

バウラーレオンハルト押出工法

Baur-Leonhardt's Extrusion Method

得能達雄*
Tatsuo TOKUNOU
森本洋三**
Yozo MORIMOTO

1. まえがき

近年、建設分野においては、施工の省力化はもちろんのこと、あらゆる面での技術開発はめざましいものがある。

PC橋の分野においても、設計を含めた施工の省力化、機械化施工による作業の単純化、および経済性と同時に安全性等の要求から、新工法の開発が望まれてきたが、こうした要求に応じて開発されたのが、移動支保工であり押し出し工法である。

移動支保工とは、ストラバーク工法で代表される可動支保工と、ゲリュストワーゲン工法で代表される移動吊支保工とに大別され、いずれも可動性のある支保工を用いて、一径間ずつ施工する工法である。

ここに紹介する押し出し工法とは、PC橋の架設工法の一つで、西ドイツのレオンハルト博士およびバウル氏によって開発された工法である。

押し出し工法においては、移動支保工のような大規模な支保工を全く使用せず、従来の鋼橋に用いられている手延式架設工法を、重量の大きいコンクリート橋の架設に応用発展させたものである。この工法の発展に大きな役割を果たしているのが、押し出し時のすべり機構に用いられているテフロン板である。

本工法は架設地点後方に、桁製作ヤードを設置し、橋体を10~20mのブロックに分割して、コンクリートを打ち継ぎ、PC鋼材で結合しながら前方に押し出すという、繰り返し作業により橋体を完成する。

したがって作業場所が一定の範囲内に限定されるため、現場内における資材の運搬が減少し、更に鉄筋のブロック化と型枠作業の機械化を併用する事により、きわめて大きな省力化を可能なものにした。また、製作ヤードに上屋を設置する事により、天候に左右される事なく短期間の工程で施工する事が出来る。

桁を押し出す際の支間長は30~45m程度が標準となっており、完成時の支間がこれ以上の場合、仮支柱を用

いる等して、押し出し時の支間長を減じて架設する方法をとっている。前述の移動支保工の場合、全鋼重が250ton前後の支保工を用いるのに対して、押し出し工法では桁先端に取り付ける鋼重30ton前後の手延べ桁と、桁を移動させる押し出し装置、及び10~20mのブロック製作用型枠設備をもった桁製作ヤード等の少ない仮設備で施工する事が出来る。

このような設備の違い等、両工法の持つ特長から適用範囲も異なり、移動支保工の場合には支間25~45m、橋梁延長にして500~1000m以上に対して有利となるのに比べ、押し出し工法の場合は、押し出し力や型枠の転用回数等の条件から、支間長30~100m、橋梁延長にして3径間以上あれば、他の工法と比較して有利となる。

従来の枠組支保工を用いて施行する方法に比べ、支保工の設備に換って手延べ桁と押し出し装置等を用いるので仮設備が少なく、また固定式の短い機械化された型枠を用いる事によって、型枠の組立・脱型が容易となり、工場製作と同様に施工する事ができる。更に、急速施工の場合、架設場所に制約を受ける場合、支保工が組めない地形などの特別な条件下においては、いっそう押し出し工法の有利性が発揮されるであろう。

2. 押し出し工法の特長

押し出し工法はプレキャストブロック工法と、現場打ちキャンチレバー工法の長所を生かし、短所を補った工法である。プレキャストブロック工法では、比較的安定した定地点での桁の製作が可能であるが、運搬架設に大型機械が必要となる。また、現場打ちキャンチレバー工法では、施工に際しては先端のワーゲンを移動しながら施工されるので、ブロック工法のように大型架設機械は不要であるが、施工地点が橋梁先端であり、逐次移動してゆくという施工管理上の煩雑さがある。

押し出し工法では、定地点（一般に架橋地点後方）の製作ヤードで打設されたコンクリートブロックに、直接打

ち継ぎ、P C鋼材で結合しながらブロック工法の運搬架設機械に換わる押出し装置によって、製作した桁を前方に押し出していくものである。したがって、桁製作における安定した管理と比較的小規模な架設機械（手延べ桁、押出し装置、仮支柱）で、施工が可能である。

