

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 工法による高架橋設計と施工について (その 2)

首都高速道路公団
日本建設コンサルタント(株)
オリエンタルコンサルタント(株)
ピー・エス・コンクリート(株)
横 河 工 事 (株)

第 381 工区および第 383 工区高架橋の片持架設式 PC ブロック工法による工事を進めるなかで、その施工についていくつかの検討がなされた。この報告では、本工事の施工概要を述べるとともに、これら検討された諸点についての概略および今後引続き検討されなければならないと思われる点についてふれてみた。

1. ヤード計画

ヤード計画はブロック製作の工程、品質および架設工程などに大きな影響を与える。ひいては、工事の工期、工費および構造物のできばえにまで影響を与える場合がある。

ヤード計画をたてるにあたって、ブロックを現場製作にするか工場製作にするかによって、ヤード計画が異なってくる。ここでは、架橋地点に隣接してブロック製作ヤードを設けた本施工例をもとにして、(1) 工程とヤード面積の関係、(2) ヤードのレイアウトの 2 点について述べる。

(1) 工程とヤード面積の関係

ブロックの製作工程は、型わく組立てから脱型までに 4~5 日/(1 ブロック) を必要とする。また、コンクリートのクリープ、乾燥収縮の設計条件から 1~3 か月の養生期間を必要とする。

架設工程は、ブロックの場内小運搬から PC 鋼線の緊張完了までに約 6~8 時間/(2 ブロック)、架設機の段取替えに約 6 時間かかるので、架設は 2 日/(2 ブロック) となる。

ブロック工法による橋梁工事の工程は、ブロックの製作工程によって決定される。そして、製作工程に合わせて架設工程が組まれる。これらの関係を 図-1 に示す。

図-1 からいえることは、ブロック製作の速度を最適にするため、ブロック製作台の使用回転率をよくする必要がある。そのためには、製作されたブロックは順次製作台からストック ヤードに移され、製作台ではブロッ

図-1 計画工程 (381 工区)

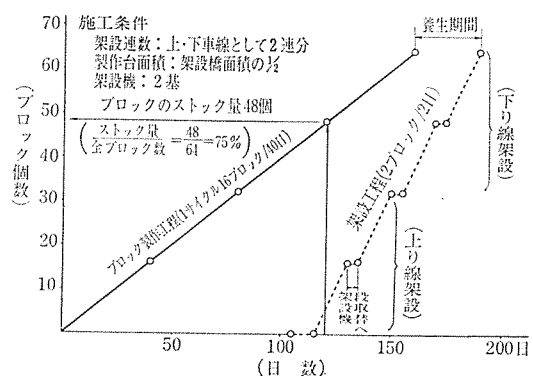
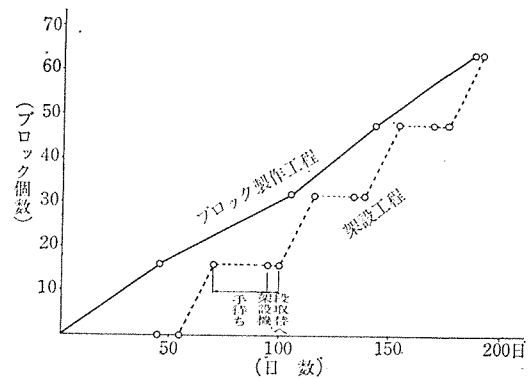


図-2 実施工程 (381 工区)

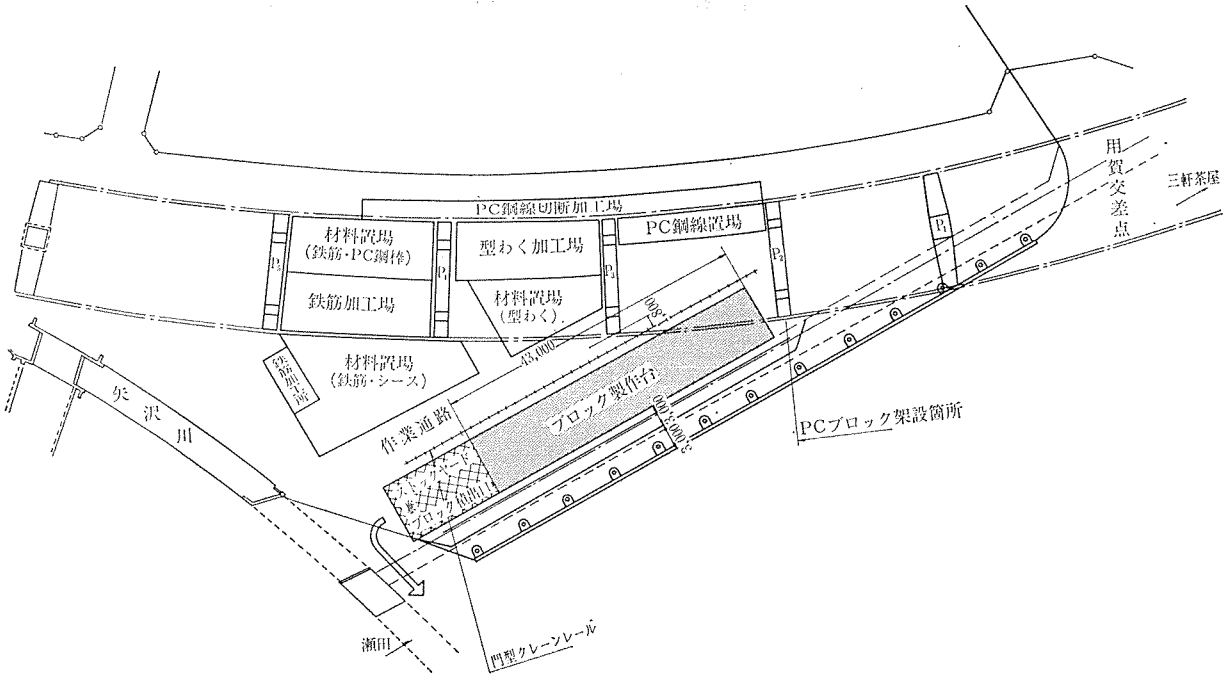


クが連続して製作されなければならない。したがって、ストック ヤードを十分に確保することが工程管理上から不可欠の条件となり、図-1 の場合の施工条件では、ストック ヤードとして架設する橋梁面積の約 75% の広さが望ましい。

