

阪神高速道路公団 正会員 ○吉田 聡
同 上 正会員 河井章好
同 上 北沢正彦

1. はじめに

東神戸水路橋(仮称)は湾岸線のうち神戸市東灘区の青木フェリーセンターの前面に架橋が予定されている全長885m(200+485+200)の斜張橋である。このような長大斜張橋では橋軸方向の主桁の支持方法(基本構造系)によっては温度、地震力の影響を軽減でき塔部材、基礎寸法を小さくすることができる。ここでは橋梁の基本構造系を橋軸方向に無固定(オールフリー)とするものの可能性について検討した。

2. 基本構造系の選定

本橋の基本構造系の違いについて比較検討した結果、以下の点でオールフリーとすることが有利となることがわかった。

(1) 合理的な耐震設計法により塔の断面力を小さくできる。

(2) 塔基部の断面力とくに水平力が相当地

減され従って基礎の設計において大幅にその寸法を小さくすることができる。本設計においては2点固定に比べ橋軸方向に約10%小さくできることがわかった。

しかしながらオールフリーとする場合、従来にない長周期構造物となること等から次の点を十分検討する必要がある。

表-1 橋軸方向の支持方法の比較

(3) 地震及び風による作用力、主桁の移動量の正確かつ安全側な把握

(4) 大きな移動量に対する桁端構造の設計の可能性

(5) 塔が主桁に直接拘束されていないことに対する塔の座屈安定性

以下にこれらの検討概要を紹介する。

3. オールフリー-基本構造系斜張橋の問題点の検討

(1) 耐震問題 ここでは上部工の設計を適切かつ簡易に行なえるようにするためスペクトル法を採用する方針とし、そのためには塔基部での波形を取出す必要がありこれによって設計用加速度応答スペクトルを作成することとした。作成にあたっては特に長周期部での応答時性を安全側に考えておきたいことから、考えられる深い地盤モデル(約1000m)を用いて地盤の卓越周期の長周期化を促し本橋の橋軸方向の応答が大きくなりやすい状態を想定して以下の方法で検討した。

(2) 上部工へ下部工へ地盤の全体FEMモデルを用い、このFEMモデルの基盤より地震波を入力することとした。入力波形は次の解析によるFEM基盤に対応する点の波形を用いることとした。

(3) 適切な地震波を選びその最大加速度を基盤での基本となる加速度(100年期期待値)にそろえて深度約1000mの基盤に入力し、重複反射理論による地盤の応答解析を行なった。

入力地震波は10秒程度までの長周期成分が信頼できる波形として、El Centro、Taft、伊豆半島沖地震品川

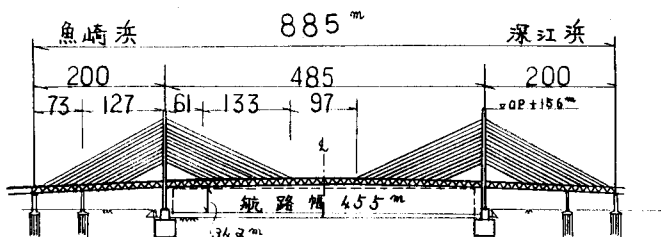


図-1 東神戸水路橋(仮称)-概図

支持方法	2点固定 (M+F+F+M)	多点固定 (F+F+F+F)	バネ固定 (M+B+B+M)	オールフリー (M+M+M+M)	1点固定 (M+F+M+M)
橋梁の橋軸方向 swayの固有周期	1.42 sec	1.26	3.01	8.69	2.21
塔基部 の 断面力	M	124,000 t-m	124,200	62,900	31,600
	N	18,400 t	17,300	18,000	18,300
	S	4,900 t	4,900	2,000	390
桁端の水平変位	20 cm	18	37	56	22

記録を選定し、入力加速度レベルは当該地点で160 gal(100年期待値、第一種地盤)とした。(土木研究所資料1973号、昭和58年3月) 設計スペクトルは本橋の固有周期に鑑み既存のそれよりも大きくし、上記解析結果の3波の平均応答スペクトルを包絡する形とした。

