

# ミュンヘン大橋の施工

草刈 孝弘<sup>\*1</sup>・竹中 一雄<sup>\*2</sup>・牧本 有功<sup>\*3</sup>・延命 直毅<sup>\*4</sup>

## 1. はじめに

ミュンヘン大橋は、札幌市中心部を流れる豊平川に建設される道路橋で、豊平区から南区を經由し中央区へ結ぶ南回りの外環状の都市計画道路の一部であり、また、『ミュンヘン大橋』という命名は、本事業の着手が札幌市とドイツ・ミュンヘン市との姉妹都市提携 15 周年にあたり、国際化への市民意識高揚のシンボルとなるようにとの願いが込められている。

本橋の構造形式は、周辺環境との調和と地形、地質等の架橋条件により経済性・施工性・維持管理などを考慮して、長スパンでかつ桁下空間を広くとれ、さらに、美観的にも非常にすぐれている PC 斜張橋が選定されている。スレンダーな主塔とシャープな橋桁が多本数のケーブル（斜材）により結合され、現代的な造形美・構造美を創り出し、国際都市札幌市の河川橋として周囲の景観と見事な調和を見せるものと思われる。

架設方法は、主桁は、ワーゲンをを用いたカンチレバー工法を、主塔は、ブロック施工により順次立ち上げていくジャンピングステージ工法を、斜材は、現地製作による PE 管先行取付け工法を採用している。着工は、昭和 63 年 10 月で平成 3 年度に供用予定である。

本稿は、ミュンヘン大橋の施工の概要について述べるものである。

## 2. 工事概要

工事名：無利子貸付事業

3.4.15 福住桑園通仮称南三十一条大橋新設工事

工事場所：札幌市南区南 31 条西 8 丁目～豊平区中の島 1 条 13 丁目間

橋名：ミュンヘン大橋

橋種：プレストレストコンクリート道路橋

構造形式：上部工 2 径間連続 PC 斜張橋

表-1 主要材料数量

| 区   | 種別     | 仕様                                | 単位                                | 数量             | 備考    |                    |
|-----|--------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|-------|--------------------|
| 下部工 | 橋脚     | コンクリート                            | $\sigma_{ck}=210 \text{ kg/cm}^2$ | m <sup>3</sup> | 4 760 | フーチング              |
|     |        | コンクリート                            | $\sigma_{ck}=210 \text{ kg/cm}^2$ | "              | 1 480 | フーチング<br>中埋めコンクリート |
|     |        | コンクリート                            | $\sigma_{ck}=300 \text{ kg/cm}^2$ | "              | 2 430 | 橋脚<br>バルコニー        |
|     | 鉄筋     | SD 30                             | t                                 | 525            |       |                    |
| 工台  | コンクリート | $\sigma_{ck}=210 \text{ kg/cm}^2$ | m <sup>3</sup>                    | 1 810          |       |                    |
|     | 鉄筋     | SD 30                             | t                                 | 60             |       |                    |
| 上部工 | 橋      | コンクリート                            | $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$ | m <sup>3</sup> | 5 900 |                    |
|     |        | 鉄筋                                | SD 30                             | t              | 697   |                    |
|     | 桁      | P C 鋼材                            | SBPR 95/120 $\phi$ 32             | t              | 232   | 縦締め                |
|     |        |                                   | SWPR 1 12 $\phi$ 7                | t              | 26    | 横締め                |
| 工塔  | 主塔     | コンクリート                            | $\sigma_{ck}=500 \text{ kg/cm}^2$ | m <sup>3</sup> | 1 200 |                    |
|     |        | 鉄筋                                | SD 30                             | t              | 218   |                    |
|     | 斜材ケーブル |                                   | SWPR 7 B $\phi$ 15.2              | t              | 222   |                    |

\*1 Takahiro KUSAKARI : 札幌市建設局土木部街路建設課工事係長

\*2 Kazuo TAKENAKA : 共同企業体所長 (岩田建設(株))

\*3 Ariyoshi MAKIMOTO : 共同企業体副所長 (大成建設(株))

\*4 Naoki ENMEI : 共同企業体工事主任 (住友建設(株))

◇工事報告◇

下部工 逆T式直接基礎（ニューマチックケーソン工法）

橋 格：第4種2級（1等橋，TL-20）

橋長（支間割り）：171.7 m（106.9+63.2）

幅 員：全幅 28.6 m（車道 16 m，歩道 3 m×2，定着帯 3.3 m×2）

橋脚・主塔全高：76.28 m（22.68+53.6）

勾 配：縦断 0.4%，横断 2.0%

斜 角：84°00′（右岸）76°00′（橋脚）  
72°45′（左岸）

工 期：昭和 63 年 9 月 17 日～平成 3 年 3 月 25 日

発 注 者：札幌市建設局土木部街路建設課

施 工 者：岩田建設(株)・大成建設(株)・住友建設(株)・戸田建設(株)・(株)熊谷組・日本高圧コンクリート(株)共同企業体

全体一般図を図-1 に，全体実施工程表を図-2 に，主要材料数量を表-1 に示す。

3. 施 工

3.1 主 桁

主桁は，フォルバウワーゲンを用いた片持ち張出し施工にて架設され，主桁断面は，径間が非対称のため，片持ち張出し架設時のバランスを考慮し，長径間側は五重箱桁断面とし，短径間側は充実断面としている。

施工要領図（図-3）に従って，主桁の施工概要を述べる。

（1）工専用仮栈橋の施工

上部工の施工に先立ち，A<sub>2</sub> 橋台側に高水敷より P<sub>1</sub> 橋脚部までの 3 径間 45.5 m，幅 6 m（一部拡幅 7 m）の仮栈橋を設置した。基礎は，ロックオーガーにより掘削