しかし、押出し工法は桁を押し出してゆく段階で、注目している設計断面が支間中央にある場合と支点上にある場合とでは、曲げモーメントが正から負に移行してい

く。したがって、押出し架設中の桁の補強のために、完成時の設計荷重に必要なP C鋼材の他に架設時のP C鋼材が必要となる。

架設時のP C鋼材を少なくするために、桁の先端に手延べ桁を取り付けたり、橋脚と橋脚の間に仮支柱を設けるなどして（図-1）、押出し架設中の架設応力を減少する様に工夫されている。

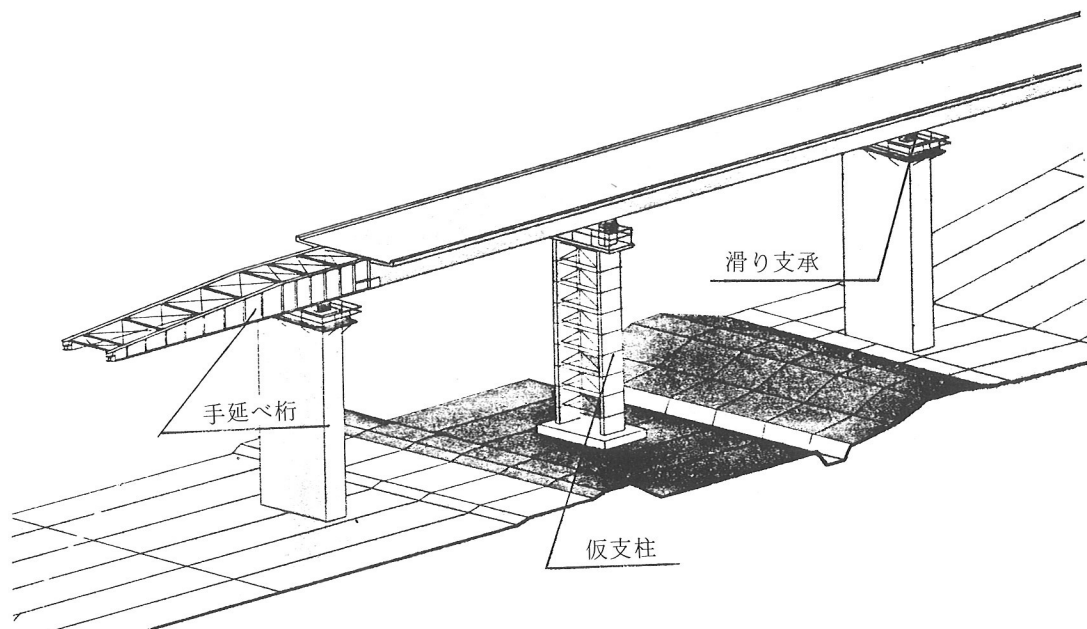


図-1 押出し概要図

P C橋においては、一般に労務、架設費の要素が建設費を決定するといわれており、型枠と支保工に関する施工方法についても種々の改良が図られているが、依然として上部工工事費の20～30%の比率を占めている。押出し工法は、次に記す特長により上記の要素を低減させる事を可能にした。

- (1) 深い谷における連続桁や、支保工施工の不可能な場所に適した施工方法である。
- (2) 仮設備が少なく、また特殊な機械を必要としない。
- (3) 桁下空間を有効に利用出来るので、特に道路・鉄道等の立体交差橋の施工が有利となる。
- (4) 施工は安定した工程のもとに急速性が計られる。
- (5) 型枠の機械化により組立ておよび脱型が早く、寸法精度の高い桁の製作と作業の能率化が計られる。

- (6) 鉄筋・コンクリート等の資材運搬作業が少ない。
- (7) 繰返し作業を行う事により、労務者の熟練度も早く、能率化が計れる。
- (8) 作業場所が限定されるため、上屋を設置する事により気象条件に左右される事なく施工が出来る。
- (9) 製作ヤードが固定しているため、労務者は少人数で無駄のない作業が出来、施工管理が容易となる。
- (10) 今までP C橋の不得意とした支間40～60mの分野を補うことが出来る。

