

九戸坂橋(仮称)の設計と施工

— T.L 押し出し工法 —

向 島 時 彦*
金 海 駿 吉**
森 下 弘 士***

1. はじめに

九戸坂橋は、国道 303 号線新設改良工事の一環として岐阜県揖斐郡久瀬村地内 1 級河川揖斐川ならびに現国道 303 号線を横ぎる橋長 174.45 m、3 径間連続 PC 箱桁橋で、架設は押し出し工法である。

押し出し工法による PC 橋としては、最大支間 58 m で長支間であるにもかかわらず、仮支柱を用いないで計画施工を行ったことが特徴である。

押し出し工法により、比較的長支間の PC 橋を架設する場合には、仮支柱を用いるのが経済的であるといわれている。しかし軟弱地盤で支持層が深く桁下空間が大きい峡谷、あるいは河川の径間割の規制と水深の関連などにより、仮支柱を用いることが得策でないこともある。そこで、比較的長支間の橋梁を仮支柱を用いないで架設した本橋の概要を報告する。

2. 架橋現地の地形・地質

本橋は中部電力久瀬ダムの上流約 700 m 貯水池内に位置し、揖斐川を約 45° の角度で横ぎる。水面幅は直幅約 100 m、道路中心線方向約 150 m あり、また水深は常時 7.0 m、高水時 10.0 m、仮設時水深 10.0 m である。久瀬ダム資料によると、ダム構築前には現地は V 字形に近い峡谷であったが、その後次第に推積が進行し、現在その深さは最大 19 m に及んでいる。この推積土砂はおおむね砂利・砂類である。なお旧河床の地質は岩盤である。

右岸(起点側)は河岸段丘状の地形で耕地および山林であり、河岸に至り急傾斜の断崖状をなしている。左岸(終点側)は標高 900 m の山塊で約 45° の山腹斜面がそのまま旧河床まで落ち込んだ形状である。この斜面には岩の露頭が散見されること、また地形から判断して全山岩山であることがうかがわれる。

左岸側現道、すなわち国道 303 号線は山裾をつたう悪路で、幅員が小さく、地形狭隘のため資材機材の搬入、取まわし等工事の際の利用はほとんど望めない。一方、右岸側は河川からかなり離れ段丘上に県道藤橋池田線があり、左岸に比べるとはるかに有利な地形である。よって、取合道路の先行施工等必要な整備をはかり工事用に利用するのがよいと判断された。ただし前記県道自体は未改良区間があり、特に下流久瀬ダム付近の線形が悪く現状のままでは両側の道路それぞれ制約があり、鋼橋の場合、長尺部材の輸送・架設に難渋すると判断された。

3. 構造形式の選定

本橋計画に配慮すべき事項は次のとおりであった。

- 1) ダム貯水池内であるから、水深が大きいこと。河川内の脚数は最大 2 基であること。
- 2) 左岸国道 303 号線は資材の搬入路として不適当であり、また工事中の交通確保が困難である。また右岸も長尺部材の輸送に対策が必要である。
- 3) 地質は上層はダムの推積土、下層は傾斜した不陸状態の岩盤であること。

当初、河川中に橋脚を設置することは基礎工仮設の難度と、施工基数の少ないことから割高になることが予想され、経済的径間割を把握する意味で、1 径間案、2 径間案、3 径間案計 8 案を対比した。その中よりさらに下記の

- 1) 1 径間ニールセン系鋼ローゼ桁
- 2) 2 径間連続 PC 箱桁
- 3) 3 径間連続 PC 箱桁
- 4) 3 径間連続鋼鉄桁

の 4 案について、経済性・施工性などを総合的に検討した結果、上部工は押し出し工法による 3 径間連続箱桁、下部工はフローチング工法によるニューマチックケーソンとした。