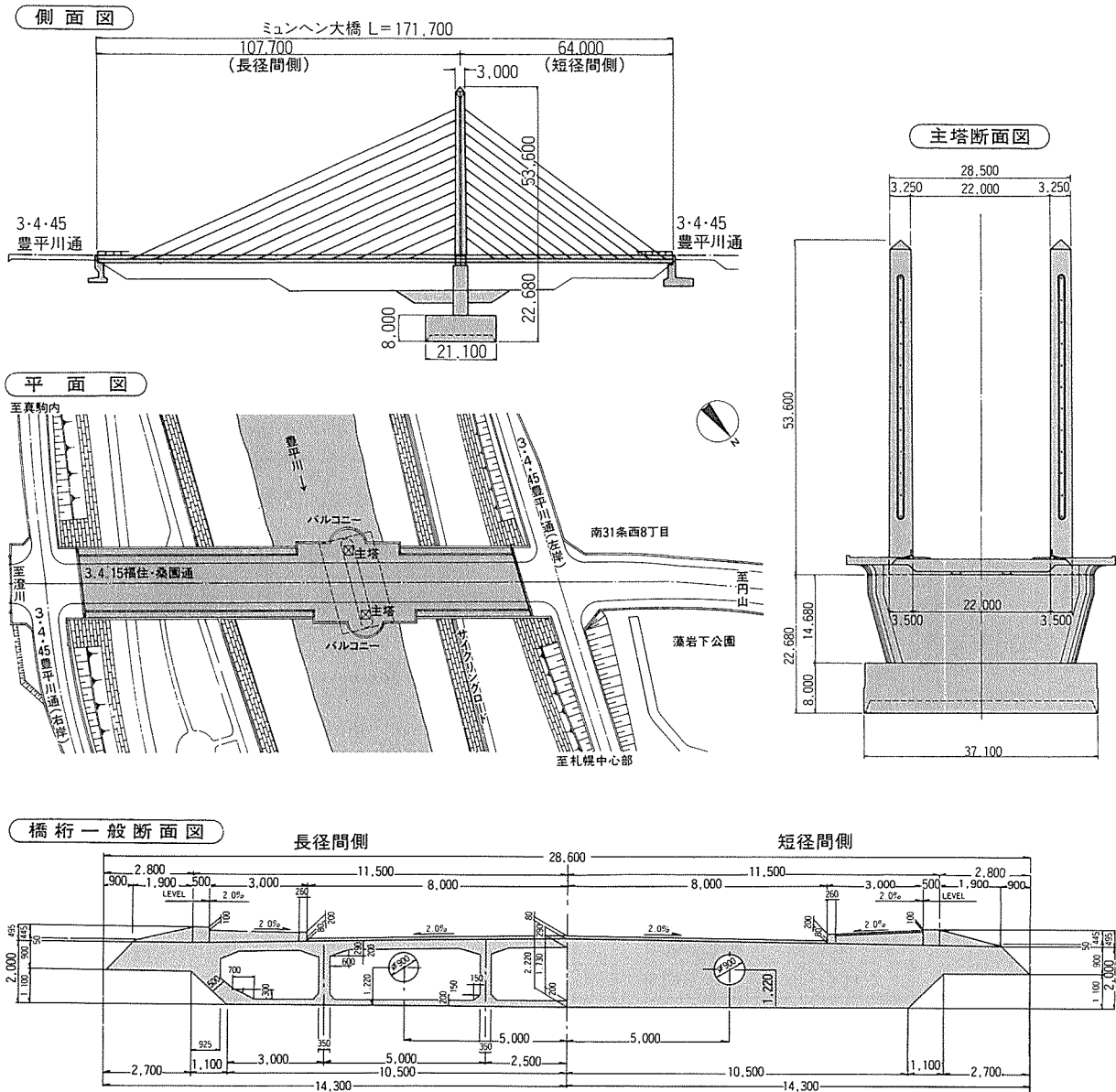


図-1 全体一般図

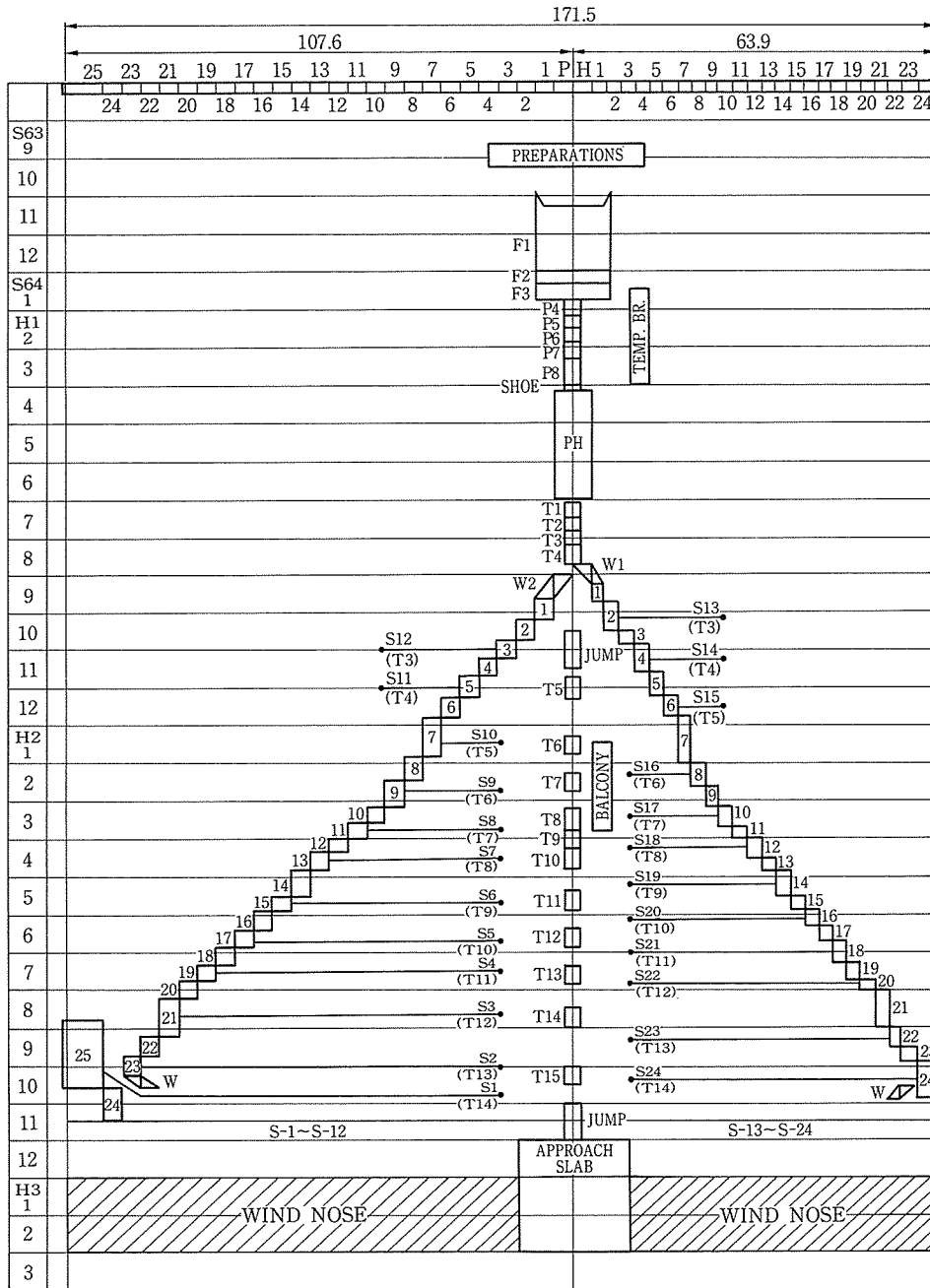


図-2 全体実施工程表

しH鋼杭 (H-300, L=10 m~5 m) を建て込みモルタル注入した基礎杭とした。主桁には、H-800を4列配置し覆工板を敷設して、重機の進入に備えた。上部工に必要な資機材については、主としてこの仮栈橋よりタワークレーンにて荷揚げを行った。

