

## 山陽新幹線（岡山—博多間）における PC 橋梁

宮 坂 慶 男\*

### 1. ま え が き

山陽新幹線、岡山—博多間約 400 km の建設は昭和 45 年 2 月着工され 4 年の歳月を費して完成し、去る 3 月 10 日にめでたく開業され、以後順調に運行されている。

岡山—博多間の駅間距離は在来線の 465 km に対して 398 km と約 15% 短縮され、その線路構造物の構成割合は表—1 に示すように東海道新幹線に比べて土工路盤が少なく、トンネル延長が長いのが特徴で、橋梁延長は約 7% である。また、軌道構造よりみると軌道保守の省力化のためスラブ軌道が本格的に採用されたことも特徴といえよう。橋梁を構造別、軌道構造別に分けると表—2 のごとくで、鋼、合成桁に対して PC 桁が非常に多く採用されている。

構造物設計上からは山陽新幹線、新大阪—岡山間の構造に比べて通路幅の変更に伴う施工基面幅、防音壁など

表—1 線路構造物構成割合表

構造物別	東海道新幹線		山 陽 新 幹 線			
	東京—新大阪		新大阪—岡山		岡山—博多	
	延長 (km)	比率 (%)	延長 (km)	比率 (%)	延長 (km)	比率 (%)
土工	275	54	12	7	58	15
橋梁	57	11	6	4	28	7
高架橋	115	22	89	54	89	22
トンネル	68	13	58	35	223	56
計	515	100	165	100	398	100

表—2 構造別、軌道別橋梁延長

構造	軌道		計
	バラスト	スラブ	
高架橋, RC 桁	4	5	9
PC 桁	7	10	17
鋼, 合成桁	6	2	8
計			117

\* 国鉄構造物設計事務所

に若干の変更があった他、昭和 45 年 3 月建造物設計標準が制定され、荷重のとりかた、許容応力度、などの変更があった。したがって、岡山—博多間の橋梁は全面的に新規に設計された。

PC 桁は新幹線の列車走行による騒音が社会的問題として取上げられてきてより、当初計画された連数を大きく上まわり、その総連数は 460 連を数えるに至った。

桁の断面形状種類では I 形、T 形、箱形、ホロースラブ形、下路形、特殊なものとして PC トラスの多種にわたっている。

材料面からみるとコンクリートは設計基準強度  $\sigma_{ck}=400\sim 450\text{ kg/cm}^2$  のものを使用したが、一部軟弱地盤地帯では人工軽量骨材を用いた軽量高強度コンクリート  $\sigma_{ck}=400\text{ kg/cm}^2$  を用い、桁長 50 m の T 形桁では重量軽減のため  $\sigma_{ck}=600\text{ kg/cm}^2$ 、PC トラスでは  $\sigma_{ck}=800\text{ kg/cm}^2$  の超高強度コンクリートを使用した。現場打ちコンクリートで施工した超高強度コンクリートとしてはわが国でも、また世界的にも最初のものである。

構造種別としては単純桁構造がほとんどであるが、長大スパンを必要とする河川、あるいは道路との立体交差箇所には連続桁形式を用いており、その最大スパンは 88 m、径間数の最大は 7 径間連続である。

設計面よりみると、T 形桁設計の基本は複線一体構造で、平面格子として解析を行い、得られた断面力によって主桁、および横桁の設計を行った。これらの計算は特殊なものを除いてはすべて電算プログラムによる自動設計で行われた。

箱形桁は施工上の利点を考慮して複線 1 室箱形が全面的に採用された。また設計および設計審査の省力化のため自動設計、自動製図のプログラムを開発し一部の設計について適用された。

下路桁の設計は主としてヤコブセンの解法によったが、斜角桁の場合はスラブに仮想桁を設けた平面格子によって解析が行われた。

工法上からは、架設現場付近に製作ヤードが設けられない場合、用地買収が難航し、急速施工を要する場合な

どにおいてはプレキャストブロック工法や工場製作によるプレテンション桁が用いられた。

以下、PC桁の設計、施工上の特長の概略について述べる。

## 2. 標準設計

大量に使用されると想定される桁形式とスパンに対し、あらかじめ標準設計が作成された。その種類は表一3に示すようにスラブ軌道用ではT形桁4主、6主、8主桁、箱形桁で計31種類、バラスト軌道用ではT形4主、6主、8主桁で計11種類、総計42種類に及んでいる。設計にあたっては上フランジ幅、下フランジ幅、ウェブ厚さ、等断面寸法その他諸元は可能なかぎり統一を計った。