第 381 工区のヤード配置は 図-3 のようであり、その使用状況は 表-1 に示す。

本工区では、ストック ヤードがかなりせまかったと考えられる。そのために、ブロック製作速度はストック待ちの製作調整を行なうこととなり、架設作業は数個を架設しては休止するようになった。これらの要因が重なり合ってブロックの製作、架設の能率は低下した(図-2

図-3 第 381 工区 ヤード 配置 図



参照)。

ストックヤードがせまい場合は、工程はもとより、製作ヤードもせまくなって各作業にも困難を伴うようになり、品質にも影響を与える場合がある。しかし、都市内はもちろん都市近郊においても、広いヤードを得ることは、ますます困難になってきている。また、都市内においては交通事情が悪く生コン運搬時間も不測の時間がかかることがあり、生コンの品質管理をむずかしくする

場合もある。そして、コンクリート打設中のバイブレーターの音など工事騒音を考えると、人家の密集しているところでのブロック製作を避ける必要もでてくる。これらのことから、ブロックを工場製作することも検討すべきであろう。

(2) ヤードのレイアウト

製作されるブロックは、本施工例で 30~35 t/個あり、かなりの重量物である。これを安全かつ能率よく製作ヤ

図-4 第 383 工区 ヤード 配

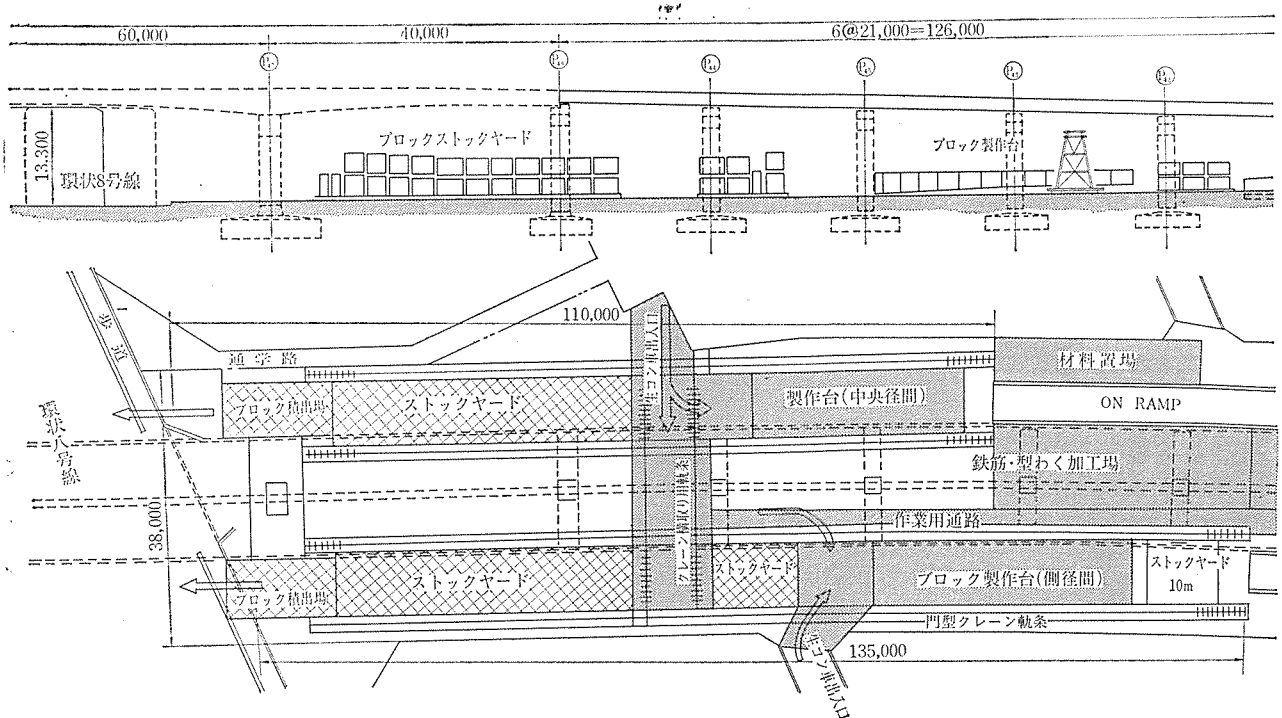
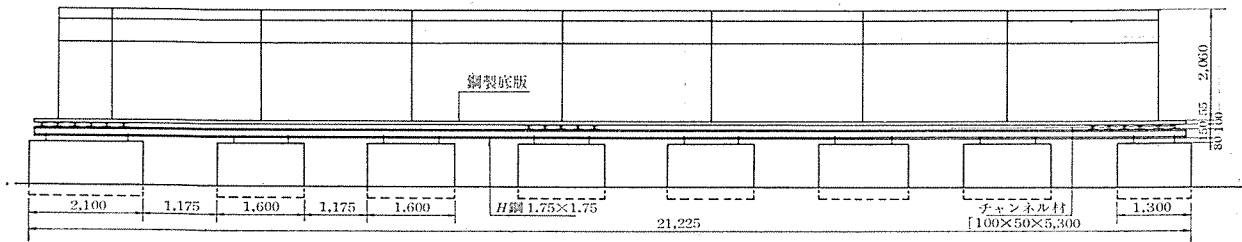
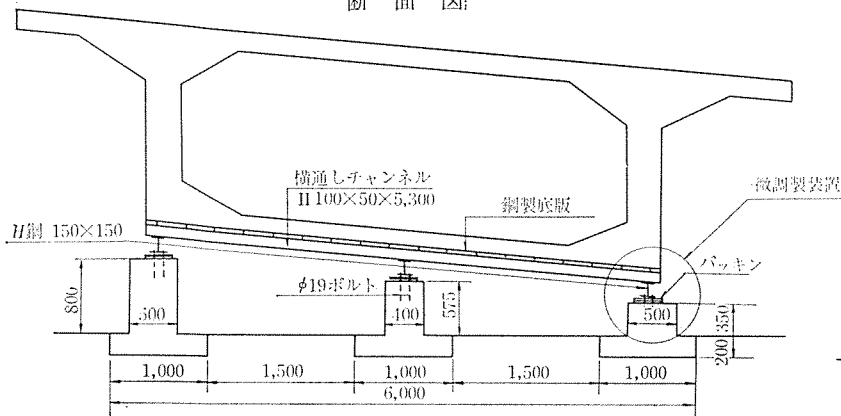


