

非線形スペクトル法による鉄道高架構造物の耐震性能設計に関するケーススタディ

中央復建コンサルタツ 正会員 ○ 田中玲光 今村年成 フェロー 田中隆一郎
アーバンエース 正会員 庄 健介 正会員 中川元宏
鉄道総合技術研究所 フェロー 西村昭彦

1. はじめに

都市部に新設される線状構造物は、必然的に用地の制約を受けるとともに既設構造物と交差する箇所では、構造物の高さが比較的高くなる場合が少なくない。そのためラーメン構造が主体の鉄道構造物は、軌道直角方向の地中梁のせん断スパンを十分に確保することのできない場合や、杭部材に高軸力が作用し部材の変形性能を十分に期待できない場合の設計を余儀なくされる。これらの状況の中、鉄道構造物の設計照査基準として、従来の耐震設計で考えられていた地震動に加えて、兵庫県南部地震のような断層近傍域で発生した強烈な地震動をも考慮した構造物の耐震性を照査する「鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計」(以下新耐震と略記)が平成 11 年 10 月に刊行された。本報告では、新耐震に記載されている基本的な考え方を示すとともに、そのルールに従い橋脚高の比較的高い鉄道 RC 高架橋の耐震性能設計事例を報告するものである。

2. 耐震設計の基本的な考え方

新耐震では、L1 地震動に対して構造物の損傷が十分小さい範囲にとどまることを前提として供用することを想定している。また、L2 地震動に対しては、構造物がある程度損傷することを前提としており、構造物の復旧を考慮して部材の損傷程度を設定して耐震性能を定め、構造物を設計することとなっている。すなわち、L1 地震動に対しては、部材降伏をさせないことが必要であり、L2 地震動に対しては、部材のじん性能を考慮した設計を行うこととなっている。ラーメン高架橋の耐震性能と部材の損傷レベルおよび基礎安定レベルの制限値との目安を表 1¹⁾に示す。非線形スペクトル法による応答値の算定および照査フローを図 1¹⁾に示す。

表 1. ラーメン高架橋の耐震性能と部材の損傷レベルおよび基礎の安定レベルの制限値との目安¹⁾

		耐震性能		
		1	2	3
部材の 損傷レベル	上層梁・地中梁	1	2	3
	その他の梁	1	3	4
	柱	1	3	3
基礎の安定レベル		1	2	3

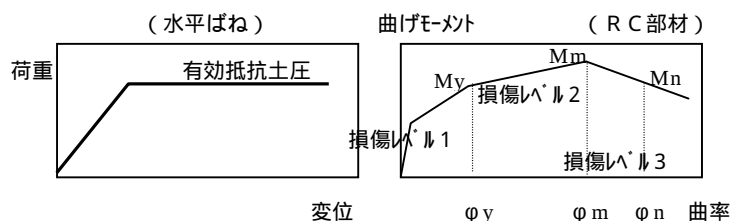


図4 地盤の非線形性

図5 部材の非線形性

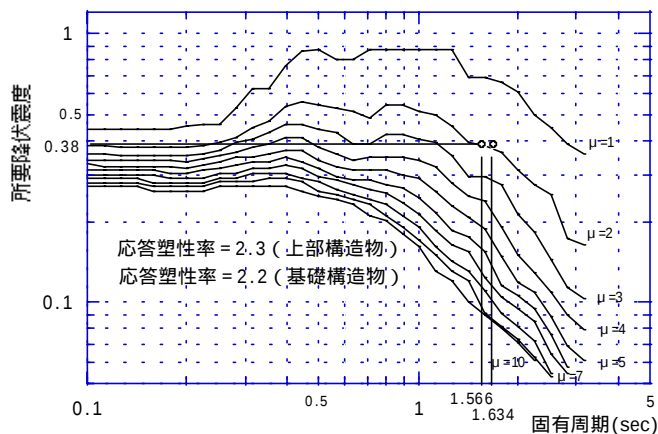


図6. 所要降伏震度スペクトル

3. 地盤条件および設計モデル

地盤条件を図 2 に 構造モデル図を図 3 に示す。せん断弾性波速度に基づいて算定した表層地盤の固有周期は、0.58 秒であり G 4 地盤(普通～軟弱地盤)と判定される。地盤にはバイリニア型の、部材にはテトラリニア型の非線形特性を与え、レベル 2 地震動に対して、水平震度を徐々に増加させる Push Over Analysis を実施し最大応答震度に対する部材の照査を行った。地盤の非線形性を図 4 に、部材の非線形性を図 5 に示す。一方 L1 地震動に対して構造物は、耐震性能を満足しなければならないことから、L1 地震動の弾性加速度応答スペクトルの最大値(G4 地盤で 370gal)を構造