4. 上部工工事の概要

工 事 名：県単橋梁整備事業

* 岐阜県揖斐土木事務所

** (株)橋梁コンサルタント名古屋営業所

*** オリエンタルコンクリート(株)名古屋支店

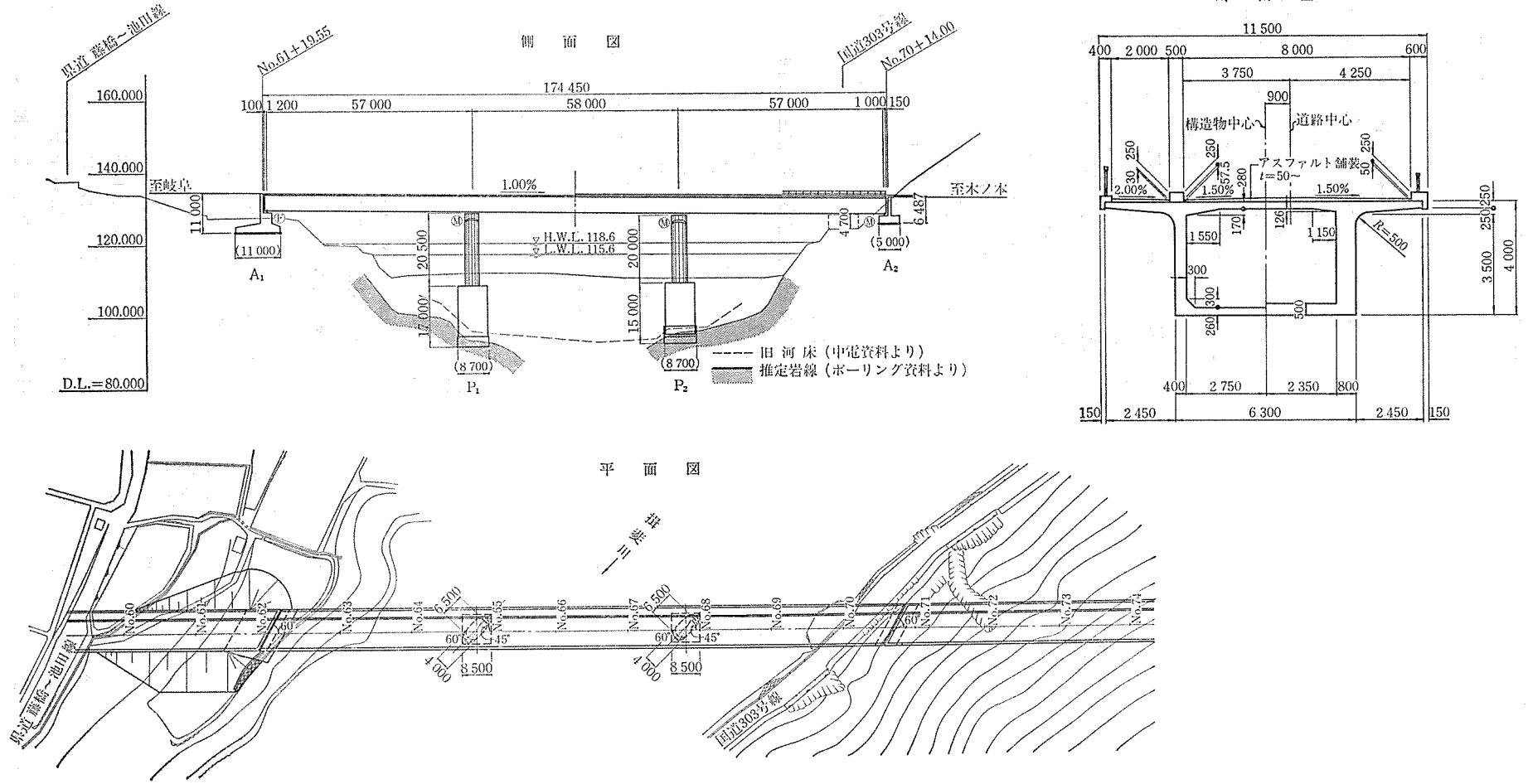


図-1 一般図

報 告

工事場所：岐阜県揖斐郡久瀬村
 発注者：岐阜県
 設計：(株) 橋梁コンサルタント
 構造形式：3 径間連続 PC 箱桁橋
 架設工法：T.L 押出し工法
 橋 長：174.45 m
 支 間 長：57.0 m+58.0 m+57.0 m
 幅 員：車道 8.00 m, 歩道 2.00 m (全幅 11.5 m)
 平面線形：直線
 縦断勾配：1.00%
 斜 角：左 60 度
 施 工：オリエンタルコンクリート (株)