(2) 橋脚頭部の施工

橋脚部二次施工として、橋脚頭部の最終8ロッドの施工を行った。この躯体には、①仮固定用PC鋼棒、②P<sub>1</sub>支承のアンカーフレームおよびアンカー、③主塔鉄骨基礎、④主塔部主筋、⑤柱頭部支保工用ブラケットアンカー等が設置されている。なお、コンクリートの打設は仮栈橋よりコンクリートブーム車にて行った(写真-

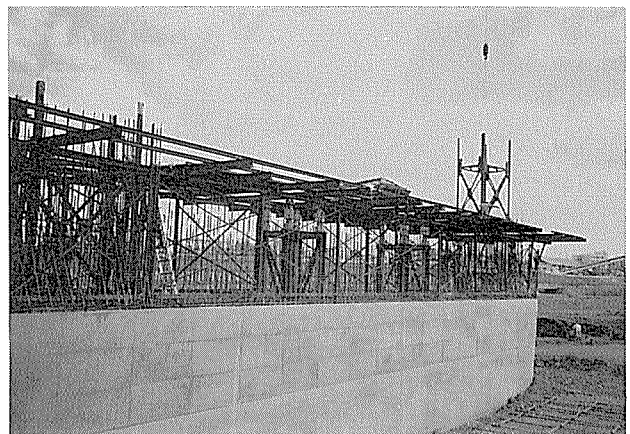
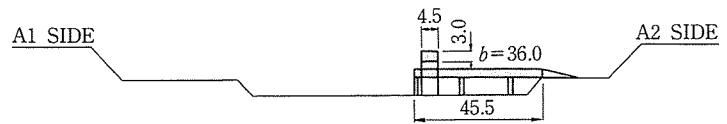


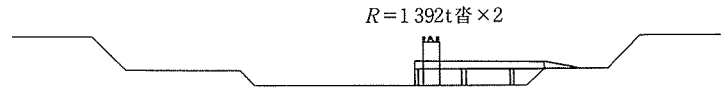
写真-1 橋脚頭部の施工

◇工事報告◇

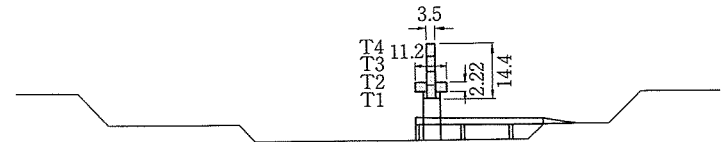
1. 工事前仮栈橋、橋脚頭部の施工



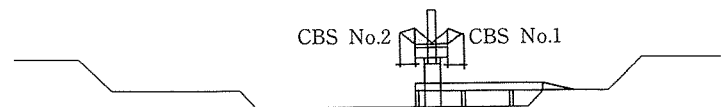
2. 支承の据付けならびに仮固定工の施工



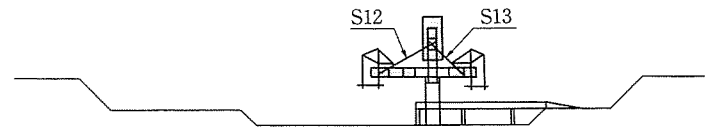
3. 柱頭部支保工および柱頭部の施工  
主塔(T1ロッド~T4ロッド)の施工



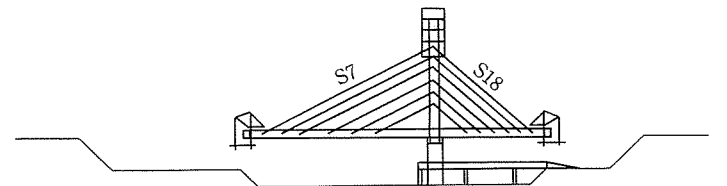
4. 短径間側、長径間側ワーゲンの組立



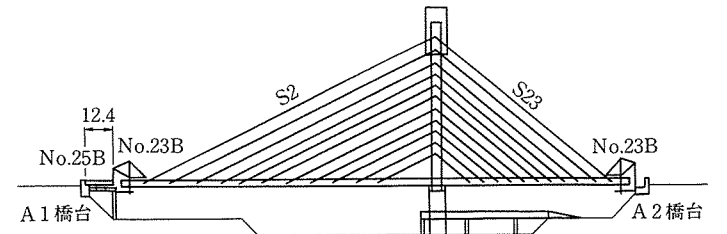
5. ワーゲン張出しブロックの施下  
ジャンピングステージの組立  
エレベータの組立  
斜材の架設および緊張



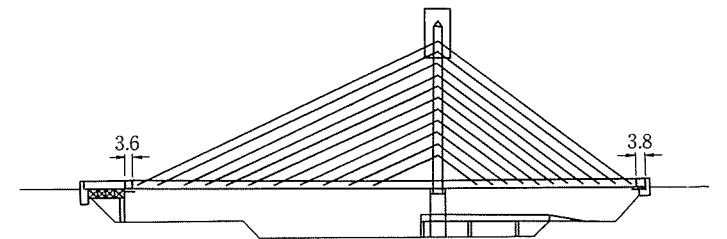
6. ワーゲン張出しブロックの施工  
ジャンピングステージによる施工  
斜材の架設および緊張



7. ワーゲンによる最終ブロックの施工  
長径間側側径間部の施工



8. ワーゲンの撤去後、吊支保工部の施工



9. 最終斜材の架設および全斜材の張力調整  
仮栈橋の解体  
斜材グラウトの施工

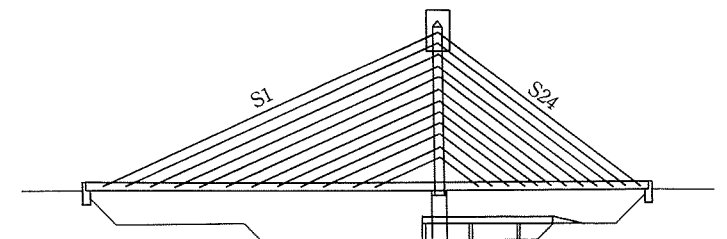


図-3 施工要領図

1)。

### (3) P<sub>1</sub> 支承および仮固定支承の施工

P<sub>1</sub> 支承は、反力 1 392 t 固定支承で、重量が一基 21.1 t もあり、クレーンの作業半径も大きくなるため、上承・下承に分離させ、100 t 機械式トラッククレーンにて架設据付けを行った。また、主桁張出し施工中の仮固定支承としてコンクリートブロックを設置し、架設時反力に対しては 3 点支持、曲げに対しては 2 点支持として作用させ、仮固定支承は主桁完成後撤去する（写真-2）。

