
神戸大橋の概要

Outline of Kobe Ohashi Bridge

島田 喜十郎(Kijuro Shimada)

要旨：

神戸大橋は神戸港外に目下建設中のポートアイランドと新港第4突堤間に架設されるもので、この取付道路は臨港地区と市街地とを連絡し、さらに既存の幹線道路に接続させ、ヒンターランドと有機的に連絡することにより、神戸港の機能を一段と高め、ひいてはその一大発展をもたらすために建設されるものである。本橋は中央スパン 217.0m の 3 径間連続ダブルデッキアーチ橋 (51.0m + 217.0m + 51.0m = 319.0m) で、これが完成すると、わが国最大のアーチ橋となる。さらにこれは、わが国最初のダブルデッキ構造という、ユニークな構造型式を採っているため建設上種々の配慮を払っている。また、耐候性鋼材の全面的使用、M. I. O. 系塗料の採用、短工期と架設地点付近の特殊性にともなう大型クレーン般による 3 本ベント架設工法の採用など、技術面での新しい試みを種々行なった。また、突堤の高度利用の目的から、取付道路は旅客船ターミナル (ポートターミナル) に接続させているので、非常に複雑な構造となっている。さらに工事中支障物件の存在、急速埋立地盤等苛酷な現場条件にともなう問題点が多々あった。

Synopsis：

The Kobe Ohashi Bridge (Ohashi means "Big Bridge") is being constructed to span the seaway between the Pier No.4 of Shinko Port Area in Kobe Port and the Port Island now under construction in the south of said Pier. Upon completion, this Bridge will play a vital role in reinforcing the function of Kobe Port as well as for its greater prosperity in the future. For the Bridge will bring the coastal areas of Kobe into a more direct and close contact with the center of city area and will link the whole area of Kobe more effectively to its hinterland through the existing network of main roads. This is a double-deck continuous arch bridge with 217.0m of center span (51.0m+217.0m+51.0m=319.0m) and will be the longest and largest arch bridge in Japan when it is completed. The double-deck floor system, the first unique bridge structure in Japan, forces the designers to take a great deal of deliberation. Many new tests are performed in technical field, such as over-all use of atmospheric corrosion resistant steel, adoption of micaceous iron oxide paint and three bent erection method with large floating cranes, taking into consideration the short period set for completion and the characteristic geographical condition around the site of construction. Moreover,

the Kobe Port Authority's policy of making utmost use of piers requests the access road to be connected with the Port Terminal for passenger ships, and this makes the structure of the bridge even more complicated. Besides, many problems have arisen from the severe site conditions such as the existence of obstacles for construction work, the quality of rapidly-reclaimed foundation, etc.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

神戸大橋の概要

Outline of Kobe Ohashi Bridge

島田 喜十郎*

Kijuro Shimada

Synopsis :

The Kobe Ohashi Bridge (Ohashi means "Big Bridge") is being constructed to span the seaway between the Pier No.4 of Shinko Port Area in Kobe Port and the Port Island now under construction in the south of said Pier. Upon completion, this Bridge will play a vital role in reinforcing the function of Kobe Port as well as for its greater prosperity in the future. For the Bridge will bring the coastal areas of Kobe into a more direct and close contact with the center of city area and will link the whole area of Kobe more effectively to its hinterland through the existing network of main roads.

This is a double-deck continuous arch bridge with 217.0m of center span (51.0m+217.0m+51.0m=319.0m; and will be the longest and largest arch bridge in Japan when it is completed.

The double-deck floor system, the first unique bridge structure in Japan, forces the designers to take a great deal of deliberation.

Many new tests are performed in technical field, such as over-all use of atmospheric corrosion resistant steel, adoption of micaceous iron oxide paint and three bent erection method with large floating cranes, taking into consideration the short period set for completion and the characteristic geographical condition around the site of construction.

Moreover, the Kobe Port Authority's policy of making utmost use of piers requests the access road to be connected with the Port Terminal for passenger ships, and this makes the structure of the bridge even more complicated.

Besides, many problems have arisen from the severe site conditions such as the existence of obstacles for construction work, the quality of rapidly-reclaimed foundation, etc.

1. まえがき

神戸大橋は、現在、神戸港第2、第3防波堤沖に建設中のポートアイランドと新港第4突堤とを結ぶもので、取付道路の延伸により、臨港地区ならびに市街地と連絡し、さらに既存の幹線道路等

により、有機的にヒンターランドと連絡し、神戸港の機能を一段と高め、その一大発展をもたらすために建設されるものである。

本橋は、旧第4突堤を200m海上に延長した先端とポートアイランド間に設けられた200mの水路上に建設されるもので、その構造を選定するにあたり、次の諸条件が考慮された。

* 神戸市港湾局新埠頭連絡橋建設事務所長

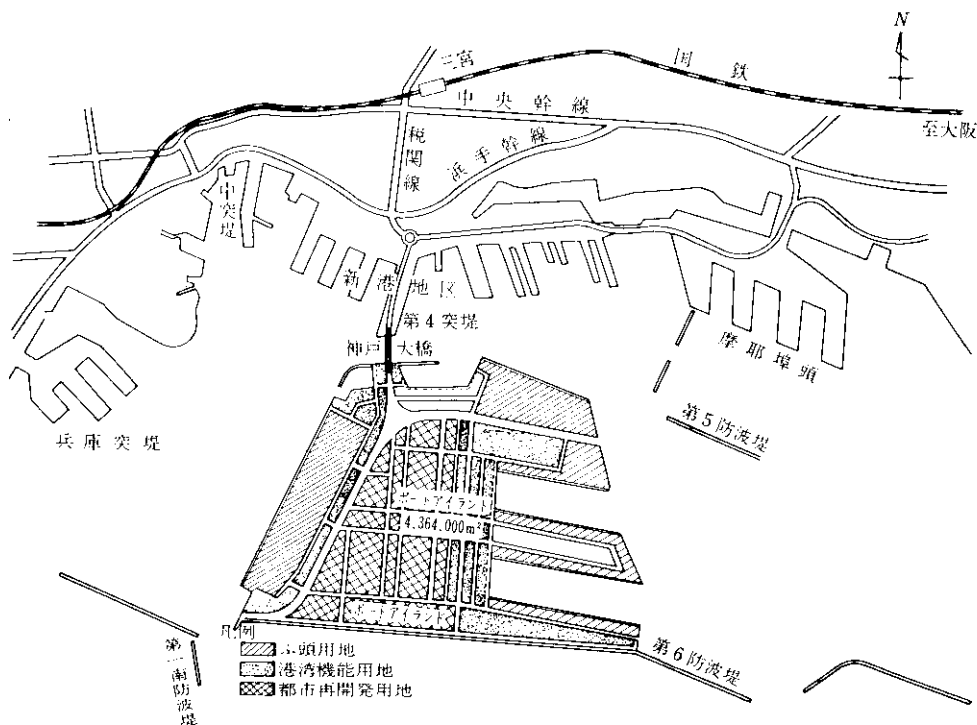


図1 ポートアイランド建設計画概要図

- (1) 水路内を航行する約2,700隻/日におよぶ港内小型船舶の航行安全のため、水路内には橋脚を設けないこと。
- (2) 台風時の曳船活動に支障のないように桁下空間を水路中央部160.0m区間で、 $KP + 16.0m$ 以上とすること。
- (3) ポートアイランドの完成により発生する予想自動車交通量5万台/日を処理するために設けられる8車線が第4突堤内を通過する際、突堤の機能を阻害しないこと。
- (4) 本橋部の路面に取付道路部の曲線を入れないこと。

