

押出し工法とその実験

亀 沢 宏 明*
 齋 藤 雄 三**
 坂 井 逸 郎***
 藤 元 安 宏**

1. ま え が き

建設工事における技術的施工力は人的労働力と機械力との相関関係にあり、かつては単に人的労働力(労務費)の賃金増を補う意味で機械化が推進されたのが発端である。しかし、近年では社会的な情勢から人的労働力については急激な労務費の高騰に加えて数量的にも確保が難しく、また高令化や未熟練による非能率とも相まって機械力による施工が余儀なくされた。それとともに工事の正確性や急速性も社会的要請として欠くべからざるものとなってきている。このような建設工事全般の傾向は、その1つの分野である橋梁施工についてもまったく同様であることはいうまでもない。

これらの観点から新工法の開発と機械化による省力化さらに作業の単純化等に努力が払われ、プレストレストコンクリート(PC)橋の施工分野においても各種の技術革新がなされてきた。例えば可動(移動)支保工法やプレキャストブロックによる片持架設工法もその1つである。しかしいずれにしても、おのおのが特徴を有することは周知のとおりであり、立地条件によりその威力は左右される。

ここで取り上げた押し出し工法もそのような意味から、立地条件によっては他工法の及ばない威力を発揮できる工法である。本工法による橋梁としてわが国においては北海道での幌崩大橋が、外国においてはベネズエラのリオ・カロニー橋に始まってヨーロッパ(特にイタリア、フランス、ドイツ)でかなりの橋梁が施工されており、その有利性は各種の文献から推察されるが、実際の施工面における個々の技術的な具体性については不明確な点が少なくない。

したがって、この誌面では本工法についての概要を述べたうえでわが国独特の条件を加味しさらに実際的な基礎資料を得る目的で、まず手初めに本工法の応用例の一

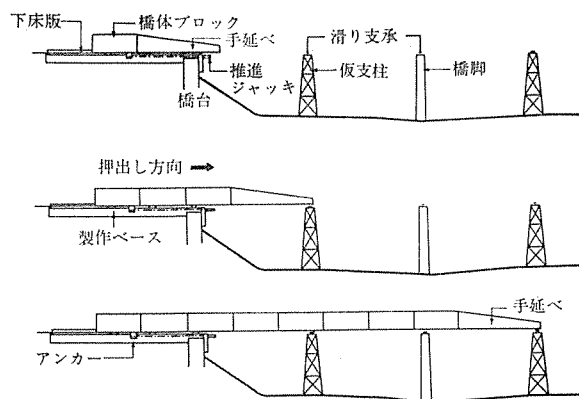
つとして単純桁(プレキャストPC単純主桁)の架設方法の改良という目的も含めて実橋(立岩橋)での試験を実施したが、それについていくつか気づいた点を報告するものである。

2. 工 法 概 要

本工法は本来鋼桁のように均一な材料を用いた部材の架設に対して有効な手段であり、鋼橋の架設では従来より実施されていたものである。しかし、コンクリートのように圧縮に対する強度と引張りに対する強度が極端に異なる材料を使用した場合、強度の低い部分に補強が必要となり、PC構造ではプレストレスによりそれを補ったものであることはいうまでもない。したがって、PC桁への本工法の利用は一般的には送り装置(支圧応力の関係)をも含めて不利とされ、最近まであまり採用されなかった。しかし、まえがきにも述べた理由と種々の技術革新に伴い、ある程度の問題点が解決され、逆にプレストレスの使い方により、それが充分可能になったばかりか、新工法として脚光を浴びることとなった。

(1) 施 工 概 要

PC橋の架設方法としての本工法は一般的に次のようなものである。架設橋梁の橋台背面(通常取付道路となる)の橋軸延長上に適当な長さ(10m前後)の橋体ブロックが製作できるようなベースを設け、そこで橋体は



図一 押し出し要領図(仮支柱を用いた場合)

* 宮崎県高岡土木事務所々長
 ** ビー・エス・コンクリート株式会社 技術部
 *** 東京支店 土木部

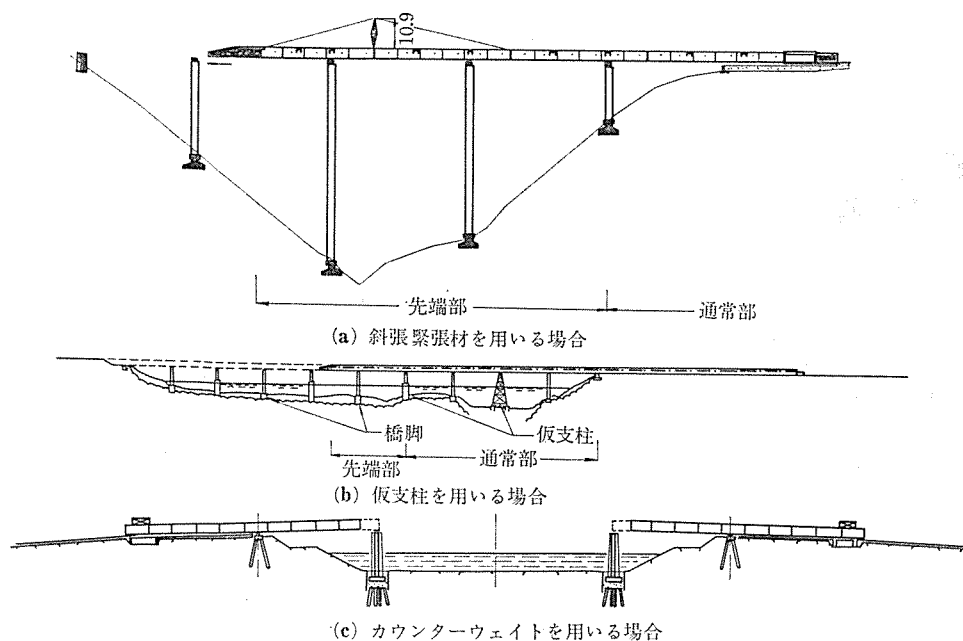


図-2 典型的な押し工法

N 分割 ($N=L/A$, L ; 桁長, A ; 橋体ブロック長) されて最先端部分ブロックより順次製作される。その際それぞれのブロックは先行して製作されたブロック端面に打ち継がれながら PC 鋼材によりプレストレスされ、適当な押し出し装置を用いて前進させる。この作業がブロックごとに繰り返され遂次橋桁は伸長し、桁先端が対岸の橋台に到達して、完了するというものである(図-1 参照)。しかし、このような製作ベースを設けず、プレキャストブロックとして搬入し、プレストレスにより接合して同様に架設する方法も考えられ、また橋台背面で橋体全部を完成して押し出した例もあり、必ずしも 1 つの方法に限定されない。そのような意味で 図-2(a), (c) は一般的といえるが (b) は完成後に押し出した例である。

なお本工法における施工上の特色となるポイントについて二、三取り上げて多少説明を加える。

a) 橋体ブロックの製作 橋体ブロックの製作は現場打ち片持架設工法における吊り型枠を逆に固定し、橋体のほうを移動するという形にしたようなもので、プレキャストブロックの製作(定置型わく式)とも類似する。

