

# 阪神高速道路東灘第5工区工事報告

—ピルツ式高架橋—

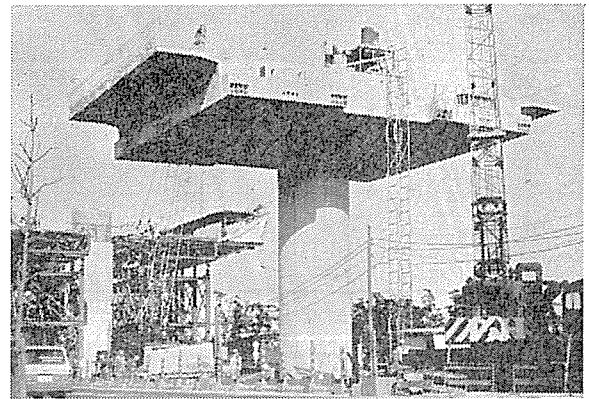
上 月 皎\*

## 1. ま え が き

大阪と神戸を結ぶ幹線道路は、国道2号線と国道43号線の2本のみで、いずれも交通量は飽和状態である。そこで、大阪神戸間の高速道路として国道43号線の中央分離帯(4.5m)を利用して、ここに1柱式橋脚を建て、国道の中央を縦走する高架橋が建設された。

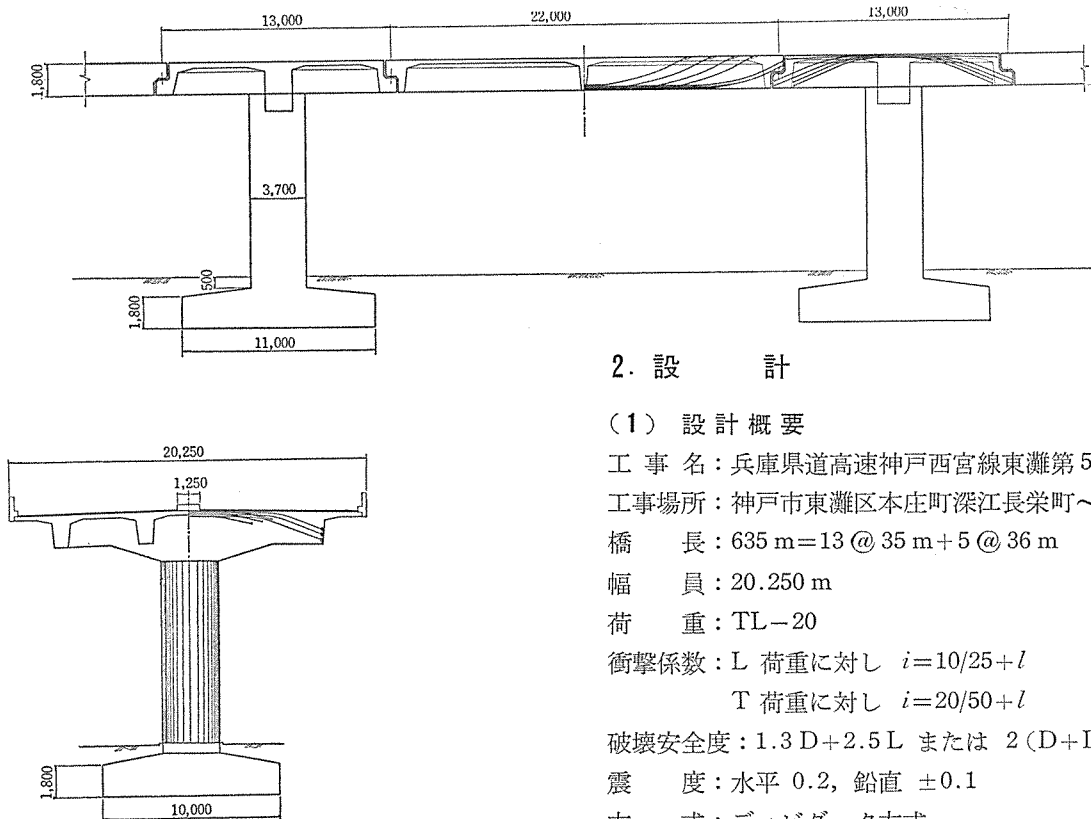
これが阪神高速道路神戸西宮線と呼ばれるもので、この路線の一部(芦屋川西方635m区間)に、ピルツ式高架橋が採用された。ピルツ構造については、コンクリート高架橋の新工法として、近年各方面から注目を集めているが、すでにいくつかの紹介例もあるので、本文では、ピルツの説明は省略し、本工事の概要報告かたがた

