

I-294 免振装置を用いた多径間連続橋の検討

首都高速道路公団 正会員 波津久毅彦

1. はじめに

横浜市磯子区杉田町の高速湾岸線(5期)では、5径間連続鋼箱桁橋をモデルとして、大反力橋梁の免震構造化を検討し非免震構造と比較したので、その概要を報告する。

本検討では、非免震支承としてBP支承、免震支承として鉛プラグ入りゴム支承(LRB)及び高減衰ゴム支承(HDR)を選定している。

2. 設計条件

当該橋梁は、5径間連続鋼箱桁橋(P47~P52, 48m+48m+56m+48m+48m)であり、図1-1、図1-2にその概要を示す。端部橋脚のP52はII種地盤、他の橋脚はすべてI種地盤上に存在する。下部工はRC橋脚である。

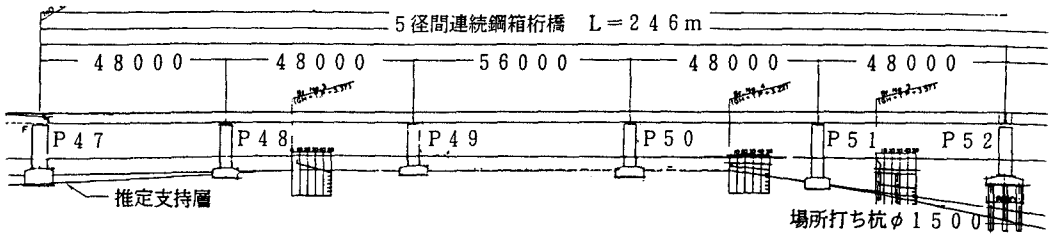


図1-1 対象橋梁(側面図)

免震設計は「道路橋免震設計法ガイドライン(案)平成元年3月」に従って行った。

免震設計に伴う条件を表-1に示す。地震時において、伸縮装置の構造が問題となることと、支承の移動量及び移動方向が不明確であることより、橋軸方向のみ免震構造とすることとした。また、端支点ではP47上で隣接桁と架け違い構造になるうに、下部工へ与える影響が複雑になると予想されるので、非免震構造とすることとした。

設計時における地震加速度レベル(震度法レベルL1, 保有耐力レベルL2)の選定は、道路橋示方書耐震設計編に従い、下部工の設計については、L1レベルで行いL2レベルで照査した。上部工関係では、L2レベルでの地震力を長周期化する事を目的として、L2レベルでの荷重、変位を取るような設計となっている。

前出ガイドラインによると、免震構造を使用して算出される設計水平震度は、非免震構造を使用して算出される設計震度の4/5まで低減できることになっている。しかし、本検討では、免震構造と非免震構造の比較が目的であるので、下部構造の概算設計には非免震構造の設計水平震度を適用した。また、免震支承の設計は、橋梁の固有周期が非免震時(T=0.584s静的設計時)の2倍以上となることを目標とした。

3. 検討結果及び考察

構造解析は平面骨組モデルを使用して応答スペクトル法によ

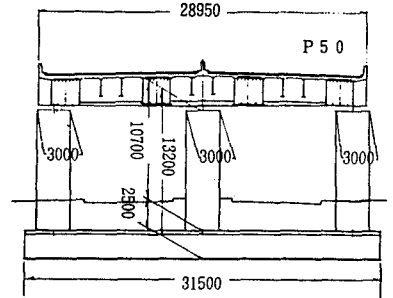


図1-2 対象橋梁(断面図)

項目	L1	L2	温
橋脚	●	○	
支承		●	
伸縮装置			●
桁遊間		●	
移動制限装置(橋直)	●		
落橋防止装置		●	

●—設計 ○—照査 温—温度変化時

表-1 免振設計条件

動的解析をおこなった。但しL2レベルの加速度応答スペクトルはガイドラインによらず、土木研究所の資料を参考に表-2のものを使用した。その橋軸方向卓越振動モードを図-2に示す。及び非免震構造と免震構造についての動的解析の結果を表-3に示す。橋梁の固有周期が2倍になることを目標とした免震構造にて、地震力の低減を期待する保有耐力レベル(L2レベル)に着目して比較を行うと、以下のことが言える。

