

# プレキャストブロック工法の新たな展開 ——PBC工法の調査・研究——

PB研究会\*

## まえがき

プレキャストブロック工法（以下PB工法と略記）は、構造物あるいは部材の製作にあたり、あらかじめプレキャスト化されたコンクリートブロックを架設現場で継ぎ合わせ、プレストレスで一体の構造物または部材を製作する工法である。構造用材として木材、石材が使用されたプレキャストブロックは、古くは古代ローマ時代のアーチにもよくみられるが、近代になって、構造用材としてコンクリートが用いられ、それに加えてプレストレスの実用化が長大スパンの構造物の出現を可能としている。このPB工法によるプレストレストコンクリート橋の研究を行うために、PC工事に従事する有志によりPB研究会を発足し、調査・研究を進めてきたので、ここに報告を行う。

## 1. 調査・研究の背景と目的

本格的なPB工法による橋梁の建設は、1950年 Esbly橋に始まり、1964年 Gladesville橋等の実績があるが、エポキシ樹脂がブロック目地の接着剤として用いられてから、急速施工が可能となり、経済的にも技術的にもPB工法の有為性が出てきたといえる。

そこで、PB研究会では、PB工法のなかでも、まずプレキャストブロックカンチレバー工法（以下PBC工法と略記）の調査研究を行うこととした。

PBC工法は、国内では1966年に目黒高架橋において採用され、その後23橋が施工されているが、場所打ち工法を含むカンチレバー工法によるPC橋の施工実績の約5%にしかすぎない現状である。海外では、1964年フランスのセヌ川に架設されたChoisy Le Roi橋に採用されて以来、数多くの長大PC橋がPBC工法により施工され、近年とみにその増加傾向が見られる。

本工法の国内外での採用件数に大きな差がある理由

は、環境条件にかなり違いがあったためである。

その主たる要因は次の2点である。

- ① 架橋地点の地形等による橋梁規模の差、および急速施工の必要性等の制約条件の差
- ② 労務事情の差

要因①に関しては次のように考えられる。

国内の架橋地点は急峻な地形の場所が多く、橋梁延長が海外に比べて短い。一橋梁内での径間数が多いほど、本工法の長所が活かされる。急速施工の必要性、地域環境条件（騒音規制、交通規制等）による制約条件が国内では特に大きな要素を占めていない。また、海上長大橋、高橋脚上の橋梁等の物件が少ないため、コンクリート打設、運搬および資材搬入の問題が大きく影響しない。これらの問題が生じた場合は、鋼橋の採用となっていた。

要因②に関しては以下のように考えられる。

海外の労務事情に比べ、国内では数年前までは熟練労働者の確保が、充分とは言えないまでも可能であった。また、労務費の高騰は抑えられており、労働時間も海外に比べ大きな問題とはなっていない。海外では労務事情の深刻な問題から省力化が主問題としクローズアップされてきていた。

上記主要因の2点に対し、我が国の建設業をとりまく環境は、近年社会的にも技術的にも大きな変化をみせている。

社会的には、日米構造協議、高規格幹線道路整備計画等にみられる公共事業費の増大、大型好景気に支えられての民間設備投資の増大により、建設業界には表面上フォローの風が吹いているが、反面、材料費、労務賃金の高騰と恒常的熟練労働者の不足につながっており、3K、6Kの言葉が情報誌上にぎわしているように若年技術者、若年労働者の建設業離れが大きく懸念されている。

### \*【PB研究会メンバー】

幹事 則久 芳行（住友建設（株））  
板井 栄次（住友建設（株））  
佐久間隆夫（（株）富士ピー・エス）  
高宮 正英（大成建設（株））

中村 一樹（オリエンタル建設（株））  
福永 英治（（株）錢高組）  
増田 博善（ピー・エス・コンクリート（株））  
山内 明夫（鹿島建（株））

一方、技術的には材料の高品質化、多種多様な施工法の開発、改善が進められている。しかし、設計技術面（ソフト面）と施工技術面（ハード面）の進歩を比較した場合、設計技術面では電子計算機の発達により、高度な構造解析も容易になり、各種示方書の改訂にも速やかに対応され、その開発、改善の進行速度は目をみはるものがあるのに比べ、施工技術面での新工法の採用の進行速度が遅いことは否めない。

今、社会的、技術的ニーズに即応すべく効率化、省力化、高品質化、安全性の向上、作業環境の改善をはかっていくためには、PC 構造物のプレキャスト化はその対応の重要な一要素である。PC 建設業界からみても、従来は施工性の面から鋼橋の範疇と考えられていた橋梁に対する PC 橋の採用、そして工期短縮、労務の省力化（最少材料使用法から最少労務使用法への転換）等の現場における生産性の向上をはかるため、重要な技術テーマの一つであると考えられる。

本文は、プレキャスト化への諸問題に関し PBC 工法をとりあげ、主として調査と研究を行った報告である。

調査では、本工法により施工された国内・外の PC 橋の実績調査を行い、本工法の実態把握と、長・短所および採用理由の明確化を行っている。研究では、本工法の得失を具体的に検討するため、モデル橋を設定し、試設計、試施工計画、試積算を行っている。最後に調査・研究をもとに、今後の課題を集約している。

## 2. 調 査

PBC 工法の実態を把握し、その利点と今後の課題を明確化する目的で、PBC 工法の実績調査を実施した。実績調査は国内・外の施工例に対し、橋梁諸元とともに桁製作方法、運搬方法、架設工法、製作ブロック重量、使用鋼材、平面線形等の項目を調査するとともに、国内の代表的橋梁における PBC 工法の採用理由の調査分析を実施した。

