

SSY 式押し出し工法による「江神橋」の施工

大 原 治*
堂 野 賢 治**
滝 山 吉 久***

1. まえがき

江神橋は、北海道第二の拠点都市旭川と日本海沿岸の留萌市を結ぶ幹線ルート of 道々旭川～多度志線に位置し、一級河川石狩川を跨ぐ押し出し架設工法による数少ない河川に架かる道路橋の一つとして最長の押し出し長を有する橋梁である。昭和 41 年に架けられた旧橋を、河川改修と交通量の増加に伴う道路整備の一環として架け換えられたものであり、計画にあたっては河川条件、維持管理面その他の条件を比較検討の結果、7 径間連続 PC 箱桁の押し出し工法が採用となった。

本橋の特徴は、施工場所が極寒地であることにもより、冬期間の押し出し施工が中断されたことから、押し出し施工期間としては 4 年の長期に及んだ。

本論は前回の報告(本誌 '83 年 7 月号に掲載)を受け、施工を主体として以下に報告するものである。

2. 工事概要

橋 長 : 327.600 m
支 間 : 7 @ 46.600 m
桁 高 : 2.800 m
幅 員 : 9.00 m + 2.500 m

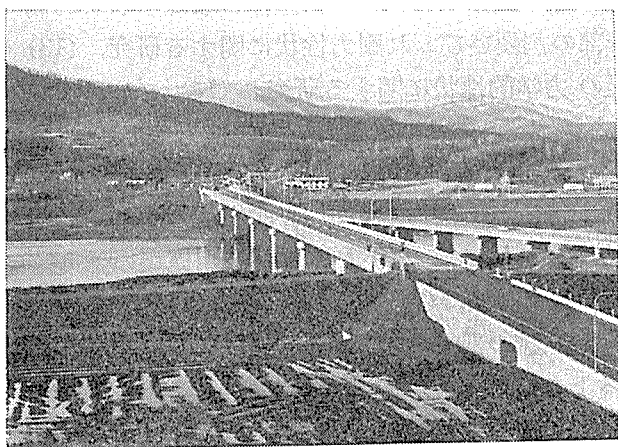


写真-1 完 成

* 北海道旭川土木現業所
** ドーピー建設工業(株)札幌支店設計部
*** ドーピー建設工業(株)札幌支店工事部

活荷重 : TL-20

縦断勾配 : 0.85% (上り)

平面線形 : $R = \infty$

斜 角 : $82^{\circ}22'06''$ (A_2 側)

構造形式 : 7 径間連続 PC 1 室箱桁

架設工法 : 押し出し工法 (SSY 方式)

工 期 : 昭和 57 年 8 月 ~ 昭和 61 年 9 月

発注者 : 北海道旭川土木現業所

施工者 : ドーピー建設工業株式会社

主要材料 (上部工) :

コンクリート ($\sigma_{ck} = 400 \text{ kg/cm}^2$)	2752.5 m ³
鉄 筋 (SD-30)	315.7 t
PC 鋼棒 (架設用— $\phi 32 \text{ mm}$)	186.5 t
PC 鋼棒 (横締め用— $\phi 26 \text{ mm}$)	42.7 t
PC 鋼棒 (鉛直用— $\phi 26 \text{ mm}$)	21.0 t
PC 鋼線 ($12 \phi 12.7 \text{ mm}$)	38.5 t

3. 施工概要

本橋の主桁製作は、 A_1 橋台後方のヤードにおいて、標準長 11.650 m とする 29 ブロックに分割して行い、等支間 46.600 m を有する 7 径間連続箱桁橋として、橋長 327.600 m を片押し架設されたものである。また主桁の押し出し架設は、第一ブロック先端に鋼製手延桁を取り付け、中央制御盤からの操作で、両橋台上の押し出し装置と $P_1 \sim P_6$ 橋脚上の KS 沓 (兼用沓) を作動させて行った。その際、主桁の下にテフロン板を挿入し、橋脚、橋台に取り付けた H 鋼を反力台として、ジャーナルジャッキにより横方向への軌道修正を行った。押し出し架設時の断面力に対しては、ディビダーク鋼棒 $\phi 32$ (SBPR 80/105) を上下床版合せて最大 120 本配置し、各鋼棒を 3 ~ 4 ブロック間隔で交互に緊張した。他方完成時の断面力に対しては、フレッシュケーブル 12T12.7 mm を両ウェブに 6 本ずつ配置し、橋軸方向には後挿入および緊張の問題から、完成時のケーブルを約 120 m の 3 つのグループに分割した。

