

I-B 49 エネルギーの釣り合いによる構造物の応答推定法の適用

(株) 建設技術研究所 正会員 入江 達雄
九州大学工学部 正会員 松田 泰治
(株) 建設技術研究所 正会員 スマヤ アラン

1. はじめに

近年、免震支承を用いた橋梁に作用する地震力を分散・低減しようとする橋梁の設計・施工が増加している。免震支承を用いた設計では、弾塑性の応答を簡便かつ正確に推定することが合理的設計を行うために重要である。筆者らは、簡便な応答推定法としてエネルギー入力と免震支承による総吸収エネルギーの釣り合いより最大応答値を推定する方法について研究を行ってきた¹⁾。本論文では、これら研究成果に基づき実橋に対する応答推定を行う。

2. 解析方法

2.1 対象橋梁

本研究で対象とした橋梁は、図-1に示す橋長292.0mの4径間連続PC箱桁橋である。橋脚基礎の地盤種別はⅡ種地盤で各橋脚の支承に免震支承が採用されている。本橋梁は、地震時保有水平耐力レベル^{2) 3)}で設計されているため本論文においても同レベルを対象に解析を行う。

2.2 エネルギーの釣り合いによる推定法

本手法は構造物の総吸収エネルギー W_{total} を、最大変位 δ_{max} ($t=t_m$)における、第2剛性 k_2 による弾性歪エネルギー W_e (図-2の斜線部分の面積)と1サイクル間の履歴吸収エネルギー W_{1p} (図-2の閉ループの面積)に履歴吸収エネルギー係数 α をかけたものの和として定義し、エネルギー入力総量と釣り合うことにより最大応答値の推定を行うものである。ここで用いるⅡ種地盤の地震時保有水平耐力レ

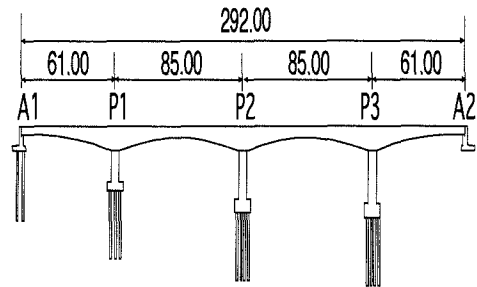


図-1 橋梁一般図 (単位: m)

ベルの履歴吸収エネルギー係数 α は3.26¹⁾とした。

2.3 解析方法

本解析では、橋脚及び基礎のバネと免震支承のバネは、直列バネとして合成し1つのバネとしてモデル化した。その際、免震支承の復元力特性はバイリニア型とした。質量は、各橋脚が支持する上部工重量のみを考慮し1質点系モデルによる解析を行った。表-1に各橋脚の解析条件を示す。

表-1 解析条件

	P 1	P 2	P 3
上部工重量	2560 (tf)	2530 (tf)	2560 (tf)
免震支承降伏荷重	278 (tf)	280 (tf)	281 (tf)
免震支承第1剛性	15377 (tf/m)	14312 (tf/m)	13784 (tf/m)
免震支承第2剛性	2634 (tf/m)	2618 (tf/m)	2608 (tf/m)
橋脚・基礎剛性	25220 (tf/m)	21320 (tf/m)	19500 (tf/m)
合成バネ第1剛性	9553 (tf/m)	8563 (tf/m)	8075 (tf/m)
合成バネ第2剛性	2385 (tf/m)	2331 (tf/m)	2300 (tf/m)
剛性比 γ	0.25	0.272	0.285
降伏荷重比 k	0.108	0.111	0.11
第1固有周期	1.04 (s)	1.09 (s)	1.13 (s)

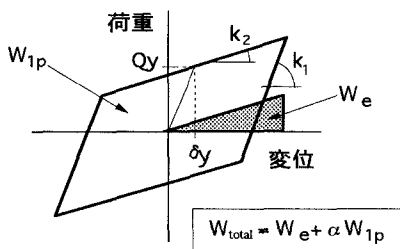


図-1 構造物の総吸収エネルギー

エネルギーの釣り合いによる推定法では、非線形特性をパラメータとしてあらかじめ作成した図より最大応答値の推定を行った。本解析に用いた図の一部を図-3に示す。応答値は表-1に示される剛性比、降伏荷重比、第1固有周期のパラメータに基づき図より内挿して求める。