この標準設計は架設総連数のうち約55%に使用され非常に有効に活用されたといえよう。

## 3. 特殊設計

特殊設計としては、連続桁、下路桁(写真一1)、桁高制限のT形、箱形桁、斜角桁、駅部前後の台形桁等である。



(下路PC桁 スパン 45 m)  
写真一1 第2平原架道橋

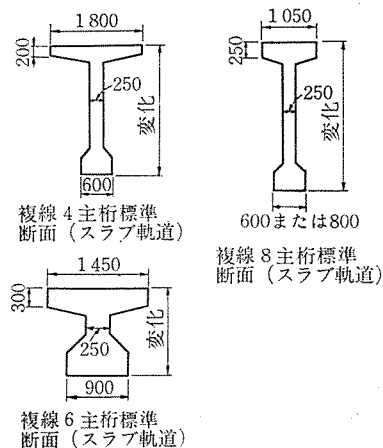
表一3 山陽新幹線(岡山以西)標準設計

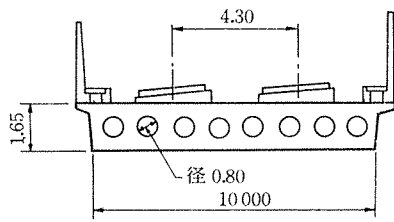
スラブ軌道用

桁種別	スパン	桁高	スパン桁高比	桁種別	スパン	桁高	スパン桁高比
I形複線4主桁	15.4	1.00	1/15.4	I形複線8主桁	27.2	1.45	1/19
	15.4	1.25	1/12.3		27.2	1.70	1/16
	117.4	1.40	1/12 ~ 1/12.4		30.2	1.60	1/18.9
	20.4	1.65			32.2	2.00	1/16 ~ 1/16.2
	22.2	1.85			35.2	2.20	
	25.2	2.05			37.2	2.30	
	27.2	2.20			40.2	2.50	
	30.2	1.95			42.2	2.60	45.2
30.2	2.50	45.2		2.80	1/16.2		
49.71	3.30	1/18.3					
I形複線6主桁	15.4	0.82	1/18.8	複線1室箱形桁	34.71	2.15	1/15.4 ~ 1/16.4
	15.4	1.00	1/15.4		39.71	2.50	
	17.4	0.90	1/19.3 ~ 1/19.4		44.71	2.90	
	20.4	1.05			49.71	3.30	
	22.2	1.15					
	25.2	1.30					
25.2	1.70						

バラスト軌道用

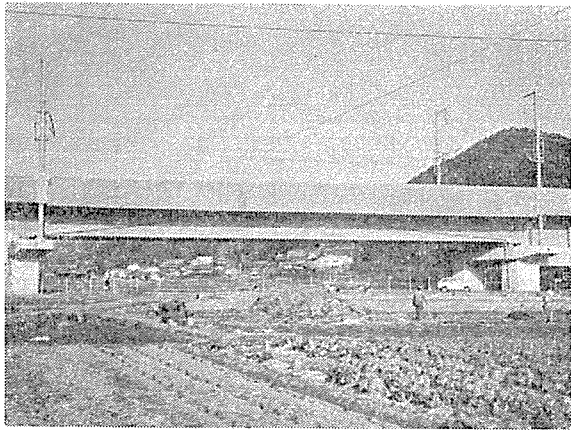
桁種別	スパン	桁高	スパン桁高比
I形複線4主桁	20.4	1.80	1/11.5 (斜45°)
	25.2	2.20	
	30.2	2.60	
	29.8	2.60	
I形複線6主桁	15.0	0.85	1/17.7 (斜75°)
	20.4	1.10	1/18.5
	19.8	1.35	1/14.7
	25.2	2.40	1/12.3
I形複線8主桁	35.2	1.90	1/18.5
	40.2	2.20	1/18.3