上記のような条件を考慮し、種々比較検討を行った結果、4車線(14.0m)ダブルデッキの3径間連続アーチ橋(51.0m+217.0m+51.0m=319.0m)に決定した。なお、下路の両側には、幅員3.0mの歩道を併設することにした。

第4突堤側の取付道路は、臨港地区、市街地へ延伸する本線部のほかにオン、オフの両ランプを

設けた。この取付道路は、万国博関連事業として建設されている旅客船ターミナル(ポートターミナル)にも接続するようになっている。また路下は貨物上屋として利用される。ポートアイランド側の取付道路は、ポートアイランド内の幹線道路に接続するよう計画された。工事は本橋部、取付道路部(ポートアイランド側は下路のみ)ともに昭和45年3月の完成を目標に進められており、これらの完成によりその効用を十分発揮することが期待されている。

神戸大橋が、わが国最大のアーチ橋で、かつダブルデッキというユニークな構造型式によって惹起された種々の問題点を検討し、その成果を設計、施工面に反映させた。また取付道路については、現場条件の特殊性などから起こる構造の複雑化にともなう多くの問題点の解決の必要が生じた。

本文は神戸大橋の本橋部および同取付道路の構造計画、設計および工事と前記問題点となった事項などについての概要を述べたものである。

2. 神戸大橋本橋部および同取付道路部の主要目

2.1 本橋部

(1) 上部工

位 置	神戸港, 新港第4突堤～ポートアイランド間
型 式	ダブルデッキ3径間連続アーチ橋
橋 格	一等橋(床組に対し $8' \times 8' \times 40'$ コンテナ車載荷)
スパン割	$51.0\text{m} + 217.0\text{m} + 51.0\text{m} = 319.0\text{m}$
幅 員	上路車道部 14.0m 下路車道部 14.0m 下路歩道部 $2 \times 3.0\text{m}$
桁下空間	200.0m水路の中央部160.0m区間で $KP \pm 0.0$ 上16.0m以上
使用鋼材	耐候性鋼材 (SMA58, SMA50, SMA41)
塗 料	M.I.O. (Micaceous Iron Oxide) 系塗料 (5回塗)
その他	電気, ガス, 水道, 電話を歩道部桁下に添架

(2) 下部工

型式

主橋脚	鉄筋コンクリートケーソン (ニ
(中間支点)	ューマチックケーソン工法) 2基

側橋脚	R C特殊 π 型ラーメン橋脚 (鋼管杭基礎) 2基
-----	--------------------------------

諸元

主橋脚	15.0m (幅) $\times 30.0\text{m}$ (長さ) $\times 33.0\text{m}$ (高さ) (沈設底面 $KP-31.0\text{m}$)
側橋脚	13.35m (高さ) $\times 27.30\text{m}$ (幅) $\times 5.00\text{m}$ (厚さ) なる特殊 π 型 ラーメン構造 鋼管杭基礎 $\phi = 1,016\text{mm}$, $t = 16 \sim 19\text{mm}$, $l = 30.5\text{m}$ 1基当り28本使用, (フーチン $710\text{m} \times 19\text{m} \times 3\text{m}$)

2.2 取付道路部

ここに示す概要は, 昭和44年度中に完成するもののみ列挙し, 他は省略する。なお, 設計条件などは本橋部に準拠している。

(1) 第4突堤側

本線部上部工 (車道幅員14.0m)	
立体架構箱桁 ($l = 45.6\text{m}$)	2連
単純合成I桁 (標準スパン $l = 28.8\text{m}$)	9連
単純合成箱桁 ($l = 48.4\text{m}$)	2連
単純非合成I桁 ($l = 28.8\text{m}$)	1連
本線鋼製脚	2基

本線部下部工

鋼製2層式ラーメン橋脚	2基
R C 2層式ラーメン橋脚	16基

オンランプ上部工 (車道幅員6.5m, 歩道幅員4.25m)

3径間連続箱桁 ($l = 29.5\text{m}$)	2連
2径間連続箱桁 ($l = 26.15\text{m}$)	1連
単純合成I桁 (歩道部 $l = 28.8\text{m}$)	2連
単純非合成I桁 (歩道部 $l = 28.8\text{m}$)	1連

オンランプ下部工

R C単柱橋脚	7基
橋台	1基
R C擁壁区間	95m

オフランプ上部工 (車道幅員6.5m)

3径間連続箱桁 ($l = 29.5\text{m}$)	2連
2径間連続箱桁 ($l = 26.5\text{m}$)	1連

オフランプ下部工

R C単柱橋脚	7基
橋台	1基
R C擁壁区間	81m

駐車場ランプ部上部工 (車道幅員7.5~17.5m)