図-5 第 381 工区ブロック製作台

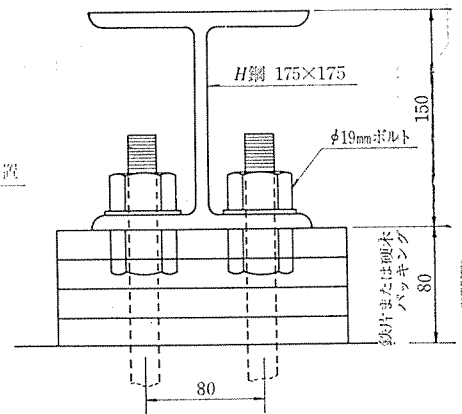
側 面 図



断 面 図



微調整装置



ード内を小運搬するには自走式門型クレーンが適している。

自走式門型クレーンを中心にしてヤード配置を計画するときは、製作台をまたいで門型クレーンを置き、それ

置 図

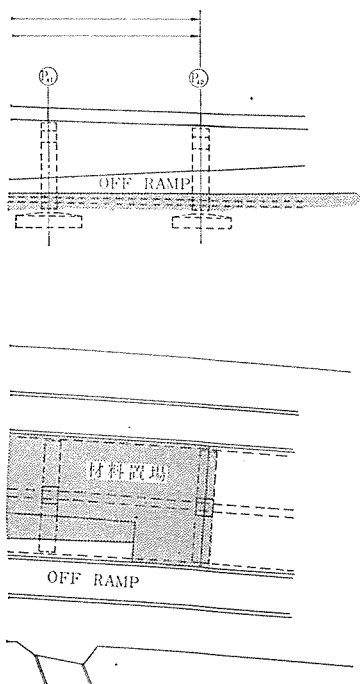
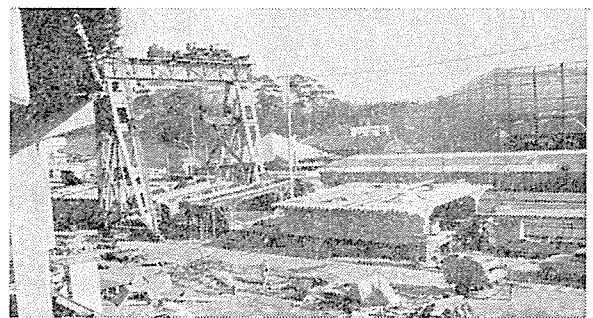