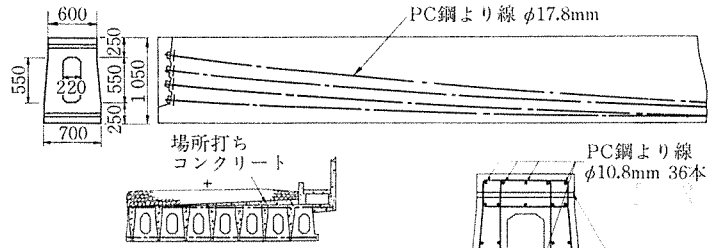


都計鴨方川橋梁 (スパン 35.20 m)

図一1 ホロースラブ断面図

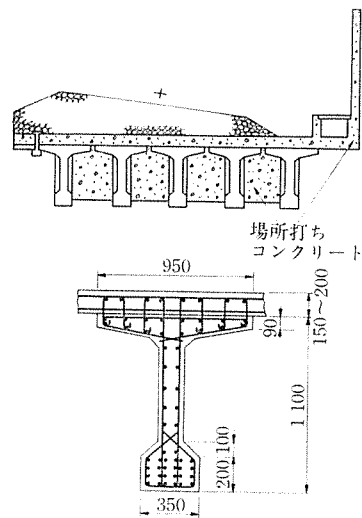


写真一2 都計鴨方架道橋



中山架道橋 (スパン 19.930 m)

図一2 プレボスホロー桁



楠橋橋梁 (スパン 15.960 m)

図一3 プレテン合成桁

る。その他設計件数としては少ないが図一1 (写真一2) に示す桁高スパン比が 1/22 のホロー桁, 図一2 に示すプレテンションとポストテンションの併用桁, 図一3 に示すプレテンション桁とRCスラブの合成桁, などがある。

プレテンションとポストテンションの併用桁は, 桁長の関係からPC製作工場の緊張アバットの能力が不足して所定の緊張力が導入されないため, 別にケーブルを配置して緊張力の不足分を補うと同時に鋼線の配置は曲げ上げた方が設計上有利であることの点から採用されたものである。別ケーブルとしては 19.2 mm の太径ケーブルを用い定着具には CCL 工法を用いた。

プレテンションとRCスラブ合成桁はPC桁の製作架設工事が一時に集中したため, 一般建設業者でも施工できるようにPC桁はプレテンション桁で工場製作して支給し, スラブは鉄筋コンクリート構造として一般建設業者が施工するものとしたものである。設計上からは活荷

重のみスラブ合成となっている。

その他, 特殊な設計としては, 軽量コンクリートT形桁, 超高強度 T 形桁, PCトラス, スラブ形式の I 形桁, 等がある。

#### 4. 長大橋

大河川, あるいは道路との立体交差する箇所では長大スパンが要求された。長大橋は連続桁で計画され, 岡山方より, 瀬野川, 芦田川<sup>3)</sup>(写真一3), 京橋川 (写真一4), 太田川<sup>2)</sup>(写真一5), 錦町, 今坂<sup>5)</sup>の6橋を数えるに至っ

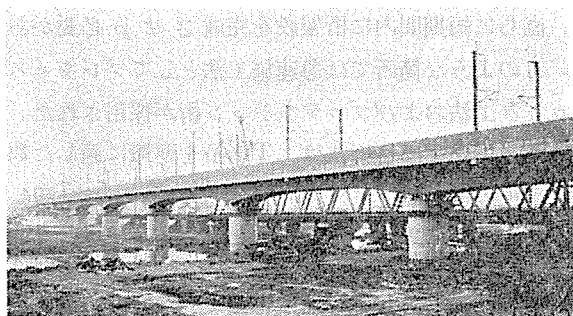
表一4 山陽新幹線の長大橋

橋梁名	スパン割り (m)	径間数	最大スパン (m)	橋長 (m)	記 事
瀬野川橋梁	29 + 3 × 60 + 29	5	60	239.4	ディビダーク工法 φ27mm 鋼棒
芦田川橋梁	52.5 + 4 × 52.7 + 52.5	6	52.7	317.0	フレシネー工法 12-φ12.4mm ケーブル
京橋川橋梁	33.1 + 2 × 66.0 + 33.1	4	66.0	199.8	フレシネー工法 12-φ12.4mm ケーブル
太田川橋梁	69.0 + 55.0 + 3 × 66.0 + 55.0 + 62.0	7	69.0	439.0	ディビダーク工法 φ27mm 鋼棒
錦町架道橋	432 + 88.0 + 43.2	3	88.0	176.0	フレシネー工法 12-φ15.2mm ケーブル使用
今坂橋梁	57.0 + 82.0 + 57.0	3	82.0	293.0	ディビダーク工法 φ32mm 鋼棒