物の保証すべき降伏震度（水平震度 0.38）と位置付け，鋼の値を基準に断面算定を行った．

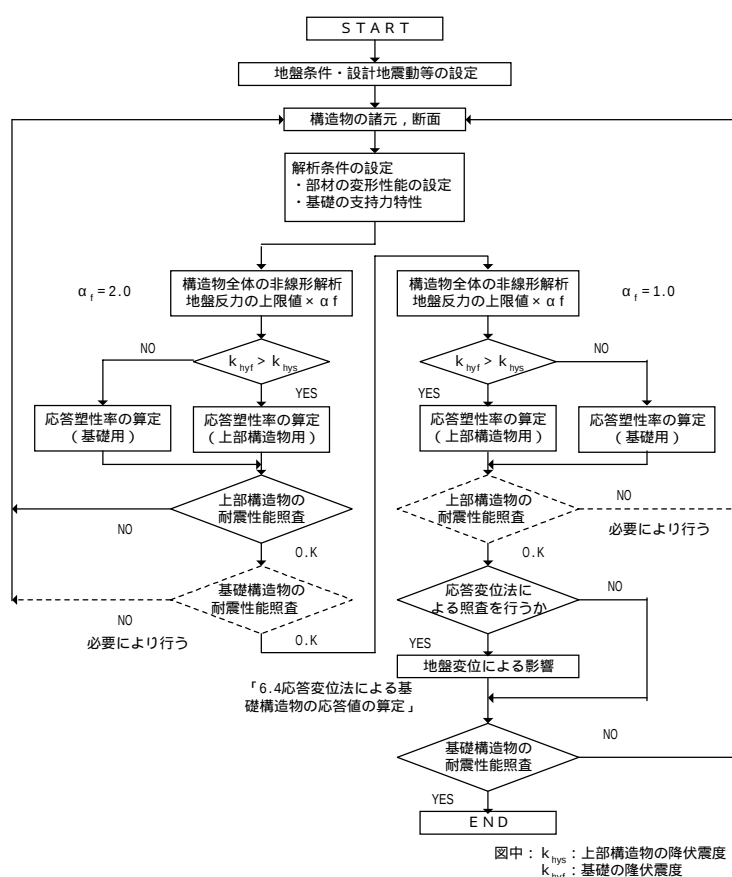
4．性能設計結果

G 4 地盤に対する所要降伏震度スペクトルを図6に示す．同図に $\alpha_f = 1$ （基礎）， 2 （上部工）に対する固有周期および降伏震度から求まる応答塑性率を示す．水平震度と橋脚天端における水平変位の関係を図7に示す．柱および杭部材の曲げモーメントと曲率の関係を図8，9に示す．所要降伏震度スペクトルによって算定された応答塑性率は，2.2 であり橋脚天端の震度と変位の関係より最大応答震度は，0.536 と算定される．図8に示すように曲げ変形を十分に期待できる部材に対しては，降伏点を越える変形量を許容しているが（下層柱の応答塑性率 5.8），図9に示すように釣り合い軸力を越える部材に対しては，じん性を期待しない設計を行っている．

5．まとめ

本報は，高い高架橋の有する種々の力学的制約のうち高軸力を受ける部材に対して配慮した性能設計結果をまとめたものである．今後の課題として以下のことがあげられる．せん断スパン比の小さい部材の破壊モードに関連した設計手法 当該地盤のような軟弱地盤の液状化に地盤における構造物の損傷順位を考慮した図1の70-

の省力化



非線形スペクトル法による橋梁および高架橋の応答値算定および照査フローの例¹⁾

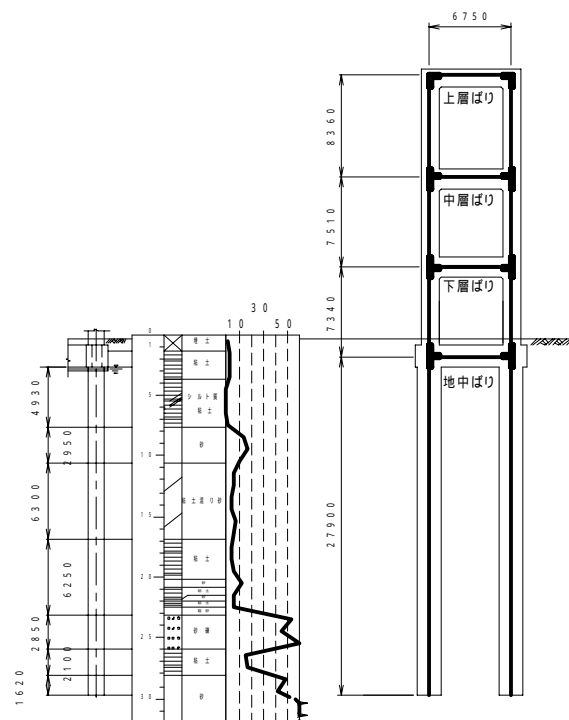


図2. 地盤条件

図3. 構造モデル

図1. 応答値の算定フロー

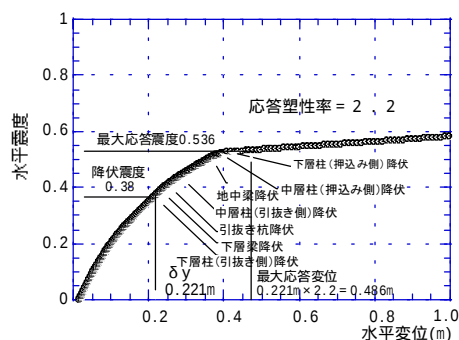


図7. 橋脚天端の震度と変位の関係

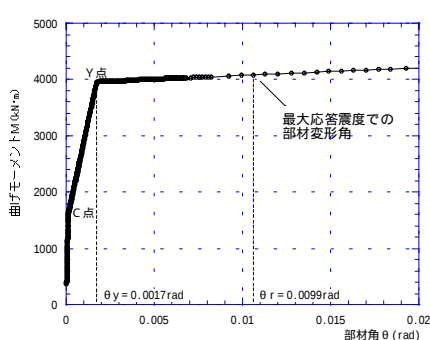


図8. 下層柱(引抜き側)のM-θ関係

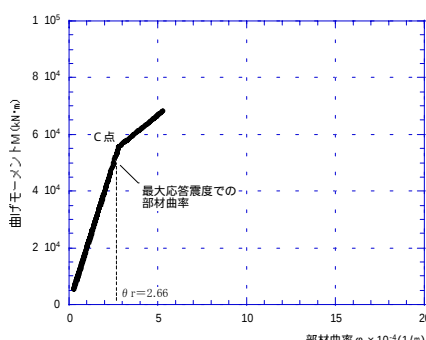


図9. 押込み杭のM-φ関係