

最近のヨーロッパにおけるPC橋とその施工について

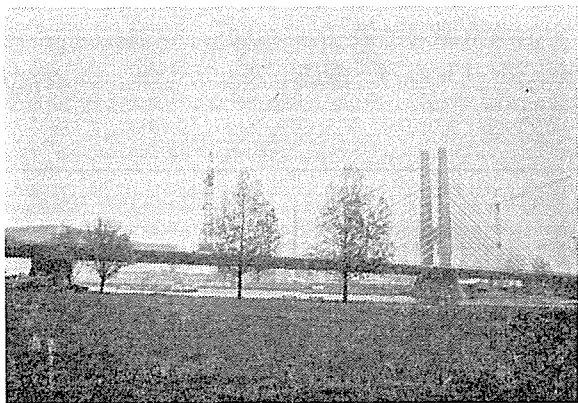
——特に大型架設機械による——

椎 泰 敏*

1. はじめに

昨年の3月末から5月初めにかけて西ドイツ、イタリア、フランス、スペインなどのヨーロッパ諸国を旅し、いくつかのPC橋をたずね、またその施工現場を見学する機会を得た。

ヨーロッパにおける橋梁は、長大橋を除いてはほとんどがPC橋であるといつてさしつかえないほどで、しかも、長大橋（スパン 150 m 前後以上）も Pylon 工法によるPC斜張橋（第2 Main 橋・Frankfurt 市郊外 写真—1、図—8）あるいは、中央径間のみ鋼床版橋で側径間



Schlängseil の影が美しい。塔は建築的センスで設計されている。

写真—1 第2 Main 橋

は、PC橋とした斜張橋 Nord Manheim 橋のようにPC橋化の傾向をたどっているようである。

この傾向は、西ドイツにおいては十数年来のもののようにであるが、その理由としては、設計において地震の影響を考慮しない、あるいは考慮してもきわめて小さなものであるため、PC橋の場合でも基礎工、下部工の工費が比較的少なくすむ、PC橋にとって有利であることのほかに、

1) 鋼橋の場合、特殊技能者である労務者の給与が高いのに比し、PC橋の施工の場合、トルコ、ギリシャ、イタリア、スペインなどからの出かせぎの労務者で賃金

が比較的低い、

2) 大型架設機械などの利用により、PC上部施工の省力化、急速化をはかっている、

3) 施工方法と合致した新しい構造形式の開発を行なっている、

4) その他、種々の新しいアイデアによる施工の合理化をはかっている、

などがあげられるであろう。特に、2)、3)、4) の事項については、旅行中もいたく感じさせられたのである。このように、ヨーロッパにおいては、プレストレストコンクリート橋にとってめぐまれた条件をふまえてさらに努力している結果、PC橋の占める比率が多くなったといえるが、一方、日本においては条件が悪いにもかかわらず、上記のような努力をしているとはいきれない面がある。それには、そのような努力を disturb するような、あるいは努力しても意味がない、評価されない、といった日本独得の社会慣習が土木界にもまんえんしているからである、というのはいい過ぎであろうか。いずれにしても、プレストレストコンクリート構造物が創意ある努力、キャンペーンにより、ますます広く採用され、またその資格を有するものとなることを信じるものであるが、そのなんらかの役に立てばと、ここに「最近のヨーロッパにおけるPC橋とその施工について」と題し、拙文をご披露する次第である。

2. 大型架設機械によるPC高架橋施工例

PC高架橋の急速施工、省力化は最近わが国でも盛んにならされているところではあるが、まだヨーロッパ諸国に比較して、それほど緊迫したものではないようである。ヨーロッパの出かせぎ労務者の賃金が安いとはいっても日本よりは高く、また深刻な労務者不足であり、省力化はヨーロッパにおける工事の必須条件といつてよいのである。

数年来、西ドイツを中心とし現場打ちPC橋の施工機械として、移動吊支保工（橋脚にまたがって移動するタイプの支保工）、可動支保工（下から支えられるかたちで

* 首都高速道路公団 第2建設部 志村工事事務所

移動する支保工), またフランスを中心としたPCプレキャスト桁をいっきに,あるいはプレキャストブロックを架設する大型架設機械などがさかんに採用されPC橋施工の急速化,省力化の実績をあげている。

筆者も,これらの現場を訪れたのであるが,前述のようにしばしば感じる場所があったので,以下各現場の施工概要および施工機械などについて,写真などを使用しながら説明をしたい。

(1) カンポダッツ橋

本橋は,図-1に示すように北イタリアのボルツァーノから10kmほど北に入ったCampodazzo村の美しい



図-1 イタリア,カンポダッツ村近略図

溪谷に沿って走る高架橋である。本自動車道路は,ローマから発し,フィレンツェ,ペローナ,ボルツァーノのイタリアの諸都市,インスブルック,ミュンヘン,ニュールンベルグ,ベルリンのオーストリーおよびドイツの諸都市を経由し,さらに北に通じるいうなればヨーロッパ縦貫道路(E6)であり,その道路の有する社会的,産業的意義は高く評価されている。なお,この北イタリア,オーストリア部分のE6 Autobahnは,ブレンナー道路(Brenner Autobahn),ブレンナー橋の名でわが国にもしばしば紹介されているのでご存知の方も多いかと思う。

