

新しいPC橋の施工法(P & Z工法)

New Erection Method for Prestressed Concrete Bridge (P & Z Method)

得能達雄*
Tatsuo TOKUNO

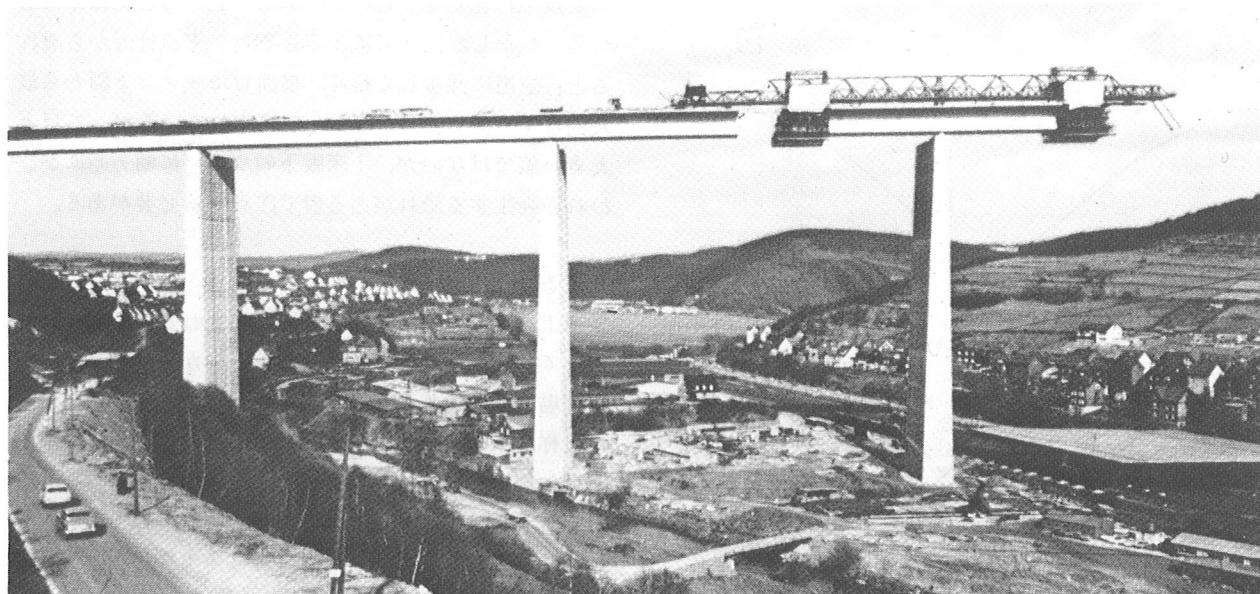


写真-1 P & Z工法による架橋例

西ドイツ・ジーゲタル橋

1. まえがき

PC橋の施工技術の発達は、長大スパンに象徴されるように非常にめざましいものがあります。

設計施工共に工事の安全性の重視、環境問題、省力化、経済性等、解決を迫まられている問題は社会の多様化に伴い、ますます多く複雑化しています。

橋梁の施工についても、一般社会情勢にもれず、労務者の高齢化、技能の未熟練、人件費の高騰等直面している問題は多く、この解決策として「機械化施工」を考えられてきました。

ここに紹介するP & Z工法は、場所打カンチレバー工法の一種であり、西ドイツで開発され日本に導入された工法であります。

場所打カンチレバー工法は一般にディビダーグ工法として我国でも知られ、1977年には支間240mの浜名大橋が架設されるに及び、場所打カンチレバー工法はその数、規模に関しても本家をしのぐ実績を持つに至っております。場所打カンチレバー工法に用いる架設機はフォルバ