### 2.1 国内・外における実績

PBC 工法の国内・外での実績を表-1 に示す。また、PBC 工法の最近の施工例を写真-1~3 に示す。

表-1 国内・海外実績調査表

橋名	完成年(年)	構造データ				桁製作方法 型枠・養生	運搬方法	架設工法	工期(か月)	仮置きヤード	架設場所	主桁 $\sigma_{c/f}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	製作ブロック		使用鋼材	目地剤	接合キー	平面線形	
		橋長(m)	支間(m)	幅員(m)	構造形式								断面	数(個)					重量(t)
日黒高架橋 (首都高速公団)	1966	174.85	26.45+31.0+26.45 26.45+35.5+29.0	16.0	3 径間連続	1 箱桁	ショートトラ ック	クレーン エレクシ ョンノ ーズ		付近 ヤード	道路	350	36	25	フレシ ネー 12φ8	エポキシ	コンク リート	直線	
多摩橋 (東京都)	1967	252.0	50.0+50.0+50.3 +50.3+50.0	12.1	4 径間連続	2 箱桁	250 m×2 基 冬期：保温	門型ク レーン	門型ク レーン		高水敷地	河川	400	120	36.5	フレシ ネー 12φ8	エポキシ	コンク リート	直線
神島大橋 (岡山県)	1970	170.0	41.95+86.0+41.90	8.3	3 径間連続	1 箱桁	99 m×1 基 冬期：保温	低床ト レーラ ー ポンツ ーン	エレクシ ョンノ ーズ	44.4~ 45.3 12 か月	工場	海岸	400	46	45	フレシ ネー 12φ8	エポキシ	コンク リート	直線
加古川橋梁 (日本国有鉄道)	1970	496.5	3 (54.95+55.6+54.95)	複線	3 径間連続	2×1 箱 桁	54 m×1 基 冬期：ヒ ーター	台車	エレクシ ョント ラス 2×2 本	12 か月	付近 製作ヤ ード	河川	400	240	50	フレシ ネー 12φ12.4	エポキシ	コンク リート 金属	直線
越田橋 (建設省 東北地建)	1971	150.0	39.5+70.0+39.5	8.8	3 径間連続	1 箱桁	57 m×1 基 冬期：ヒ ーター	門型ク レーン	エレクシ ョンガ ンダー	5 (1期) 8 (2期) 計 13 か月		河川	400	52	38.2	フレシ ネー 12φ8	エポキシ	コンク リート	直線
首都高速 381 (首都高速公団)	1971	92.0	23.0+46.0+23.0	16.6 上下線 分	3 径間連続	1 箱桁	50 m×1 基	トラッ ク	エレクシ ョンノ ーズ			国道	400	64 上下線	35	フレシ ネー 12φ8	エポキシ	コンク リート	R=317上 R=325下
首都高速 383 (首都高速公団)	1971	140.0	39.4+68.0+39.4	16.5 上下線	3 径間連続	1 箱桁 完成時 2 主箱 桁	中央 29.0 側径間 36.0		エレクシ ョンノ ーズ			都道	400	92	46	フレシ ネー 12φ8	デポキシ	コンク リート	
大内野大橋 (茨城県)	1971	160.0	49.0+60.0+49.0	9.8	3 径間連続	1 箱桁	27.5 m×1 基	門型ク レーン	エレクシ ョンガ ンダー	10 か月	製作ヤ ードに 隣接	河川	400	52	27~40	SEEE F 14	エポキシ	コンク リート	直線
西金大橋 (茨城県)	1971	154.0	48.0+58.0+48.0	9.8	3 径間連続	1 箱桁	36 m×1 基	重量台 車 ウィン チ	エレクシ ョンガ ンダー	46.2~ 47.1 12 か月	製作ヤ ードに 隣接	河川	400	44	MAX 40.5	SEEE F 130,100	エポキシ	コンク リート	Sカーブ
妙高大橋 (建設省)	1972	300	65.0+85.0+85.0+65.0	10.0	4 径間連続	1 箱桁	100 m	門型ク レーン	ケーブルク レーン		製作ヤ ードに 隣接	河川	400	90	61	SEEE			直線
中央橋 (北上市役所)	1973	381.7	7×54.5	6.8	7 径間連続	1 箱桁	28 m×1 基 冬期：ヒ ーター	ト レー ラー	エレクシ ョンガ ンダー			河川	400	134	40	フレシ ネー 12φ8	エポキシ	コンク リート	
国見橋 (北上市役所)	1974	537.0	9×59.52	6.8	2×4.5 径間連続	1 箱桁	30 m×1 基 冬期：ヒ ーター	ト レー ラー	エレクシ ョンガ ンダー			河川	400	198	65	フレシ ネー 12φ8	エポキシ		
川端橋 (栃木県)	1974	459.75	3 (50.4+51.05+50.4)	9.1	3 径間連続	1 箱桁	25 m×1 基 冬期：ヒ ーター	ト レー ラー	エレクシ ョンノ ーズ	13 か月		河川	400	138		フレシ ネー 12φ8	エポキシ		
沼館橋 (秋田県)	1974	451.6	5×49.95	8.8	Tラーメン	1 箱桁		門型ク レーン	門型ク レーン	19 か月	製作ヤ ードに 隣接	河川	400	54	27~34	フレシ ネー 12 T 12.4	エポキシ	コンク リート	直線

◇報告◇

橋名	完成年(年)	構造データ					桁製作方法 型枠・養生	運搬方法	架設工法	工期(か月)	仮置きヤード	架設場所	主桁 $\sigma_{ck}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	製作ブロック		使用鋼材	目地剤	接合キー	平面線形	
		橋長(m)	支間(m)	幅員(m)	構造形式	断面								数(個)	重量(t)					
横浜高速1号線 (YC 104) (首都高速公団)	1977	238.0	54.0+53.2 40.8+50.0+40.0	8.2	2径間連続桁 3径間連続桁	1箱桁	2基	トレーラー	エレクションノーズ			県道	400	148	32.0 (平均)	フレシネー 12φ8 12 T 12.4	エポキシ	コンクリート		
新山下橋 (首都高速公団)	1978	183.9	63.7+76.4+42.4	13.0	3径間連続 ラーメン	2箱桁	73 m×1基	軌条・台車	エレクショントラス	18か月		湾	400	135	65	SEEE FC 130	エポキシ	コンクリート	R=430 m	
鳥川橋梁 (日本鉄道建設公団)	1978	420.0	5×42.0+5×42.0		複線	5径間連続	1箱桁	ショートライン	トレーラー	門型クレーン(ノーズ)	11か月	河川敷	河川	400	56	58~67	フレシネー 12 T 12.4	エポキシ	金属	直線
十三湖大橋 (青森県)	1979	231.0	(2×32.9) +48.0+69.1+48.0	11.5	3径間連続	1箱桁	55.5 m×1基	トレーラー台車	エレクションノーズ	10か月		河川敷	湖	400	44	60	フレシネー 12 T 12.4	エポキシ	コンクリート	直線
下山田橋 (鉄道建設公団)	1979	119.7	29.35+59.7+29.35	12.2	3径間連続	1箱桁	60 m×1基 冬期:ヒーター	軌条・台車	エレクションガンダー	9か月	取付用地	国道	400	48	65	フレシネー 12 T 12.4	エポキシ	金属		
江原橋 (岩手県)	1982	586.2	64.8+7×65.0+64.8	12.8	9径間連続	1箱桁	60 m×2基	トレーラー	門型クレーン	エレクションガンダー	20か月	近辺用地	河川	400	176	65	12 T 12.4	エポキシ	コンクリート	
太田橋 (岩手県)	1984	357.0	3×59.5 2連	21.5 上下線	3径間連続	1箱桁	25.5 m×2基 58 m×1基	トレーラー	エレクションガンダー	22か月		河川	400	104	60	フレシネー 12 T 12.4	エポキシ	コンクリート	直線	
瀬底大橋 (沖縄県)	1985	262.9	(3×40)+(3×54.3) +(3×54.3)+(3×40)	10.75	3径間連続	1箱桁	冬期:保温	トレーラー	門型クレーン	エレクションガンダー		海洋	400	226	45	12φ8	エポキシ	コンクリート	直線	
池間大橋 (沖縄県)	1992	425.0	(4×50)+(4×60) +(4×60)+(5×60) +(4×50)	8.75	4径間連続 5径間連続	1箱桁	60 m×1基 冬期:ヒーター	トレーラー	門型クレーン	エレクションガンダー		海洋	400	464	48	12 T 12.4	エポキシ	コンクリート	直線	
東名足柄東 (日本道路公団)	1991	415.0	71.3+100+100 +88.0+54.35 (柱頭部 1基分)	14.5	5径間連続	2箱桁	48 m×2基	軌条	エレクションノーズ		橋梁基部ヤード	河川	400	42	80	12 T 12.4	エポキシ	コンクリート	直線	