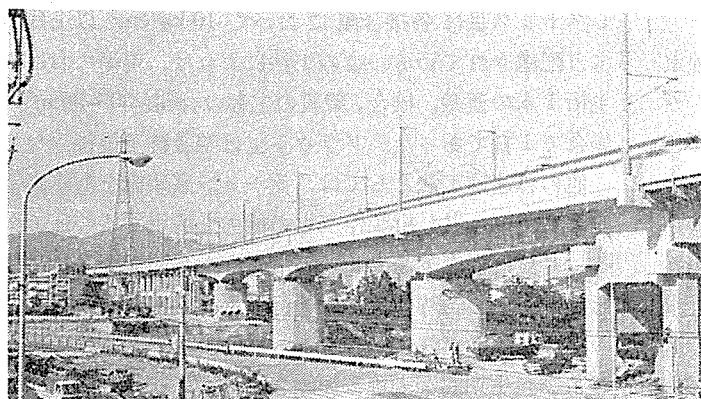
表—5 香月 PC 桁のコンクリート示方配合表

粗骨材 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	S/a (%)	W (kg)	セメント C (kg)	減水剤 NL-1400 (%)
20	13±2	27.2	36	140	515	C×0.9

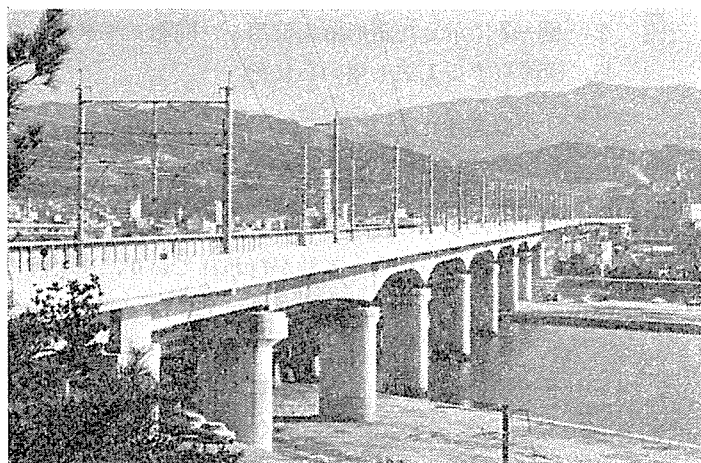
セメントは普通ポルトランドセメント



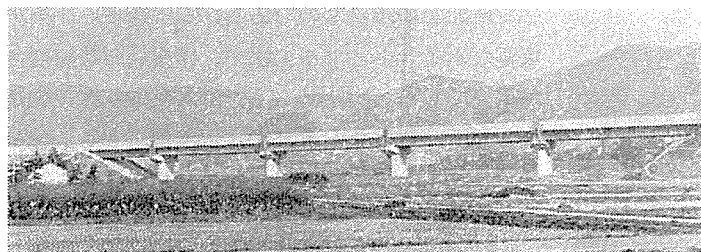
写真—3 芦田川橋梁 (6 径間連続桁)



写真—4 京橋川橋梁 (4 径間連続桁)



写真—5 太田川橋梁 (7 径間連続桁)



写真—6 香月架道橋 ( $\sigma_{ck}=600 \text{ kg/cm}^2$ )

ている。各橋の径間数，スパン割り，工法などは表—4 に示すとおりである。

工法の面よりみるとディビダーク工法とフレシネー工法が 3 橋ずつであり，おのおのの特徴としてディビダーク

ク工法では  $\phi 32 \text{ mm}$  鋼棒が今坂橋梁で初めて用いられ，フレシネー工法では  $15.2 \text{ mm}$  の太径ケーブルが連続桁で錦町架道橋に初めて用いられたことである。いずれも，鋼材本数を減じて，コンクリートの打込み，締固めを容易にすることに有効であった。

スパンでは錦町架道橋の中央径間  $88 \text{ m}$  が完成した鉄道橋では最大のものである。径間数では太田川橋梁の 7 径間，橋長  $439 \text{ m}$  が最大である。

