

## 美々津大橋架設工事

歳 田 正 夫\*  
佐 藤 浩 一\*\*

### 1. ま え が き

美々津大橋は、九州の東岸を走る国道 10 号線の一環として美々津、幸脇間に架設されたもので、神武天皇東征の際この地より船出されたといわれる風光明媚な耳川の河口に位置した橋長約 380 m のバイパス橋である。

橋長約 380 m の内訳は、230 m の渡川部橋梁 105 m (スパン 13 m, 4 径間連続 2 連) の R C 床版 高架橋, 24 m 2 連 P C 単純ばり跨線橋であるが、ここでは橋長 230 m の渡川部橋梁の上部工について詳述することにする。

渡川部橋梁の工事概要はつぎのとおりである (写真-1, 図-1)。

工事場所：宮崎県日向市幸脇～美々津  
河 川 名：耳川  
路 線 名：国道 10 号線  
形 式：P C 4 径間連続桁  
方 式：Dywidag 工法  
橋 長：230 m  
径 間 割：51.5+63.5+63.5+51.5  
有効幅員：車道 7.0 歩道 1.5  
荷 重：TL-20  
施 主：建設省九州地方建設局  
設 計：住友建設株式会社  
施 工：住友建設株式会社

### 2. 橋 種 の 選 定

架設地点は漁港に近く、漁船が航行することおよび計画流量 5000 t/sec の河川であることから、スパン約 60 m として P C 橋 7 種類、鋼橋 2 種類、計 9 種類について比較概略設計を行なった。

その結果、鋼橋は工費の面で P C 橋より高く不採用とした。

P C 案は、1) ディビダーク工法、2) フレシネー工法

\* 建設省九州地方建設局鹿児島国道工事々務所工務課長  
\*\* 住友建設株式会社 P C 部設計課

3) レオンハルト工法の 3 工法について、種々の施工法を考慮して 7 案を比較し、各工法について最良と思われる各 1 種を検討してみた結果、技術的に問題がなく、また工費の点でも全体工費ではほとんど差がないという結論に達した。

以上のようなことで、本橋の橋種選定には確たる決め手がなく苦慮したが、P C 工法であればこのスパン割りではどの工法でも可能であり、所要のものが得られるという判断と、どの工法が一番安価であるかは実際に 3 工法で詳細設計を行なってみなければならぬという判断に立ち、契約上の問題点も種々検討した結果、指命競争による設計付入札 (上下部共) という形式を採り入札により橋種の決定を行なった。設計付入札であるので設計条件を付し、これに対し指名された業者は各自独自の設計を提出したが、その設計について諸々の設計条件に適合しているかを審査し入札を行なった結果、ディビダーク工法に決定した (写真-2)。