表-1 主要材料

| 種 別 | 仕 様 | 数 量 | 単 位 |
|---------|-----------------------------------|--------|----------------|
| コンクリート | $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$ | 1716.0 | m ³ |
| 鉄 筋 | SD 30 | 208.7 | ton |
| P C 鋼 棒 | 1次 SBPR 95/110, $\phi 32$ | 100.1 | " |
| | 横締め, 鉛直 SBPR 95/110, $\phi 32$ | 25.3 | " |
| | 手延べ桁取付け SBPR 95/110, $\phi 32$ | 3.8 | " |
| PC鋼より線 | 2次 12T15 | 28.0 | " |
| 型 枠 | 側面, 底面 | 3224.8 | m ² |
| | 内部 | 2508.0 | " |
| | 端部, 目地部 | 214.6 | " |
| 支 承 | | 34.7 | ton |

5. 設計概要

構造寸法を図-1に示す。道路中心は揖斐川流心と約45°で交差する。したがって橋脚躯体は流心方向に設置し、橋軸と45°としたが、支承線は60°に配置し、上部工については60°の斜橋とした。

押出し工法の場合、一般的には仮支柱を用いるのが経済的であるが、本橋の場合、前述のような現地の状況から仮支柱を用いないこととした。

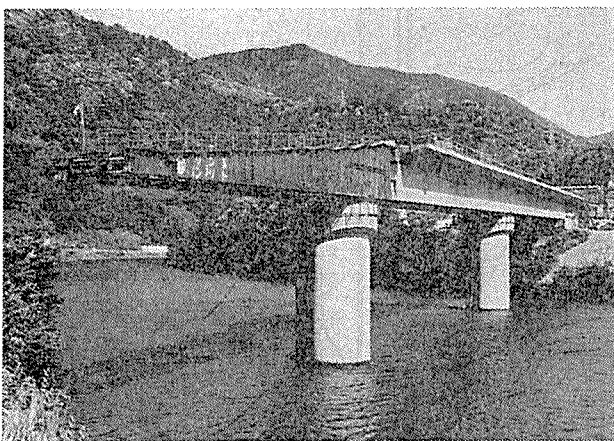


写真-1 全 景

5.1 手延べ桁

手延べ桁は、架設時曲げモーメントが最も小さく、手延べ桁の鋼材重量が最小になるように決定するのが望ましい。経済的な手延べ桁の長さは、架設支間の2/3程度であるといわれている。本橋の場合、手延べ桁の剛度を主桁の1/8とし、手延べ桁の長さを変化させて、架設時の曲げモーメントを試算した。その結果、 M_{max} については手延べ桁の長さによる影響はほとんどなく、最大値は架設完了時の値をこえない。また M_{min} については手延べ桁の長さが大きく影響するが、その範囲はほぼ等1径間に限られており、手延べ桁の長さが38mのとき、手延べ桁が次の支点にとどく直前の片持状態で支点に生ずる値と、架設完了時の支点に生ずる値とがほぼ等しくなるが、これより手延べ桁が短くなると、片持状態での支点の値が急激に大きくなり、これにより断面が決定されることが判明したため、38mとした。

主桁と手延べ桁との連結はPC鋼棒によりプレストレスを与え、曲げに対してはフルプレストレスとし、せん断に対しては、摩擦により抵抗させることとした。

なお、設計計算上仮定した手延べ桁の全重量は105tで、実際に施工した際の重量は110tであり、せん断突起等は特に設けていない。

5.2 架設時許容応力度と主桁断面

図-2に架設時および設計荷重時の曲げモーメントを示す。本橋の場合、架設時の断面力が支配的であって、これにより主桁の断面が決定される。本橋の主要な設計条件は道路橋示方書・同解説(昭和53年1月)によったが、コンクリートの許容応力度、とりわけ架設時の許容応力度は直接経済性に影響する。コンクリートの設計基準強度は $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$ で、許容圧縮応力度は架設時は割増しを考慮して、 $140 \times 1.25 = 175 \text{ kg/cm}^2$ とした。許容引張応力度は架設時に補強する1次PC鋼材量に直接影響し、経済性に影響が大きく、また滑り沓の据付け高さの施工精度と滑り面となる下床版コンクリートの平面性・直線性等の施工精度や経済性に関係するので、この値をいかに定めるかは重要である。