設計上の特長としては，桁本体と橋脚（台）の間に粘性物を介在させたストッパーを設けることにより，地震時橋軸方向水平力を各橋脚（台）に分散させる方式を全面的に採用したことである。

### 5. 特殊コンクリート

特殊コンクリートとしては，軽量コンクリートと超高強度コンクリートが用いられた。軽量コンクリート桁は倉敷付近の軟弱地盤地帯において上部工の重量軽減を計るために用いられたもので， $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$  PC T 形単線 3 主桁，スパン  $l=22.2 \text{ m}$  および  $32.2 \text{ m}$  のものが施工された。コンクリート重量は鋼材込みで  $2.0 \text{ t/m}^3$  である。人工軽量骨材は膨張頁岩を破碎し焼成した商品名「メサライト」が用いられた。

超高強度コンクリートは国鉄の技術課題として昭和 45 年度より研究を重ねてきたものであるが，新しい型の減水剤を用いることによって従来より行われている練混ぜ，打込み，養生方法によっても  $800 \sim 1000 \text{ kg/cm}^2$  の高強度コンクリートが得られるという技術的確信を得て施工されたものである。実施の第一段階としては，新下関駅付近の第二綾羅木川橋梁<sup>4)</sup>において複線 8 主桁および単線 4 主桁で，スパン  $49.0 \text{ m}$ ，桁長  $50.0 \text{ m}$ ，桁高  $2.75 \text{ m}$  のものが  $\sigma_{ck}=600 \text{ kg/cm}^2$  で設計された。これにより主桁 1 本の重量を  $150 \text{ t}$  以下におさえることができ，移動架設を可能にした。引続いて福岡県下の鉾害地区の香月架道橋に単線 4 主桁で

スパン  $48.7 \text{ m}$ ，桁高  $2.9 \text{ m}$ （バラスト道床で将来の地盤沈下によるバラストの嵩上げ量約  $35 \text{ cm}$  を見込む）の桁が  $\sigma_{ck}=600 \text{ kg/cm}^2$  で設計され，施工された（写真—6）。コンクリートの示方配合は表—5 のとおりで，そ

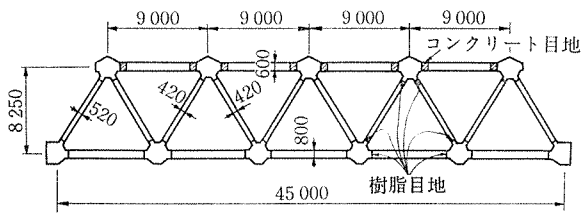


図-4 PCトラス側面図

の圧縮強度は材令5日で  $520 \text{ kg/cm}^2$ 、材令7日で  $560 \text{ kg/cm}^2$ 、材令28日で  $660 \text{ kg/cm}^2$ 、材令91日で  $750 \text{ kg/cm}^2$  が得られている。

$\sigma_{ck} = 800 \text{ kg/cm}^2$  のコンクリートは広島駅と新幹線車輛基地を結ぶ引込線の岩鼻架道橋に架設されたPCトラスに活用された。桁は図-4に示すようなスパン45.0mの単線下路ワーレン形式のPCトラスであるが、耐震動、騒音構造のコンクリート橋の長大化に進む一つの足がかりとなるものである。トラスの部材は岡山にある工場の製作ヤードで製作され、現地ステージング上で組立て、プレストレスで結合されたものである。目地にはエポキシ樹脂接合とコンクリート目地が用いられた。コンクリートの配合は表-6のとおりで、圧縮強度は材令3日で  $510 \text{ kg/cm}^2$ 、材令7日で  $670 \text{ kg/cm}^2$ 、材令28日で  $915 \text{ kg/cm}^2$  であった(写真-7)。

## 6. 急速施工

用地買収が困難であった地域では、工程上、下部工の施工と併行して上部工PC桁の製作を進め、下部工完成

表-6 岩鼻PCトラスコンクリート示方配合表

粗骨材 最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	W/C (%)	S/a (%)	W (kg)	セメント C (kg)	減水剤 マイテイ150 (kg)
20	12±2	23.0	38.5	138	600	(C×1.5%) 9.0

