

I-55 神戸大橋第4突堤側取付道路上部工の設計と施工

神戸市港湾局	正 員	中村五郎
神戸市港湾局	正 員	島田喜十郎
日建設計工務KK	正 員	藤谷憲男
三菱重工業神戸造船所	正 員	戸倉 隆

1. まえがき

神戸港のポートアイランドへの連絡橋として、神戸大橋が建設されたが、その第4突堤側の取付道路は、本橋部のダブルデッキ構造と関連しその構造もユニークなものとなつた。さらに通過地点が突堤内という特殊条件と、旅客船ターミナル（ポートターミナル）にも接続するよう配慮されているため、線形、構造、および施工上の高度の技術を必要とした。また、短工期、現場用地のせまさと、港湾荷役作業に伴う混雑などから、クレーン船による架設工法の採用など新しいところみが必要となつた。ここでは、上記の条件のもとで行なわれた本工事の概要と特殊構造の設計、施工について報告する。

2. 構造概要

本取付道路は、本線部のほか、オン、オフ両ランプとポートターミナルと接続する附属ランプがある。一般図は、図-1に示したようになるが、これはわかりやすくするため、上、下路を平面的に分離して表わしたものである。構造計画では、図-1(A)に示したような4車線でダブルデッキとなつ

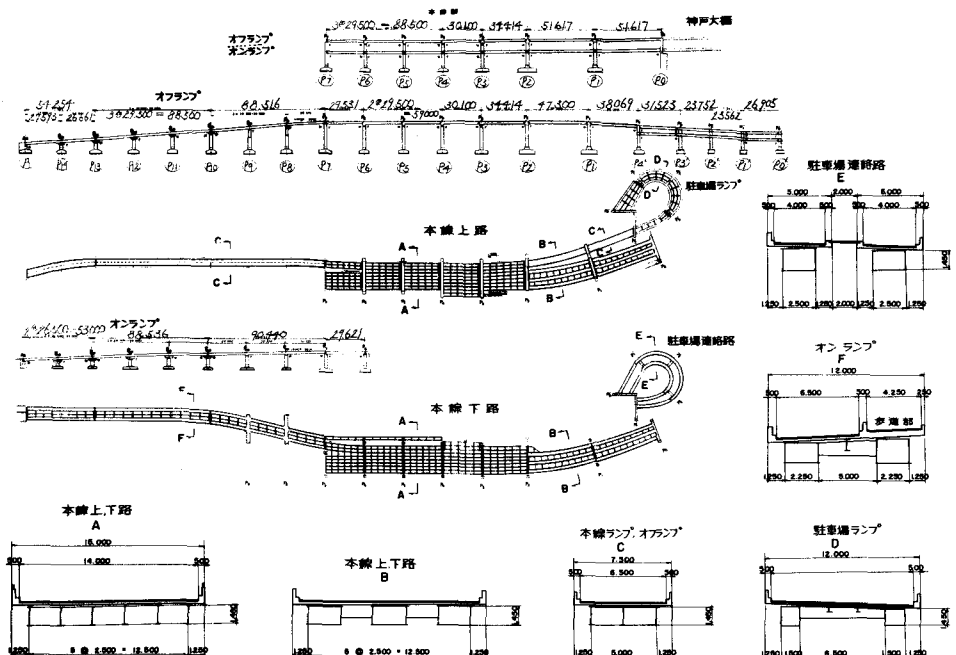


図-1 神戸大橋取付道路橋(第4突堤側)一般図

たものを標準構造として、種々経済的な構造を検討した。この場合、上部工は単純合成プレートガーターとRCラーメン橋脚（鋼管杭基礎）を有する構造で、スパン25m~30mのものがもつとも経済的な構造であることがわかった。これに基づき現地条件を考慮した結果が、すでに示した図-1のような構造となった。この非常に複雑な構造の中でもとくにボートターミナルに属した駐車場ランプは、その立地条件から図-2に示したような $R=15^m$ のダブルデッキの曲線橋を採用しなければならなかった。また、本橋部に隣接した P_0-P_1 間は、図-3に示すような立体ラーメン構造とした。それから、本線と駐車場ランプが合流し6車線となる P_2 橋脚~ P_7 橋脚上の上路げは、同区間の下路のクリアランスを確保するため、RCラーメン橋脚の上層はりも、上部工と一体となった鋼製横はり置き換え構造とした。

設計荷重は、鋼道示のT.L-20を用いたが、駐車場ランプでは、ボートターミナルを利用する自動車が主として乗用車のため、けた関係にはT.L-14を用い床版にはT-20を採用した。なお、他の部分については、 $8' \times 8' \times 40'$ のコンテナ車荷重を用いて床組の強度を検討した。また、上路の支承の設計においては、地震荷重を高さ15m以上については、5mごと25%の震度の割増しを行なった。ここでは、 $KH=0.2$ 、 $KV=0.1$ を用いている。さらに、付近のボートターミナルに国際観光船が発着するので、構造上美観についてはとくに配慮した。

