

## プレキャストブロック片持梁架設橋の施工

経 堂 英 嗣\*  
佐々木 忠 俊\*\*  
町 田 武\*\*\*

## 1. 特 色

すべての面で高度化された社会は、必然的に構造物のプレハブ化を要求しており、土木の分野でもすでにプレハブ化の波はおし寄せてきている。橋梁構造物においても例外ではない。コンクリート橋はその古い歴史と有利な特性があるにもかかわらず、その重量のゆえにプレハブ化が遅れていたが、近年の技術革新が諸問題を解決し本工法の実用を可能にした。

他の場所でブロックを製作し、それをいったん切り離し、架設地点に運搬して再び組み立てるという工法はいろいろなメリットを生み出す。

- ① 下部工の施工と併行して、上部工のブロック製作ができる。また架設速度も場所打ちカンチレバー工法が左右2ブロックで約1週間を要するのに対し、本工法は1日に4個程度のブロックを架設することができるので、工期を大幅に短縮することができる。このことは用地買収に時間がかかりすぎた場合や、出水期には工事が不可能な河川での工事の場合に有利である。また住民問題、交通問題が避けられない市街地での工事の場合に、ブロック製作を市街から離れた郊外で行えば、いわゆる工事公害を最小限にとどめることができる。
- ② ブロックの製作は、設備のととのった製作ヤードで集中して行うため施工管理が十分に行え、また作業の単純化が図られるために少数の技能労務者で高品質のブロックを短期間で製作することができる。特に養生設備さえ完備していれば、厳寒地におけるブロック製作も可能である。
- ③ ブロックのコンクリート打設から架設までの間に十分な養生期間が与えられるため、その間にコンクリートの乾燥収縮が進行し、ブロック架設後の乾燥収縮およびクリープによる変形やそれによる応力状態の変化が非常に小さくなる。

以上のほかに、工事中の桁下間隔に制限を受ける橋や、橋に沿って工事用道路を確保できないところの施工にも有利である。このようにいろいろ利点をあげることができるが、他方では、

- ① ブロックの製作ヤードが必要。
- ② 重量の大きなブロックの運搬架設には相当の設備を要する。

などをあげることができる。プレハブ化ゆえの出費である。しかし、施工規模が3000m<sup>2</sup>から5000m<sup>2</sup>以上の橋梁面積があれば、工費の面でも場所打ち工法と比較しても遜色はなくなる。

## 2. プレキャストブロックの製作

プレキャストブロックの製作は、型枠、鉄筋の組立て、シースの配置、コンクリートの打設、養生などの各工種については場所打ちコンクリートとなら変わるものではない。ただ本工法ではブロックのコンクリート硬化後に、製作台から切り離して他の場所に運搬し、再び組み立てるという工程が加わるために、ブロック製作時に場所打ちコンクリートとは異なる特別な配慮が必要となる。

## (1) 製作ヤードのレイアウト

製作ヤードの諸設備の配置は、物が能率的かつ経済的に流れるよう計画すべきである。最大の面積を占める製作台およびストックヤードを中心に、資材搬入路、資材置場、鉄筋加工場、型枠加工場、およびブロックの搬出路などを考慮して合理的な配置を計画する。

横浜市道高速1号線高架橋(YC 104工区)の場合、建設コスト低減からしても製作ヤードは架設地点に近いほうが良かったのであるが、本橋は横浜市の中心部に位置していたため、付近の土地を望むべくもなく、やむを得ず30kmも離れたところを製作ヤードとした。しかし数個所の土地から選択できたので、各作業が同一ライン上を流れる理想の地形の土地を求めることができた(図-1)。