写真-1 受桁(ピルツ本体)



移動支保工、ポンプ車その他について報告する。

図-1 一般寸法図



## 2. 設 計

### (1) 設計概要

工 事 名：兵庫県道高速神戸西宮線東灘第5工区  
 工事場所：神戸市東灘区本庄町深江長栄町～永江町  
 橋 長：635m=13 @ 35m+5 @ 36m  
 幅 員：20.250m  
 荷 重：TL-20  
 衝撃係数：L 荷重に対し  $i=10/25+l$   
                   T 荷重に対し  $i=20/50+l$   
 破壊安全度：1.3D+2.5L または 2(D+L)  
 震 度：水平 0.2, 鉛直 ±0.1  
 方 式：ディビダーク方式  
 形状寸法：図-1 のとおり

\* 住友建設株式会社大阪支店

(2) 設計要旨

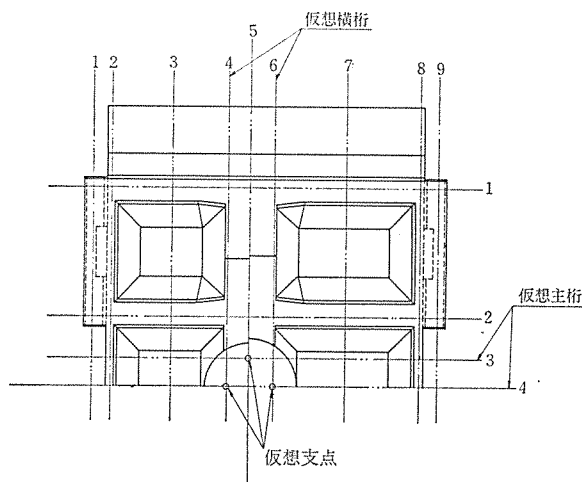
a) 下部工 この地帯は、東灘の酒造地で有名であるが、特に酒造に適した地下水（宮水という）の涵養地帯であるため、地下水に対する影響を極力少なくする工法を選定した。

地質は礫まじり砂質を主体とする良質なものであったので、フーチングの土かぶりを 0.5 m（一部 1.5 m）と浅くし、杭に  $\phi 1$  m、長さ 15 m のベノト杭を 1 基あたり 16 本使用した。

b) 上部工 構造形式（静定、不静定）、スパン割、受桁と吊桁のスパン比率等について比較検討の結果、受桁に単純支承で吊桁を載せたゲルバー式静定構造とし、受桁 13 m（張出し 6.5 m）、吊桁 22 m を標準スパンとした。

また、長スパンでは桁構造のほうがスラブ構造より経済的であり、ヒンジ部の補強も、桁構造の方が簡明であるため、桁構造とした。応力解析の方法は次のとおりである。

図-2 格子桁構造図



ス ラ ブ：張出し付 3 径間連続スラブで解析する。

吊 桁：支点沈下が無いものとして、4 本の主桁と支点およびスパン中央に配置された 3 本の横桁で構成する格子桁構造と考え、変形法で解析した。

受 桁：橋脚上に 4 点の仮想支点を仮定して、格子桁構造として、変形法で解析した。4 点の仮想支点のうち、2 点は橋軸方向に、2 点は橋軸直角方向におき非対称荷重による橋脚の曲げモーメントを反力によって求められるようにした。そのために、仮想主桁を 3 本、仮想横桁を 2 本考え、橋軸方向 8 分割、橋軸直角方向 6 分割し、 $9 \times 7 = 63$  節点の格子桁とした（図-2 参照）。