2径間曲線立体ラーメン箱桁 ($l = 23.6\text{m}$)	2連
単純合成箱桁 ($l = 23.79 \sim 48.40\text{m}$)	6連

駐車場ランプ部下部工

鋼製2層式ラーメン橋脚	1基
鋼製単柱橋脚	3基
歩道橋	
単純非合成I桁	2連

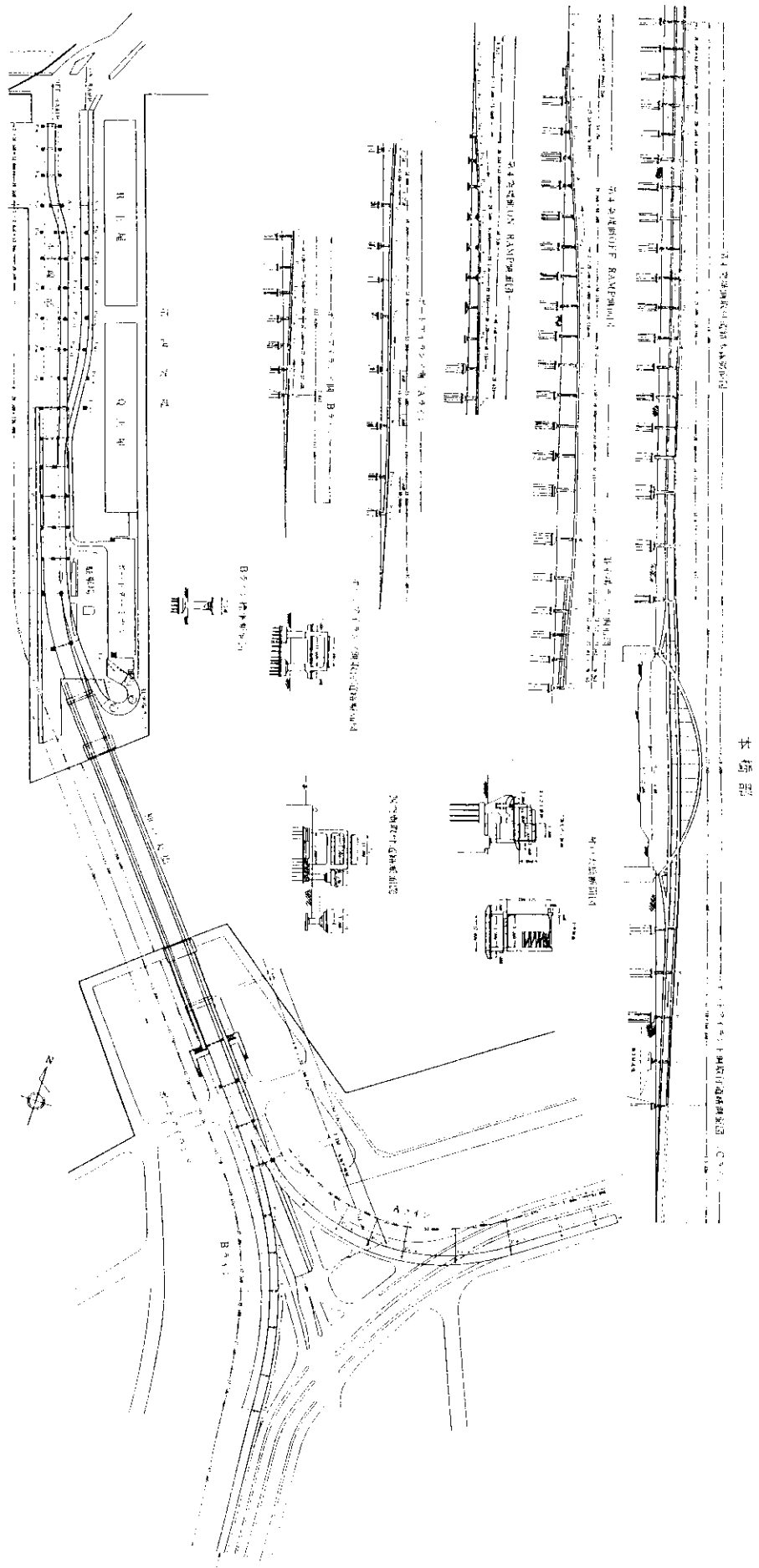


図2 車站大略一略図

(2) ポートアイランド側

上部工（車道幅員14.0m）

立体架構箱桁（ $l=41.71\text{m}$ ） 2連単純合成箱桁（ $l=41.71\text{m}$ ） 2連単純合成I桁（歩道橋 $l=41.71\text{m}$ ）5連単純非合成I桁（横断歩道橋 $l=$
48.50m）1連

下部工

RC2柱式橋脚 4基

RC単柱橋脚 1基

鋼矢板式擁壁区間 112.58m

(3) その他

取付歩道橋 3カ所

2.3 主要材料および請負者

主要材料および請負者、工期、など一覧表は表1、2に示すとおりであるが、設計変更などにより最終的には若干変動がある。

表1 主要材料

材 種	本 橋 部	取 付 道 路 部		
		第4突堤側	ポートアイランド側	
上 部 工	鋼 材 (t)	6,500	4,970	1,195
	床版コンクリート (m³)	2,483	5,069	871
	同 鉄 筋 (t)	439	1,132	132
下 部 工	コンクリート (m³)	主橋脚 15,211 側橋脚 2,804	20,187	172
	鉄 筋 (t)	主橋脚 965 側橋脚 194	2,452	290
	鋼 管 杭 (t)	703	4,134	1,011

表2 工期、請負者一覧表

工 事 別	工 期	請 負 者
本橋部	上部工	昭和43年9月～昭和45年3月 川崎重工 K.K.
	第4突堤側下部工	昭和43年5月～昭和44年5月 清水建設 K.K.
	ポートアイランド側下部工	昭和43年10月～昭和44年7月 鹿島建設 K.K.
取付道端部	第4突堤側上部工	昭和44年4月～昭和45年3月 三菱重工 K.K.
	下部工	昭和43年12月～昭和45年1月 K.K. 熊谷組
	ポートアイランド側上部工	昭和44年4月～昭和45年3月 石川島播磨重工業 K.K.
	下部工	昭和44年5月～昭和44年12月 鹿島建設 K.K.

3. 工事概要

3.1 本橋部上部工

(1) 設計

設計においては、内的に高次（111次）の不静定構造であるため、大型電子計算機を用い精密な構造計算を行なった。本橋はスパンが150m以上となるため鋼道路橋設計示方書の適用範囲外となる。したがって、設計条件の設定にあたり種々検討を行なった結果、主構関係の設計には前記示方書を用いるようにしたが、床版および床組構造については、ポートアイランドから発生するコンテナ車の通行に対処するため、4車線のうち2車線について8'×8'×40'のコンテナトレーラ荷重を載荷して設計した。風および地震荷重に対しては、本州四国連絡橋計画において調査報告された結果を用いて安全性を検討している。またダブルデッ

キ構造、高欄地覆構造などの細部については、風洞模型実験を行なってその成果を設計面に反映させてある。部材の交差部および支点付近における応力の状態については、光弾性模型実験を行ない、安全性のチェックを行なった。

(2) 使用鋼材および製作

本橋は海上に架橋される構造物であり、海塩粒子の影響と、付近の重工業地帯から発生する亜硫酸ガスなどによる大気汚染により、鋼材は非常にさびやすい条件下におかれるため、これの防食、防錆に対しては特に配慮しなければならない。

この必要から、本橋には耐候性鋼材を全面的に採用したが、耐候性鋼材の溶接性を重視し、本市において表3に示すような新埠頭連絡橋梁上部工事用耐候性鋼材製造仕様書を特別に制定した。本橋部の使用鋼材は6,500tでそのうち60kg/mm²級の鋼

