

非線形スペクトル法の異高高架橋への適用性に関する一考察

(株)アーバン・エース 正会員 佐藤 亮
 (株)アーバン・エース 正会員 上野 勝大
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 弥勒 綾子
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆

1. はじめに

鉄道構造物等設計標準による耐震設計¹⁾では、合理的かつ簡易な方法として、所要降伏震度スペクトルを用いた非線形応答スペクトル法によって、構造物の非線形応答値を算定している。しかし、この手法は構造物の1次モードが卓越（1質点系モデルに帰着する）し、塑性ヒンジの発生箇所が明らかな場合に限られる。

近年の都市部における鉄道構造物は、既設構造物との位置関係や用地的制約等により、構造が複雑になり、1質点系モデルでモデル化できるかどうかの判断が難しい構造物も多い。しかし、個々の構造物について、詳細な動的解析を行なうことは、様々な制約条件から困難であるのも事実である。

そこで本検討では、「異高高架橋」とよんでいる上り線と下り線で高さの異なるラーメン高架橋への非線形スペクトル法の適用性を探るため、固有値解析により振動モードを確認し、さらに2質点系モデルと1質点系モデルの応答値の比較から、異高構造物に対して非線形スペクトル法を適用する際の留意点を明らかにした。

2. 対象構造物

対象とした構造物は2層高架橋のうち、異高高架橋とよんでいる上り線と下り線で高さの異なるラーメン高架橋である（図1）。

異高高架橋の場合、上部の構造体が下部の構造体と連成振動を生じることが予想され、地震時の挙動を1自由度系で近似できるかどうかは不明である。

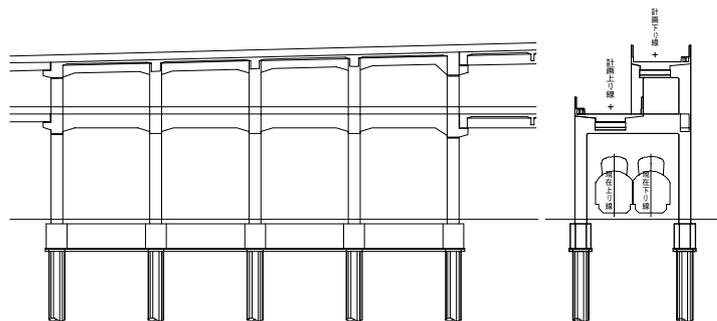


図1 本検討で対象とした異高高架橋

3. 振動モードの確認

異高高架橋に対し構造系全体を1次モードに近似できるかを確認するため、固有値解析を実施し、振動モードの確認を行った。

その結果、卓越振動モードは全体が水平方向に振動する1次モードであり、例えば上層階のみが大きく振れるような高次の振動モードは無視できることが確認できた（表1）（図2）。

表1 固有値解析結果

固有モード	振動数 (Hz)	周期 (秒)	刺激係数		有効質量比		モード減衰
			X	Y	X	Y	
1	1.1125	0.8989	28.8590	-0.2640	0.7560	0.0000	0.0698
2	5.3836	0.1857	0.9267	32.5680	0.0010	0.9630	0.0811
3	6.0203	0.1661	7.9910	-2.2359	0.0580	0.0050	0.0770
4	7.6488	0.1307	-1.7330	3.3701	0.0030	0.0100	0.0727
5	9.2957	0.1076	6.6882	0.1921	0.0410	0.0000	0.0679

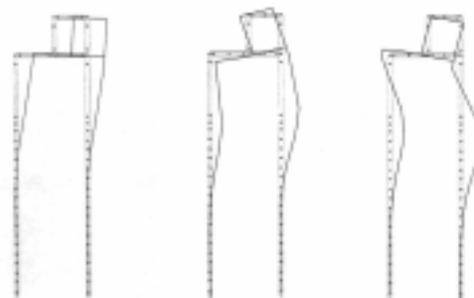


図2 主要な振動モード（1次，3次，5次）

キーワード 非線形スペクトル法，異高高架橋，動的解析，振動モード

連絡先 〒530-112 大阪市北区芝田1丁目4番8号急ビル4階 (株)アーバン・エース 都市土木部 TEL 06-6359-2756

4. 動的解析による検討

異高構造物へ非線形スペクトル法を適用するため、異高高架橋の上層と下層を2質点系モデルに変換し（図3）、上層と下層の質量比及び剛度比の組み合わせを変化させ、動的解析によるパラメトリックスタディを行なった。解析を行なうにあたり、各モデルについて 剛性、降伏震度、固有周期の3つのパラメータを変化させて、2質点系モデルと1質点系モデルの応答値を比較した。各パラメータを表2に示す。

