

ジンポール式ジャンプアップ型枠工法

Jumping-up Slip-Form by Gin-Pole Method

杉田 幸一* 大矢 修**
 Kouichi Sugita Osamu Oya
 宮崎 啓一**
 Keiichi Miyazaki

要 約

先般、技報第6号の抄録で概要を述べた通り、永井川橋は高速道路網の中、列島横断道の代表格である関越道の最も深い谷に架かる長大橋であるため、日本一の高さのピアが必要となった。

このハイピアの施工には在来工法では手に余るため、特殊な性能を備えた型枠システムの開発をすることになった。一号機の設計、製作そして現地での施工に当っては、色々問題はあったものの一応の成果を得ることが出来た。

この報告では、その際一号機に求めた性能目標、その反映の方法、実際の施工及び問題点について述べる。

また、実際の施工に当っては計画通りにいくことは少なく、かなりの工程の遅れを生じ、これを補うため、比較的高さの低いピアについては、在来工法に若干の改良を加えた予定外の工法採用にも踏切らざるを得なかったが、これ等とジンポール工法との比較についても2、3報告する。

目 次

- §1. 工事概要
- §2. 型枠システムの性能目標
- §3. 第1号機の性能と特徴
- §4. 新工法の実際施工
- §5. おわりに

§1. 工事概要

- (1) 工事名
関越自動車道、永井川橋下部工工事
- (2) 場 所
群馬県利根郡昭和村大字川額
- (3) 工事概要 Table 1 主要工事数量表
- (4) 永井川橋概要図

Table1 主要工事数量表

構 造 物	数 量	摘 要
ラーメン式橋台	2基	A ₁ , 上下線で2基
箱式橋台	1基	上, 下線兼用
柱式橋脚(SRC構造)	8基	P ₁ ~P ₄ の上下線で8基
深礎基礎(φ3.0m, φ4.0m)	6組	A ₁ -8本, P ₁ -12本, P ₄ -8本
ニューマティック ケーソン(18m×48m)	1基	P ₂ 上下線兼用
オープンケーソン(17m×44m)	1基	P ₃ 上下線兼用

§2. 型枠システムの性能目標

2-1 超高所作業での安全性

作業員が万一、手足をすべらせても地上までは墜落せず、システム内で受け止める足場構造であり、使用材料は火災の発生を防ぐ不燃性とする。また異常時に対しては複数の安全装置を考える。

2-2 超高所作業での施工精度の確保

一番高いピアは76mもあり、それだけに各リフト毎の精度を出来るだけ上げないと誤差は累加され修正不能

* 関東(支)永井(出)所長
 ** 関東(支)永井(出)

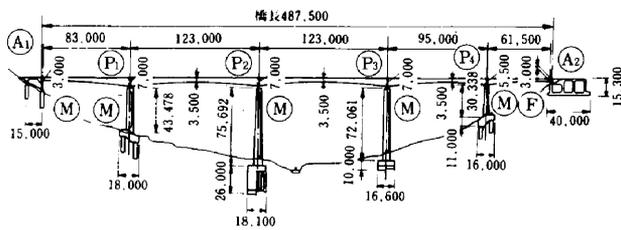


Fig.1-1 永井川橋側面図

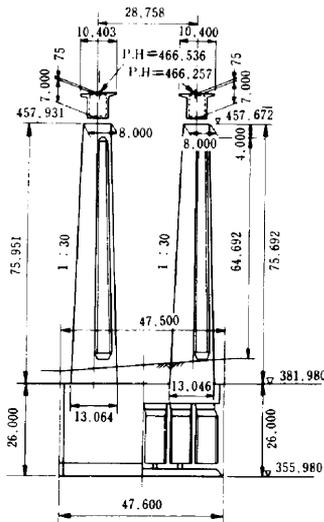


Fig.1-2 P₂橋脚断面図

となる恐れがある。

また、システムが通過した後は足場が残らないので製品の仕上げは一発勝負であり、後々の手直しは期待出来ないだけに、型枠の曲り、はらみ、あばた等は容易に防止出来る構造とする。

2-3 超高所作業での迅速性(断面変化への対応性)

Fig.1-1, 1-2の如く、要求される断面は4面ともテーパ付でその上空二室という複雑な形状であるにも拘らず、約条工程は他の単純断面と変らない短い工期が決められている。