セメントは早強ポルトランドセメント

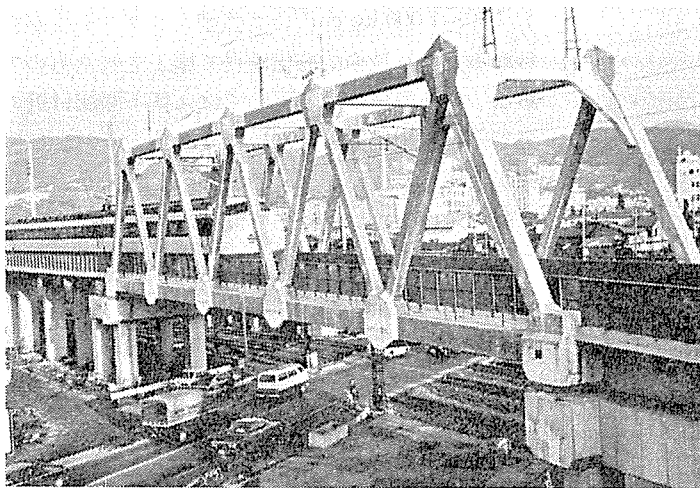


写真-7 岩鼻架道橋 (PCトラス スパン 45m)

後、直ちに短期間内に桁架設を完成させる必要があった。このような箇所では急速施工法としてプレキャストブロック工法およびプレテンション桁が採用された。プレキャストブロック工法は、T形桁を運搬に適した数ブロックに分割(1ブロック20t以下、長さ5~7m)して桁製作基地で製作し、現地へ運搬後直ちに接合し、プレストレス導入を行って架設された。ブロックの接合面には鋼製の嵌合材を設け、接着剤としてはエポキシ樹脂が用いられた。設計上は接合面は橋軸に直角とし、プレストレス量は各接合面において  $10 \text{ kg/cm}^2$  以上残るよう配慮されている。この工法によれば、現場における主桁1本の運搬、接合、架設の工程は、桁長30~35mの場合で1日であった。グラウト工は架設終了後行った。

他の急速施工法としては、ラーメン高架橋を桁式高架橋に変更し、PC桁製作工場の能力を活用することである。PC桁製作工場において、あらかじめ製作された桁を橋脚完成と同時に桁架設を行うもので、ラーメン高架橋の場合のスラブ部分の支保工、配筋、コンクリート打ちおよび養生期間が大幅に短縮された。この場合に使用されたプレテンション桁の1つとして、現場におけるコンクリート施工の手数をできるだけ省く方法として横桁のない図-2に示した箱形桁を使用し、間詰モルタルを打ち、横締めする工法も用いられた。

## 7. プレストレス工法

現在、わが国で施工されているプレストレスの定着工法には非常に多くの種類がある。国鉄においては単純桁では主としてフレッシュ工法が行われており、連続桁では、ディビダーク工法、フレッシュ工法、レオンハルト工法等が行われている。

山陽新幹線工事においては多量な工事量を消化するためにPC定着工法の種類も多く使用された。その工法名と特徴をあげると表-7のごとくである。表-7のうち安部式工法は現場で太径より線をほぐして亜鉛を鑄込むものであり、この鑄込み作業が重要なポイントとなる工法で、作業員の熟練度合が重要である。SEEE工法<sup>6)</sup>は太径より線の先端に鋼管を圧着させたもので、定着部が太く、ケーブル長が長くなると定着部のかぶりが大きくなる欠点はあるが、緊張後のすべり込みはない。CCL工法<sup>7)</sup>は今回初めて横締めを使用されたもので、横締めには従来PC鋼棒が使用されていたが、複線一体とした桁では幅員が広く、桁のそり上りの差、据付時の位置のずれ等のため鋼棒のそう入が非常に困難な場合が多かったが、この工法では鋼線が容易にそう入でき、施工上も安全で

表-7 使用された各種 PC 工法

工 法 名	構 造 概 略
フレシネー	<p>オスコーン、メスコーン、モルタル製、鋼製</p> <p>オスコーンとメスコーンの間の摩擦力で鋼線を定着する。くさび式</p>
安部式	<p>ねじ、外とう管、定着板</p> <p>より線の先端をはぐしてラップ状にして亜鉛を鑄込む。外とう管をねじ式で定着する。</p>
SEEE	<p>マンション、ねじ、定着板</p> <p>より線の先端に鋼管を圧着する。ねじ式で定着</p>
CCL	<p>くさび、定着板、くさび二つわり</p> <p>より線を二つわりのくさびで止める。くさび式</p>
オスパー	<p>ねじ、定着板、アンカーヘッド、頭をつぶした鋼線</p> <p>鋼線の頭をつぶしてアンカーヘッドにはめこむ。ねじ式で定着</p>