3. 押出し工法の種類

押出し架設を容易にするため、以下に示すような補助的な手段を用いる事がある。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があり、
一般にはこれらのいくつかを組み合わせる施工するのが
効果的である。

- (1) 橋体自体の張出し長さを短縮するために、桁先端
に手延べ桁を取り付ける。

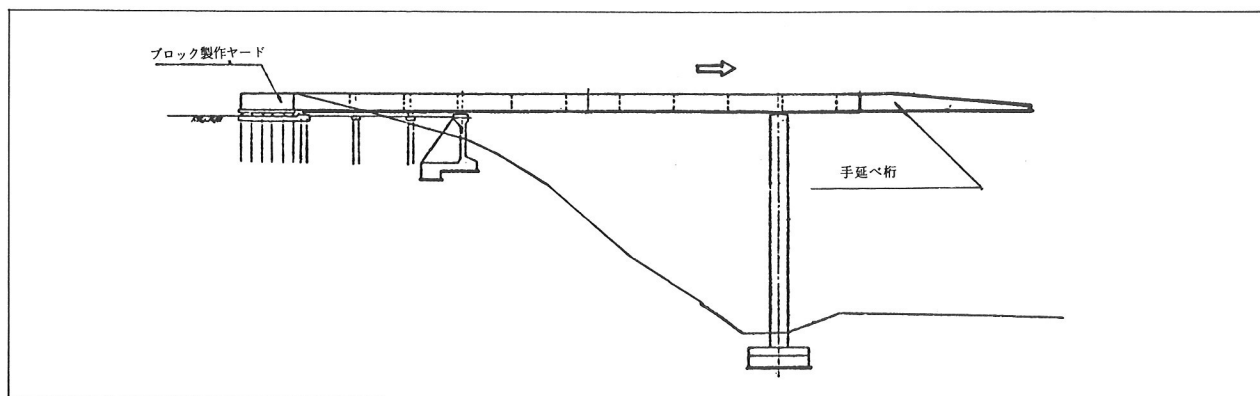


図-2 手延べ桁を用いて押出す方法

- (2) 支間中央に仮支柱を設けて、押出し支間を短縮する。

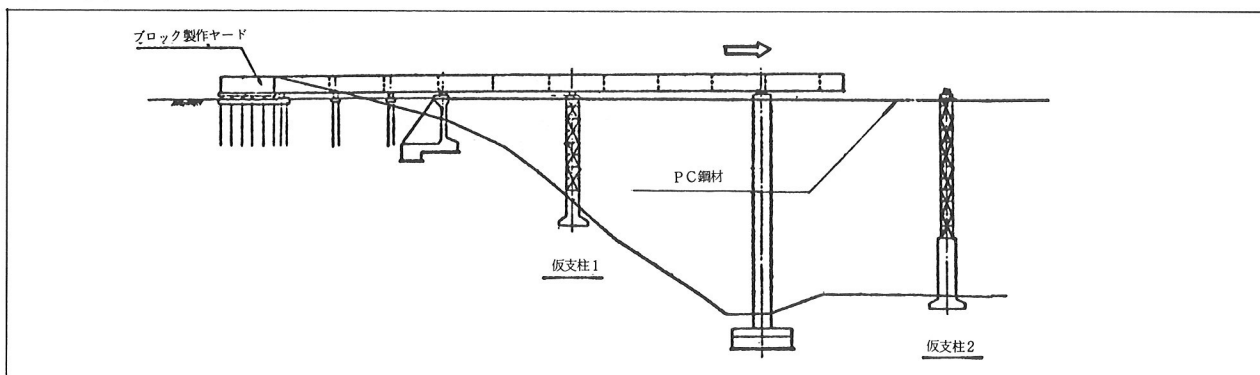


図-3 仮支柱を設けて押出す方法

- (3) 支点横桁にタワーを建て桁先端を吊り、押出し施