本橋の場合、橋台・橋脚の基礎は岩着であって、不等沈下は無視できる。滑り沓の据付け高さ、あるいは下床版の施工誤差を10mmと仮定し、最も不利となる2支点を上下させて、この誤差が主桁自体に及ぼす影響を求めると最大 10 kg/cm^2 となる。このことから許容引張応力度についても、道路橋示方書の割増しを考慮して -25 kg/cm^2 とし、施工誤差による応力度 10 kg/cm^2 を仮定して、設計図どおりに出来上がった場合の応力度を $165 \text{ kg/cm}^2 \geq \sigma_c \geq -15 \text{ kg/cm}^2$ とすることを目標とし、鋼材・定着具の配置を考慮して図-3に示す断面とした。

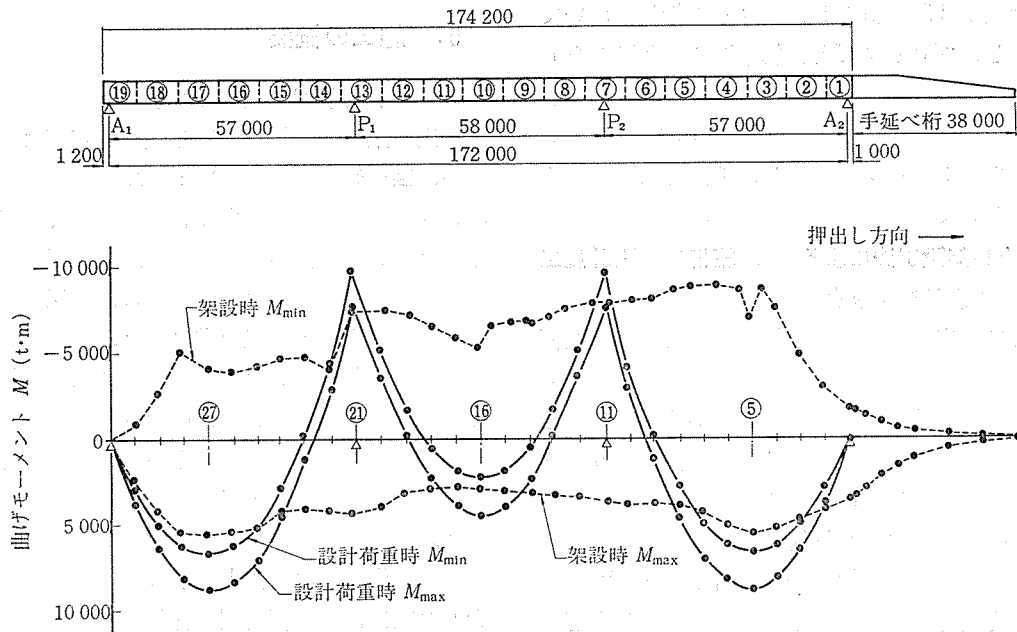


図-2 曲げモーメント図, 応力度集計表

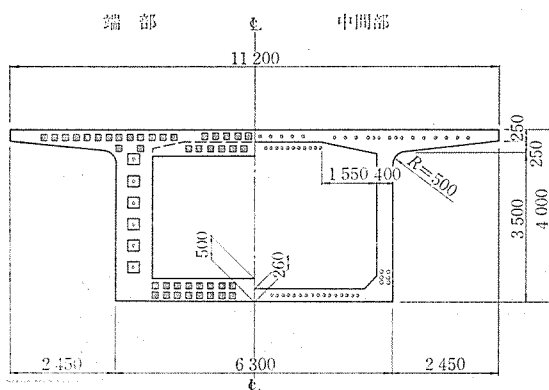


図-3 主桁断面図

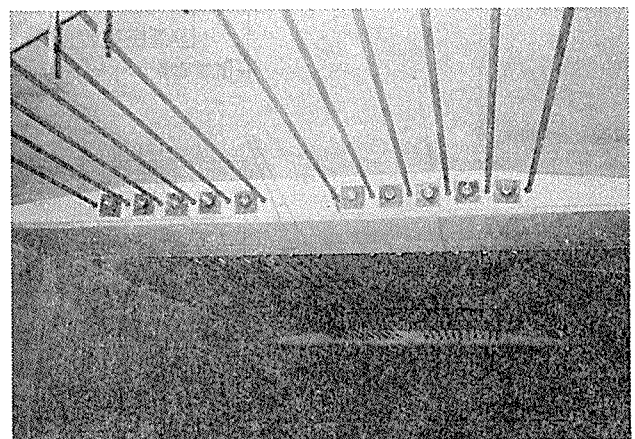


写真-2 1次 PC 鋼材, 上床版アウトケーブル

5.3 ブロック長

ブロック長は、継目部が支点上と支間中央にならないようにすること、架橋地点への運搬可能部材長が 12 m 程度であること、さらに 60° の斜橋であるが、ブロック継目は橋軸直角に設けられ、第 1 ブロックと最終 19 ブロックは左右の側型枠の長さが異なるが、この長い側の型枠もできるだけ標準ブロックの型枠をそのまま使用できること、以上 3 点を考慮して標準ブロック長を 9.5 m とし、第 1 および最終ブロックの長さを短くした。

5.4 PC 鋼材

