

I-649

超多径間連続鋼橋の免震設計の適用に関する研究

日本技術開発(株) 正員○宮原 哲
 摂南大学 正員 頭井 洋
 ハンフィックコンサルタンツ(株) 正員 伊東 靖
 (株)神戸製鋼所 濱崎 義弘

1. まえがき

免震装置が有する特性を1km級の多径間連続高架橋の実現に応用できないか、同時に免震効果により耐震安全性を向上できないかを検討するために、具体的なモデルを設定し道路橋示方書に準じた試設計を行い、動的な解析を含めその可能性を検討したのでここに報告する。

2. 設定モデルと免震装置の特性

Ⅱ種地盤上の16径間連続非合成箱桁橋(16×65m=1040m)を図-1のようにモデル化し、全支点に免震装置を用いた。

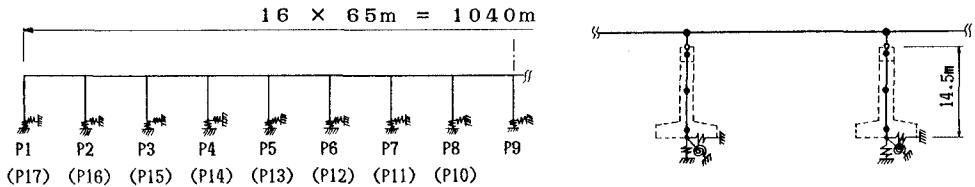


図-1 全体モデル図

表-1 免震装置(LRB)の諸元

免震装置の種類は鉛プラグ入り積層ゴム支承(以降LRBと呼ぶ)とした。LRBの水平せん断バネは、温度変化時のような緩速変形時には柔らかく、地震時には硬い等価剛性を示すとされている。この特性を利用するためにLRBの諸元を表-1のように定めた。その際の目標は、温度変化における桁の伸縮による橋脚への水平力を地震時の慣性力より充分に小さくすること、また各橋脚に作用する地震時水平力を低減し、かつ均一化することである。

	P1,P17 (端支点)	P2~P5 P13~P16 (中央付近)	P6~P12 (中央付近)
鉛直反力 $R_{max}(tf)$	318	836	737
平面形状 $a \times b(cm)$	85*85	110*110	105*105
ゴムの総厚 $\Sigma te(cm)$	22(11*2.0)	49(49*1.0)	46(46*1.0)
鉛プラグ寸法 (cm)	1本- $\phi 20$	4本- $\phi 19$	4本- $\phi 19$
降伏荷重 $Q(tf)$	24.5	88.5	88.5
第1剛性 $K1(tf/m)$	2525	2608	2657
第2剛性 $K2(tf/m)$	388	401	409
緩速変形剛性 (tf/m)	280	300~396	466~1134
地震時等価剛性 (μ)	629	1295	1305

3. 橋脚の試設計結果(静的フレーム法)

道路橋示方書に準じて設計を行った結果、固有周期は $T=1.38sec$ 設計水平震度は $K_h=0.24$ となり、長周期化による設計水平震度の低減は図れなかった。しかし上部構造の温度伸縮による水平力を地震時水平力の1/3程度以下に抑えることが可能となり、また地震時水平力の分散効果によって全部の橋脚が同規模で設計可能となった。

4. 動的解析による照査(応答スペクトル法)

震度法レベル($K_h=0.24$ 相当)の照査では、橋軸方向固有周期が $T=1.40sec$ 、橋軸直角方向固有周期が $T=1.35sec$ と静的フレーム法と大差ない結果となり(表-2初期値)、免震装置の変位・水平力では静的解析値より30~35%小さい値が得られた。免震装置の減衰効果の比較のために免震装置の減衰定数を5%とした場合(表-2非免震)には静的解析値に近い値が得られた。

地震時保有水平耐力レベル（ $Khc=0.74$ 相当）の照査では、免震装置の変位・水平力は静的解析値より25～35%小さい値が得られた。ただし、今回の解析では橋脚の塑性化は考慮していない。

5. 等価剛性・等価減衰定数の設定法の影響

LRBは図-2に示すように、剛性・減衰定数が想定変位量によって変化する非線形性を有しており、解析時にはそれぞれ等価剛性・等価減衰定数としてその値を用いている。しかし表-2に示すように、想定変位量と応答スペクトル法により得られた免震装置の相対変位量とは35%程度の差があった。この差が10%以内になるよう想定値を再設定し収束させた場合も検討した。（表-2収束値）

その結果、橋軸方向固有周期は $T=1.14\text{sec}$ 直角方向 $T=1.09\text{sec}$ と当初の想定値より20%程度短くなった。免震装置の相対変位は初回の応答スペクトル法による値より小さくなっているものの橋脚の変位・水平力は大きくなっている。これは固有周期が短くなり応答倍率が大きくなったことと、免震装置の設計変位が小さくなり減衰定数が低減したことによる。ただし静的フレーム法に比べるとすべて小さい値である。言い替えれば、静的震度法によって設計を行えば安全な設計が可能であり、そのうえ免震装置の減衰性能による耐震性の向上が得られることが確認できたと言える。

表-2 橋軸方向震度法レベルの解析結果

		静的震度法		応答スペクトル法 （初期値）		応答スペクトル法 （収束値）		応答スペクトル法 （非免震）	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
仮定値	等価減衰定数	0.22	0.26	0.22	0.26	0.27	0.12	0.05	0.05
	等価剛性(tf/m)	629	1295	629	1295	819	2100	629	1295
固有周期(sec)		1.38		1.40		1.14		1.40	
変位量 (mm)	支承相対変位	103.0	99.1	68.4	66.1	56.9	52.1	100.0	96.7
	橋脚天端	16.9	20.4	8.7	11.4	10.2	14.8	12.6	16.2
水平力 (tf)	橋脚天端	258	257	172	171	200	226	252	251
	橋脚下端	344	329	187	190	219	251	267	269

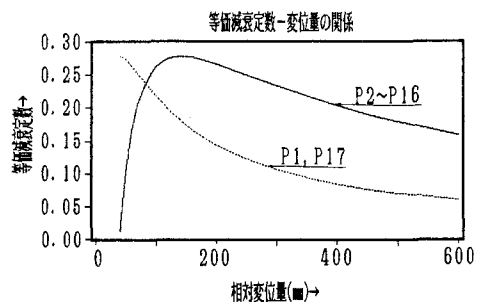
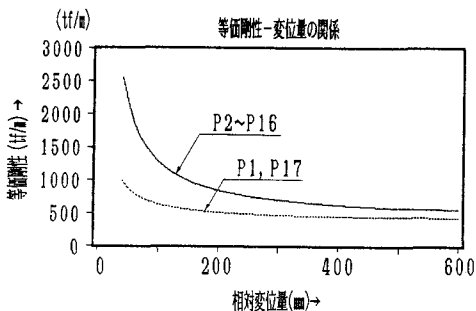


図-2 免震装置の相対変位量と等価剛性・等価減衰定数の関係

6. 超多径間化の可能性

この試設計の結果、免震装置を採用することで高架橋の超多径間連続化の可能性があることが明らかになった。免震装置としてLRBを対象としたが、類似の特性を有していれば他の免震装置でも代用可能と考えられる。今回検討したモデルは、橋脚の高さ一定・地盤条件一定・平面線形＝直線など簡略化しているが、今後はこれらの要素がどの程度の影響を及ぼすか検討を行っていく予定である。

なお、本報告は建設省と民間28社との官民連帯共同研究「道路橋の免震構造システムの開発」の一環として行われたものである。