製作ヤードのレイアウトとしては橋台背面に最も近い位置から適当な長さ(手延べを用いる場合はそれが組み立てられ、また押し出し時の片持張出し長とのバランスから決る)の既設橋体部分に続いて、製作ベース、鉄筋組立場を設け、連続作業が可能となるようにする。ヤードの長さは支間、架設方法(支間中央に仮支柱を設けるとか、手延べを用いるとか)等により異なるが、ベースは一般に 10 m 前後が能率的である。

型わくは定置式の側わくとし、ピン構造で組立て、脱型

をしやすくしたもの、また内型わくは内側に縮み橋軸方向に移動できるようにしたものとするれば便利である(図-3 参照)。

鉄筋、シース等の組立て配置はあらかじめベース後方(鉄筋組立場)で 1 ブロック分組立ておき、橋体の押し出しにより空いたベース上に移動するようにしてもよい。

また必要に応じて蒸気養生を行えば工期もかなり短縮されよう。

b) 先端部処理 本工法による架設では橋体は設計荷重作用時の荷重

状態とは、場合によってはまったく逆の応力状態ともなり、設計上の応力を超過するため適当な処理が必要となる。特に先端部では片持張出しとなるので特別な配慮を要する。

その方法としては次のような処置が考えられる。

- 1) 橋体全域について架設中の発生応力を減少させるため、橋梁支間の中央に仮支柱を設け支間を短縮する。
- 2) 橋体自身の張出し長を短縮するため手延べ用トランスまたはガーダーを取り付ける。
- 3) 橋体張出し部の過大な応力を減少させるため、将来支点となる橋体位置(先端部より 1 径間分きた位置)にタワーを設け、その頂部と張出し先端を PC 鋼材により吊る。
- 4) 架設時の応力に応じてプレストレスできるように橋体内に PC 鋼材を配置する。
- 5) その他

以上のような方法が考えられるが、これらの方法は現場の立地条件、橋梁の構造や支間等により選択する必要

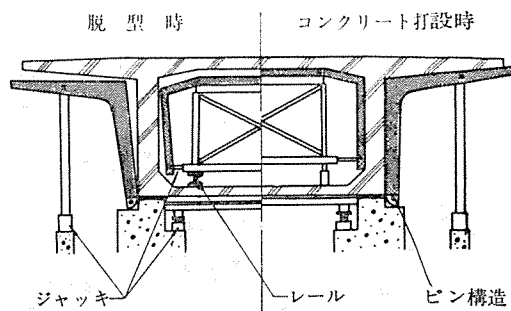
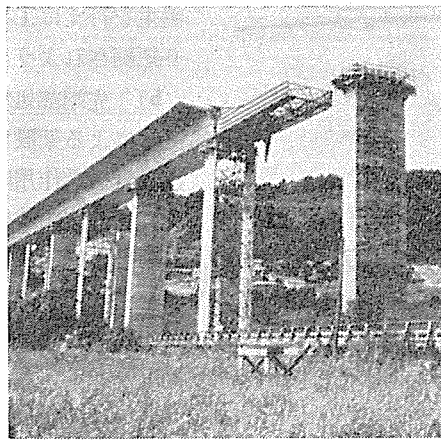


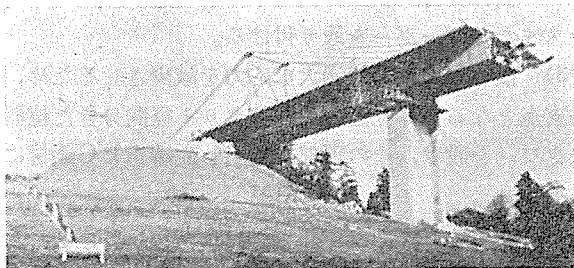
図-3 製作ベース断面の一例



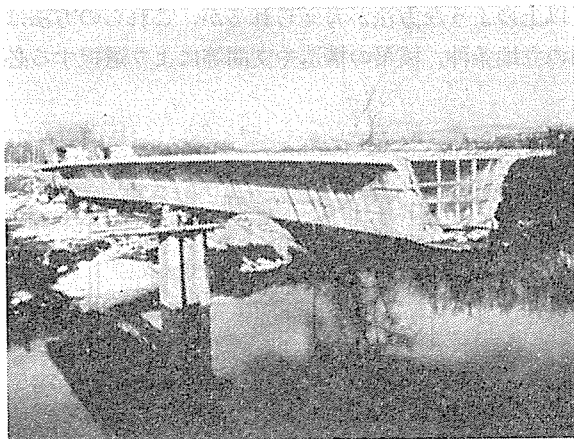
写真一 手延べによる先端部処理



写真二 仮支柱と手延べによる先端部処理



写真三 斜張緊張材による先端部処理



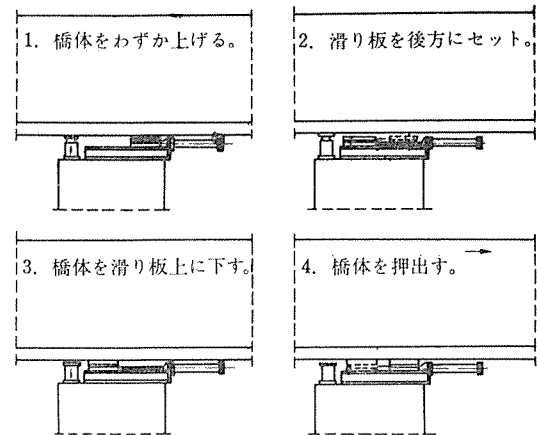
写真四 カウンターウエイトを用いた特殊施工例

があり、一般にはこれらのいくつかを組み合せる方が効果的である。例えばこれを実際の施工例で説明すれば次のような組合せとなる。

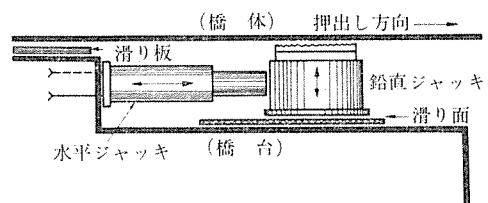
写真一は 2), 4), 写真二〔図一2 (b) と同タイプ〕は 1), 2), 4), 写真三は 3), 4), 5) の組合せであり、また 図一2 (a) では 2), 3), 4) である。さらに特殊な例として 写真四のように橋梁は 3 径間連続桁となるので、両側の橋台から 1 径間半ずつカウンターウエイトを用いて押し出し、中央で連続するという方法を採用しているため、4), 5) という組合せとなる。

c) 押し出し装置 ここていう押し出し装置とは橋体を動かすものと、それに対する抵抗力を減少させるもの、すなわち滑り装置を合せていう。なお滑り装置はコンクリートの支圧応力の関係で面支持させる必要がある。

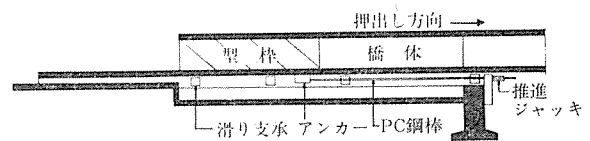
押し出し装置には各橋脚に反力を取り橋体を移動するタイプと、反力を 1 か所で取り、各橋脚(台)ではそれぞれ単独に滑り装置を設けるタイプの 2 つが代表的である。前者は一例として 図一4 で示すように橋体を持ち上げる鉛直方向ジャッキと水平方向に橋体を移動させるためのジャッキとピストンに取り付けられた滑り板からなり、各橋脚にこの装置を設け集中制御により連動させる



