

高架橋の地震応答解析における等価線形化法の適用性

摂南大学 学生会員 ○水野 哲人
摂南大学 正会員 頭井 洋

1. はじめに

免震設計された高架橋や各種の制震装置を適用した橋など、地震時の挙動が複雑な橋のレベル 2 地震動に対する耐震設計では、非線形時刻歴応答解析が用いられる。しかし、非線形解析法は、計算時間がかかり、免震支承や制震装置のパラメータを検討する設計初期段階では、計算時間が短く、固有周期ごとのモードの応答が確認できる等価線形化法が有用である。その適用に際し、どの程度の非線形問題まで、実用上の精度を有するか明らかにする必要がある。そこで、免震設計された高架橋を対象に等価線形化法と非線形解析とを比較し、等価線形化法の適用性を検討する。

2. 対象モデル

対象とする橋梁として、建設省道路橋の免震設計法マニュアル（案）¹⁾ に示されている橋長 119m の 3 径間連続鋼桁橋を用いる。両端は橋台で中間橋脚には RC 壁式橋脚を、支承は免震支承が用いられている。図 1 に、一般構造図を図 2 に動的解析モデルを示す。表 1 は支承、表 2 は橋脚の解析に用いる諸元を示す。

3. 解析手法

上部構造と橋脚柱部は 1 本の弾性梁要素でモデル化している。支承はバイリニア履歴型並進バネ要素でモデル化している。1 橋脚あたりの支承数を 6 個とし、応答変位には各橋脚位置で上部構造の鉛直軸回りの回転変位による橋軸方向の変位など 3 次元挙動を考慮している。橋脚の非線形挙動は、下端塑性ヒンジ位置の非線形のバイリニア履歴型回転バネ要素でモデル化している。

解析手法は等価線形化応答スペクトル法、等価線形化時刻歴応答解析と非線形時刻歴応答解析を用いる。すべて 3 次元立体骨組解析である。等価線形化法では、支承や橋脚下端の非線形バネは、最大変位の 70 % を有効変位として等価な線形バネと減衰要素に置換している。そのため、入力データで最大変位の仮定値を入力し、仮定した最大変位と得られた最大変位とが相対誤差 5 % 内に収束するまで計算を繰返している。

任意の道路線形を有する多径間高架橋の 2 次元地震応答解析用プログラム²⁾ を 3 次元解析に拡張し、計算を行った。

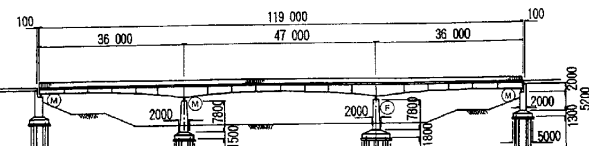


図 1 対象橋梁の一般構造

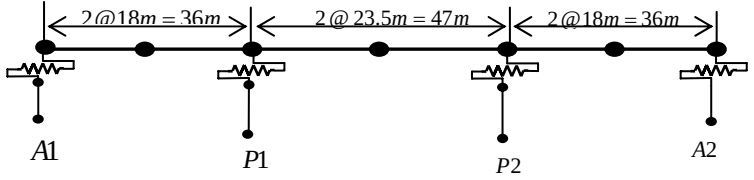


図 2 動的解析モデル

表 1 免震支承の諸元

	橋脚上	橋台上
初期剛性(kN/m)	41670	4170
2次剛性(kN/m)	6330	640
降伏強度(kN)	416.67	41.67

表 2 RC 橋脚の諸元

	橋軸方向				橋軸直角方向			
	降伏強度 (kN)	降伏変位 (m)	終局強度 (kN)	終局変位 (m)	降伏強度 (kN)	降伏変位 (m)	終局強度 (kN)	終局変位 (m)
橋脚	7840	0.0147	8423	0.119	48168	0.0024	71094	0.027
橋台	8304	0.0068	9187	0.066	45206	0.0013	69836	0.0208

キーワード 等価線形化法 非線形時刻歴応答解析 3次元立体骨組解析

連絡先 〒572-0074 大阪府寝屋川市池田中町 17-8 工学部 TEL 072-839-9116

4. 解析結果

レベル2 type II の地震動に対する結果を示す。地盤種別は2種とした。地震波の入力方向は直角方向とし、全て橋軸直角方向に対する応答値を示す。図3～5の凡例は同じ内容を表す。図3は、縦軸に上部構造直角方向の最大応答値、横軸に橋脚位置をとり、解析手法ごとに示したものである。等価線形時刻歴と非線形時刻歴の最大応答値は、レベル2 type II の標準地震波3波の平均値を示している。図3より、上部構造全体は橋軸直角方向にほぼ平行に振れていることがわかる。幅員が20 mと広く床版も有効剛性に含めたため、上部構造の面外剛性が大きいためである。最大応答値は等価線形の応答スペクトル法、等価線形時刻歴、非線形時刻歴の順に小さくなり、応答スペクトル法は安全側の結果を与えている。