さて本橋の施工は,DYWIDAG社設計指導の2台のMSUワーゲンL-TYPE,総重量800tの移動吊支保工によっている。吊支保工自体のくわしい説明はさけるが,上部構造が4主桁であるうえ,図-3に示すような複雑な型わくであるため苦労はしながらも,従来の移動吊支保工に改良を加えた(たとえば可動足場の上下装置など)

側面図

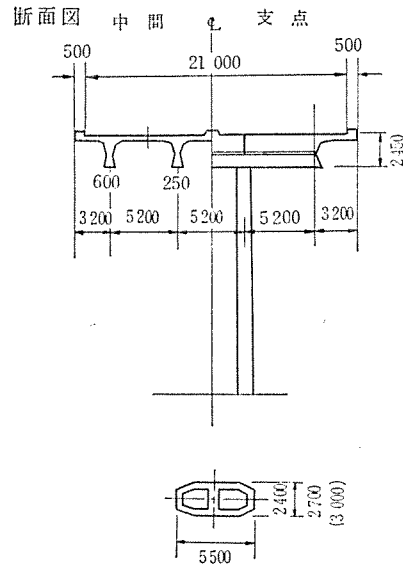
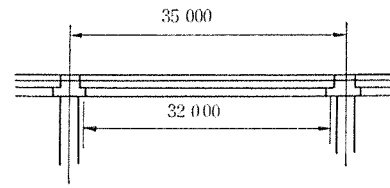
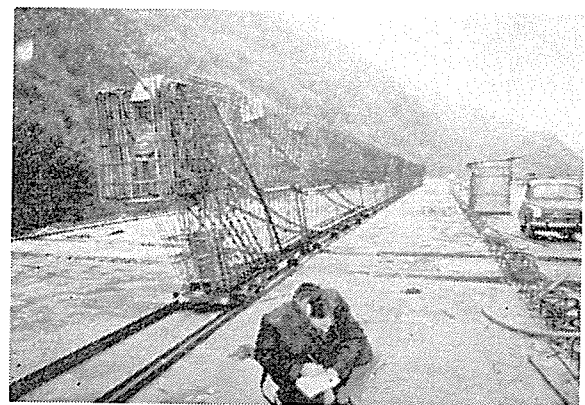


図-2 Campodazzo 橋

比較的良好にできた移動吊支保工ということがいえる。また,施工は後述するように1スパン10~14日のサイクルで比較的急速化されている。これも,ワーゲンを使用するだけでなく,写真-2に示すような,主桁部分の鉄筋,シーブ,PC鋼線の1スパン分のBlock化,蒸気による促進養生,天候に左右されないためのワーゲン上の屋根,といったさまざまな工夫によるものである。

本橋の構造および施工の内容,規模は次に示すとおりである(図-2)。

- ① 橋 長: 3.5 km



主桁部は1スパン分ブロック化され簡単な軌道車でワーゲン内に運搬される。

写真-2 主桁部鉄筋,PC鋼線(Campodazzo 橋)

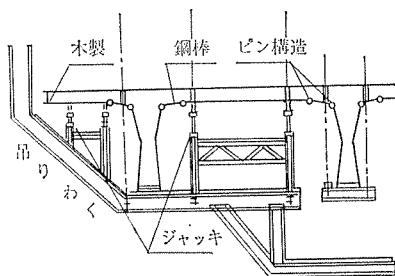
報 告

- ② 施工業者：Gelfi 社 2.5 km
CO GE, Co 社 1.0 km
- ③ 構造形式：4本主桁P C 単純桁橋（現場打ち）
- ④ 支 間：32 m（橋脚中心間隔 35 m）
- ⑤ 幅 員：22 m
- ⑥ 完 成：1973年4月予定
- ⑦ 1 径間あたり材料：

コンクリート；主桁，床版	384 m ³
横ばり（橋脚）	120 m ³
鉄 筋	32 t
P C鋼材	18 t

 (BBRV φ7)

⑧ 型 わ く：図-3 のとおり。



4主桁でかつ主桁断面形状が複雑，ピンの部分で回転を起こし脱型しやすくできている。

図-3 型 わ く

- ⑨ コンクリート打設方法：現場練りコンクリート，コンクリートポンプ車2台で打設。主桁，床版の打設時間；11時間，32 m³/h
- ⑩ 養生方法：蒸気養生，最高温度 60°C
冬期；36時間 夏期；25時間
- ⑪ 1 サイクルの工程：

1	月	緊張，ワーゲン移動準備および移動
2	火	移 動
3	水	横ばり部型わく組
4	木	型わく組 横ばり部配筋ケーブル
5	金	横ばり部コンクリート
6	土	休 養 生
7	日	” ”
8	月	配 筋 横ばり部緊張
9	火	配 筋ケーブル
10	水	”
11	木	”
12	金	コンクリート
13	土	休 養 生
14	日	” ”