当初は通年施工で計画されていたが、前記したごとく冬期間は工事が中断されることになり、昭和 57 年 8 月に開始された押し出し架設を、途中冬期間中断しながら昭

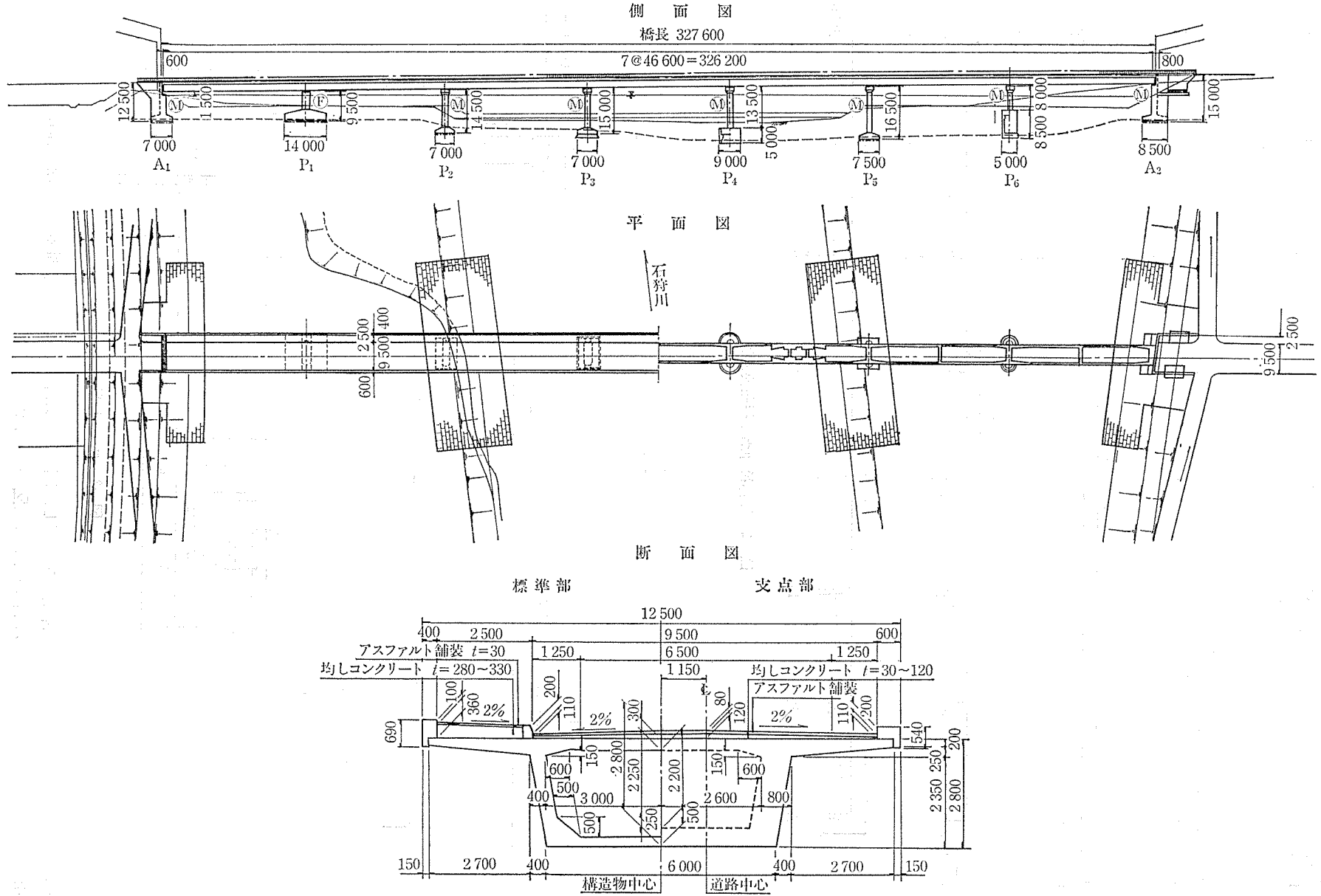


図-1

◇工事報告◇

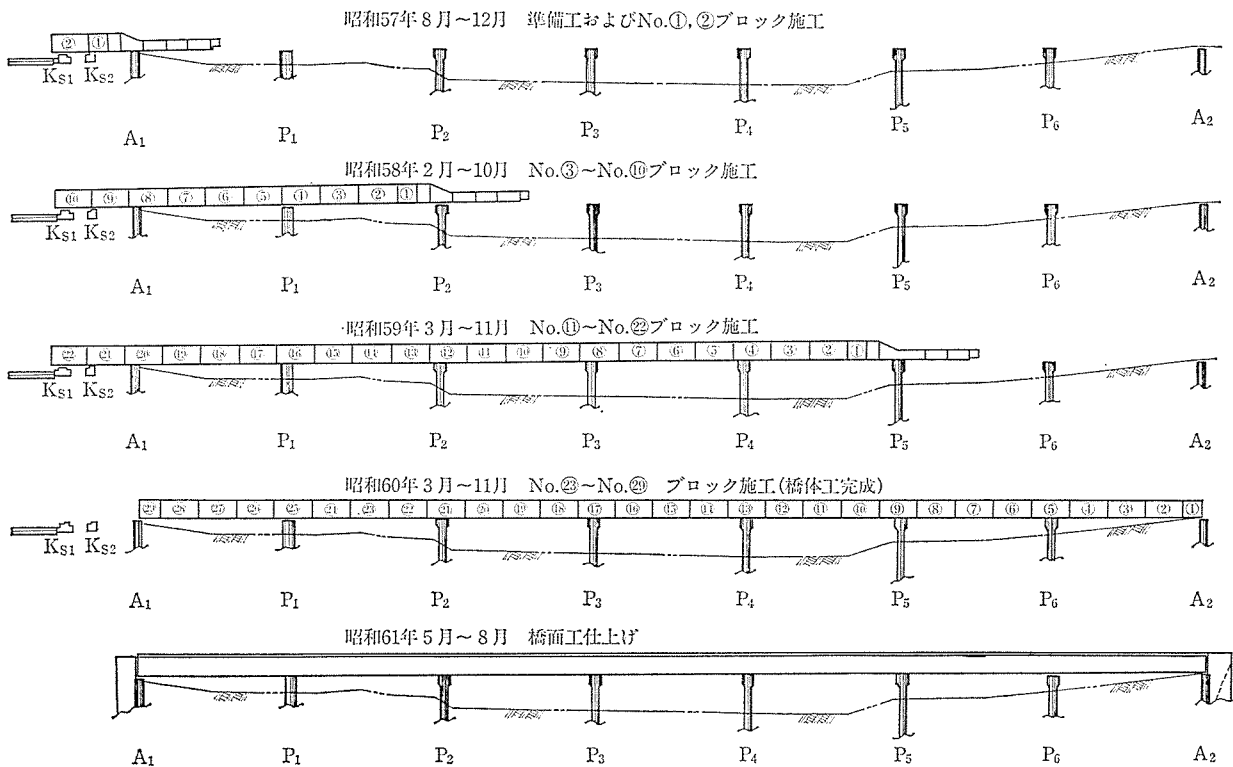


図-2 江神橋押出し架設要領図

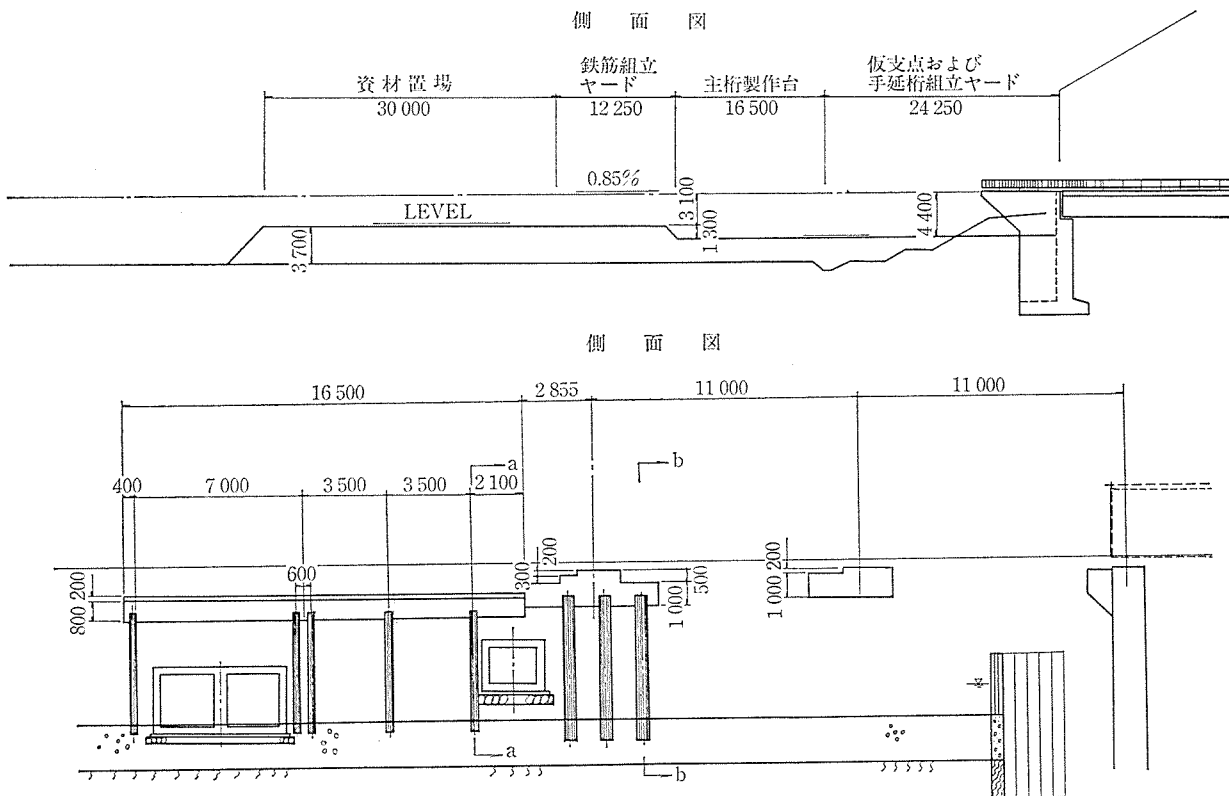


図-3 ヤード図

和 60 年 9 月に 4 年間の年月を経て押出しを完了し、昭和 61 年に橋面工を行い開通となったものである (図-1, 図-2)。

以下にこれらの諸問題を含めた江神橋の施工について記す。

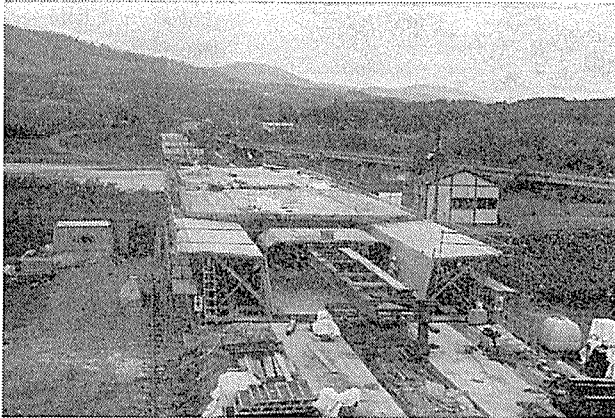


写真-2 ブロック製作ヤード

3.1 架設設備

押し出し施工を行う場合、ブロック製作を効率よく作業を進めるための設備として、主桁製作ヤード、型枠設備、上屋等がある。以下に本橋の設備について記す。

① 主桁製作ヤード

主桁製作ヤードは A₁ 橋台後方の取付け道路に設けた。主桁ヤード内に設置されるものは、①押し出し装置と

基礎、②主桁製作台、③型枠装置、④荷揚機械であり、図-3 および写真-2 に示すとおりである。

② 型枠装置

型枠については図-4 に示すように、底型枠、側型枠、内型枠とも鋼製とし、底型枠については施工の精度を高めるため、従来のメタルフォームより剛性の高いものを使用した。側型枠は下端をヒンジ構造として、外側に回転するようになっており、底型枠と一体となって昇降できるような構造にしてある。底型枠は主桁製作台基礎上に、型枠受けジャッキ (50 t) を設置し、この上にH鋼をおきサポートジャッキ、ターンバックル等を取り付け、型枠の組外しの省力化と確実性をはかった。内型枠についても、支点部を除いて鋼製型枠とし、内側に折り込む構造でレールにより引込み、引出しができるようにしてあり、全体的に脱型および組立を容易にして作業の効率化をはかった。