ウワーゲン(図-1)と呼ばれ、近年とみに大型化する傾向にあります。

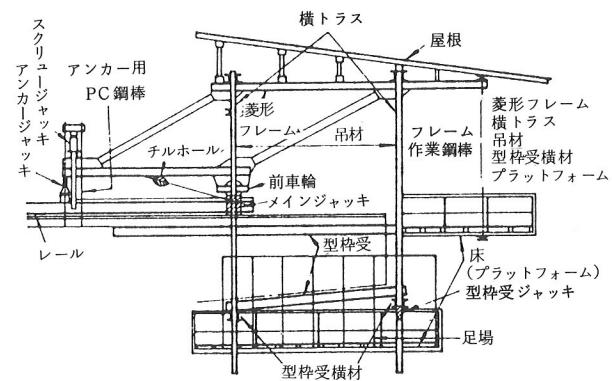


図-1 フォルbauwagen側面図

最近では高橋脚で連数の多い橋梁や、桁下空間の利用が出来ない橋梁には、フォルbauwagenと資材を運搬するための補剛ガーダーを併用したカンチレバー工法が新しく登場しています(図-2)。

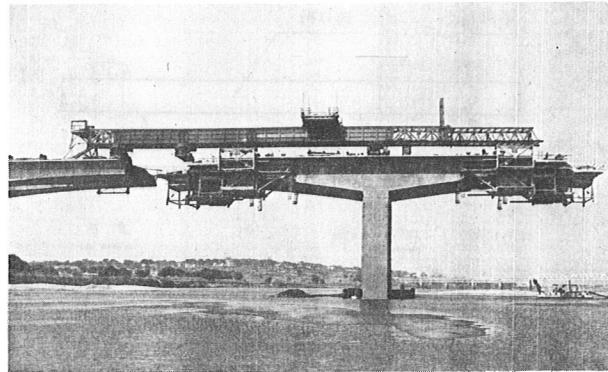


図-2 補助ガーダーを使用した架橋例

この工法で施工する事により、ワーゲンの組立解体、移動及び資材の運搬が非常に容易となり、工期の短縮がはかれ、経済的かつ合理的に施工する事が出来ます。

補助ガーダーは自重及び資材の吊り荷重、及びワーゲンの荷重に耐えるだけの強度のもので十分であり、比較的軽量なもので良いことになります。

この補助ガーダーを用いた片持施工法に対して、ガーダー自体で橋体の重量を支持し、片持施工を行うのが、P & Z工法であります(図-3)。

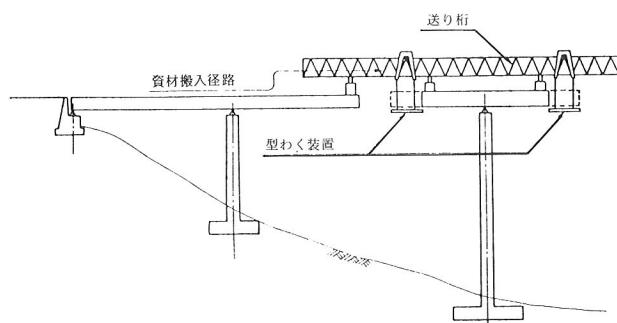


図-3 P & Z工法施工図

この工法は、P & Z式移動支保工を用いるため、渓谷、河川、海上、市街地等桁下空間の条件に左右される事なく施工出来る特色を有しております。

ヨーロッパ諸国では多くの施工実施例があり、その施工速度の速さ、品質の良さ、安全性では高い評価を得ております。

当然我がにおいても施工出来ると考えられ、80年代のPC工法の新工法として、ここに概要を紹介するものです。

2. P & Z工法の概要

P & Z工法は、西ドイツのフランクフルトに本社をおくPolensky & Zöllner社が開発したプレストレストコ

ンクリート橋(以下PC橋と呼ぶ)架設工法の一種であり、図-3に示すように橋体上に設けた移動架設桁(送り桁)から型枠装置を懸垂し、橋脚の両側に橋体を順次片持施工する工法であり、プレキャストブロック工法に応用する事も可能であります。

この工法によって最長150m程度の支間を有する橋梁を施工する事が出来、資材などの運搬は全て架設の終った橋体上と、送り桁経由で行えるため、深い谷や河川、海上での施工が容易となります。

