから、骨組解析モデルは地盤-基礎-構造系一体としてモデル化した。解析プログラムには RESP-T を使用した。

非線形特性として柱下端は曲げに対して材端バネをトリリニヤ型のM-φ関係を用いてモデル化した(図 3)。等価塑性ヒンジ長 L_p は死荷重時の軸力より算出した値で行い軸力変動を考慮した。梁部材は線形モデルとし、地盤はばねモデルとしバイリニヤ型の非線形性を考慮した。杭も柱同様M-φ関係を用いてモデル化し部材長は 1D 程度に分割した。

キーワード：等価固有周期、液状化、応答変位法、プッシュオーバーアナリシス、耐震設計

連絡先：〒104-0061 東京都中央区銀座 1-2-1、（株）復建エンジニアリング、TEL(03)3563-3128

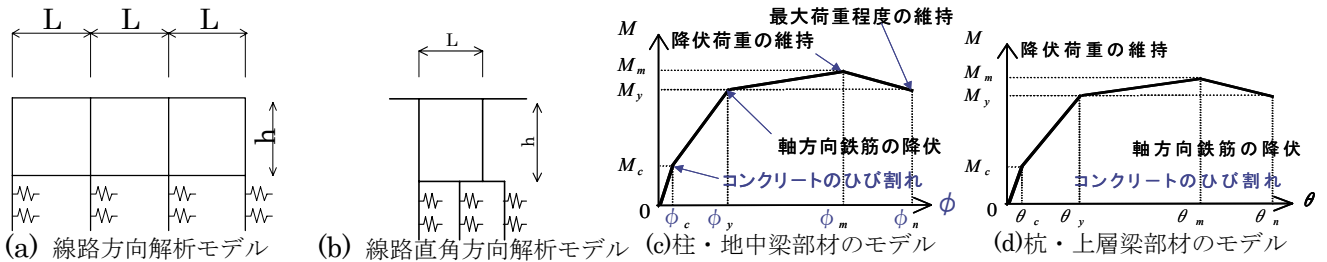


図3 解析モデル

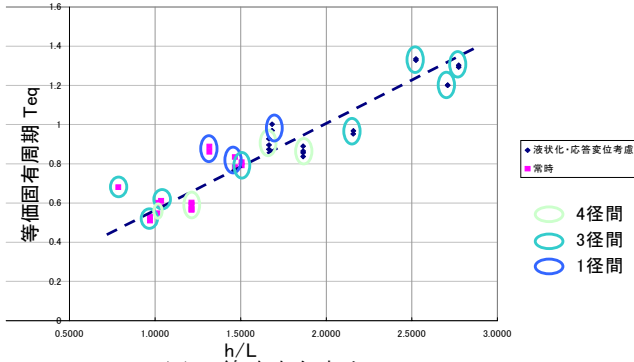


図4 線路直角方向

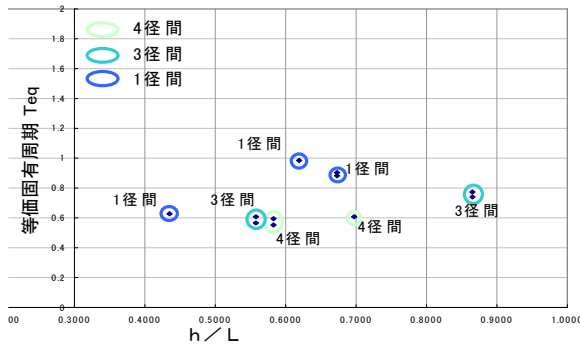


図5 線路方向、常時地盤

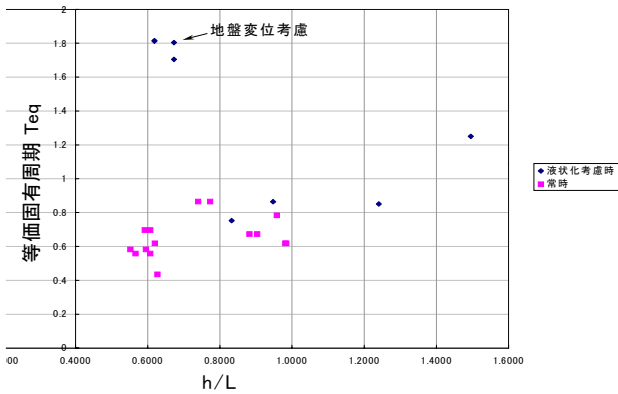


図6 線路方向

表2 特性値比較

径間	方向	K/hv	δv	Teq	L	h	h/L	径間	方向	K/hv	δv	Teq	L	h	h/L
1	線路 方向	0.440	106	0.981	10.0	6.190	0.6190	1	線路 直角 方向	0.700	222	0.835	4.6	6.745	6.7450
1		0.446	108	0.984	10.0	6.190	0.6190	1		0.680	126	0.861	4.6	6.057	6.0570
1		0.494	96	0.882	9.0	6.057	0.6730	1		0.744	147	0.889	4.6	6.057	6.0570
1		0.530	52	0.627	10.0	4.350	0.4350	2		0.440	106	0.981	2.73	6.190	6.1900
3		0.531	51	0.620	10.0	6.190	0.6190	2		0.524	134	1.011	2.73	6.190	6.1900
3		0.544	111	0.903	9.0	6.057	0.6730	3		0.896	76	0.583	4.6	4.760	4.7600
3		0.522	78	0.773	8.0	6.921	0.8651	3		0.813	76	0.612	4.6	4.760	4.7600
3		0.622	85	0.740	8.0	6.922	0.8653	3		0.758	76	0.633	4.6	3.612	3.6120