### (4) 柱頭部の施工

支承据付け完了後、橋脚部に主頭部施工用のブラケット構造の支保工を設置し柱頭部を施工した。

柱頭部の形状は、長さ 11.2 m、幅 23.0 m、桁高 2.2 m で、2 回に分割してコンクリート打設を行った（写真-3）。

### (5) 架設用フォルパウワーゲンの組立

柱頭部完了後、短径間側と長径間側にワーゲンを組み立てた。本機は、6 トラスと横梁が 76° の斜角を持ったまま構成され、また、下部橋梁も剛性の高いトラス形式の部材となっており、1 基当りの本体重量も 150 t を超える特殊ワーゲンである。なお、冬期施工における防寒養生のため、ワーゲン全体に防寒囲いの設備を設けてい

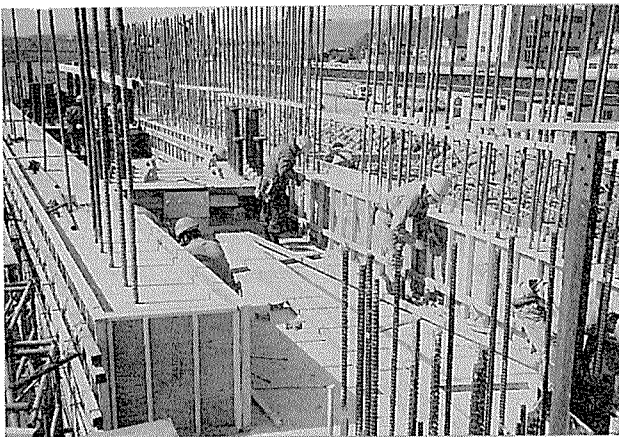


写真-2 P<sub>1</sub> 支承および仮固定支承



写真-3 柱頭部の施工

る（写真-4）。

### (6) ワーゲンによる張出しブロックの施工

主桁の施工ブロック長は、長径間側は奇数番号ブロックが斜材定着部で 3.9 m、偶数番号ブロックが 3.6 m、短径間側は偶数番号ブロックが斜材定着部で 2.6 m、奇数番号ブロックが 2.1 m となっている。

ブロック数は、A<sub>1</sub> 側の場所打ち支保工ブロックおよび両径間の吊支保工ブロックを考慮すると、長径間側は 25 ブロック、短径間側は 24 ブロックである。

施工は、短径間側ブロックより始め、短径間・長径間とも 23 ブロックまで張出し施工を行った。

図-4 は、長径間側および短径間側の斜材定着部ブロックの施工フロー図で、図-5 は、長径間側ブロック標準工程表である（写真-5）。

### (7) 側径間部の施工

A<sub>1</sub> 側の側径間支保工部は、本来 24 ブロックまでワーゲン施工し、ワーゲン解体後、施工する予定であっ

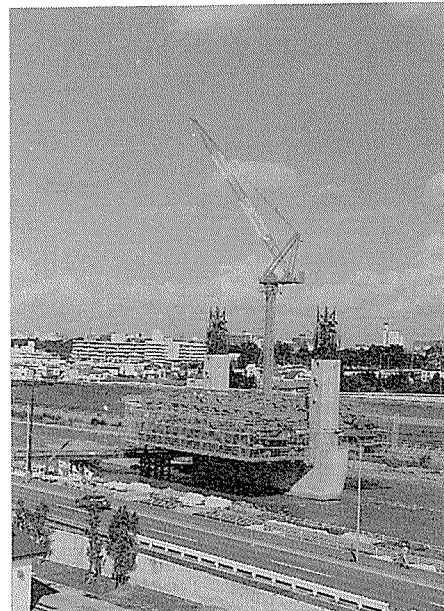


写真-4 ワーゲン組立

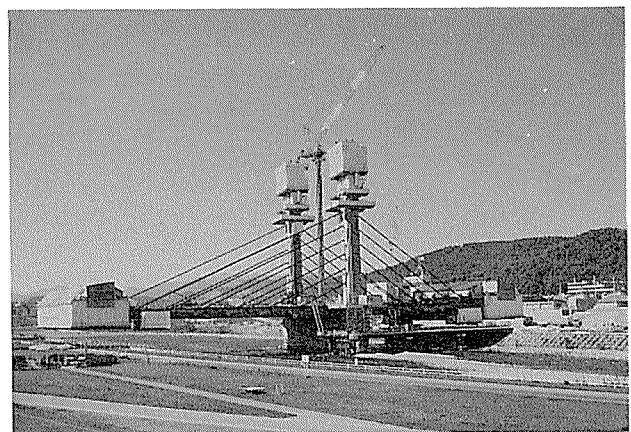


写真-5 片持ち張出し架設

◇工事報告◇

長径間側奇数ブロック (斜材定着部有リ L=3.9m)



短径間側偶数ブロック (斜材定着部有リ L=2.6m)

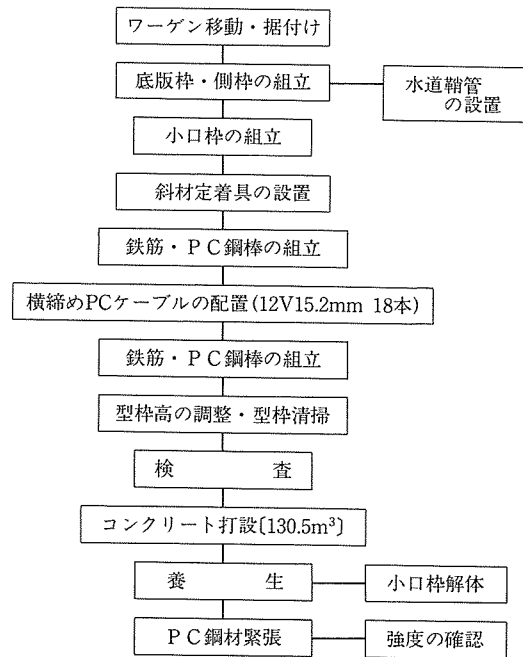


図-4 斜材定着部ブロック施工フロー図

|                          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| ワーゲン移動, 据付け              | ■ |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 底板枠, 側枠の組立               |   | ■ |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 床版枠, 小口枠の組立              |   |   | ■ |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 斜材定着具の設置                 |   |   |   |   | ■ |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 下床版, ウェブ, 鉄筋PC鋼棒の組立      |   |   |   |   | ■ | ■ |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 横締めPCケーブルの設置             |   |   |   |   |   |   | ■ | ■ |   |    |    |    |    |    |    |
| 内枠, 横桁枠の組立               |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■ |    |    |    |    |    |    |
| 上床版, 鉄筋, PC鋼棒, PCケーブルの組立 |   |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  |    |    |    |    |    |
| 型枠高の調整, 型枠清掃, 検査         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | ■  |    |    |    |    |
| コンクリート打設                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ■  |    |    |    |
| コンクリート養生                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ■  | ■  |    |
| PC鋼棒, PCケーブルの緊張          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    | ■  |