材は約2,500t, 最高板厚38mm (局部的には57mm 使用) となっている。したがって溶接施工にあた

表3 耐候性鋼板の製造仕様

鋼 種	板 厚 mm	化 学 成 分 (%)								機 械 的 性 質			
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ceq = 2	降伏点 kg/mm ²	引張力 kg/mm ²	衝撃値	備 考
耐候性SS41	≦22	≦0.17			≦0.040	≦0.030	0.20 0.40		0.38	≧24	41~52		伸び1号 21%以上
SMA 41 B	≦32						0.20	0.20		≧24		0.7	伸び 1号試験片 20%以上
	≦38	≦0.17	≦0.35	≦1.40	≦0.040	≦0.030	0.20		0.38	≧24	41~52	≧2.8kg m	伸び4号 24%以上
	≦50						0.40	0.40		≧22			
SMA 50 B	≦25						0.20	0.30	t≦35 0.42	≧36	3	0.7	伸び 1号試験片 19%以上
	≦38	≦0.16	≦0.55	≦1.40	≦0.040	≦0.030	0.20	0.50	35<t≦38 0.43	≧36	50~60	0.7	伸び 4号試験片 20%以上
	≦50						0.40		t≧238 0.44	≧34			
SMA 58 Q	t≦25						0.20	0.30	t≦35 0.42	≧46	4	≧5.7	伸び 4号試験片 20%以上
	26≦t≦40	≦0.16	≦0.55	≦1.40	≦0.40	≦0.030	0.20	0.50	35<t≦42 0.43	≧46	56~68	≧4.8kg m	
	40<t≦50						0.40		t≧42 0.44	≧44			

(注) (1) SMA50およびSMA58Qについては、Ni、Mo、Nb、V、Ti、Zrのいずれか1種類以上添加すること。

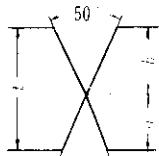
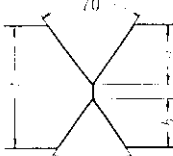
(2) 炭素当量(Ceq)の計算は次式による。

$$Ceq = C + Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Ni/40 + Mo/4 + V/14$$

(3) JISでは50~62であるが範囲を決めた。

(4) JISでは58~73であるが範囲を決めた。

表4 突合せ溶接継手の開先形状および溶接条件

溶接法 溶接条件	手 溶 接					サブマージアーク溶接																																																												
	溶 接 棒	電 流 (A)	電 圧 (V)	速 度 (mm/min)	入熱量 (J/cm)	心 線 ワックス	電 流 (A)	電 圧 (V)	速 度 (mm/min)	入熱量 (J/cm)																																																								
鋼 板 SMA58 Q	E 1 (5mmφ)	215	25	120	24,000	W 2 (4.8mmφ)	680	31	280	30,000																																																								
		235		140	31,000	F 2 (20×D)	880	36	400	62,000																																																								
SMA50 C		215	25	120	23,000		740	30	220	31,000																																																								
		235		140	30,000		860	35	430	75,000																																																								
SMA50 B	E 7 (4.5mmφ)	170	24	120	18,000	W 3 (4.8mmφ)	700	32	280	33,000																																																								
		250		145	29,000	F 2 (20×D)	960	35	420	68,000																																																								
SMA50 A		200	24	130	21,000		700	33	300	38,000																																																								
		270		145	28,000		750	36	370	51,000																																																								
SMA41 C		200	22	110	16,000		650	31	250	27,000																																																								
		270		170	32,000		900	36	450	73,000																																																								
SMA41 B	E 3 (4.5mmφ)	200	23	140	16,000	W 1 (4.8mmφ)	750	30	290	46,000																																																								
		270		170	30,000	F 1 (20×D)	780	31	330	49,000																																																								
耐候性SS 41		175	22	130	16,000		680	30	280	45,000																																																								
		270		170	30,000		950	32	330	61,000																																																								
開 先 形 状		<table><tr><th>t (mm)</th><th>a (mm)</th><th>b (mm)</th><th></th></tr><tr><td>50</td><td>30</td><td>20</td><td></td></tr><tr><td>38</td><td>23</td><td>15</td><td></td></tr><tr><td>32</td><td>21</td><td>11</td><td></td></tr><tr><td>25</td><td>17</td><td>8</td><td></td></tr><tr><td>24</td><td>16</td><td>8</td><td></td></tr><tr><td>22</td><td>18</td><td>4</td><td></td></tr></table>				t (mm)	a (mm)	b (mm)		50	30	20		38	23	15		32	21	11		25	17	8		24	16	8		22	18	4			<table><tr><th>t (mm)</th><th>a (mm)</th><th>b (mm)</th><th></th></tr><tr><td>50</td><td>24</td><td>6</td><td>20</td></tr><tr><td>38</td><td>17</td><td>5</td><td>16</td></tr><tr><td>32</td><td>14</td><td>5</td><td>13</td></tr><tr><td>25</td><td>10</td><td>5</td><td>10</td></tr><tr><td>24</td><td>10</td><td>5</td><td>9</td></tr><tr><td>22</td><td>9</td><td>5</td><td>8</td></tr></table>				t (mm)	a (mm)	b (mm)		50	24	6	20	38	17	5	16	32	14	5	13	25	10	5	10	24	10	5	9	22	9	5	8
		t (mm)	a (mm)	b (mm)																																																														
50	30	20																																																																
38	23	15																																																																
32	21	11																																																																
25	17	8																																																																
24	16	8																																																																
22	18	4																																																																
t (mm)	a (mm)	b (mm)																																																																
50	24	6	20																																																															
38	17	5	16																																																															
32	14	5	13																																																															
25	10	5	10																																																															
24	10	5	9																																																															
22	9	5	8																																																															

っては慎重を期し種々試験を行ない、最良の条件で溶接作業が行なえるよう検討した。その結果溶接は、溶接部のワレ発生および欠陥防止のため、できるかぎりサブマージアーク溶接を用いた。手溶接による場合は極低水素系の溶接棒を用いた。なお、溶接条件は表4に示したとおりである。

(3) 塗料

塗料にはM.I.O. (Micaceous Iron Oxide) 系塗料を用いることにした。この塗料は英国のフォース道路橋やセバーン橋などに用いられており、非常に優秀な防食、防錆効果を発揮している。本塗料の使用はわが国では本橋が最初で、この採用には十分な検討を行なって決定した。なお、本橋の塗装仕様は表5に示した。

(4) 架設

本橋の建設工事のうちで最も重要かつ困難な架設工事については、本市において、昭和43年6月にポートアイランド連絡橋架設技術専門委員会を設置し、橋梁工学の権威の参画を得て、種々工法を検討してきた。その結果中央スパン部の水路上の架設については大型クレーン船による3本ベント

架設工法が最も安全かつ経済的で、短工期に架設することができるという結論を得た。架設工事にあたり作業計画の基礎的な資料を得るため、船舶航行量調査を実施し、さらにベントの防護については、船舶および港運関係者からの参考意見を聞き、安全で危険のないように設計した。工事中水路は3本のベントの建設により4分割され、船舶航行は制限されることになる。船舶の安全航行については、神戸海上保安部、港運関係者などと種々打合せを行ない、つぎに示す条件で作業を行なった。