吊桁から作用する反力は、吊桁死荷重および活荷重であるが、活荷重反力は等分布荷重のみを考え、種々の載荷状態について、受桁各主桁の最大値を求

めた。

P C 鋼棒： $\phi 27$  mm 第 3 種を下記のとおり使用した。

22 m 吊桁	耳桁 16 本、中桁 14 本
13 m 受桁	耳桁 22 本、中桁 32 本
	橋脚上横桁 26 本
ス ラ ブ	45 cm 間隔

なお、支点沈下の影響も考慮した立体格子桁構造として検算して、前述の平面格子桁構造の解析値と比較してみたが、1%前後の差しか見られなかった。

(3) 設計上特に配慮した点

a) ヒンジ部 ヒンジの切欠部の研究は、多くの人によって発表されているが、この構造上の弱点を合理的かつ効果的にプレストレスを与えることで補強するために、次のような実験を実施し、設計に反映させた。

- ① P C 模型はりの静的載荷試験（実物 1/3 模型）
- ② P C 模型はりの疲労試験（ " ）
- ③ 有限要素法による解析
- ④ モルタル模型はりの静的載荷試験

これらの実験結果は別に報告されているので省略するが、適切なプレストレスの量と方向と位置さえ決定すれば、ヒンジ部のひびわれは十分に防止することができ、安全な構造となることがわかった（図-3）。

なお、上述の模型実験に引続いて、橋梁完成後の実物の動的性状を究明して、この種のヒンジ部の設計法を確立するため次の実験を行なっている。

- ① プレストレスの測定（カールソンひずみ計）
- ② 死荷重によるひずみ測定（ " ）
- ③ 静的載荷試験（17 t トラック 4 台、カールソンひずみ計、ポリエステルゲージ）
- ④ 起震機による動的試験（カールソンひずみ計、水管式傾斜計）
- ⑤ 走行車による動的試験（17 t トラック 2 台、カールソンひずみ計、ポリエステルゲージ、地震計）
- ⑥ クリープ実験（カールソンひずみ計）

これらの試験結果から次の具体的項目を得ようとしている。

受桁本体の構造を解析するため

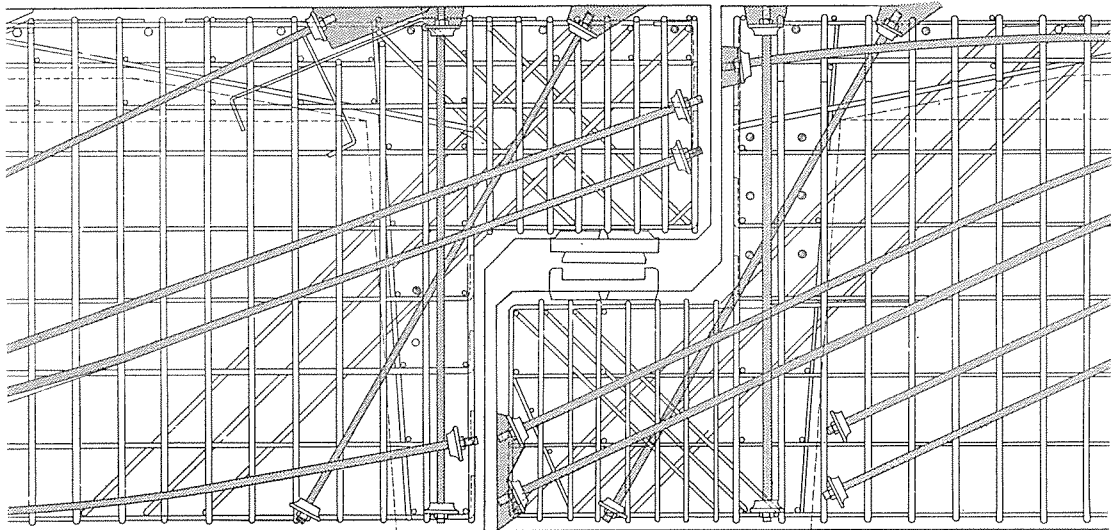
- ① 静荷重による応力、たわみの測定
  - ② 振動モードおよび動倍率の測定
- ヒンジ部の安全性を検討するため