1965年に西ドイツのSigtal橋でこの工法が採用されて以来、各地で施工実績を上げています(写真-1)。

3. P & Z工法の特徴

P & Z工法の特徴は次のよう�습니다。

- 1) 同一の装置で支間の異なる橋梁にも容易に対応できる。
- 2) 1ブロックの長さが10m程度に出来、その施工を7~10日で施工するため、施工速度が速く工期の短縮ができる。
- 3) 地上からの作業を全く必要としないので、桁下空間の使用条件に制約がある場合や、高橋脚を有する橋梁において、安全かつ確実に施工できる。
- 4) 機械化施工であり、省力化、各作業のサイクル化が出来るので、労務者の熟練度も早く、工程管理、品質管理が有利となる。
- 5) 変断面や曲線桁も施工可能である。
- 6) 従来の移動支保工の長所に加えて、片持施工する事によって適用支間が40m~150mまで適用出来、長大橋へ対応する事が出来る(表-1)。

表-1 PC橋梁の工法別適用支間範囲

支間(m)	50	100	150	200	250
プレテンション単純桁	□				
ポストテンション単純桁	□				
従来の移動支保工法	□	□	□		
押出し工法	□	□	□	□	□
P & Z工法	■	■	■	■	■
従来のカンチレバー工法		□			

*仮支柱が必要

- 7) 支承がピン構造の場合でも、片持施工時に柱頭部の上部工にアンバランスモーメントが生じないので、橋脚と上部工間の仮固定が小規模でよい。
- 8) 地上支保工を用いずに側径間の施工をする事もできる。

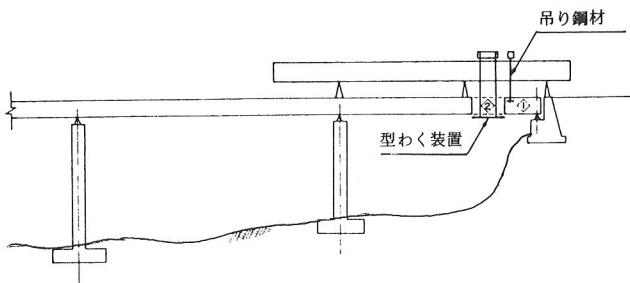


図-4 側径間施工への適用例

4. P & Z式移動支保工

次に装置各部の名称とその機能を説明し、その実例を図-6に示す。

1) 送り桁

吊り枠を介して型枠装置を懸垂する。桁の長さは一般に(支間長) + (15~20 m)であり、全長に渡って資材運搬用のトロリー・ホイストと作業員のための通路が設置されており、型式にはトラス桁と箱桁の2種類がある。

型式の選定は支間長により決めるが一般的に70 m程度までは箱桁型式を用い、それ以上の支間となればトラス型式が用いられる。

2) 架台

送り桁を支持する台である。片持施工時には通常3基の架台が用いられ、1つは既設上部工の先端部に、残りの2つは片持施工部の打設ブロックの直前にそれぞれ配置する。送り桁の移動時には、上部工に固定された架台の上を送り桁が移動する。

架台には油圧ジャッキを設置し、送り桁を上下方向、橋軸方向、橋軸直角方向に移動する事が出来る。

3) 吊り枠

送り桁に支持されて型枠装置を懸垂する枠組である。送り桁を橋軸方向に移動出来、曲線橋の施工に対応するため平面的にある程度旋回できる(図-5)。

4) 型枠装置

型枠装置は外型枠と内型枠から成り、外型枠には作業の安全確保のための足場が設けられており、また橋脚の通過を容易にするために外型枠の座部は開閉出来る構造となっている。