- (1) 工事作業区域は白色せん光灯、赤旗などで明示すること。
- (2) 作業時間は朝7時から日没までとすること。
- (3) 3本ベントの建設により分割された4水路のうち、作業中はいかなる場合でも2水路は開放し、全面遮断しないこと。
- (4) 夜間は4水路とも全面開放すること。
- (5) 警戒船を常時配置し、船舶の航行安全と緊急連絡については万全を期すること。
- (6) ベントの衝突防護設備、標識灯および航行水路案内信号設備など保安対策を十分行なうこと。

表5 神戸大橋塗装仕様

(1) 本橋部

	工 程	塗 料	塗 装 回 数	塗 布 量 (kg/cm ²)	乾燥膜厚 (μ/回)	塗 装 間 隔 (h)	塗 装 間 隔 (month)
工場 塗装	1 素地調整 (ショットブラスト)						
	2 一次プライマー	メタラクトE14プライマー	1	0.10~0.13	15~20	≥ 4	≤ 3
	3 下塗 1 回目	カンパフェロードールM640プライマー	1	0.14~0.16	40~50	≥ 48	≤ 1
	4 下塗 2 回目	カンパフェロードールM640プライマー	1	0.14~0.16	40~50	≥ 48	≤ 1
	5 中 塗	カンパフェロードールF	1	0.12~0.16	40~60	≥ 16	
	6 中 塗	ラバマリン中塗指定色	1	0.15~0.17	30~40	≥ 16	≤ 0.5
	7 上 塗	ラバマリン上塗指定色(赤)	1	0.15~0.17	30~40		

(2) 取付道路部

	工 程	塗 料	塗 装 回 数	塗 布 量 (kg/cm ²)	乾燥膜厚 (μ/回)	塗 装 間 隔 (h)
工場 塗装	1 素地調整 (ショットブラスト)					
	2 ショッププライマー	ビニレックスアクチブプライマー#120	1	0.09	10	≥ 8
	3 下塗 1 回目	マイカスRプライマー	1	0.18	50	≥ 16
	4 " 2 回目	マイカスRプライマー	1	0.18	50	≥ 16
	5 中 塗	マイカスR用中塗指定色	1	0.20	50	≥ 24
	6 上 塗	マイカスR用上塗指定色(淡緑)	1	0.12	30	

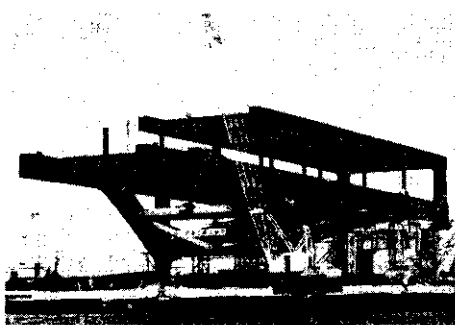


写真 1 100tトラッククレーンによる側径間架設

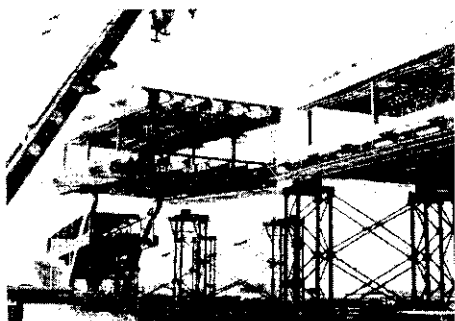


写真 2 1,000t吊フローティングクレーンによる中央径間架設



写真 3 1,000t吊フローティングクレーンによるアーチ部架設

これらのはかに、架設桁からの落下物を防止するために桁下全面に安全ネットを設けた。

以上のように安全確保には万全を期したが、工事期間中は、船舶も雑種船以外の航行を禁止し、航行速度は4～6ノットで、曳船方法の制限などをうけることになった。

架設工事は陸上部の両側径間を架設した後、水路部上の中央スパン部にとりかかるが、側径間の架設と併行して、海中部ベントなどの仮設備工事をを行った。

本工法は、水路中に設けた3本のベントを仮支持台として、その上に大型クレーン船を用いて大ブロック部材を架設していく方法である。その工法の概要を述べるとつぎのとおりである。

(1)第4突堤およびポートアイランド側の側径間の架設は、普通一般的に用いられている陸上架設と同じ工法を用いて行なう。

(2)中央スパンの架設は、水路中に3本のベントを建設し、これを仮支持台として、大型クレーン船を用いて部材を架設する。

(3)中央スパン部の上弦材および下弦材は4ブロックに分割し、神戸市東部海面埋立地第4工区において立体組立を行ない、これを大型クレーン船で吊上げ、現地に曳航運搬し架設する。

(4)アーチ部材および鉛直材の架設は、2隻のクレーン船により各単材ごとに架設する。

なお架設要領は図3～5に示したとおりである。つぎに、上、下弦部材およびアーチ部材などの最終部材を所定位置にセットする場合、部材挿入のための間隙が必要となる。そこで上、下弦部材の最終部材閉合時の間隙は400mmで、アーチ部材は40mmとした。橋梁全体の架設が終了して、3本のベントが除去されると、全死荷重により計算上約200mm可動支承が外方に移動するので、実際の弦材長は200mmのたわみ移動分だけ短かく製作してある。

そこで、可動支承を架設前に200mm正規位置より外方にセットしたので、実際には400mmの間隙が保たれていることになる。したがって、上、下弦材の継手を最終接合する場合、100tジャッキ4台を用いてスパン中央から第4突堤側へかけて、すでに架設されている全橋体を水平に400mm押し出すわけである。

つぎにアーチ部材の40mmの間隙は、3本ベント上で、さきに架設した上、下弦材をジャッキアップすることにより設けることができる。そのジャッキアップ量は、中央のベント193mm、両端のベントでは157mmになる。