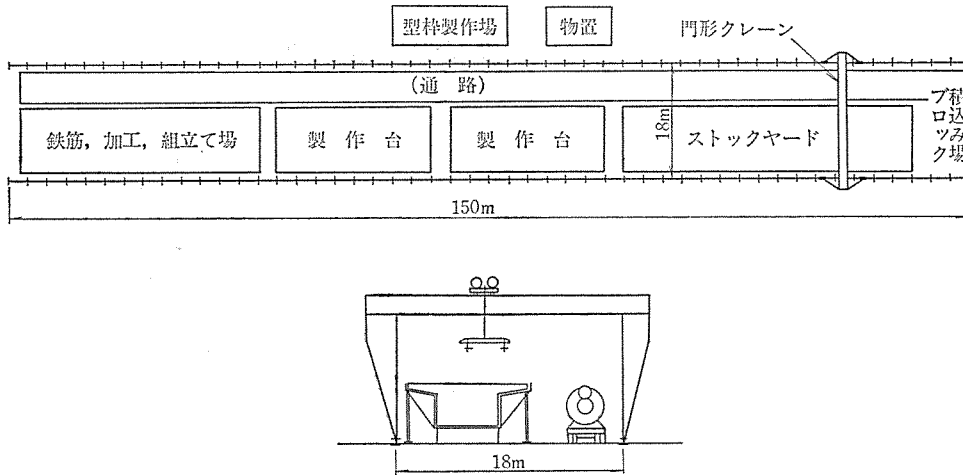
## (2) 製作台

製作台の数を決める場合、ストックヤードの広さを決める場合と同様に、ブロックの製作速度、架設開始時

\* 日本鉄道建設公団新潟新幹線建設局計画課課長

\*\* 日本鉄道建設公団新潟新幹線建設局黒崎鉄道建設所副所長

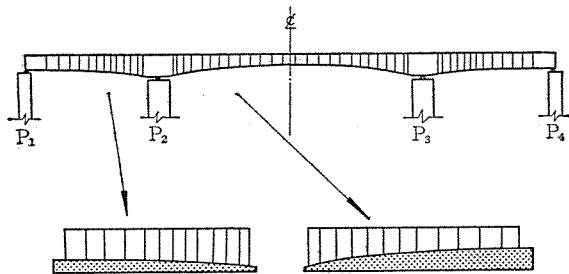
\*\*\* ピー・エス・コンクリート(株)上越新幹線下山田橋作業所所長



図一 横浜市道高速 1 号線高架橋ブロック製作ヤード

期、および架設速度などの工程を考慮して最大公約数で決めるが、さらに橋の構造形式、例えば桁高の変化や平面線形を考慮しなければならない。

下山田橋の場合、側径間側と中央径間側のそれぞれの張出し部の桁下面の勾配が異なるため、製作台は2基必要であった(図-2)。桁高が変化しない等断面の桁の場合は、製作台は1基でもブロックは製作できる。しかし設備や労務の効率の良い回転をさせるには、等断面桁の場合でも2基以上は必要であろう。



図二 下山田橋ブロック製作台

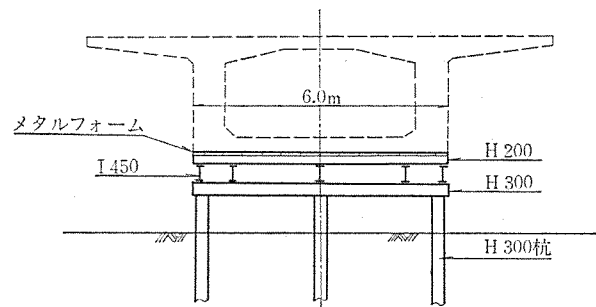
また YC 104 工区の場合は桁高が一定であったが、平面線形が、直線、クロソイド、単曲線と変わり、それにつれて縦断勾配も順次変化していくため、2基の製作台をそれに合わせ何度か組み変えて使用した。

さらに複雑な新山下橋の場合は、桁断面が変断面で平面線形にはクロソイドを含み、縦断勾配、横断勾配も一定ならずという主桁形状の橋であった。そのため製作台は一橋分そっくり用意したが、製作台の使用回数の多少が、直接、工期や原価にかかわるので、プレキャストブロックの特性を生かす意味からも、設計の段階で可能な限り製作台や型枠などの使用回数が多くなるように主桁形状を配慮すべきであろう。

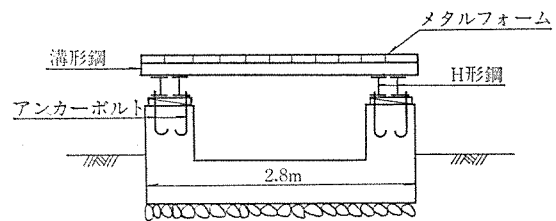
製作台の上げ(下げ)越しについては、あらかじめ、自重、プレストレス、クリープ、乾燥収縮などによるた

わみを計算しておき、完成時には所定の縦断線形になるよう逆算してブロックの製作台の高さを調整しておく必要がある。

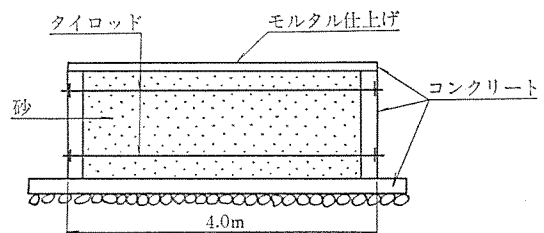
製作台の構造はそれをつくる地盤の支持力などにより異なるが、もっとも注意すべきことは沈下しない、もしくは沈下量の少ない構造とすることである。製作台の沈下は張出し架設時の桁の反上がりの原因にもなるので、