従って、このシステムのポイントでもある断面変化に対し容易に対応でき、しかも連続的に、自動的に行う必要がある。

2-4 超高所作業での経済性

特殊作業員(弍工, 大工等)は最少人員でよく、全体人員もできるだけ少なくて済むよう、操作が簡単で、工数が少なく、できるだけ自動化を進め、かつシステム自体が安価であること等々が要求される。

§ 3. 第1号機の性能と特徴

3-1 足場と安全性

一般に、50m前後を越える高所作業に使う足場として、地上から組上げる方式の枠組足場等は、その組立及び解体時、あるいは部材の強度上問題があり、必ずしも安全とはいえないし、経済的でもない。

このため当該機は足場も型枠と平行して上昇する方式とし、安全のため移動に当ってはその都度クレーン等を使うことを避け、打設を終ったコンクリートに反力を取り、油圧ジャッキを仕組んだ上昇機構のジンポールを用い、自動上昇するシステムとした。

この足場はジンポールに直接取付られ、型枠上昇前の鉄筋作業、型枠セットそしてコンクリート打設の作業足場として使用する。

従って、このシステムを使えば施工上、安全面でも、強度面でも高さの制限はなくなる。

3-2 型枠の精度

非常に高いピアーであるため、施工途中での精度を規準値以内に、容易に確保出来る機構が必要である。

そこで、当該機ではシステムの上昇機構であるジンポール(柱式起重機の意)を利用し、これを型枠に先行して固定することにより型枠セットの定規としても使用することになっている。また、型枠材は全て鋼材を使用し、かつ仕上り精度を増すために断面決定は必要強度の2倍とし、ひずみを極力押えた。

3-3 施工の迅速性, 経済性

超高所での作業であり、しかも構造物の断面は内外共に連続変化が必要のため、一般の大型型枠ではかなりの作業量が必要となり、これを毎リフト地上に下ろし対応していたのではその施工性は著しく低下する。

そこで当該機では、この型枠の変化及び足場の変化をすべて、上昇時に自動で連続変化させることにした。

まず足場については、ジンポールを型枠の移動に先立ち上昇させ、断面の変化に伴い作業床及び手すりを全てテレスコープ式にスライドさせた。

型枠の変化については、施工1リフトを3.6m(鉄骨単長10.8mの1/3)と定め、各テーパに対応する幅の型枠(長方形メタルフォームで橋軸直角方向は12cmと、橋軸方向6cm幅)をリフト数分製作し、上昇直前に一枚づつ抜き取り、上昇が終了すると同時にこの間隙が閉合され次リフト断面となる方式とした。

一方、このジンポール及び型枠の上昇は、この二者の接合点に取付けたオイルジャッキ(ジンポール1本当たり1セット)により、全てのジャッキが自動制御装置により水平を保ちながら同時にボタン一つで(必要時には個々に上昇も可能)5cm毎のストロークで上昇する機構とした。



Photo1 型枠部分はメタルホームと横バタ及び縦バタを用い限度いっぱい大組をする。

§ 4 . 新工法の実際施工

4-1 システムの組立及び取付

Photo 1 の如く現地に搬入された各部材は、まず型枠部分の地組から始め大型型枠を平組する。

ジンポールの本足場が取付くまでは、第2リフトまでの高さ (3.6m×2リフト=7.2m) の枠組足場を組み、第一リフトは型枠だけを取付け、コンクリート打設時にはジンポール用アンカーのためのダミーボルトを埋込んで置く。

なお、第1リフトでの型枠の縦バタは必要長さを中間のコンクリート下端で切断できる様ジョイントが設けてあるので、第2リフトからは残り長さの縦バタを下方に継足さなければならない。

第1リフトのコンクリート打設後、第2リフトへの型枠移動だけは他のクレーンが必要となる。

第2リフトの型枠セットが終り次第、枠組足場を解体しながら、ジンポールを先のダミーボルト孔を使い取付け、続いて可縮用本足場をジンポールに装着する。

型枠とジンポールとの接点にオイルジャッキを仕組み、これを操作する制御装置を配置すれば第2リフト以上の型枠及び足場は交互に自動上昇を始めることになる。

4-2 システムの運転

技報1983, VOL.6 P-156参照。

4-2-1 型枠セット

型枠は外部型枠からセットを始め内部はこれを定規にしながら固定する。

型枠はもともとメタルフォームを組合せ大型化しているため、個々のメタル自体の製作誤差が累積され全体ではかなりの誤差を生ずるのが普通であるし、また組立用のクリップやボルトのゆるみ等によっても誤差を生ずる。

