

I-B 41

連続立体免震橋の設計概要

阪神高速道路公団神戸線復旧建設部

正会員 林田 充弘

同

正会員 林 秀侃

同

正会員 川北 司郎

1. まえがき

阪神高速道路3号神戸線は、阪神大震災（兵庫県南部地震）により甚大な被害を被ったところであるが、神戸市中央区波止場町～弁天町の区間（ $L=686\text{m}$ ：以下「弁天工区」と記す）については、落橋に近い損傷が発生した。

弁天工区は国道2号上に架かる高架構造であったことから、交通確保のため地上部分の構造物は震災直後にすべて撤去されたが、当該地点は神戸市の東西幹線道路の要にあたることから、二度と落橋しない構造で復旧することが望ましく、「連続立体免震橋」という全国でも例を見ない構造形式で再構築することとなった（図-2参照）。本稿はこの構造形式の選定及び実設計における諸検討の概要を報告するものである。

2. 再構築設計の方針

弁天工区の再構築設計にあたっては、今回地震の教訓を活かして以下の基本方針を設定し、最終的に19径間連続鋼床版立体免震橋（ $L=565\text{m}$ ）を採用した。

- ① 工期短縮のため、既設基礎は原則として再利用する。
- ② 上部工の慣性力を軽減すると同時に免震支承を採用することにより、地震力の低減を図る。
- ③ 落橋防止のため、可能な限り連続桁形式とすると共に、単柱橋脚と横梁を剛結する。

表-1 構造モデルの比較

		◎剛結構造			◎ヒンジ構造			◎免震構造		
柱下端	断面力	V	H	M	V	H	M	V	H	M
	死荷重	227.4	120.4	277.3	227.4	76.9	0.0	227.4	29.3	60.7
	温度	227.4	140.1	386.0	227.4	79.6	0.0	227.4	30.6	58.7
	地震時	241.2	177.2	531.1	267.9	133.8	0.0	260.1	100.6	10.9
杭反力照査		280 $\geq$ 184（増杭必要）			210 $\geq$ 184（増杭必要）			175 $\leq$ 184（現状OK）		

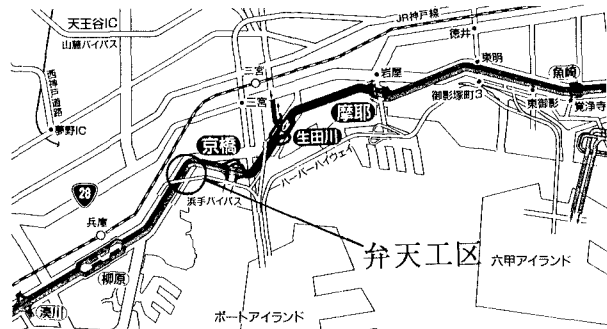


図-1 位置図

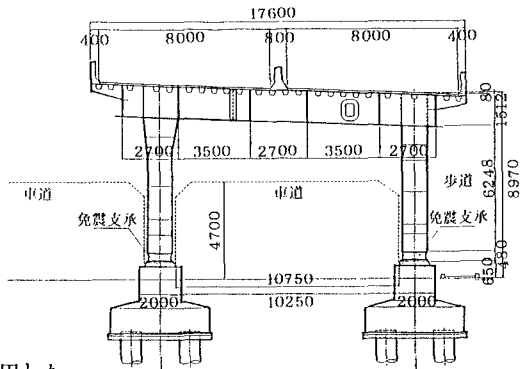


図-2 構造一般図

3. 構造形式の選定

構造比較の概略検討を行った結果を表-1に示す。弁天工区の路下条件を鑑みて、全基礎について増し杭を施工することは不可能と考えられたため、支承を橋脚下端に設けて基礎の作用力を低減した。一方で剛結した

橋脚と横梁の隅角部で大きなモーメントが発生するが、これは再構築部分であることから新規製作時に断面増加の対処が可能であると考えた。

4. 詳細設計のフロー

詳細設計にあたっては下記のフローにより静的設計・保有水平耐力照査・動的解析を行い、各部位の設計断面をそれぞれに決定している。

特に動的解析に際しては、立体モデルによる静的解析結果から支承の初期バネ値を与え、平面モデルによる地震応答解析を数ケース行いバネ値を修正すると同時に、橋脚・支承・フーチングの計算上の取扱いによる主桁変位・主桁加速度・支承変位・橋脚天端曲げモーメントに与える影響を検討している。今回の平面モデル地震応答解析からは、次の(1)～(3)の事項が考察され、立体モデルの解析に用いられた。

表－2 設計のフロー

構造モデルの設定 ↓ 構造解析 ↓ 構造物の設計 ↓ 鋼床版の設計 ↓ 製作・溶接の設定 ↓ 付属物の設計	設計グレード 主桁の設計 横梁・柱の設計 横桁の設計 横構の設計 支承の設計 橋軸方向スリット設計 伸縮装置の設計	静的設計 ● ○ ● ● ○ ○ ●	保有耐力照査 ○ ○ ○ ○ ○ ● ●	動的解析 ○ ● ● ● ● ● ●
---	--	---	---	---

●：断面決定ケース

(1) 橋脚材料は線形モデルで扱ってよい。

(2) 免震支承は等価線形バネとして用いる。

(3) フーチングによる拘束条件は無視してよい。

なお動的解析の入力地震波としては、JR鷹取駅で観測された波形を用いた。

5. 結果とまとめ

静的設計（「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」に記されるところの「レベル1」相当）及び動的解析（同仕様に記されるところの「レベル3」相当）による設計結果を表－3に対比する。

本設計では「連続立体免震橋」という構造を用いたことから、橋脚と横梁の隅角部断面は2軸曲げモーメント及び軸圧縮力を受ける部材として終局状態照査を行ったため、予想どおり大きな断面となった。

また一方で、軸力の変動下において免震支承が設計と同等の免震性能を発揮することを確認する必要があると考えられた。さらに常時（風荷重時）における橋軸直角方向の変位が68mmと比較的な値を示すことから、橋脚周りの防護方法を工夫する必要があることも考察された。

弁天工区はメリケンパーク～ハーバーランドの間に位置することから、構造検討の一方で景観に配慮した美装化を計画しており、現在も周辺環境に適応した構造物として鋭意施工中である。

表－3 設計結果一覧

変位・回転角は最大値		断面は標準断面		上段：フランジ 下段：ウェブ	
		上段：橋軸方向 下段：橋軸直角方向	温度時	地震時	静的設計（レベル1） 保有耐力照査（レベル2） 動的解析（レベル3）
免震支承の変位量	mm	68 48	55 67	—	474 568
免震支承の回転角	mrad	—	—	—	7.0 5.2
隅角部断面の板厚及び材質	mm	—	20 (SS400) 19 (SS400)	26 (SM490Y) 26 (SM490Y)	28 (SM490Y) 28 (SM490Y)

橋脚番号	免震支承のバネ剛性（最大60cm変位時）			
	鉛直バネ (tf/m/査)	回転バネ (tfm/rad/査)	水平バネ (tf/m/査)	減衰定数
P-476	19.040	547	116	0.100
P-475 ～ P-482	173.780	26.630	474	0.106
P-461 ～ P-457	321.250	67.150	535	0.106
P-456	39.890	927	173	0.106