また、本推定法の妥当性を検証するために1質点系

の同じモデルによる非線形時刻歴解析および橋梁全体をフレームモデルとし、免震支承を同じバイリニア型でモデル化した全体系モデルによる橋軸方向の非線形時刻歴解析を行った。なお、地震波形は、道路橋の免震設計法マニュアル（案）³⁾に示される地震時保有水平耐力照査用波形を用いた。

3. 解析結果

3種類の解析法によりもとめた桁の最大応答変位を図-4、最大応答加速度を図-5に示す。

解析の結果、エネルギーの釣り合いによる推定値は、最大応答変位・最大応答加速度とも1質点系の時刻歴解析結果と比較し多少大きな安全側の値となった。

全体系の時刻歴解析結果との比較では、推定値は最大応答変位では15～20%程度・最大応答加速度で30～40%程度大きな値を示し差異が生じている。これは、下部工重量の影響と3本の橋脚の連成効果の影響と考えられる。今後、下部工重量の考慮等により推定精度の向上が期待される。

4. おわりに

エネルギーの釣り合いによる応答推定により簡便でかつ精度よく構造物の応答が評価できることが明らかとなった。

本推定法は1質点系モデル化できるような構造が単純な橋梁に対し非常に有効である。

今後、橋梁全体を1質点系にモデル化する方法や下部工重量の影響の検討を行い推定精度を高めるとともに兵庫県南部地震で観測された地震力レベルでの検討を行い、実構造物への適用性の向上を図る予定である。

参考文献

- 1) 入江達雄ほか：非線形履歴特性を有する構造物の応答推定法に関する研究、構造工学論文集、1996年3月
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説、1990年4月
- 3) 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、1992年12月

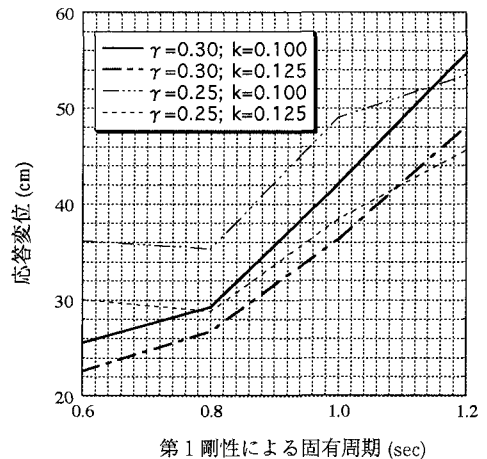


図-3 エネルギー法による応答値推定図
 γ ：第1剛性と第2剛性の比
 k ：降伏荷重と上部工重量比

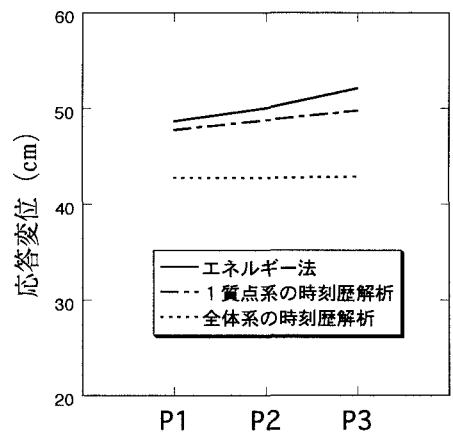


図-4 最大応答変位結果

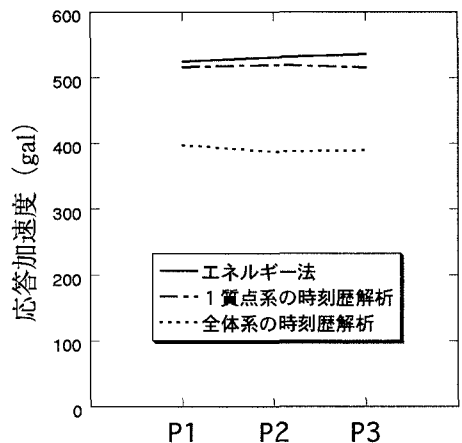


図-5 最大応答加速度結果