従って最初組上げた大型型枠の性向をよく把握し間詰材等で修正をし、以降は常に型枠の上下端の中心を重視しセットを繰返すことにより、誤差を左右に振り分けその累加を防止する。

この場合の芯出しは Fig.3 の如く型枠天端に印した中心点よりピアノ線を使った下振りにより、すぐ前の既設コンクリート壁に出した中心墨にこれを合せるといった単純な方法が良いようである。

なお、型枠の固定はすぐ前のリフトのセパレータ孔と型枠最上段に取付ける1本のセパレータのみで固定することとし、作業量の軽減を計った。

4-2-2 コンクリート打設

コンクリートの打設は全てコンクリートポンプ車を用いることとする。

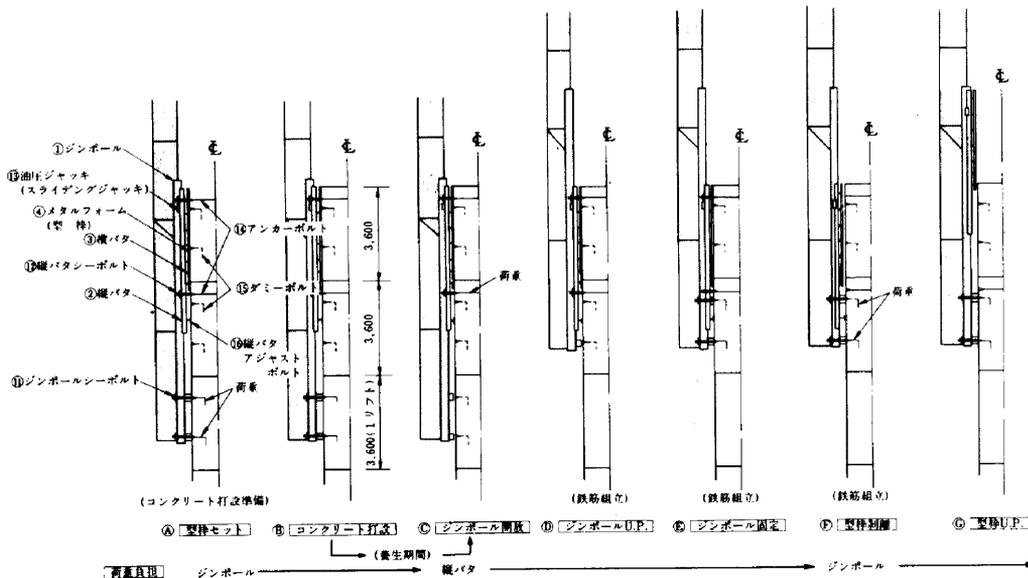


Fig.2 施工順序

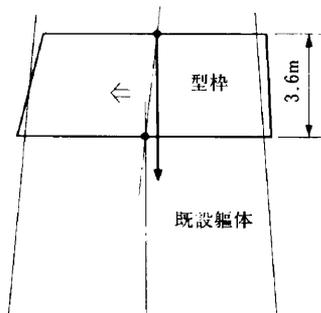


Fig.3 型枠セットの要領

ポンプの能力上、若干問題となりそうな高さ70m以上の打設については現在コンクリートの流動化剤を用いテスト中であるが、65mまでの実績があり少し配合修正を行えば大丈夫との見通しである。

