

岩黒島橋単材架設の工事報告

高橋 義勝¹⁾ 柴原 英正²⁾ 稲村 和彦³⁾
成田司喜夫⁴⁾ 松山 俊郎⁵⁾

まえがき

岩黒島橋は、本州四国連絡橋の児島・坂出ルート(Dルート)に属し中央径間420m、側径間185m、全長790m、主塔の海面上高160.8mの3径間連続斜張橋である。本橋が完成すると、道路鉄道併用橋としては、このルートの櫃石島橋と並び、世界第1位の長大支間斜張橋である。

本橋の架設工法は図-3に示すように、地形的条件、海面使用条件、下部工程から、塔は塔下部大ブロック架設と塔上部単材架設、桁側径間は大ブロック架設と単材張出架設、桁中央径間は面材張出架設・ケーブル引込架設と多種にわたっている。

架設工事は59年3月より着手し、59年12月末で2P側は塔上部までほぼ完了し、3P側は6パネル大ブロック架設が完了した。以降、2P側ではクレーン設備に引続いて、60年3月より単材張出架設工事が進められた。

単材張出架設工事は1P閉合時に中間ベント反力が約6,000tとなり、仮設ベント支持の張出架設としては我国では最大規模の架設工事である。以下、単材張出架設の工事記録について述べる。



図-1 位置図

1. 架設工法

斜張橋は塔と主桁及びケーブルにより構成される橋梁である。同様な構成部材から成る吊橋は、塔→ケーブル→補剛桁と順次架設されるのに対して、斜張橋の場合は構造的な特性上異なった架設手順をとることができ、架設工法選定の自由度は高い。

架設工法は、岩黒島橋上部工製作(その1)の架設部会(昭和57年4月設置)で海面使用条件、下部完成工程等の施工条件を考慮して種々の工法を比較検討した。その結果、図-3に示すように塔下部大ブロックをフローティングクレーン(FC)で一括架設し、これに続いて中間ベントとの間に側径間主構トラスをFCの相吊りで一括架設して、主構上のトラベラークレーンによって塔上部を架設するいわゆる塔上部後架設を採用し、1P~中間ベント間は単材張出し架設を採用した。

2. 単材主構諸元と部材重量等

| | |
|----------|-------------------|
| 主構 上路 | 合成鋼床版 |
| 主構 下路 | 鋼桁直結軌道 |
| 主構構造 | ワーレントラス |
| 主構高 | 13.9m |
| 主構間隔 | 27.5m |
| 主構トラス上弦材 | 3セル(巾4.2m×高1.65m) |

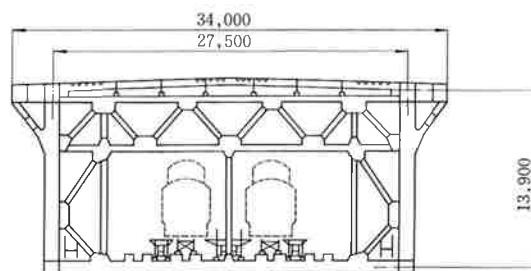


図-2 主構断面図

1) 工事計画部架設計画課課長 2) 駒井建設工事(株)大阪支店工務部工務課課長 3) 工事計画部架設計画課係長
4) 駒井建設工事(株)大阪支店工務部工務課 5) 九州支社工務課

