P & Z 工法による月夜野大橋の施工

中 村 克 己*1・福 吉 孝 雄*2・守 屋 元 雄*3

概 要 本稿は、4 径間連続のプレストレストコンクリート橋の P & Z 工法による施工について述べたものである。P & Z 工法は、移動架設けたを用いたカンチレバー工法であり、従来の工法に比べ装置は大型で、片押し施工するため、河川の出水などには影響を受けずに施工できる利点がある。本工法による我が国最初の工事を、施工中の月夜野大橋で紹介するとともに、施工管理のための、上部工のたわみ計測の試みについても述べる。

キーワード：プレストレストコンクリート橋、P & Z 工法、施工記録、カンチレバー工法、

1. ま え が き

橋りょう上部工をブロックに分割して、橋脚の両側に張出し架設する工法、いわゆるカンチレバー工法がプレストレストコンクリート(PC)橋にも適用されるようになって、PC橋の適用範囲は飛躍的に増大した。我が国でも 20 年以上の歴史を持つこの工法は、長大支間の橋りょうには非常に有効な施工法である。

一般国道 17 号線のバイパス中の利根川にかかる月夜野大橋の主橋部は、中央スパン 84.5m の 4 径間連続有ヒンジラーメン構造で、現在 P & Z 工法によって施工中である。P & Z 工法とは上記のカンチレバー工法の一つで、移動架設けたを用い、けた下空間を使わずに施工できるところが大きな特徴である。本橋でも、利根川上流の奥利根流域にもたらした豪雪による融雪期の異常出水や、56 年夏 関東地方を襲った台風 15 号の影響による増水の際にも、この工法の特長の一つが発揮され、

何ら支障なく作業を進めることができた。

本工事の竣工は昭和 57 年 3 月の予定であるが、現在までにほぼ 1 サイクルの作業が終わったので、我が国最初の P & Z 工法による工事を中間報告の形で紹介し、参考に供したい。

2. 工 事 概 要

工事名：月夜野バイパス利根川橋上部工事

場 所：群馬県利根郡月夜野町

橋 格：一等橋 (TL-20)

橋 種：単純 PC 箱げた及び 4 径間連続有ヒンジ PC 箱げた

橋長及び支間割り：3@40.6 + (68.4 + 2@84.5 + 68.4) = 431.9 m

勾 配：縦断 6%，横断 2%

施工法：単純げた部 ; わく組足場
4 径間連続有ヒンジ箱げた部 ; P & Z 工法

図-1 全 体 図

*1 建設省関東地方建設局高崎工事事務所建設監督官

*2 建設省関東地方建設局道路部道路工課 (前高崎工事事務所)

*3 清水・オリエンタルコンクリート建設共同企業体所長

図-2 上部工断面図

4径間連続有ヒンジ箱げた部（主橋部）の上部工断面は1室箱げたで、けた高は支点上 5.5m、支間中央 2.0m、側径間端部 2.2m の変断面構造であり、引げた下端の曲線は正弦曲線が採用されている。橋りょう全体図を図-1 に、上部工断面図を 図-2 に示す。

3. P & Z 工法の概要

P & Z 工法とは、図-3、4 に示すように、橋面上に設けた移動架設げた（以下送りげたと呼ぶ）から型わく装置を懸垂し、橋脚の両側に上部工を順次張出し分割施

図-4 P & Z 装置断面図

工する工法である。図-5、6 に張出し架設及び径間移動の要領を示す。

3.1 特 長

本工法の主な特長は次のようである。

- 1) 地上からの作業を必要としないので、河川、海上

図-3 P & Z 装置側面図

CONSTRUCTION OF TSUKIYONO OOHASHI USING P&Z-METHOD

By Katsumi Nakamura, Takao Fukuyoshi and Motoo Moriya

Concrete Journal, Vol. 20, No. 1, Jan. 1982, pp. 38~44

Synopsis P & Z Method is the cantilever erection system with a long erection girder for prestressed concrete bridge, and has various merits compared with traditional systems. For example, we can easily and safely build a long span bridge over a river without temporary jetty. We describe how to erect Tsukiyono Oohashi, the first experience in Japan using P & Z Method, and the new measurement system to control of up-bending for cantilever erection bridge by micro computer.