コンクリートの搬送は、超高所であるため Photo 2 の如く固定式の配管を打設の都度延伸し最先端にはゴムホースを用いる。



Photo2 コンクリート圧送用鋼管は既設コンクリート壁にアンカーをとり、振動による脱落を防止する。

なお、この鉄管の摩耗が激しいため、ピア中間以下には厚肉鋼管を用い、施工途中での破裂を防止する一方、日常点検にこの鋼管の摩耗調査を加え安全を計る。

コンクリートの打設中、ホースを移動する際コンクリートが型枠外部にこぼれる事がよくあるが、超高所作業では大事故につながりかねない。

これを防ぐには Fig.3 の如くコンクリート打設の作業床は型枠天端より 1 m 位上方に配置すれば比較的容易にホース内のコンクリートを抜くことが出来る。

4-2-3 コンクリート養生及び鉄筋、鉄骨作業

夏期の散水養生のため、各ピア毎に給水管を配しタービンポンプで水を圧送した。

また、超高所でコンクリートを圧送する場合には、コ

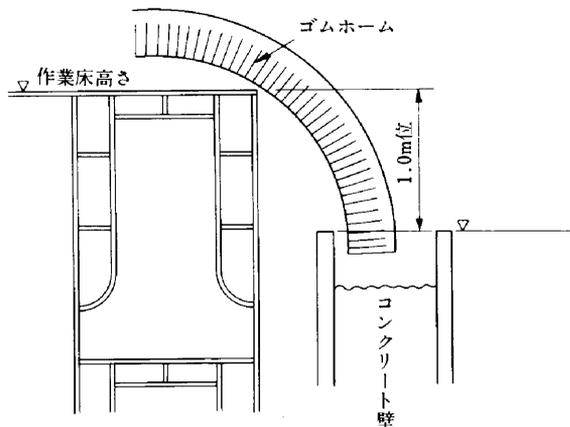


Fig.4 コンクリート打設に要する作業床の高さ

ンクリート打設後の固定配管の洗浄には必ず給水が必要となる。

冬期養生については、現地の最低気温は -15°C まで下り問題が多い。

型枠外周を不燃シートで覆い加熱養生をするわけであるが、超高所では火災、ガスの発生は一大事である。

従って、ジェットヒーター等裸火による方法は極力避け、電力による温床線、温床マット等間接加温方法を多く使用する。

なお、この夏・冬何れの養生期間にも、全体工期の短縮を計るため、鉄筋の圧接・横筋組立または鉄骨継足し作業を平行して行い、更に上下線 2 本一対のピアの工程ずれを利用し最も効果的な作業のローテーションを調整した。

4-2-4 足場の上昇

Fig.2 の如くコンクリート養生と鉄筋あるいは鉄骨作業終了後 (平均3.5日)、ジンポールのアンカーボルトを外し、型枠との接点に取付けたオイルジャッキを駆動させると、この場合には型枠は固定されたままなので相対的にジンポールだけが上昇することになる。

1 リフト 3.6m を上昇するのに要する時間は 2 ~ 3 時間である。

ジンポール上昇時には足場の全ての水平部材 (桁、踏板、手すり等) は連続縮小するのでスライド部のせりなどが無い様見張りが必要である。

ただ、この場合ジャッキによる上昇は連続といっても正確には 5 cm ストローク毎の断続上昇であり、この動作はスライド部分に若干のせりがあっても、ストローク毎にこれを開放する作用として働き好都合である。

ジンポールは、上昇後 2 リフト前のダミーボルト孔に固定されることになる。

これはコンクリート養生期間を充分にとるため、ジン

ポールの長さを2リフト下まで伸して対処したためである。

4-2-5 型枠の上昇

すべてのジンプールアンカーを固定後、型枠の上下端のアンカーボルト（セパレーター兼用）を外し、型枠はく離装置により脱型を行い、4-2-4と同じジャッキを駆動させると今度は型枠だけが上昇することになる。

上昇はまず外部を一斉に行い内部に移る方が後々の作業が容易となるが、必要に応じてその逆であっても、また個々であっても上昇は可能である。

このとき、ジンプールは先に構造物のテーパーに応じた所定の傾斜をつけてセットしてあるため、型枠の縮小は上昇に伴い自動で連続的に行われることになる。

4-2-6 鉄筋及び鉄骨作業

鉄筋作業は主筋（縦筋）の圧接（自動圧接）と横筋の



Photo3 市販クランプによる吊込み。鉄筋下端が鉄骨に当たるとクランプが外れることがある。



Photo4 形鋼を加工し鉄筋を両面から挟み込む方式とし Photo3 の欠陥を改良したが、やや作業効率が劣る。

取付けとに分けられるが、主筋一本当りの長さは12mなので、圧接は約3リフトに1回の割で行われることになる。

作業は、圧接も横筋取付も共にジンプールに取付けた最上段の足場を使用する。

主筋の圧接では材料の吊上げが最も大変であり、なかでも超高所の鉄骨先端より内部に吊込む内部主筋が問題である。

当所では、最初市販の特殊クランプを用い5本ずつ吊上げたが安全上問題が多いことが判り、現在では Photo 4 の様な治具を製作し20本ずつ一度に吊上げにしている。

