

I-546

関西国際空港連絡橋鋼製橋脚の設計手法について

関西国際空港(株) 正員 西岡 敬治
 関西国際空港(株) 正員 本山 蒔

1. まえがき

関西国際空港は、我が国初の24時間運用の国際空港として、騒音等の環境問題を重視し、大阪南部の泉州沖約5kmの海上を埋立てて建設される。この空港島と対岸を結び、道路及び鉄道の円滑なアクセスを担うのが連絡橋である。

表-1に連絡橋の諸元を示す。

表-1 連絡橋の諸元

海上空港連絡方式：道路、鉄道併用橋
橋梁の延長：海上部分 3.8km
橋梁の形式：鋼ダブルデッキ連続トラス橋(海上中央部) 鋼連続箱桁橋等(空港島及び陸岸側)
構造規格：道路構造令 第1種第3級(道路) 複線 在来線規格(鉄道)

2. 橋脚形式の選定

空港連絡橋の架橋地域の海底地盤は、図-1に示す様に陸岸から沖合に向かって緩やかに傾斜しており、水深は7～17m程度であり、また海底面には極めて軟弱な沖積粘土層が堆積し、空港島側では15mにも達する。従って上部工、下部工ともできるだけ軽くし、基礎を小さくするのが望ましい。そこで、RC等のコンクリート系の構造では、地震の影響により基礎の規模が大きくなり不経済となる。さらに、上部構造の地震慣性力を各橋脚にバランスよく分担させるため、3径間連続の中間2脚固定としているので、温度変化による上部構造の橋軸方向伸縮が起こり、下部構造頂部に拘束水平力が生じる。このため、橋脚脚を鋼製とすることにより、軟弱地盤支持と相まって橋脚の変形により拘束力を弱めることができる。以上のことより橋脚は鋼製とするが、脚の変形と列車走行性を考慮して橋脚基部に中詰コンクリートを充填し、変形の抑制を図る構造を採用した。(図-2)

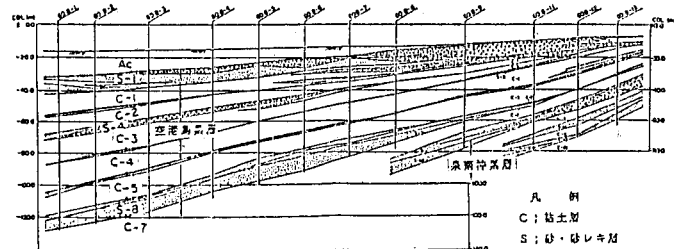


図-1 地質縦断面図

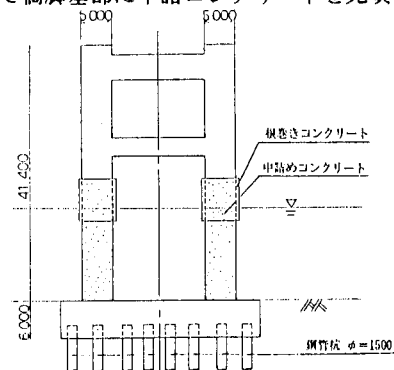


図-2 橋脚一般図

3. 橋脚の耐震設計

3.1 基本方針 本連絡橋の特性として、①道路・鉄道併用橋であり、単独橋に比べ相対的に重い橋梁である。②船舶通航条件及び水深のある海上橋であるため、非常に背の高い構造物となる。③制限表面により上空に制約があり、構造系の固有震動数が1Hz前後となる。④架橋位置の地盤は極めて軟弱であり、良好な支持層が適切な深度にない。等が挙げられるが、これらは全て耐震上充分留意すべき条件である。従って耐震設計は、架橋地域の地震危険度解析に基づく固有の地震荷重を定め(動的地震)、これに基づき動的応答解析により設計することを基本とするとともに、動的設計に用いる橋脚の基本諸元は、通常の震度法による静的設計により定めることとした。

この動的地震に対する部材等の設計は、地震荷重レベルが汎用的に使用されている修正震度よりかなり大きなスペクトルピーク値(2～2.5倍)であることから、中詰コンクリートが充填されている部材に対しては靱性能を期待し、応答力低減手法を導入した線形設計とすることとした。

ただし動的地震時には、道路橋示方書コンクリート橋編に規定されているRC部材の終局荷重作用時の破壊に対する安全度照査も行う。

一方、このような鋼とコンクリートの複合部材については、土木研究所や阪神高速道路公団が中心となって耐荷力の研究が進められており、断面の全塑性モーメントの計算式が示されている。そこで、終局荷重状態(動的設計)においては耐荷力の照査を行うこととした。