図一4 押し出し装置の一例



図一5 押し出し装置 (大型水平ジャッキ使用の場合)



図一6 押し出し装置 (PC鋼棒使用の場合)

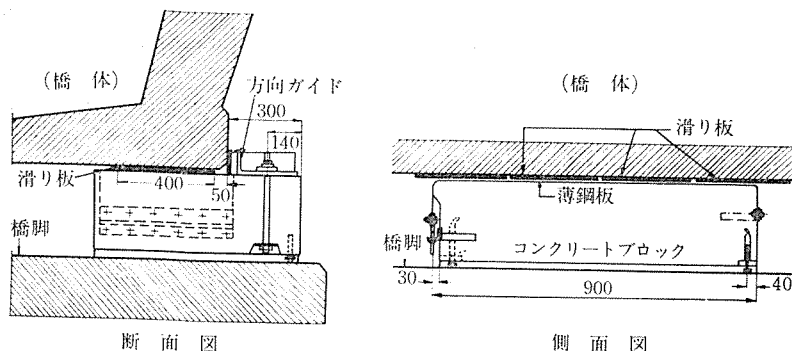


図-7 滑り装置の一例

型 式	支 間 (m)				曲線適否 主構造	桁高/支間	
	10	50	100	150			
P C 橋	連続ボックス (カンチレバー工法)					○	1/17
	連続ボックス (支保工法)					○	1/22
	単純合成桁					×	1/15
	連続合成桁					×	1/17.5
	単純T型桁					×	1/20
	連続T型桁					×	1/20
	単純ボックス					○	1/20
RC 橋	穴あきスラブ プレテン桁					○	1/22
	π型ラーメン (中央径間)					×	1/15
	穴あきスラブ ラーメン					○	1/22
RC 橋	穴あきスラブ					○	1/20
	ラーメン					○	1/12

図-8 構造形式別適用支間

方法である。なおこの方法は鋼桁の架設にも用いられているが支間中央に仮支柱を用いる場合(写真-2 参照)は不利である。後者についてはいろいろな方法が考えられるが、図-5, 6 で示したのもその一例である。一般には製作ベースに最も近い橋台に反力を取り、大きな水平方向ジャッキを用いて橋体を移動させるが、図-5 は前者で説明したと同様に鉛直方向と水平方向のジャッキを用いたもの、図-6 はPC鋼棒を用いて引き出す方法である。

またこの方法では各橋脚および支間中央の仮支柱上に

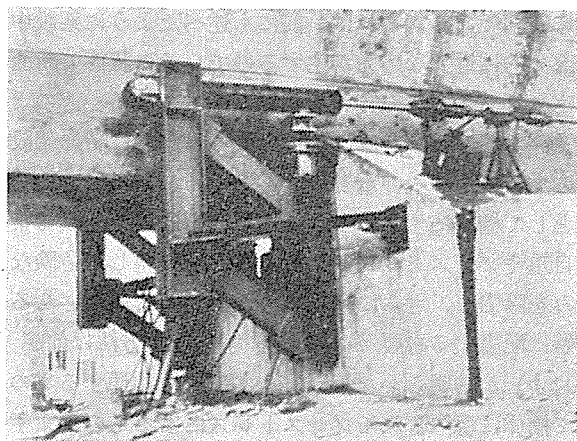


写真-5 押し出し装置の一例(橋台に推進ジャッキを設置しPC鋼棒を用いている: 図-6 参照)

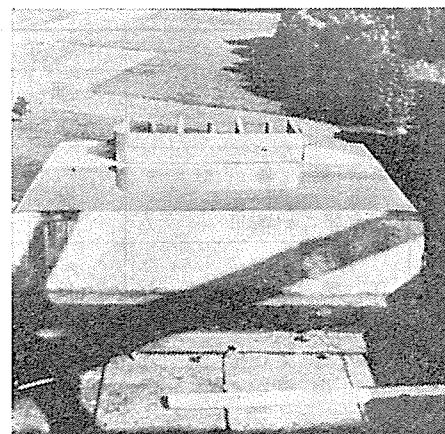


写真-6 すべり台の一例(図-7 参照)

は滑り装置が必要となるが、多くの場合図-7 のように滑り台としてコンクリートブロックの上面にニッケルクロムメッキを施した鉄板を敷いたものが使われ、またそれと橋体下面との間に滑り板(鉄板接触面をテフロン等摩擦抵抗の低い材料を使用したもの)を順次送り込み、橋体の移動抵抗を減少させるよう考慮している(写真-5, 6 参照)。

(2) 適用条件

経済性、施工性を考慮したPC橋の建設について、その構造形式(架設または施工方法も含む)と支間との関係は一般に図-8 に示されるようなことが知られているが、この図からもわかるように支間 40~60 m の範囲のものは連続ボックス(斜材付πラーメンも含む)以外にない。したがって、従来はこの範囲のものは例外(工事規模あるいは立地条件により経済的に見合う場合等)を除いては総足場工法による施工が行われてきた。しかし最近の施工技術のめざましい発展に伴い可動(移動)支保工法、ブロックによる片持架設工法等がわが国でも相当数の施工例を見るに至ったが、前者においても有利な支間長は 20~40 m であり、後者においては 60~100 m とされている。このようにみても 40~60 m の支間を有するPC橋の施工については、なんらかの方法を考える必要性を生じ、注目されたのが本工法といえよう。

また別な観点から見てみたらどうか。いま施工の急速性と使用機材費に関して大体同規模の橋梁について各種工法別に比較したものを表-1 に示す。この表は海外のものなので、わが国の実情には必ずしも合わないが、その傾向は知ることができる。すなわち、施工の急速化と機材費の低減化を図るためには本工法がかなり有利であることがわかる。

以上のことを念頭におき本工法による橋梁建設に対する適用条件をまとめてみると、支間が 40~60 m の範囲

表-1 工 法 別 機

No.	施 工 法	①		②		③		④		⑤	
		支 間 (m)	径間数 (径間)	幅 員 (m)	地盤から の 高 さ (m)	1 施工区 間の長さ (m)	1 施工区 間の幅員 (m)	1 施工区間 の施工日数 (日)	労務者数 (人)	1 日の作業 時 間 (時間)	
1	総 足 場 工 法 (従来の現場組立てのもので 1径間ごとに転用)	40	10	30	25	40	15	18	51	9.5	
2	可 動 支 保 工 法	40	10	30	—	40	15	10	42	9.5	
3	押 出 し 工 法	40	10	30	—	20	15	5	41	9.5	
4	架設桁による単純桁架設工法 (現場工場にて桁製作)	50	10	30	—	50	30	16	45	12	
5	特殊架設トラスによる 単純桁架設工法 (既設桁床版上にて加熱型わ くを用い製作, 架設)	50	10	30	—	50	30	15	36	12+3	
6	片 持 架 設 工 法 (4 基の架設機を同時使用)	120	3	30	—	4×3.5=14	15	6	30	12	

(注) ⑥ の計算法, (例) 2 の場合; $④ \times ⑤_{-1} \times ⑤_{-2} = 10 \times 42 \times 9.5 = 3960 \text{ h}$ $\therefore 3960 / (40 \times 15) = 6.6 \text{ h/m}^2$
 ⑦ の計算法, (例) 2 の場合; $⑧_{-1} = ⑦_{-2} \times 1/3 = 96000 \times 1/3 = 32000 \text{ 千円}$ [輸送費 (送り返し) = 2880 千円] + [組み (3000 h + 材料) = 7670 千円] + [(はらし (2000 h + 材料) = 5750 千円) = 16300 千円……⑧₋₂