工中のカンチレバーモーメントを減少させる。

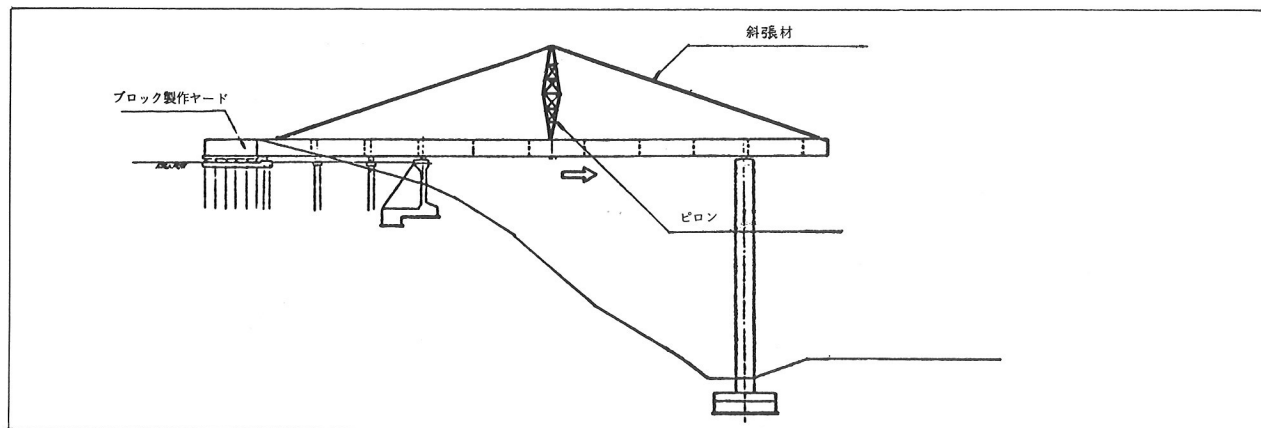


図-4 タワーと斜張材を併用して押出す方法

(4) カウンターウェイトを用いて押し出し架設する。

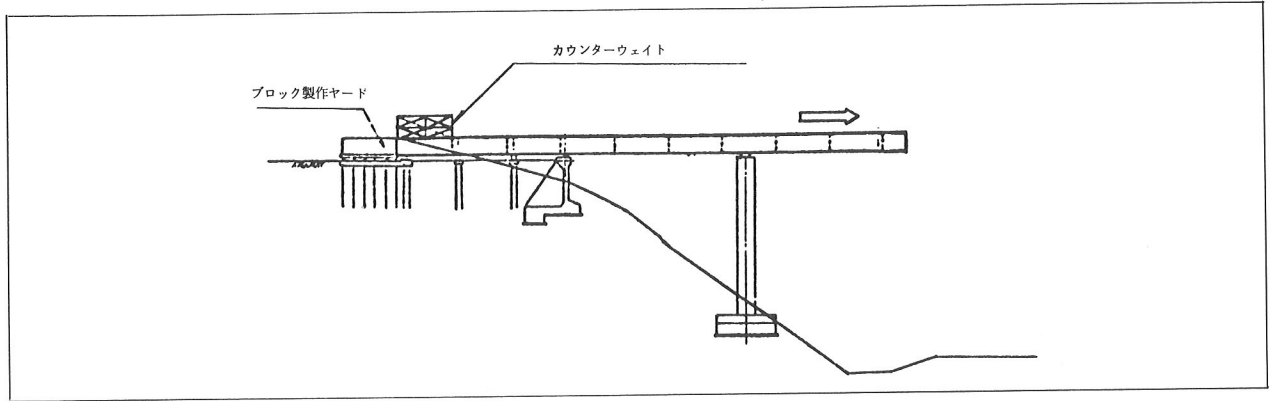


図-5 カウンターウェイトを用いて押出す方法

(5) 架設応力に応じて、プレストレス出来るように橋体内にPC鋼材を配置する。

また、橋梁型式においては、従来、連続桁型式に多く施工例があるが、地質条件の悪い所においては支点沈下の影響を考慮して、押し出し施工中は桁端部同志を連結し連続桁としながら、架設完了時に桁を切り離して、設計目地量を取り、単純桁として完成させる工法も可能である。

