

## 曲線連続桁橋の大地震時耐震設計法に関する基礎的研究

摂南大学大学院 学生会員 平坂 昭人  
 (株)コベルト科研 正会員 大谷 修

摂南大学工学部 正会員 頭井 洋  
 (株)神戸製鋼所 正会員 岡本 安弘

### 1. はじめに

都市部において多く見られる曲線高架橋では、橋軸方向と橋軸直角方向とを同時に考慮した耐震設計が必要になる。大地震に対する耐震設計では、損傷を許容した検討が重要であり、非線形性を考慮した解析が必要とされる。しかし、非線形性を厳密に考慮した解析は、多大な労力と時間がかかるので、設計初期段階では、非線形性を近似的に扱う等価線形化法に基づく応答スペクトル法が有用である。直線橋では、等価線形化法の妥当性は検証されているが、曲線橋においては、十分に検証されていない。そこで、本研究では、曲線橋に対する等価線形化法の適用性と支承条件が応答挙動に及ぼす影響を検討する。

### 2. 解析モデル

上部構造は分布質量系の円弧弾性はり、橋脚は集中質量系として、支承と橋脚の剛性をバイリニア履歴型非線形バネでモデル化する。円弧弾性はり、変位関数として、軸方向変位  $u$ 、軸直角変位  $v$  とともに円弧座標に関する3次の関数を用い、内部節点を静縮合して、剛性マトリックスを導いた。解析プログラムはMATLAB<sup>3)</sup>を用いて作成した。

上部構造は非合成鋼箱桁とし、橋脚に単柱式RC橋脚を、支承に鉛入りプラグ入り免震支承を用い、保有水平耐力法を満足するように設計した。支承の降伏荷重と橋脚の降伏耐力の比( $rQ_d / PP_y$ )を0.1と0.25に変化させた平面線形は図1に示すS字曲線とし、 $\theta = 35^\circ$ 、 $R = 200m$ 、クロソイドパラメータ  $A = 166.03$ 、