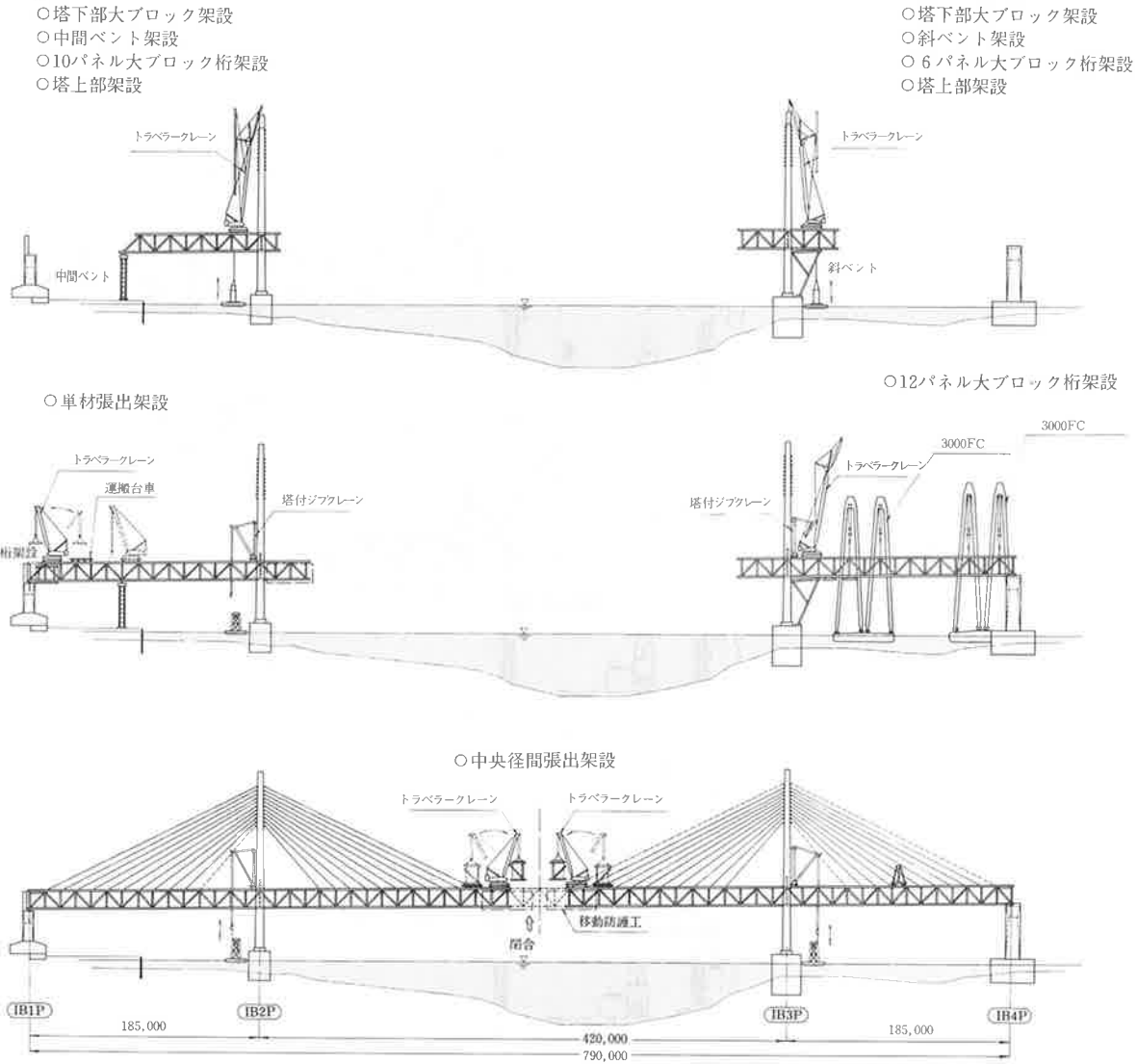


図-3 架設工法図

表一-1 部材重量等

| 形 | 状 | 最大部材 |
|-------------|---------|-------|
| 主構トラス | 上弦材 | 50ton |
| | 下弦材 | 57ton |
| | 斜材 | 20ton |
| | 垂直材 | 23ton |
| 床トラス | 上部面材 | 29ton |
| | 上弦材 | 75ton |
| | 下弦材 | 46ton |
| 鋼床版 | | 26ton |
| 電々・電発・公団管理路 | | 15ton |
| 下路床組 | | 15ton |
| 沓 | エンドリンク沓 | 45ton |
| | スプリング沓 | 73ton |
| | ストッパー沓 | 45ton |
| | 三角リンク沓 | 35ton |
| | ウインド沓 | 3ton |