Key words : prestressed concrete, P & Z Method, construction record, cantilever erection system

① 第1ブロックを打設する。

② 第1ブロックの主ケーブルを緊張後、前後方の型わく (S_V , S_H) を脱型し、第2ブロック打設位置まで移動する。

③ 中間支柱 (M_V) で送りけたを仮受けし、架台 R_1 , R_2 を第2ブロック打設位置に移動する。

④ 1～3の手順を繰り返して張出し施工を完了した後、 S_H で閉合部を打設する。
本橋の P_3 側の側径間のように、張出し部の最終ブロック (K_4) が閉合部になる場合もある。

図-5 張出架設の要領

などでけた下の使用条件に制限のある場合や、高橋脚の場合の施工に有効である。

2) 適用スパンは 40～150m である。

3) 1ブロックの長さを 10m まで大きくとれるので、施工速度が速い。

4) 変断面の橋や曲線橋にも容易に対応できる。

3.2 P & Z 式移動支保工

P & Z 工法で使用する装置 (P & Z 式移動支保工)

は図-3, 4 に示すように、送りけた 1 基、架台 (R_1, R_2, R_3) 3 基、中間支柱 (M_V, M_H) 2 基、吊り型わく装置 (S_V, S_H) 2 組、補助支柱 (H_P) 1 基などが主要構成部材である。

全長 105m, 総重量 550t のこの装置は、最大スパン 90m までの橋りょうを施工することができる。送りけた、架台、吊り型わく装置は各々独立に移動することが可能で、その移動速度はそれぞれ 0.5, 1.5, 1.0 m/min である。

送りけたは三角形のトラスで、作業員通路、コンクリート圧送管、トロリーホイスト (2.8t 吊り) などを備えている。

架台は、送りけたの支持機構、送りけた及び架台自身の移動機構を備えている。前

① 架台 R_1, R_2, R_3 で送りけたを支持し、 S_V (前方型わく) と S_H (後方型わく) を柱頭部へ移動する。

② 架台の盛替えを行って送りけたを前進させ、次の橋脚に H_P を建てて支持する。

③ R_1 を柱頭部へ移動して送りけたを支持し、 H_P を撤去する。

④ R_2 を柱頭部へ移動し、 R_1, R_2, R_3 で送りけたを支持し、所定位置まで送りけたを前進させる。

図-6 径間移動要領

方の 2 基の架台は、上部工のウェブの位置にコンクリートブロックを置き、この上に据え付け、PC 鋼棒で上部工に固定している。縦断・横断勾配がある場合は、コンクリートブロックの高さを調節し、常に水平を保つようにする。最後方架台は、橋面上に敷設したレール上に設置する。

コンクリート打設時には、2 基のメインジャッキで装置及びコンクリートの重量を支持し、送りけたの移動時には、このメインジャッキを降下させて動輪で支持し、これを回転させて移動させる。また架台 R_1 及び R_2 は、送りけたに吊り下がって自走し、移動することができる。

曲線橋の施工に備えて架台は横移動、旋回等の機能を有するが、本橋の施工区間は直線であるため使用してい

写真-1 径間移動中の P & Z 装置 (後方型わくの底板が開放されている)

ない。

中間支柱は、架台の移動時に一時的に送りばたを支持するものである。

型わくは、移動時には上床版の外側の4本の吊り材で吊わくから懸垂され、コンクリート打設時には内型わく及び外型わく合わせて20本の吊り材で支持される。外型わくの底版は、側型わくとは独立に上下する構造であり、吊り材の長さを変えることにより、けた高の変化に対処する。また橋脚部を通過する場合には、この底型わくを開放し、橋脚をかかわす構造になっている。

補助支柱は、送りばた先端にあって、装置の径間移動時に、次の橋脚上において送りばたを支持する。

本装置は、6%の縦断勾配に対しても、また工事中の地震等に対しても設計上の考慮を払っているが、更に送りばたの最後方の位置で上部工にアンカーをとることに、安全性には十分に対処している。