$L_0 = 130m$  とする。L1部とL2部のクロソイド曲線部に掛け違い部を設け、3径間+4径間+3径間の連続桁が連なるモデルとした。

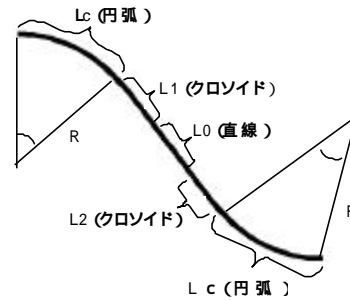


図1 平面線形図

### 3. 解析方法による検討

等価線形化法を用いた応答スペクトル解析・時刻歴解析と非線形時刻歴解析の3種を用いる。等価線形応答スペクトル解析では、

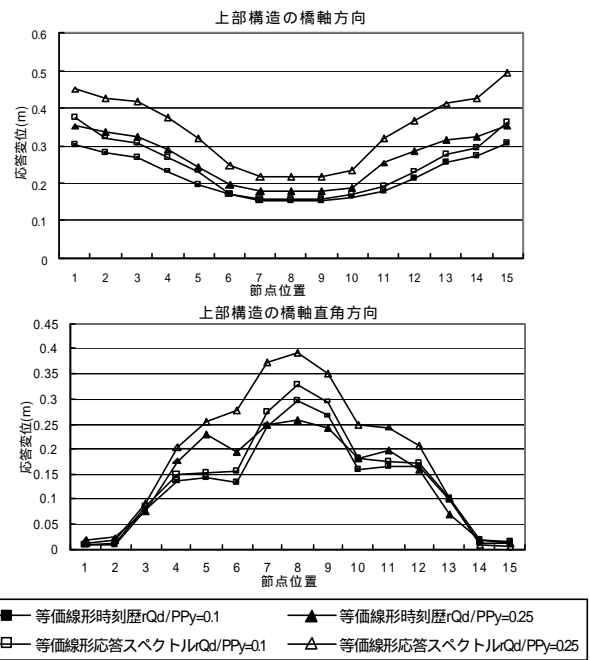


図2 等価線形時刻歴解析と等価線形スペクトル解析との比較

モードの重ね合わせ方法として完全二次結合法(CQC法)を用いた等価線形化法を用いた応答スペクトル解析と時刻歴解析との比較を図2に示す。地震入力方向 $0^\circ$ の場合である。等価線形時刻歴解析と等価線形応答スペクトル解析とはスペクトル解析の方がやや大き目の応答を与えるが全体的によく一致している。

4. 地震入力方向による影響

地震入力方向を $0^\circ$   $45^\circ$   $90^\circ$ と変化させた場合の応答挙動を検討する。橋脚損傷の観点からみると、3ケースとも $rQ_d / PP_y$ が0.25のケースが損傷は軽微であった。支承の降伏耐力が小さすぎるとエネルギー吸収が十分発揮できないためと思われる。また、地震入力3方向の中で、橋脚の応答変位が最大となるのは地震入力方向を $45^\circ$ にした場合であった。図4に地震入力方向 $45^\circ$ の場合の橋脚の橋軸直角方向の結果を示す。 $rQ_d / PP_y$ が0.1の場合、非線形性が大きく、スペクトル解析はかなり大き目の応答を与えている。

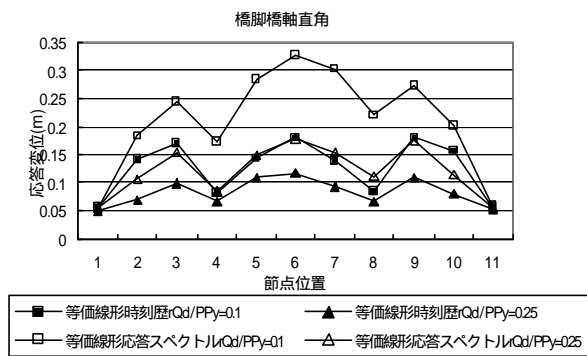


図4 地震入力方向 $45^\circ$ における橋脚の応答変位

5. 2自由度系等価線形応答スペクトル解析との検討

RC橋脚の設計は保有水平耐力法で行われることが多く、動的モデルとしては、1橋脚当りの上部構造の有効質量を一定とし、橋脚と上部構造よりなる2自由度モデルが対応する。

そこで、2自由度系での等価線形応答スペクトル解析と前節の全体系での等価線形応答スペクトル解析との比較を行う。 $rQ_d / PP_y$ が0.25のときの2自由度系と全体系における応答スペクトル解析結果を表1に示す。全体系解析において、橋脚変位が最大となる橋脚位置(地震入力方向 $45^\circ$ における6番目の橋脚)における上部構造・支承・橋脚について比較した。2自由度系に比べ、全体系の応答値は橋脚変位が大きく、支承変位が小さくなっている。2自由度系の上部構造有効重量(支間長分)に比べ、全体系の上部構造有効重量方が大きくなったことによると思われる。

表1 2自由度系スペクトル解析と全体系スペクトル解析との比較

	応答スペクトル解析	
	2自由度系	全体系
上部構造の変位(m)	0.466	0.3996
支承の相対変位(m)	0.3714	0.2782
橋脚の変位(m)	0.1013	0.1696

6. 結論

本研究では、曲線連続桁橋に対する等価線形化法に基づく解析法の有効性を検討した。2自由度系との比較からも、多少のずれがあるものの、等価線形化法に基づく方法は曲線連続桁橋に対しても有効な手段と思われる。非線形時刻歴解析との比較は、講演当日、報告する予定である。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編 平成8年12月
- 2) 建設省：道路橋の免震設計法マニュアル(案)，(財)土木研究センター
- 3) MATLABユ-ザ-ズガイド，サイバネットシステム(株)