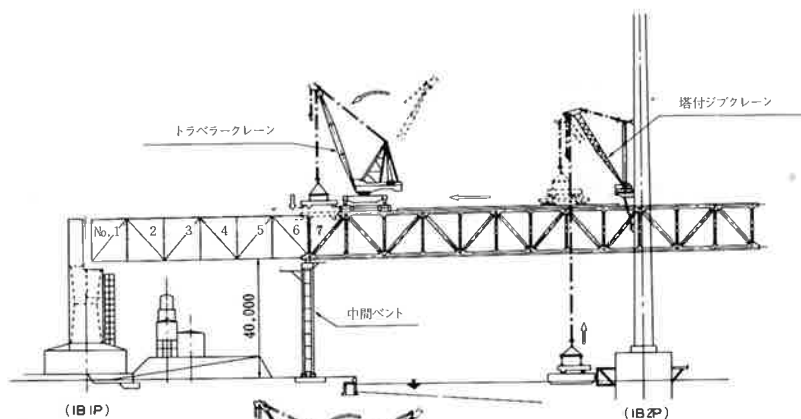
| 主構HTB現場締付全本数 | | |
|----------------------------|-----|---------|
| F10T | M22 | 16,300本 |
| | M24 | 56,900本 |
| | M30 | 4,500本 |
| 合計 | | 77,700本 |
| 鋼床版溶接延長 t=12~16 | | 530m |
| 鋼床版トラフリブ溶接延長 (6mm換算) t=6~8 | | 1,010m |
| 現場塗装面積 | | 2,137㎡ |
| 防音工 石綿板 | | 160㎡ |