③ 手延桁

本橋に使用した手延桁を図-5 および写真-3 に示す。手延桁はプレートガーダーとし、長さは 35 m であ

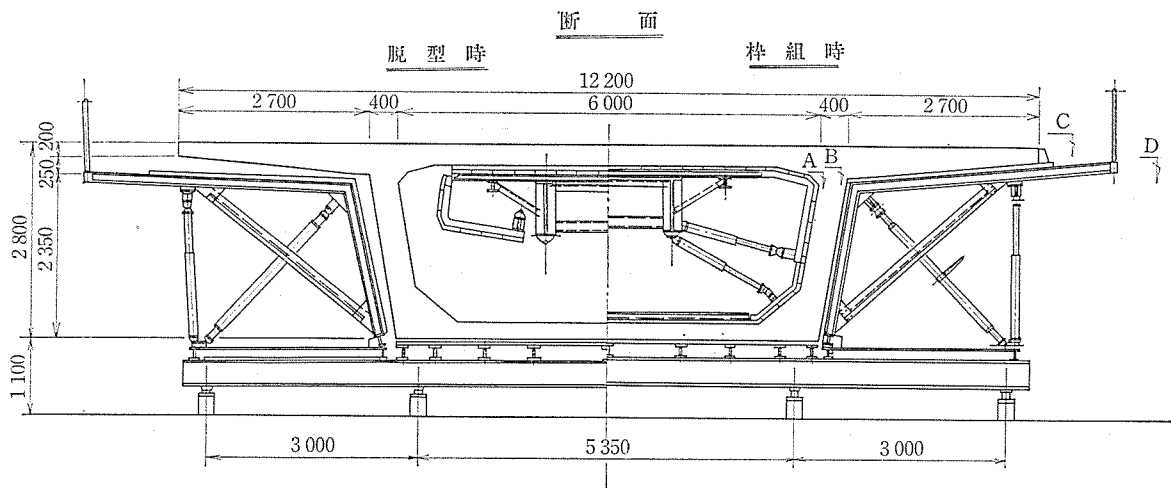


図-4 型枠図

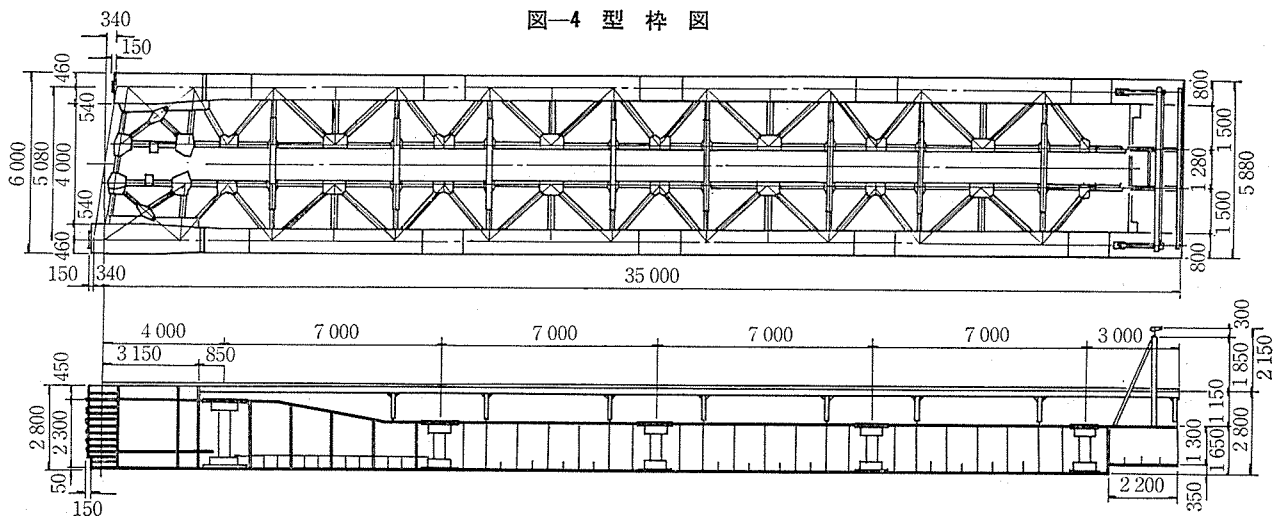


図-5 手延桁

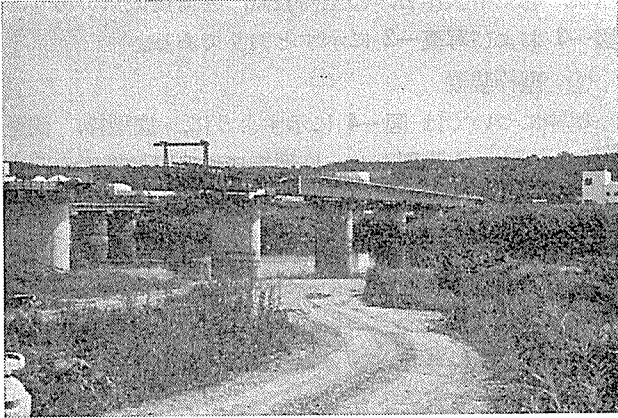


写真-3 手延桁

リスパン長の 75% に相当する。また剛性は主桁に対してほぼ $EG.IG/EC.IC \div 12.4$ になっている。これらの値は種々検討を加えたものであるが、結果的に第一ブロックが予想以上に重くなり、架設時の安定計算で第一ブロック押し出し時、ヤード側への転倒に対して安全率をとることができず、手延先端にコンクリートブロックのカウンターウェイトを取り付けて安全率を確保した。取付け方式は突合せ方式とし、PC 鋼棒で主桁先端と緊結している。手延桁の解体は手延桁が A₂ 橋台に到達後、トラッククレーンにより 1 ブロック 7m 程度に分けて、順次解体を行った。

④ 押し出し装置

本橋の押し出し装置は分散方式 (SSY 方式) であり、装置は図-6 に示すように、鉛直ジャッキ、テフロン加工を施した滑り板、および滑り架台、そして水平ジャッキから成り立っている。鉛直ジャッキは、橋桁を鉛直方向に押し上げて水平ジャッキをもちかえるものである。水平ジャッキは滑り板を水平方向に動かし桁を押し出すものである。装置は各支点に 2 基ずつ設置している。鉛直ジャッキによる橋桁のジャッキアップおよびダウンの際には、各ジャッキを一様に上げ下げする必要があるため、各鉛直ジャッキ間に連動装置が必要となる。また押し出し作業は 4 段階の作業をくり返す際に、これらの作業を安全確実にを行うと同時に、それぞれの操作をスムーズに行うため、中央制御盤を設けて操作をボタン 1 つで電氣的に作業できるように考慮されている。この押し出し装置の特徴は、橋桁を押し出す際の水平反力を各橋脚に分散してとらせ、橋桁の押し出し作業は中央制御盤によって、1 か所で集中コントロールできるということであり、多径間の押し出し作業が容易である。

3.2 施工

(1) コンクリート工および養生

主桁コンクリートは $\sigma_{ck} = 400 \text{ kg/cm}^2$ であり、配合は表-1 に示すとおりである。

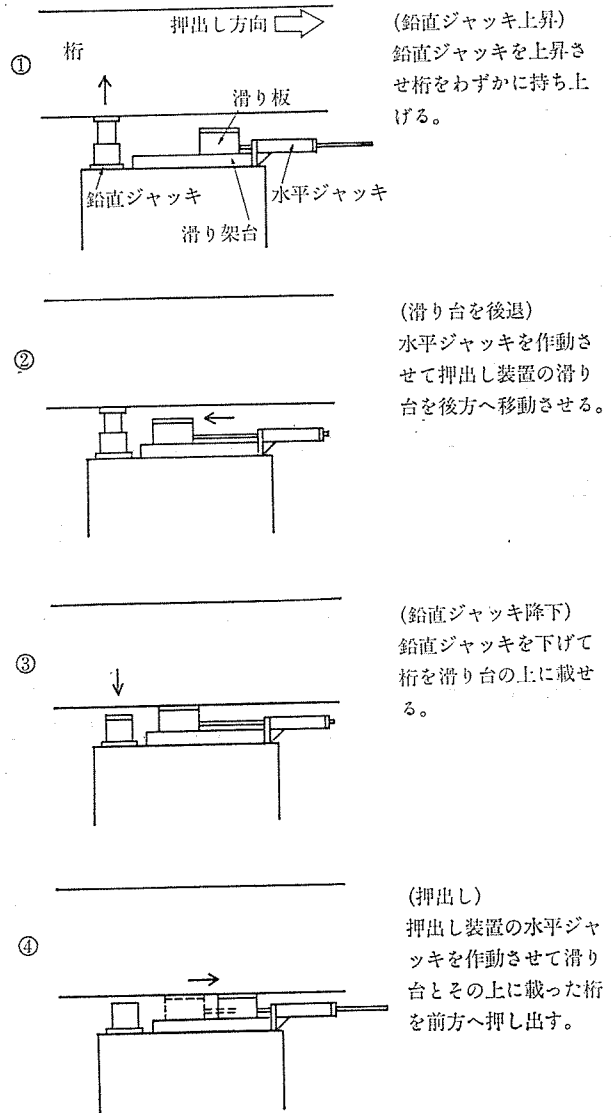


図-6 押し出し装置

表-1 主桁コンクリートの配合

コンクリート種別	単位セメント量 (kg)	単位水量 (kg)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)	混和剤の種別
PC-2P	430	150	663	1 135	減水剤