4. 押し出し工法の施工概要

4-1 製作ヤード

製作ヤードは、施工上、架橋地点後方の橋軸線上に設置され、一ブロック長の2～3倍程度の長さが確保されるのが望ましい。桁製作は、プレキャストブロックを製作するのとはほぼ同じ要領で行う。外型枠はベツト上でジャッキにより外側に移動して取り外し、内型枠はジャッ

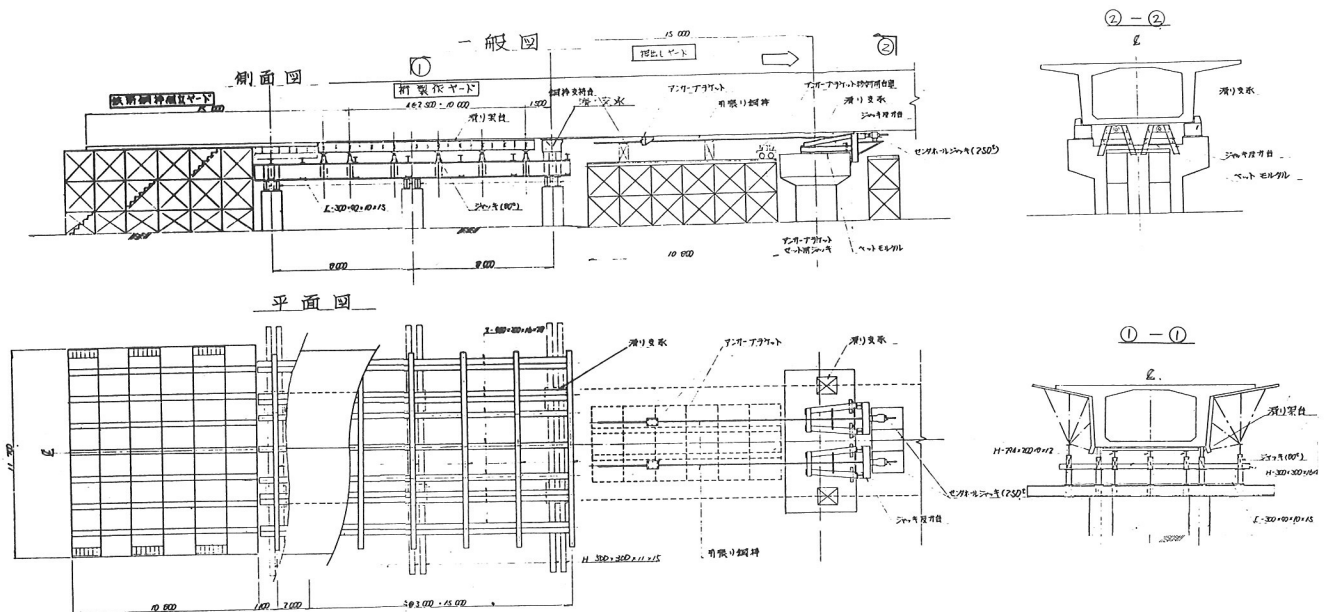


図-6 製作ヤード

キ装置によって内側に取り外し橋軸方向に移動する。

製作ヤードの位置決定については、手延べ桁を設ける場合、手延べ桁の組立スペースが必要である。

また、第一径間への押出し時には、張出しブロックの転倒に対して十分安全であり、ブロック打設時には、押出し装置が安定している事が大切である。

4-2 押出し装置

押出し装置には、集中方式（レオンハルト押出し工法）と、分散方式（SSY式桁送り出し工法およびKS工法）があり、いずれも油圧ジャッキを使用する。

集中方式は、使用ジャッキ能力が橋体全重量の5%以上の能力を有するものが必要であり、ストロークは長いほど、施工性が良くなる。押出し装置を設置する下部工には、大きな水平力が作用するので、それに対する検討が必要となる。