- 1) 1工程 2週間（実働10日）
- 2) 1日の作業時間
6.00~18.00
（実働11時間）

⑫ ワーゲン組立てに要した時間：約4か月

Campodazzo 橋の工事施工の概略は上記のとおりであるが，Gelfi 社工区と Co GE, Co 社工区間の約1.5 km は，同じスパン割り，桁構成，断面，幅員構成であるにもかかわらず，写真-3 に見るような大型架設機を

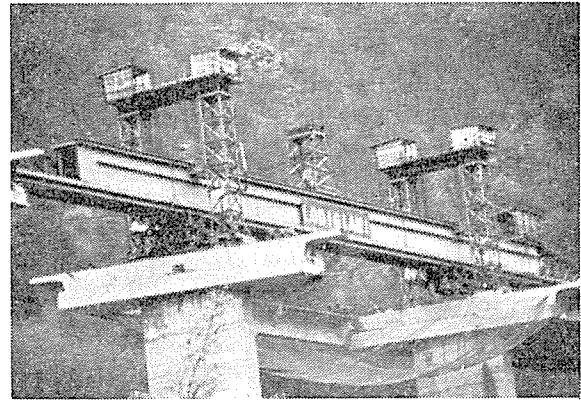


写真-3 大型架設機によるプレキャスト桁の架設 (Campodazzo 橋, LODIGIANI 社施工)

使用して，プレキャスト桁が架けられていたことは特筆すべきであろう。ここらあたりに，日本にはあり得ない土壌と環境を感じるのである。

(2) Pollizzia 橋（シシリー島，パレルモ～カタニア間高速道路）

パレルモ～カタニア間高速道路は，イタリア政府が，シシリー島の本土との経済格差をなくすべく，シシリー島改造計画の一環として打ちだしたもので，図-4 に示すように，シシリー島の奥深くを通り，パレルモとカタニアを結ぶ延長約 194 km の道路である。本道路はシシリー島内陸部における大農園計画とあいまって，シシリー島開発のための大動脈となるであろうと，シシリー島住民からばかりでなく，イタリア国民全体から期待され注目されている。



図-4 シシリー島略図

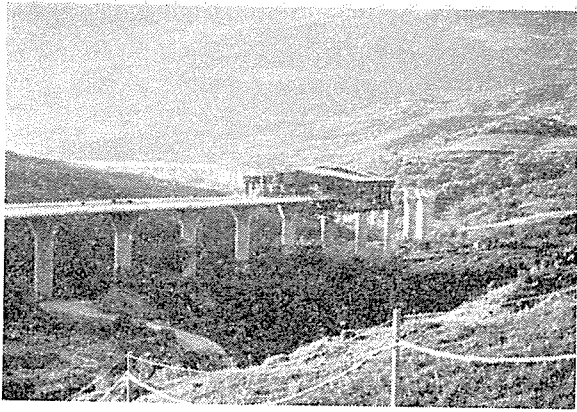
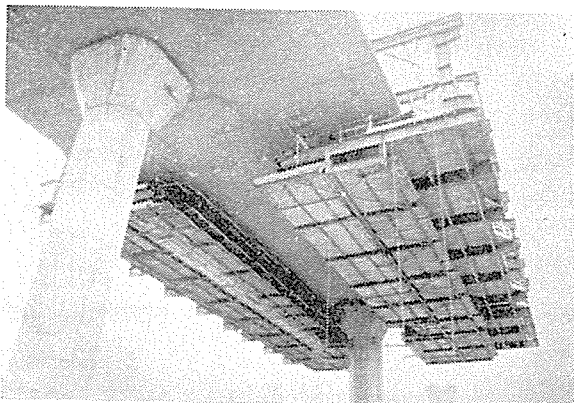


写真-4 Pollizzia 橋全景

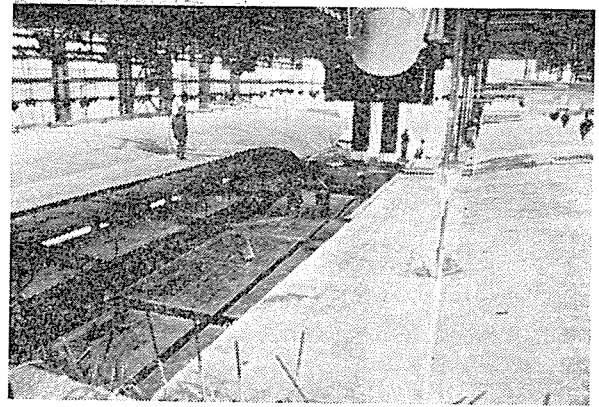
さて本橋は、パレルモより 100 km ほどカタニア方面に向ったところで、写真-4 に見るように荒涼とした山の中を走るピルツ構造の高架橋である。