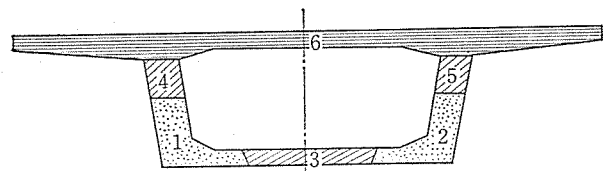


図-7 コンクリート打設順序

コンクリートの打設はポンプ車 (ブーム車) にて打設を行い図-7 に示すような全断面同時打ちとした。1 ブロック当たりの平均打設量は、 95 m^3 であり打設時間は約 5 時間程度である。養生は被膜養生を行い、その上に養生マットをかけて散水を行った。

(2) 緊張作業およびグラウト

PC 鋼棒の緊張はディビダーク工法設計施工指針(案)により、コンクリートの強度が 280 kg/cm^2 得られたことを確認して行った。緊張順序としては、床版横締め鋼棒は緊張端、固定端を交互に、鉛直鋼棒は左右対称になるようにし、一次鋼棒は緊張値表による順序で緊張する。以上の要領で緊張は鉛直鋼棒、床版横締め鋼棒、一次鋼棒の順序にて行った。各鋼棒の平均緊張力は表-2のとおりである。なお緊張に要する時間は、ブロック鋼棒本数によって異なるが本橋の場合 5~6 時間程度である。

表-2 平均緊張力

種 別	径	規 格	平均緊張力
一 次 鋼 棒	φ32	A種2号 SBPR 80/105	52.0 t
床版横締め鋼棒	φ26	B種2号 SBPR 95/120	33.2 t
横桁横締め鋼棒	φ32	〃	58.6 t
鉛 直 鋼 棒	φ26	〃	50.2 t

グラウトは緊張終了後注入を行った。

グラウトの配合は表-3のとおりである。

表-3 グラウトの配合

水セメント比	セメント (kg)	水 (kg)	GF-610 (g)
42%	160	67.2	1600

(3) 押出し作業

押出し作業について論ずる前に、本橋の押出し装置の特徴として道路橋としては初めて KS 沓 (兼用沓) を使用したことである。従来の道路橋では押出し施工完了後、あらかじめ下部工に仮置きされた沓を「あとセット」という複雑な作業を行わなければならなかった。当時、鉄道橋にしか施工例がなかった KS 沓を初めて採用して、この「あとセット」の問題を解消した。ただし、 $P_1 \sim P_6$ 橋脚には KS 沓を用いたが、 A_1, A_2 橋台には沓座幅の関係で SSY 式押出し装置を用いた。なお後述のように固定橋脚 P_1 上には、地震時水平力をとらせるべく改良を加えた KS 沓を用いている。

押出しのストロークは1回 47 cm とし、所要時間約 8分~10 分である。また押出しの途中で橋体が軸線からずれることがあるので、押出し作業と併行して 10 ストロークに1回程度で軌道修正を行った。その際、各橋脚、橋台に設置してある修正用側方ガイドを利用して行った。軌道修正は主桁の下にテフロン板を挿入して側方ガイドにジャーナルジャッキ (50 t) をセットして行った。軌道修正は容易に行うことができ、押出し作業のネックにはならなかった。以上のような修正で、鉛直ジャッキのもりかえ作業を含めて、1ブロック 11.650 m の押出しに要する時間は6時間程度であった。

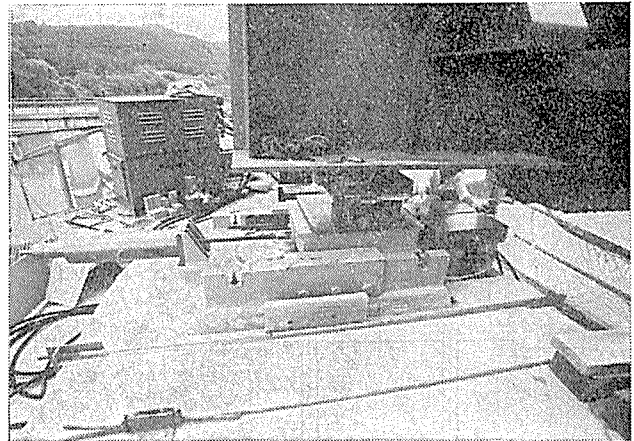


写真-4 KS 沓 (可動)