2. 海外実績

橋名	完成年(年)	構造データ					桁製作方法 型枠・養生	運搬方法	架設工法	工期(か月)	仮置きヤード	架設場所	主桁 $\sigma_{ck}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	製作ブロック		使用鋼材	目地剤	接合キー	平面線形
		橋長(m)	支間(m)	幅員(m)	構造形式	断面								数(個)	重量(t)				
Rio-Caroni橋 (ベネズエラ)	1963	480	48+4×96+48	10.3	6径間連続桁	1箱桁	鋼製型枠	押出し軌道(500m)	押出し施工	1962~1963	橋台背後(500m)	河川	B 450	50		ST 160/ 180 7φ3 mm	40 cm 間詰め コンクリート	橋のコンクリート	直線
CHOISY- LE-RDI橋 (フランス)	1964	130	37.5+55.0+37.5	28.4 上下線	3径間連続 ラーメン	2主箱 桁×2	支間の半分 鋼製型枠 蒸気養生	台車および 台船	フローティ ングクレー ン	1963~ 1964 4 Block/ 日	あり	河川		20	主 12φ8 横 12φ7	エポキシ	コンクリート (大型)		
Pierre-Denite橋 (フランス)	1965	250 196	50+2×75+50 56+84+56	16.92	4径間連続桁 3径間連続桁	2主箱 桁	鋼製型枠 マッチキャ スト	台船	エレクシ ョンノーズ	1964~ 1965 13か月	あり	河川		30~42	12 T 12.4	エポキシ	コンクリート (大型)		
Courbevoie (フランス)	1965	140	40+60+40	2× 17.3	3径間連続桁	4主箱 桁	移動型枠 蒸気養生	台船 フロー ティン グクレー ン	クレーン	1964~ 1965.8 (24か月)	あり	河川		204	20~55		エポキシ	コンクリート	
Oleron 高架橋 (フランス)	1966	2 862	28.75+7×39.5+59.2 +26×79.0+59.25 +9×39.5+28.75	10.6	46径間連続 ラーメン	1箱桁	鋼製型枠 蒸気養生	台車	エレクシ ョントラス	1964~ 1966 (8m/日)	あり	海岸		30~73	フレシ ネー 12 T 12.4	エポキシ	コンクリート および アンカ ーボルト		
Aval a Paris (フランス)	1968	312.5	67.47+92.0+81.4+71.65	2× 17.3	4径間連続桁	2× 2主箱 桁	鋼製型枠 (定置式) ホットコ ンクリート	フロー ティン グクレー ン	クレーン エレクシ ョンノーズ	24か月	あり	河川		351	40~75		エポキシ		
Juvisy (フランス)	1968	213.5	2×18.8+41.8+66.6 +41.8+25.7	15.0	6径間連続桁	2主箱 桁	定置式 鋼製型枠	フロー ティン グクレー ン	クレーン	36か月	あり	河川		106	29~50		エポキシ		
Bonpas (フランス)	1969	548	7×72.0+44.0	2× 14.0	8径間連続桁	2× 2主箱 桁	移動式 鋼製型枠		クレーン	23か月	あり	河川		788	20~30		エポキシ		
Amont a Paris (フランス)	1969	326.9	56.39+65.02+90.0 +53.47~61.99	20.9~ 29.0	4径間連続桁	2× 2主箱 桁	定置式 鋼製型枠	フロー ティン グクレー ン	クレーン エレクシ ョンノーズ	24か月	あり	河川		339	45~80		エポキシ		
Bayonne (フランス)	1970	241.5	45.25+2×75.5+42.45	19.0	4径間連続桁	2主箱 桁	移動式 鋼製型枠	台車	エレクシ ョンノーズ	33か月	あり	河川		155	30~75		エポキシ		
Bolois (フランス)	1970	334.5	61.5+3×91.0+61.5	20.0	5径間連続桁	2主箱 桁	定置式 鋼製型枠		エレクシ ョントラス	26か月	あり	河川		360	40~75		エポキシ		
Aramon (フランス)	1970	437	47.0+5×78.0+47.0	8.2	7径間連続桁	単箱桁	定置式 鋼製型枠		エレクシ ョントラス	22か月		河川		149	25~75		エポキシ		

橋名	完成年(年)	構造データ				製作方法 型枠・養生	運搬方法	架設工法	工期(か月)	仮置きヤード	架設場所	主桁 ( $\sigma_{ck}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ))	製作ブロック		使用鋼材	目地剤	接合キー	平面形状
		橋長(m)	支間(m)	幅員(m)	構造形式								断面	数(個)				
Bourg-Saint-Andeol (フランス)	1971	326	45.0+3×78.0+47.0	10.0	5径間連続桁	単箱桁	定置式鋼製型枠	エレクショントラス	16	河川		71	25~65		エポキシ			
Conflans (フランス)	1971	157	45.5+66.0+45.5	2×16.2	3径間連続桁	2×2主箱桁	定置式鋼製型枠	クレーン	21	河川		183	42~63		エポキシ			
Tours (フランス)	1972	747	50.0+7×70.0+50.0	2×14.5	9径間連続桁	2×2主箱桁	移動式鋼製型枠	門型クレーン	27	河川		604	31~39		エポキシ			
Remoulins (フランス)	1972	254	48.0+2×79.0+48.0	2×14.0	4径間連続桁	2×2主箱桁	定置式鋼製型枠	クレーン	18	河川		232	28~61		エポキシ			
Marenne (フランス)	1972	957	44.0+11×79.0+44.0	10.6	13径間有鉸連続桁	単箱桁	定置式	エレクショントラス	18	河川		291	39~75		エポキシ			
83 Sud (フランス)	1972		35.5~37.7	10.5~15.25	連続桁	1~2主箱桁	定置式蒸気養生	エレクショントラス		道路		2 200	25~53		エポキシ			
Saint-Cloud (フランス)	1973		42.0~101.75	20.8	16径間有鉸連続桁	3室単箱桁	定置式電熱	エレクショントラス		河川		511	76~130		エポキシ			
Chillon (スイス)	1969	2 100	4×104+5×98+11×92+95	13×2	連続Tラメン	2主箱桁	定置式蒸気養生	エレクショントラス	41	湖		1 376	45~80		エポキシ		曲線	
Ganga-River 橋	1987	5 575	63.53+45×121.065+63.53	11.5	47径間連続有鉸ラメン	1箱桁	マッチキャスト	特殊トラス フローティングクレーン	1972~1982 2 Block/日	あり	河川	M 20~ M 45	80	フレシネー 12φ8	エポキシ	コンクリート (大型)	曲線+ 直線	
Re Island 橋 (フランス)	1988	2 926.5	37.2+56.4+83.2+24×110+71.8+37.9	15.5		1箱桁		ピロン併用エレクショントラス	1986.1~1988.4 (28か月)	あり	海洋		フレシネー (IN) 12 T 15 (OUT) 19 T 15	エポキシ	コンクリート (多段)	R=5000		
Rjecina 川橋	1984	233.43	17.5+(45+98.5+45)	11.42	π型ラメン	1箱桁		クレーン	エレクショントラス	1980~1984	橋台後方 溪谷		25~65	22φ7 32φ7	エポキシ	コンクリート (多段)	R=∞	
Nun 川橋 (ナイジェリア)	1983	700	50+8×75+50	11.83	10径間連続桁	1箱桁	マッチキャスト	門型クレーンおよび台車	エレクショントラス (330 t)	12	橋台後方 90 m	河川	B 45	230	70	LH 工法 12φ16.2	エポキシ	コンクリート (多段)
Imo 川橋		830	55+9×80+55	11.0	11径間連続桁	1箱桁												
バーレーン連絡橋 (サウジアラビア)		5橋 950~ 5 150	標準部 6×50=300 m 航路部メインスパン 150 m	12.3× 2	6径間連続桁	1箱桁 ×2	鋼製箱桁	フローティングクレーン (1 400 t)	52	あり 300 m× 800 m	海洋			BBR- CONA 12 T 15.7	エポキシ			
レヒ橋 (ドイツ)		144	31+68+45	8.0	3径間連続有鉸ラメン	2主箱桁		トレーラー	フォルバウワーゲン		あり	河川	66	MAX 32 平均 22	3 cm 幅の コンクリート	コンクリート h=3 cm		
Nijer 橋 (ナイジェリア)	1984	2 890 内 P.B 1 186	40+15×50+10+(40+25×80+50)	23.5 上下線	連続桁(有鉸ラメン)	1箱桁 ×2	80 m マッチキャスト	クレーン	補助工法	1981~1984 80 m- 8日間	河川	B 45	630	66	BBL 0.6	接着剤	コンクリート (多段)	
Dauphin Island 橋	1982	5 430 内 P.B 1 186	P.B 部のみ 6×36+7×36+64+122+64+7×36+6×36	12.9	連続桁	1箱桁	工場	船舶		1980~1982 (24か月)	湾	38 MPa	メイン 92 アプロ ーチ 184	150	φ12.7	エポキシ	コンクリート (多段)	直線
Sallingsund 橋 (デンマーク)	1 683	51+17×93+51	16.1	19径間連続桁	1箱桁	ショートライン方式	台車	エレクショントラス				432	125					
Byker 高架橋 (イギリス)	800	最大スパン 3×69			1箱桁								253			エポキシ	曲線	
Ostarschelde (オランダ)	1965	4 715	48×95.0+2×77.5	11.85	連続Tラメン	1箱桁	定置式	台船	エレクショントラス	45	海岸		600 275 190		コンクリート			
New-London Bridge (イギリス)	1973	262	79.0+104.0+79.0	32.0	3径間ゲルバー		定置式		エレクショントラス		河川		72 31		コンクリート			
Biloaxi Interstate 110 viaduct (アメリカ)	1985	1 625	24.5~54.9	12.1	多径間連続桁	1箱桁		トレーラー 門型クレーン	エレクショントラス	12	橋台後方	河川	230	70	LH 12 T 15.2	エポキシ	コンクリート	直線
Körö 川橋 (ハンガリー)			72.0~85.8 m	11.0		2室箱桁		門型クレーン	エレクショントラス			C=30	30	φ36 鋼棒	エポキシ			