- ① 架設機械：DYWIDAG 社設計の MSU タイプ移動吊支保工，総重量 590 t 3 台により施工，長さ 74 m，幅 25 m
- ② 橋 長：6.93 km
- ③ 施工業者：Sud Strade 社 }
Farsura 社 } 計 3 社
S.A.C.U.G 社 }
- ④ 構造形式：2 径間ピルツ構造橋
- ⑤ 支間×幅員：35 m×22 m
- ⑥ 完 成：1972 年末
- ⑦ 1 径間あたり：材料 コンクリート 560 m³
鉄 筋 33 t
P C 鋼線 27 t
(DYWIDAG 鋼棒 φ32 mm)
- ⑧ コンクリート打設方法：ワーゲン内に内蔵したベルコンにより打設，ベルコンは，橋軸方向に 6 台，直角方向に 2 台で，自由に移動可能で，シュート



中央型わくは両側に開いた可動足場に収まっている (1 日目)。

写真-5 移動体制完了 (Pollizzia 橋)



ピルツ構造における型わくは脱型しやすく移動吊支保工に適している。型わくのパネル割りの様子がわかる (2 日目)。

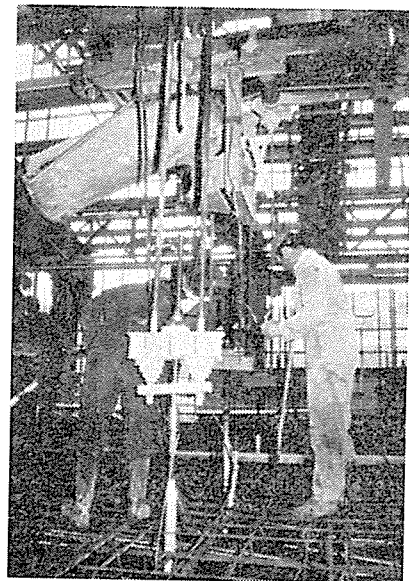
写真-6 型 わ く

を併用しあらゆる場所に打設可能である。

45 m³/h により 12 時間打設。

- ⑨ 養生方法：自然養生
 - ⑩ 1 サイクルの工程：1 週間サイクル
 - ⑪ ワーゲン組立に要した時間：約 3 か月
- 上記のような，これだけの規模の高架橋を 1 週間サイ

		作 業 内 容	
1 日目	月	緊張，ワーゲン移動準備，脱型，ワーゲン移動	
2 "	火	ワーゲン移動の一部，型わくセットおよび調整	
3 "	水	鉄筋組立て，P C 鋼線配置	
4 "	木	同 上	
5 "	金	コンクリート打ち	
6 "	土	後片づけおよび整備	午後休み
7 "	日	休 み	



2 対で 45 m³/h 以上打設可能 (5 日目)

写真-7 コンクリート打設用ベルトコンベア

クルで架設することは、筆者にとっては驚異であったが彼らはきわめて平然とそれを実行しているのである。

Carpentiere と称する上級労務者を3人ほどを有する15人組を1パーティとし、2パーティが時間をずらして作業に入るのである。すなわち1パーティはAM 6:00~PM 4:00(実働9時間)、他のパーティはAM 10:00~PM 8:00と作業するのであるが、段取り、作業の最盛時間、跡片づけと翌日の段取りという作業内容にあった労務者の配置となり、きわめて能率のよい作業をしていた。当然ながらゲルバー部の鉄筋のブロック化、PC鋼棒の運搬車などのくふうをこらしている。また、Carpentiere はあらゆる仕事、ワーゲンの移動から Set、鉄筋組み、型わく組みなどをなし、助手程度の労務者でも、自分のなすべき仕事を知って無駄なく動きまわっているのには感心させられたものである。これも、ワーゲンによる単純作業のくり返しの所産であろう。

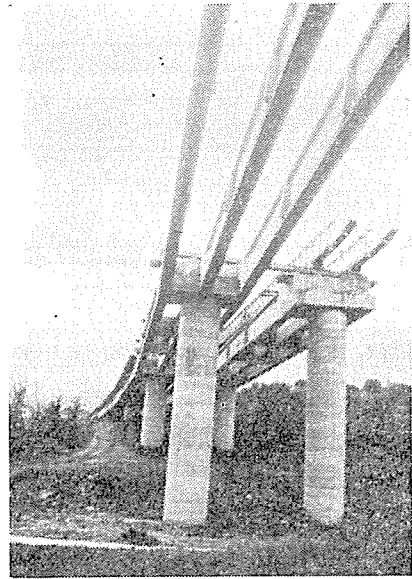
なお、ピルツ橋が6.9 km 続いたその隣接工区は、同じ35 m スパンであるが、写真-8 に見るような大型架設機により、プレキャスト桁とプレキャスト床版を架設、施工していたのが Campodazzo の場合と同様印象的であった。