5) 中間支柱

架台の移動時や、送り桁の移動時に補助して一時的に送り桁を支持出来る構造となっている。

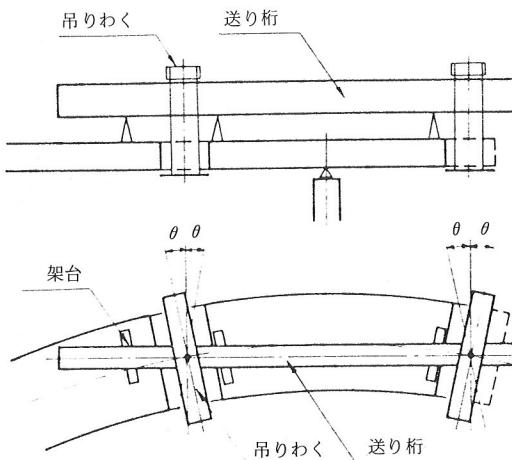


図-5 吊りわくの旋回

6) 補助支柱

送り桁の先端に取り付けられている支柱で、送り桁の径間移動時に送り桁の先端が次橋脚に来た時、その橋脚上に設置して送り桁を支持する。

5. 設計一般

P & Z工法は、送り桁を用いる所に特色を有しているが、基本的には前述の通り場所打カンチレバー工法であると考えて良い。

従って主桁断面形状、構造型式の決定に際しては、P & Z工法により施工するという事には特にこだわる必要はない。ヨーロッパにおける施工例では、最大支間の1/15~1/20の桁高を有する等高箱桁断面が採用されている。

しかし変断面箱桁においても、底枠構造を変える事によりなんらかわる事なく、施工する事が出来る。

1) 設計の手順

図-7に、標準的な設計フローチャートを示す。一般に本工法では、架設時に比較的大きな架台反力が橋体に作用するので、事前に架設工法、装置の形式、重量等を決定し、架設時荷重を正確に算定しておく必要がある。