以上、橋脚の設計のフローを図-3に示す。

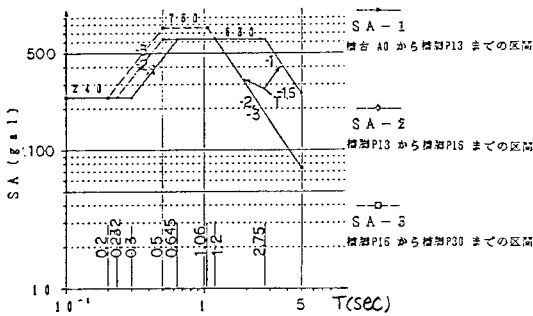


図-4 設計加速度応答スペクトル

3.2 計算例

図-4の短周期端のスペクトル値（ $240g$ ）に対して鋼部材のみを有効とした断面設計を行い（ただし変位・作用力の算定にはコンクリートの剛度も評価）、次にこの断面を初期値として橋脚下端固定とした橋脚・上部工の全体系からなる立体モデルに、図-4の設計スペクトルを用いて動的設計を行った。その結果の一例を表-3に示す。ただし、応答低減係数 R は許容塑性率 μ を1.5を採用して次式により計算した。

$$R = \sqrt{2\mu - 1} = 1.4$$

すなわち、動的応答解析で計算された断面力のうち曲げモーメントは1.4で除した値を設計作用力とした。また抵抗強度は、鋼については降伏強度とし、コンクリートについては設計基準強度の85%とする。一方、図-5に曲げモーメントと軸圧縮力の関係を示す。

4. まとめ

本連絡橋の動的耐震設計の地震荷重は架橋地点の歴史地震からみると再現期間約300年相当するものであり、このような極めて希な地震力に対し通常の鋼材のみを有効とした弾性限設計を行うことは、不経済である。そこで、連絡橋の橋脚の設計では二つの地震力を設定し、静的地震に対しては通常の設計手法により十分な耐力を確保するとともに、動的地震に対しては鋼とコンクリートの複合部材の靱性能を評価し応答力低減手法を取り入れた弾塑性設計を採用することにより設計の合理化・簡便化が図られたと考えられる。一方、コンクリートを積極的に評価するためにはコンクリートが鋼と一体となって抵抗できるように、隙間無く充填されるとともに、合成度を高めるためにすれ止め及びダイヤフラムが必要となる。また、死荷重を軽量化のためコンクリートを柱全般に充填していないため、剛度の急変部が生じており、このあたりの応力の流れや拘束度が比較的弱いと考えられる上端部のコンクリートの耐力に問題が残るが、今後実験等で確認することとしている。

（参考文献）1）合成柱を（充てん方式）を有する鋼製橋脚の設計・施工指針（案）

阪神高速道路公団 昭和61年3月

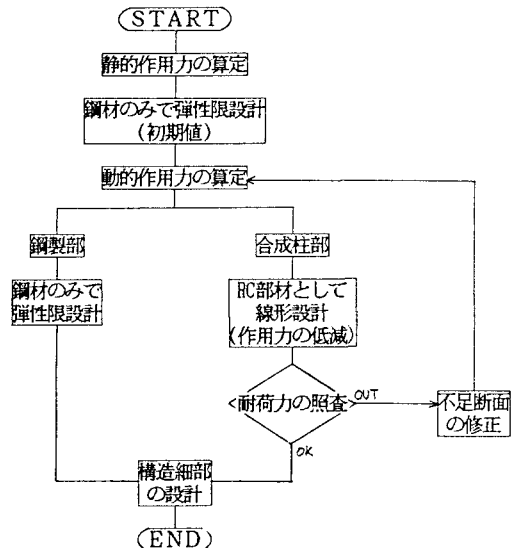


図-3 橋脚の設計フローチャート

表-3 設計結果

断面構成		2-Flg Pl.5000×25 2-Web Pl.5000×25 2-Flg Pl.5000×19 2-Web Pl.4912×19 14-Rib Pl. 280×28 12-Rib Pl. 280×28		
		軸力	せん断力	モーメント
断面力	静的解析	1938t	884t	22638t・m
	動的解析	3904t	2525t	77044t・m (55031t・m)
応力度		$\sigma_c = 165\text{kg/cm}^2 < 204\text{kg/cm}^2$ $\sigma_s' = 2499\text{kg/cm}^2 < 3834\text{kg/cm}^2$ $\sigma_s = 3373\text{kg/cm}^2 < 4140\text{kg/cm}^2$		
耐荷力の照査		破壊抵抗モーメント=80367t・m		

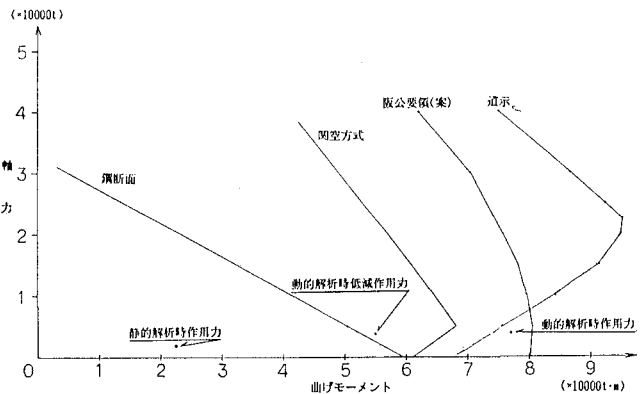


図-4 破壊抵抗曲線