表-1 第 381 工区ヤード使用状況

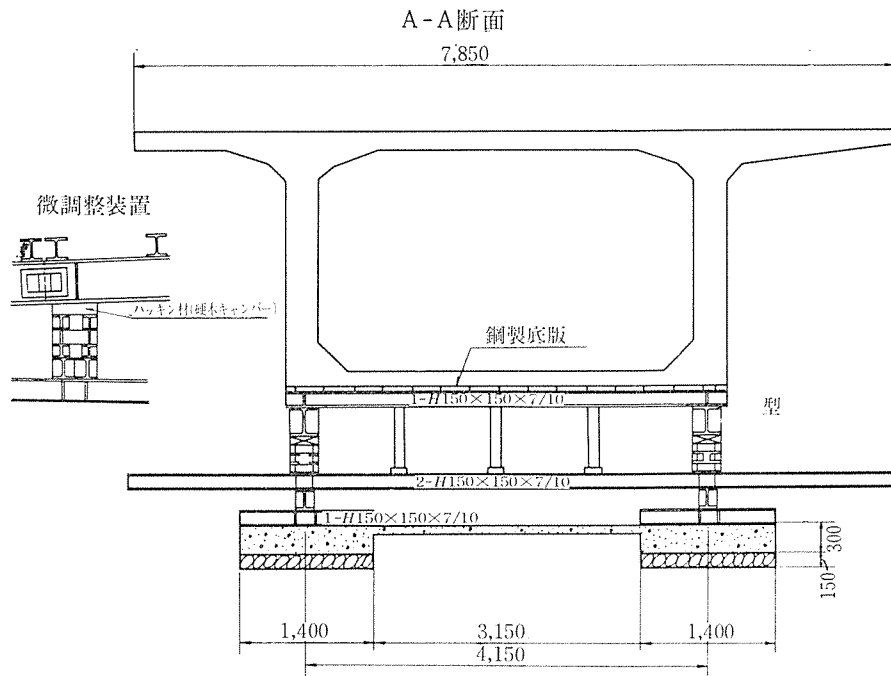
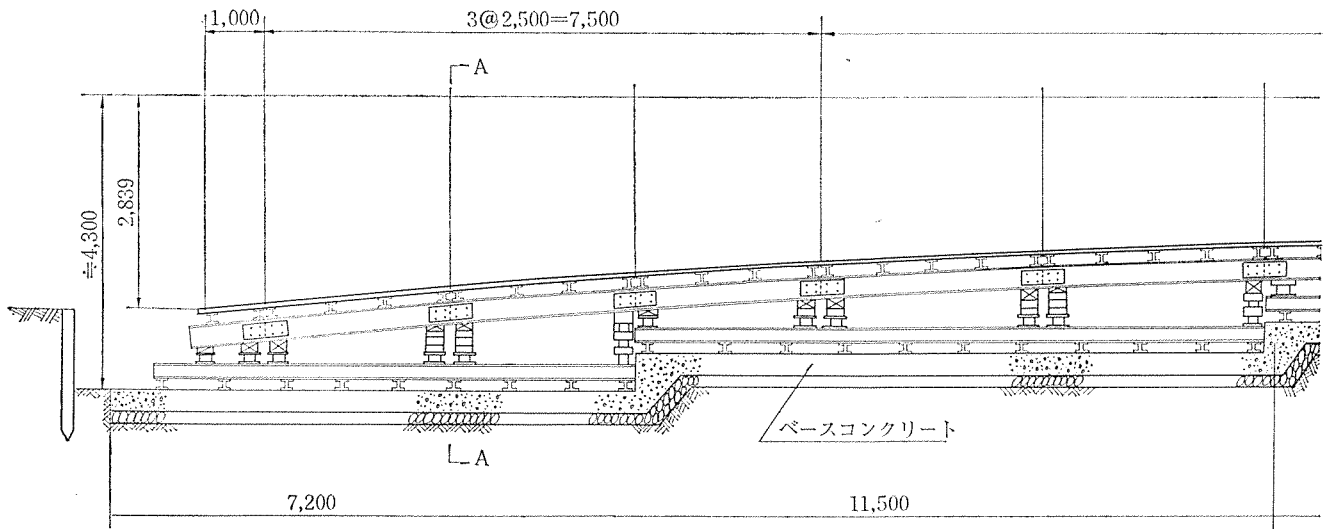
架 橋 面 積	1 520 m ²
ヤ ード 面 積	1 900 m ²
(内訳)	
製 作 台	260 m ²
ス ト ッ ク ヤ ード	150 m ²
搬 出 口	
材 料 置 場	590 m ²
材 料 加 工 場	570 m ²
作 業 用 通 路	330 m ²

写真-1 第 381 工区ヤード全景



と同一直線上または並列させてストックヤードをつくるライン工程がよいと思われる。すなわち、資材搬入→ブロック製作→仮置き→架設のためのブロック搬出の各工程が同一ラインを流れるようにする。

ヤードのなかには、製作台およびストックヤードを含めて、資材置場、鉄筋および型わく加工場、生コン運搬車の通路、クレーン用地、ブロック搬出口等の諸設備



がつくられ、これらに必要とする用地面積は架設する橋梁面積の 1.5~2.0 倍程度であろう。

第 383 工区のヤード配置は 図-4 のようであり、その使用状況を 表-2 に示す。

この工区では、工期およびブロック製作の効率などの施工条件から、ブロック製作台を 2 基つくることにした。本工事用地はかなり広いけれども、この用地の中央には高いコンクリート橋脚が立ちならび、このためにヤードは二分されてしまい、2 ラインのヤード配置となった。そのため、作業用通路などが、かなりの面積を占めていることが 表-2 にみられる。また、各ラインを結ぶために門型クレーンには、横移動装置が設けられたが、横移動に時間がかかりクレーンの稼動が十分とはいえない

かった。

P C 工区のヤード、特に箱桁橋のブロック工事では、ブロック製作のための工数がかかり、かつ、ブロックの重量もかなり重くなるので、門型クレーンを中心にした機械設備、電気設備等が大きくなり、これらの諸設備の

表-2 第 383 工区ヤード使用状況

架 橋 面 積	2 280 m ²
ヤ ード 面 積	4 300 m ²
製 作 台	580 m ²
ス ト ッ ク ヤ ード	920 m ²
搬 出 口	240 m ²
材 料 置 場	590 m ²
材 料 加 工 場	420 m ²
作 業 用 通 路	1 550 m ²
	1 160 m ²

ブ ロ ッ ク 製 作 台

6@3,000=18,000(9@3,000=2,700)