単材架設総重量 約3,700t

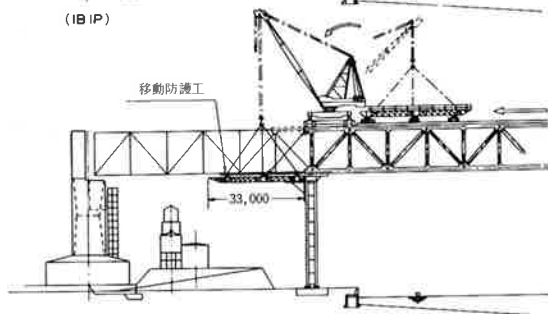
3. 単材架設順序

単材の架設順序を図-4に示す。

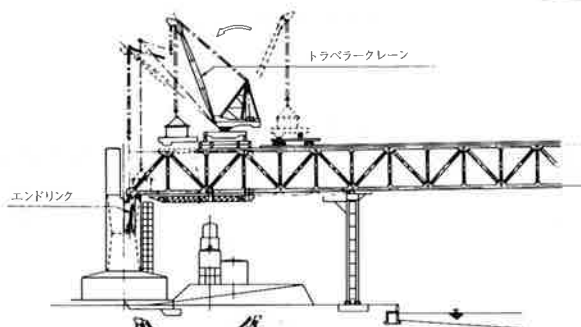
① No.7の架設。



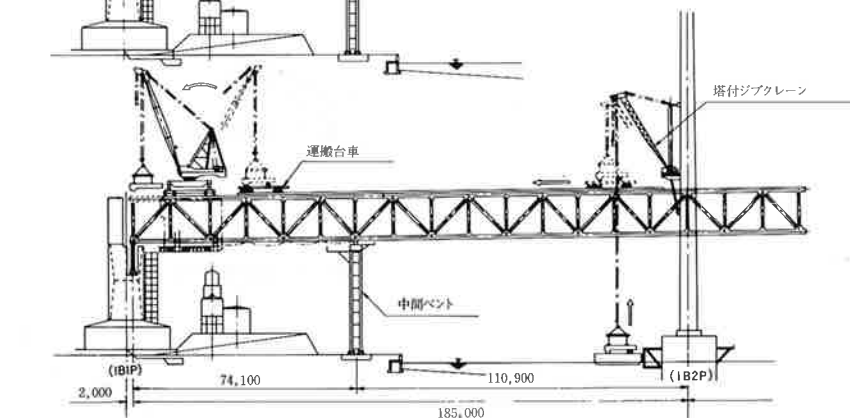
② 移動防護工の組立。



③ No.6～No.3の架設。



④ No.1・No.2の主構トラスの閉合。



⑤ スプリング沓、
ストッパー沓等の据付。
残主構の架設。

図-4 架設順序図

4. 単材架設の技術的問題

単材張出工法の架設工事は、兎島・坂出ルートの中で最初の工事であり、1P閉合時の中間ペント反力が常時約6,000tと、仮設構造物支持の張出架設としては、我国では最大規模の工事である。さらに、構造的には、橋体端部2パネル及び沓は部材数が多く非常に複雑であり、部材重量も最大75tと中央径間面材よりも重い。また、施工条件として、架設直下には下部工プラントヤードがあり、上・下での上部・下部工出合い工事という大きな制約があった。

上記の特質・条件等を満たすために、解決すべき技術的問題点は下記に示すごとくである。

(1) 中間ペントの設計

常時鉛直反力が約6,000tという大規模ペントの設計は過去に参考例がなく、骨組等の基本からの設計が余儀なくされた。

荷重としては、鉛直・風・地震・温度・不均等荷重の他に、地盤沈下荷重、架設途上の桁変位荷重を考慮して十分な安全を確保する必要があった。

(2) 移動防護工の設計と架設

従来の移動防護工の架設は桁下直下からの吊上げがほとんどであるが、単材架設の場合、桁下の制約条件から、従来の架設工法は不可能であった。そこで設計に当たっては、防護工としての機能を十分満たす構造であると同時に、架設工法決定までの種々架設系を解析して行う必要があった。

(3) 1P閉合

張出架設の場合、安定した支点条件にするために最短工程で閉合しなければならない。そのために閉合手順と閉合調整を容易にする諸設備の工夫さらに調整のための数値的裏付が必要であった。

1P橋軸直角横力を固定するストッパー沓と格点
①床トラス下弦材の架設が、施工上1P閉合後1ヶ月程度遅れるため、1Pに横力を固定する仮設備が必要とされた。

(4) 作業足場

単材架設の場合、部材の構造が複雑であり、足場の種類が多い条件の中で、高所での足場組立を避けるため、橋上仮置部材に全て取付られる工夫が必要とされた。

単材架設はこれら多くの問題点に対して、過去の経験と綿密な仮設備設計さらに綿密な計画によって対応した点に最大の特徴がある。

圧応力に耐えられる開先形状にした。
ロ) 1P閉合時のジャッキアップ支点の下弦材の補強を行った。

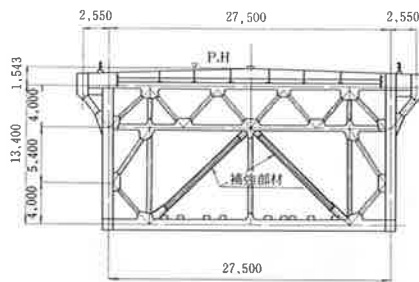


図-6 床トラス補強位置図

6. 施工

単材の架設作業は、橋上仮置基地における作業と架設地点の作業に大別される。前者は桁の水切り、仮置、足場の組立、運搬台車への桁の積込作業であり、後者は運搬された桁の荷取、架設、高力ボルト締付け、鋼床版溶接、および添接部塗装作業である。