横筋の組立についても、限られた足場上での作業であるため、長物を人力で取扱うのは危険が多いので、企業先と相談の上最小限のブロック割と形状とに設計変更をせざるを得なかった。

鉄骨作業は他の全ての作業に先行して行わなければならないが、これを組上げるためのタワークレーンのリフトアップが一番問題となった。

すなわち、タワークレーンを支持する手段次第ではあるが、これを支線方式としない限りは組上ようとする鉄骨自体から支持つなぎをとりながら交互に鉄骨継足しをしなければならず、更に後続のジンプールシステムの通過を妨げないように支持つなぎの取換えをも行わなければならない。

これらの作業は超高所で、あまり安全が望めない空中足場を使いながらの仕事であり、しかも、超高所であるため他のクレーン等の応援を求める訳にもいかない。

そこで平塚工場と相談の上 Photo 5 の様な特殊な足場を製作し、綿密な作業手順を定めタワークレーンの唯一本のフックで一連の作業が出来る工夫をした。

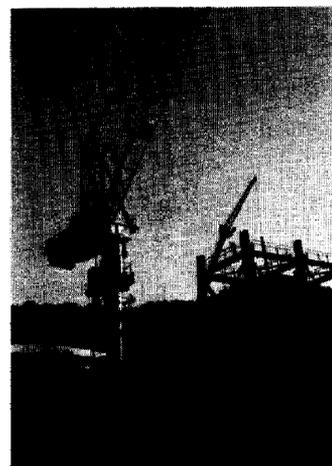


Photo5 タワークレーンの壁つなぎと、その組立・解体用特殊足場(ゴンドラ方式)

また、鉄骨の継足し作業にはシステムとは別に Photo 6 の様な足場を別途に先行し用いた。

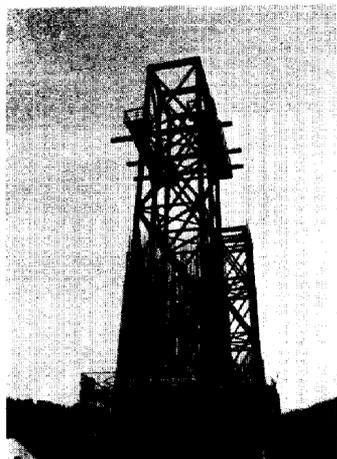


Photo6 鉄骨水平部材を利用し、受台用のH鋼を串差しとし、足場を設置した。

4-2-7 システムの解体及び転用

ピア天端のコンクリート打設後のシステムの外しは最も危険を伴う作業である。

そこで、この作業の工数をできるだけ少なくするため、また、次のピアへの転用を考え、クレーンの能力範囲で大ブロックのまま地上に下ろすこととし、解体直前に新たに若干の補強を行い Photo 7, 8 の状態で解体を行った。

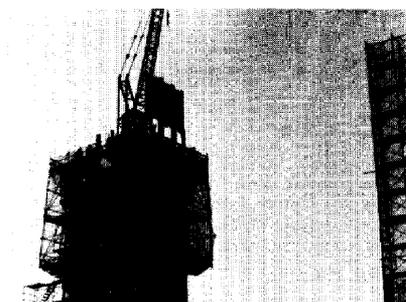


Photo7 システムの解体はまず型枠部から抜き取る。



Photo8 最後に足場とジンポールをできるだけ大組のまま取外す。

また最後に残るジンポール部分のアンカーボルトを外すため、ピア天端に Photo 9 の様なアンカーと治具を取付け、躯体からクレーンでシステム部材を引離す際のショックの軽減を図った。

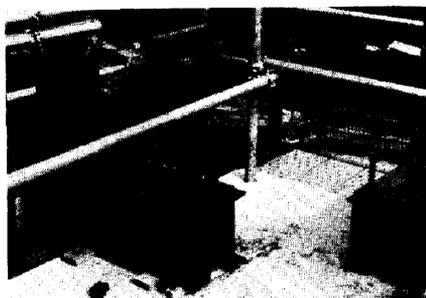


Photo9 ジンポールのアンカーボルトを外す時のショックを防止するため、あらかじめピア天端に仮設のアンカーをとった。

§ 5 . おわりに

5-1 他の工法との比較

前述の如く、工程挽回のためこのジンポールシステム (Photo 10) の他、改良型吊ワイヤ式ジャンプフォーム (Photo 11) と片持梁式大型型枠 (Photo 12) の3種類の工法を採用し施工中であるが、現段階での比較をすると Table 2 の如くである。