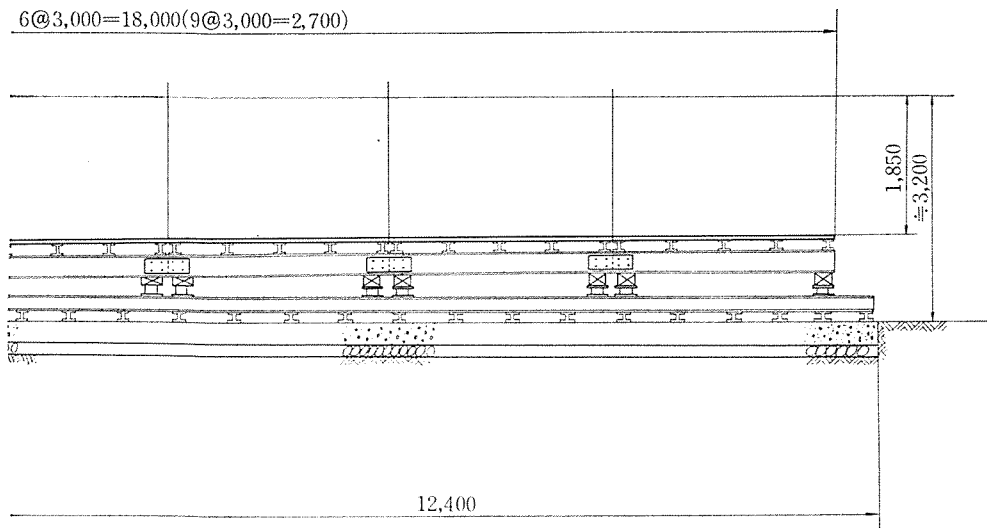
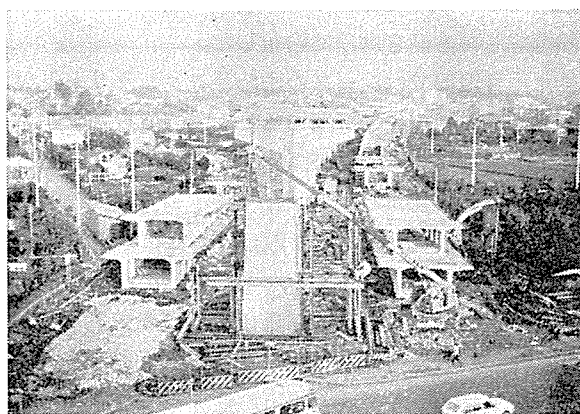


写真-2 第 383 工区ヤード全景



合理的な組合せ、配置ができるような用地を確保する必要があるだろう。

2. ブロック製作

(1) 製作台の設計

本施工例では、ブロックの形状、製作個数、ヤード面積、工期等を考え合わせたりえて側型わく移動方式を採用した。

第 381 工区では、中央径間側および側径間側として、おのおの 21 m (片持架設長でブロック数 8 個) の製作台を 2 基つくった。使用回数は 3 径間で 2 主箱桁であるから各 4 回であった。

製作台の底型わくは鋼製型わくとして全数分を用意した。外型わくは鋼製 1 枚もので 2.5 ブロック分、内型わくの横桁部分は鋼製で 1 ブロック分、ウェブの内型わくは木製および鋼製で 2 ブロック分を使用した。

第 383 工区では、中央径間側 29 m (片持架設長でブロック数 10 個) 1 基および側径間側 36 m (片持架設長+ステージング施工のブロック長で、合計ブロック数

13 個) 1 基の合計 2 基をつくった。使用回数は各 4 回であった。

製作台の底型わくは鋼製型わくを全数分用意した。外型わくおよび内型わくの上床版用は鋼製型わくとし、各 10 ブロック分、ウェブの内型わくは各ブロックの桁高が異なるので、中央径間と側径間の合計 23 ブロック分を合板型わくで施工した。

これらの製作台を 図-5, 6 に示す。

本工事例では、製作ヤードとして使われた現場に橋脚がならび、それらの桁下も一部使用した。そのためにヤード用の門型クレーンに種々の制限を受け、さらに経済性などをも比較した結果、ヤードには大がかりな設備をつくらずに、小まわりのきく人力で型わく、鉄筋、シースなどの組立てを行なうこととした。

ヤード設備を本格的にしなかったその他の理由としては、次のようなことがあげられる。

- 1) ヤードを機械化するための準備工期間が短い。
- 2) ブロック工法は開発途上にあり、手持機械が不十分である。しかし、本格的な機械を開発するには需要が不安定である。
- 3) 技能労務者が不足している。

これらのことは、ブロック工法を計画するなかで解決してゆかねばならない。

(2) PC ブロックの詳細構造

大量生産を生命とするブロック工法による PC 工事は、型わく、鉄筋の組立ておよびシース配置をいかに省力化するかが大きな課題である。そのためには、ブロックの形状および構造を標準化すること、また、ブロック製作個数を量産化して機械設備の利点を生かすことなどである。

本施工例においては、ブロック製作にあたり次の諸点

に検討を加えながら施工を進めた。

a) 鉄筋，シースの加工組立て

1) 一般にブロック工法では配筋が複雑である。さらに，図面はブロック配筋図，切欠き補強鉄筋図およびシー配置図が別々に書かれ，図面によって異なった縮尺で書かれていることが多いので原寸図をつくるようにしたい。

2) 支点付近で床版内に配置されているPC鋼線は，支間中央に向かうにしたがってウェブに入ってくる。この場合，PC鋼線のシーとウェブのスターラップ鉄筋が交差するから，かなりのスターラップ鉄筋の配置，形状を前もって考慮し，切断しないようにしなければならない。

3) ケーブル定着部付近のスターラップ鉄筋，定着具補強鉄筋の組立順序および鉄筋のかぶり等については次のように考えた。

ウェブの定着部では，定着コーンの切欠きのためにスターラップ鉄筋が切断されてしまう。ブロック端面に配置されているスターラップは，重要なので切断しないように，定着コーンの切欠きを小さくし，他のブロック端面にも数 cm の切欠きをつくるようにした。

シーはせん断キー，ガイドキーの位置に通すと，キーの施工性が悪くなり欠損しやすくなるのでキーの中にはシーを配置しないようにした。

ウェブへの定着位置はできるかぎりウェブの下側に配置して，目地部の応力が一樣になるようにして，緊張時の目地の開きを防ぐようにするとよい。

床版部の端定着部では，切欠きによって床版の主鉄筋が切断されないように，切欠きを対向する面にも設けて切欠きを小さくする。また，鉄筋のかぶりが定着コーンのところで決められるので，12φ8 用のコーンの場合は床版厚を 22 cm にする必要がある。