2) 架設時の検討

本工法により架設されるP C橋梁の設計において、架設時の検討は通常下記の施工段階について行う必要がある。

a) 径間移動時

図-8において、橋体先端の架台 R_1 の反力は、補

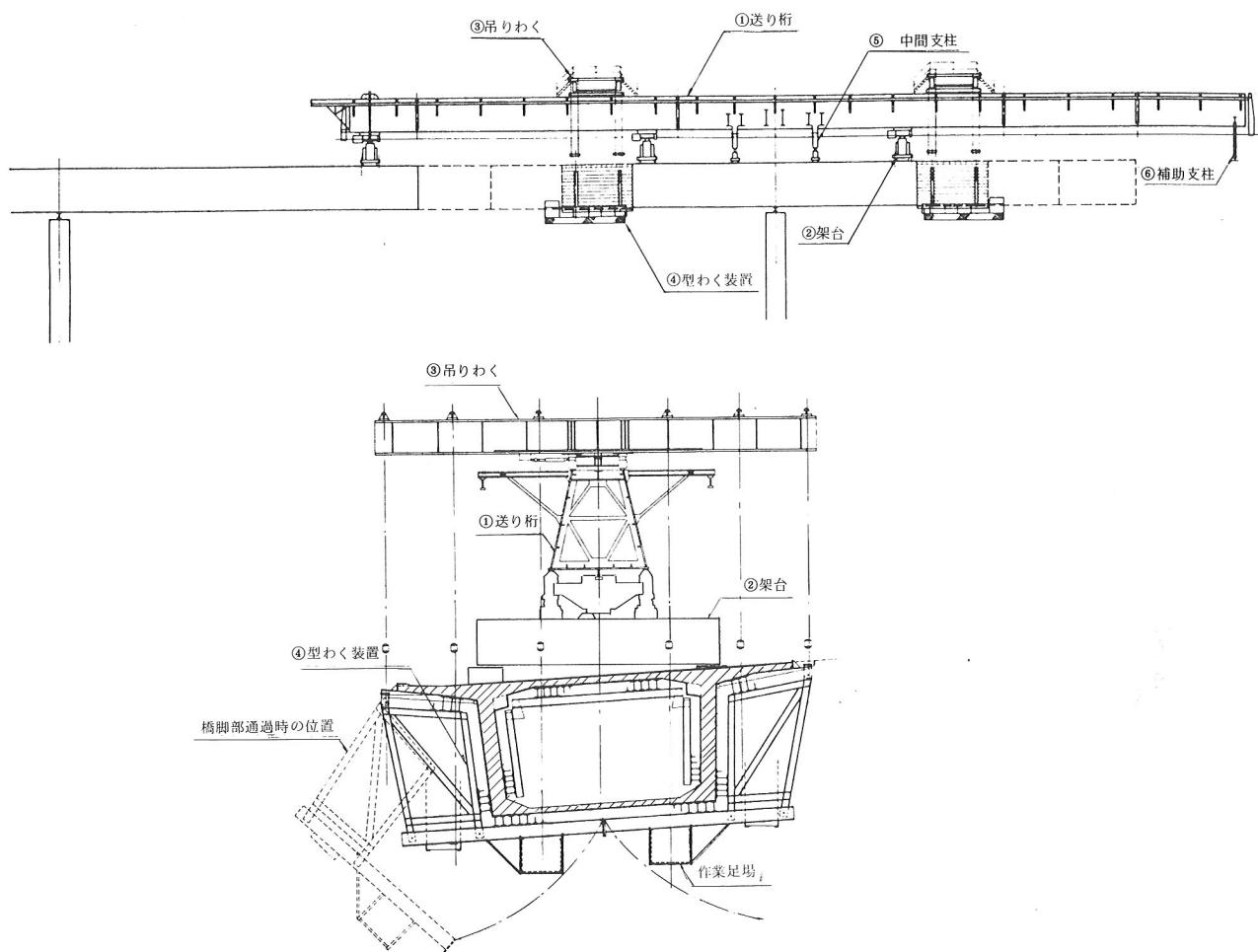


図-6 P & Z式移動支保工

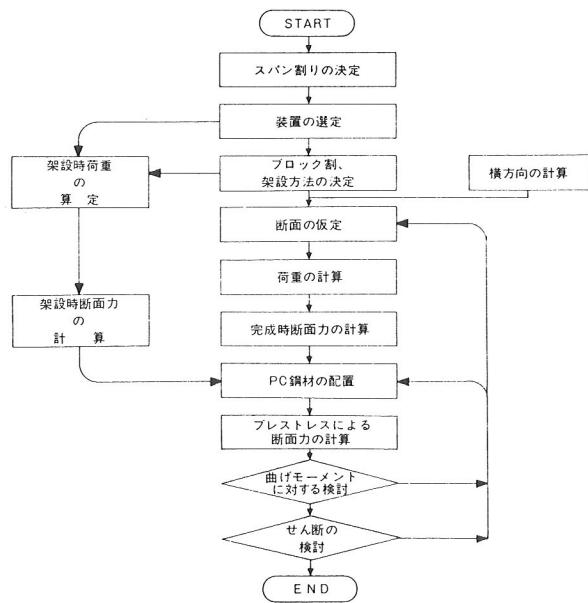


図-7 設計フローチャート

助支柱 B に到達する直前に最大となる。

この施工段階では型枠装置を橋脚 A の背面まで移動し、さらに送り桁後端にカウンターウエイトを設置するなどして、 R_1 に作用する反力を減じる事が可能である（特に移動時の断面力が完成時より大きい場合このような方法を用いることによって断面力を調整することが可能である。）。

b) 片持施工時

片持施工中の橋体先端には、架台 R_1 及び R_2 の反力が作用し、既設橋体の先端には架台 R_3 の反力が作用する。

R_1 及び R_2 の反力には、打設中のブロックのコンクリート重量の他に、送り桁、吊桿、外型枠、内型枠及び作業荷重等によるものが含まれる。なお R_3 の反力は、通常図-8に示した径間移動中の R_1 の反力よりはるかに小さいので、この段階で橋脚 A 上

の既設橋体に対する検討は不要である。

径間移動時と最終ブロックの片持施工時において、支点上の断面に発生する負の曲げモーメントの絶対値は、通常の場合前者の方がやや大きい。従って P C鋼材量と配置は、支点上の断面上縁について径間移動時でチェックし、各ブロック端の定着本数については片持ち施工時で検討するのが一般的である。