- ① ヒンジ部の疲労寿命の推定
- ② ヒンジ部の設計法の検討

この一連の実験結果は、別に報告されるであろう。

b) 支 承 ヒンジ部には、前述のとおり複雑な応力集中が生じているので、支承による応力を簡明にするために、支承はすべて可動シュー（フルネス支承）を用

図-3 ヒンジ部詳細図



いた。すなわち、ベッドプレートに埋込んだ 25 mm のネオプレンゴムで回転をとらせ、可動側の水平移動はソールプレートの下に、特に摩擦が少ないといわれている 4 フッ化エチレン樹脂板 (4 mm) を入れて、水平抵抗を少なくした。固定側の水平力は、これを支承のアンカーボルトで橋体に伝えることを避け、橋軸方向水平力は、耳桁と中桁の間の横桁に、左右 2 本ずつ計 4 本の鋼棒 ( $\phi 27$  mm) をとおし、受桁と吊桁を連結緊張することで固定の作用をさせ、橋軸直角方向水平力は、ホゾを作り、ホゾのせん断力で抵抗させた。接触面にはネオプラス (10 mm) + ネオプレン (10 mm) + ネオプラス (10 mm) の積層合成ゴム板を用いた。

c) 伸縮目地 静定構造としたため、目地が多くなったので、固定側はチオコール系合成ゴム剤を填充してめくら目地とし、可動側はスミジョイントを用いた。

### 3. 施 工

国道 43 号線は、歩道 + 車道 (5 車線) + 中央分離帯 (4.5 m) + 車道 (5 車線) + 歩道の幅員構成である。このうち、中央部 15 m (中央分離帯と上下車線約 2 車線宛計 4 車線) を工事用地として確保した。工事敷地と車道との境界には、強固なフェンスを設置し、2 m 間隔に赤色保安灯をつけ、工事用車両の出入口を制限して誘導員を配置するなどして、第三者への損傷事故の防止に細心の注意を払った。また、従来でも 5 車線で飽和状態に近かった路線を、3 車線に制限したため、交通は混雑をきわめ、工事用地内に飛込んでくる無暴車両も多く、支保工を組んだ周囲には、H 鋼を打込んだり、 $1 \text{ m}^3$  程度のコンクリートブロックをならべるなどして、防備処置をとり、保

安対策には特に神経をつかった。

概略の工程は 図-4 のとおりであった。

#### (1) 下 部 工

地下水対策が最重要事項であって、地下水調査には、係員 2 名を専従させ、pH、水位、塩分等を毎日定期的に測定しながら工事を進めた。

当工区は地下水位が地表下 1 m 程度でかなり高いため、当然揚水の必要が考えられるが、揚水量をできるだけ少なくするため、止水矢板 (YSP-III 型) を不透水層まで打込み、完全閉そくを目標にし、必要時以外は揚水しないこととした。

施工内容は、場所打鉄筋コンクリート杭 (ペノト杭、 $\phi 1 \text{ m}$ ,  $l \approx 15 \text{ m}$ , 294 本)、鉄筋コンクリート単柱橋脚 17 基で、43 年 9 月着工、44 年 4 月完了した。

#### (2) 上 部 工

PC 工事そのものは、一般 PC 工事と大差がない。ただ受桁において、横桁と柱頭部付近には、曲げモーメント、せん断力、ねじりモーメントが集中的に作用するので、鉄筋や PC 鋼棒の縦締めが多量に配置されたので、鉄筋と PC 鋼棒が入り込んで複雑な配置となったため、配筋順序に特に注意を払わねばならなかった。

コンクリートの設計基準強度は  $350 \text{ kg/cm}^2$  (一部  $400 \text{ kg/cm}^2$ ) で、その示方配合は 表-1 のとおりである。