図-5 長径間側ブロック標準工程表

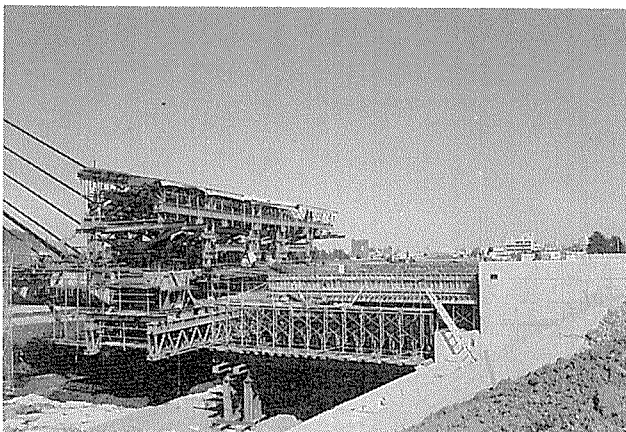


写真-6 側径間部の施工

たが、工期短縮のため前もって支保工部を完了させておき、23ブロックのワーゲン施工完了後に24ブロックにて閉合する方法に変更した。支保工は、支柱式支保工とし、コンクリート打設は2回に分けて行った。なお、閉合部24ブロックおよびA<sub>2</sub>側の側径間部24ブロックは、吊支保工にて施工した(写真-6)。

### 3.2 主塔

主塔は、クライミングの一種であるジャンピングステージ工法により分割施工され、全体を15ブロックに分け、ブロックの標準の高さは3.5mとしている。

#### (1) 主塔の部材形状

主塔の部材形状は、高さが橋脚上端部より約53.6m

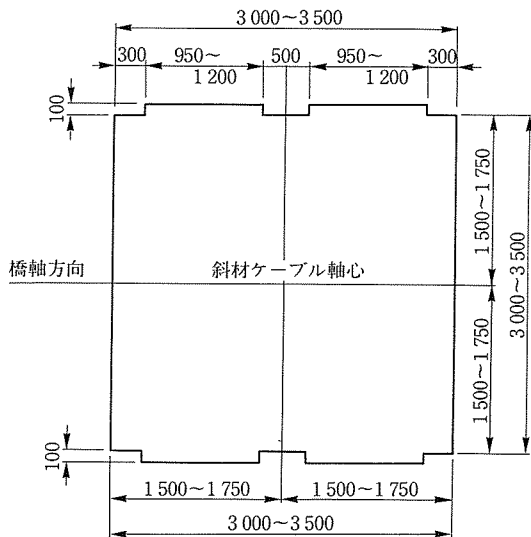


図-6 主塔断面図

で、断面は図-6 に示すように付根部で 3.5 m×3.5 m、頂上部で 3 m×3.25 m になっており、内側の面以外の 3 面が 0.5% の傾きを有する矩形断面である。また、美観的にアクセントとなるようにスリットを橋軸直角方向の 2 面に設けており、主塔頂上部は高さ 1 m の四角錐台としている。

(2) 主塔鉄骨

主塔部に配置される斜材定着具(ケーシングパイプ)を所定の位置に固定するための定規となる主塔鉄骨の設置には、特に正確な精度が要求された。工場製作された主塔鉄骨は、1 主塔当たり 8 ブロックに分割され、標準的

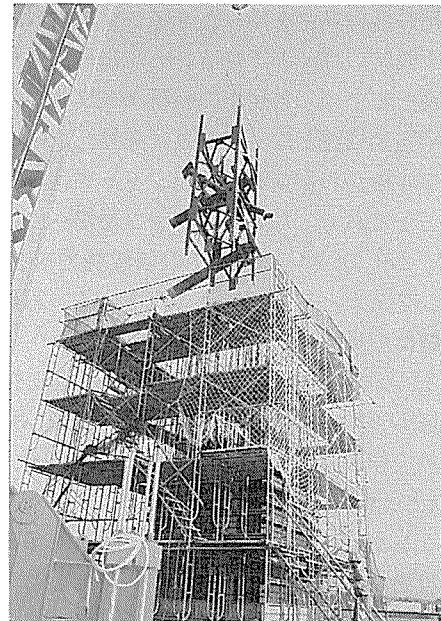


写真-7 主塔鉄骨のセット

1 ブロックの長さは 7 m、重量は 8 t である。架設は、橋面上に一時仮置きしてケーシングパイプを仮固定した後、タワークレーンにて一括して吊り上げ既設の鉄骨にハイテンボルトにて接合した(写真-7)。

(3) ジャンピングステージ工法による主塔の施工

本橋梁の主塔の施工に当たり、塔高、主塔断面形状、冬期養生、斜材架設、安全性等の要因を考慮して、主塔施工用移動足場としてジャンピングステージ工法を採用した。構造としては、図-7 に示すとおり鉄筋、型枠、