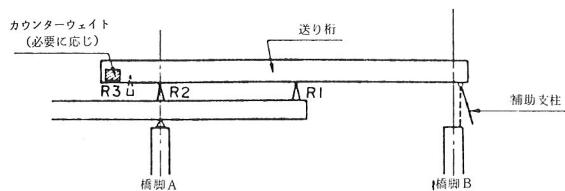


図-8 径間移動時

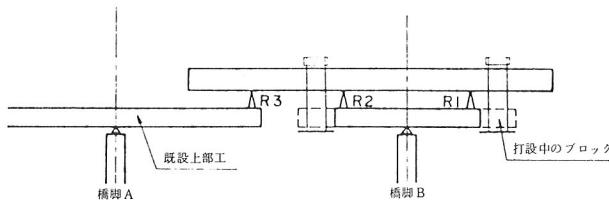


図-9 片持架設時

3) 架設中のアンバランスモーメント

P & Z工法の特徴の一つとして、施工時に柱頭部にアンバランスモーメントが発生しない事が挙げられる。

支承がピン構造の場合は、片持施工中の構造系は静定であり、アンバランスモーメントを打ち消すような架台反力が生じて、ラーメン橋脚の場合には、アンバランスモーメントが発生しないように（または小さくなるように）、架台反力を制御する事が容易に出来る。

以下ピン支承の場合について、架台に生じる反力を計算する。図-10に於いて、架台 R_3 、支承 S に生じる鉛直反力を R_3 、 R_s とすれば、 R_3 、 R_s は次式で計算される。

$$R_3 = W_o \times \frac{l_o}{L_3} \quad \text{.....(1)}$$

$$R_s = W_o \times \frac{L_3 - l_o}{L_3} \quad \text{.....(2)}$$

架台 R_1 、 R_2 に生ずる鉛直反力をそれぞれ、 R_1 、 R_2 と

すれば、鉛直反力の釣合いと支承 S まわりのモーメントの釣合いから

$$R_1 + R_2 + W_2 = R_s \quad \text{.....(3)}$$

$$R_1 \cdot L_1 - R_2 \cdot L_2 - W_2 l_2 = 0 \quad \text{.....(4)}$$

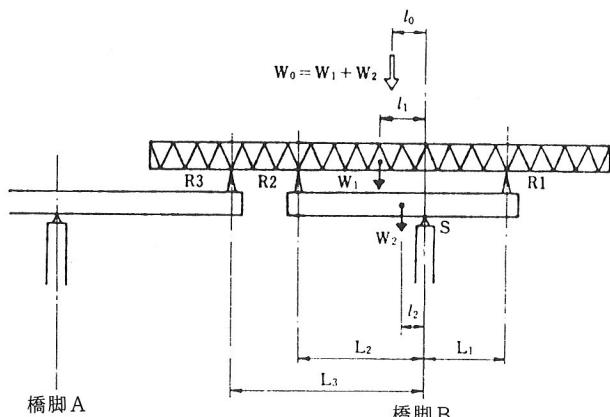
(3)、(4)式より

$$R_1 = \frac{(R_s - W_2) L_2 + W_2 l_2}{L_1 + L_2} \quad \text{.....(5)}$$

$$R_2 = \frac{(R_s - W_2) L_1 - W_2 l_2}{L_1 + L_2} \quad \text{.....(6)}$$

すなわち、ピン支承の場合は架台反力は力の釣合いのみから求まり、その値は(1)、(5)、(6)式で計算される。

ラーメン橋脚の場合、またピン支承でも仮固定した状態で片持施工する場合は、上記の値を架台反力の基準値として管理する事により、橋脚には無理なモーメントを作用させる事なく施工が出来る。