(3) Milano, Tangentiale Est 高架橋

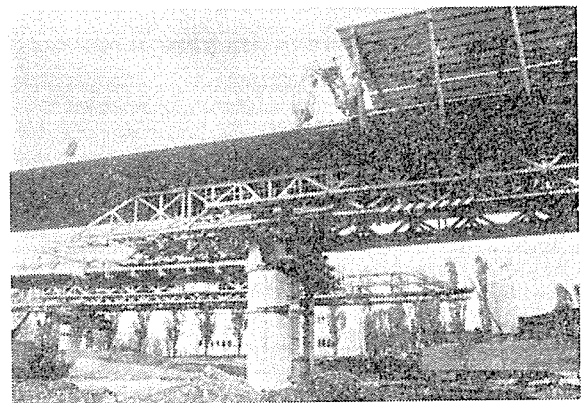
本高架橋は、ミラノ市の東の郊外を接線状(Tangent)に走る自動車専用道路の一部である。

本構造は、何の変哲もないピルツ構造であるが、写真-9、図-5、6 に見るような、特色のある可動支保工を採用している。すなわち、①メインガーダーを橋軸方向に移動する装置を内蔵する支柱に支えられて、電動ウィンチを動力として動く、②非常に剛な型わくを有している、③オイルジャッキを多用し、機能的に設計されている、④一般の可動支保工と異なり屋根を装備している、⑤メインガーダーはトラスであり、またメインガーダーに内蔵されるスクリージャッキにより横断勾配が自由

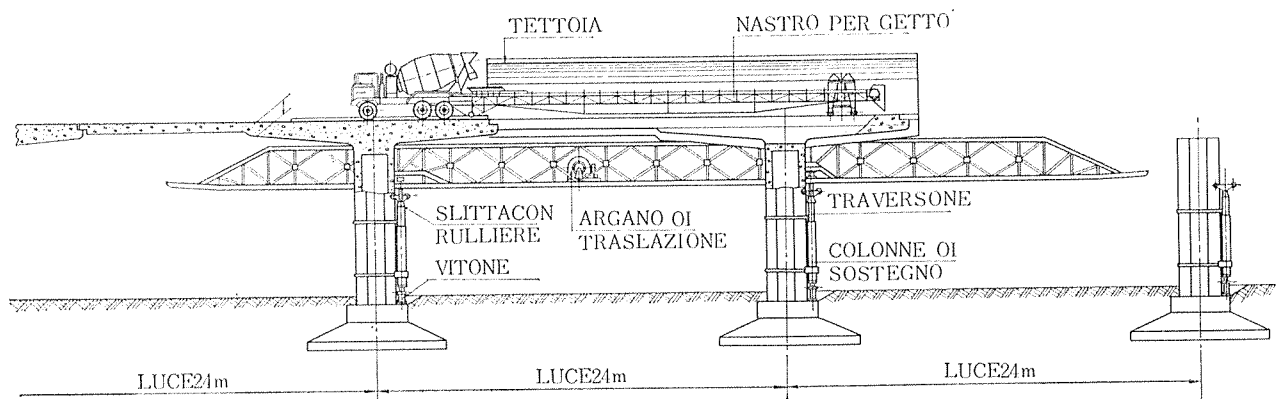
に調整可能である、⑥その他、Detail に光ったアイデアが取り入れられている、などの特色をあげることができる。



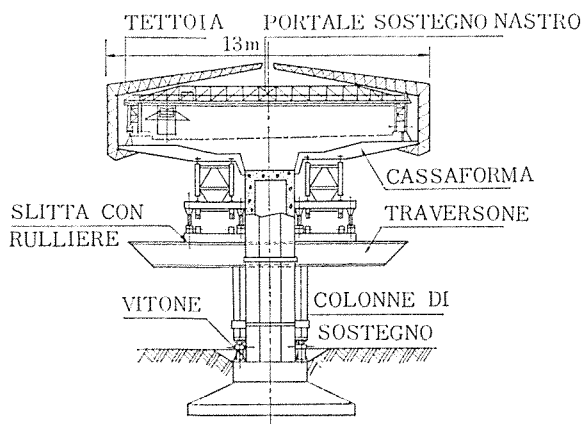
橋面のでき上がりは凸凹が多くきわめて悪い。
写真-8 大型架設機によるプレキャスト桁の架設
(プレキャスト床版)



2台の可動支保工が見える。3 km 施工。
写真-9 Tangentiale Est 橋



支保工主桁はトラス、全長 57 m、桁重量 208 t、ウィンチ重量 4 t
図-5 Tangentiale Est 高架橋および可動支保工(側面図)