ある実績が得られた。オスパー工法は国産技術でPCトラスの斜材の緊張に使用された。この工法は鋼線の頭部をつぶしてアンカーヘッドに定着し、ねじ式で固定する工法であるので緊張後のすべり込みはなく鋼線が短い場合は有利である。

### 8. 鉱害地区のPC桁

山口県下および福岡県下には炭鉱地区で地下には廃坑が無数に散在している地域を新幹線が通過している。そして、この地域の廃坑による局地的な地表の陥没や広範囲にわたる盆状沈下はほとんど終了していると見られている。基礎工は廃坑に対する注入、基礎周辺の影響を防ぐ保護杭の配置、橋脚(台)には変位測定装置の設置等がなされている。上部工、PC桁の設計にはなお将来の不測の沈下にそなえて、沈下量をバラストで補正するためのバラスト増加による荷重増、橋脚(台)の傾斜による桁のねじれを考慮し設計を行った。このため、T形PC桁の主桁は鋼棒で鉛直締めを行い、支承はゴム沓を使用して桁の扛上にそなえている。

### 9. あとがき

以上、山陽新幹線岡山—博多間の建設工事におけるPC桁工事の概略を述べた。各橋梁ケースについての詳細は末尾文献を参考とされたい。本建設工事においては、きわめて大量の工事量であったにもかかわらず、設計、施工技術上多くの進歩向上がみられた。しかし一方、設計面からみると、コンピューターの出現に伴い高度の設計計算技術のみが先走りし、材料の本質、設計計算法の仮定を忘れ設計計算数値にとらわれた設計、現場における施工方法に対する配慮を欠いた設計が行われたことはいなめない。また、施工面からはコンクリートの打込順序の不適當、打込締固めの不充分、必要以上に軟かいコンクリートの使用、鋼材の取扱いの粗雑、等々施工の基本原則をないがしろにしたため、余分な労力と費用を要した例もみられた。健全なコンクリート構造物を作るためのウエイトは設計が3分、施工が7分ともいわれている。特にプレストレストコンクリート構造物の良否は現場における施工がその死命を制するといっても過言ではない。設計にたづさわる側も施工を行う側も常にこの点に対する反省を怠ってはならない。

プレストレストコンクリート橋梁は列車走行による騒音対策、保守の省力化のためその需要はますます多くなることと思われる。また、スパンの長大化、製作、架設の省力化、急速化、特に今後施工される東北新幹線における通年施工に対する施工法、等々研究すべき問題は多くのこされている。山陽新幹線での施工経験を生かし、設計、施工上の検討を重ね、プレストレストコンクリート技術の進歩の一助となれば幸いである。

### 参 考 文 献

- 1) 大石：単純PC箱形桁の自動製図，プレストレストコンクリート Vol. 15, No. 5, 1973. 10
- 2) 高藤，可児，池田，渡辺，縫島：山陽新幹線太田川橋梁の設計施工について，プレストレストコンクリート Vol. 15, No. 5, 1973. 10
- 3) 中村，横田，田村：山陽新幹線芦田川橋梁の設計と施工について，プレストレストコンクリート Vol. 15, No. 6, 1973. 12
- 4) 町田，広瀬，宮坂，中原，外：高強度コンクリートを用いたPCけたの設計，施工(1)，(2)プレストレストコンクリート Vol. 16, No. 4, 1974. 8., Vol. 16, No. 5, 1974.10
- 5) 小須田，小林：山陽新幹線今坂橋梁の設計，施工について，プレストレストコンクリート Vol. 16, No. 5, 1974. 8
- 6) 笹木，吉田，外：山陽新幹線日明地区PC橋の施工，プレストレストコンクリート Vol. 17, No. 1, 1975. 2
- 7) 寺本：太径PC鋼より線を用いたPCけた横締，鉄道土木，Vo. 17, No. 7, 1974.
- 8) 井上，石川，外：PC下路けたの施工(山陽新幹線第2平原架道橋，鉄道土木，Vol. 15, No. 11, 1973

1975.4.20・受付