$R_1 \sim 3$: 架台

S : 支承

W_1 : P & Z式移動支保工の重量

W_2 : 張出し部上部工の重量

W_0 : $W_1 + W_2$

l_1 : SからP & Z式移動支保工の重心までの水平距離

l_2 : Sから張出し部上部工の重心までの水平距離

l_0 : Sから W_0 が作用する点までの水平距離

L_1 : Sから R_1 までの水平距離

L_2 : Sから R_2 までの水平距離

L_3 : Sから R_3 までの水平距離

図-10 架設時モーメント

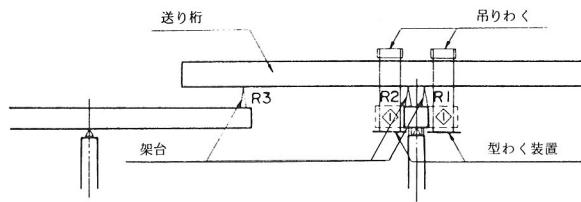
6. 施工一般

P & Z式移動支保工は、一本の鋼製送り桁、架台、吊り型枠、補助支柱などから構成されており、橋体はこれらの装置をSystematicに移動して施工される。

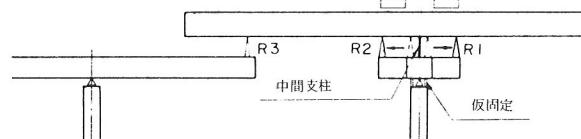
以下片持施工状態及び径間移動時状態についてその手順を示すと次のようになる。

1) 片持施工時

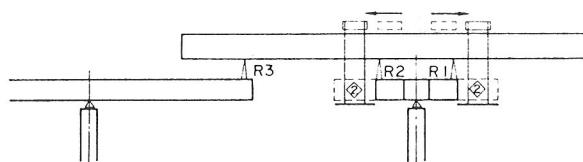
① 第1ブロック \diamond の施工



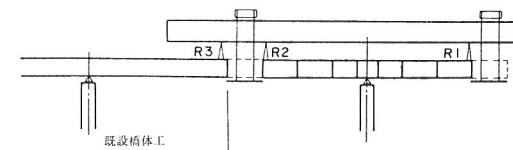
② 第1ブロックにプレストレスを導入後 R_3 と中間支柱で送り桁を支持して、架台 R_1 , R_2 を \diamond ブロック直前に盛り替える。



③ 型枠装置を移動させ \diamond ブロックを施工する。



④ 上記のステップを繰り返して既設の橋体と連続させる。



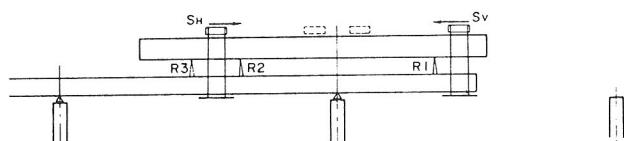
片持施工部の1ブロックの長さは5~10mが標準であり、橋脚左右の1対のブロックの施工が通常7~10日で施工出来る。理想的には、金曜日にコンクリートを打設すれば週末を養生に当てる事が出来る。

従来押出しお法等では施工始めの2~3ブロックは標準工程(7~10日)の倍に近い日数を要するが、作業員の熟練度に伴いその後のブロックは標準工程で十分施工が可能であり、本工法も同様と考えられる。

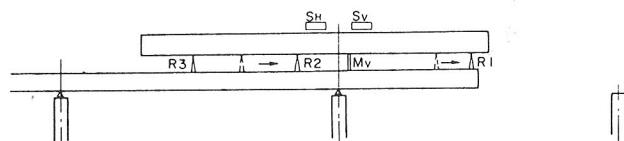
2) 装置の径間移動

装置の径間移動は以下のように行う。

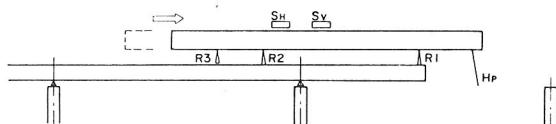
① 架台 R_1 , R_2 , R_3 で送り桁を支持し、 S_V (前方型枠)と S_H (後方型枠)を柱頭部に移動する。



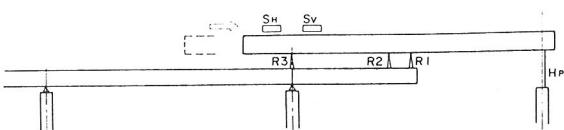
② R_3 と M_V (中間支柱)で送り桁を支持し、 R_1 , R_2 を所定の位置に移動する。