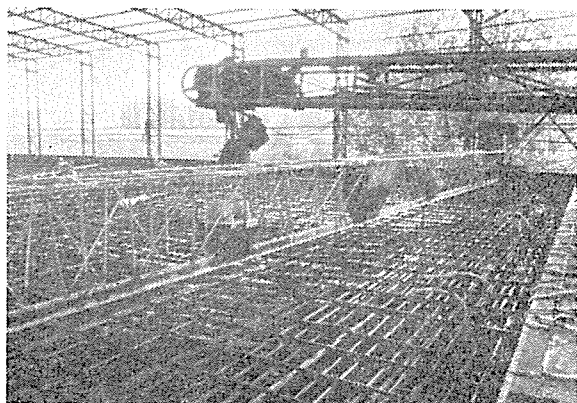


主桁受支柱および受ばり
4.5×3=13.5 t
図-6 横 断 図

上部工の構造形式および施工内容の概略は次のとおりである。

- ① 構造形式：ピルツ構造
- ② 支 間：25 m
- ③ 幅 員：13 m
- ④ 桁下空間：10～20 m
- ⑤ 1 径間あたりの材料：

コンクリート	180 m ³	} 合計 450 t
鉄 筋	12 t	
P C 鋼棒	16 t	
- ⑥ 工事延長：3 km
- ⑦ 架 設 機：可動支保工 2 台
総重量 約 230 t
- ⑧ 完 成：1972 年中
- ⑨ コンクリート打設方法：写真-10 に見られるような前後左右に移動可能なベルトコンベアにより打設。
30 m³/h, 6 時間で打設。
- ⑩ 養 生：蒸気促進養生, 橋面をシートで覆う。
500 000 kcal/h, 最高温度 70°C, all



固練りのコンクリートであることが必要。
写真-10 コンクリート打設用ベルトコンベア
およびフィニッシャー

season 16 時間

- ⑪ 1 径間施工サイクル：本橋も pollizzia 橋と同じく 1 週間サイクル, しかも余裕を持った作業内容である。
- ⑫ 労務者数：15 人

ことに, この現場で感心させられたのは, 上部工の規模も比較的小さいのであるが, 15 人という少数の労務者により 1 週間, しかも余裕のある 1 週間 (土, 日は全休) で 1 スパンを架設してしまうということであった。これは, 能率のよい機械化された可動支保工を採用しているからばかりでなく, 構造がピルツというきわめて施工しやすい形式のせいでもあるようである。

(4) Paris, B-3 高架橋

本高架橋は, パリの外郭環状線 (Boulevard Périphérique) から放射状に延びる道路の一つである。

本橋は, フランスらしくプレキャスト ブロック工法によっているが, 写真-11 のような大型の架設機を用いてきわめて急速な架設を行なっている。たとえば, Span 35 m 程度の場合 3 日間である。

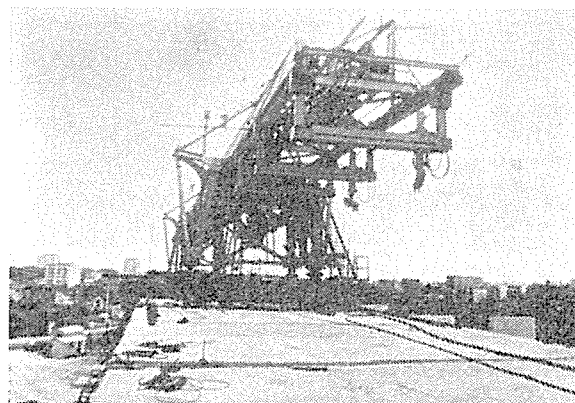


写真-11 B-3 高架橋架設機

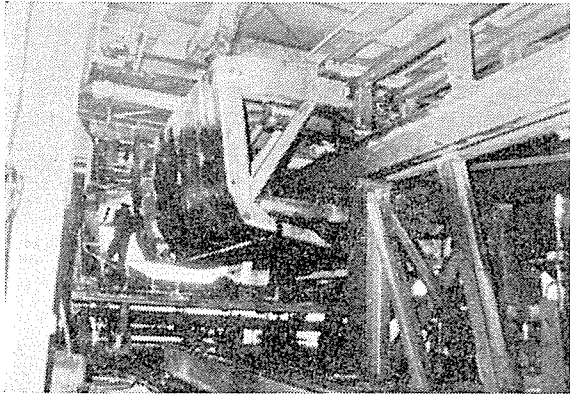
本橋の構造, その他は次のとおりである。

- ① 橋 長：2 km
- ② 構造形式：連続箱桁橋
- ③ 支 間：27 m～53 m, 34 m～38 m がもっとも多い
- ④ 幅 員：20.75 m～7.0 m
- ⑤ ブロックの形状：3 Type, 桁高 (一定) 2.0 m
 - a) 腹板間隔 4.5 m, 幅員 10.5 m
長さ 3.4 m あるいは 2.5 m
 - b) 腹板間隔 6.0 m, 幅員 10.5 m, 11.75 m
長さ 3.4 m, 2.5 m
 - c) 3 ウェブ, 外腹板間隔 9.5 m
幅員 15.25 m, 長さ 2.5 m, 1.5 m
- ⑥ ブロックの重量：25 t～53 t
- ⑦ ブロックの個数：2 200 個