架設地点の作業は職種が多く、各作業を効率よく行うために各パネルの架設手順の工夫と、合理的工程管理が要求された。以下、主要パネルの架設手順について述べる。

6・1 No.7の架設

No.7の架設手順を図-7に示す。

5. 設計への反映点

架設工法決定後、主構の架設途中に発生する全ての断面力を算出し、詳細設計に反映した。反映項目は下記に示すとおりである。

(1) 架設系で決まった斜材断面

架設系の断面力が完成系よりオーバーしたため架設系で詳細設計を行った。

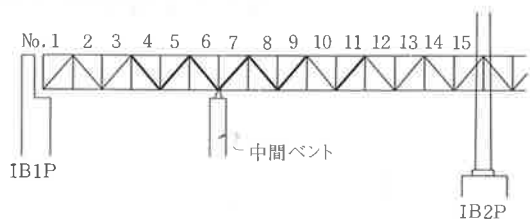


図-5 架設系で決まった斜材位置図

(2) 中間ベント上床トラスの補強部材

1P閉合前に地震時、暴風時の横力に対して応力オーバーするため、中間ベント上の床トラスに補強部材を取り付けた。

(3) 支点部の補強

イ) 中間ベントの支点・ジャッキ支点の下弦材の補強を行い、下弦材ウェブ下端の溶接開先は支

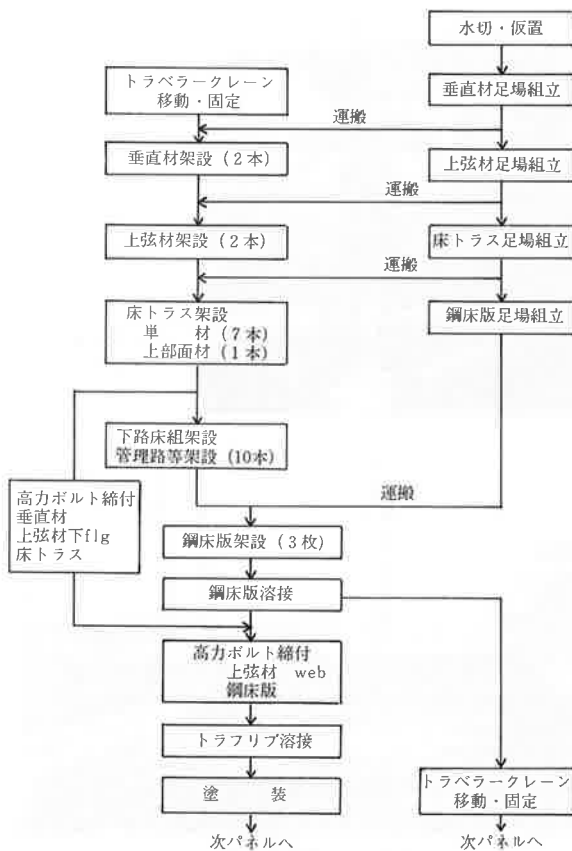


図-7 No.7架設フローチャート

6・2 移動防護工の架設

移動防護工の架設については7・7で述べる。