図—7 全体施工順序図

図—8 ブロック割図

4. 上部工の施工

4.1 全体施工順序

現地の地形は、A₂ 側は急峻な崖であるが、P₁～P₃ 付近は平坦な高水敷である。このため、工事用道路、作業ヤード等は P₃ 側に設け、P & Z 装置は P₃～P₄ 付近で組み立て、P₃ から A₂ に向かって片押し施工することとした。

A₁ から P₃ までの単純げた部もわく組足場等で同時施工されたので、資材の搬入は、P₃ 付近の橋面上に揚重機により吊り上げて、トラックで P & Z 装置の後端まで運搬する方法を採った。

図—7 に全体の施工順序を示す。

4.2 ブロック割

P & Z 工法では、10m の大ブロックの張出し架設が特長である。本橋でも、スパン、P & Z 装置の能力、上部工のコンクリート重量、支間中央のせん断シュウの存在などを勘案して、図—8 に示すような、10m を基本としたブロック割りとした。

4.3 柱頭部の施工

本橋は、橋脚と上部工が一体となったラーメンタイプの構造であるので、橋脚施工に引き続いて、柱頭部ブロックをブラケット支保工方式で先行施工した。このうち P₄ の柱頭部は、P & Z 装置の組立てにも使用した。

4.4 側径間部の施工

P₃ 側の側径間部 28.15m の区間は、支柱式支保工により施工した。この区間は、P & Z 装置の組立てヤードとしても使用し、また張出し架設部と閉合して PC ケーブルを緊張するまでの期間が4か月以上あるため、支保工は通常より堅固な構造とし、かつ側径間部の仮緊張を実施した。

一方、A₂ 側の側径間 27.16m は、P & Z 装

置を用いて施工する。前述のように A_2 側の地形は高い崖であるため、支柱支保工の設置と資材の搬入が困難であり、地上から支保工を建てて施工する方式は容易でない。

剛性の大きな送りばたを有する P & Z 装置の特長を生かして、図-9 に示すように、施工したブロックをいったん送りばたから吊り下げて預け、 A_2 側から順次施工していく方法を計画している。

4.5 P & Z 装置の組立て

装置は、部材ごとに小払して現場に搬入し、 $P_3 \sim P_4$ 付近の地上で組み立てた後、150t 吊りトラッククレーンを用いて橋面上に吊り上げた。送りばた（長さ 105m）は、約 10m のユニットをクレーンで吊り上げ、空中で連結して、順次送出し作業を繰り返して組み立てた。

型わくは、 P_4 橋脚付近の地上で組み立てた後、4本の PC ストランドとシングルストランド用ジャッキを用いて吊り上げ、吊わくと一体化した。

4.6 張出し部の架設

張出し部は、橋脚の両側の一対のブロックを同時に施工し、その 1 サイクルの標準工程は、図-10 のように 10 日間である。我が国で最初の工事とあって、作業員が P & Z 装置の操作に不慣れのため、 P_4 橋脚の実績では 12~15 日を要していたが、慣れるに従って徐々に工程を短縮している。

図-9 側径間の施工

作業	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
緊張・装置移動											
型わく組立・調整											
鉄筋・シース組立											
内型わく組立											
コンクリート打設											
養生											
PC ケーブル挿入											

図-10 1 サイクルの標準工程表

図-11 コンクリート打設要領図

4.7 コンクリートの打設

コンクリートの仕様及び配合は表-1 に示すとおりであり、従来使用されているものとほぼ同じである。

1 回のコンクリート打設量は、両ブロック合わせて 115m^3 から 191m^3 であり、2 台のポンプ車で打設した。打設にあたっては、両側のブロックのバランスを考慮して、ほぼ同量ずつ打設するように調整した。

本工事では、生コン車及びポンプ車が送りばたの後端付近まで乗り入れることができない状況なので、図-11 のように、コンクリート圧送管を地上から橋面まで立ち上げ、橋面及び送りばた上を通して、打設するブロックまで配置している。

4.8 プレストレッシング

PC 鋼材は、フレシネー 12T 12.4（主ケーブル）、PC 鋼棒 SBPR 95/120 $\phi 26$ 及び $\phi 32$ （横締め及び斜締め）を使用した。