分散方式では、橋台・橋脚上にすべて押出し装置を設けて反力を分散して押し出すため、使用するジャッキ能力は小さくてすむが、台数も多くなり、各垂直ジャッキ間では一様に上げ下げされなければならない、連動装置が必要となる。

このほかに通常の支承を押出し装置に使用するKS工法がある。

以下、各装置について説明する。

(1) 引張棒を用いた装置

橋体本体に取り付けたアンカーからタイバーを延ばし、これをセンターホールジャッキ等で引張る方法である（図-7）。アンカーを各ブロック毎に盛り換えて設置しなければならないが、最も確実に押し出す事が出来る。

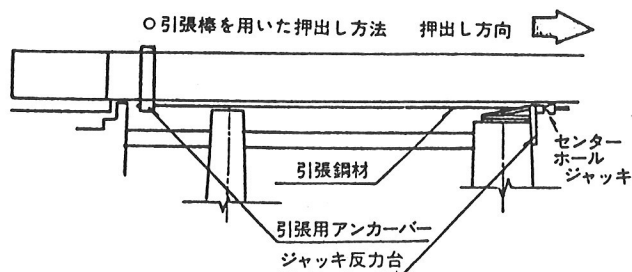


図-7 引張鋼棒を用いた装置

(2) 水平・鉛直ジャッキを用いた装置

この方式は、滑り板の上に載った桁受けブロックで橋桁を支持し、これを水平ジャッキで押し、一ストロークの押し出しが完了すれば、前方の垂直ジャッキで橋桁を数mmだけ持ち上げ、桁受けブロックと橋体間にすき間を作り、桁受けブロックと一体となった水平ジャッキを引戻すものである（図-8）。この方式では、桁受けブロックと橋体との間の摩擦で押し出すため、あまりに橋体長の長い場合には適用が困難なこともある。

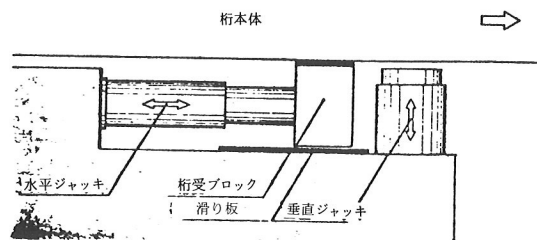


図-8 水平・鉛直ジャッキを用いた装置

(3) 改良型工法

前記(2)の改良型で、桁受けブロックが垂直ジャッキになっていて、このジャッキに作用する荷重（鉛直反力）を大きくして、押し出し荷重を増大させることが可能となっている。水平ジャッキを戻す場合には、後方の仮受け部分で橋体を支持する。

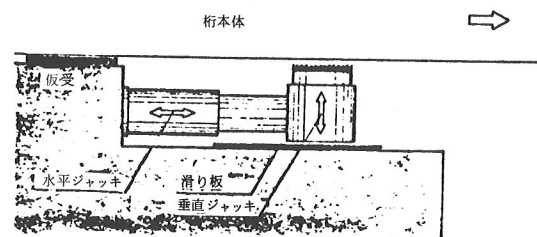


図-9 改良型装置

(4) SSY方式桁送り出し装置

鉛直方向に作動する油圧ジャッキと水平方向に作動する油圧ジャッキ、ならびに滑り板とその支持台から成り立っている。この方法は、滑り面をテフロン加工して滑り易くした滑り板を、水平作動のジャッキによって水平移動させ桁を押し出していくものである。垂直ジャッキは押し出し作業後に橋桁を鉛直方向に押し上げ、滑り板を押し出し始点に復帰させる。ジャッキ能力は最大反力によ