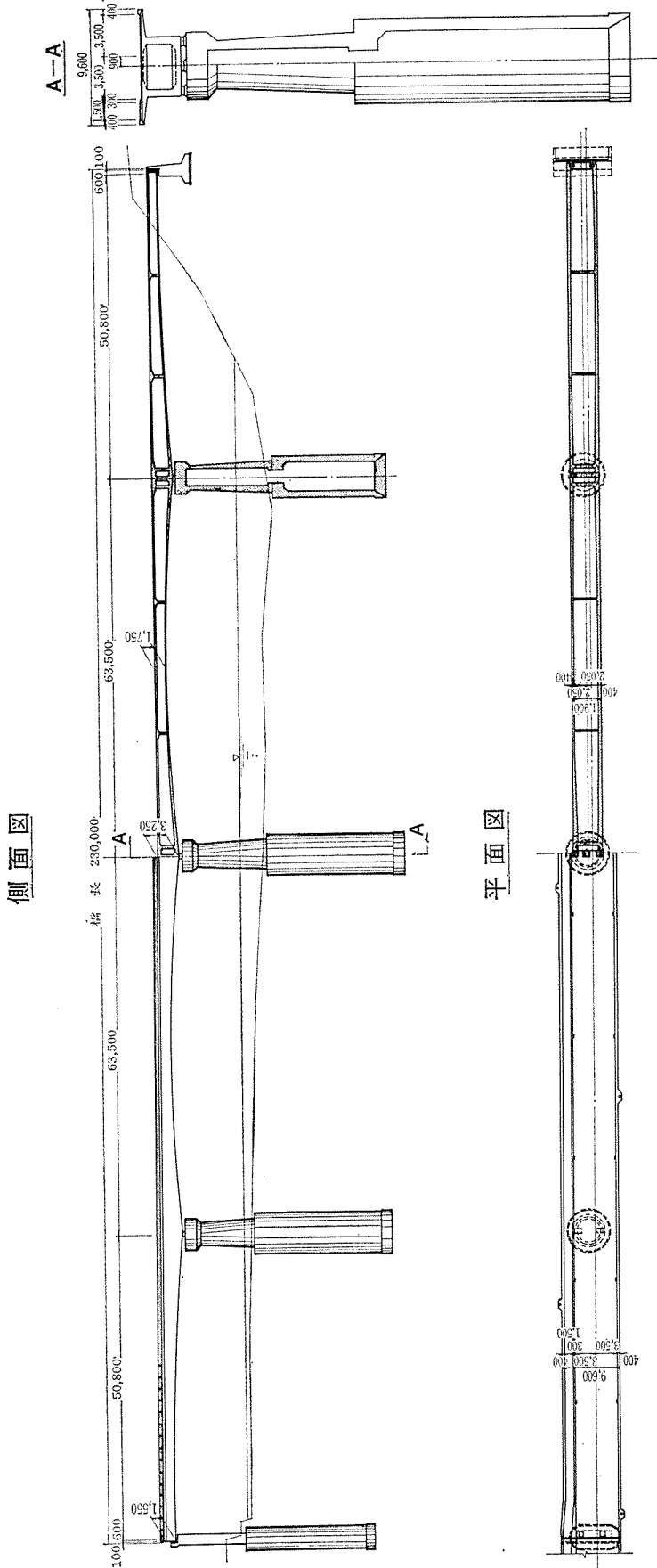
### 3. 設 計

構造形式は図-1 に示すように 4 径間連続桁であり、桁高は橋脚上 3.25 m, 支間中央 1.75 m, 側径間桁端 1.55 m で、その間の桁高変化は 2 次曲線で変化させている。ウェブ幅は 40~60 cm で幅員構成、ウェブ間隔は図-1 に示すとおりである。



写真-1 施 工 中

図一 一般 側面図



写真—2 柱頭部施工

(1) 床版および横方向の計算

上下床版およびウェブに生ずる曲げモーメントの算出には、Kani のモーメント分配法を使用した。なお輪荷重による固定端モーメントに関しては A. Pucher の図表を利用して版としてのモーメントを求めた。

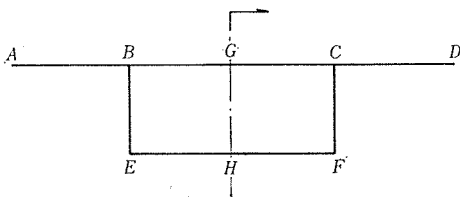
橋脚上断面と支間中央断面についての各点の曲げモーメント、鉄筋量、コンクリートおよび鉄筋応力を表-1 に示す。

(2) 主桁の設計

桁自重の曲げモーメント、およびプレストレスによる2次モーメントについては、施工の方法によって異なってくるものであり、施工法の差異によって生ずる架設直後の曲げモーメントは、その後時間の経過とともにクリープによって全体を支保工上で施工したときの曲げモーメント状態に次第に近づくものである。したがって、この両者の間の曲げモーメント差ができるだけ小さくなるように施工方法を考慮した。

本橋の架設方法は図-2 に示すようにまず、橋脚と柱頭部を仮支承（コンクリート）およびPC鋼棒により剛結し、フォルパワーゲンによって片持施工してゆき、支間中央において連結する。したがって、桁自重による架設中曲げモーメントは、全体を支保工上で施工したときの曲げモーメント状態とはかなり異なっ

表一1 最大最小曲げモーメント

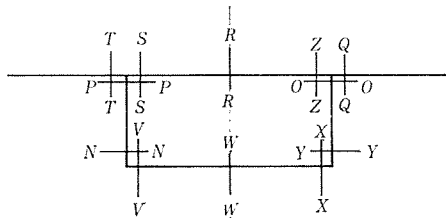


	$M_{CD}$	$M_{CB}$	$M_{CF}$	$M_G$	$M_{FC}$	$M_{FE}$	$M_H$
$M_{max}$	-2.636	-1.120	5.280	2.199	2.612	2.612	1.398
$M_{min}$	-7.189	-6.451	-2.794	0.222	1.061	1.061	1.127

	$M_{CD}$	$M_{CB}$	$M_{CF}$	$M_G$	$M_{FC}$	$M_{FE}$	$M_H$
$M_{max}$	-2.636	-1.008	4.490	2.602	1.238	1.238	0.532
$M_{min}$	-7.192	-7.155	-3.066	0.518	0.327	0.327	0.497