写真-2 プッシングマシンによる PC 鋼線の挿入

表-1 コンクリートの配合

σ_{ck} (kg/cm^2)	セメントの 種類	最大骨材寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 1m^3 当りの配合 (kg)					水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	備考
					セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤			
400	早強ボルト ランドセメント	25	8 ± 2.5	4	423	165	639	1108	1.0575	39.0	37.1	夏季用
					440	167	629	1099	1.10	38.0	36.9	春秋冬季用

主ケーブルは、コンクリート打設後にシース内に挿入する方式を採用した。このため、シースは内径 70 mm、肉厚 0.4 mm の堅固なものを使用し、更にコンクリート打設時のシースのつぶれ止めとして、シース内に外径 60 mm のポリエチレンパイプを挿入した。

大部分の主ケーブルは、所定の長さに切断した P C 鋼より線 12 本を一束として、コイル状に巻いたものを現場搬入し、ウインチによりシース内に引き込んだ。

また、P₃ 側側径間端部に定着される長さ約 110 m の連続ケーブルは、現場の状況からウインチによる引込みが不可能であるため、プッシングマシンを用いて 1 ストランドずつ挿入した。この作業は、写真-2 のように、送りげた先端部に設けた吊り足場から行ったが、12 T 12.4 のストランドをプッシングマシンを用いて挿入したものとしては、筆者らの調べた限りでは我が国における最長の記録である。

主ケーブルの定着は、一般的にはフレシネーマルチシステムを用いたが、ケーブルの長さが比較的短く、定着時のセット量の影響が大きいものには、フレシネー V システムを使用した。

プレストレスの導入時期は、P C 鋼棒では材令 2 日 ($\sigma_c > 260 \text{ kg/cm}^2$)、主ケーブルでは材令 3 日 ($\sigma_c > 306 \text{ kg/cm}^2$) を原則とし、供試体による圧縮強度を確認後、実施している。

4.9 上げ越し管理

場所打カンチレバー工法において、最も重要な管理項目の一つとして、上げ越し管理が挙げられる。

P & Z 工法の場合でも、基本的には従来のカンチレバー工法の場合と大差はなく、示方書等に示された慣用法によっている。しかし、P & Z 工法では比較的大きい装置の重量が若材令のコンクリートに載荷されるので、この影響による弾性及びクリープ変形について更に検討し、また、吊りわく支持点での送りげたのたわみ量を上げ越し量に含めて考慮した。

コンクリート打設時の送りげたの変形、吊り鋼材の伸び及び装置各部のなじみによる型わくの沈下に対しては、コンクリート打設中に架台のメインジャッキを少しずつ上昇させ、これを補正した。

構造系完成後の橋面工やクリープによるたわみの計算値は、支間中央部で約 70 mm であったが、この種の既往の橋りょうでは計算値以上に垂れ下がる傾向にあるので、美観上の上げ越し量として更に 80 mm 考慮した。

橋りょうの縦断線形の測定は、従来のレベルで行うほかに後述の VPS システ

年 月	56												57		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
仮設工															
橋脚工															
柱頭部工															
側径間工 (P ₃)															
P & Z 装置組立工															
P & Z 装置移動工															
張出し架設工															
側径間工 (A ₂)															
P & Z 装置引展・解体工															
地覆・高欄工															
片付工															

図-12 工事工程表

ムをも併用して行い、施工精度を常に把握しながら実際の施工上げ越し高を決定している。

5. 施工管理のための諸計測

施工中の上部工の縦断線形の測定の迅速化と省力化及び即時データ処理を目的として、VPS システムによる計測を、またクリープの進行状態を知るため、コンクリートのひずみ計測を実施し、それらのデータをマイクロコンピュータで処理して、上げ越し管理等に反映させた。

5.1 VPS システム

VPS システム (Video Positioning Scale System) とは清水建設 (株) の開発した画像式変位計測システムであり、計測対象物に点光源を取り付け、そこから出た光をイメージセンサーで受けて位置を計測し、マイクロコンピュータによって自動的に記録、作図するものである。

本橋では、P₃ から A₂ までの上部工の各ブロック上に点光源を 1 個ずつ合計 33 個設置し、P₃ から橋軸直角方向に約 70 m 離れた位置にあるカメラにより、各々の光源の変位を逐一測定し、マイクロコンピュータで処理し、計画基準線からのずれを図形表示する方法で利用し