押し出し架設時の荷重状態に対して配置する 1 次 PC 鋼材は、PC 鋼棒 SBPR 95/110, $\phi 32$ を使用した。各断面における使用本数は、最大 98 本、最少 72 本であり、上下床版部に配置した。架設完了後、設計荷重作用時に対して不利となる支点部下側、支間部上側の 1 次 PC 鋼材の一部は、上床版下側および下床版上側に突起を設けて定着しアウトケーブルとして、架設後撤去することとした (写真-2)。また PC 鋼棒の定着具の配置は、桁端

部においては上下2段配置とし、ブロック継目においては1段配置とし、ブロックごとに約半数を緊張定着した。

2次 PC 鋼材は、主桁全長にわたって 12 T 15 フレシネーケーブルを 12 ケーブル使用し、架設完了後挿入し、桁端部において定着することとした。

5.5 「押し出し架設工法による PC 箱桁橋の設計施工要領」によるチェック

設計当時においては押し出し工法による架設にあたって、技術基準がなかったため、許容応力度等を前記のように定めたのであるが、昭和 55 年 8 月上記要領が適用されることとなったので、施工にあたってはこの要領によりチェックした。その結果、滑り面となる主桁受圧面の支圧応力に対する補強のための用心鉄筋を増すこと、および手延べ桁と主桁の連結 PC 鋼棒の長さを若干長くすること、の 2 点の変更を行ったが、その他はおおむね上記要領を満足していた。

6. 施工の概要

6.1 主桁製作ヤードの配置

押し出し架設の初期における主桁の転倒に対する安定のため、図-4 のように A₁ 橋台後方 15 m および 30 m に鉄筋コンクリート製仮受台を設け、その後方に主桁製作台を設置した。製作ヤード付近の地形は段丘上のなだらかな斜面で、製作ヤード設置のため深さ最大 7 m、約 2 400 m³ の土砂・岩盤を掘削した。また通常、主桁コンクリートの養生期間を利用して、鉄筋・鋼棒等を組み立てる鉄筋鋼棒組立て台は、県道藤橋池田線の交通を確保しなければならず、その余地がなく設置できなかったため、ブロック製作の工程、作業員の配置の点で不利となった。