3		0.630	58	0.607	8.0	4.462	0.5578	3		0.818	95	0.681	4.6	3.612	3.6120
3		0.675	54	0.566	8.0	4.462	0.5578	4		0.840	68	0.569	4.6	5.579	5.5790
4		0.543	50	0.607	8.0	5.579	0.6974	4		0.876	77	0.593	4.6	5.579	5.5790
4		0.594	52	0.592	8.0	5.579	0.6974	4		0.662	60	0.602	4.6	4.662	4.6620
4		0.611	54	0.595	8.0	4.662	0.5828	4		0.677	54	0.565	4.6	5.579	5.5790
4		0.683	99	0.552	8.0	4.662	0.5828	4		0.770	70	0.603	4.6	5.579	5.5790

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計、丸善、1999.10
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 橋梁および高架橋耐震設計照査の手引き

3. 解析結果

静的非線形解析結果（荷重変位曲線）より得られる T_{eq} から、図4～図6と区分けした場合の結果を、縦軸に等価固有周期 T_{eq} 、横軸に柱高スパン比 (h/L) を取りグラフにプロットしたものを示す。

- (1) 構造種別（径間数）および検討ケース（液状化・地盤変位考慮の有無）の違いは、線路直角方向で差がなく、 h/L が大きくなると固有周期も伸びる。 h に液状化時の杭突出分を考慮してグラフを描くと図5に見られるようにほぼ、同一直線上付近に分布する。
- (2) 線路方向常時では構造種別の違いは、等価固有周期の違いとして現れる。 h/L がおよそ等しい構造物では、径間が少なくなるほど T_{eq} が大きく出る傾向にある。
- (3) 液状化により設計上の地盤面が下がることの影響は T_{eq} に現れ、少径間（ここでは1径間）の方が多径間よりもその傾向は顕著である。

4. まとめ

RC ラーメンを対象とし、径間数の変化を等価固有周期 (T_{eq}) と構造物の高さ (h/L) に関連付けて比較をした。径間数の違いで $T_{eq} \sim h/L$ プロットはなんらかの直線、曲線上に分布すると考えられた。線路直角方向に関しては径間数が2または1径間と大した差がないということもあるが、 h/L に杭突出分の長さを加えることで、常時・液状化時とも一直線上に分布が見られた。線路方向については、このデータのみではプロット自体の分布にまとまりがなく、現時点では明確な結論が出しにくい。今後さらにデータの収集を行い、この点を明らかにしたい。