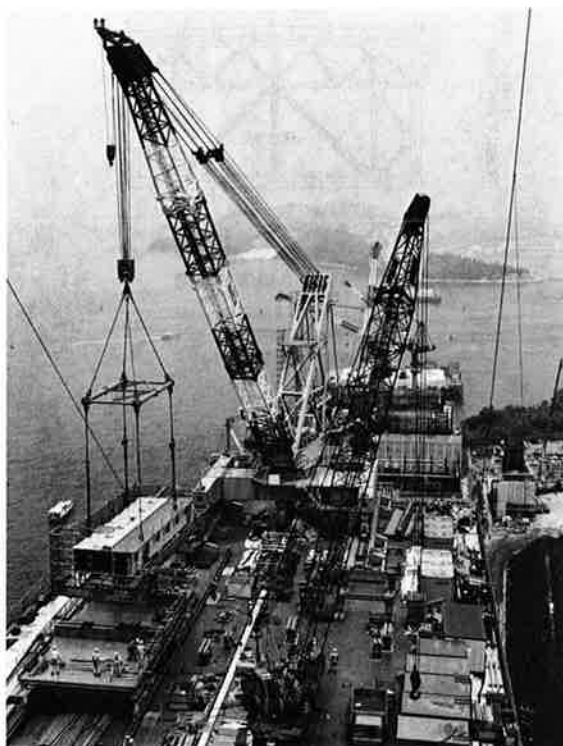


写真-1 上弦材架設その1



写真-2
上弦材架設
その2

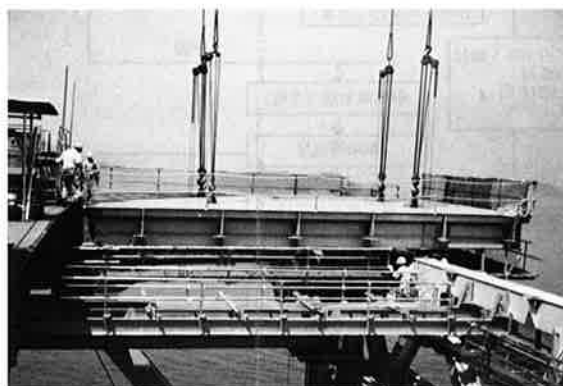
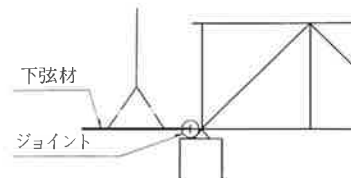


写真-3 鋼床版架設

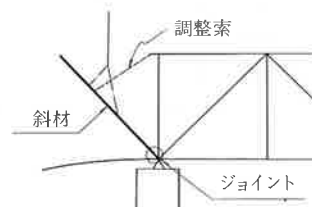
6・3 No.6主構トラスの架設

主構トラスの架設手順は部材のタワミを考慮して
図-8 に示す要領で行った。

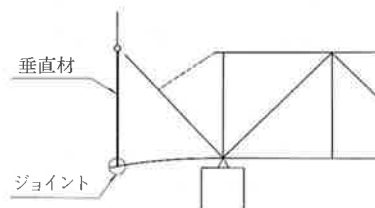
① 下弦材の架設



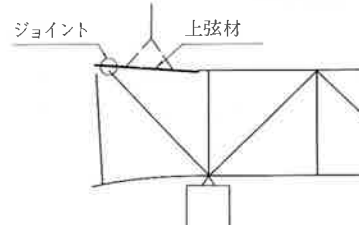
② 斜材の架設



③ 垂直材の架設



④ 上弦材の架設と斜材とのジョイント



⑤ 下弦材先端吊上げ、上弦材と垂直材の ジョイント (吊上げはトラベラーによる)

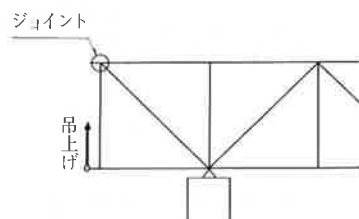
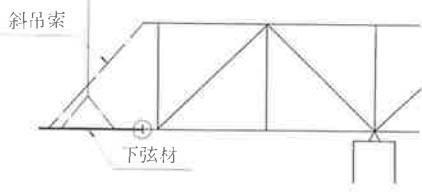