- ・最大応答加速度を比較すると、免震構造では上下部構造の縁が切れ、上部構造の加速度が小さいのに対して下部構造には大きな加速度が加わっている。
- ・上部工の最大応答加速度を比較すると、約50%低減されている。
- ・橋脚下端での断面力を比較すると、曲げモーメントで約50%低減されている。

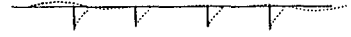
以上の結果は次の理由によると考えられる。表-2に示すL2レベルの応答加速度スペクトルにおいて、固有周期が $T=0.680s$ から $T=2.025s$ 及び $T=1.926s$ に長周期化すると、道路橋示方書耐震設計編の式(6.3.1)における $S_0$ が低減され、応答加速度は約70%になる。また、減衰定数が4.85%から11.38%及び15.03%に変化すると、同じく式(6.3.2)に於ける $c_D$ が低減され、応答加速度はさらに約70%になる。長周期化と減衰の相乗効果で約5割の低減となっていることが分かる。

地盤種別	固有周期に対する $S_0$ (gal)		
	I 種	$T < 0.1$ $S_0 = 1.509T^{1/3}$ ただし $S_0 \leq 280$	$0.1 \leq T \leq 1.4$ $S_0 = 700$

表-2 加速度応答スペクトル (L2)

$T = 0.9441 \text{ sec}$

$\beta X = 34.498 \beta Y = 0.156 \text{ RZ} = 0.0$



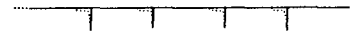
MODE 2

$h = 0.0485$

非免震構造

$T = 2.0251 \text{ sec}$

$\beta X = -32.009 \beta Y = 0.000 \text{ RZ} = 0.0$



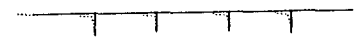
MODE 1

$h = 0.1503$

免震構造 (LRB)

$T = 1.9263 \text{ sec}$

$\beta X = -32.112 \beta Y = 0.001 \text{ RZ} = 0.0$



MODE 1

$h = 0.1138$

免震構造 (HDR)

図-2 振動モード (橋軸方向)

項目	単位	非免震支承モデル				免震支承(LRB)モデル		免震支承(HDR)モデル			
		橋軸方向		橋軸直角方向		橋軸方向		橋軸直角方向			
		L-1	L-2	L-1	L-2	L-1	L-2	L-1	L-2		
橋脚の等価剛性	I	1/1	20.25	7.01	20.25	7.01	20.25	7.01	20.25	7.01	
免震装置の等価剛性	K	1/1	-	-	-	-	9 384	2 840	4 072	3 218	
構造要素の減衰定数 $h_s$	免震装置	%	5	5	5	5	25.9	17.4	16.8	13.1	
	上部構造	%	2	2	2	2	2	2	2	2	
	下部構造	%	5	5	5	5	5	5	5	5	
	基礎構造	%	5	5	5	5	5	5	5	5	
最大応答変位 (上部構造)	$U_s$	mm	27.8	169.7	17.9	159.0	51.2	370.7	74.3	381.3	
橋梁の固有周期	$T_s$	sec	0.680	1.036	0.557	0.911	1.189	2.025	1.650	1.926	
最大応答加速度値 S	上部構造	1/sec <sup>2</sup>	2.373	7.582	2.358	7.604	1.450	3.571	1.299	4.060	
	下部構造	1/sec <sup>2</sup>	2.233	6.828	1.898	6.116	2.824	10.030	2.459	10.304	
最大応答部材力 (P48橋脚下端)	軸力	N	t	141.5	266.2	$N_s = 252.9$	$N_s = 1 206.2$	37.7	82.9	54.8	57.7
	せん断力	S	t	581.7	1 679.2	466.9	1 462.9	361.1	946.7	261.8	1 055.1
	曲げモーメント	M	t · m	7 599.0	21 998.6	6 976.6	22 231.7	4 580.6	11 808.9	3 553.6	13 282.0
保有水平耐力											
備考					最大応答変位以下の欄の数値はP48橋脚の値を示す						

表-3 静的・動的解析結果