

I-439 超多径間連続橋の支持形式に関する比較検討

阪神高速道路公団 正会員 中村 一平
 同 上 正会員 西林 素彦
 (株) 総合技術コンサルタント 正会員 西森 孝三

1. はじめに

阪神高速道路公団においては、メンテナンスフリーや騒音振動の低減を目的として、橋梁を連続化しジョイント部を極力少なくすることが主流となっている。その流れに沿って、橋梁をさらに長区間連続化させる検討がなされている。ここでは、実際の計画路線のある区間を長多径間化するとし、従来のゴム支承(RB)と免震支承(鉛プラグ入りゴム支承:LRB)の2種類の弾性固定形式を対象に耐震試設計を行い比較検討した。

2. 対象橋梁

長多径間連続橋の実現性の高い場所として、神戸市のポートアイランド内の湾岸線延伸部のうち、設計上の複雑な問題の少ないと考えられる下図の区間を対象とした(図-1)。地盤については年月の十分経過した埋立島であり、旧海底面下には沖積粘性土層が数mの厚さであるが、圧密が完了しておりN値にして3~5程度ある。また、埋立層の液状化については耐震設計上の土質定数を零とする必要はないことを確認している。地盤の動的特性値(T_g)は1.0~1.4秒とやや長い。

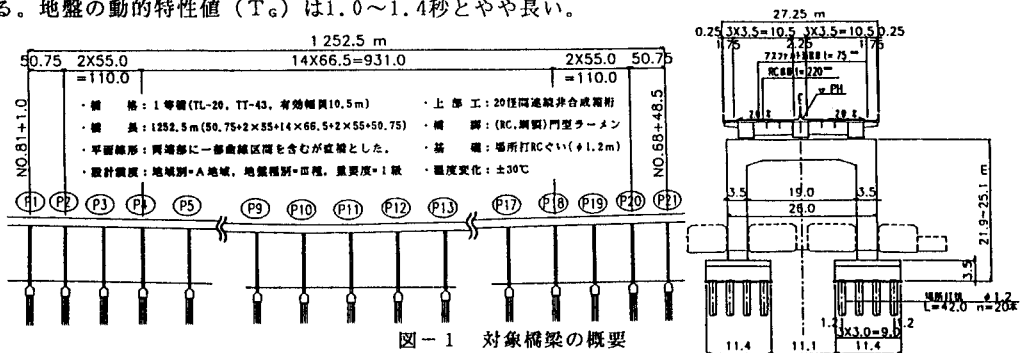


図-1 対象橋梁の概要

3. 試設計結果と考察

LRBを用いた場合の設計は「道路橋の免震設計マニュアル(案)」(H4.12)に準拠した。なお、橋軸直角方向については、門型ラーメンであるので弾性域での等価単柱に換算して計算した。

(1) 橋軸直角方向の固定方法について

弾性支承を用いる場合、橋軸直角方向にもその性能を持たせて長周期化に伴う地震慣性力の低減を期待できる。そこで、まず温度変化に対して設定した平均支承剛性を用いた支承上部工系の直角方向振動モードを調べた(図-2)。同図には全支点を弾性固定した場合と、中間支点を弾性固定、両端部を固定した2つのケースを示しているが、両ケースで低次の固有値はモード形状を含めほとんど差が生じていない。

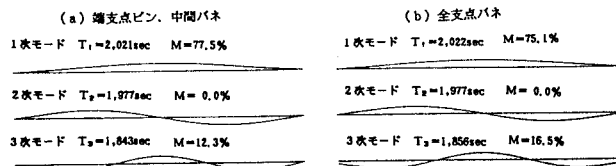


図-2 上部工・支承系の橋軸直角方向の振動モード

次に、端支点は設計反力が小さい反面、温度変化による変位は本橋の場合225mmと大きい。この場合、常時荷重に対する許容せん断ひずみから定まる端支点的支承寸法は、中間部のものと比べかなり大きくなる。

これらのため端支点については橋軸方向にはピンローラー支承などが妥当と考えられ、直角方向には固定とすることが、本橋のような長多径間連続橋においては適切と考えられる。その反面、端支点近くの他の支承部の直角方向変位は支点ごとに変動するので、振動単位の採用は問題を有し、全橋単位の照査が必要となる。

(2) ゴム支承(RB)と免震支承(LRB)の反力分散固定方法の結果の比較

当公団においてはこの固定方法を採用した場合、長周期化に伴う過度な地震時移動量を抑制することなどのため、設計震度の下限が規定されている（当地盤の場合 $k_H=0.24$ ）。したがって、この震度となる震度法レベルの橋梁の目標固有周期は2.1秒となる（表層地盤の地震時の概算周期1.8秒（ $1.45\text{秒} \times 1.25$ ）と比べ一致はしていないが近い）。この目標値に対して試算したRC橋脚の場合を P_7 （端から7番目）で代表させて表-1に示す。同表のRBは従来設計の標準的なものである。LRB(A)は支承の設計にはその減衰性を考慮するが橋梁全体の減衰にはそれを無視したものである。LRB(B)と(C)はマニュアル（案）に従うが、保有耐力の照査を無視した場合(B)と行った場合(C)である。これらより以下のことが考察される。