4) 埋込金具（排水ます，架設鋼棒用の孔，型わくのセパレーター等）が，鉄筋と交差しないようにした。

5) ウェブのシーが集中する箇所では，コンクリートの投入および締固め方法を検討した。シーの配置は

棒状バイブレーターの直径をも考慮して，締固めが十分にできるようにする。

b) コンクリート打設

6) コンクリートの打設は一度打ちとし，両ウェブ，下床版，上床版という順序で行なうとよい。両ウェブからのコンクリートが下床版に押し出されてきて，ウェブはコンクリートが十分まわったことを確認してから下床版にコンクリートを打設する。なお，ウェブより先に下床版を打設すると，下床版にコールドジョイント，ジャンカが生じやすい。

c) コンクリート目地部の施工

7) ブロックの面処理はワイヤーブラシでレイタンスを取除き，そのあとを水洗いして，ごみおよびはく離剤を取除いた。しかし，はく離剤はコンクリート面の木目や小さな気泡に固着しているので，熱湯を用いるのもよい。なお，はく離剤は工業用石けんとけい酸ナトリウムを重量比 2:1 で配合し，これに約 10 倍の水を加えて加熱溶解したものをはけで塗布した。

また，目地部ではシーのまわりでコンクリートが欠けたり，シーの先端が出てくるような箇所をグラインダー仕上げを行なった。この面処理はかなり手間のいる作業となった。

8) 製作台からのブロック取はずしは，40 t 門型クレーンでブロックを吊上げて行なった。しかし，はく離面ではせん断キーの周囲および隅角部等でコンクリートの欠けるものがいくつかみられた。ジャッキを用いてブロックを水平に引離す方法も併用したほうがよいであろう。

3. ブロック工法の施工性

(1) ブロック工法の施工速度

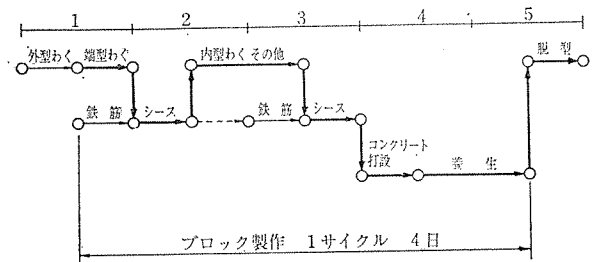
ブロック工法によるPC工事の施工内容は，ヤード準備工，ブロック製作，ブロック架設および橋面工の4つに大きく分けられる。

ヤード準備工はブロック製作台の製作，自走式門型クレーンの据付け，ストックヤードの整備である。製作台やクレーンは，保有機材の改造・組立てや部品の新規発注に日時がかかったりして，工期の当初で工事を軌道

写真-3 ブロック端部の配筋



図-7 ブロック製作工程

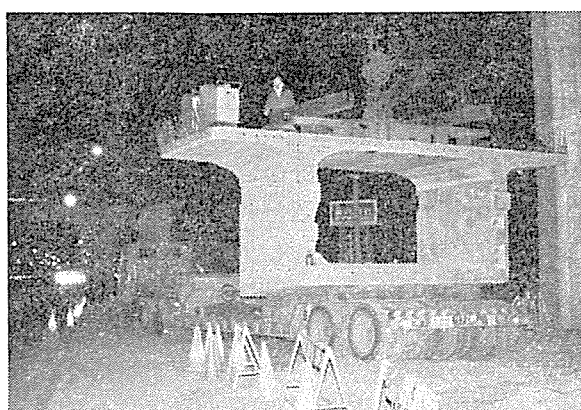


にのせるのに大きなポイントとなるから、施工計画を作成するにあたっては、十分に検討を加え正確かつ迅速にこれを作成する必要がある。

ブロック製作は、本工事例の製作工程を 図-7 で示すように、人力を中心とした場合（ベース基数、型わく数については 2.(1) ブロック製作台の設計 参照）4~5 日/ブロックである。ブロックの製作速度は、鉄筋組立て、シース配置、型わく組立て、コンクリート打設などで省力化、機械化が進められればかなり速くなると思われる。ブロック架設は、ブロックをストックヤードから架設地点まで運搬してきて吊上げ、PC鋼線を緊張して架設する工程と、片持式架設機を順々に移動して固定させる段取替えとに分けられる。本工事の架設工程を 図-8,9 に示す。ブロックの架設速度は 2ブロック/2日であった。したがって、本工事においても工事現場を直接使用している期時は、支保工形式の場合に比べて、きわめて短いことがわかる。

架設機の段取替えに要する時間は、架設機の自走装

写真-4 夜間架設状況 (第 383 工区)



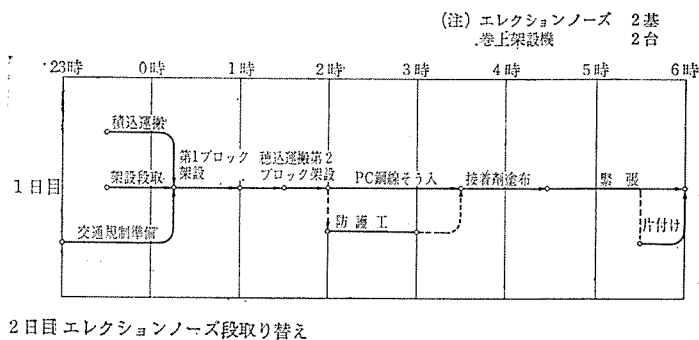
置、固定装置の改良によって、これからはかなり短縮できると考えられる。

橋面工については、その内容は他の工事と特に異ならないが、吊足場工の取付、撤去は高所作業となるので十分な日数をかけたほうがよいであろう。

ブロック工法の架設速度は、場所打工法に比べてかなり速い。しかし、PC橋としての工事量は場所打工法にしても、ブロック工法にしても変わらず、むしろブロック工法にした場合には、工数がかなり増加しているようである。