報 告

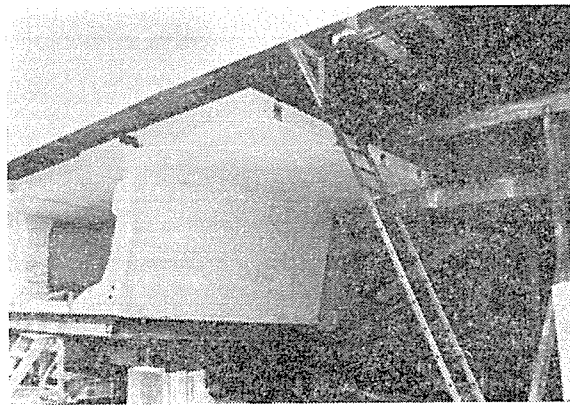
⑧ 施工会社：Campenon-Bernard-Europe

ブロックの製作は、現場付近の特設の工場で写真12、13に見られるような4台のブロック製作機によ



内型わくが手前に見える。前後に移動可能。

写真-12 ブロック製作機



既成ブロックが片側目地部の型わくとなる。

写真-13 ブロック製作機

て製作される。1日平均8ブロックが製作されコンクリート打設、締固め、養生(蒸気養生)はすべてが機械化、自動化されている。

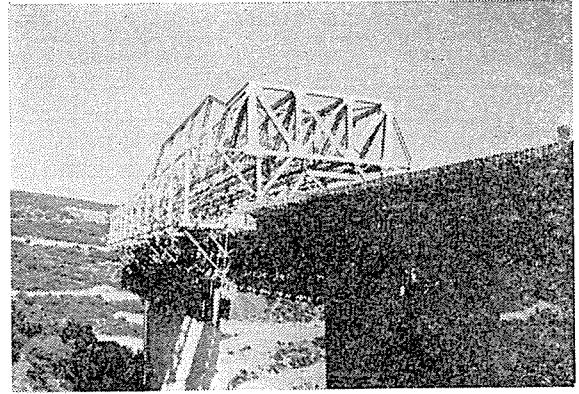
架設機は、全長97m、総重量約200tで、写真-11のように三角形の断面をしており、Block桁を吊り下げ後方より前方へ移動させることができる。

できればは、ブロック工法の欠点(精度の面における)が出てあまり良くなかったのは残念である。

(5) Monzanal 橋 (スペイン)

本橋は、Madrid から北西約350kmのMonzanal峡谷にあり、Madrid-Galicia間自動車道の一部である。本橋は、現場打ちPC連続桁であるが、Incarville Type (Europe-Etudes 設計)の移動吊支保工により施工されている(写真-14)。

- ① 構造形式：6径間連続2主桁版橋、曲線桁、横桁なし。
- ② 支 間：45m (橋長270m)
- ③ 幅 員：10.2m



ドイツタイプの移動吊支保工と比べるとやや機能的でない。

写真-14 Monzanal 橋

④ 移動吊支保工重量：約300t

この移動吊支保工は、2主桁版橋を対象として設計されたもので、内側の型わく支保工が送り桁の役をなすところに特色がある。本橋はカーブ部分であるが、かなり移動set、調整などに苦労していたようである。

3. PC 橋を訪ねて

前記のように、PC橋架設現場を中心に訪れたが、その他にも施工法など抜きでいくつかのPC橋をたずねて歩いた。その中から、興味を引いた橋、2主桁版橋とPC斜張橋を簡単に紹介する。

(1) Ohlstadt 橋, Frankfurt 市内高架橋 (2主桁版橋)

2主桁版橋は、図-7に示すような断面形状で、一般には横桁を、支点上、支間部ともに有さない多径間連続桁である。

本構造は、1966年以来 Talbrücke Sechshelden, Hangbrücke Würgau, Siegbrücke Blanckenburg, Poiter Clain Ponte, A13 Paris-Normandie Autoroute, 等々と西ドイツ、フランスを中心に盛んに採用されているが、それは、施工上の有利性、すなわち、断面形状が簡単で、型わくの製作・設置が容易、型わく・支保工の