って決まる。

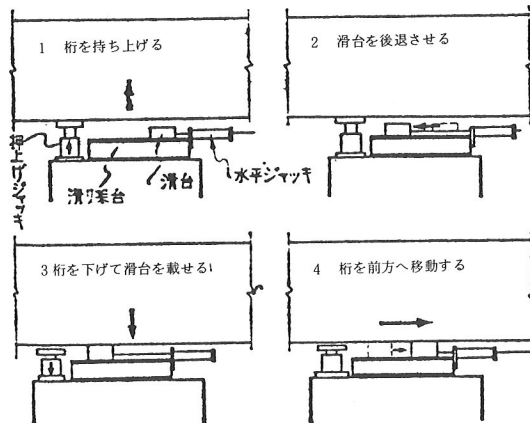


図-10 SSY式装置

(5) KS工法

この工法は、下沓に水平ジャッキを取り付け、この水平ジャッキと上沓とをテンションロッドで連結したものである。桁の押し出しが完了すると、水平ジャッキ・ブラケット・テンションロッドを取り外し、あらかじめ桁に埋込まれているソールプレートに連結する。

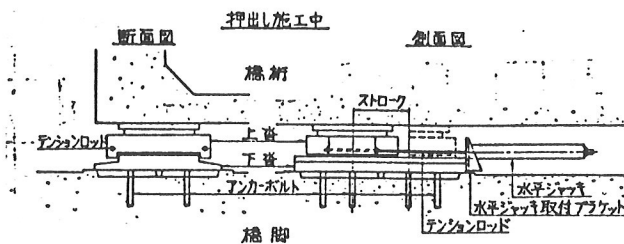


図-11 KS式装置

4-3 滑り支承および横方向ガイド装置

滑り支承の構造は図-11に示すように、コンクリートブロックの上にステンレス板を貼り、橋桁本体との間にテフロン板をはさみ込んだもので、テフロン板は橋体の移動に伴って順次作業員が手で送り込む。

滑り支承の特長は、摩擦係数が小さく、面支承で大きな荷重を支持する事が出来るテフロン板にある。滑り支承には、他の本沓の上にステンレス板を治具で固定した兼用沓も開発されている。

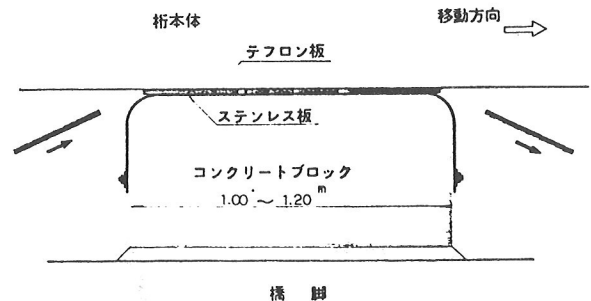


図-12 滑り文承

横方向ガイド装置は、あらかじめ定められた軌道から橋桁が偏心して押し出されないように、滑り支承に取り付けられる。

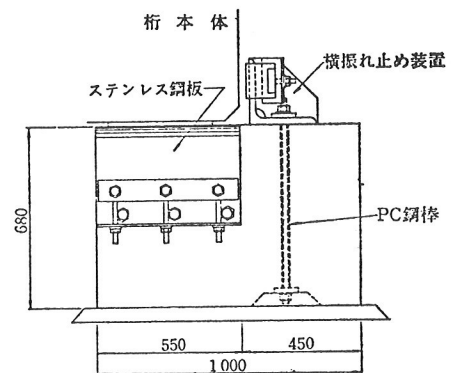


図-13 横方向ガイド

4-4 手延べ桁

手延べ桁は、橋桁の押し出し架設中の応力状態を有利に導くために、押し出し支間の50～60%の長さの鋼製鉸桁構造とし、形状は鋼重を減らすため変断面を採用する。

手延べ桁と橋桁との取り付けは、図-13のように突起を設けてPC鋼棒によって固定する。手延べ先端にはジャッキを設置して、押し出しによる片持状態から滑り支承に接地する際の先端の撓みを修正する。

4-5 仮支柱

仮支柱には非常に大きな鉛直荷重が作用するために、剛性の大きいコンクリート構造が主として採用されている。普通、これにはコンクリートのプレキャスト版を積み上げ、鋼材でブレーシングしたものが使用されている(図-1)。また、高さの低い場合には、鋼製の仮支柱も使用されている。



5. むすび

参考文献

[illegible]

- 186 —