図三 下山田橋ブロック製作台



図四 多摩橋ブロック製作台



図五 神島大橋ブロック製作台

沈下量を極力おさえる構造でなければならない(図-3~5)。

(3) 接合目地

架設時ブロックの接合面は完全に一致していなくてはならない。そのため製作時に前のブロックの断面を型枠代りとしてコンクリートを打設する。

切離しを容易にするため、コンクリート面にはく離剤を塗布する。

シースは接合面では互いにつき合せとするが、コンクリート打設時のズレ止めのため、内接するジョイントシースを用いるのが良い。

キーはガイドキーとせん断キーがあり、一般に3個設ける(図-6, 7)。

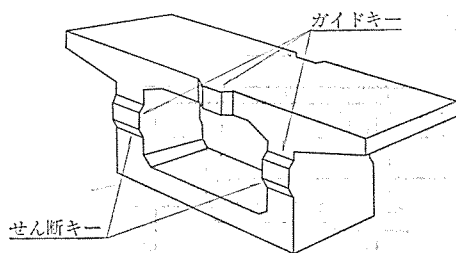


図-6 コンクリート製キー

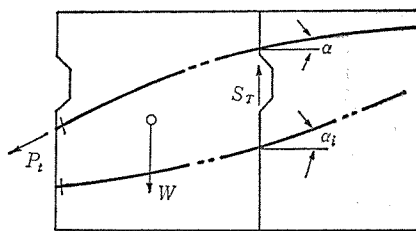


図-7 せん断キー

ガイドキーは接合面を一致させるためにあり、また、せん断キーは架設の際、一時的にブロックの自重や、プレストレスの鉛直分力を受けるものである。せん断キーとしてはコンクリートの凹凸のほかに鋼製のキーを使用する場合もある(図-8)。

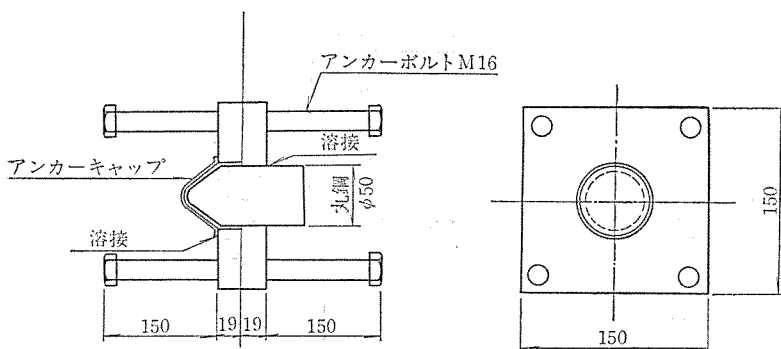


図-8 鋼製キー

コンクリート製は経済的ではあるが、ブロックの切離し時の抵抗が大きく、欠けやすいという欠点がある。

(4) ブロックの切離し

ブロック製作終了後、1ブロックずつ製作台上より吊上げ移動しストックヤードに仮置するが、ブロックを切り離す時には、自重のほかに、①接合面の付着力、②製作台(底枠)との付着力、③ジョイントシースの切離し抵抗、④せん断キーの抵抗、などが作用する。

このため単に“吊り上げる”だけで切り離そうとすると、吊金具を着装してある上床版や、せん断キーに無理がかかり、ひびわれや欠落の原因となる。

この対策の一つの方法として、図-9のように下床版に突起をつくり、その間にジャッキをセットして、接合面をおし広げるように、水平力を与えるとよい。ブロックを吊り上げると同時に、この水平ジャッキを作動させると、切離しは無理なくできる。

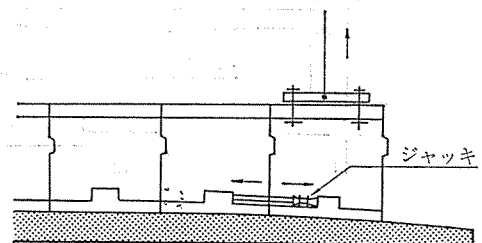


図-9 ブロックの切離し

3. プレキャストブロックの架設

(1) 架設工法の選定

重量の大きなブロックの架設は、安全で確実に、所定の工期内に、しかもより安い工費で行えるものでなければならない。調査・設計の段階で、次の各事項について十分考慮し、架設工法の選定を行う。

- ① 架設地点の地形
- ② 架設地点の交通、道路、住民感情などの環境
- ③ 下部構造との関連
- ④ 使用しうる架設機械(施工業者の手持ち器材など)
- ⑤ ブロックの重量
- ⑥ 工期