定置式型枠-ショートライン 移動式型枠-ロングライン

◇報告◇

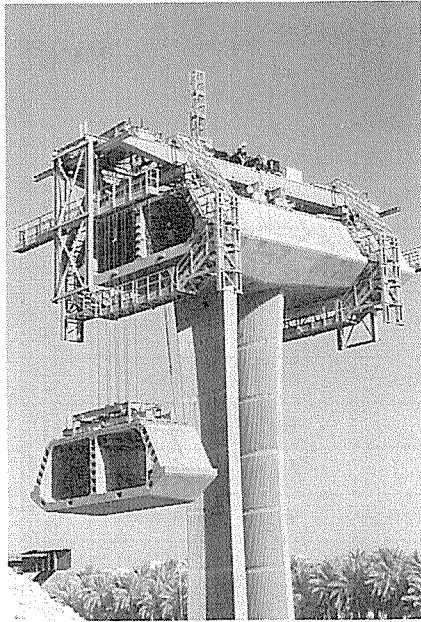


写真-1

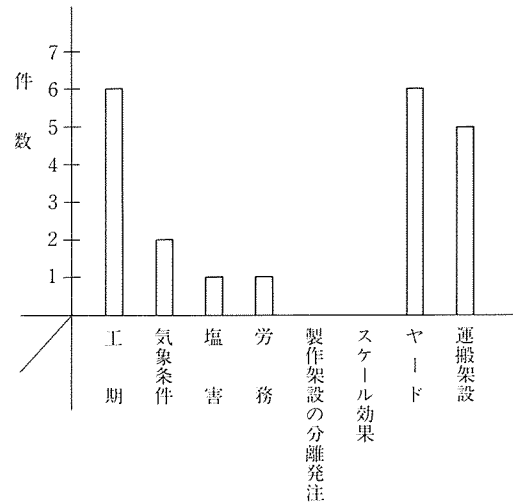


図-1

図-1の分析より、現在までの国内の実績では下記の3条件がそろった場合に、PBC工法が採用されていると判断できる。

- ① 工期上の制約
- ② ヤードの確保が容易
- ③ 運搬、架設が容易

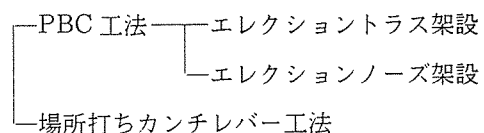
### 2.3 本工法の長所

実績調査結果から考えられるPBC工法の長所としては以下の点があげられる。

- ① 上・下部工の施工を併行して行えば、大幅な工期短縮になる。
- ② 設備の整ったヤードで主桁を製作するため、品質管理が容易で確実である。
- ③ 主桁製作が一定のヤード内で連続的に行えるため、省力化が可能である。
- ④ 主桁が同一断面で多径間形式の橋梁の場合、型枠の転用回数が多くなり、経済的となる。
- ⑤ ブロックの品質管理と試験が架設作業に入る前に実施できるので、不良のブロックがあれば除くことができ工事進行への影響が少ない。
- ⑥ ブロックのストック期間が十分であれば、架設後の塑性変形を小さくできる。

## 3. 研究

PBC工法の得失を具体的に検討し、問題点および今後の課題を明確にするため、モデル橋を設定し、設計・施工・積算に関して概略比較検討した。検討ケースは、モデル橋の設定条件を支間長100mの山岳橋梁としているため、下記のとおりとした。



### 2.2 国内実績における本工法の採用理由

実績調査を実施した橋梁の中から6橋について、PBC工法選定時の条件をまとめて図-1に示す。

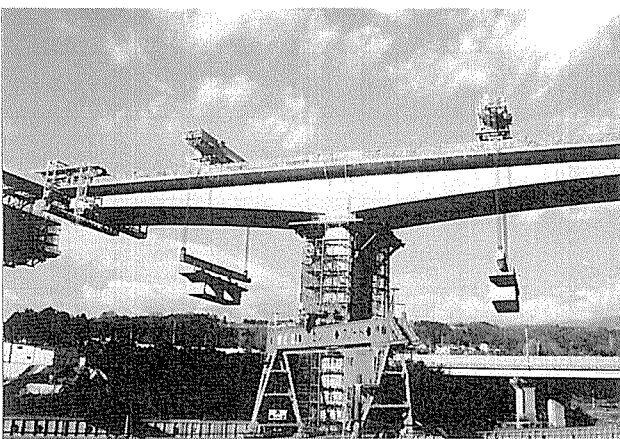


写真-2

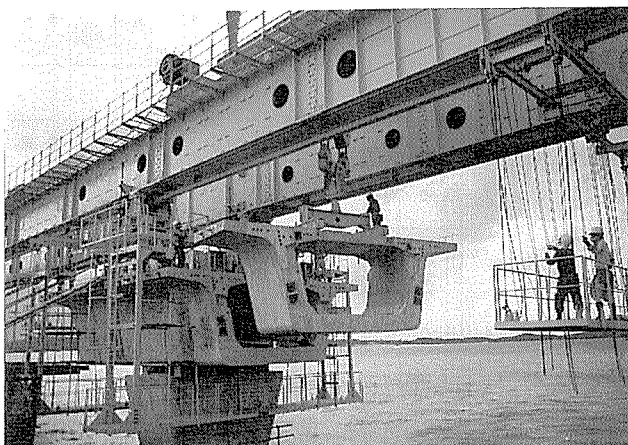


写真-3

### 3.1 試設計

試設計は、図-2に示すように、山岳地における高橋脚を有する中央径間100 mの5径間連続ラーメン橋を対象として行った。なお、幅員については標準的な幅員( $B=8.5$  m)とし、広幅員の場合は架設機械の能力拡大で対応可能の考え方とした。

構造寸法を図-3, 4に示すが、側面形状、断面形状、部材厚については、PBC工法、場所打ちカンチレバー工法とも共通とした。本来両工法の特長を生かすことを考慮すれば差異が生じてくるが、橋梁規模よりみて大幅な差異が生じるとは考えがたく、本研究の目的から逸脱しないと判断した。架設機械により差異の生じるブロック割については下記の考え方にに基づき決定した。

PBC工法は、現場近くのヤードでブロックの製作を行い、公道を使用しないブロック運搬が可能な条件とし、最大ブロック長を3.0 m、最大重量を60 tとして架

設機械の能力を決定するとともに、ブロック割を決定した。橋脚幅に相当する柱頭部の4.0 m区間は場所打ちで施工し、1.5 mの基準ブロックを設置・調整した後、0.5 mの目地部を場所打ちで施工するものとした。また、中央連結部( $L=3.0$  m)および側径間端部( $L=16.5$  m)も場所打ちとした。

場所打ちカンチレバー工法は、一般型2主桁ワーゲン(最大ブロック長4.0 m)を使用するものとし、ワーゲンの抵抗モーメント( $M=200$  tf・m)よりブロック割を決定した。

主要使用材料の数量算出は場所打ちカンチレバー工法での概略設計計算を基本とし、PBC工法での数量を算出した。その際、設計荷重作用時の主桁曲げ応力度は、実施例を参考にして、場所打ち工法では桁上縁  $0$  kgf/cm<sup>2</sup>、桁下縁  $-5$  kgf/cm<sup>2</sup> 程度とし、PBC工法では最小圧縮応力度を  $10$  kgf/cm<sup>2</sup> 程度とし、縦方向PC鋼材