主桁製作場には養生上屋を設け、また主桁製作場と橋台との間には、主桁両側に枠組足場を設け、ここで横締め鋼棒の緊張グラウト、地覆張出し部の施工および排水

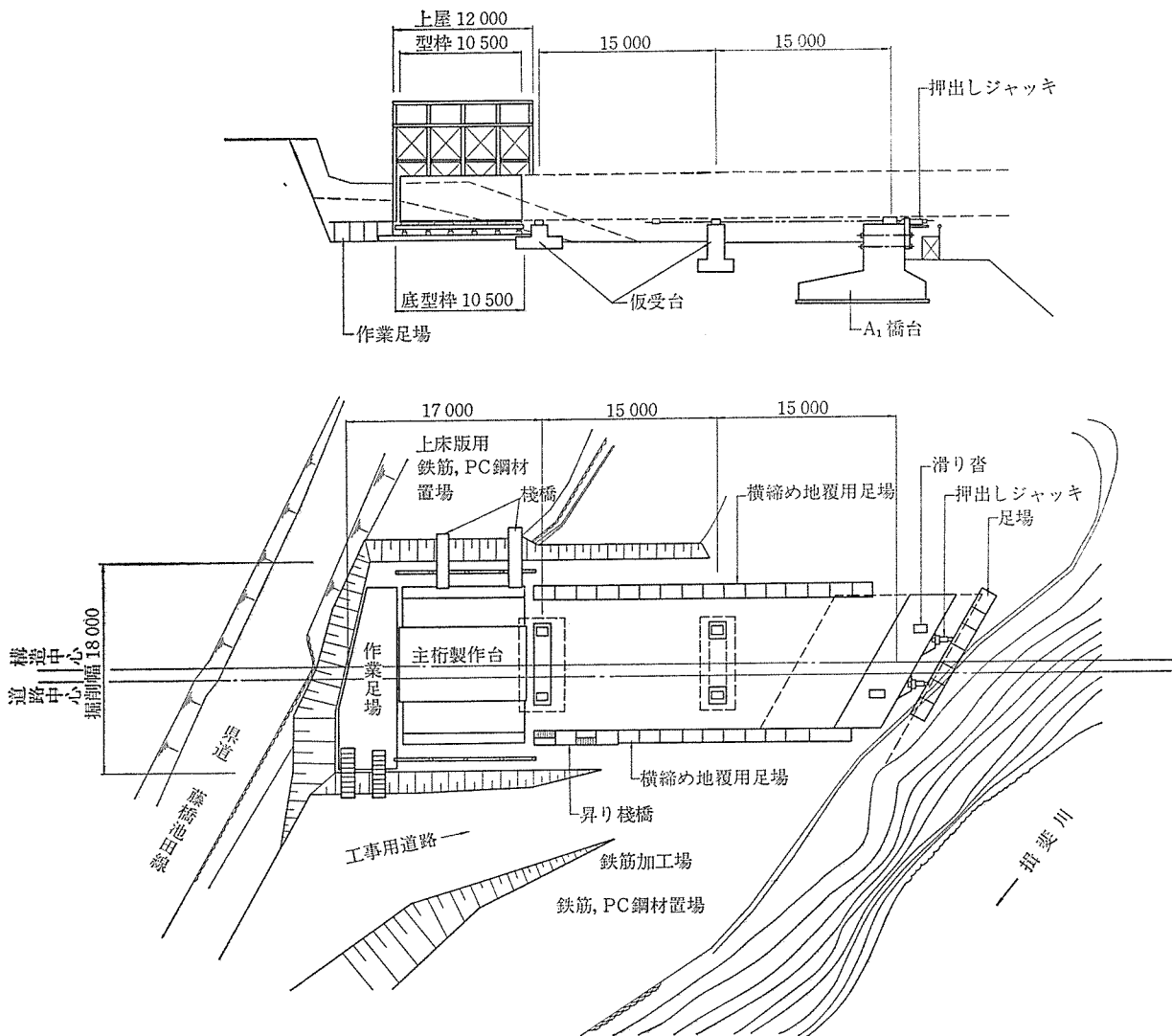


図-4 主桁製作ヤード

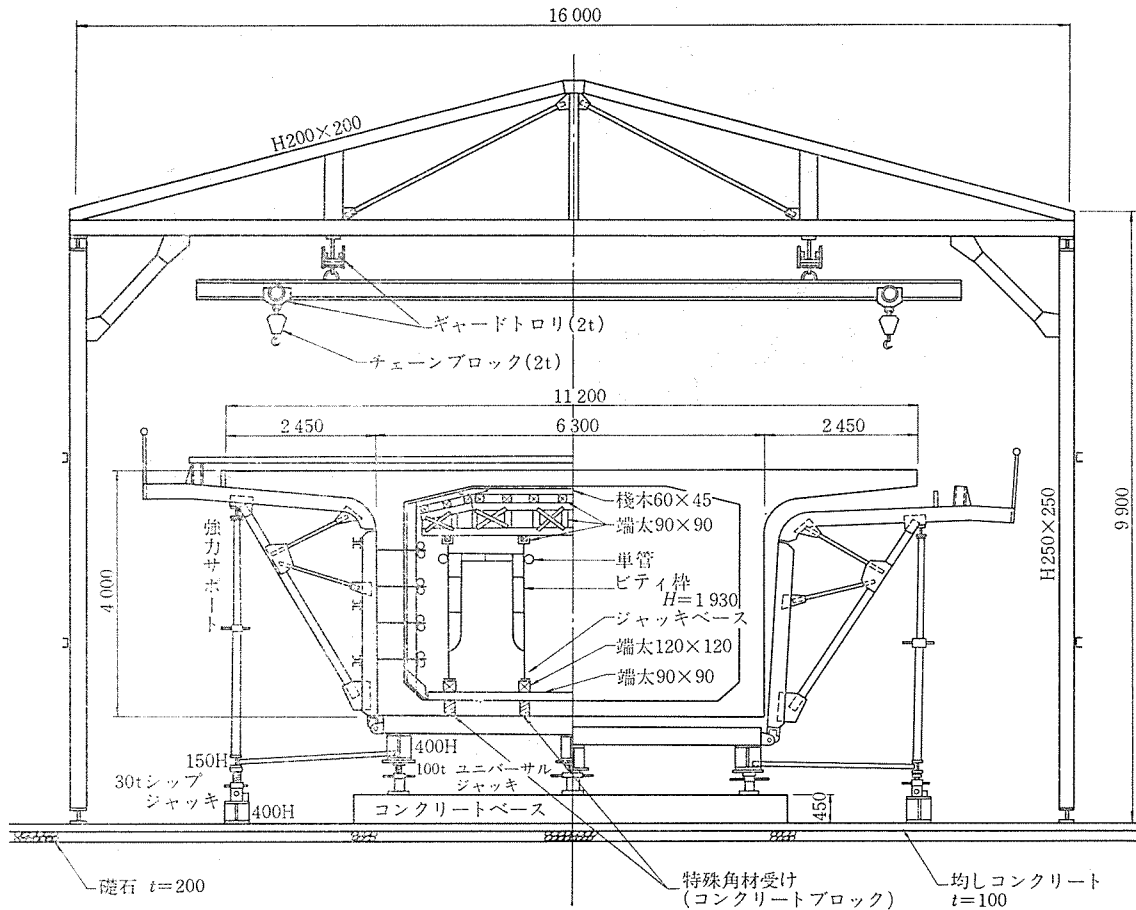


図-5 主桁製作台

管の取付けを行った。

6.2 主桁製作台・型枠

図-5 に主桁製作台の断面図を示す。側型枠および底型枠は鋼製、内型枠は木製で、側型枠と底型枠はピン結合となっており、コンクリート基礎上に据えられた油圧ジャッキにより上下でき、組立て脱型が能率的にできる構造としている。