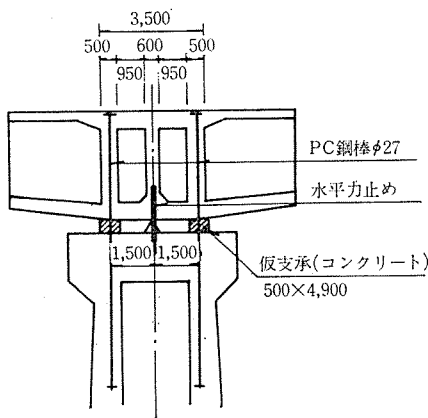
鉄筋量の算定, 応力度の検討



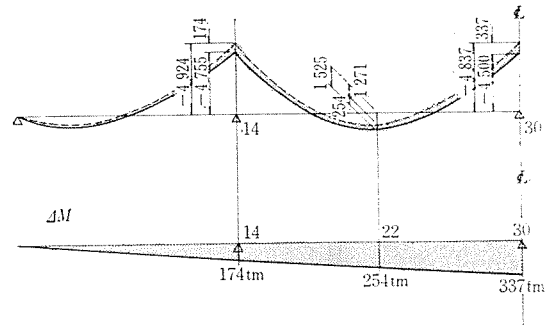
鉄筋	Q-Q 断面		Z-Z 断面		R-R 断面		O-O 断面		X-X 断面		W-W 断面	
	D19 @ 150	D19 @ 150	D19 @ 150	D19 @ 150	D19 @ 300	D19 @ 150	D19 @ 300	D19 @ 300	D13 @ 300	D13 @ 300	D13 @ 300	D13 @ 300
	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$\sigma_c$	$\sigma_s$
14	61.5	1.605	51.0	1.407	91.3	1.574	14.0	1.065	11.3	950	-	-
22	61.5	1.605	51.0	1.407	91.3	1.574	30.5	1.510	25.8	1484	31.0	1116

たものとなる。プレストレスの2次モーメントによりある程度この差は小さくなるが、まだ架設中曲げモーメントと、支保工上で単体的に施工した場合の曲げモーメントとの間にはかなりの差がある。この差を小さくする方法としてつぎの方法が考えられる(図一2)。

図一2



図一3



- 1) 静定時(4径間連続桁になる前)に荷重をかけるなどの方法により強制的に外力を加え連続桁完成後撤去する。
- 2) 連続桁完成後支点到外力を加えて支点調整する。
- 3) プレストレスの導入順序を変えてプレストレスの2次モーメントを起させる。
- 4) 支保工による施工区間長を変えて曲げモーメントを調整する。

本橋の場合 3) と 4) によって曲げモーメント差を極力小さくした。すなわち、側径間の支保工区間の長さを調節し、側径間桁端で緊張するPC鋼棒の内、1/2は支保工部分のコンクリート打設後緊張するが、残りの1/2は、支間中央のコンクリートを打設して、4径間連続桁とした後緊張することにより、2次モーメントが図一3のように起り  $\Delta M$  は

非常に小さくなる。

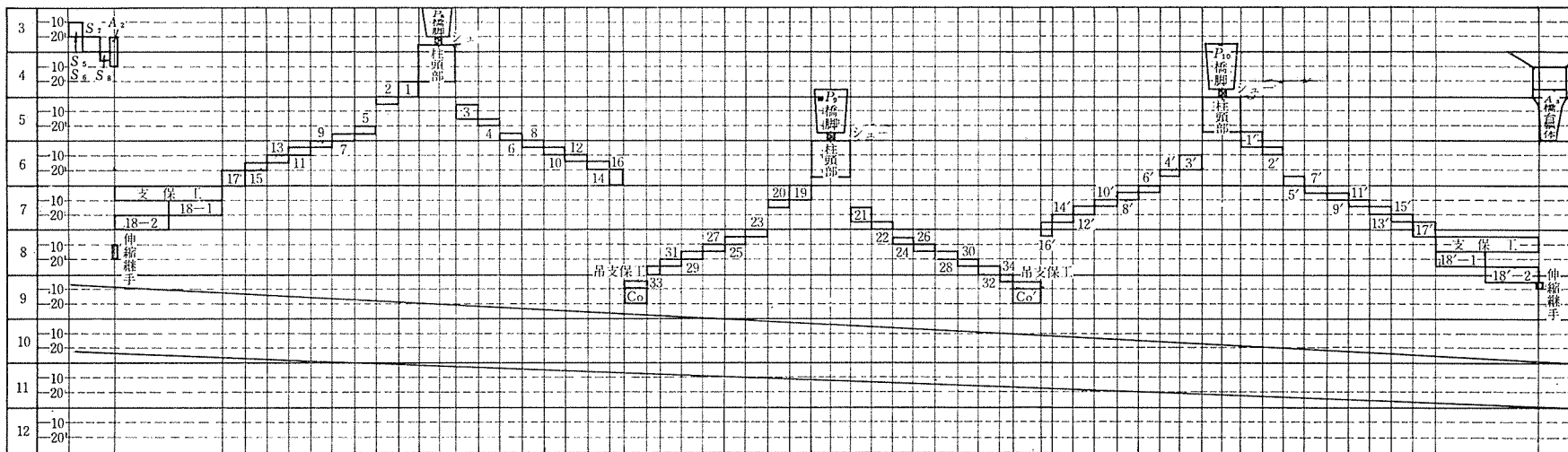
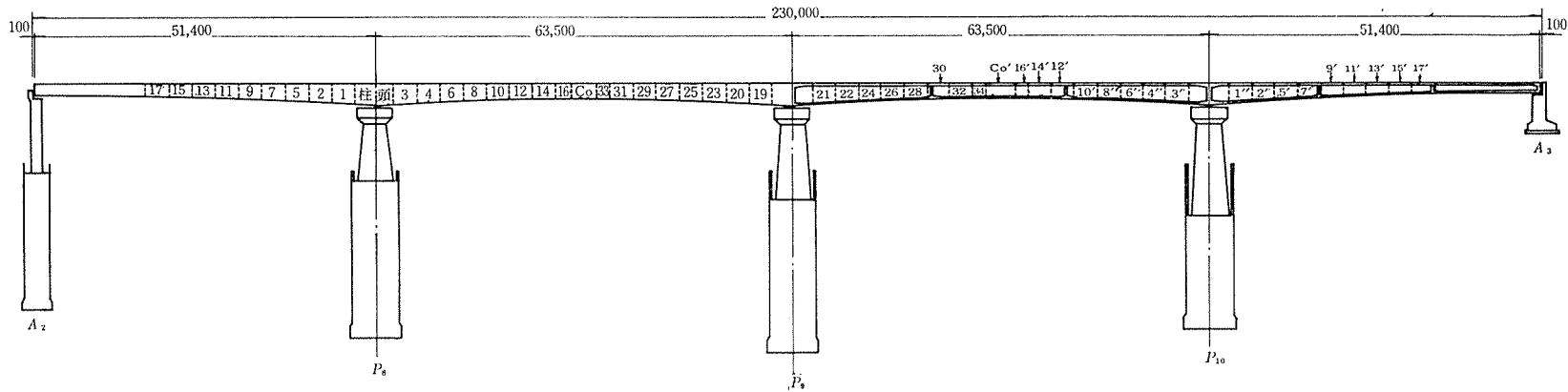
(3) 柱頭部の設計(橋脚と橋桁の一時固定)