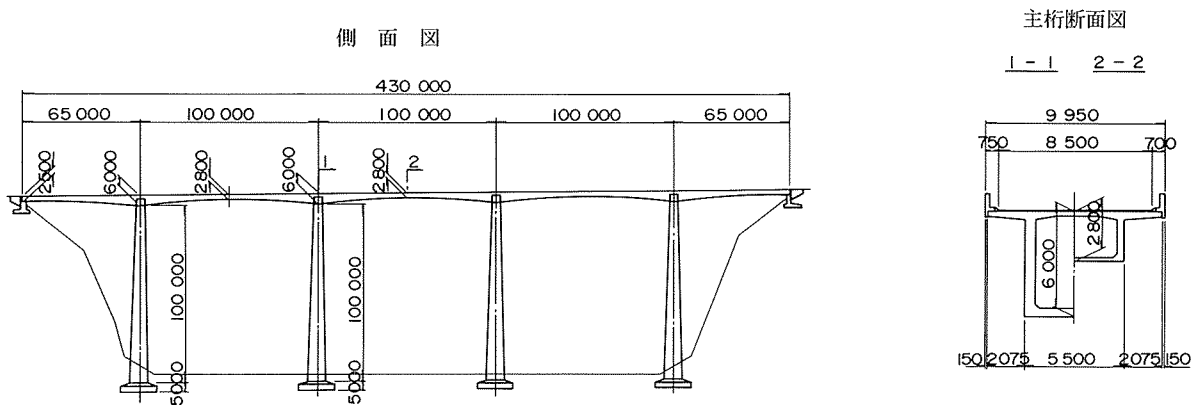


図-2 試設計対象橋梁一般図

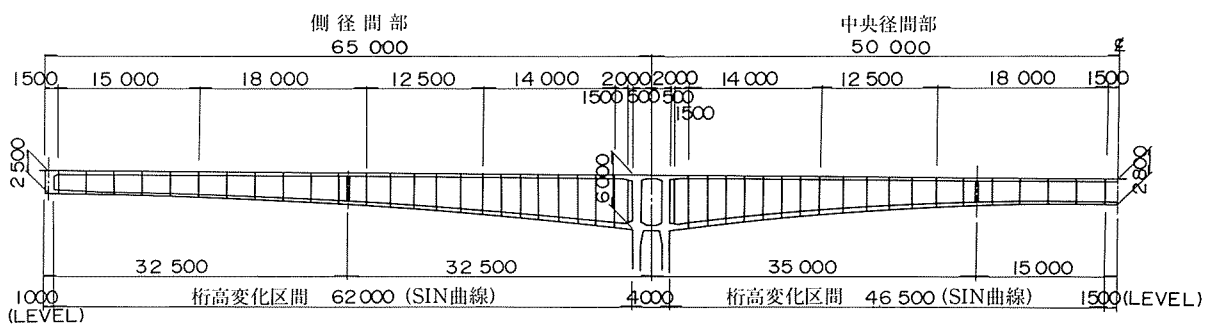


図-3 PBC工法構造寸法図

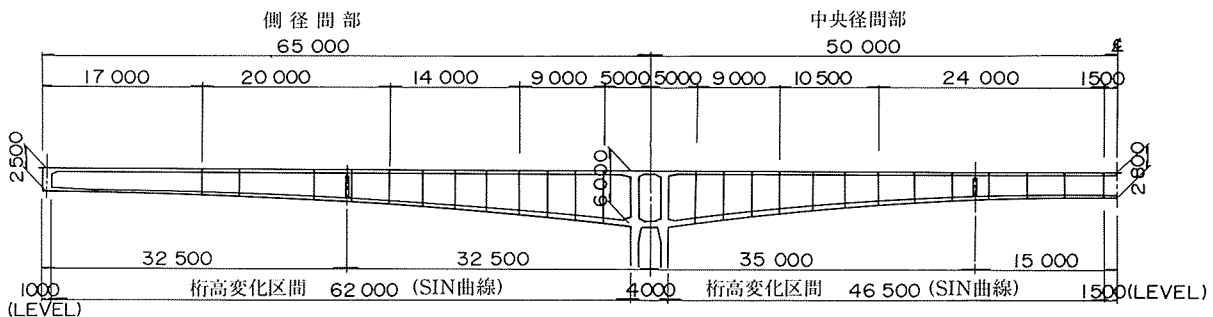


図-4 場所打ち工法構造寸法図

◇報告◇

量を算出した。

3.2 施工計画

施工計画を立てるうえで想定した施工条件は、3.3 工事費の算出の項目で見積条件として整理されているため、ここでは省略する。

3.2.1 プレキャストブロックの製作

ブロック製作・仮置きなどのために、図-5 に示すよ

うに長さ 300 m、幅 50 m のヤードを考えた。

ブロック製作は、国内で一般的に行われているロングライン方式とし、製作台長さは1橋脚分の100 m とする。桁の出来形精度に直接影響を及ぼすため、製作台の構造は強固なものとする。H 鋼杭を2~3 m 間隔で配置し、その上に杭頭枕梁、主梁をH 鋼で組み立て、桁高変化や上げ越し量を考慮したブロック製作台とした。