で等支間部分が多いもので、施工の急速化と機械化を要し、しかも機材費を低減する目的で採用するのが望ましいが、さらに理想的な条件を加えれば、橋長が 200 m 以上で、また施工概要からもわかるように、直線構造物で縦断（横断）勾配が一定の多径間高橋脚（低い場合がよい方法もある）の連続桁または連続ラーメン橋といえよう。

(3) 特 長

本工法がさらに発展するであろう理由は前記の説明からも容易にわかるが、それらを具体的にまとめてみると次のようである。

a) 省力化と単純化 作業場所が限定されるため鋼材、コンクリート等の資材の小運搬が極端に減少されるばかりでなく、鉄筋組立て、鋼材配置、コンクリート打設等、連続作業として短区間の繰り返しとなり、労務配置の縮少と作業の能率化および型わく作業の機械化も可能なので省力化についても有効である。

b) 施工の急速化 上記省力化、単純化により工程が短縮できると同時に、製作部分の範囲が限られているので覆いを設置すれば全天候施工ができ、さらに促進養生も容易なので工期短縮も図れ、寒冷時（地）でも作業が可能である。

c) 経済化 機械化ができる割に機材費が小さく、工期短縮により経費が減少され、従来の PC 橋の不得意

とした支間なので合理的である。

d) 施工管理の普遍化 一種の小さな工場形式が取れるので品質管理も十分にでき、反復作業であるので労務の熟練度も向上する。

3. 設 計 一 般

本工法はあくまで PC 橋の架設法の一つに過ぎないので、設計荷重作用時における設計計算は一般の橋梁となんら変わるところはない。したがって、連続桁橋を例とすれば道路橋では桁高と支間の比は大体 1/17~1/20 となろうが、いくぶんか桁高に余裕を持たせたほうが施工的に便利である。これは、前にも述べたように架設中には部分的に過大な応力が生ずるので、その状態で断面が決定されることも充分考えられるからである。そのような意味からすれば、本工法に対する設計では特に架設中の応力検討が一つの重要項目となる。この場合、検討内容として橋体に生ずる正負の交番応力に対処しうよう桁自重やプレストレス等による応力を調整して危険なたわみを除去し、さらに橋体の許容応力度を満足させるよう特に配慮する必要がある。応力の調整方法は前記 2. (1), b) から明らかなように、本工法に共通するものとして橋体に導入されるプレストレスによるものがまずあげられる。一般にプレストレスはその目的により 3 種類に分類することができる。

材 費 比 較 表

Straße und Autobahn 7/1972 より

⑥	⑦		⑧		⑨	⑩
単位橋面積あたりの作業時間数 (時間/m ²)	機材重量 (t)	購入価格 (千円)	減価償却 (千円)	組立改造費 (千円)	単位橋面積あたりの機材費 (円)	摘 要
14.5	200	55 700	18 600	11 500	1 630	
6.6	500	96 000	32 000	16 300	4 030	
6.5	180	28 800	14 400	10 650	2 020	
5.8	300	86 400	28 800	32 600	4 130	
5.4	200	96 000	24 000	41 250	4 320	
10.2	4×75	4×28 800	4×5 760	4×7 680	4 990	

∴ ⑧₋₁+⑧₋₂=32 000+16 300=48 300 千円 ∴ 48 300/(10×40×30)≒4 030 円……⑨ (ただし 1 DM=96 円として換算)

すなわち、

- 1 次緊張材；架設中および設計荷重作用時にも必要な緊張材
- 2 次緊張材；設計荷重作用時のみに必要な緊張材
- 仮設緊張材；架設中のみに必要な緊張材で、最終的には撤去するもの

であるが、架設中は 1 次緊張材と仮設緊張材で橋軸方向圧縮力を作用させるのが普通である。次にこれだけでは処理できない場合もあるので、手延べとか、支間中央に仮支柱を設けるとか、橋体の先端部を斜張緊張材（図—2 (a) 参照）で補強する等でカバーする方法も併せて考える。しかし本工法による橋梁でも構造形式や施工法がそれぞれ異なるので、すべてについて説明できない。したがって、ここでは斜張緊張材を用いた場合の検討に対する考え方を述べ、その計算手順についての概要を説明する。

(1) 斜張緊張材による補強

設計上橋体を 図—2(a) に示すように先端部と通常部に分けて検討する。先端部は通常部に比して軸圧縮力を多少多く導入する必要があることは容易に判断でき、また斜張緊張材では過大な張出し部のたわみや応力に対して適当に引張力を調整せねばならないが、その計算の考え方は次のようである。

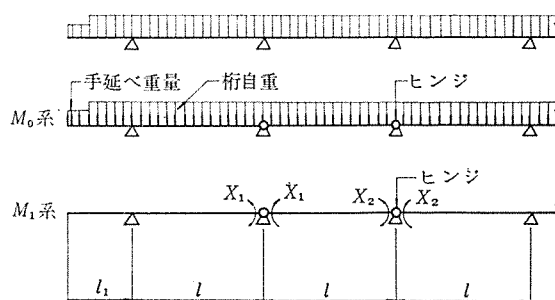
まず斜張緊張材が作用していない状態での検討断面の

断面力と橋体先端のたわみは一般に 図—9 のように構造系と不静定力を選べば次に示す弾性方程式

$$\delta_{10} + \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$\delta_{20} + \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 = 0 \dots\dots\dots(2)$$

式 (1), (2) を連立方程式として解を求めれば、不静定力 X_1, X_2 が計算できることは当然であるが、それにより各点の断面力および、たわみは計算できる。ついでこれで求めた断面力とたわみを基に、応力については軸方向プレストレスとの兼合いを考慮して許容応力度以内となるように、たわみについては許容たわみ以内となるよう斜張緊張材の引張力を決定する。そのため 図—10 に示すように、緊張材定置位置に揚力 $V=1.0$ を作用させる（図—10 はその際の構造系を示す）。これを前記同様の弾性方程式 (1), (2) 式の形で連立方程式として解き不静定力を求めればよい。



図—9 構造系 (I)

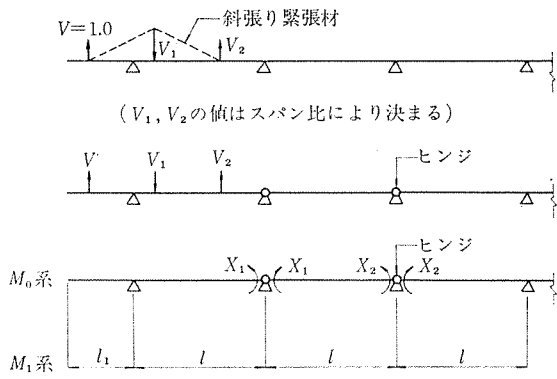


図-10 構造系 (II)

これらの計算で単位揚力による先端のたわみと検討断面の断面力を把握して実際のたわみ調整、緊張材の操作による応力状態を明らかにすればよい。

(2) 電算プログラミング

架設中は常に構造系が変化するので、橋体の変形や応力を適確にするため(1)で述べた計算をそのつど実行せねばならない。したがって、その計算量は莫大なものとなるので当然電算を使用せざるを得ない。ここでその電算による計算手順の概要を知るため、電算プログラムに対するフローチャートの一例を 図-11 に示しておく。