一時固定の方法として図一2のように橋脚と橋桁の間にコンクリートブロックをはさみ、PC鋼棒を垂直に、24本配置し、圧縮力と引張力に抵抗させる。また可動シューでは、地震時水平力止めとして鉄筋を配置した。

仮支承体およびPC鋼棒量の算定結果をつぎのように示す。

- a) ワーゲン撤去時  
 $N=911\text{ t}$        $M=1871\text{ tm}$   
 仮支承体に作用する反力……1080 t    -168 t  
 PC鋼棒(φ27) 24本      300 t      300 t  
 合成力      1380 t      132 t  
 圧縮応力度      69 kg/cm<sup>2</sup>
- b) ワーゲン作用時  
 $N=991\text{ t}$        $M=2011\text{ tm}$   
 仮支承体に作用する反力    1166 t    -174 t  
 合成力      1466 t      126 t  
 圧縮応力度      73.3 kg/cm<sup>2</sup>

図-4 工 程 管 理 図



c) 地震時

最大水平力 230 t  
 所要鉄筋断面積 220 cm<sup>2</sup>

(4) 主要材料

主要材料を表-2に示す。

表-2 主要材料表 (橋体工)

コンクリート	1 283 m <sup>3</sup>
型 わ く	5 312 m <sup>2</sup>
鉄 筋	119.5 t
P C 鋼 棒	90.0 t

4. 施 工

(1) 施工方法および順序

すでに述べたように、本橋は4径間連続桁をディビダーク工法による片持施工を行なうために、施工に当っては設計上の仮定に合致するよう十分に注意を払った。施工順序および工程表を表-3、図-4に示す。

(2) 柱頭部の施工

片持施工中、橋脚と橋桁と剛結する必要上、図-3に示すように橋脚と橋桁の間にコンクリートの仮支承体を作った。仮支承体は橋桁を連結後除去するために、破りやすい構造にした。すなわち仮支承コンクリートの下側にはセメント袋の紙を敷き、上側は薄鉄板にて橋桁との間に縁を切り、また仮支承体の長手方向は約50cm間隔に仕切りを入れた。なお仮支承体の上側は薄鉄板にて完全に縁を切った関係上、仮支承体と橋桁の間には鉄筋をさし込んで、せん断および引張りに抵抗させた。

また、アンバランス モーメントに対して、PC鋼棒(φ27)を24本ずつ48本配置して、柱頭部コンクリート打設後、この仮鋼棒を緊張した(写真-3)

柱頭部の施工に当って支保工は図-5に示すように橋脚頭部を切り欠いてH鋼をならべ、柱頭部荷重を支持するとともに、周囲に足場を組んで作業場所を確保した。

橋脚は円形であるから、H鋼をならべると両側は張り出し長さが大きくなるので、支柱4本により支持させた。

柱頭部のコンクリート打設はウェブ上方(PC鋼棒配置の下側)に打継目を設け、下スラブ、ウェブのコンクリートを打設したのち、上スラブの鋼棒、鉄筋を配置して、上スラブのコンクリートを打設した。