5-2 ジンポールシステムの問題点

5-2-1 構造の単純化

この工事では、超高所作業でありながらかなり高度な作業内容が要求されるため、勢い、システムの構造は複雑となった。

一般に、このようなシステムを設計する場合、できるだけシンプルであれば、それだけ仕事量も少なくなり、安全でかつ効率的になる傾向が強い。今後は回を重ねる度にこの点を集中的に改良する必要がある。

5-2-2 システム各部分の自由度と精度

特に、型枠及びジンポール部分のアンカーボルトの取

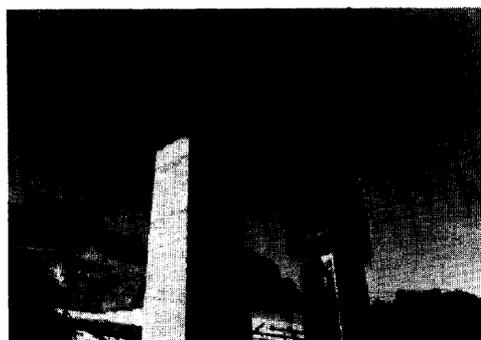


Photo10 ジンポール式ジャンプアップ型枠全体

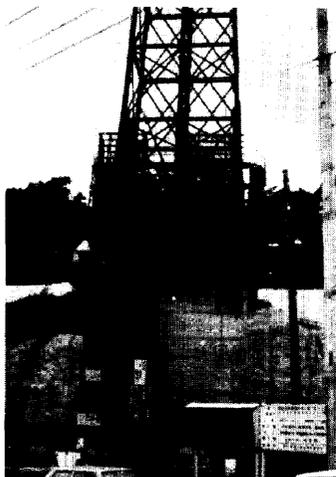


Photo11 吊ワイヤ式ジャンプアップ型枠全体
(型枠及び足場全体を鉄骨先端より吊上げる)

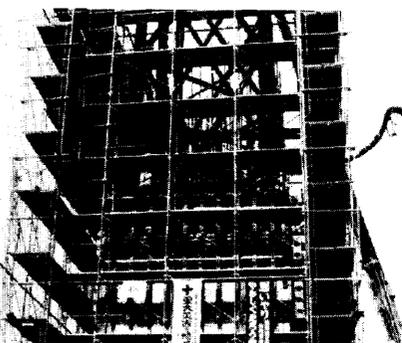


Photo12 片持梁式大型枠全体
(縦バタにシャッターリングを使用し片持梁として用い型枠のみをトラッククレーンで吊上げる)

付孔が問題である。

取付孔を大きくし自由度を大きくすれば、長い繰返し作業の間には精度が落ちる可能性が強い。

当初これを考慮する余り、自由度を拘束する方向で設計したところ、システムの鋼材を製作する精度とコンクリート構造物を製作する精度との間の整合が適切ではなく、型枠のセットに多くの時間を要した。

現在は若干の改良をし使用しているが、今後もこの辺の最適解を求める検討が必要である。

5-2-3 型枠表面の清掃

システムの構造上、当初より清掃作業が容易でないとして、型枠の表面はメタルに焼付コーティングを施し対処したが、通常の気候下でコンクリート打設回数15回位までならば、大がかりな清掃は不要である。

しかし、冬期等ではその回数は半減する。

その対策として表面コーティングの改良と合わせ、限られた作業空間での容易な清掃方法の工夫が必要である。

5-3 一般構築への応用

5-3-1 断面形状の自由選択

上昇機構が柱状であるため、断面の形状変化に対しては、横端太材の形状を調整さえすれば方形であっても円形状であっても一向に差支えはない。

また、断面が縮小変化だけでなく途中で拡大する場合でも、ジンポールの長さを適度の範囲に止めることにより対応出来るものと考えられる。

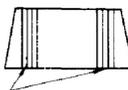
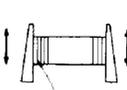
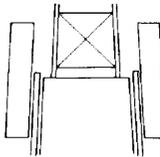
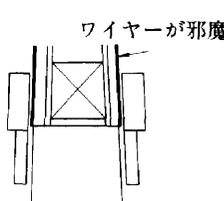
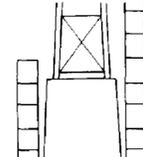
5-3-2 ダム型枠への応用