架設機械の代表例として、図-10にエレクションノーズを用いた場合を、図-11にエレクションガーダーを用いた例を示す。

(2) 基準ブロックの据付け

基準ブロックの据付けは、その据付け角度いかんによって以後張出し架設するブロックの方向が決定され、その据付け

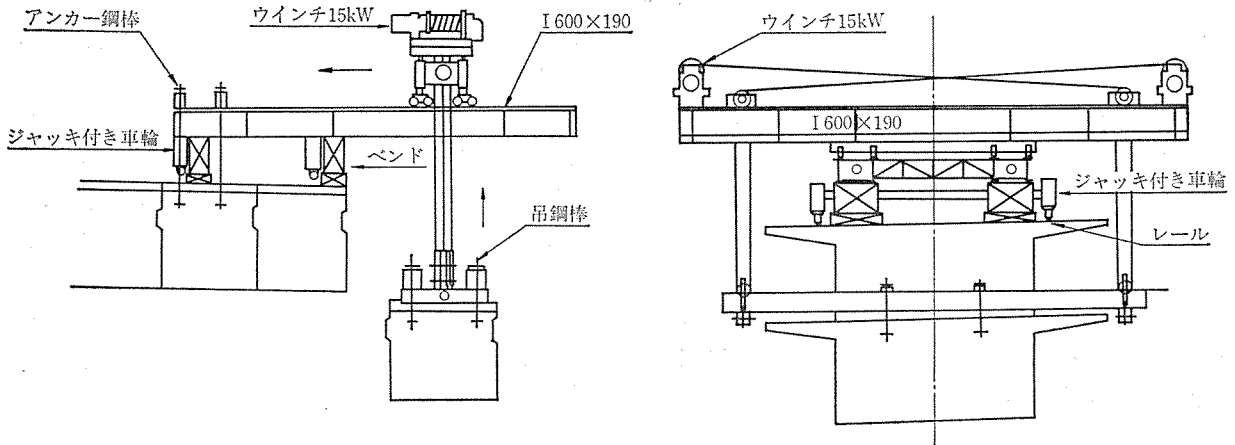


図-10 エレクションノーズ

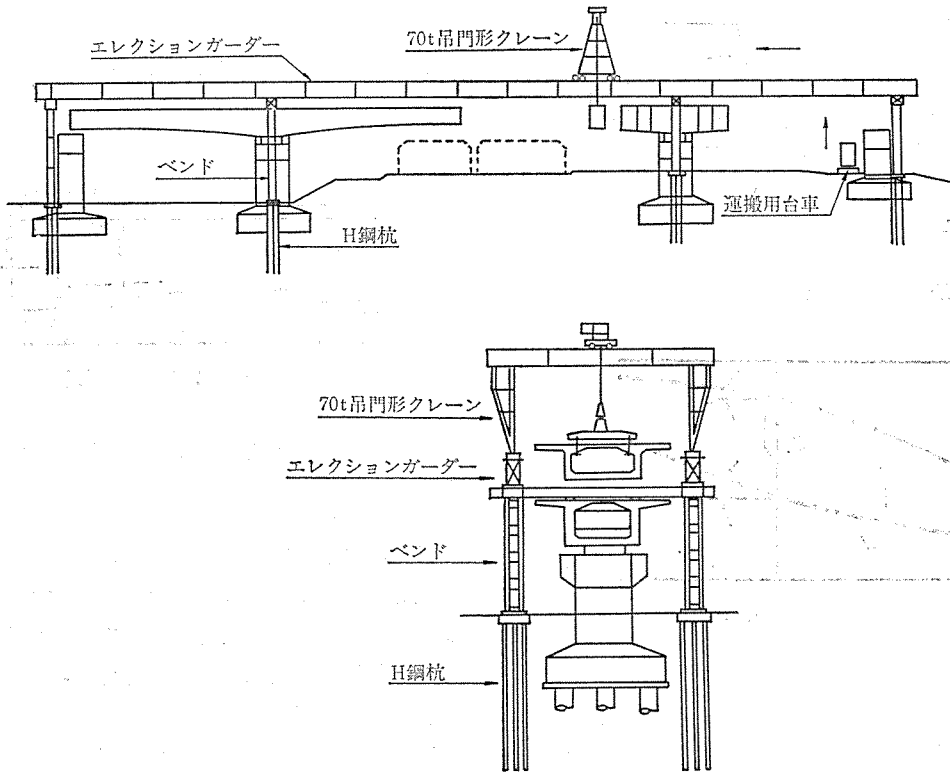


図-11 エレクションガーダー

誤差は閉合部の高低差の最大の原因の一つと考えられるので、施工前に十分な検討を行う。

1) 測量方法

まず鉛直方向の測量は、製作台上であらかじめ基準ブロックの腹部に下げ振りを用いて垂線を墨打ちしておく。そして橋脚上に据え付けるときに再び下げ振りを下げ、基準線をもとに、あらかじめ計算で求めた角度 $\theta$ にブロックを調整する(図-12)。

つぎに水平方向の測量は、トランシットを用いて行う。やはり製作台上の基準ブロックの上床版に、橋軸線およびそれに直角方向の基準線を墨打ちしておく。

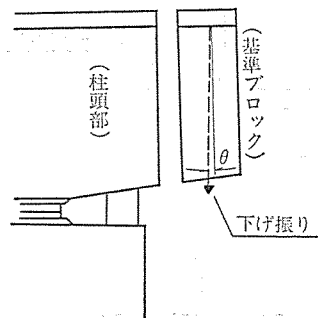


図-12 基準ブロックの据付け(側面)

据付けのさい、場所打ち柱頭部の床版上に墨打ちされている橋軸直角方向の線と、基準ブロック上の直角方向の基準線とが平行になるようブロックを調整する(図-13、図中で、 $AA'=BB'$  となるようにする)。