型わくは 15 mm の耐水合板を使用し、はく離剤 (パネクリート) を塗布した。

PC 鋼棒は、原寸図に合せながら、バーベンダーで正

表-1 示 方 配 合

粗骨材 最大寸法	スランプ (目標)	空気量 (目標)	水セメ ント比	細骨 材率	単 位 量 ( $\text{kg/m}^3$ )				混 和 剤 (プラスチック)
					水	セメント	細骨材	粗骨材	
25 mm	6 cm	3%	40.6%	34%	140	340	640	1 257	C×0.3%

図-4 工 程 表

H:受桁 S:吊桁

種別	年月	43	10	11	12	44	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
S-1						杭	橋脚										
H-1																	
S-2																	
H-2																	
S-3																	
H-3																	
S-4																	
H-4																	
S-5																	
H-5																	
S-6																	
H-6																	
S-7																	
H-7																	
S-8																	
H-8																	
S-9																	
H-9																	
S-10																	
H-10																	
S-11																	
H-11																	
S-12																	
H-12																	
S-13																	
H-13																	
S-14																	
H-14																	
S-15																	
H-15																	
H-16																	
S-16																	
S-17																	
H-17																	
S-18																	
準備工																	

確に加工し、シーソやアンカープレートを装着したものを組立てた。鋼棒の配置は 2~2.5 m ごとに鉄筋を溶接して柵を作り、正確な位置に緊結固定した。ヒンジ部の鋼棒は特に入念に配置し、傾斜角度はスラントルールで確認した。

コンクリートの打設には、コンクリートポンプ車（ホワイトマン P-80）を使用した。

コンクリートの養生は、被膜養生（サララテックス散布）を主体に、麻布およびシートによる湿潤養生を、緊張するまでの 4~5 日間行なった。

緊張およびグラウトについては、ディビダーク指針に準拠した。

高欄の施工は移動作業台を作って、吊足場なしで施工した。高欄の位置は、工事用地の外に張出しており、車両が走行している直上の作業であったが、作業台によって安全、かつ迅速に作業することができた。

(3) 移動支保工

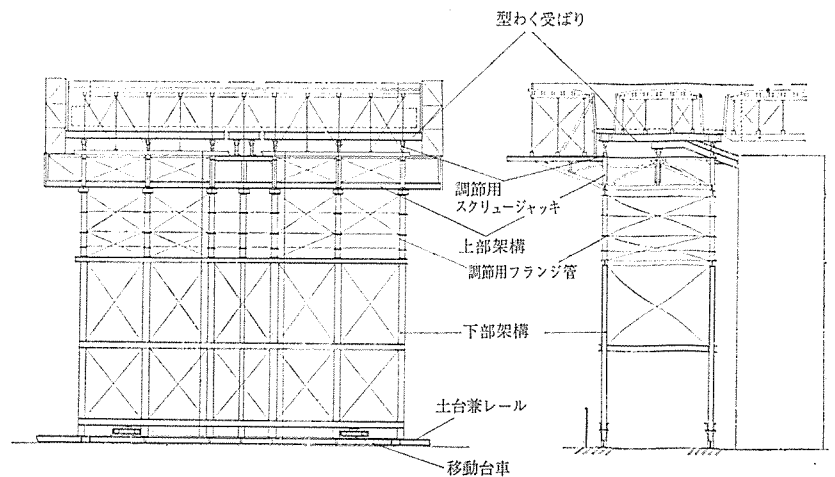
本工区は全長にわたり、ほぼ一直線に配置された同一形状の受桁、吊桁が直列しているため、作業は同一サイクルの繰り返しとなる。これがピルツ構造の特徴であり、支保工は安全で機動性のある移動支保工が要求される。