なお、各架設段階における耐風、耐震安定性については、詳細な計算を行ない、ワイヤロープなどで補強するよう配慮した。

また縦桁に導入される架設応力を除去するため

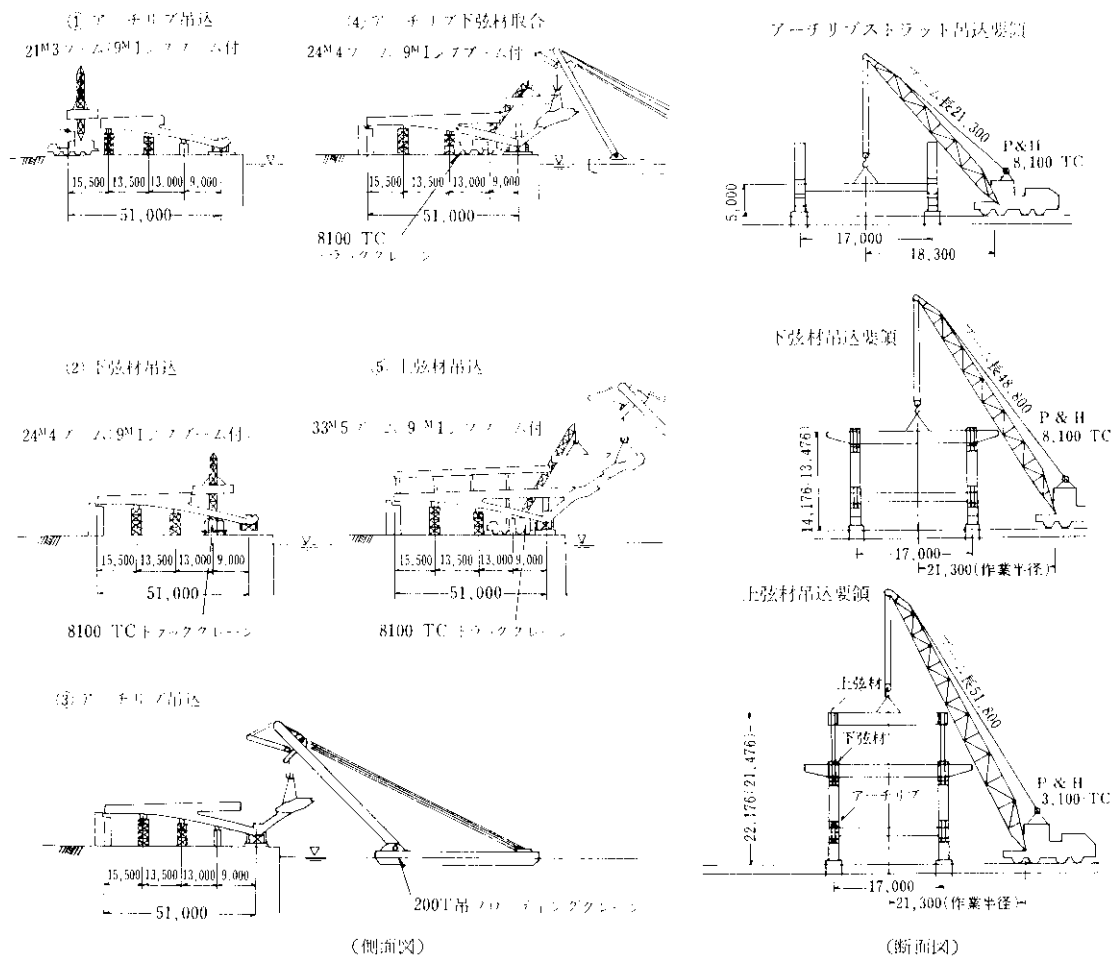


図3 側径間架設要領図

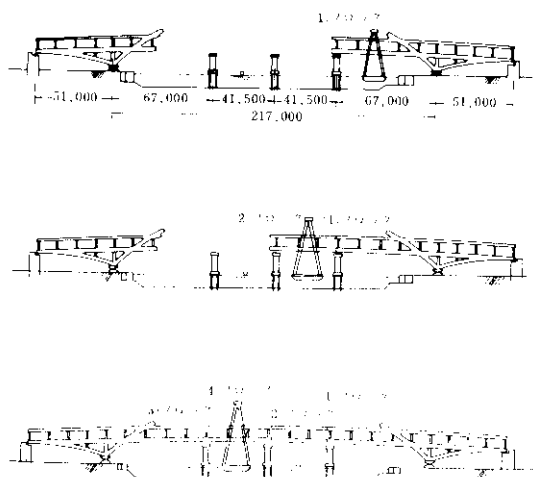


図4 中央径間上下弦材架設要領図

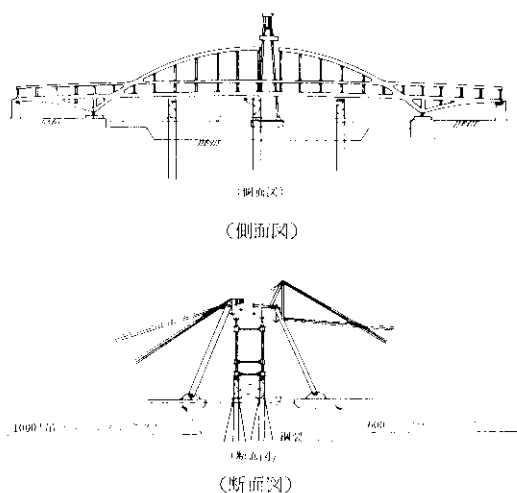


図5 中央径間アーチリブ架設要領図

HTボルトをゆるめて、そのずれにより応力を逃がす方法を採用している。他の現場継手には耐候性リベットを用いた。

第4突堤側の側径間の架設工事は、下部工の5月末完成をまって、すぐに仮設備工にかかり、6月26日より桁の架設を開始した。これは仮支柱と100 t吊トラッククレーンを用いて架設を行ない、7月30日に完成した。第4突堤側の架設が完了してから、ポートアイランド側の架設を行ない、これは8月2日～9月2日の間に完了した。中央スパン部は7月1日よりベント仮設備工の作業にかかり、9月3日から隔日上、下弦材の大組立ブロックの架設を行ない9月9日に完了した。その後、仮設備材の補強、架設した部材の調整につづいて、アーチおよび鉛直部材の架設を行ない、最終アーチ部材の閉合は9月25日に行なわれた。

3.2 本橋部下部工

(1) 中間主橋脚および側橋脚の構造

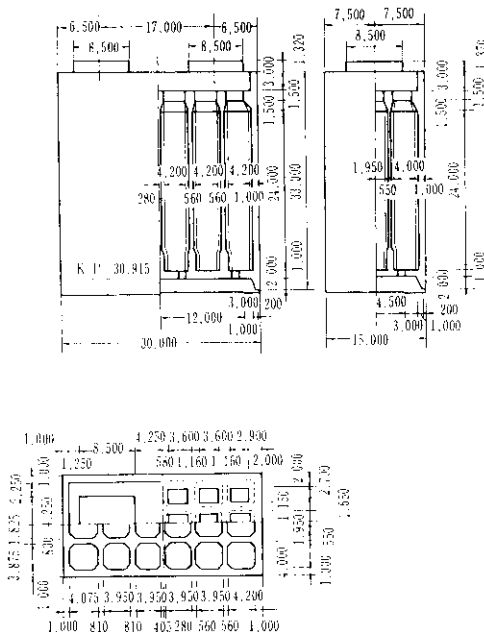
上部工は $51.0\text{m} + 217.0\text{m} + 51.0\text{m} = 319.0\text{m}$ の