図4は、支承の最大作用力を示している。上部構造の応答値と同様の傾向がみられ応答スペクトル法は安全側の結果を与えている。

図5は、実際の地震時に想定される伸縮継手による直角方向変位の拘束を考慮した場合の支承の最大作用力を示す。どの解析手法とも同程度の値を与えている。

これは橋台位置で免震支承の軸直角方向の変形が拘束され、非線形性が小さくなったためである。今回はRC壁式橋脚を用いているため、3次元的な挙動の影響は小さかったが、柱式橋脚では橋脚上端の面外変形に伴う上部構造のねじれ変形など3次元的な挙動の影響が大きくなると予想される。

5. まとめ

等価線形化法は、安全側の結果を与えることや、非線形時刻歴応答解析に比べはるかに計算時間が短く、制震装置の検討など設計初期段階では、十分な適用性があると考えられる。

本研究では、RC壁式橋脚を用いた直線桁橋における検討に留まった。今後、曲線橋や各種の制震装置を用いた非線形挙動が複雑なモデルで適用性について検討していく予定である。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：建設省道路橋の免震設計法マニュアル（案），pp.289-307，1992,4
- 2) 頭井 洋 他：エネルギー吸収型桁連結装置の鋼連続桁橋への適用，鋼構造論文集，Vol.8，No.31，日本鋼構造協会，pp.107-117，2001,9

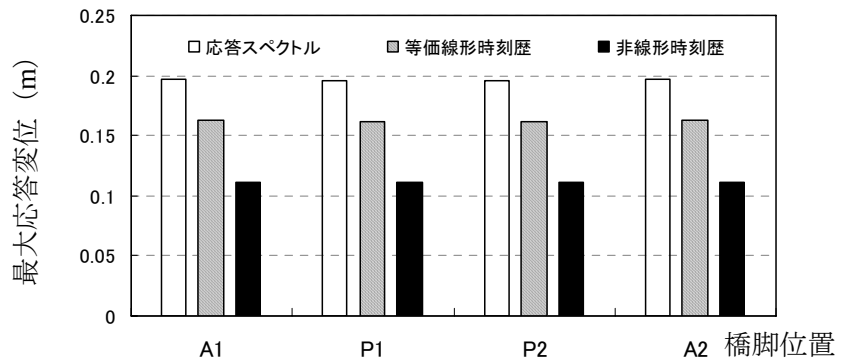


図3 上部構造直角方向の最大変位

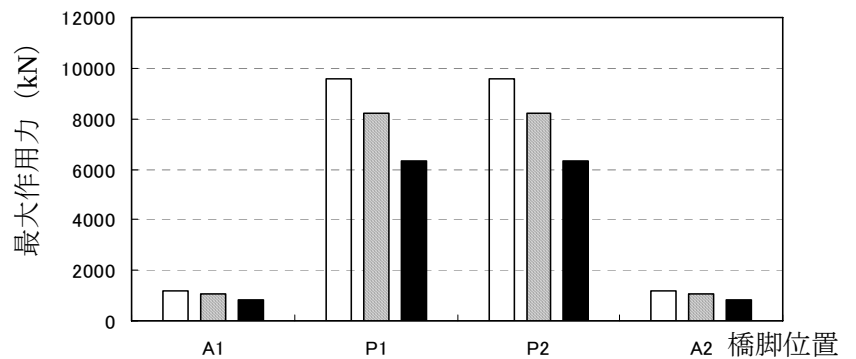


図4 支承の最大作用力

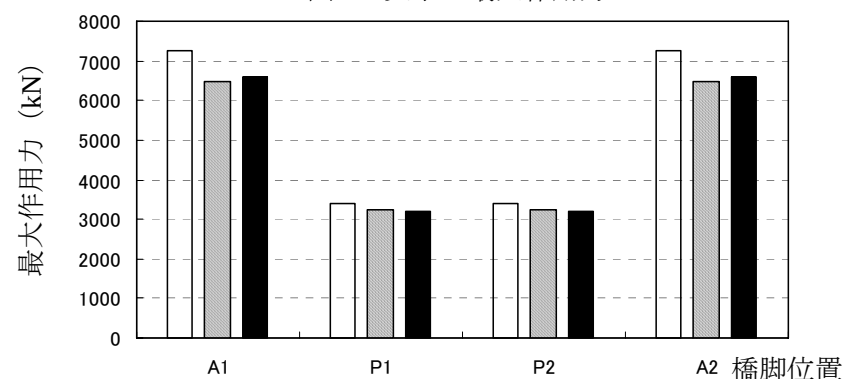


図5 支承の最大作用力