支保工には、① ゲリュストワーゲン（Gerüstwagen）と呼ばれる橋脚間

に架け渡したガーダーから肋骨状のわくで1 スパン全部を抱き込んで施工する支保工と、② 地上に建てたまま解体しないで移動できる支保工の2種類がある。それぞれに利点があるが、今回は、工事用地がある程度確保されており、桁下は 10.5~14 m で、地盤は強固な舗装道路であるので、後者の接地式移動支保工を採用した。

a) 受桁移動支保工（図-5） 図-5 のとおり下部架構と上部架構からなり、この架構の間に高さ調節用のフランジ管を配置し、路面と計画高さまでの高さが、10.5~14 m に変化するのに対し、20 cm 程度まで調節できるようにした。下部架構の下に、土台兼レールとして、H-250×250×9 を用い、この土台の下に堅木のパッキングをそう入して 5 cm 程度まで高さを調節した。上部

図-5 受桁移動支保工



架構と型わく受ばりの間にスクリージャッキ(ストローク 20 cm)をおき、縦横断勾配の調節および型わくの脱型に供した。支保工を水平にすえ付けたため、高低差の調整に予想以上の手間がかかった。一部ではキャンバーで高さを調節したところも生じた。

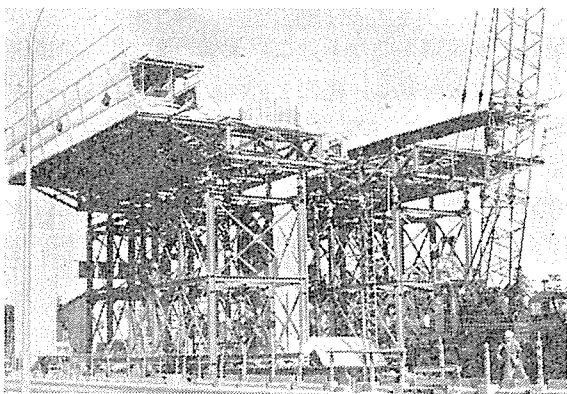
移動作業の順序は、型わくが脱型できる程度にスクリージャッキを下げて型わくを脱型し、型わくをのせたまま型わく受ばりを既成スラブに吊下げる。さらにジャッキダウンして、型わくと支保工を絶縁する。下部架構とレールの間に移動台車を押し込み、スクリージャッキから下の部分をウインチ(30 IP)で引張って、次の所定位置まで移動する。上部架構をトラッククレーン2台で吊上げて、フランジ管をそう入して高さ調節を行なう。すえ付け完了後、型わくをのせたまま、型わく受ばりを吊り降し、トラッククレーンで、上部架構の上のせ、スクリージャッキで所定高さにセットするのである。

作業用地の範囲が耳桁の外圍一杯程度なので、張出スラブ部分の直下は、車両の通行のはげしい場所であるため、作業足場および落下防止工は、特に入念にした。

また下部架構は、通行車両が飛込んできて衝突しても安全であるよう衝突荷重で設計した。

1基あたりの使用鋼材は約 100 t である。

写真-2 施工中の受桁移動



**b) 吊桁支保工(図-6)** すでに完成している受桁から、滑車(8車)でガーダーを吊上げ、鋼棒で緊張固定する。鋼棒の緊張力は、施工中に鋼棒にかかる反力よりやや大きい力で緊張しておくことにより、コンクリート打設時にもガーダーが受桁から離れないようにしている。ガーダーの両端に2方向にスクリージャッキを取付けておき、このジャッキを、受桁の主桁および横桁に押付つけることにより、ガーダーの芯出しと、水平方向の固定に利用した。ガーダーのほぼ3等分点に支柱が建っている。ガーダーは自重および型わく等の荷重に対