① 桁端の温度による移動量は長さのため約23cmもあり、普通の連続橋と比べかなり大きい。また、震度法レベルの地震による移動量はRBを用いた場合は、さらに大きく約27cmにもなる。

② これに対してLRBを用いれば、RBと同程度の設計震度となるよう設計でき、この場合、周期がやや短くなることと、減衰性のため温度変化による移動量以下に抑えることができる(LRB(B))。逆に温度変化による値と同程度にも設計可能であり、この場合水平震度を低減でき、下部工にとって有利となる。

③ 直角方向についても全支点固定と比べ、弾性支承を用いれば水平震度を0.3から大幅に低減できる。この場合RBでは変位は大きく生ずるが、LRBでは前者の0.7倍程度に小さくできる。

④ マニュアル案に従って保有耐力照査を行うと、このレベルで支承が決定される（LRB(C)）。この場合の震度法レベルの設計震度は前述のケースと比べ高くなり、下部工にとって不利となる。

表-1 ゴム支承(RB)と免震支承(LRB)の試算結果の比較（RC橋脚 P_7 の場合）

支 承 タ イ プ	荷 重 レ ベ ル	ゴ ム 支 承 (RB)		L R B (A)		L R B (B)		L R B (C)			
		震 度 法		震 度 法		震 度 法		震 度 法		保有水平耐力	
		橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向
支 承 部	ゴム平面寸法	(cm)	123×123	128×128	128×128	128×128	128×128	143×143 [158×158]			
	ゴム厚 (他の支承)	(cm)	21.0 (35.0~21.0)	36.0	36.0	24 (30.0~24.0)	24	48.0 [54]			
	鉛 径	(mm)	—	4-φ15	4-φ15	4-φ15	4-φ15	4-φ20			
	せん断弾性係数	(kgf/cm ²)	13.5	8.0	8.0	10.0	10.0	10.0			
支 承 の 動 的 特 性	地震時の桁の最大変位	(mm)	22.5	—	22.5	—	22.5	—	—	—	—
	地震時の桁の最大変位	(mm)	26.6	26.6	25.0(20.7)	30.8(25.3)	17.1	19.2	11.4	11.2	96.8
	支 承 の 最 大 変 位	(mm)	22.8	24.1	23.4(18.7)	29.6(24.3)	14.7	17.9	7.7	8.8	84.9
	支 承 の 等 価 剛 性 - 3 支 承	(tf/a)	2920	2920	2470(2900)	2050(2400)	4270	3710	8360	7790	1530
	支 承 の 減 衰 定 数	—	—	—	0.242(0.25)	0.236(0.24)	0.229	0.218	0.248	0.259	0.208
	局 部 変 位	—	0.70	0.70	0.88(0.94)	1.05(0.99)	0.72	0.74	0.50	0.51	1.21
	水 平 変 位	—	1.09	1.15	0.65(0.52)	0.82(0.67)	0.61	0.75	0.16	0.18	1.70
	合 計	—	1.79	1.85	1.63(1.46)	1.87(1.66)	1.33	1.49	0.66	0.69	2.91
	橋の固有周期	(sec)	2.04	1.96	2.05(1.90)	2.38(2.21)	1.63	1.79	1.21	1.16	2.55
	橋の減衰定数	—	—	—	0.234 (0.234)	0.208 (0.234)	0.208	0.208	0.201	0.221	0.203
設 計 水 平 震 度	設計水平震度	—	0.24	0.25	0.24(0.23)	0.22(0.21)	0.26	0.24	0.27	0.27	0.59
	地震時水平力 - 3 支 承	(tf)	668	703	578(542)	607(583)	628	664	644	686	1299
	地震時水平力 - 3 支 承 (P_7)	(tf)	(334)251	—	(218)108	—	(314)187	—	(256)131	—	—
	備 考	* < > 値は、支 承 の 減 衰 の 地 震 時 を 反 映 せ せ ば の 値									

4. あとがき

試設計結果から、弾性ゴム支承を用いれば当該の長多径間連続高架橋は十分実現可能と考えられる。さらに免震支承を採用すると、従来のゴム支承と比べて移動量、水平震度をさらに低減でき、自由度の高い経済的な設計の可能性がある。しかし、どちらにしろ端部の移動量はかなり大きくなるので、伸縮装置の選択等その処理には配慮が必要である。また、約1.25kmもの長多径間を実際に設計レベルに持っていくためには、上下部工と地盤評価の精度を高めていくことが課題として残る。