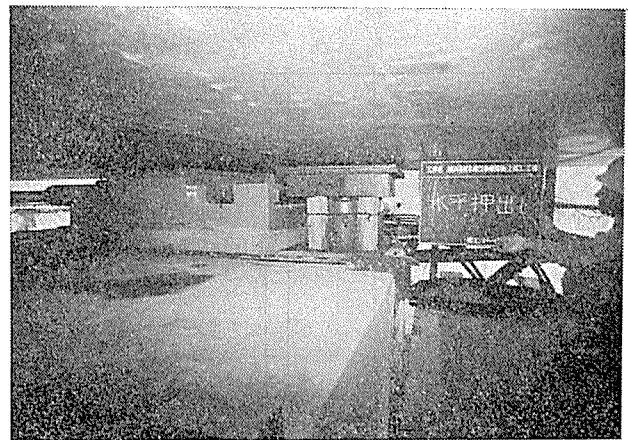


写真-5 水平押し

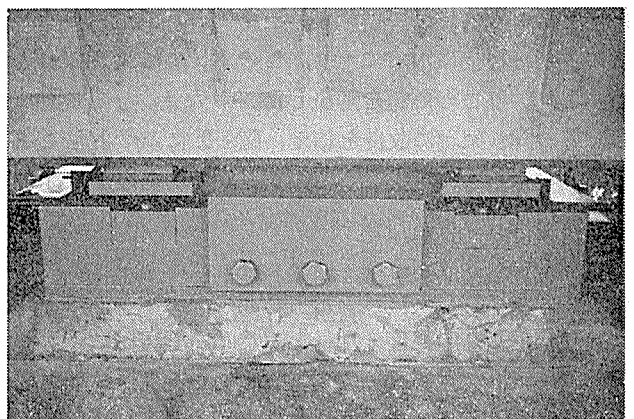


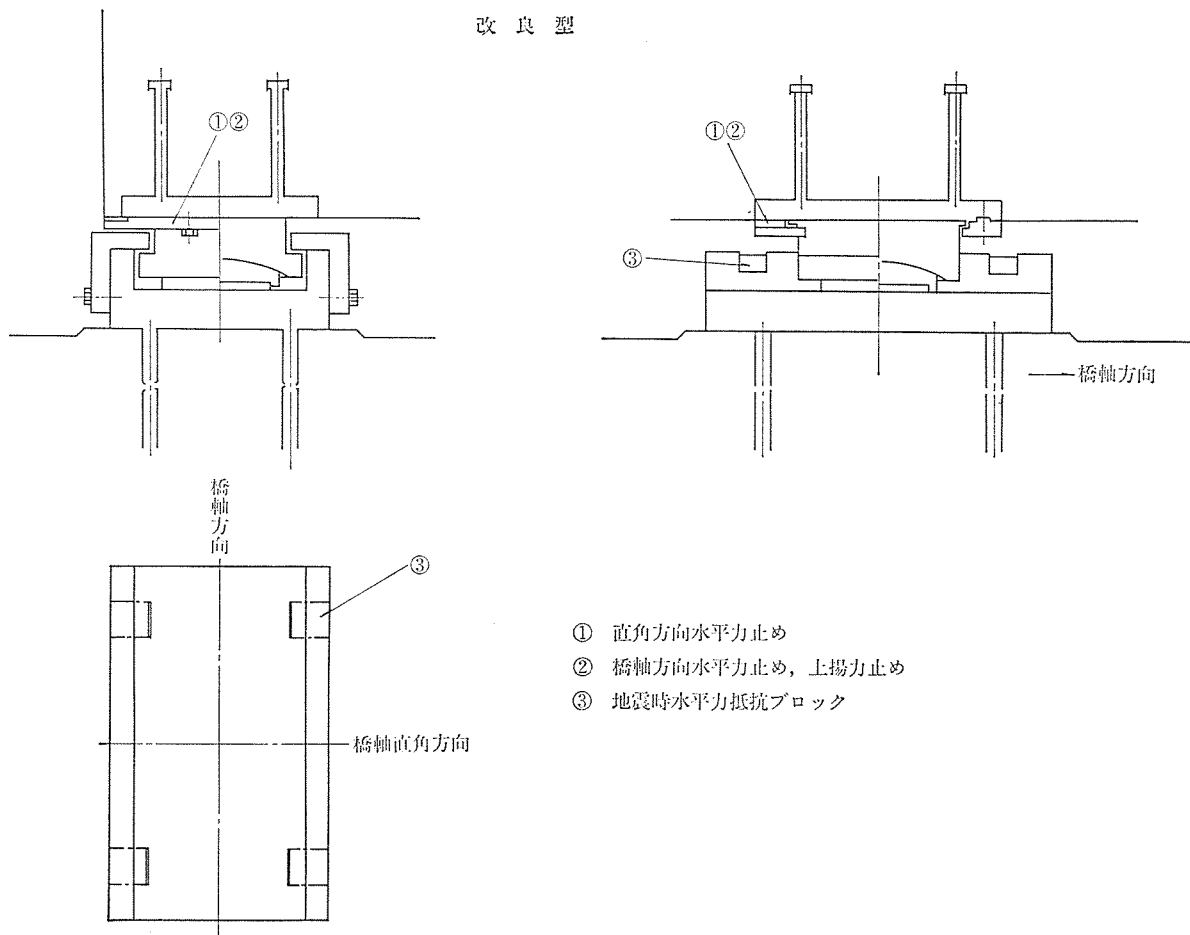
写真-6 KS 沓 (固定)

(4) 押出し中断時対策

前記したように冬期間押出しが中断されたことにより、地震時水平力、コンクリートのクリープ、押出し機器の維持管理について種々対策を講じた。

① 地震対策

施工場所の水平震度は $K_h=0.13$ であるが、この地震荷重に対して問題となるのは、押出し装置および KS 沓における滑り面の摩擦係数が小さい(推定 0.05) ことである。当時地震対策と並行して、沓の「あとセット」の



図—8 兼用沓

問題も種々検討されていたが、道路橋として初めて KS 沓の使用が可能になるに至り、この KS 沓に改良を加えることによりこの問題を解決した。すなわち従来型の KS 沓の滑り架台に改良を加え、図—8 に示すように橋軸方向の水平力に抵抗しうる鋼製ブロックを取り付けることで対処できた。この KS 沓はそのまま P_1 上の固定沓となるものであり、固定脚 P_1 上の「あとセット」の問題も同時に解決した。また可動側に使用する KS 沓についても中断時の温度変化量を想定して、同様に鋼製ブロックを取り付け移動制限装置としての機能をもたせた。

② 押し出し機器の維持管理

本橋は極寒地での施工ということもあり、押し出し機器の防寒対策および中断時の維持管理についても種々検討を行った。防寒については押し出し機器をグラスウールと防寒シートでつつみ養生を行った。またジャッキとポンプに使用するオイルについては、厳寒期においても凍結しないオイル（ラフニースーパーハイドリックオイル-32#）を使用し、中断時は月 1 回、ジャッキとポンプを作動させて暖気運転を行い点検と維持をはかった。

③ コンクリートのクリープの問題

表—4 江神橋架設地点の近年の最低温度
(旭川気象台調べ)

年次	S56年	S57年	S58年	S59年	S60年	S61年
月日	1月26日	2月6日	2月28日	2月8日	1月25日	2月8日
気温	-24.6°C	-26.0°C	-22.5°C	-23.3°C	-27.8°C	-23.3°C

押し出し中断に伴う問題として、以上のほかコンクリートのクリープによるたわみ、および施工の長期化におよぶことによるプレストレスの減少の問題があった。設計面についてコンクリートのクリープ係数を想定するうえで、一般的には短期間に押し出し施工を行うので、特にクリープたわみは問題でないが、本橋の場合施工期間が一応3年間と想定したので、この状態でのクリープたわみを計算した結果、最大たわみ $\delta=8.5$ mm（第一径間）、平均たわみ $\bar{\delta}=2.6$ mm 程度であり、施工期間の変動があってもこの数値はあまり変わらないことが確認され、また下部工の不等沈下 $\Delta\delta=10$ mm に対しても、コンクリートの引張応力度の増分は -10 kg/cm² であることと、等支間割であることによって、以後の施工時および橋体完成時における応力上の問題はないと判断された。施工面では上記のような条件のもとで、たわみに関する計画書を作成し、各ブロックごとに測定を行い管理を行

ったが、いずれも管理限界範囲内におさまり計画の妥当性が確認された。またプレストレスの減少についても、架設時 PC 鋼材に対して施工期間を想定したうえで、各施工段階でのクリープ係数を算出し、有効プレストレスの算定を行った結果、通年施工で設計された PC 鋼材量に、若干追加配置することで対処できた。同様にまた施工期間の変動による影響もないことが確認された。