図-6 吊桁移動支保工

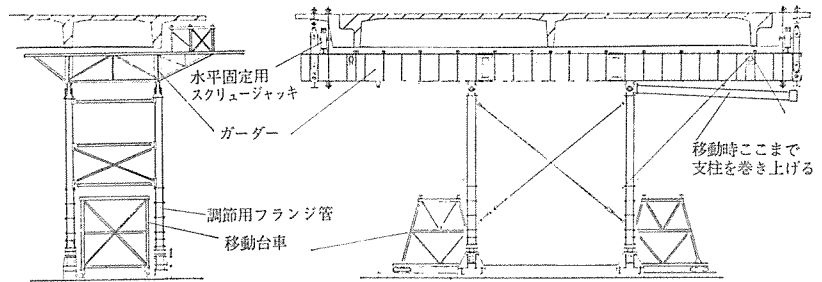
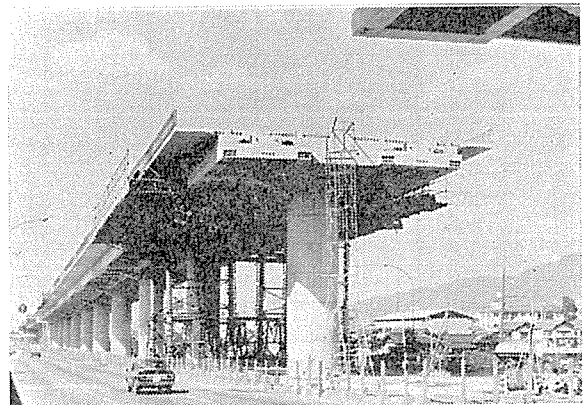


写真-3 施工中の吊桁移動支保工



しては両端支持の状態、中央のたわみは約 20 mm 程度であるが、コンクリートの荷重には抵抗できないので支柱を入れた。この支柱で上げ越しの調整を行なうため支柱の下端にフランジ管を入れ、さらに 100 t 油圧ジャッキを置いた。

移動作業の順序は、水平方向固定のスクリージャッキをゆるめ、鋼棒の緊張を解放し 10 cm ほどゆるめる(ガーダーは支柱で支えられている状態である)。滑車のワイヤーを張しぼってから支柱下の 100 t ジャッキを下げると、ガーダーは滑車で吊下げられる。約 1 m ガーダーを下げて型わくを脱型し、さらに下げて移動台車にのせる。移動中に橋脚にあたる中央部分の型わくを両側のガーダーの方へ載せ、張出し足場を下げてから、ウインチ(30 IP)で移動させるのである。

1基あたりの使用鋼材は 145 t であった。

**e) コンクリートポンプ車** コンクリートの1回の打設量は 210~230 m<sup>3</sup> であった。付近に民家が密集しているため、夜間作業は原則として禁止されており、実働約 10 時間であるので、1時間平均 20~30 m<sup>3</sup> 打設可能な方法を検討した。なお前述のとおり交通渋滞がはげしいことと、当時万博関連工事の全盛期で、生コン工場の供給状態も思わしくなかったため、1時間あたり 30 m<sup>3</sup> 以上は計画できなかった。コンクリートタワーやトラッククレーンによる方法は、立地条件や打設能力の点でポンプ車におよばなかったため、ポンプ車の採用にふみきった。PC工事用のコンクリートは、低スランプ、低砂