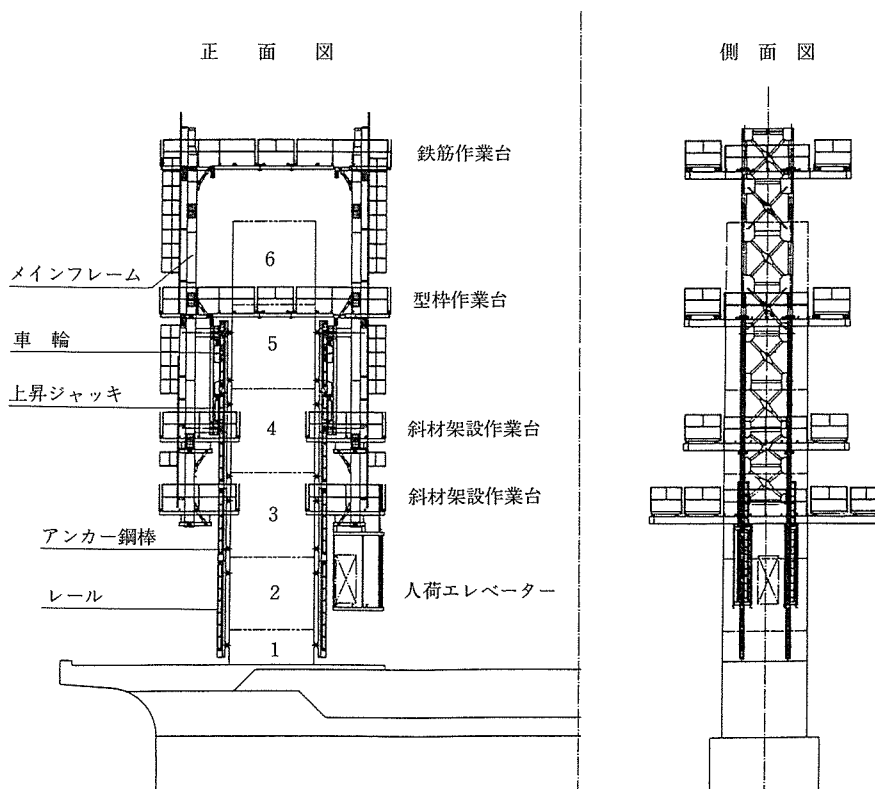


図-7 ジャンピングステージ全体一般図

◇工事報告◇

斜材架設用の各作業台を持ったメインフレームと、機械の上昇、下降時のガイドとなるレールに分けられる。本機械の特長としては、各足場の斜材ケーブルが張られた両面が水平可動構造となっており、上昇、下降の際には斜材ケーブルをかわしながら油圧ジャッキユニットにて移動することである。なお、ジャンプ足場への作業員の昇降には、240 kg (3人乗り) の積載能力を持つエレベータがシステムとして組み込まれている (写真-8)。

(4) 躯体の構築

ジャンピングステージ上昇後、鉄骨の組立作業に入り、主鉄筋 D 32 mm 約 120 本を圧接した後、帯鉄筋その他の鉄筋を組み立てる。主塔 1 m<sup>3</sup> 当りの鉄筋量が 210 kg 以上と相当量の鉄筋が入ることに加え、主塔鉄骨、ケーシングパイプ等が配置されているため、鉄筋の組立てには熟練を要した。配筋後型枠の組立に入る。型枠は鋼製型枠を使用し、1 ブロックごとに調整型枠を変えて断面変化に対応した。コンクリートの打設については、仮栈橋上に配置したコンクリートポンプ車にて塔上まで配管された 5 インチ管で圧送するため圧送距離が長いことと躯体内の煩雑さによりスランプ 18 cm の流動化コンクリート (ベーススランプ 8 cm) を使用した。また、1 回のコンクリート打設数量は約 40 m<sup>3</sup> 前後で左右の塔を交互に打設した。

3.3 斜材工

本橋の斜材は、ポリエチレン管により被覆された PC 鋼より線 (SWPR 7 B φ 15.2, 65~80 本) で構成され、定着工法は『VSL ステイケーブルシステム』とし、緊張用定着装置を橋桁に、固定用定着装置を主塔に用いている。固定用定着装置は、主塔が単独柱であるため、有害な応力が発生しないようにと開発された世界でも初めての分岐管定着装置を用いており、分岐管部は、

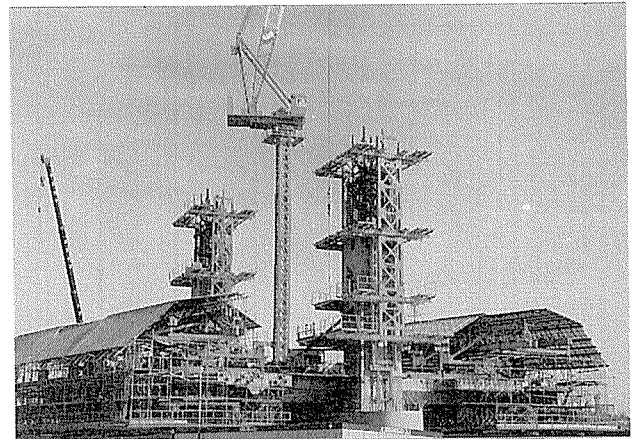


写真-8 ジャンピングステージ組立

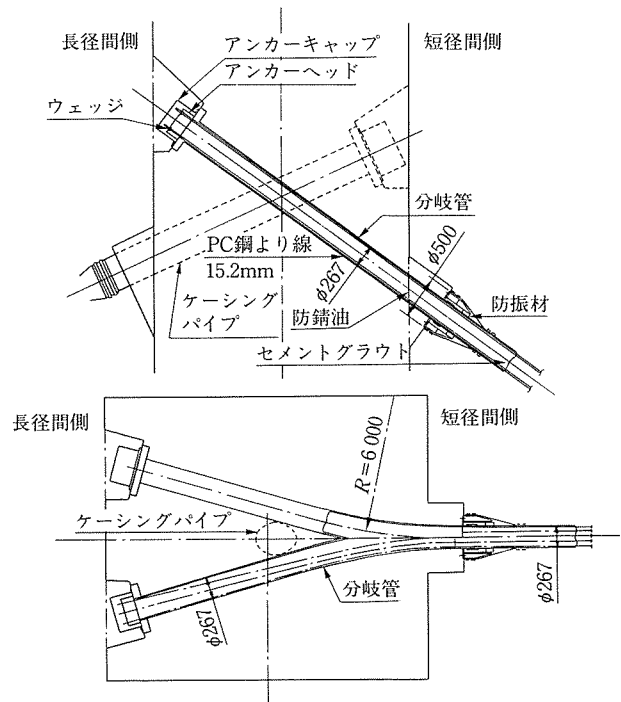


図-8 主塔固定用定着装置

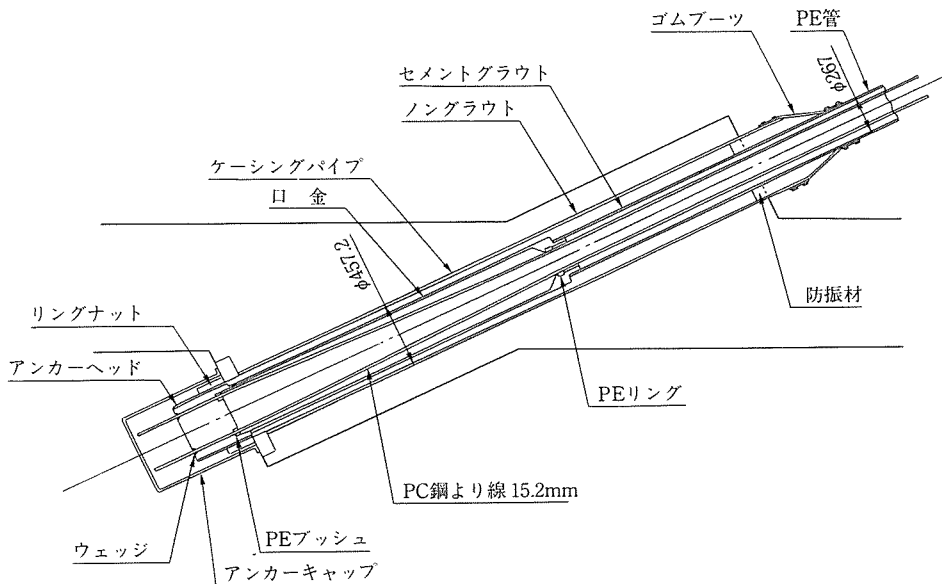


図-9 橋桁緊張用定着装置



PC ストランドの疲労特性を確保するために、アンボンド加工を施している。防錆は、分岐管部を防錆油により、その他の箇所はセメントグラウトにより行い、すべての定着装置は、取替え可能な構造となっている。