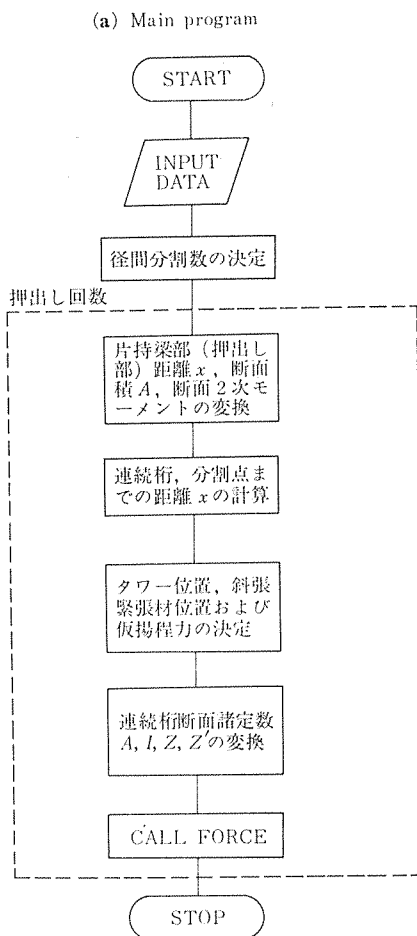
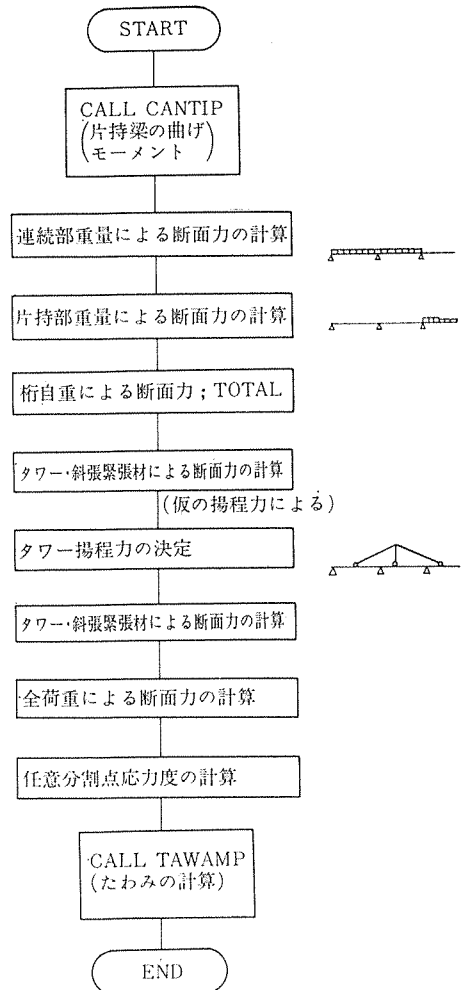


図-11 Flow chart (I)



(b) Sub program: FORCE :

図-11 Flow chart (II)

4. 基礎実験

本工法によるPC橋の架設はまえがきにも述べたとおり、海外ではかなりの実施例が数年前からあるが、わが国では一例のみであり、解明しておくべき問題点やわが国の実情に合うかどうかという点もあって、その基礎実験として昨年度末(昭和49年2月)にPC単純T型桁を用いた実験が実施された。これについては特に現場的要素が多分に影響するので、実際の工事現場として立岩橋のプレキャスト主桁の架設工事という形で観測を行った。同時に本実験はプレキャスト単純桁の本工法による架設法の一応用例として、その可能性を調べるものでもあった。しかし現場実験では不測の事故も許されないので、これに先がけて実際の橋梁用PC主桁の実物大模型(支間22.2m、重量約60t 鉄道用標準桁)実験も行い、現場施工時の安全性を含めて検討された。

以下に基礎実験としての立岩橋について概要を述べたうえで、注目事項をいくつかあげて結果と考察を簡単に示す。さらに単純桁の一架設法としての適用性について

の結果も報告する。

(1) 立岩橋について

本橋は宮崎県日向市より西へ約 30 km 行った小丸川沿いで旧橋の架換え(路線変更)として施工したもので、橋長 26.70 m, 支間 25.90 m, 幅員 9.25 m, 斜角右 60° の 5 主桁の単純 T 型桁橋である。荷重は TL-20, パーシャルプレストレスングとして設計されており, 1 主桁あたりの重量は 40 t, 主ケーブルは 12-φ7, 6 本であるが, 架設時はそのうち 4 本のみ緊張された。主桁の形状は従来のプレキャスト主桁とほとんど変わるところはないが, 本工法適用により特に変更した点は, 架設中の主桁補強に伴う斜張緊張材の定着のため, 主桁端部に横桁となる部分をあらかじめ主桁に取り付けて桁を製作したことである(写真-7, 8 参照)。

また桁製作に際しては橋台背面の取付道路が製作ヤードとして使用できたので, 桁架設軸線延長上に合せて製作ベースを 2 基設け, この方法で架設される桁が最後になるような段取りで製作され, 他の桁はベースに平行して仮置きされた。この架設桁は頭初の計画では 5 本中の 2 本を予定したが, 都合により 1 本のみが本方法で架設され, 他の 4 本はその上にレールを敷き台車により移動架設された。

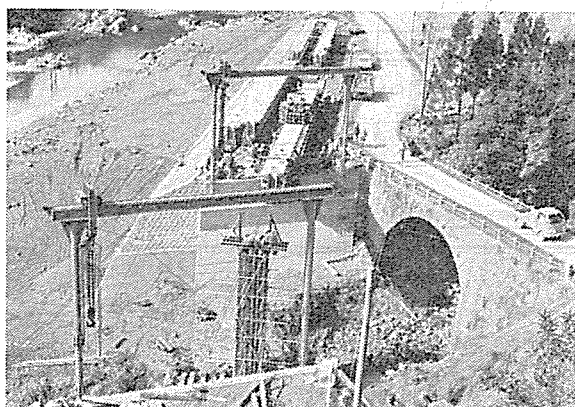


写真-7 立岩橋現場全景

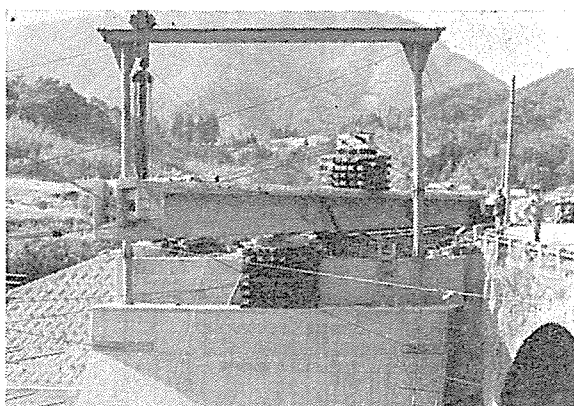


写真-8 桁移動状態(斜張緊張材定着部一端横桁部に注意)