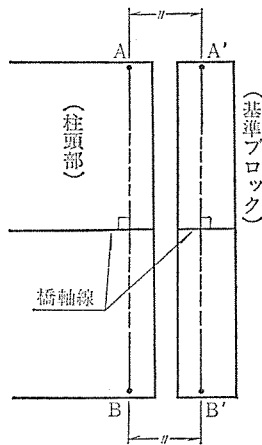


図-13 基準ブロックの据付け(平面)

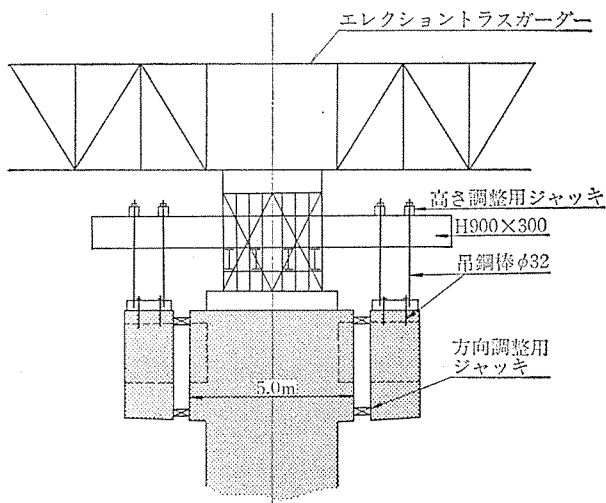


図-14 基準ブロックの据付け(新山下橋)

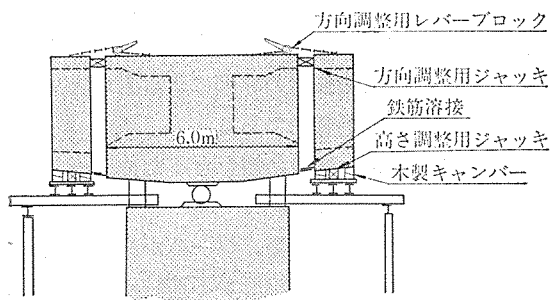


図-15 基準ブロックの据付け(下山田橋)

2) 基準ブロックの据付け

据付け実施例として、図-14 に新山下橋を、図-15 に下山田橋を示す。

(3) 架設手順

一般に架設は次の順序による。

- ① ブロックをストックヤードから架設地点まで運搬する。
  - ② ブロックを所定の位置に移動する。
  - ③ 接着剤を塗布する。
  - ④ ブロックを引き寄せる。
  - ⑤ PC ケーブルを挿入する。
  - ⑥ PC ケーブルを緊張する。
- ③④⑤は⑥③④の順の場合もある。

(4) ブロックの運搬

架設地点に隣接して製作ヤードがある場合のブロックの運搬は、レールを敷き、重量トロヤゴライアスクレーンで運ぶことができるが、やむなく製作ヤードが遠い場合はセミトレーラーで公道上を運搬することになる。道路輸送の場合、道路法、道路交通法などに従い、道路管理者、警察署長の許可を得る必要があるときは、早めに手続きをし、了解をとる。

また架設地点が水上でブロック運搬に台船を用いる場合もあるが、海上や河川の架設地点の自然条件を十分に事前調査する必要がある。

架設地点の状況により、架設済みの橋桁上を運んだりする場合は、架設中の桁の転倒に対する安定計算や、材令による強さをチェックしたり、あらかじめ横締めをしておく。

(5) 接着剤

接着剤は、主剤、硬化剤の2成分からなる常温硬化系のエポキシ樹脂接着剤で、練混ぜは、5kg または 10kg を機械(ミキスター)で行い、塗布作業はゴム手袋による手塗りがよい。また塗布厚は粘性に左右されるが、0.5~1.0mm 程度で両面塗りとする。

紙数の都合で、これ以上の説明は割愛するが、詳細は参考文献の 7)、8) を参照されたい。

(6) ブロックの引寄せ

下山田橋の架設はエレクションガーダーを使い、その上を走る1台の門形クレーンでブロックを架設位置まで運搬する方法を採ったため、1個目のブロックは先行架設済みのブロックに一時あずける必要があった。そのため上床版の主ケーブルの穴に鋼棒を通し、ブロックを引寄せ緊張し、ブロックの重量をせん断キーにあずけた。この場合、上床版に切欠きをつくりアンカープレートとナットを着装できるようにした。使用したゲビンデ鋼棒はφ23で4本、うち2本は20t ずつ緊張し、他の2本は用心のため挿入したもので、ナットをスパナで締める程度にした。一つのブロックの架設が終わると緊張を解放し、次のブロックに転用した(図-16)。