(3) ワーゲン施工

フォルバウワーゲンによる片持施工については、いままでに数多く紹介されているので、ここでは詳述することを避け、1ブロックの標準工程と全体工程を表-4に示す。本橋のワーゲン施工で特記すべき事柄は、連続桁を片持施工する場合、支間中央付近では架設中モーメン

表-4

	第 1 日	第 2 日	第 3 日	第 4 日
コンクリート打	■			
養 生	■	■		
鋼 棒 緊 張			■	
作業車移動			■	
型 わ く 組 立	■			■
鋼 棒 組 立	■			■

トと完成後モーメントが逆になるので、この架設中の逆のモーメントをいかに処理するかという問題である。

本橋の場合、仮支柱等で下から支えるということは、常時、水深5~9mの状態を考えると得策でなく、下からは全然支えることなく、橋桁に仮鋼棒を配置して架設中モーメントに抵抗させ、中央で連結して全体が連続桁としての作用をするようになって、この仮鋼棒のストレスを除去した(図-6)。この仮鋼棒法を採用することによって、工費の面でもまた、工期の点でもいちじるしく有利になったのである。

しかし、この方法をとる場合には上げ越し計算や、施工管理上、種々はん雑な面もあるが、施工前のめん密なる計算と施工に当っての周到なる計画によって何ら支障もなく無事施工ができた。

(4) 側径間施工

中央径間側の架設中モーメントに対しては前述のよう

図-5 柱頭部支保工

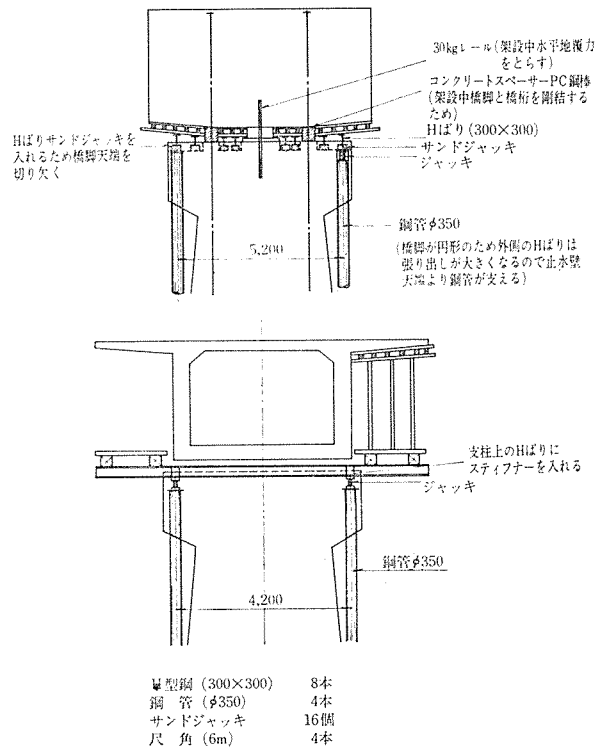
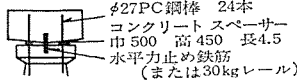
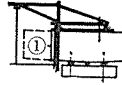
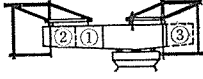
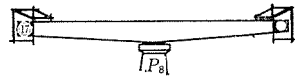
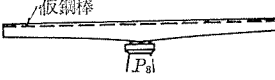



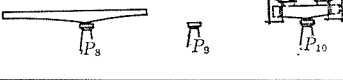
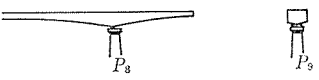
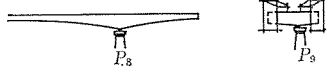