3径間連続アーチ橋になっており、ポートアイランド側の中間支点を固定支承とした。このような上部工の構造により、中間支点には9,200 t（死荷重7,500 t、活荷重1,700 t）の巨大な荷重がかかることになる。さらに突堤の高度利用の面から中間支点の主橋脚は岸壁を兼用させているため背後上圧の影響をうけ一層苛酷な条件となっている。

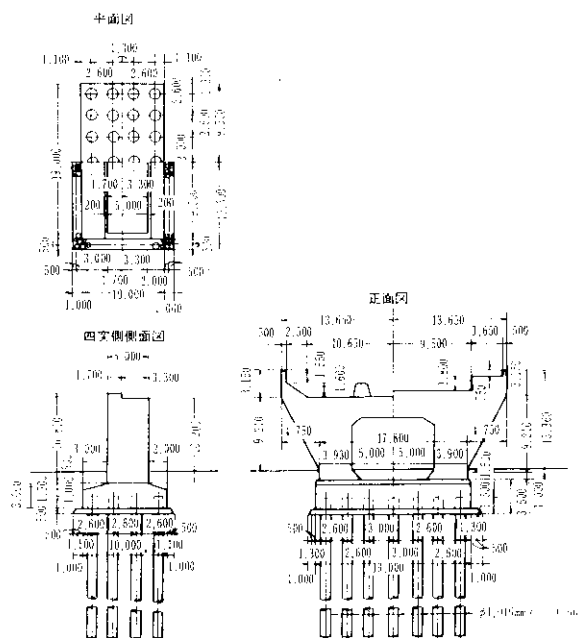
このような荷重条件から中間支点の主橋脚には巨大荷重を支持するため鉄筋コンクリートケーソン基礎構造を用い、側橋脚には特殊H型ラーメンの鉄筋コンクリート躯体を有する鋼管杭基礎構造を用いるようにした。

それぞれの構造諸元は図6に示したようになっている。

鉄筋コンクリートケーソンはニューマチックケーソン工法によりKP-31.0mまで沈設した。この場合、ケーソン本体の施工中に特別の問題点はなかった。また当初心配していた六甲山系からの被圧水による影響もなかった。



主橋脚一般図



側橋脚一般図

図6 本橋下部工一般図

代表的な標準ボーリング調査結果は図7に示したとおりである。

土質状態は粘土と砂の互層が続いており、このため標準ボーリングの調査のほかには大口径大型ボーリングの実施、横方向K_u値の測定、深層载荷試験などの土質調査を行ない、支持層の選定については種々の検討を加えている。

また、これから得られた結果を用い動的な耐震

計算も行なった。ケーソンがKP-31.0mまで沈設したときには、底面の支持地盤の地耐力試験を行なったが、この場合ケーソン内作業室が約3.5気圧で、監督員が試験に直接立会することが不可能なため防湿ケース入り工業用テレビカメラを作業室内に搬入し、これにより支持地盤および地耐力試験などの確認を行なった。試験結果は90t/m²の許容地耐力を十分保証している。

側橋脚は $\phi=1,016\text{mm}$ 、 $l=30.5\text{m}$ の鋼管杭を用いた構造になっているが、地盤が急速に埋立てられており、杭の支持力をチェックする必要があるため鉛直荷重800t、水平荷重100t、引抜荷重200tの荷重試験を行ない、杭の安全性を確認した。

3.3 第4突堤側取付道路部

(1) 線型

第4突堤側の取付道路は、本橋に連絡するとともに、ポートターミナルにも連絡し、また、取付道路の路下には貨物上屋が建設されるなど効率よい計画を行なったため、その構造はきわめて複雑なものとなっている。

この取付道路の本線は、今後さらに延伸され、臨港地区、市街地にも有機的に連絡するように計画されることになっているが、現時点では第4突堤内に設けられたランプウェイにより本線に出入、連絡するようになっている。

自動車の通行は、ダブルデッキになっているため、一方通行方式により行なわれる。したがってランプウェイの計画は、この方式にしたがわなければならない。すなわち、ダブルデッキの下路は第4突堤からポートアイランドへ、上路はポートアイランドから第4突堤への交通流になっている。

オンランプは第4突堤基部から5%の勾配によりポートターミナル前で本線の下路に接続するとともに、ポートターミナルの玄関にも接続させる計画になっている。

ポートターミナルからの帰路は、南側に設けた付帯のループ状ランプウェイにより本線上路に接続し、オフランプに流入することができる。

ポートターミナルに付帯するランプウェイは、帰路用ランプウェイのほかには付属駐車場にも出入

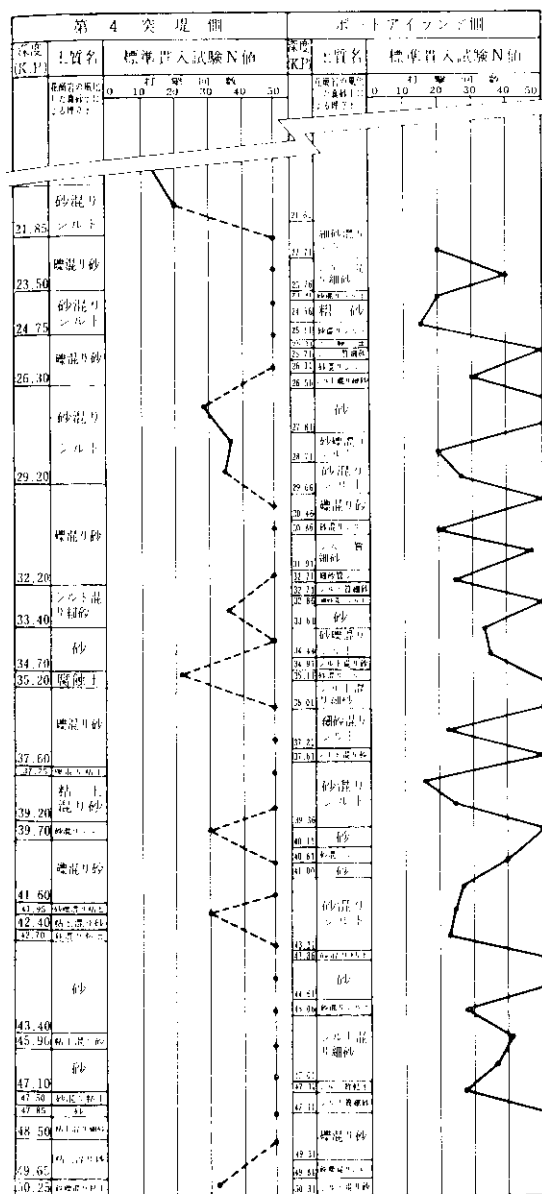


図7 土質調査結果

できるようダブルデッキ構造となっている。

ボートターミナル前の取付道路の本線には、バス・ストップを設けている。また、オンランプにはボートターミナルを経由し、本橋部に接続する幅員4.25mの歩道を併設している。