3. 特殊構造物の設計

3-1. 駐車場ランプ立体構造

ボートターミナルから本線上路に連絡するための駐車場ランプ（上路）、およびターミナルビル2階の付属駐車場に連絡するための連絡路（下路）は、限られたスペースの中におさめるためにと、半径15mのループ状とした。下路の連絡路の頭上空間を確保するとともに架構全体の安定性と剛性を高めるため、柱、横桁、主桁をすべて剛結した立体構造とした。さらに主桁両端をはね出して単純合成桁を支持して、カウンターウエイトの作用を期待し、脚柱をコンクリートで中詰して地震時の変形をおさえた。主桁は箱桁とし、脚柱は全方向性が要求されるので鋼管を使用し、下端は固定とした。

線形の決定にあたり、設計条件として $R=15^m$ （道路中心線）、岸壁前面まで9mのスペースをとること、設計速度 $V=20^{\text{km/hr}}$ が与えられ、最小のスペースで無理なく走行できるようにするため、バスと乗用車の走行軌跡をプロッターで作図した。（図-4参照）

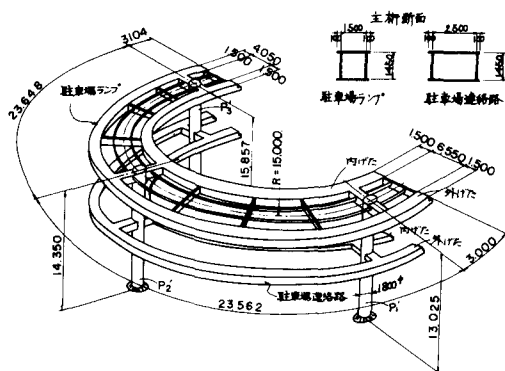


図-2 駐車場ランプ、連絡路

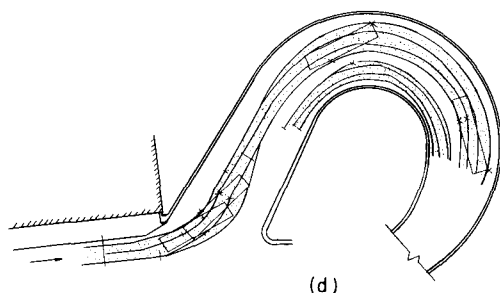


図-3 走行軌跡

設計々算は下記に示す要領で行なった。

- (1). 構造系の仮定—上層と下層がおのおのの層に載荷されね荷重により、相互にどの程度の影響を及ぼすか計算を行なって検討した結果、その程度は極めて僅かであって無視できることがわかったので、上層と下層を切り離した系を考え、おのおの別個に設計々算を行なった。ただし下部工設計用の各反力算出に当っては、全体の構造を含む一つの系で計算した。
- (2). 荷重の仮定—荷重の載荷方法については次のように仮定した。
 - i) 基礎の変形すなわち不等沈下、回転などの変形は無視した。
 - ii) 部材間の温度差によって生ずる応力は無視した。
- (3). 断面定数—断面定数には曲率の影響を無視し、直析としての値を用いた。
- (4). 計算応力度—直応力については下式により求めた。

$$\Sigma \sigma = \sigma_{B1} + \sigma_{B2} + \sigma_N + \sigma_W + \sigma_C$$

ここで σ_{B1} : 鉛直曲げによる応力度

σ_{B2} : 水平曲げによる

σ_N : 軸方向力による

σ_W : 曲げねじりによる

σ_C : フランジの曲率による2次応力度

応力計算結果の1例を表-1に示す。曲げねじりモーメントによる応力はこの場合約13%であるが、断面によつては50%程度の個所もあった。

3-2 本線部上下路P0~P1立体ラーメン

本構造は神戸大橋本橋脚に隣接しているが、隣接部の折端は本橋部との取合いの関係上、本橋端部に載せることができないので、本スパン独自で強固な橋門構(P0架構と呼ぶ)を設け、これに主桁を剛結して図-2に示したような上下路一体の立体ラーメンを形成した。この場合P0架構部は可動支承にある。上下路とも主桁は箱桁構造で3本主桁並列とし、曲げモーメントが正となる範囲のみを合成構造とした。このほかP1橋脚に作用する水平曲げを極力減らす必要があるため、架設時に上路のP1側の固定沓を可動として、死荷重による水平力を解放する構造とした。