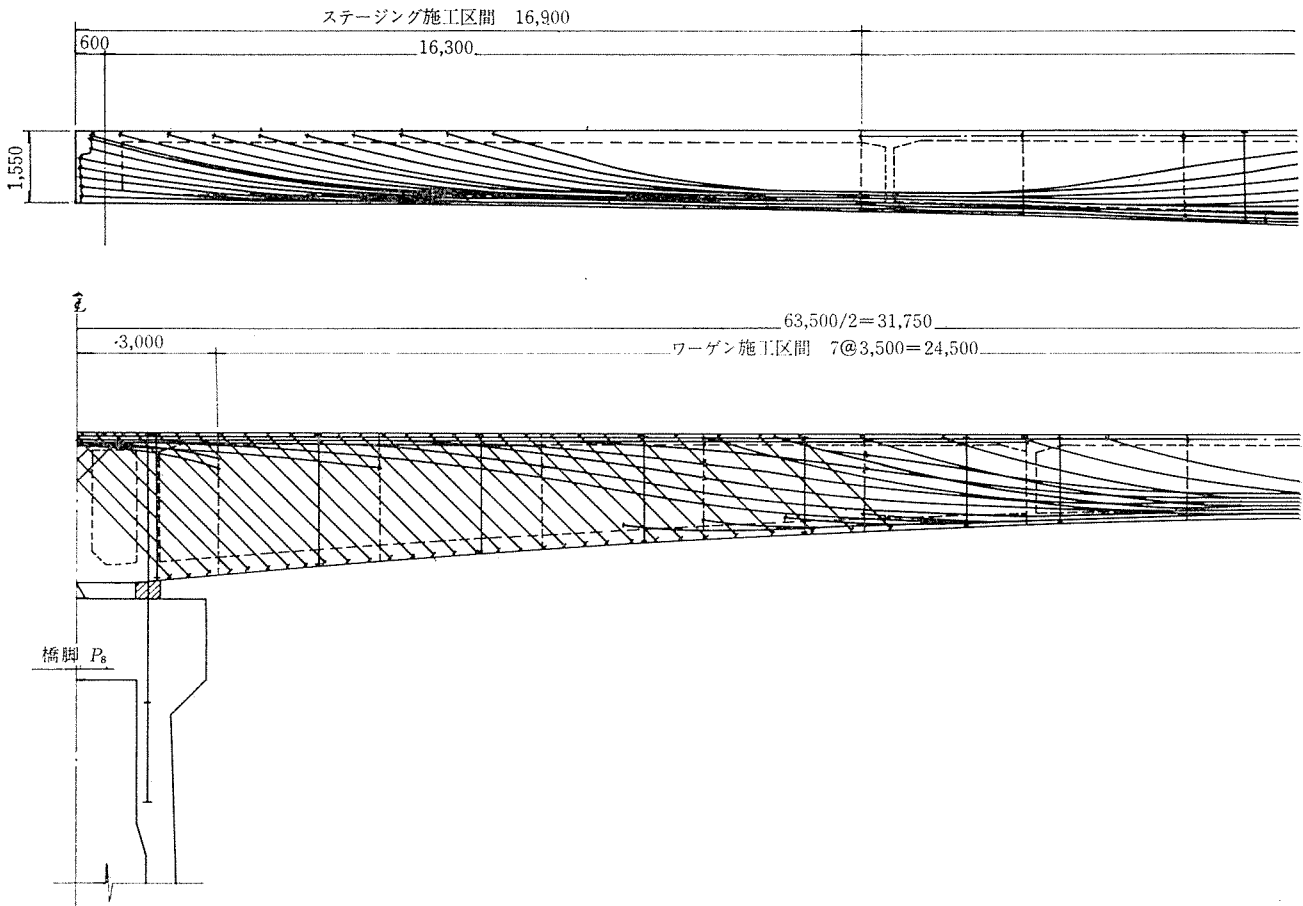
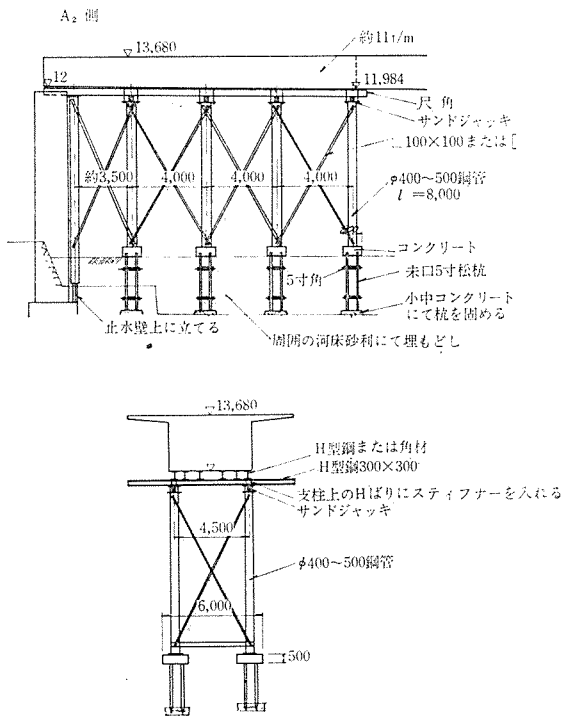