図-8 No.6主構トラス架設手順図

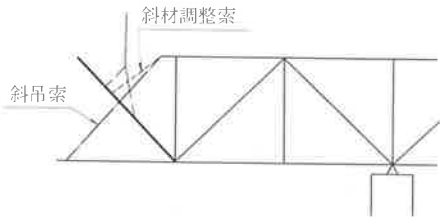
6・4 No.4主構トラスの架設

No.4主構トラスを架設する場合、トラスを構成する前に移動防護工を前進しなければならず、それによる下弦材の応力上の問題とトラスを構成するために斜吊索を設置した。

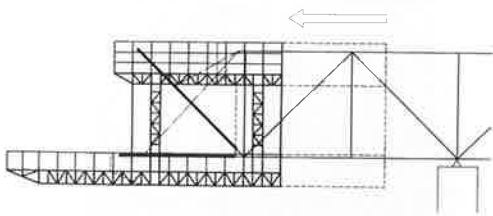
① 下弦材架設、斜吊索取り付け調整



② 斜材の架設、斜材調整索取り付け



③ 移動防護工前進



④ 垂直材架設、上弦材の架設、斜材とジョイント 斜吊索引込み、垂直材ジョイント

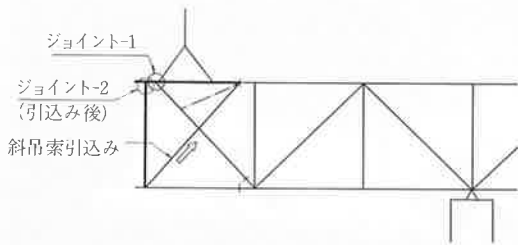


図-9 主構トラス架設手順図

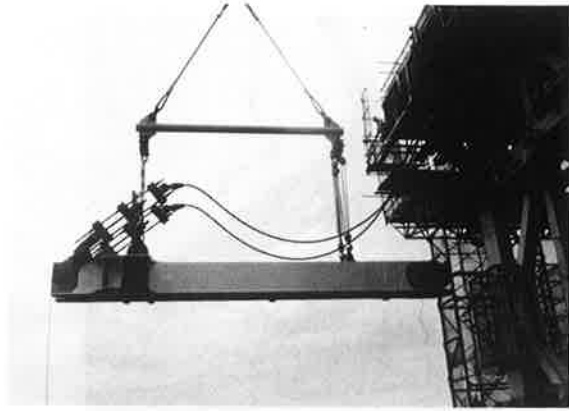


写真-4 下弦材架設と斜吊索取付同時施工



写真-5 垂直材立起こし



写真-6 垂直材架設

床トラス上部面材の架設手順は図-10に示す通り、面材の払込みに支障がないように、枠組回転足場を回転しておいて、払込み完了後に正規の位置に回転させ固定した。

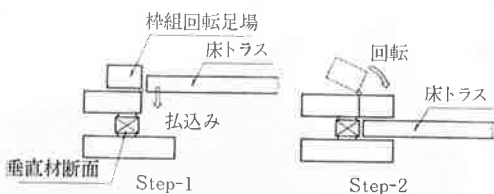


図-10 面材払込み時の枠組足場回転要領図



写真-7 床トラス上部面材台車搭載図



写真-8 床トラス上部面材架設

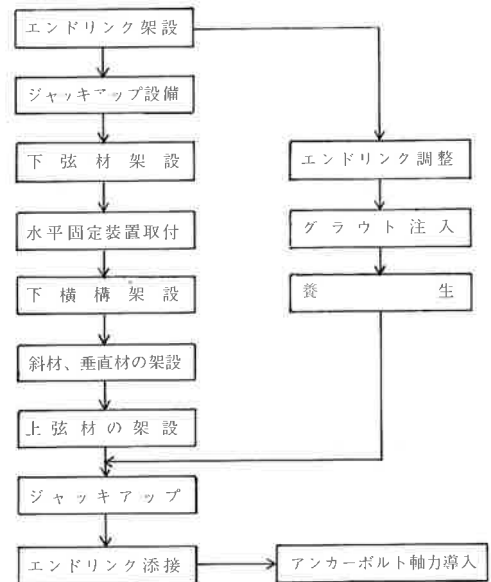


図-11 閉合フローチャート

6・5 1P閉合

仮設備支持の張出架設の到達点閉合は非常に緊張するものであり、最短工程で安定した支点条件にする工夫が必要とされた。

閉合部材については種々の手順を検討した結果、No.1、No.2の2パネル主構トラスとした。

閉合部材と1Pエンドリンク沓との連結工法は、下記に示すごとく4案考えられた。

a) 2P支点を扛上降下する。

2P支点はタワーリンク構造であり、タワーリンクを取外さないかぎり不可能である。

b) 中間ベントを扛上、降下する。

ベント反力が約6,000tと膨大であり、既存のジャッキ能力と設置可能台数から問題がある。

c) 1P上で降下する。

閉合部材が計画高より上面にくるように中間ベント高さを設定した場合であり、降下力によるベント反力の増大と1P橋脚から数百トンのテンションをとることに問題があった。

d) 1P上で扛上する。

閉合部材が計画高より下面にくるように中間ベント高さを設定した場合で、この工法の場合扛上による下弦材とジャッキ下面コンクリートの応力上の問題があり、反力に制限、すなわち扛上量に制限があった。