(2) 注目事項

本橋での実験において押出し工法としての注目事項は次の 5 点に主体を置いて観察し検討した。

a) 主桁補強(斜張緊張材) 本工法における先端部の処理の 1 つとして斜張緊張材を用いることがあることは前にも述べたとおりであるが, 本項については片持張出し部が伸びるに従い, 桁の変形による緊張材の応力変動はどうか, それの主桁に対する影響はどうか, 計算値に対してどの程度の差異があるか, どのような方法が作業的によいか等を調べるのが目的であった。まず緊張材のセットの方法であるが, 今回は単純桁ということであったので, 写真-9 からわかるように, まくらぎサンドルを用い主桁中央にコンクリート製の定着ブロックに異形 P C 鋼棒(ゲビンデスターブ, φ32) 4 本を主桁の端(横桁となる部分)と対比させ, 上フランジを斜めに貫通させてプレストレスを導入した。斜張緊張材の設置方法には, このほかにもいろいろ考えられるが, これについて二, 三例をあげればサンドルに何を使用するかは別として, ケーブル材を用いて中間で固定せず移動可能なようにコロ状のものを置く方法(前記模型試験では φ600 mm の鋼管にコンクリートを詰めたものを用い, ケーブルは SEEE ケーブル F 130 2 本を使った。写真-10 参照)と, 中間点では固定, 可動にこだわらずそ

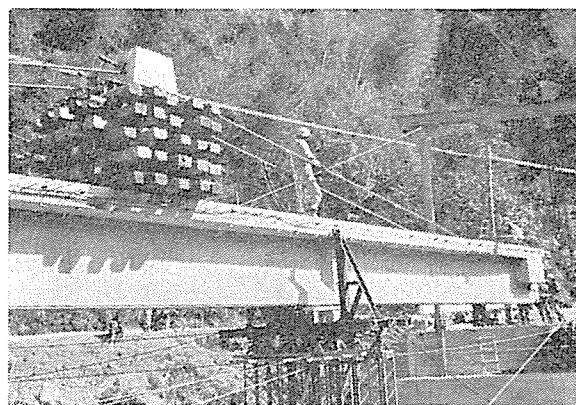


写真-9 斜張緊張材の配置状態

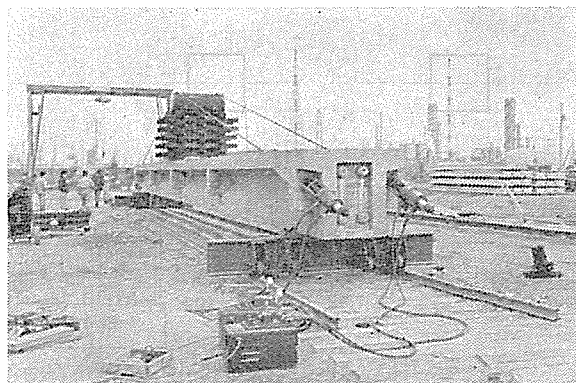
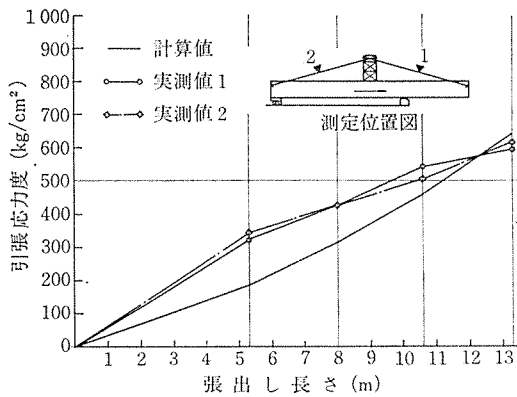


写真-10 模型試験における斜張緊張材の配置状態

の支点をジャッキ等で押し上げて緊張材に引張力を与えプレストレスを導入する方法等が代表的なものである。今回使用したような桁ではいずれの方法でも可能であるが、最も安上がりを実施できるのは初めに述べた方法であった。しかし架設中に緊張材に与えた引張力を調整する必要がある場合は、管理の面から中間点を押し(下)げる方法がよいと思われた。

次に主桁への影響、計算値との差異、緊張材の応力変

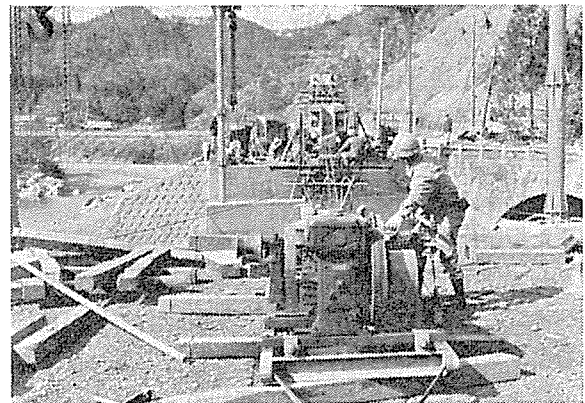


図—12 斜張緊張材応力度増加量

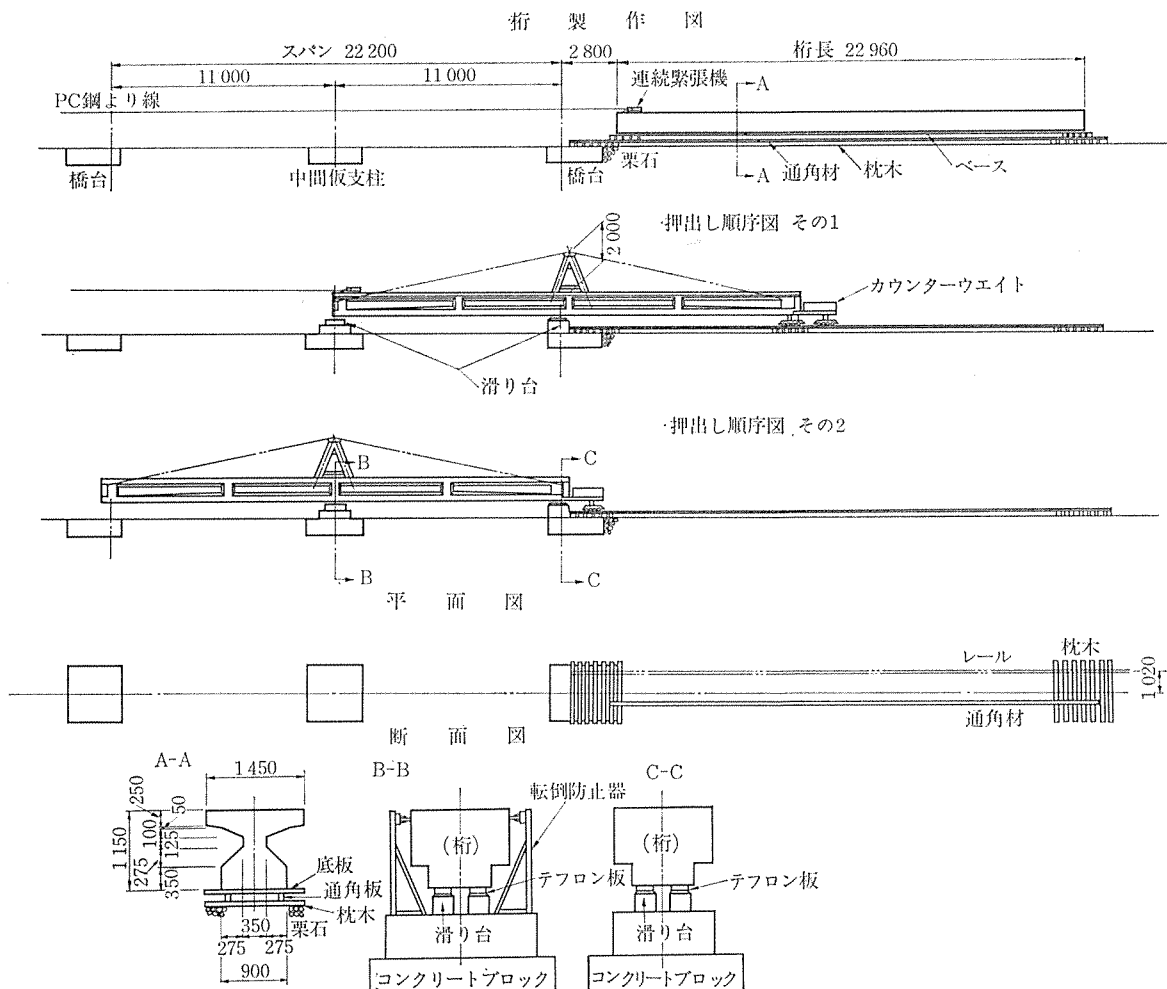
動についてはその一つの測定結果を 図—12 で示すが、この図からもわかるように、あまり問題にならなかったことがうかがえる。