(2) **耐風問題** 本橋の基本構造系をオールフリーとした場合トラス、腹材等が受風することによる橋軸方向への移動量が問題となる。特に架橋地点での自然風の風向特性から斜風による応答を検討する必要がある。一方自然風は乱れを含み平均風速を用いて静的な平均応答を求めるのでは問題があり、また空間的にある広がりをもつ構造物に対して風荷重を等分布な荷重として取扱う場合には風速の分布を考慮した荷重の低減を考慮する必要がある。さらに斜風に関しての風速変動の空間的な相関すなわち主流方向と主流直角方向の2方向の相関を考慮する必要がある。これらを考慮して橋梁の平均応答値に対する最大応答値の倍率つまりガスト応答補正係数 G を求めこれを設計に用いることにした。ここでの検討は極値理論に基づくDavenportの方法でありガスト補正係数は本四耐風設計基準に準じて v_z 、 v_h として整理した。計算は風の乱れと橋梁の広がり考慮した $v_z^2 = G_{static}$ とさらに橋梁の振動応答の動的増幅効果を考慮した $v_z^2 \cdot v_h = G_{static} + dynamic$ として行ない、 v_z については設計風速を規定するものであるから一つの構造要素に対して風向にかかわらず一定の値として安全側に統一した。

なお(1)及び(2)の検討結果による地震及び風の設計荷重による断面力、移動量からみてケーブル形状をハープとするればオールフリー構造系が可能と判断される。

(3) **桁端構造問題** 桁端伸縮継手の設計移動量は他の荷重と組合わせて風時、地震時とも1°弱と相当大きくなったが他橋の例では70~80mm、海外では1mをこすものもあり、くし形式、デマーク形式等により設計可能と考えられる。

(4) **座屈安定問題** 橋軸方向について塔の弾性座屈解析を行なった結果、ケーブルによる塔の回転拘束の効果が大きいハープ形式では弾性座屈荷重は十分大きく座屈に対して不利にならないことがわかり、また有効座屈長もそれほど大きくなる(90~110m)塔柱断面は4m×7m(塔基部)でSM58材、 $\lambda = 38mm$ で設計可能となった。

4. おわりに

ケーブル形式をハープとすることにより斜張橋の基本構造系をオールフリーとすることが一連の検討により可能と考えられた。またこれにより基礎工法を大幅に小さくすることが可能となった。現在この構造系により基本設計検討をすすめている。

最後に本検討にあたって御指導、御助言をいただいた阪神高速道路公団湾岸線技術委員会(委員長 小西一郎 京都大学名誉教授)の委員の皆様をはじめ、本検討に従事していただいた(株)総合技術コンサルタントの西森氏、野口氏及び新日本技研(株)の下土居氏に対して深く感謝いたします。

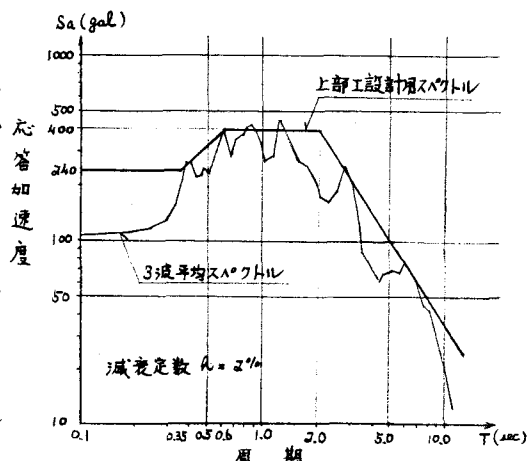


図-2 上部工設計用スペクトル

表-2 ガスト応答補正係数 ()内は修正前

要素	風荷重 作用方向	v_z	v_h	$G = v_z^2 \cdot v_h$
主 構	橋軸方向	1.2	1.25	1.800 (1.757)
	直角方向		1.4	2.016 (2.039)
主 塔	橋軸方向	1.2	1.3	1.872 (1.811)
	直角方向		1.3	1.872 (1.863)

表-3 地震及び風による作用力・移動量

	桁端の水平移動量		塔基部断面力(片脚あたり)			
	オールフリー		オールフリー		(※) 2点固定	
	フアン	ハープ	ハープ	ハープ	ハープ	ハープ
	δ (cm)	δ (cm)	$S(k)$	$M(k \cdot m)$	$S(k)$	$M(k \cdot m)$
風(橋軸方向)W	61	190	940	44,900	950	22,400
風(橋軸方向)W	62	76	770	41,400	2,550	61,200
D+W ₁ +T ₁	—	—	990	47,900	1,760	32,400
D+E ₁ +FQ ₁ +T ₁	—	—	840	45,700	3,500	76,300
設計荷重	—	—	730	35,500 (風時)	2,340 (地震時)	49,800 (地震時)
ケーソン寸法	—	—	32m(橋軸)×35m		40m(橋軸)×35m	