また、ブロック工法と場所打工法とで施工速度において大きく違うところは、ブロック工法は1ブロックごとに順次施工していかなければならないので、施工速度は一定しているし、工程の途中で大幅に速度を上げるなどとは不可能である。したがって、ブロック工法では、

図-8 第 381 工区架設工程



定められた工期内に完成させるために、工程管理を慎重に行なわなければならない。そして、工期の設定にあたっては、工事の施工性、安全性、経済性などから施工速度を十分に検討したうえで決めることが重要である。

(2) 曲線桁のブロック工法

381 工区高架橋の曲線半径 ($R=325\text{ m}$) 程度では、ブロック長 (2.75 m) を直線で結んでも曲線桁として外観を損わないと考えられたので、ブロック製作に関しては、直線桁と比較して労力のかかったほかは特に問題がなかった。

次に曲線桁の架設では、架設機の段取替えとねじりモーメントによる影響について述べる。

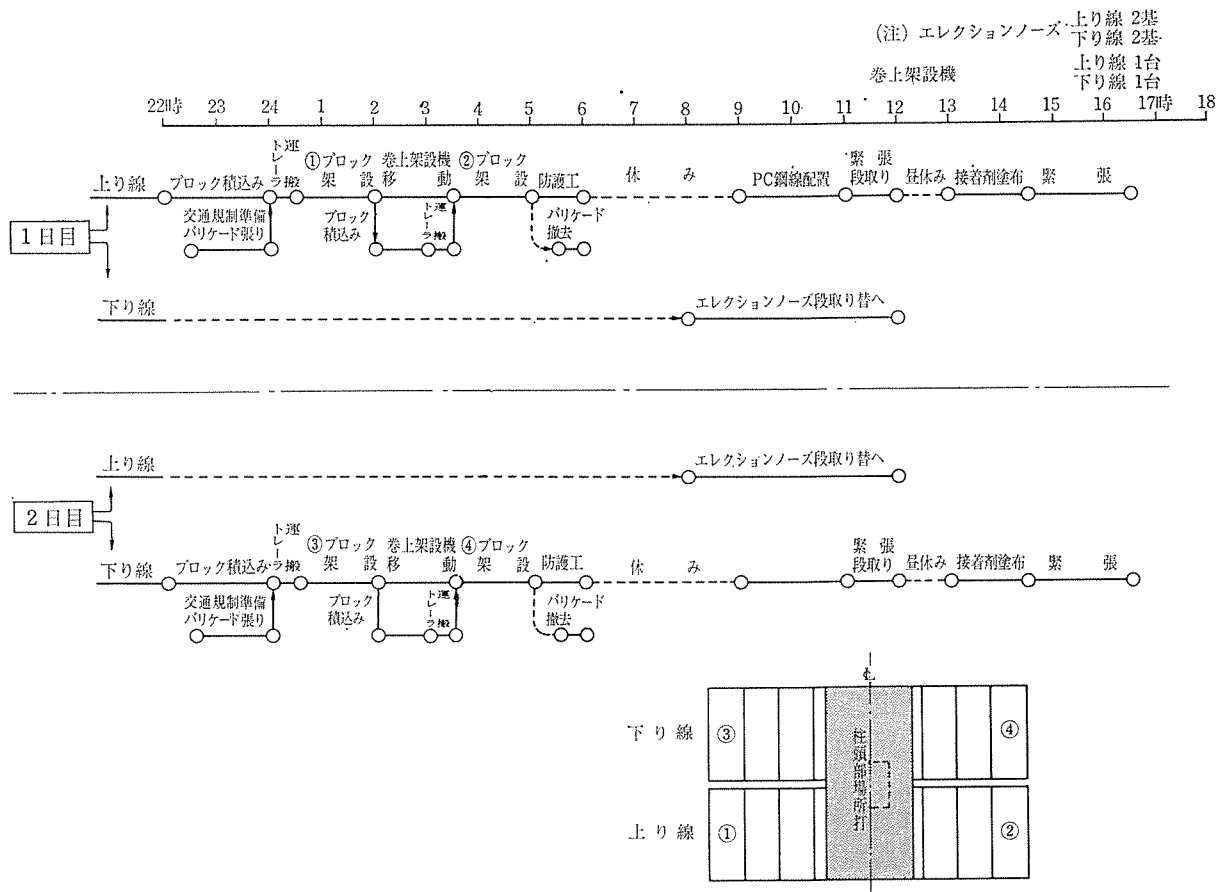
1ブロックの架設が終わると次のブロックの架設のために架設機を移動する必要がある。直線桁であれば架設機をそのまま前へ引出せばよいが、曲線桁では架設機を引出すとともに曲線方向に向きを変えなければならない。また、架設機およびブロックの反力をとるための反力鋼棒用穴を、ブロック上床版に正確に設けることが必要となる。そして重量物を持ち上げる架設機は安定をよくするために水平に据付けねばならないが、曲線桁は片勾配がきつクキャンパーとしての堅木を十分に用意する必要がある。このように曲線桁の場合、架設機の段取替えは直線桁に比較して容易ではない。