オフランプは7%の勾配で、第4突堤基部では突堤内平面道路の幅員を確保するため、取付道路本線下路の下に入るようになっている。なお、ボートアイランドからボートターミナルへは、いったんオフランプを出てからオンランプを通して入るようになっている。

(2) 構造

第4突堤側の取付道路はすでに述べたように非常に複雑になっている。

構造計画を行なうにあたり、標準構造として、2層式RCラーメン橋脚（鋼管杭基礎）と単純合成I型桁とを組合せた構造について比較設計を行なった。その結果、経済スパンは $l=25\sim 30\text{m}$ になることが判明した。これをもとにして、突堤内の障害物などの条件を考慮に入れ、スパン割を行なった結果、標準スパン割は28.8mとなった。本線とランプブーデーが合流し、6車線となる区間はRCラーメン橋脚の上層ばりを、上部構造と一体とした鋼製横ばりに置きかえ、下路のクリアランスを確保するように配慮した。

ランプ部は、本線部と同じスパン割にし、構造は単柱式RC橋脚と連続箱桁構造によって構成されている。旧第4突堤を200m延長した区間については、急速に埋立工事が行なわれているので、特殊区間として地盤の不等沈下を考慮し、鋼製橋脚および箱桁構造を採用した。

(3) 工事

上部工の設計、使用材料、製作、および現場工事などについては、本橋部のそれに準拠して行なっている。ここでは約5,000t、36種類の構造物を10カ月の短工期で完成させなければならないということが非常に苦しい条件であった。さらに、突堤内では荷役活動を続けながら工事を進めていく関係上、現場内が非常に混雑してくるとともに、ボートターミナル建設工事や、電気、水道、電話ガスなどの地下埋設物の共同溝建設工事などの出合丁場のため工程調整、連絡などに特別な配慮を

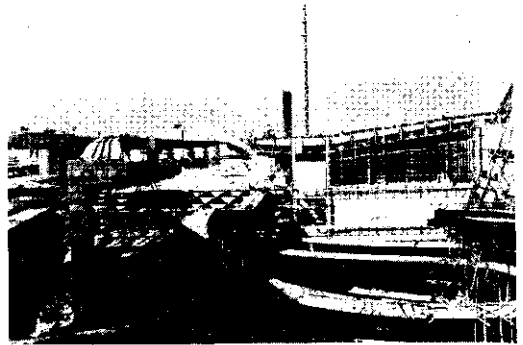


写真4 第四突堤側取付道路工事状況

行なわなければならなかった。

上部工の架設工事では、大型クレーン船(2,000t吊)を用い、桁全体を大組立したものを岸壁側より架設するようにし、現場内の混雑をさけるとともに能率を上げるように配慮した。

下部工事において、旧岸壁背後の裏込栗石および岸壁側の湧水により鋼管杭打込、フーチング施工の際の水かえ作業など基礎工事が非常に困難をきわめた。

3.4 ボートアイランド側取付道路部

(1) 線型

ボートアイランド側取付道路の下路は5%の勾配で直線的にボートアイランド内の幹線道路に接続しているが、上路は2車線ずつY型に分岐しそれぞれ幹線道路上に取付けられるようになっている。

ボートアイランド側の取付道路は昭和45年3月には下路だけが完成し、供用開始されることになっている。

なお、上路は引続き工事が行なわれるが、これが完成するまでの間、変則的ではあるが、当分の間下路だけを使用し、対面交通でボートアイランドと連絡することとなる。

歩道は自転車の通行を考え、東側歩道部については車道と同じ勾配で平面道路に取付けるようにしているが、西側歩道については、途中から階段で下りるようにし、さらにこれは東側歩道にも平面道路と立体交差し、接続するようになっている。

(2) 構造

本取付道路の構造計画において、もっとも留意した点は急速な埋立工事により将来不等沈下の起こる可能性があるということであった。

これに対処するため、上部工は単純構造とし、主桁関係は箱桁を採用することにした。下部工は不浄定構造物をさげ、2本の単柱式RC橋脚（鋼管杭基礎）により上部工を支えるようにし、上路と下路とは立体ラーメン構造となるよう枠組した鋼製柱で構成することにした。

不等沈下が発生した場合でも、ピア上からジャッキアップすることにより上下路とも一体的に調整できるように配慮してある。スパン割は本橋の側橋脚位置と旧第3防波堤を橋脚基礎として利用するところから、必然的に38.91～44.51mに決定した。擁壁区間の構造は、不等沈下対策として鋼矢板を用いて側壁をつくり、路面荷重による鉛直方向力の発生をさげ、側方荷重を両側の鋼矢板にタイロッドで相互にとらせるような構造にしてある。将来の補修には、鋼矢板を溶接でつなぐことにより簡単に修正できるようにした。



写真 5 ポートアイランド側取付道路工事状況

(3) 工事

本取付道路は、上下路立体構造になっているが、下路だけが完成した状態で部分供用されるため、そのような構造に対する応力チェックを行なうとともに上路の架設応力についても十分検討を行なった。

現場工事は特別変った方法を用いていないが、第4突堤側の取付道路工事と異なる点は部材の陸

上運搬ができないことであった。現地にはまだ商用電力および、水の供給がないため、電力は自家発電で、水は船舶給水船より購入するようにした。また、コンクリートは現場付近の岸壁に接岸したミキサ船より供給するようにし、機材、作業員などは船により運搬した。

4. あとがき

本橋はすでに述べたようにその規模、および構造のユニークなことに注目されるべき点が多いが、さらに港湾内に架橋されるということから、耐候性鋼材の使用、大型クレーン船による架設工法の採用など、いわゆるハーバー・ブリッジとしての特殊性を生かした点も注目されるべきものである。

従来、わが国では鋼構造物はコンクリート構造物に比して、腐食の点から永久構造物としての概念が低かった。しかし最近では防錆、防食技術の進歩と、補修、補強などが溶接により簡単に行なわれるようになったことから、このような考え方が改められるようになってきた。

鋼構造物はその保守、管理が完全であれば作用荷重の増大など外的条件の変化によって、その機能を失わない限りその耐用年数は非常に長いものとなる。このことは80年前（1890年）に架設された英国のフォース鉄道橋が、いまなお健在であることからもうかがえる。また、本橋に採用したM.I.O.系塗料の成果は今後海上に架橋される長大橋の防錆、防食に対する貴重な資料を提供するものと考えられる。

本文は神戸大橋および同取付道路についてその全般にわたり概要を述べたが、紙数の関係から内容的には、本工事で得られた、ごく一部の資料を用いて報告したにすぎない。今後、得られた資料を整理し、さらに完成後行なう現地実験の結果も加えて最終報告書を作成する予定である。

最後に本橋建設にあたり、問題点の検討、解明などにご援助、ご指導をいただいた関係各位に対して感謝の意を表します。