また本橋の場合、張出し架設時、主ケーブルを緊張終

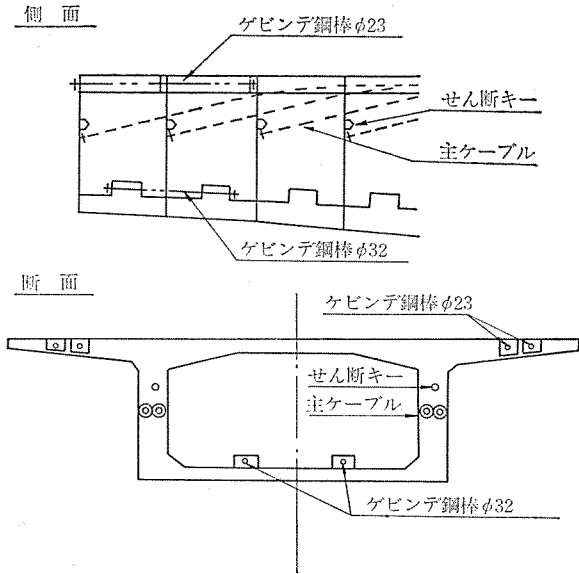


図-16 ブロックの引寄せ (下山田橋)

了しても下縁に  $-2 \text{ kg/cm}^2$  程度の引張応力が残った。そのため本橋では下床版に仮締め鋼棒を配し、接着剤が硬化するまでの間、下縁にも圧縮力を与えるようにした。図-16のように突起をつくり、架設ブロックと前のブロックにゲビンデ鋼棒を通しそれを緊張し、下縁に  $2 \sim 3 \text{ kg/cm}^2$  の圧縮応力が働くようにした。一つの接合面に  $32 \text{ mm}$  の鋼棒を2本または4本使用し、それぞれ  $60 \text{ t}$  で緊張した。

本工法はプレキャストブロックを接着剤目地をもって一体化する工法であるため、接合面は完全に接着剤が充てんされていないと見なければならぬ。主ケーブル緊張後、下縁が (+) であっても、接合面における上縁・下縁の応力勾配が大きいと、下縁が密着せずに、すき間が生ずる恐れがある。また接着剤塗布時にコンクリート片などのごみがつき、接合面にはさまり、これもすき間の原因となる。以上のようなすき間を発生させないためには、下縁にまず圧縮力を与えておき、それから主ケーブルを緊張すると効果的である。

また、主ケーブルの穴を利用できないときは、越田橋のように吊金具を利用する方法もある (図-17)。

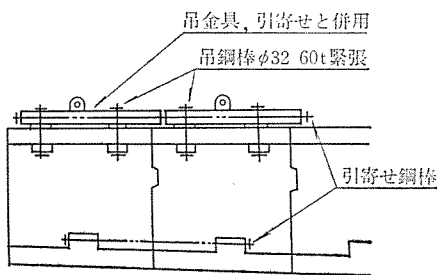


図-17 ブロックの引寄せ (越田橋)

### (7) PC ケーブルの挿入

PC ケーブルの挿入方法は、人力挿入と、ウインチによる方法とがある。  $12 \phi 8$  のケーブルは、その先端に砲弾状のプリキ製サックをつければ  $80 \text{ m}$  くらいの長さまで人力で押し込むことができる。また  $12 \text{ T } 12.4$  のストランドケーブルでは、  $20 \text{ m}$  くらいまでは人力で押し込めるが、ウインチを利用した方がよい。シース孔にまず、  $\phi 7 \text{ mm}$  の PC 鋼線を通し、それでもってウインチのワイヤーを引き込む。そして次にケーブルの先端を網状のワイヤーグリップでつかんだ片一方をそのワイヤーと結び、ウインチを作動させ、ケーブルをシース孔に引き込む。

また、ケーブルを通しやすくするため、次のような配慮をすることが望ましい。

- ① できるだけシースの径を大きくすること (標準径の約  $1$  割増程度が適当)。
- ② ブロック製作時に接合面でのシースのジョイントは確実にやり、段差が生じないようにする。
- ③ シースの棚筋がバイブレーターなどでシースをつぶさないように、シース内に塩ビ管などの代用パイプを入れておく。
- ④ 接合面のシースの切り口をサンダー仕上げしておき、ケーブル挿入時、シースをまき込まないようにする。
- ⑤ 架設前に、シース孔の位置がズレていないか点検し、また、シース内のコンクリート片などのごみも除去しておく。
- ⑥ 基準ブロック据付け後の場所打ち目地部のシースのジョイントは入念確実に行うこと。

### (8) 緊張

PC ケーブルの緊張管理は、PC 橋において特に重要であることはいうまでもない。緊張管理はブロック工法でも一般のポステン桁でも変りはないが、経験上本工法の場合、摩擦係数が大きく出る傾向にあるようである。

それはブロック工法独特の原因によるものと思われるが、次のような対策が有効である。

- ① ケーブルとシースの余裕をとるためシース径を標準より大きくすること。
- ② コンクリート打設の際、シースが動いて変形したり、接合面でシースの線形が不連続になりやすいので、シースの棚筋はピッチをこまかく入れ、シースを確実に保持すること。
- ③ シース内に塩ビ管などの代用パイプを入れシースの損傷を防ぐ。
- ④ 架設前にコンプレッサーによりシース内を清掃すること。