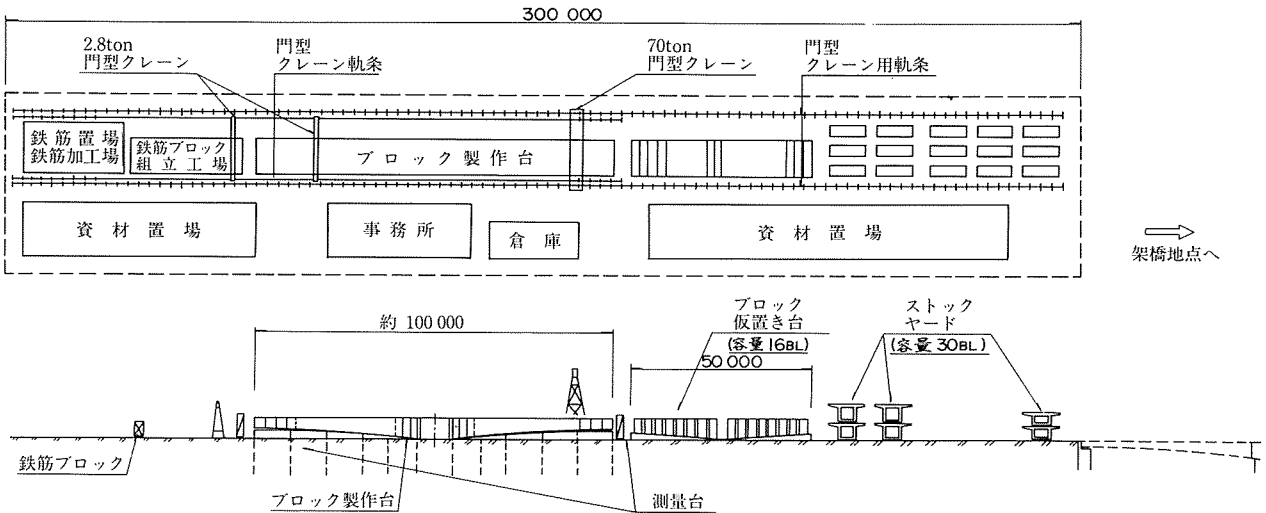


図-5 ブロック製作ヤード配置図

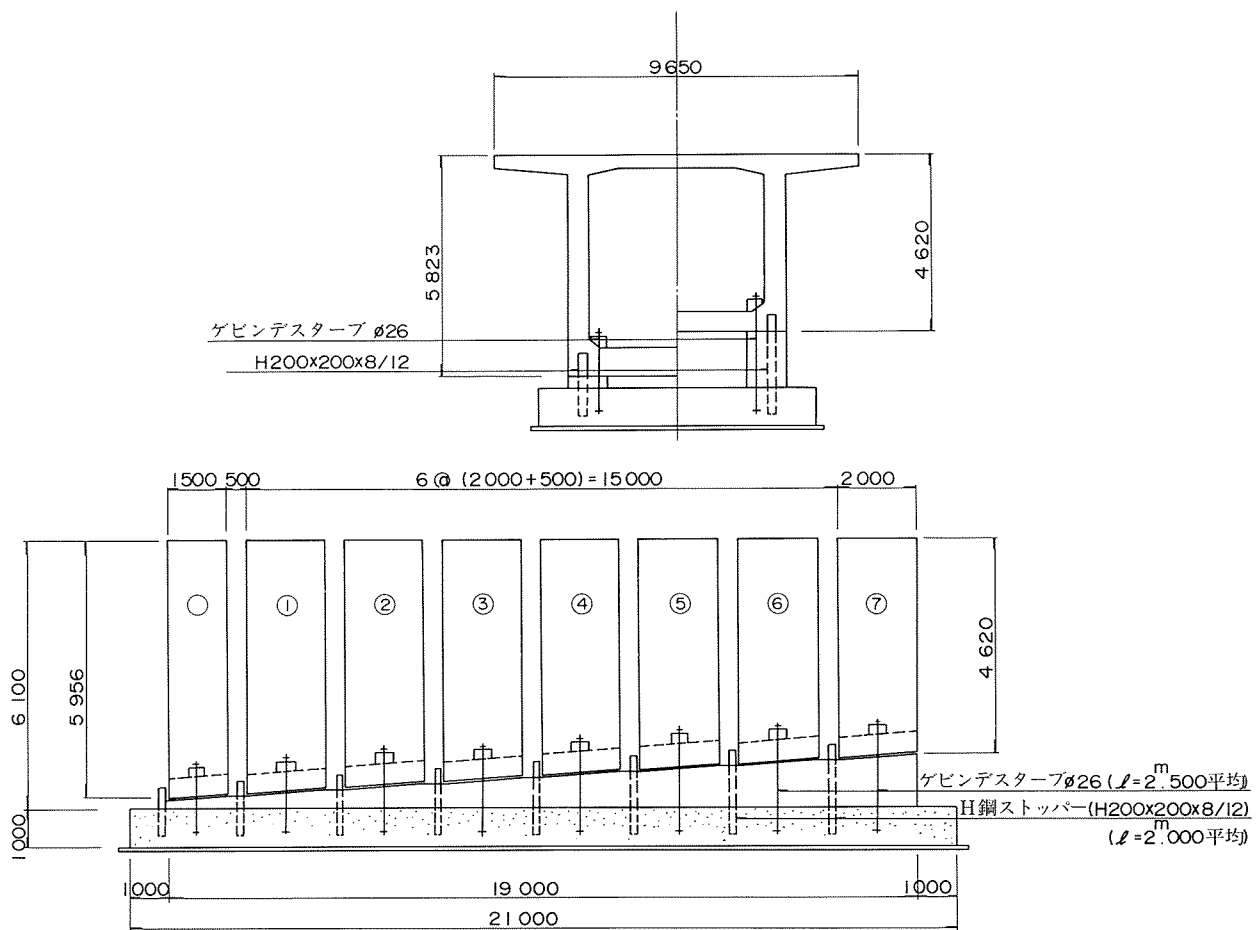


図-6 ブロック仮置き台図

基準ブロックを含め片側 19 個のブロック製作は 4 日サイクルで行うものとした。ブロック製作の全体工程はヤードの整地からブロック製作・仮置きまでで 13 か月となる。

ブロックの仮置きは、桁高が高く、かつブロック長が 2 m 以下と短いブロックについては転倒防止のため図-6 に示すようにゲビンデスターφ26 mm を使用し連結する。ブロック長が 2.5 m 以上のブロックは、2 段で積み上げ仮置きするものとした。

### 3.2.2 エレクショントラス架設

この方法は、橋台背面にブロック製作および仮置きのためのヤードがあり、ブロックの運搬が容易で、かつ径間数が多い場合、有効となる架設方法である。図-7 に示す架設機械を使用し橋台背面より重量台車でブロックを持ち込み、桁吊り装置で吊りかえ、所定の位置に運搬し設置する。

施工手順を下記に示す。

- ① 側径間支保工部および P<sub>1</sub> 柱頭部を場所打ちで施工する。
- ② エレクショントラスを橋台背面にて組み立て、前方に移動し、P<sub>1</sub> 橋脚上に中央脚、側径間上に後方脚を設置する。
- ③ 基準ブロックをエレクショントラスにより設置し、目地部のコンクリートを打設する。
- ④ 1 橋脚分 (36 個) のブロックを 1 日当たり 2 ブ

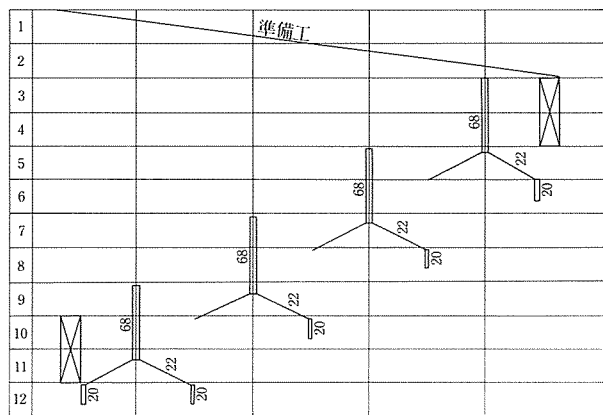


図-8 エレクショントラス架設工程表

ロックの速度で架設した後、側径間の連結部を場所打ちで施工する。

- ⑤ P<sub>1</sub> 橋脚部の架設完了後、エレクショントラスを P<sub>2</sub> 橋脚施工の位置へ移動させ、P<sub>2</sub> 橋脚部の③の工程を行う。