表-3 美々津大橋上部工事施工順序

	施 工 内 容	施 工 状 況 図
1	橋脚完成後 橋脚と橋桁を剛結するために橋脚と橋桁の間にコンクリートスペーサー PC鋼棒, および水平地震力をとらす鉄筋 (30 kg レールに代用)を入れる。	
2	この柱頭部の施工は支保工上で行なった。 柱頭部打設後ワーゲン W <sub>1</sub> を柱頭部橋面上で組み①, ②ブロックをワーゲン施工する。	
3	①, ②ブロック打設により柱頭部橋面上があくので, 反対側のワーゲンW <sub>2</sub> を組み立て③, ④ブロックを施工する。	
4	その後交互に⑤, ⑥……⑯, ⑰とワーゲンにより片持施工する。	
5	この場合⑬~⑰ブロックには仮鋼棒 (架設中のみ応力を導入し, 中央部プレストレス導入後応力解放) を配置し, この仮鋼棒を定着しながら片持施工を行なう。	
6	⑯ブロック完了後 W <sub>2</sub> ワーゲンはそのまま, 荷重として置いておき⑰ブロック完成後 W <sub>1</sub> ワーゲンを除去した後, W <sub>2</sub> ワーゲンを除去する。	
7	W <sub>1</sub> , W <sub>2</sub> ワーゲン除去後, 側径間支保工部分の施工を行なう。したがって, この時期までに支保工は大体準備しておかなければならない。	
8	コンクリート硬化後桁端付近で緊張する鋼棒のうち, その 1/2 だけを 1 次緊張する。	
9	その後橋脚と橋桁を剛結しているコンクリートスペーサーを切りとり橋脚と橋桁との間の拘束を解く (水平力止め鉄筋 (または 30 kg レール) にそのまま残しておく)。	
10	これで P <sub>8</sub> 上の施工は完了する。また P <sub>10</sub> 上の施工も時期的に少しおくれるだけで P <sub>8</sub> 上の施工と全く同じ方法にて工事を進めていく。	
11	P <sub>8</sub> 柱頭部完成後 P <sub>8</sub> で解体した W <sub>1</sub> ワーゲンを P <sub>9</sub> 柱頭部上で組み立て ⑱, ⑳をワーゲン施工する。	
12	その後, W <sub>2</sub> ワーゲンを柱頭部上で組み立て㉑, ㉒ブロックをワーゲン施工し, その後交互に㉓, ㉔……㉗, ㉘ブロックをワーゲンによって片持施工する	
13	これでワーゲン作業は全て完了しワーゲンを除去する。	
14	ワーゲン除去後㉑と㉒および㉑と㉒の間に吊支保工を組み, 両方の中央部をほぼ同時にコンクリート打ちを行なう。	
15	硬化後, この中央部に連続して配置している連結鋼棒を約 10 本緊張したのち P <sub>8</sub> , P <sub>10</sub> の橋脚と橋桁を連結していた水平力止め鉄筋 (またはレール) を切る。	
16	その後, 中央部の連結鋼棒を全て緊張する	
17	側径間の鋼棒を全て緊張する	
18	仮鋼棒を除去 (応力弛緩) することにより橋体工事は全て完了する	