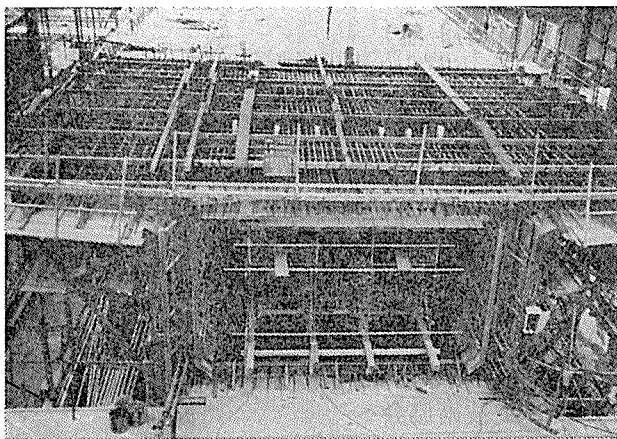


写真-3 主桁ブロック、コンクリート打設直前

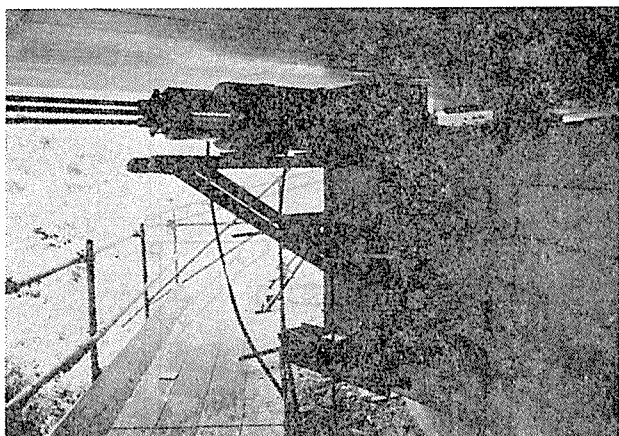
6.3 押し出し工

T.L 押し出し工法による集中方式である。T.L 押し出し工法の詳細については、本誌 Vol. 22, No. 1, 押し出し工法特集号を参照されたい。A₁ 橋台に鋼製反力台を取り付け、主桁下面に取り付けたブラケットからゲビンデスターブ φ32、各3本を介して 200t ジャッキ2台により押し出す。