スパン $l=39.00\text{ m}$
幅 員 $B=15.75\text{ m}$

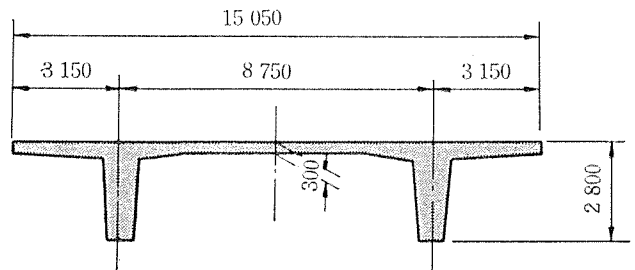
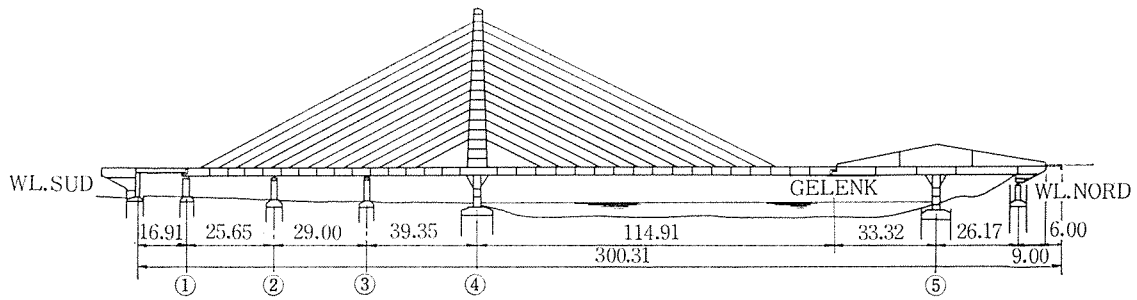
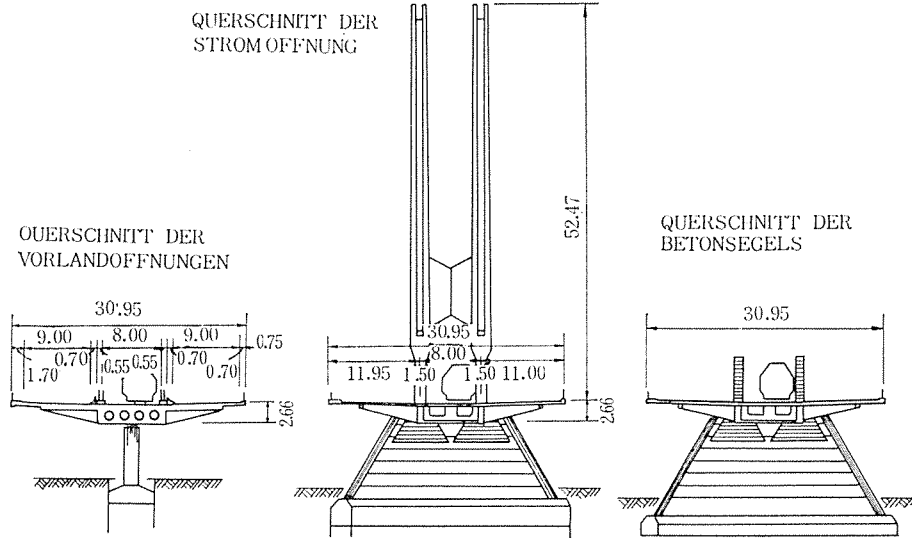


図-7 2主桁版橋断面形状 (Würgau 橋の場合)



図—8 第2 Main 橋 (Hochst Brücke) 側面図



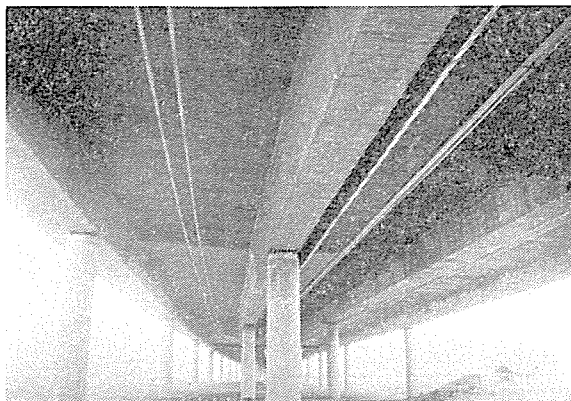
図—9 第2 Main 橋 横断図

移動が容易、鉄筋・P C鋼線の配置が容易でブロック化などがしやすい、などがその理由である。

筆者も München の南 100 km の Ohlstadt 橋 (写真—15) および、Frankfurt 市内の高架橋の施工現場を訪れたが、その施工方法と合致した合理性、すっきりした構造形状に感心したものである。

(2) 第2 Main Brücke

はじめに長大橋も鋼橋からP C橋に変わりつつあるとしてこの橋をあげたが、一見鋼橋と見まごうほどSlenderで美しい橋である。本橋の構造諸因数は 図—8, 9 に示



幅員約 15 m, 主桁間隔 8.8 m, 床版厚 30 cm.

写真—15 Ohlstadt 橋

すとおりである。読者諸氏はいかように本橋をとらえられるであろうか。

4. おわりに

ヨーロッパ各国のP C橋に対する考え方は、設計、施工両面において大いに異なるのであるが、共通していることは、正しい意味での競争の中から新しい、個性のあるものを生みだしている、あるいは生みだそうと努力しているところであろう。

ヨーロッパは古い国(あえて国という)であり、古きを好む国であり、また国民である。古きを好むゆえに、自分の造り出すものを古きものとせんために新しいものを生みだそうとする。日本は新しい国であり、新しいものの好きの国民である。それゆえにかえって常に古いのである。しかし、すでに欧米のものを有難って横流して得々とする時代は過ぎている。われわれに、欧米に実績があるからよいといういい方は許されない。ここに書いたものは、単なる報告であり、参考である。

はんらんする海外情報を、そのままのまねすることは、ナンセンスである。

拙文を続けたが、最後にP C技術関係者の今後の創意とくふうに満ちた努力と積極性に期待したい。

1973. 3. 5・受付