#### 4. 張出し方向誤差

基準ブロックの据付け後、順次ブロックを架設していくが、その張出し方向は基準ブロックの据付け角度で決まり、場所打ち工法のように、途中で方向修正を行うことは、いまのところ非常に困難である。平面方向は規準ブロックの規準線を長くとれることもあって、特に大きなズレが発生することもなく問題ないが、縦断方向の場合、その張出し部の先端でのズレはかなり大きなものになる場合がある。5～6 cm ぐらいはもとより 10 cm 以上の施工報告もある。またその張出し方向は上反りになるということも多くの施工報告で見られる。

張出し方向の設計値とのズレの原因をあげてみると、

- ① ブロックの製作誤差（製作台、支保工の沈下、床版の仕上げ誤差など）
  - ② 測量誤差
  - ③ 規準ブロックの据付け誤差（測量誤差のほかに、目地コンクリート打設時のコンクリート圧力や支保工の沈下による規準ブロックの移動）
  - ④ たわみ計算の仮定値と実際との差（コンクリート自重、ヤング係数、クリープ係数）
  - ⑤ プレストレスの計算値と実際の導入力との差
  - ⑥ 接着剤の上縁・下縁での厚さの差
  - ⑦ ブロック製作台の沈下による接合部上縁のアキ
- 以上の項目が予想されるが、このうち特に、張出し方向を上反りにする、つまりズレが上向きにのみ作用するものを取り出すと、次の3項目があげられる。

##### 1) コンクリートの自重

普通たわみ計算では、定着体の切欠き部やシース孔の空洞部の体積をブロックの体積から減らしていないし、また、鉄筋コンクリートの単位重量も 2.5 t/m<sup>3</sup> で計算しているが、鉄筋とコンクリートを分けて算出し、コンクリートの単位重量も供試体などで確認してブロックの重量を求めると、たわみ計算の重量より小さくなる。

##### 2) 接着剤の厚さの差

張出し架設時の主ケーブルは上縁に集中しているため、上縁・下縁に応力差ができる。その結果、圧縮応

力の大きい上縁では接着剤が薄く、圧縮応力の小さい下縁では厚くなる。各接合面での接着剤の厚さの差が累積されて、桁が上反りになる。

- 3) ブロック製作台の沈下による接合部上縁のアキ
- ブロックの製作は、前のブロックの端面を型枠にコンクリートを打設するのであるが、その際、打設コンクリートの重さで製作台が沈下する。そのため前のブロックが傾くとすると、前々のブロックとの接合面にクサビ形のアキができる。このアキが架設時閉合されるため、桁の上反りの原因となる（図-18）。

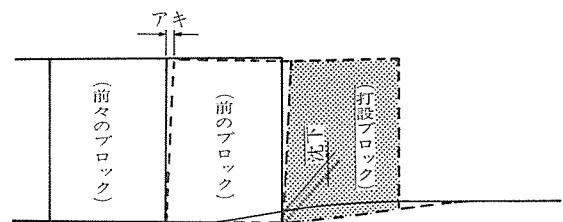


図-18 沈下による接合部のアキ

- 1) については、施工前のたわみ計算の段階で、3) については地耐力試験などで補正することができるが、2) の項目および型枠のなじみによる影響などについては過去の経験によって予測するしかない。またもちろん、桁の上反りの主な原因として、この3項目だけを注目するのは早計であろう。今後の研究が待たれるところであるが、現時点では実際の施工にあたっては、張出し長の 1/1 000 または 1.5/1 000 程度、つまり 30 m の張出しであったら、その先端で 3.0～4.5 cm ほど上に反ることを予想して、製作台の上げ越しや、基準ブロックの据付け角度を決定すれば良いと思われる。

細心の注意を払い、架設したにもかかわらず、上記の要因が複合して不幸にも計画線形からズレた場合に途中で張出し方向を修正できるような、確実な目地構造は現在のところ開発されていないことは前述した。しかしわずかなズレの場合であったら、閉合部や側径間の場所打ち部ですり合わせることもできるが、そのズレがあまり大きいと美観的にもすり合わせる事がむずかしい。