斜材の架設は、現地製作による PE 管先行取付け工法により行い、短径間側斜材は、部分アンボンド加工した PC ストランドを使用しており、ストランドの平行性を考慮し、現地製作した 40 本のストランド束を主塔より 2 束交互に挿入し、定着金物を取り付け、くさび定着する。長径間側斜材は、1 本ずつ PC ストランドを挿

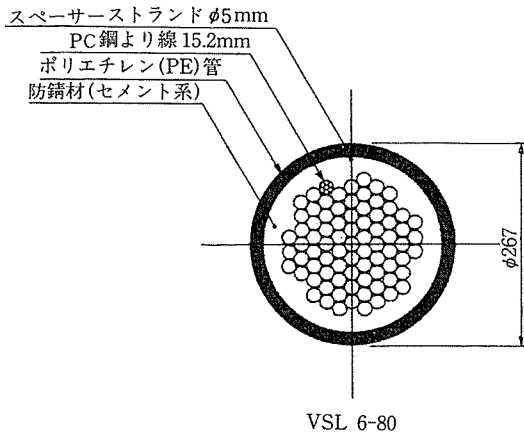


図-10 PE 管断面図 (短径間)

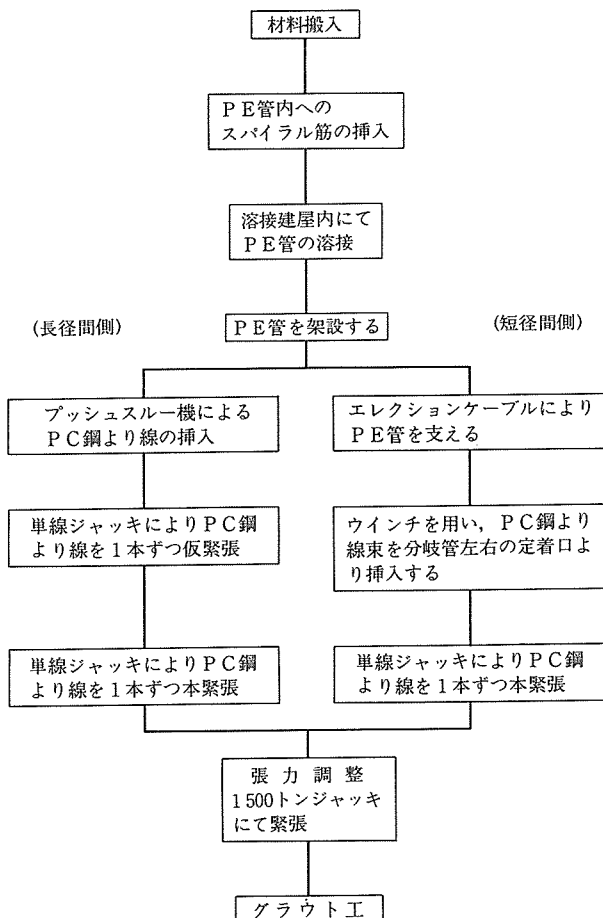


図-11 施工フローチャート

入、仮緊張し、定着する。

定着装置を図-8, 9 に、斜材断面図を図-10 に、斜材施工フローチャートを図-11 に示す。

以下に、短径間側斜材、長径間側斜材の施工手順および工程について述べる。

(1) 短径間側斜材の施工手順

- ① PE 管内にスパイラル筋を挿入する。
- ② 橋桁上の溶接建屋内で、現地搬入された PE 管を溶接し、所定の長さ加工する。
- ③ 橋桁上で、PC ストランド束 (40 本) を 4 束製作する (写真-9)。
- ④ エレクションケーブル (PC 鋼より線  $\phi$  21.8, 2 本) と PE 管自動脱着装置により PE 管を所定の位置に架設する (写真-10)。
- ⑤ ウインチを用い、ストランド束を、分岐管左右の定着口より挿入する (写真-11)。
- ⑥ 定着具にストランドをクサビ定着した後、単線