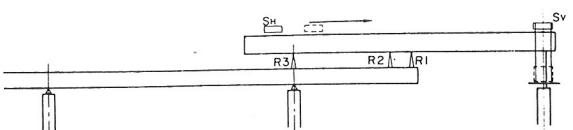
③ R_1 と R_2 で送り桁を支持し、 R_3 を送り桁に預ける。次に H_P (補助支柱)を取り付けて送り桁を前進させる。



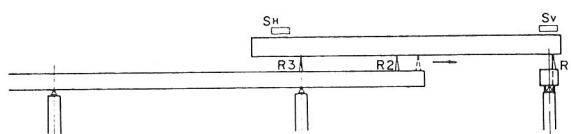
④ 同様に、架台の盛り替えを行って、送り桁を前進させ、次の橋脚に H_P を設置する。



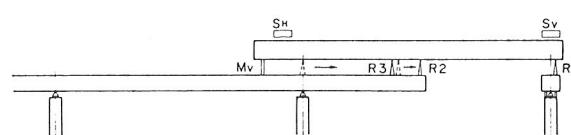
⑤ S_V を移動し柱頭ブロックの施工を行う。



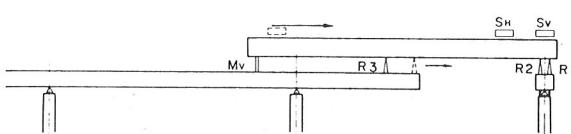
- ⑥ R_1 を柱頭部へ移動して送り桁を支持し、 H_P を撤去する。



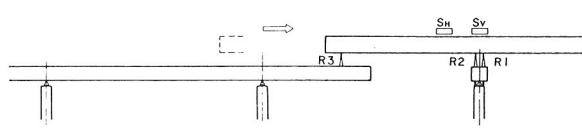
- ⑦ M_V を設置してから R_2 , R_3 を移動する。



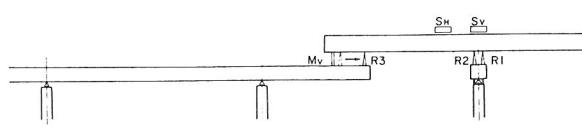
- ⑧ R_2 を柱頭部に移動する。次に S_H を柱頭部に移動する。



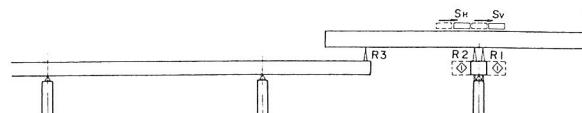
- ⑨ R_1 , R_2 , R_3 で送り桁を支持し、所定の位置まで送り桁を前進させる。



- ⑩ M_V を設置して、 R_3 を所定の位置に移動する。



- ⑪ S_V , S_H を第1ブロック施工位置に移動し、片持施工の始まりとする。



7. 標準工程

一サイクルの標準工程については、表-2に示すような工程となる。P & Z工法のように同一手順の繰り返し作業を行う場合、休日を養生日に当てる事により、工期

の短縮を計る事が可能であり、理想的な労務管理が出来る。

表-2 標準工程 7日（2主桁最大施工区分長10m以下）

日	1	2	3	4	5	6	7
緊張工	■						
型枠装置移動工	■						
型枠組立工		■■■■■■■					
鉄筋組立工		■■■■■■■					
シース配置工		■■■■■■■					
コンクリート打設				■■■■■■■			
養生工					■■■■■■■		
P C 鋼材配置工						■■■■■■■	

8. むすび

P & Z工法の一般的概要について以上紹介したが、本工法の特徴は、施工の急速性、省力化にあり、また桁下空間の使用条件に制約のある場合や、高橋脚を有する橋梁において、その成果を十分発揮するものと考えられます。P & Z工法はヨーロッパ諸国では施工例も多く、山と海にかこまれた我国においても注目すべき工法と思われます。

なお最後に本文を記すに当たり資料を提供して下さったP & Z協会の方々に感謝するとともに、本工法が飛躍的な発展を遂げることを願うものであります。

参考文献

- 1) 橋梁 1975. 5

P & Z式移動支保工を用いたPC橋の架設
著、神戸国夫 他