以下、順次繰り返し片押しで施工を進め、橋体が完成する。準備工を含めると橋体完成までの架設工期は図-8 に示すように 11.5 か月となる。

### 3.2.3 エレクションノーズ架設

エレクショントラス架設では橋台背面のヤード状況が重要であるのに対し、エレクションノーズ架設の場合、橋脚基部へのブロックの運搬が採用上の重要な要因である。

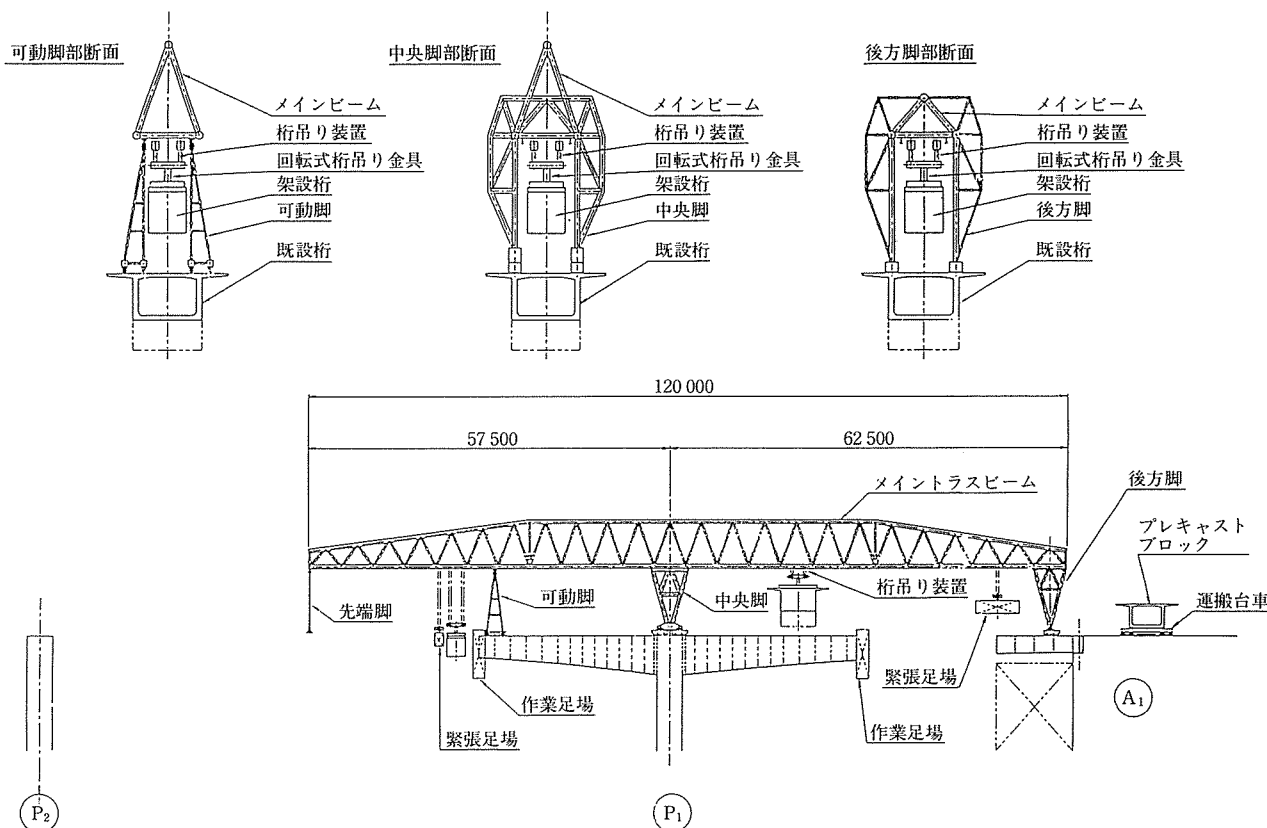


図-7 エレクショントラス架設機械図



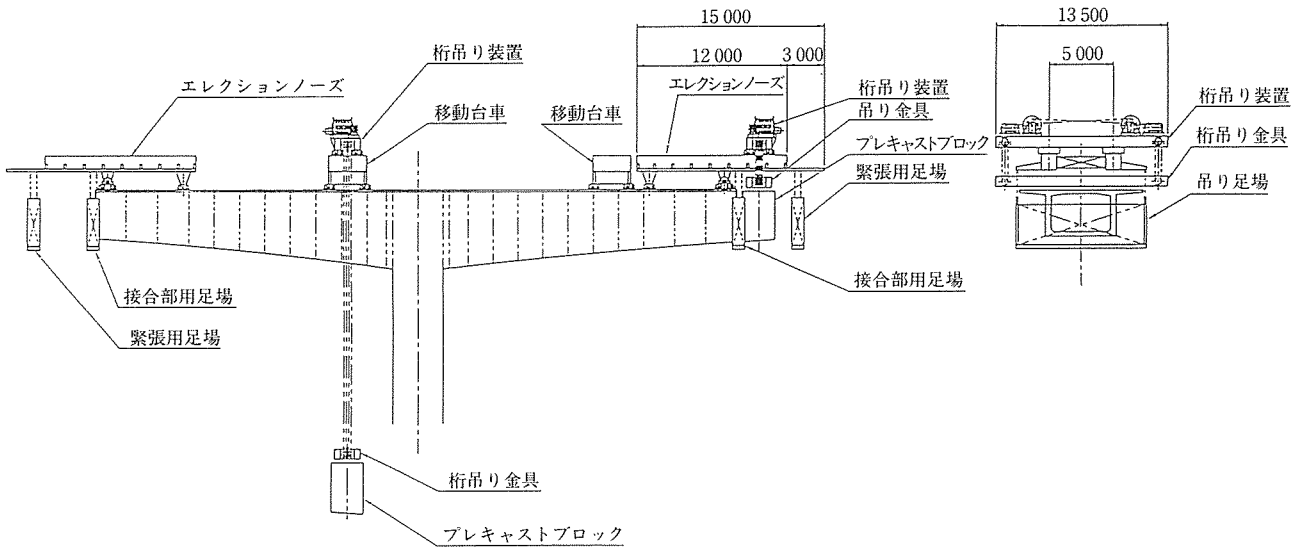


図-9 エレクションノーズ架設機械図

エレクションノーズ架設に使用される架設機械は図-9に示すように移動台車・桁吊り装置・エレクションノーズ・足場設備で構成される。

施工手順を下記に示す。

- ① 橋脚幅 4.0 m の柱頭部を場所打ちで施工する。
- ② エレクションノーズを橋脚下にクローラークレーンを配置し組み立てる。
- ③ 基準ブロックを吊り上げ、設置し、目地部のコンクリートを打設する。
- ④ 1 橋脚分 (36 個) のブロックを 1 日当たり 1 ブロックの速度で架設する。架設は、橋脚下の所定の位置まで運搬されたブロックを移動台車上の桁吊り装置で吊り上げ、前方に移動し、所定の位置にブロックを設置する。
- ⑤ ブロックの架設完了後、エレクションノーズを解体し、別の橋脚部の施工を行う。

エレクションノーズを 4 台使用し、1 回転用で施工する場合、準備工を含めると橋体完成までの架設工期は図-

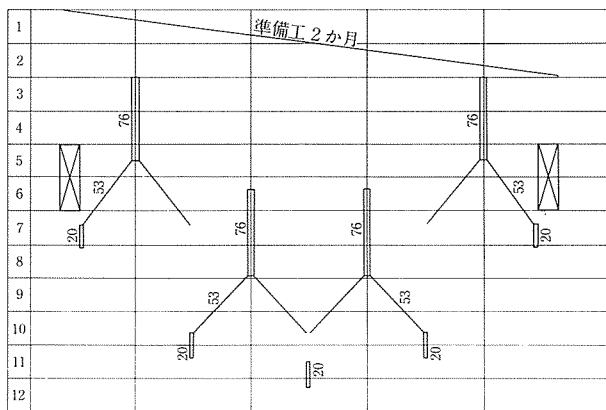


図-10 エレクションノーズ架設工程表

10に示すように11.5か月となる。対象橋梁ではエレクショントラス架設と、同一の架設工期となっているが、エレクションノーズの台数により工期の融通性はある。

### 3.2.4 場所打ちカンチレバー工法

国内実績も多く、一般化した工法であるため特に説明を要しないが、対象橋梁に対し一般型ワーゲンを4台使用し施工する場合、準備工を含めると橋体完成まで18か月となる。

### 3.3 工事費の算出

PBC工法の2ケースおよび場所打ち工法の工事費は、試設計において算出された主要使用材料の数量および施工法に対し、下記の見積条件により1位代価から積み上げ算出した。

- ① プレキャストブロックの製作ヤードは架橋位置から5 km 以内に確保される。
- ② エレクショントラス架設においては、橋台背面のヤードへブロックの搬入が可能である。また、エレクショントラスの組立用地が橋台背面に確保される。
- ③ エレクションノーズ架設においては、橋脚基部へブロックをトレーラーにより搬入可能である。
- ④ 材料費、労務費は建設物価版を使用し、労務歩掛については下記を用いた。
  - (a) 場所打ちカンチレバー工法は、PC 建協片持架設工法積算要領
  - (b) PBC 工法は本研究会で独自に設定した歩掛
- ⑤ 工事費は、(直接工事費+特殊仮設費)での比較として、製作ヤード用地費、ブロック搬入路、一般間接工事費および一般管理費は含まれていない。
- ⑥ PBC 工法については架設機械の転用が図れる程度の工事件数があるものとする。

### 3.4 研究成果のまとめ

対象橋梁（5 径間連続ラーメン橋）に対する検討結果をまとめると次のようになる。

- ① PBC 工法の架設工期は 11.5 か月となり、場所打ち工法が 18 か月であるのに比べ、大幅な工期短縮が可能である。
- ② PBC 工法の工事費は場所打ち工法を 1.0 とした場合、前述の見積条件よりエレクショントラス架設で 1.1、エレクションノーズ架設で 1.2 と算出され、PBC 工法はやや割高になった。しかし、PBC 工法は橋梁規模の大型化（橋長を 1 km 程度）を図れば、特殊仮設費のうちの固定費比率が減少し、橋面積 1 m<sup>2</sup> 当たりの工事費単価は下がる傾向になる。

対象橋梁 1 ケースの試算結果をもって PBC 工法の評価ができないことは言うまでもない。今後、多くの比較検討が必要であり、同時にブロック製作設備のショートライン方式、高強度コンクリートを使用することによる部材の軽量化による経済性の向上などあらゆる方面からの検討が必要となる。

## 4. 今後の課題

前述の調査・研究にもとづき PBC 工法の採用における今後の課題を計画・設計・施工・その他に分類して以下に記す。

### 4.1 計 画

PBC 工法を有効かつ円滑に採用するうえで、計画上望まれる項目を以下に記す。

- ① スケールメリットを考え、できるだけ大工区での計画とする。
- ② 路線計画段階で、橋梁部の平面線形はできるだけ直線にすることが望ましい。曲線がある場合でも、曲率半径の大きな単円とすることが望ましい。
- ③ ブロックの製作、仮置きのために安価な広いヤードが必要である。その解決策として、桁製作・仮置きヤードは架橋地点に近い工事用地内とし、プロジェクト全体で考え、土工区間の早期発注等によりヤードを確保する。
- ④ 桁製作設備および架設機械の有効利用を考えて桁形状の統一を図る。