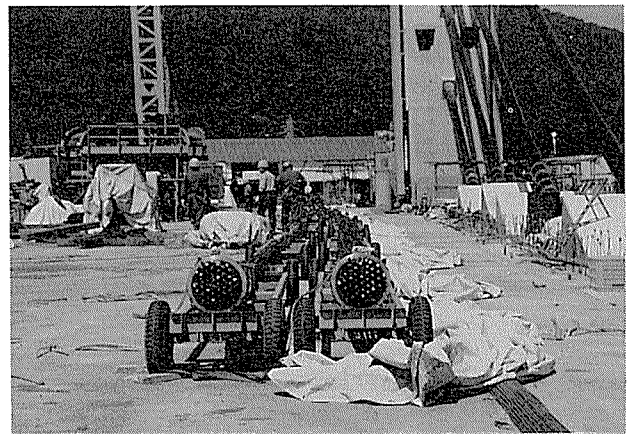


写真-9 ケーブル束製作



写真-10 エレクション装置架設

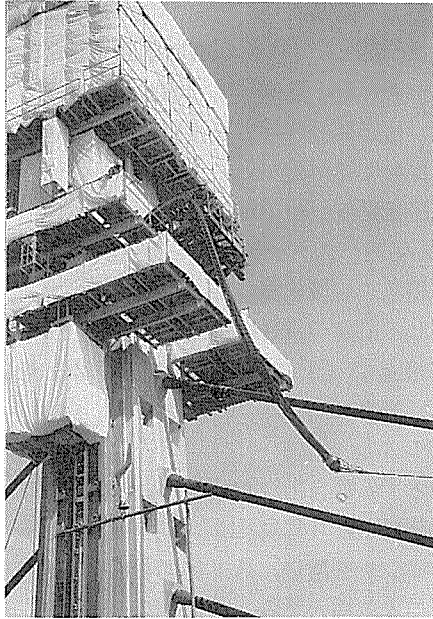


写真-11 ケーブル束挿入

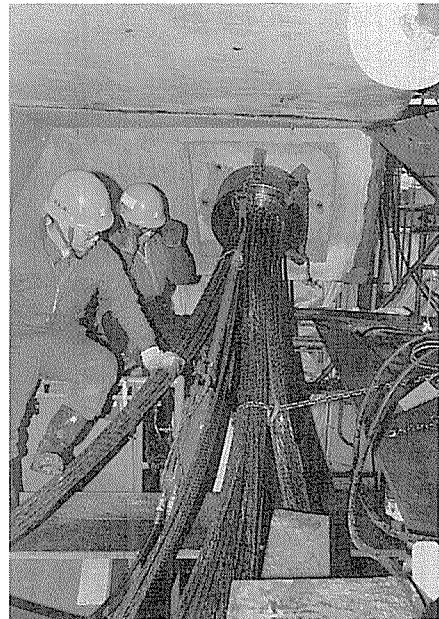


写真-13 本緊張

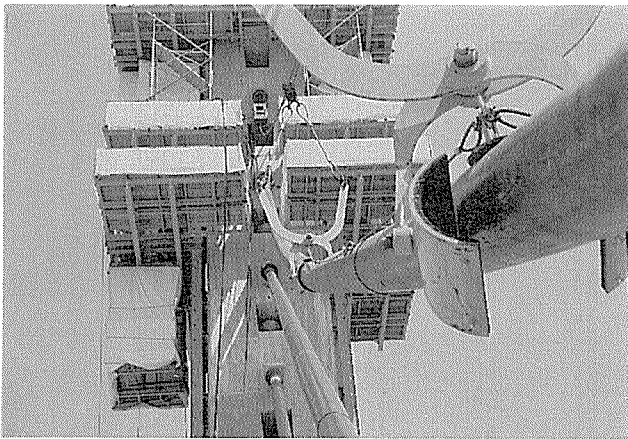


写真-12 エレクション装置撤去

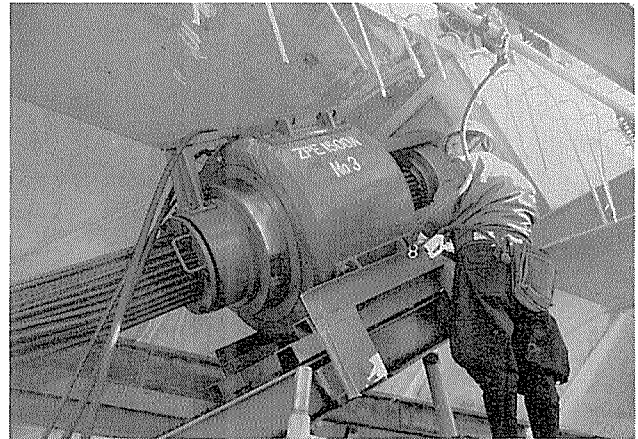


写真-14 張力調整

ジャッキにて仮緊張した後、エレクションケーブルを緩めPE管自動脱着装置を橋桁上にずり下げ順次撤去する(写真-12)。

⑦ 単線ジャッキにて、桁下で、4箇所同時に本緊張し、最後に、所要導入力の確認のため、全ストランドの1割(約8本)を単線ジャッキにて確認緊張する(写真-13)。

⑧ 桁下のゴンドラにセットしてある1500tジャッキにて、4箇所同時に緊張し、斜材の張力調整を行う(写真-14)。

⑨ 桁下より斜材にセメントグラウトを注入し、主塔内は防錆油を入れる。

(2) 長径間側斜材の施工手順

① 短径間側斜材の施工手順①, ②を行う。

② 現地製作したPE管の主塔側の先端を、タワークレーンにより所定の位置まで吊り上げ、仮固定する(写真-15)。



写真-15 PE管架設

- ③ PC ストランドをプッシャー（ケーブル挿入機）により挿入し、単線ジャッキにて仮緊張し、PE 管を所定の位置に架設する。
- ④ ストランドを一本ずつ、しかも、定着体の上方から、順次、プッシャーにより挿入し、仮緊張し、定着する。上方からの挿入と仮緊張は、ストランドの挿入性・平行性を確保するために必要である（写真-16）。
- ⑤ 本緊張、確認緊張、張力調整は、短径間斜材と同じ。
- ⑥ 桁下より斜材にセメントグラウトを注入する。

### （3）工 程

本橋の施工箇所は、大きく分けて、橋桁、主塔、斜材に分けることができる。工程上クリティカルな施工は、橋桁で、一か月で左右2ブロック片持ち張出し施工される。したがって、その間に主塔は1ブロック、斜材は1段架設すればよく、1段の斜材の準備から含めた全架設所要日数は、4週間程度を考えればよい。

### 4. おわりに

橋をかけるということは、昔から、「地域と地域との心を結ぶ夢のかけ橋」と言われてきました。ミュンヘン大橋も、全くそのとおりで、完成後も、その美しさ

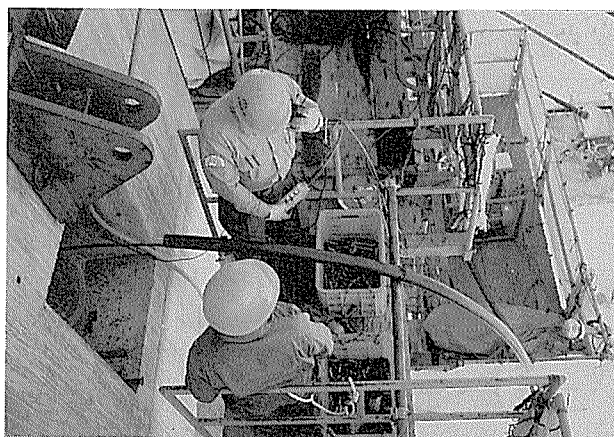


写真-16 PC ストランド挿入

みに、日本名橋の一つになることでしょう。また、技術的にも最高水準のミュンヘン大橋に関係された本橋技術検討調査委員会の皆様、設計業務を担当された北海道開発コンサルタント株式会社の皆様、および河川を管理されている北海道開発局石狩川開発建設部の皆様には、ミュンヘン大橋建設工事に対する多大なる御理解と御指導を賜りまして、工事関係者一同、心より感謝の意を表す次第であります。

【1990年10月8日受付】

### ◀刊行物案内▶

## プレストレストコンクリートの 発展に関するシンポジウム 論 文 集

（第30回記念研究発表会——1990年）

本書は、本協会が毎年開催している研究発表会が30回目にあたるのを記念して、金沢にて行われた表記シンポジウムの講演論文集である。最新の研究、工事報告が数多く盛り込まれ、充実した内容となっており、プレストレストコンクリートの動向を知るうえで貴重な図書であると確信する。

頒布価格：6 000 円（送料 450 円）

体 裁：B 5 判，箱入り

内 容：特別講演 4 編（26 頁），講演論文集 87 編（422 頁）