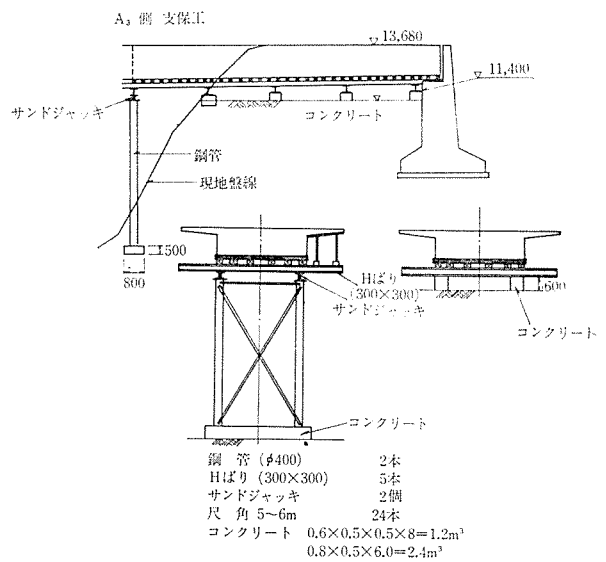
図—7 側径間支保工



主要材料

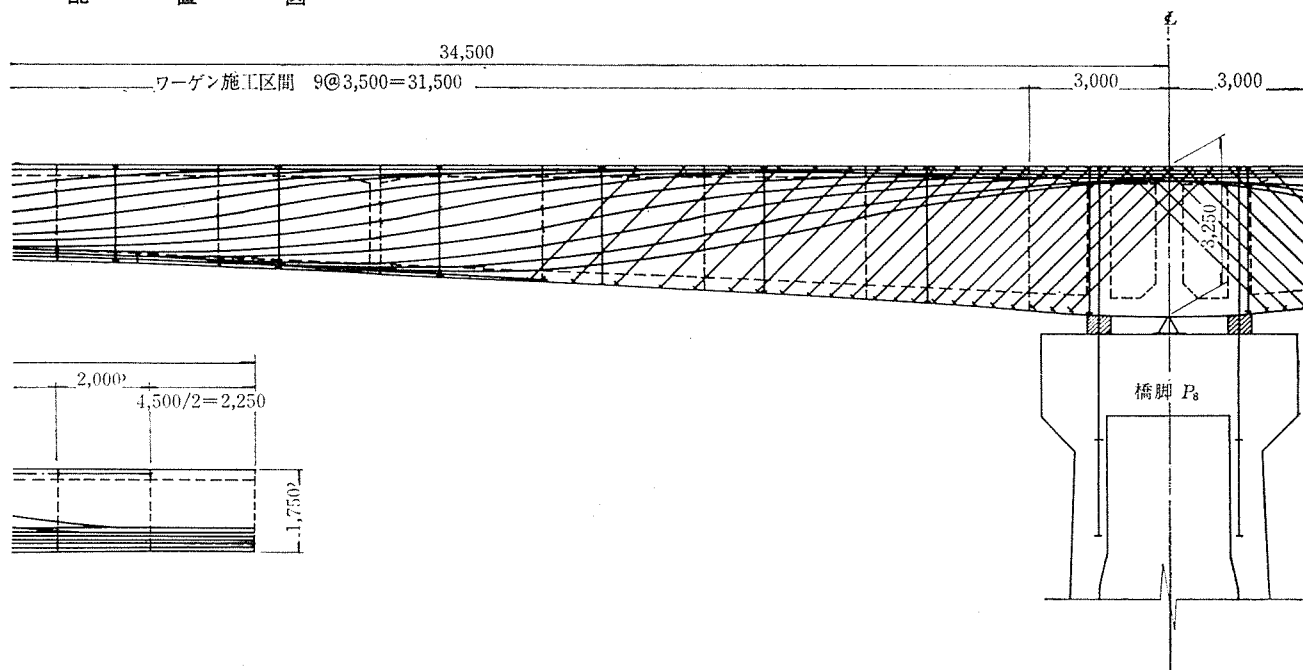
支柱 φ350	4本	尺角	24本
(l=8m) φ400	2本	松杭 (未口5寸)	16本
φ500	4本		
H型鋼 300 l=9m	5本	コンクリート	6.0×0.8×0.5×4=9.4m <sup>3</sup>
Lまたは[ l=9m	26本	杭コン(水中)	1.2×1.2×0.5×8=5.8m <sup>3</sup>

図—8



に仮鋼棒によって解決したが、側径間の架設中モーメントに対しては仮鋼棒も使用するが、仮鋼棒のみでは側径間桁端までワーゲンによって施工することはできない。何となれば、中央径間側のワーゲンによる片持長さと同側径間の桁端までの長さは異なり、側径間の方が長いので側径間桁端までワーゲン施工すると橋脚に大きなアンバ

配 置 図



ランスモーメントを生じる。したがって側径間端部の約16 m は支保工上で施工した。側径間端部付近は、両岸での地形は異なるが、いずれにしても干潮時には地表面が出るので支保工を組むのは簡単であった。図-7, 8 に両岸の支保工の略図を示す。支柱はφ400~φ500の鋼管を用い、支柱の上に油圧ジャッキあるいはサンドボックスを置いて、型わくの取外しを容易ならしめるとともに、高さの調整も行なった。

(5) 支間中央部施工

支間中央の4.5 m 部分は吊支保工によって施工し、コンクリート硬化後、支間中央付近に配置されたPC鋼棒を緊張して、最終的に4径間連続桁とする。

すでに施工順序の際にも触れたが、支間中央に吊支保工をすでにでき上がった両側のコンクリート桁から吊下げ型わくを建て込んだのち、2径間をほとんど同時にコンクリート打ちした。コンクリートが硬化する頃をみはからって、 $P_8$ ,  $P_{10}$  の水平力止め鉄筋を切断し、これと平行して中央連結鋼棒を緊張した。その後、側径間桁端にて緊張する残りの半数の鋼棒をすべて緊張し、仮鋼棒の応力を弛緩することにより、橋体作業はすべて完了した。

5. あとがき

連続桁を橋脚上で一時剛結して片持施工し、最終的に橋脚上の仮支承体を除去して連続桁にするという施工法は、わが国でも最初の試みであり、その成否が注目されたが、工程上も、施工上も非常に順調に進み無事完成した。これも、詳細なる構造計算、綿密なる施工計画、完全なる施工が相まってはじめて可能になることではないかと考える。本橋に関し御指導いただいた熊本大学、建設省九州地建の方々に深く感謝するとともに、基本設計に当られた(株)日本構造橋梁研究所に敬意を表するものである。

なお、熊本大学 吉村教授のもとにおいて、各種応力試験、振動実験、走行試験などを行ない、本橋の静的および動的挙動を確認したが、紙面の都合もあり割愛させていただいた。

さらに、長スパンの橋梁をこのような施工法で安全かつ確実に施工できるよう今後とも研究を重ねていく所存であり、本橋の報告が参考になればと念ずる次第である。

1967.12.16・受付