そこでやむを得ずズレの調整をする必要が出てくる

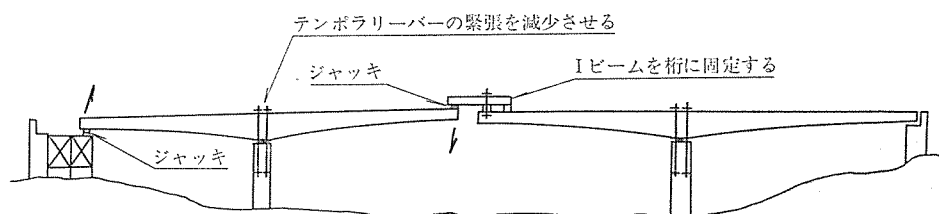


図-19 張出し誤差調整法

表-1 プレキャストブロックカンチレバー工法施工例

完成年	橋 名	施 主	スパン (m)	幅 員 (m)	架設場所
1966	目黒高架橋	首都高速道路公団	(26.45+31.0+26.45),	(26.45+35.5+29.0) 幅 16.0	東京都
1967	多摩橋	東京都	(50.0+50.3×2+50.0),	幅 12.2	東京都
1970	神島大橋	岡山県	(41.0+86.0+41.0),	幅 8.3	岡山県
1970	加古川橋梁	日本国有鉄道	3×(54.95+55.6+54.95),	複線	兵庫県
1971	越田橋	建設省東北地方建設局	(39.5+70.0+39.5),	幅 8.8	岩手県
1971	首都高381工区高架橋	首都高速道路公団	(23.0+46.0+23.0),	幅 16.5	東京都
1971	首都高383工区高架橋	首都高速道路公団	(39.4+60.0+39.4),	幅 16.5	東京都
1971	大内野橋	茨城県	(49.0+60.0+49.0),	幅 9.8	茨城県
1971	西金大橋	茨城県	(48.0+58.0+48.0),	幅 9.8	茨城県
1972	妙高大橋	建設省北陸地方建設局	(65+85+85+65),	幅 10	新潟県
1973	中央橋	北上市役所	7×54.5,	幅 6.8	岩手県
1974	国見橋	北上市役所	9×59.52,	幅 6.8	岩手県
1974	川端橋	栃木県	3×(50.4+51.05+50.4),	幅 9.1	栃木県
1974	沼館橋	秋田県	6×49.95,	幅 8.8	秋田県
1977	横浜市道高速1号線高架橋	首都高速道路公団	53+53, 39+50+39,	幅 8.2	神奈川県
1978	新山下橋	首都高速道路公団	63.7×76.6+42.4		神奈川県
1978	鳥川橋梁	鉄道建設公団 東京新幹線建設局	(5×42.0+5×42.0),	複線	群馬県
1979	十三湖大橋	青森県	(32.9×2+48.0+69.1+48.0),	幅 11.5	青森県
1979	下山田橋	鉄道建設公団 新潟新幹線建設局	(30.0+49.7+30.0),	幅 12.2, 複線	新潟県

が、その方法として、いまのところ二つの方法がある。

- ① 張出し架設終了後、強制荷重を加え弾性的に調整し連続後にその荷重を取り除く。
- ② 張出し架設終了後、支点を中心に桁を回転させる。

いずれの場合も桁の安定計算、応力チェックが必要であるが、特に①については強制荷重による応力が連続後、どの程度クリープにより減少するか計算し、合成応力が許容値内に納まることを確かめてから載荷しなければならぬ。また張出しが 30m 程度の桁では剛性が大きく、①だけの方法ではわずかの量しか調整できないため、実際には、②との併用が有効と思われる(図-19)。

### 5. あとがき

本年2月、筆者らが従事した上越新幹線下山田架道橋が完成した。プレキャストブロックカンチレバー工法による最新のものである。この小文は主としてこの時の体験を基に記したものであるが、何らかのお役に立てば幸いである。また、本工事の際、たわみについて若干の実験を行ったので、別の機会に発表したいと考えている。

本工法が我が国に導入されて十数年の間に、20 橋ほ

どが架設された(表-1)。今後、工事公害、急速施工、省力化などの面から、その発展が大いに期待される。

末尾ながら、本小文を発表するにあたって多大の御協を賜った首都高速道路公団をはじめ、関係者各位に誌上を借りて厚く御礼申し上げます。

### 参 考 文 献

- 1) 福田ほか：神島大橋の設計施工について、プレストレストコンクリート, Vol. 12, No. 5
- 2) 田辺ほか：多摩橋の設計と施工について、プレストレストコンクリート, Vol. 12, No. 2
- 3) 吉村ほか：加古川橋梁(プレキャストブロックカンチレバー工法)について、プレストレストコンクリート, Vol. 13, No. 3
- 4) 首都高速道路3号線(Ⅱ期)の片持式PCプレキャストブロック工法による高架橋の設計と施工について(その3)、プレストレストコンクリート, Vol. 14, No. 1
- 5) 布施川ほか：新山下橋の施工、橋梁と基礎, Vol. 13, No. 3
- 6) 橋田ほか：プレキャストブロック化の現状と問題点、橋梁と基礎, Vol. 13, No. 4
- 7) プレストレストコンクリート技術協会編：PCブロック工法施工マニュアル
- 8) 国鉄構造物設計事務所：プレストレストコンクリート鉄道橋、ブロック工法設計施工の手びき(I形けた)(案)

## 会 員 増 加 に つ い て お 願 い

会員の数はその協会活動に反映するもので、増加すればそれだけ多くの便益が保証されています。現在の会員数は 2500 余名ですが、まだまだ開拓すべき分野が残されており、お知合いの方を一人でも多くご紹介下さい。事務局へお申し出下されば入会申込書をすぐお送りいたします。