図-13 VPS システム

ている(図-13 参照)。

測定精度は、静的計測では視野の 1/1000 であり、本橋の場合では 1mm となる。測定結果を従来のレベルによる測定結果と比較したところ、両者の差は約 1~2mm であり、十分な精度で実用できることが分かった。

5.2 コンクリートのひずみ

構造系完成後の上部工の鉛直変位の原因は、コンクリートのクリープによるところが大きい。この影響を把握するため、P₄ 橋脚からの張出し架設部の各ブロックに埋込みゲージを設置し、継続的に測定している。

現在計測開始後日が浅いため、コンクリートの打設、プレストレッシング、装置の移動などによる弾性的なひずみは観測されているものの、クリープに関しては、施工管理に反映させるほどの顕著な傾向はまだ現れていない。これについては、長期観測のデータをまとめ、機会を得て後日報告することにした。

5.3 P & Z 装置の計測

P & Z 装置は、製作時に載荷試験をはじめとする諸試験を実施し、安全性を確認後、現場に搬入した。今回は初めての工事ということで、送りげたのたわみ、送りげたと吊りわくの部材のひずみ、及び架台の反力について、各施工段階ごとに測定し、安全性を確認しながら施工を進めた。

測定結果を見ると、送りげたのたわみは、その挙動は予測どおりであったものの、実測値が計算値よりも小目に出了ので、以後の上げ越し量の計画のうち、この要因によるものを修正した。他の量については、ほぼ計算値と一致し、特に施工管理上問題となることはなかった。

参考文献

- 1) 會田, 亀甲: 山岳道路に計画する橋梁, 第 13 回道路会議
- 2) 榎波, 中村, 樺, 守屋: 月夜野バイパス新月夜野橋(仮称)の架設, 橋梁と基礎, 1981.11
- 3) 大平, 三藤: P & Z 工法とその適用, 橋梁, 1980.4

「コンクリート工学」表紙写真原稿募集

コンクリート工学編集委員会

会誌「コンクリート工学」は、皆様お気付きのとおり、昨年 1 月号より表紙の装いを新たに致しました。一番の変更点は何と言っても写真の大きさにあり、従来 12cm だったものが 16.7cm と約 4 割も大きくなっています。表紙写真はいわば雑誌の顔を決定するものであり、それだけに“いい写真”が要求される訳で、編集関係者も大いに気を使うところです。そこで、この度広く“いい写真”を求めるため、表紙写真の原稿を公募することとなりました。現在のところ掲載料は無料という特典もありますので、下記によりふるってご応募下さるようお願い申し上げます。

記

1. 被写体 コンクリート工学に関するものなら何でも可。ただし、何らかの特徴と新しさをもち、原則として未発表のもの。構造物の場合、竣工半年以内のもので、できれば工事中、それも工事の特徴がよく分かるようなものが望ましい。
2. フィルム 最低 35mm のカラー・ポジフィルム(=リバーサルタイプ)。ネガフィルムは不可。できるだけ大判のものが望ましい。
3. 技術的事項 相当引き延ばされるので、露出・ピントとも、かなりシャープなものが要求される。また、アングルにはよく注意して、最高の構図を引き出すよう努力していただきたい。
4. 原稿 3. のポジフィルム* にトリミング案を示し、更に 300~500 字程度の写真説明をつける。(その他、撮影データや参考資料があれば添付して下さい。)
(注) * ポジフィルムがどうしても不可能な場合、ネガフィルムから紙焼き(プリント)したものでも受け付けます。ただしハツ切以上に引き延ばすこと。
5. 採否 当編集委員会にて検討の上、決定する。
6. 掲載料 現在のところ無料
7. 送付方法 原稿は必ずビニール等の防水袋に入れ、厚紙を添えた上で書留(簡易書留も可)にて郵送する。(直接持参されても結構です。)
8. 送付先 (社) 日本コンクリート工学協会「会誌編集係」/ 電話 東京 (03) 263-1571 (担当: 平沢)
〒102 千代田区麹町 5-7 TBR ビル 708 号