表2 解析に使用したパラメータ

		質量	剛性	応答変位	降伏震度	固有周期
2質点モデル	上層階	m_1	k_1	1	Khy_1	T_1
	下層階	m_2	k_2		Khy_2	T_2
1質点モデル	全質量	m'	k'	$1'$	Khy'	T'

その結果、2質点系モデルの上層と下層の各降伏震度(Khy_1 , Khy_2)の大小関係によって、1質点系モデルと2質点系モデルの応答値 ($1'$, 1)の関係も変化することが判明した。

(1) $Khy_1 < Khy_2$ の場合 (図4)

- ・ $T_1 < T_2$ の範囲においては、2質点系モデルの応答値 1 が1質点系モデルの $1'$ を2割程度上回る。
- ・ $T_1 > T_2$ の範囲においては、 1 が $1'$ を1割程度下回る。

(2) $Khy_1 = Khy_2$ の場合 (図5)

- ・ $T_1 = T_2$ の付近のみ 1 が $1'$ を1割程度上回る
- ・ それ以外の領域では T_1 と T_2 の関係に関わらず 1 と $1'$ は等しい。

(3) $Khy_1 > Khy_2$ の場合 (図6)

- ・ T_1 と T_2 の値に関わらず、 1 が $1'$ より下回るかもしくは同等である。

5. おわりに

本検討の結果、今回のような異高高架橋についても1次モードが卓越していることが確認できた。

また上層階と下層階の降伏震度の大小関係が、1質点系モデルと2質点系モデルの応答変位の関係にとって支配的であることが判明した。下層階から先に降伏する場合、所要降伏震度スペクトルによる応答変位は、2質点系モデルの動的解析によるものより大きく安全側である。上層階から先に降伏する場合、2質点系モデルの動的解析の応答変位は所要降伏震度スペクトルにより求めた応答変位より1.2倍程度大きくなる。よって、所要降伏震度スペクトルから算出される応答変位を1.2倍程度補正すれば、非線形スペクトル法を適用できると考えられる。

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 - 耐震設計編，1999。

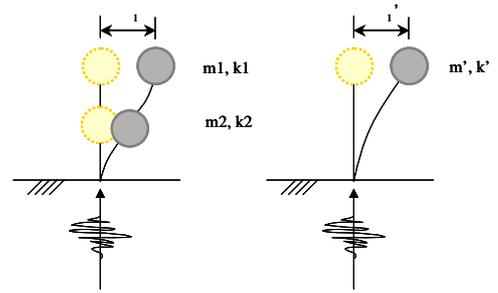


図3 検討モデルの概要

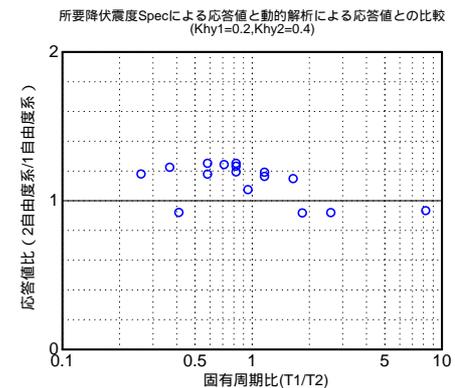


図4 応答値の比較 (Khy1=0.2)

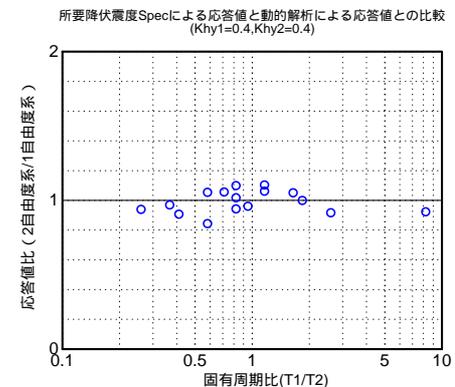


図5 応答値の比較 (Khy1=0.4)

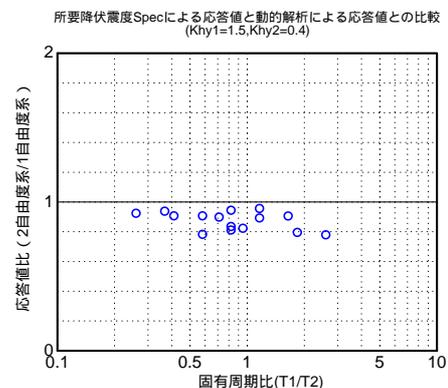


図6 応答値の比較 (Khy1=1.5)