ダム型枠としては普通、大型型枠を足場と一体化し、また、片持梁式とし移動には他のクレーンを用いるタイプが多い。

もし、ジンポールを改良して用いれば、最初の据付さえ終われば、後は最後まで型枠と足場は自動上昇をするため、特に型枠作業としてのクレーンは必要がなくなる。

ダム工事でのクレーン計画は主要計画の一つであるが、この一連の型枠作業にクレーンが不要となれば、他の作業との並行作業が多く可能となり、また、クレーン計画そのものにも従来と違った大きな好影響を与え得るものと思われる。

Table2 ジンポールタイプと他のタイプとの比較表

項目 \ TYPE	ジンポール式ジャンプアップ型枠	吊ワイヤ式ジャンプアップ型枠	片持梁式大型型枠
1)足場型式	せり上り式移動足場	吊り上げ式移動足場	枠組式固定足場
2)足場の上昇方法	ジンポールに取付けたオイルジャッキにより上昇 (反力は既設コンクリート壁にとる)	吊ワイヤに取付けたオイルジャッキにより上昇 (反力は鉄骨先端にとる)	地上からの総足場方式
3)足場の材質	桁材-鋼製, 踏板-アルミ製	桁材-鋼製, 踏板-ベニヤ製	全部鋼製
4)型枠, 寸法変化の方法	勾配に応じた, 長方形の一定幅, メタルフォームを毎回抜取る  特製メタルフォームを毎回対称的に抜取る。	ジンポールタイプと同じ	端部の台形型枠の上下移動と標準メタルフォームを必要に応じ抜取る  端部台形型枠の上下調整範囲を越えるとき一枚抜取る。
5)型枠, 移動の方法	ジンポールにより上昇	吊りワイヤにより足場と一体で上昇	クレーンを使い型枠だけを吊上げる
6)リフト高	3.6m	4.35m	2.0m
7)サイクルタイム	コンクリート打設 1 養生及び鉄筋 4 足場上昇 1.5 型枠上昇 1.5 型枠セット 3 } 11日 3.05日/m	コンクリート打設 1 養生及び鉄筋 4 足場・型枠上昇 2.0 型枠セット 5.0 } 12日 2.76日/m	コンクリート打設 1 養生及び鉄筋 4 足場継足し 0.5 型枠吊上げ 型枠セット } 2 } 6.5日 3.25 /m
8)安全性	足場と型枠が交互に移動するが何れか一方は必ずコンクリート壁に固定され安全性は高い	型枠上昇時には足場も同じワイヤにより宙吊り状態があり若干問題がある。	枠組足場が全て出来上がった状態での安全性は良いがこの組立, 解体時が超高所では非常に危険を伴う。また50m以上では枠組の受換えなど補強が必要である。
	構造物の形状変化に伴い足場も平行的に変化をするため作業環境は一定であり管理し易い	ジンポールタイプとはほぼ同じ	形状変化に伴い構造物との隙間などが変化し管理に注意を要する。
6)当該システムに適する構造物	RC構造でもSRC(鉄骨・鉄筋コンクリート)構造でも何れでもよい。	SRC構造でなければ採用出来ない。	RC, SRCの何れでもよい
7)地上からの材料(鉄筋, 鉄骨etc)吊上げの作業性	 上昇のためのアンカーを既成コンクリートにとるため上空には支障がない。	 上昇のための吊ワイヤが鉄筋 etc の吊込作業に支障をきたす。	 組立方次第ではあるが足場をあまり先行させると支障となり, 都度組上げとすれば毎回危険作業を伴うことになる。
8)経済性	型枠費と足場費とを含め 10,155/m ² 開発製品であり転用が見込めず, 材料はほとんど全損扱いとなり機材費が割高となった。	型枠費と足場費とを含め 9,275/m ² 川鉄機材のリース製品であるため機材費が割安となった	型枠費と足場費とを含め 10,778/m ² 足場を地上から積上げる無駄及び片持梁としたため1リフト高さが低くコンクリート打設費・型枠組立費・足場費が割高となる。