b) 桁移動装置 (押し出し装置)

1) 推進装置：基礎実験としては本装置の施工性を調べるにはあまりにも規模が小さいので、単に桁を移動できる機械を使用した。模型試験では桁自重が 60 t 程度であったので、能力 20 t のセンターホール ジャッキ (油



写真—11 桁推進装置 (エンジン付ウインチ使用)



図—13 模型試験概要図

圧)を備えた連続緊張機で対岸にアンカーされたPC鋼より線(φ12.4mm)を連続的に緊張するような形で桁を移動した(図-13参照)。また、本橋の場合は電力を使用しないで済むようにエンジン付きのウィンチにより桁を推進させた(写真-11参照)。したがって、前にも述べたような方法に対する検討は、別の機会に譲ることとなった。

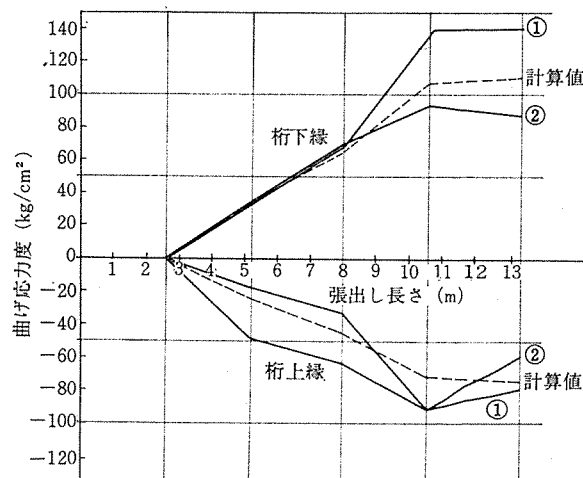
2) 滑り装置:本実験では2.(1),c)で述べた方法のうち橋体移動は反力を1か所で取る方法を想定して滑り装置の形状,材質,状態,作業性等を検討する目的で計画された。特に滑り板の形状,寸法,材質,滑り面の状態およびそれら相互間の摩擦係数を観察事項として注目した。模型試験での滑り板はテフロンを使用し設計上の摩擦係数が0.06程度(最大荷重時)となるようその接触面積を決定した。また立岩橋の場合は主体をゴム(ネオプラスとネオプレンの積層)とし,滑り面にルーロンを用いたものを使用した。これらの実験での滑り台は,ともに長さ1.00m(作業上この程度が適当)のコンクリートブロックを製作し,表面をステンレス板で覆った型のもので,適当な曲率を持たせたものとした。いずれの結果も摩擦係数は0.06~0.08であり,滑り面の状態によってはかなりの差異が出ることも確認されたが,設計上の数値としては0.1で検討しておけば充分であることも判明した。

なお支間中央仮支柱上の滑り台については桁自重が小さいこと,台自身の重量を極力小さくして運搬,取付けが人力で可能であること,費用が低廉であること等を考慮して,長さや幅や表面形状はコンクリートブロック同様のものとしたが,高さ(厚さ)を極力減らし,またコンクリートの代わりに堅木を用いて表面にはやはりステンレス板を巻いたものを製作し,仮支柱にはそれをボルトで固定した。結果はブロックと大差なかったので別な観点からも応用が可能と思われる。

c) 支間中央仮支柱 当該工事に対しては本工法に最適で特別な仮支柱を製作できなかったため,従来のサポート(ペコサポート使用)11本の組合せで構成したものをトラワイヤーで固定してみた。今回この件で特に注目したことは仮支柱の桁移動時における水平方向の変位についてであったが,計算上では滑り装置の摩擦抵抗は最大時で $\mu=0.08$ を使ったとして,水平反力 $H=40 \times 0.08=3.2t$ であり,力としては別に問題とすべきことはなかった。しかし支柱の高さが約8mあったためワイヤーの伸びによる仮支柱先端の変位が大きく,この形式ではこのような使用法が適当であったか疑問点が残った。したがって,水平反力が相当大きい場合は支柱自身が曲げ(ねじり)剛性のある構造のものを考える必要

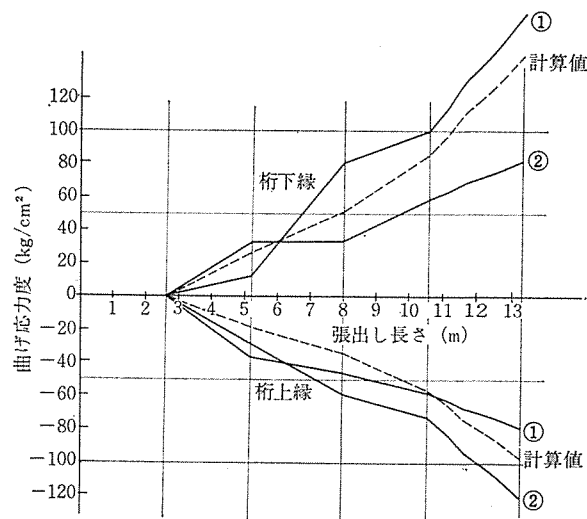
があり,また滑り台の設置という点や支柱の転用等も考え合せて,プレキャストコンクリート部材の組立方式のものが望ましいと思われた。

d) 主桁の応力と変形 模型試験では本工法の施工



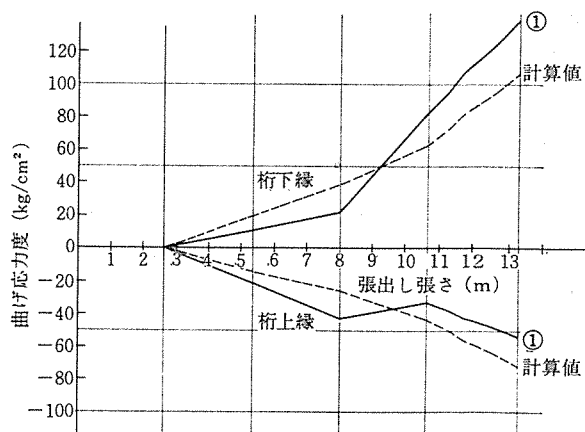
(a) 桁中央断面より3m前方位置

図-14 桁押し出し時の桁応力変化図 (I)