(5) 工程

本橋の施工の1ブロックの製作サイクルは、主桁製作

表-5 主桁製作工程 (標準ブロック)

台上上屋を設けなかったため、雨天日、休祭日等稼働効

工種	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日
押出し架設	■										
底枠・外枠セット脱型		■									■
下床鉄筋鋼材セット		■	■	■	■	■					
内型枠セット・脱型					■						■
上床鉄筋鋼材セット					■	■	■	■			
コンクリート打設								■	■	■	
養生									■	■	■
緊張											■
グラウト											■

1ブロック作業日数(8日)+稼働効率(0.73)=11日
 稼働効率 = $\frac{(365-66-32)}{365} = 0.73$ 66日:休祭日 32日:雨天日

率の関係で1ブロック 11 日である。支点横桁部、隔壁部のあるブロックでは 12 日である。

(6) 沓の据付け

沓は A₁, A₂ については通常の BP 沓で A₁, A₂ とも反力が 350 t の可動沓である。P₁~P₆ は反力 900 t の兼用沓で P₁ 橋脚が固定沓である。据付け方法は上沓と下沓をはなし、A₁, A₂ については主桁ブロック製作時に上沓を埋め込み、下沓は仮置きしておき、押し出し完了後に下沓を持ち上げて上沓と一体化して無収縮モルタルを打設して固定した。P₁~P₆ の兼用沓については、主桁ブロック製作時ソールプレートを埋め込み、下沓は押し出し前に各橋脚に、無収縮モルタルにて固定し、水平ジャッキを取り付けて押し出し装置とする。押し出し完了後、P₁ 沓が固定沓となるため、P₁ において下沓中心と主桁に埋め込んである。ソールプレートの中心を一致させ、鉛直ジャッキを上昇させ、各兼用沓の上沓中心をソールプレートに合せて、兼用沓のライナー材を抜きさり、鉛直ジャッキにより、主桁を下降させ下沓と一体化させる。なお上沓とソールプレートの固定構造にも同時に改良を加え、施工性を高めた。各支点の偏心量、気温を測定して各遊間を決定し、サイドブロックの寸法を測ってセットを行った。

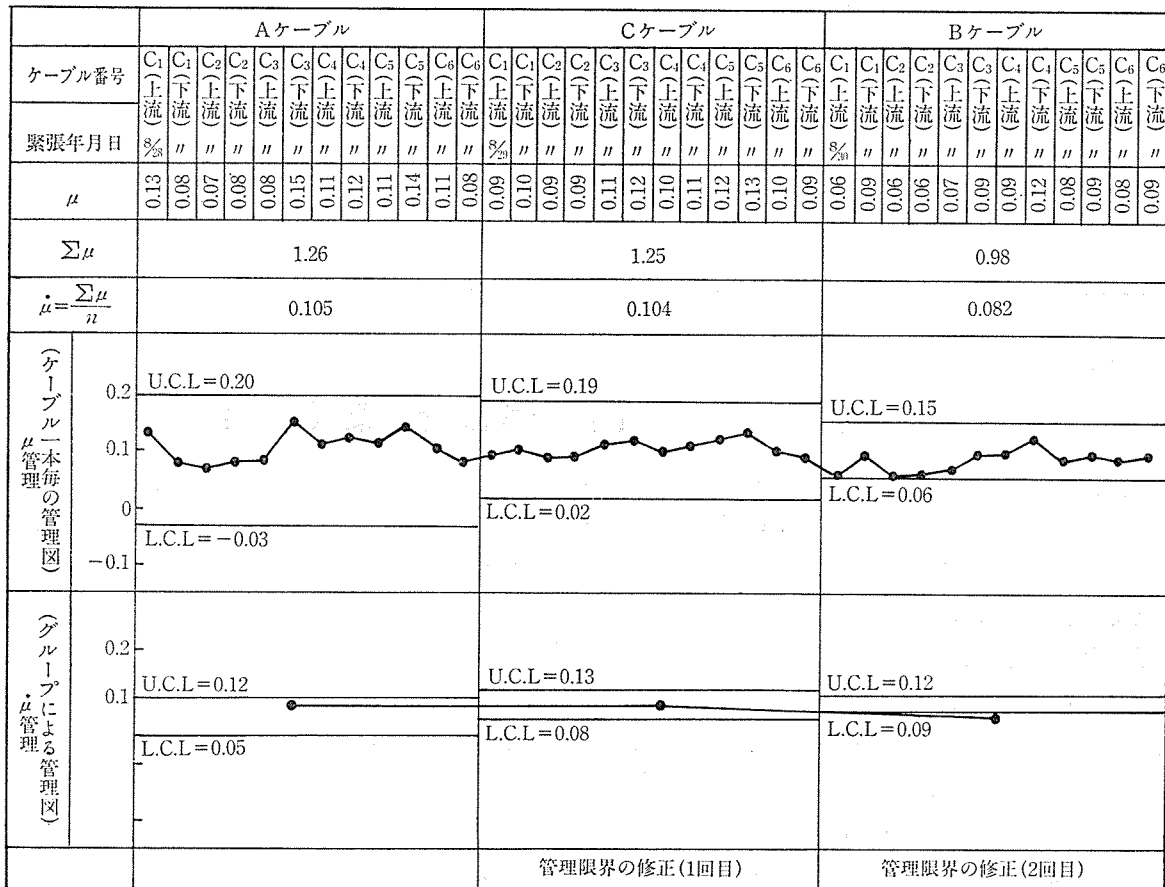


図-9 緊張管理図

◇工事報告◇

(7) 主ケーブルの挿入

本橋では完成時の主ケーブルとして、フレシネーケーブル 12T12.7mm を使用し、両ウェブに6本ずつ配置している。橋長 327.600m であり主ケーブルは橋軸方向に3分割して定着され、11ブロックと19ブロックに定着用の突起を設けている。ケーブル長約 120m で、後挿入で、かつ施工の長期化が予測されたので、この点について完全な施工を期するため、下記のようなことについて種々検討を行った。

- ① 主ケーブルはフレシネーケーブル 12T12.7mm であり、コンクリート打設時シースの変形、つぶれをふせぐためシースの肉厚を厚くして $t=0.4\text{mm}$ を採用した。
 - ② シースの径を 65mm から 75mm にして、亜鉛メッキ処理をした。
 - ③ 主ケーブル挿入のためのリード線先端金具を主ケーブルの接続について実験を行い、主ケーブル引込み時、接続部の切断や、シースのまくれなどのトラブルをふせぐため種々実験を行い、しんちゅうによるガス溶接がベターなことを確認した。
 - ④ 後挿入の摩擦軽減のため、ローラーをセットして、主ケーブルをのせて引込みを行った。
- 以上の結果、主ケーブルの挿入に当たっては、パイロ