設計々算の構造系は、P0架構、上下路主桁、横析からなる系を一体と考え、変形法によるプログラム(FRAME 立体系)で電算により計算を行なった。断面力の算出結果の1例は図-3のようになる。図中※印の箇所は、負モーメントを生じるため非合成断面とした。

表-1 直応力集計表

(上路外桁 P2 断面)

単位 Kg/cm^2

Pt	鉛直曲げ σ_{B1}	水平曲げ σ_{B2}	軸力 σ_N	曲げねじり σ_W	曲率による 2次応力度 σ_C	合計
①	1552	-47	6	-193	—	1318
②	1552	47	6	193	—	1798
③	-1467	47	6	-193	-50	-1657
④	-1467	-47	6	193	-50	-1265

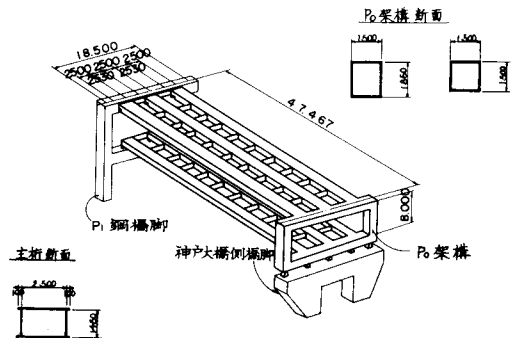


図-4 本線上、下路 P0-P1

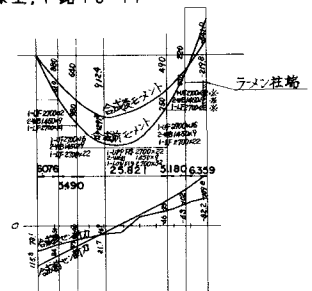


図-5 本線上、下路 P0-P1 曲げモーメント、せん断力図

3-3 本線上路P₂~P₇桁

本構造は本線4車線とランプ2車線が合流し、6車線となるため、幅員が大となりこれをRC2層ラーメンの橋脚で支持される場合、上層はりの高さが大となり下路のクリアランスを確保することが不可能となる。したがって図-6に示したような鋼製横はりとし主桁とが一体となった単純桁構造を採用した。このような構造がP₂~P₇まで連続している。主桁は一端が横はりに剛結されており、他端は可動支承により横はりに支持される構造になっているので、作用荷重の影響は他の桁にも伝播することになる。設計方法は、この伝播の影響を考慮して行なった。

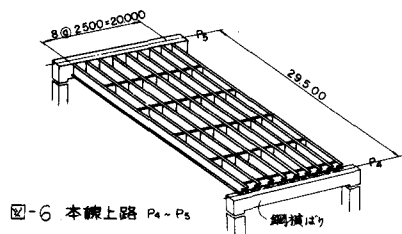


図-6 本線上路 P₄~P₅

4. 施工

使用鋼材は臨港地区という特殊性から耐候性鋼材を用いた。さらに防錆、防蝕効果を高めるため、MIO系塗料を採用した。主要材料を示すと

表-2 使用鋼材表

単位 t

表-2 のようなになる。

材 質	SMA58	SMA50 (A,B,C)	SMA41 (A,B,C)	SS41 (耐候性)	その他 (リベット等)	合 計
重 量	179	2342	260	1882	321	4981

すべて述べたような工期が非常に短かく、

また現地において他工事と重複し製品の搬入

が困難であつたため、架設工事には2000t吊フローティングクレーンを用いて、大ブロックの架設を行ない、総重量約5000tを約3ヶ月で据付けを完了した。

さらに工程を早

めるため、床版コ

ンクリートには早

強セメントにボツ

リスNo.8を入れ

て用いた。これを

表-3 早強セメント凝結試験結果

項 目 種 別	水セメン比 %	セメント量 g	混合水 mm	軟 度 mm	ボツリスNo8 g	凝 結 時 間		
						始 発 時間分	終 結	時 差
早 強 セ メ ン ト	28.9	400	115.8	5.9	—	2-41	3-53	1-12
早強セメント+ボツリスNo8	27.4	400	110	6.0	1	3-25	4-55	1-30

採用するにあつて実験を行なったが、その代表的な結果を示すと表-3のとおりで、コンクリートの打設作業は、ボツリスを混合することによって打設作業は円滑に行なうことができた。

5. むすび

ここでは神戸大橋の第4突堤側取付道路上部工のうち、主として3種類の特殊構造物について述べた。本工事においては種々の制約条件下における特殊構造物についての新しい試みが設計上で行なわれており、さらに施工上では短工期内での製作および急速架設と可能にする海上クレーンの利用等、種々の貴重な体験を得た。講演時には得られた成果について詳細に報告する予定である。