### 4.2 設 計

設計面に関し、早急に確立が望まれる項目、あるいは今後詳細な検討が必要とされる項目を以下に記す。

- ① 設計基準が十分とは言えないため、細部項目にわたる統一・新規作成が必要である。内容的には目地部の設計手法・構造細目の確立、また細部では吊上げ、仮置き等の施工時にブロックに生じる応力への対処法の確立などが必要である。

- ② 断面の規格統一、すなわちブロックの種類を少なくして標準設計化を図る。
- ③ 施工性を考慮して等桁高とするのが望ましい。また、その支間長への適用範囲を設計の標準化に取り込む。
- ④ 定着突起の位置・形状とブロック割との取合いについて、施工性を設計段階で考慮する。
- ⑤ 終局荷重作用時の耐力向上と設計荷重作用時の引張応力度を許容する場合の検討、すなわち目地部における鉄筋の接合方法を開発する。
- ⑥ 外ケーブル工法を併用すること、また高強度コンクリートを使用し、部材厚を低減するなどにより、主桁重量の軽減を図る。
- ⑦ 架設時上げ越し修正に対する構造および材料の検討を行う。

### 4.3 施 工

桁製作・運搬・架設・施工管理の面に対し、今後検討が必要とされる項目を以下に記す。

- ① ブロック製作設備の選定に関して、従来行われているロングライン方式（型枠移動式）とショートライン方式（型枠定置式）との比較検討が必要である。
- ② 断面形状、突起部形状の標準化を行い、型枠設備の機械化による省力化、特に内型枠に関する検討が必要である。
- ③ ブロックの製作誤差が完成形に大きく影響を及ぼすので、ブロックの製作誤差・計測・出来形誤差の予測および修正に関する自動管理システムの検討が必要である。
- ④ ブロック運搬上の各種制限に対し、実績をふまえてガイドラインを整備作成するなど対応が必要である。
- ⑤ 大型架設機（エレクショントラスまたはエレクションガーダー）を用いる場合には、そのハンドリングに熟練作業員を必要とするため、その養成を必要とする。
- ⑥ エレクショントラス架設では、中央部に長大支間がある場合や橋台背面にヤードがない場合など、現場条件により施工が困難な場合がある。また、エレクションノーズ架設の場合、橋脚位置にノーズ組立用の大型クレーンやブロック運搬路が必要となる。そのため、あらゆる現場条件に対応できる架設方法のバラエティをそろえる方向で検討する必要がある。
- ⑦ 国内ではオールプレキャストブロックでの施工事例はないが、PBC 工法の特長をさらに生かすため、柱頭部のプレキャスト化について検討が必要で

◇報告◇

ある。

- ⑧ PC 鋼材挿入時の事故防止，グラウトの流出防止などのために，目地部における PC 鋼材用シースの連続性を改善する。

4.4 その他

- ① 積算体系の確立が必要である。  
② PBC 工法普及のポイントとして品質向上と耐久性の改善による優良な社会資本の建設，そして労務事情の改善と建設産業の近代化，の 2 点を認識する。

あとがき

PB 研究会で行った PBC 工法の調査・研究の概要を報告した。

我が国でのカンチレバー工法による PC 橋の施工は，昭和 34 年嵐山橋に始まったが，その後この工法は我が国の地形条件をはじめとする環境条件に合致したことで，世界でも類をみない急速な発展を続けている。そのなかで，プレキャストブロックカンチレバー工法による PC 橋は 25 年間で 1 年 1 橋程度と，早期に実施工を行ったにもかかわらず発展が遅れてきていた。

しかし，社会的，技術的条件変化に伴い，本工法の再検討が必要不可欠となった。従来，鋼橋の範疇と考えられていた架橋条件でも本工法により PC 橋が十分対応可能であることが示され，さらに今後も構造物の品質向上，施工性向上，軽量化，経済性が追求されていくものと考えられる。

最後に，本調査・研究を行うにあたり，ご指導いただいた関係各位に誌上をお借りして御礼申し上げますとともに，今後ともご指導お願い申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Fritz Leonhardt, Willi Baur, Wolfgang Trah : Brücke über den Rio Caroni, Venezuela, BETON- UND STAHLBETONBAU, Feb. 1966
- 2) Gustav Hager : Erstmalige Anwendung des Freivorbaues mit Fertigteilen in Deutschland, DIE BAUTECHNIK 10/1968
- 3) Gustav Hager : Die Lechbrücke Epfach, DER BAUINGENIEUR, Dez. 1968
- 4) 吉田智光, 池田正和 : 西金大橋, プレストレストコンクリート, Vol. 13, No. 2, 1971
- 5) 井戸淳二 : 神島大橋の設計と施工, 橋梁と基礎, 1971 年 9 月
- 6) W. Plagemann : Die Hochstraße von Chillon, DER BAUINGENIEUR 1972 H. 4
- 7) Jean Muller : Ten years of experience in precast segmental construction, PCI JOURNAL Jan.-Feb. 1975
- 8) F. Büchting, P. Moosbrugger : Brücke über den Europakanal aus Fertigteilen mit Verbindungsfugen aus Epoxidharz, Der Bauingenieur, 1976, H. 4
- 9) H. Nelson Pedersen, Jean Muller, Hans Wittfoht : Vom Bau der Sallingsundbrücke, BETON- UND STAHLBETONBAU, Apr. 1977
- 10) 布施川文生, 戸田 透, 馬上信一, 佐藤博好 : 新山下橋の施工, 橋梁と基礎, 1979 年 3 月
- 11) 首都高速道路公団 : 目黒架道橋, 橋梁と基礎, 1979 年 10 月
- 12) 今井光男, 須藤利雄, 藤森浅直, 鈴木康男 : 十三湖大橋の架設, 橋梁と基礎, 1979 年 12 月
- 13) Jean Muller, James M. Barker : Joint Heating Allows Winter Construction on Linn Cove Viaduct, PCI JOURNAL, Sep. -Oct. 1982
- 14) Donald J. Ward : An Overview of Prestressed Segmental Concrete Bridges, PCI JOURNAL, Mar. -Apr. 1983
- 15) Peter Matt : Status of Segmental Bridge Construction in Europe, PCI JOURNAL, May-June 1983
- 16) Dauphin Island Bridge, PCI, JOURNAL Jan. Feb. 1984
- 17) Eugen Dimel : Nigerbrücke Ajaokuta, Nigeria, BETON- UND STAHLBETONBAU, Apr. 1984
- 18) 金城英男, 仲田文昭, 黒川勝好, 藤元安宏 : プレキャストブロックカンチレバー工法による瀬底大橋の施工, コンクリート工学, Vol. 22, No. 4, 1984
- 19) H. Dargel, G. Otto : Brücke über den Nun, Brücke über den Imo, Nigeria, Der Bauingenieur, 1985
- 20) Walter Bilger, Wolfgang Steffen : Die Segmentbauart und ihre Anwendung beim Bau der Sallingsundbrücke, BETON- UND STAHLBETONBAU, Juni 1986
- 21) H. Van Tongeren : The Saudi Arabia-Bahrain Causeway, FIP notes, 1986/4
- 22) 森 和夫, 熊岡楨二, 北川毅彦 : ノンタブリ・パツムタニ橋の工事報告, プレストレストコンクリート, Vol. 28, No. 3, 1986
- 23) Eugen Dimel : Nigerbrücke Ajaokuta, Nigeria, FIP 1986 Congress, Deutscher Beton Verein
- 24) M.K. Hurd : Segmental box-girder bridge construction, CONCRETE INTERNATIONAL, Sep. 1986
- 25) Peter Lorenz : Brücken in Segmentbauart und ihre Ausführung in Europa, BETON- UND STAHLBETONBAU, Mai-Juni 1987
- 26) Santiago P. Fadon : Cruzul Viaduct (Calicia, Spain) precast segment cantilever construction, Technical paper at the 12 th ATEP National Congress, Oct. 1987
- 27) F. Housley Carr, Michael May : Delta frames hold key to bridge (James River Bridge), ENR, May-June 1988
- 28) 屋良朝廣, 仲宗根朝雄, 当間清勝, 岡戸三夫 : 池間大橋の設計と施工, 橋梁と基礎, 1989 年 10 月

【1991 年 2 月 4 日受付】