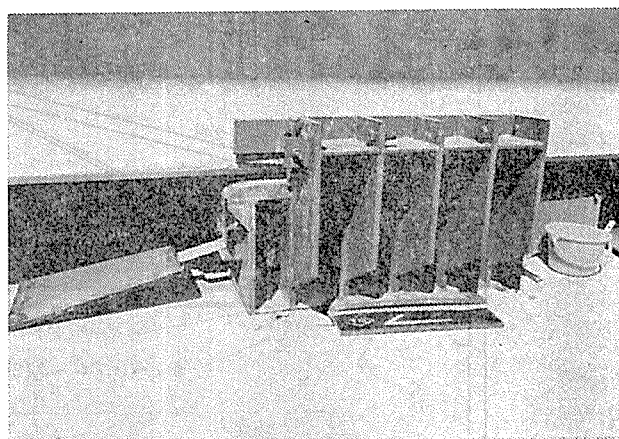
滑り沓はすべて鋼製で、耐力は仮受台上 400t、A₁ 橋台および橋脚上は 800t である。橋脚上の滑り沓の据付けは、橋脚がダム貯水池内にあるためトラッククレーン等を使用することができない。そこで、押し出し作業中に手延べ桁の先端が橋脚にとどいた時、押し出し作業を中断して、手延べ桁上を運搬し据え付けることとした。なお、滑り沓と滑り板との摩擦係数は、押し出しジャッキの圧力計から推定すると 2~5% である。

6.4 手延べ桁の解体

終点側 A₂ 橋台後方は、すぐに樫原トンネルとなる。このため、押し出し架設の最終段階において、手延べ桁を取り付けたまま所定の位置まで押し出すことは不可能である。したがって A₂ 橋台前方の路側に鉄筋コンクリー



写真—4 鋼製反力台



写真—5 鋼製滑り脊

ト製仮受台を設け、これを通過した手延べ桁を順次解体撤去しながら押出し作業を進める予定である。

6.5 工 程

上部工の工期は昭和 55 年 12 月 7 日から、昭和 56 年 12 月 30 日である。別途発注された A₁ 橋台の完成をまって、55 年 11 月中旬より主桁製作ヤードの仮設備にかかり、主桁製作台の基礎、仮橋脚を施工した。手延べ桁の組立て作業中に、正月から開關以来ともいわれる豪雪に見舞われ、現地への道路が通行禁止となったため、約 2 か月間工事は完全に中断した。その後、3 月 16 日に第 1 ブロックの打設後の、各ブロックごとの所要日数は、鉄筋型枠等の複雑な支点上の部分、あるいは支承擔付け作業を行ったブロックで 11~12 日、その他のブ

ックで 9 日程度であり、おおむね 1 か月当たり 3 ブロックの割合で進捗している。

7. おわりに

九戸坂橋は原稿締切の 7 月末現在、全 19 ブロック中 15 ブロックの製作架設を施工しており、工期内に十分完成の予定である。

押出し工法による PC 橋としては、架設支間 58 m は我が国最大であるため、設計・施工に当たって慎重を期したが、まだ改良すべき点も多いと思われる。

現在工事中でもあり、この報告について不十分な点についてはお詫びするとともに、40m~60m の中規模径間の道路橋の実例として、あえて報告する次第である。

◀刊行物案内▶

“プレストレストコンクリート” 総目次

第 1 巻 (1959 年)~第 21 巻 (1979 年)

本書は、創刊 20 周年を記念し、編集委員会でこれを取りまとめ、本誌第 22 巻第 5 号と 6 号の 2 回にわたり掲載したものを 1 冊にしたものです。

過去の記録を調べる際、あるいはバックナンバー購入の際などに便利であると思います。なお、調査しやすいように、項目別に分類し、特に「報告」は、内容別に分け索引を付してあります。

体 裁：B 5 判 43 頁

定 価：1,000 円 (会員特価 750 円) 送 料：250 円

お申込みは代金を添えて、(社)プレストレストコンクリート技術協会へ