ねじりモーメントによる影響については、変形量を計算 (曲げねじりは考慮せず) したところ、架設桁先端ブロックの両ウェブのたわみ差は 0.4~0.6 mm であった。また、架設完了後のブロック上床版施工高を測量してみたが、ねじり変形による影響は特にみとめられなかった。このPC箱桁橋は断面のねじり剛性が大きく、ねじりモーメントにはかなり抵抗するので、この程度の曲線桁では、ねじり変形に対して必ずしも対策を構じなくとも、ねじり変形量を計算してチェックすればよいと考えられる。

(3) 閉合の施工性

本施工例においては、橋脚より片持式で架設されて張出したPC桁が先端に進むにしたがって、施工計画高よ

図-9 第 383 工区 架設工程



りも少し高めになってゆく傾向がみられた。

路面の計画高は、建築限界、自動車の走行性などから決定されるので数 cm の誤差も許されない。また、最近では交通量が多く、アスファルト舗装厚も所定の厚さを必要とする。

今回の施工においても約 5~8 cm の閉合差が生じた。この閉合の施工性については、施工誤差などいくつかの原因が考えられるが、それらを列挙すると、ブロックの製作誤差、測量誤差、基準ブロックの据付誤差、たわみの計算仮定、その他接着剤の厚さ、曲線の影響などであると考えられる。

これらの原因および閉合誤差の修正方法については追ってわしく述べる。

(4) エポキシ樹脂接着剤の施工管理

ブロック目地には熱硬化性エポキシ樹脂接着剤を使用した。次の諸点について検討を加えた。

a) 製品保証期間 エポキシ樹脂接着剤は時間の経過とともに、なんらかの変化が起こると考えられるので製品の保証期間とともに、保証内容とその保管条件についても検討した。

接着剤の原料のエポキシ樹脂は高分子材料の複合物で、長く置いておくと晶出を起しやすい。これは変質と

まではいえないが、粘度が変化し硬化反応も異なってきて、作業性に影響を与えることがある。そこで、施工管理上から保証期間は6か月とした。

保証内容については、保証期間内では規格値（首都高速道路公団承認試験値）に合格としたが、材料検査の再検査値は当初の検査値と少し異なる。これは接着剤を封入した缶が真空封入、恒温・恒湿貯蔵でないので硬化剤にわずかに変化がみられることがあるからである。

保管条件は、風雨のあたらない倉庫に貯蔵するとともに、缶の開封は使用直前に行なうこととした。

b) 夏型と冬型の使用区分 エポキシ樹脂接着剤の硬化時間、塗布作業性および接着力は温度の影響を受ける。そこで施工時の気温を区分して夏期と冬期とし、それぞれの期間に適するように接着剤を調合することにした。しかし、施工時の気温が 10~15°C 付近では夏型か冬型か、いずれを使用すべきか判断がむずかしい。

硬化時間は、夏型と冬型で異なる硬化剤、促進剤が一般に用いられているので、硬化までの化学反応速度は調整されている。この化学反応は温度が高くなるにつれて速くなる。

冬型に用いられている硬化剤は、10°C 以上になると急激に反応を起す。また、夏型の硬化剤は比較的気温の

高いときに使えるようにしてあるため、10°C 以上になると硬化が極端に遅くなる。

塗布作業性は、気温の上下によって変化する粘度の高さに関係している。粘度が 10 000 c.p.s 以下になるとだれを起こししやすい。本工事で用いられた接着剤は夏型で 30°C 以上、冬型で 10°C 以上になると粘度が 10 000 c.p.s 以下になった。また、夏型は 10°C 付近で粘度が高くなり、冬型も低温ではかなり粘度が高くなった。

以上に述べた硬化時間および粘度から考えて、夏型および冬型の使用区分は 10°C が適当と考えた。

c) 施工管理試験 現場での施工管理では、計量のミスと混合不良が起こらないようにすること、またミス

があった場合に発見できるようにすることである。

計量のミスについては、現場計量をなくして缶に封入する量を 5 kg, 10 kg などの単位量とし、エポキシ樹脂と硬化剤を各単位ごとにセットにして現場搬入することにした。混合不良については、練混ぜが十分になるように混合時間の管理をした。

また、ミスを発見する方法として混合した接着剤を比重カップで検定することをしたが、工事現場で簡単でかつ適確に行なえる施工管理試験方法をみつける必要がある。

1971.8.16・受付

コンクリート構造物

「設計施工国際指針」発刊のお知らせ

監 修 プレストレストコンクリート技術協会
日本コンクリート会議
発行所 鹿 島 研 究 所 出 版 会

本書は第 5 回 FIP 国際会議 (1966 年パリ) で P C 構造物の設計施工に関する国際指針が発表された後、さらに各種研究結果、実際の設計結果などを取り入れ鉄筋コンクリートからプレストレスト コンクリートに至るまでのあらゆるコンクリート構造物の設計、施工に関する指針として第 6 回 FIP 国際会議 (1970 年プラハ) で発表されたものを FIP の認可を得て翻訳出版したものであります。

本指針の基本は、統計的資料をもととし、確立論に立脚した限界状態設計法であります。このような概念は、現在、構造物の安全性を確保する場合のもととして、国際的に一般に認められているものでありまして、設計上有力な手段であることは論をまたないところであり、当協会の会員の方にとっては絶対必読の書であると確信しておすすめる次第であります。

定 価：1 900 円 会員特価：1 700 円 (郵送料 1 冊に付 150 円)

ご希望の方は、代金および送料を添えて下記宛にお申込み下さい。

社団法人 プレストレスト コンクリート 技術協会
〒 104 東京都中央区銀座 2-12-4 銀鹿ビル
電 話 (541) 3 5 9 5
振替口座 東京 62774 番