(b) 桁中央断面位置

図-14 桁押し出し時の桁応力変化図 (II)



(c) 桁中央断面より3m後方位置

図-14 桁押し出し時の桁応力変化図 (III)

性という面から、計算に対してどの程度実際の値と差異があるのかという点について確認するものであった。しかし実橋の場合は施工性の観察が主体となったが、現場での架設に際し安全性の確認とそのチェック法の検討という意味から、模型試験と同様の測定計器を用いて観察した。すなわち主桁中にはコンクリートのひずみ測定用のモールドケージを埋設しておき、応力度を検討しながら架設を行った。また斜張緊張材には、ペーパーゲージ（ポリエステルゲージ）を貼付して測定した。結果としては 図—14 に示されているように平均的には大体計算値と一致しており、計算法の妥当性を確認することができた。変形については単純桁でもあり桁全体が上下するばかりでなく場所的条件もあり、測定誤差もかなりあったと思われ、最大で計算値の3割増しという値が観測された。したがって、計算法にも多少の疑問が残っているが、全体的には計算から得られた数値と大差なかったと見なしてよからう。この結果から結論的なものとして計算に盛り込めないもの（たとえばヤング係数の差異、強度のばらつき等）を除いては、施工管理面を充実することにより安全性の確保は可能となるので、架設のたびごとに必ずしも同様の測定は不必要と思われる。

e) その他 基礎実験として本橋においては以上の事柄について大体の認識を得ることができたが、今後本格的な本工法の実施に際しては、次のような課題を解決しておく必要がある。

- 1) 橋体先端部に手延べを取付ける場合の方法およびそれらの剛性について
- 2) 斜張緊張材の引張力の調整方法および配置と構成
- 3) 押出し装置（推進および滑り板）の改良
- 4) 橋体内の緊張材の配置方法およびその種類の選択
- 5) 支間中央仮支柱の構造
- 6) その他

(3) プレキャスト単純主桁の一架設法

押出し工法の一応用例として単純桁の架設法の改良という観点から考えられたのがこれで、基礎実験と同時にこの方法についても、いくつかの確認を行った。

本架設法は例えば単純桁で1連のみという橋梁工事がある範囲で点在する場合などに有効なものである。単純桁（特にプレキャスト桁を用いたもの）の架設法は一般にエレクションガーダー等の大型架設機械が使用されるが、その際、それらの大型機械の現場間移動、現場内での仮置き、組立て、解体等の種々の配慮が必要となる。したがって、これらの点を考慮に入れて大型機械の使用を極力避ける意味で考えられたものである。

この方法は 図—13（この図は模型試験のもの）に示す要領に従って架設するものであり、次のような架設工程

を想定して行うものである。

- 1) 橋台背面の取付道路上にて桁の製作または部材の仮置、同時にレール敷設し、次いで重トロ上に桁を置く。
 - 2) 支間中央に仮支柱を設け、その上と送り出し側の橋台上に滑り台を設置する。
 - 3) 主桁補強として斜張緊張材を配置し、緊張する。
 - 4) 反対側の橋台をアンカーとした桁移動用の引張材（図ではPC鋼より線）を桁にセット（図—13の場合は桁上に連続緊張材機を備えているのでそれにセットする）。
 - 5) 移動装置の作動により桁先端を橋台上の滑り台まで前進させ、滑り板を介して桁をジャッキダウンし、前方の重トロを撤去、桁後部にカウンターウェイトを連結。
 - 6) さらに桁を前進させ、その先端が支間中央に到達した段階で仮支柱に設置された滑り台上に滑り板をそう入し同様の作業を続行。
 - 7) 桁先端の反対側橋台への到達で前進を止め、横取装置（たとえば門構等）で横移動。なお他の桁は上記で架設された桁上に敷かれたレールに重トロを用いて架設。
- そして立岩橋はこの方法を用いた現場工事であり、多少現場の立地条件は異なるが、大型架設機械の搬入が難しい場所では経済的にも有利である。しかし、従来のままの断面（T型）では、転倒に対する安全性に欠けるため、別な考慮が必要であり、またどの現場においても中間仮支柱を設けられるとは限らないので、それぞれについて検討中である。

5. あとがき

PC橋の押出し工法は、わが国においては第1歩を踏み出した段階であり、海外にはかなりの施工例があるにせよ日本の特殊事情や現場の条件の相異等から問題点がないではない。本工法による実際の施工例が増加するに従ってそれらも徐々に解明されていくであろうが、やはりまずその基礎から固めて行かねばならない。その意味で今回の実験は有意義であった。今後本工法が飛躍的な発展を遂げ一般化することが望まれる次第である。

おわりに模型試験並びに現場実験に御協力頂いた関係各位に謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1) F. Leonhardt : Procédé de construction par cycle de bétonnage en conffrage fixe et cycles de poussage ; Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, Janvier, 1973
- 2) F. Leonhardt und W. Baur : Erfahrungen mit dem Taktschiebenverfahren im Brücken-und Hochbau ; Beton-und Stahlbetonbau, Juli, 1971
- 3) P. Launay, P. Baum, P. Chassagnette, et H. Stouff : Une nouvelle méthode de construction des ouvrages

de franchissement en béton précontraint «Le Pous-
sage»; Anales de l'Institut Technique du Batiment
et des Travaux Publics, mai 1970 et Extrait des
Anales, B.P. 72

- 4) J. Lemasson : l'Aqueduc de l'Abeou; Extrait des
Anales de I.T.B.T.P., mai 1970, T.P. 134
- 5) T. Koncz : Vorschub-Freivorbau bei einer hohen Tal-

brücke, dem Semorile-Viadukt; Beton-und Stahlbeton-
bau, Marz, 1968

- 6) F. Leonhardt, W. Baur, W. Trah : Brücke über den
Rio Caroni, Venezuela; Beton-und Stahlbetonbau,
Februar, 1966

1974.12.10・受付

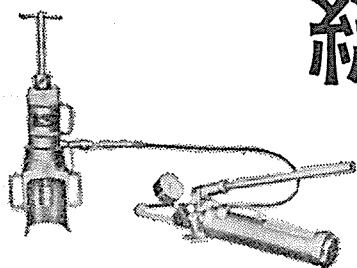
転勤（または転居）ご通知のお願い

勤務箇所（会誌発送，その他通信宛先）の変更のご通知をお願いいたします。

会誌発送その他の場合，連絡先が変更になっていて，お知らせがないため郵便物の差し
もどしをうけることがたびたびあります。不着の場合お互いに迷惑になるばかりでなく，
当協会としましても二重の手数と郵送料とを要することになりますので，変更の場合はハ
ガキで結構ですから，ただちにご一報下さるようお願いいたします。

ご転勤前後勤務先に送ったものがそのまま転送されないでご入手にできない場合は，当
方として責任を負いかねますからご了承下さい。

PC用油圧機器の 総合メーカー



製造元

K.K平林製作所

京都市宇治市槇島町目川8
TEL 宇治(0774) 22-3770番

センターホールジャッキ・モリプラー
PAT.No. 467154

住友 DWジャッキ
PAT.No. 226429

発売元

草野産業株式会社

本 社
大阪市東区備後町1丁目11番地
TEL 大阪(261)~8710・8720
東京事務所
東京都千代田区神田錦町3丁目21番地
柴田錦橋ビル TEL (201)~3546