ットマウスによるシース内空間の確認を行って、10HP のウインチにて引込み作業を行ったが、予想以上の結果がえられ、3グループ 36 ケーブルの製作挿入に要した日数は、13 日間であった。

(8) 主ケーブルの緊張

主ケーブルの緊張は、フレシネージャッキ4台を使用して、aグループ、cグループ、bグループの順序にて行った。ジャッキのストローク 300mm に対して、伸び量が 370mm ほどになるので 150kg/cm^2 で仮碇着して、ジャッキのストロークをもどして再度くさびをセットして緊張を行った。

緊張管理については 3σ 法により管理を行った。 μ の平均値は 0.097 である。

緊張管理図を図-9に示す。

4. あとがき

江神橋の上部について、施工の概要を報告したが、本橋が完成して、旭川-留萌をつなぐ幹線ルートを代表する橋梁になるものと期待される。

また押出し工法として江神橋が実現したのも、設計・施工にたずさわってこられた関係各位の努力のたまものであり、紙上をかりてここに深謝の意を表す次第です。

【昭和 62 年 4 月 13 日受付】

◀刊行物案内▶

プレストレストコンクリート構造物設計図集 (第2集)

本書は協会設立 20 周年行事の一環として、前回発行した設計図集の様式にならない編集した、その第2集です。協会誌第 10 巻より 21 巻に亘る巻末折込付図を主体とし、写真ならびに説明を付し、その他参考になる PC 構造物についてとりまとめた設計図集で、PC 技術者の座右に備え付けべき格好の資料と考えます。

希望者は代金(現金為替または郵便振替 東京 7-62774)を添え、下記宛お申し込みください。

体 裁: B4判 224 頁

定 価: 9,000 円 (会員特価 7,000 円) 送 料: 1,000 円

内 容: PC 橋梁 (道路および鉄道) 74 件, PC 建築構造物 25 件, その他タンクおよび舗装等 10 件

申 込 先: (社)プレストレストコンクリート技術協会

〒102 東京都千代田区麹町 1-10-15 (紀の国やビル) 電話 03 (261) 9151

本誌掲載物の項目区分け変更について

(「報告」項目の変更)

28巻より「報告」項目を、「工事報告」、「論文報告」、「報告」の三つに分割することになりました。それぞれの趣旨は、以下のとおりです。

- ・「工事報告」：PC 構造物の設計・施工・計画等に関する工事報告文。
刷上がり 8 頁以内を原則とする。
- ・「論文報告」：PC 全般に関するもので、独創的な研究成果が含まれている報告文。
刷上がり 10 頁以内を原則とする。
- ・「報告」：上記以外の範疇に属する報告文、あるいは、明確に上記に区分したくないもの。
刷上がり 8 頁以内を原則とする。

ただし、これらの分類は、あらかじめ執筆者が希望するものとし、編集委員会による査読を通過すれば認められる。

また、「工事」に関するものでも、その独創性が認められる研究成果のもとに行われ、それについての言及がなされていれば、「論文報告」として希望できる。

以上、不明の点がございましたら、本誌編集会までお問合せください。

協会誌投稿要項

- (1) プレストレストコンクリートに関する理論、実験、設計、計画などの研究論文および創意のある工事の調査、実施の報告であること。ただし他の発表機関に既発表または発表予定のものは、その旨を明記するとともに内容が重複しないように御注意願います。
 - (2) 原稿は内容が正確で文章が容易に理解でき、平易な口語体をもって執筆し、図表も適切、効果的に利用しうよう御考慮下さい。なお本文中で引用された参考文献は、できるだけその出所を明らかにし、本文末尾に一括して御記載願います。報告（工事報告・論文報告）には必ず英文題目およびローマ字氏名をつけて下さい。
 - (3) 図表はトレーシング・ペーパーに線図のみ墨入れし、文字類は線図のコピー上にはっきりと御記入下さい。
 - (4) 投稿原稿は次の分類により登載されます。原則として制限ページは次の通りです。
論 説：刷上り 6 ページ（協会原稿用紙 36 枚、ただし図表、写真(注)を含む）以内
報 告：刷上り 8 ページ（協会原稿用紙 48 枚、ただし図表、写真(注)を含む）以内
工 事 報 告：刷上り 8 ページ（協会原稿用紙 48 枚、ただし図表、写真(注)を含む）以内
論 文 報 告：刷上り 10 ページ（協会原稿用紙 60 枚、ただし図表、写真(注)を含む）以内
資 料：刷上り 4 ページ（協会原稿用紙 24 枚、ただし図表、写真(注)を含む）以内
海外ニュース：刷上り 1 ページ（協会原稿用紙 6 枚、ただし図表、写真(注)を含む）以内
工事ニュース：刷上り 1 ページ（協会原稿用紙 6 枚、ただし図表、写真(注)を含む）以内
文 献 抄 訳：刷上り 3 ページ（協会原稿用紙 18 枚、ただし図表、写真(注)を含む）以内
サ ロ ン：刷上り 0.7 ページ（協会原稿用紙 4 枚、ただし図表、写真(注)を含む）以内
口 絵 写 真：一色刷りではプリント、多色刷りではポジフィルムを、1 工事につき 2～3 件ずつ御提供下さい。
- 注：図の大きさの標準は縦、横とも 12 cm くらいです。標準図 1 枚をもって原稿用紙 1 枚（刷上り 1 ページに 6 枚入れられます）に換算して下さい。写真は手札判 8 枚をもって刷上り 1 ページの割合となります。
- (5) 御投稿頂いた原稿は編集委員会で受理のうえ審査し、採否、登載時期、登載欄などを決定し、その結果は随時投稿者へ御連絡いたします。内容の審査には担当委員があたることとなりますが、委員会で審議の結果、原稿に対する希望意見をつけて御返却することがありますから、あらかじめ御了承下さい。
 - (6) 登載された原稿には別に協会で定める規定により原稿料をお支払い致します。別刷（論説、報告、資料にかぎる）は 50 部を贈呈、それ以上を希望される場合には実費を頂戴すれば、それに相当する部数を差し上げますから、原稿の表紙に部数を御記入願います。原稿料送金のため安全で有利な貴殿の加入銀行名と普通預金口座番号をハガキにご記入下さい。
 - (7) 著者連名の場合は 4 名以内とし、読みづらいお名前には振仮名を付して下さい。
 - (8) 原稿送付先は下記へお願いします。