表-2 ポンプ車によるコンクリートの性状調査  
スランブ・空気量・圧縮強度・コンクリート温度表

桁番号	コンクリート打設年月日	スランブ (cm)			空気量 (%)			28日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )								コンクリート温度 (C°)
		入口	出口	差	入口	出口	差	入 口				出 口				
								x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	平均値	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	平均値	
H-8	44. 2.15	7.8	7.8	0	3.1	3.3	0.2	442	456	441	446	456	448	438	447	10.3
H-9	2.19	7.3	7.0	-0.3	2.7	2.5	-0.2	456	437	441	445	430	463	435	443	16.5
H-7	3.13	6.0	6.2	0.2	3.6	3.1	-0.5	402	453	449	435	446	444	433	441	13.2
H-10	3.19	6.5	6.7	0.2	3.0	3.2	0.2	443	461	456	453	446	448	448	447	14.1
		6.7	8.0	1.3	2.8	2.9	0.1	446	453	469	456	451	446	453	450	14.4
		7.5	7.5	0	2.9	2.9	0	446	463	448	452	441	448	446	445	15.0
H-6	4.3	7.5	6.8	-0.7	2.3	2.8	0.5	461	446	446	451	469	451	435	452	15.0
		6.6	9.5	2.9	2.8	2.2	-0.6	426	404	409	413	420	424	407	417	16.0
		7.6	7.3	-0.3	2.2	3.0	0.8	376	390	388	385	396	392	407	397	17.0
H-11	4.9	6.8	7.3	0.5	2.7	2.4	-0.3	410	407	405	407	435	428	420	428	18.0
		6.6	7.5	0.9	2.9	2.8	-0.1	388	439	433	420	382	427	420	410	17.0
		7.6	7.1	-0.5	2.9	2.4	-0.5	430	420	428	426	443	452	438	444	18.0
S-9	4.15	6.7	8.0	1.3	3.3	3.0	-0.3	407	420	423	417	433	410	429	424	18.2
		7.2	8.2	1.0	3.1	3.0	-0.1	428	435	425	429	443	400	415	419	22.0
		6.5	6.9	0.4	2.7	2.1	-0.6	392	400	377	390	359	390	369	373	24.0
H-5	4.24	5.6	6.4	0.8	3.0	3.2	0.2	435	443	446	441	433	423	415	424	24.0
		7.0	6.7	-0.3	2.1	2.0	-0.1	396	392	401	396	416	413	425	418	22.0
		6.4	6.8	0.4	2.0	2.0	0	407	413	413	411	417	412	425	418	20.0
H-12	4.30	8.2	8.0	-0.2	2.3	2.5	0.2	407	415	428	417	404	427	427	419	21.0
		7.0	6.0	-0.1	3.2	2.6	-0.6	425	438	433	432	427	429	409	422	21.5
		6.3	6.2	-0.1	2.3	2.6	0.3	420	441	413	425	406	424	398	409	20.0
H-4	5.13	6.3	6.2	-0.1	2.3	2.6	0.3	420	441	413	425	406	424	398	409	20.0
H-13	5.20	6.6	6.8	0.2	2.8	3.2	0.4	434	427	434	432	418	427	415	420	23.0
合 計		152.0	158.7	6.7	60.7	59.7	-1.0					9 379			9 367	
平均値		6.9	7.2		2.8	2.7						426			426	
標準偏差σ		0.43	0.56		0.4	0.41						20			20	
変動係数V(%)		6.2	7.8		14.2	15.2						4.7			4.7	

\* 桁番号 H (受桁) は 213m<sup>3</sup>, S (吊桁) は 227.1m<sup>3</sup> である。

率であるため、その使用例も少なく、多少不安もあったが、各種のポンプ車を比較検討の結果、米国ホワイトマン社のホワイトマン P-80 を使用することにした。本機は特に土木用に設計されたもので、1500 HP の強力なエンジンを有し、複式油圧ピストン式で、ホッパーに投入されたコンクリートが、2本のコンクリートシリンダーに交互に吸入、吐出される。複式であるため2本配管ができたので、幅員 20 m の橋面に2本の配管を行ない、配管の先端には長さ 6 m のフレキシブルホースを取付けたため、配管は切断して接続するのみで、橋面の配筋を損傷することが少なく、打設能力も、期待どおりであった。なおコンクリートシリンダー径は 6 in であったが、6 in の配管を行なうと、管先のフレキシブルホースの振回しが、人力では困難と考えられたので、シリンダーから出た部分にテーパ管をそう入して、5 in におとして使用した。今後、コンクリートポンプ車の利用が次第に

多くなると思われるが、厳重な品質管理が必要であると考える。コンクリートのポンプ車による性状の変化の調査結果は表-2 のとおりで、ほとんど変化が認められなかった。

#### 4. む す び

工事は大体予定どおり進捗した。万博関連工事の全盛期で、労務者、機器類等が不足して、工程管理上に相当苦労したが、同一作業を繰返す単純作業なので、労務者が作業になじみやすく、安全に施工できたことを喜んでいる。図-3 の完成写真に見られるとおりスマートな外観で、経済的にも他の構造に比べて十分対抗できるものであり、今後大いに採用されてよい構造できると考える。

最後に、新工法を御採用になり、施工、管理に御指導御鞭撻を賜った阪神高速道路公団の関係者各位に、心から敬意と謝意を表します。

1970. 4. 2・受付