以上のように、4案それぞれに技術的問題があったが、d)案を採用した。d)案の技術的問題を解決するために1Pタワミ量（閉合部材のトラス構成時のタワミ）を設定して、中間ベント高さを決定した。なお、設定1Pタワミ量は75mmである。

(1) 閉合手順

閉合フローチャートを図-11、主構トラス閉合手順を図-12に示す。

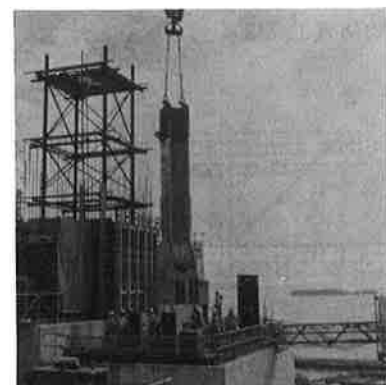


写真-9 エンドリンク沓の架設

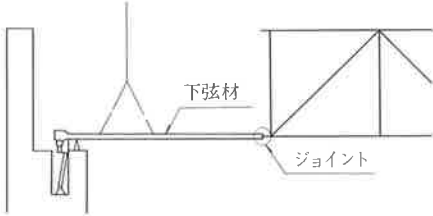


写真-10 下弦材架設

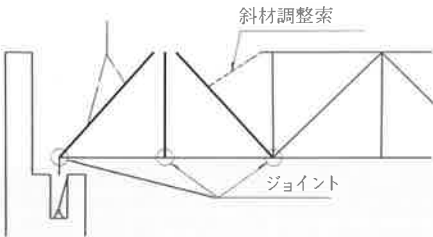


写真-11 上弦材架設

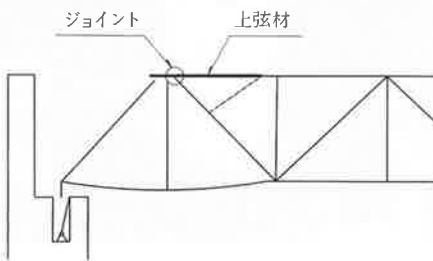
① 下弦材の架設、下横構の架設



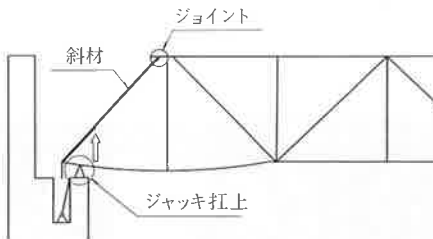
② 斜材、垂直材の架設、斜材調整索の取付



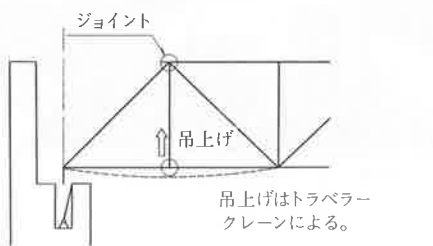
③ 上弦材の架設、No.2斜材とジョイント



④ 1Pジャッキ扛上、No.1斜材と上弦材ジョイント



⑤ 格点②下弦材の吊上げ、垂直材と上弦材のジョイント



⑥ 1Pジャッキ扛上、閉合主構トラスとエンドリンクの連結

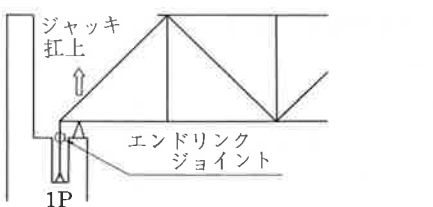


図-12 閉合手順図



写真-12 1Pジャッキ扛上

(2) 閉合時の変位

閉合部材のトラス構成後すなわち上弦材ジョイント完了後のトラス先端のタワミ量とジャッキ反力を表-2に示す。

表-2 トラス構成後のタワミ量と反力

| | タワミ量 | ジャッキ反力 |
|-----|-------|--------|
| 計算値 | 75mm | 80t |
| 実測値 | 50mm | 100t |
| 差 | +25mm | -20t |

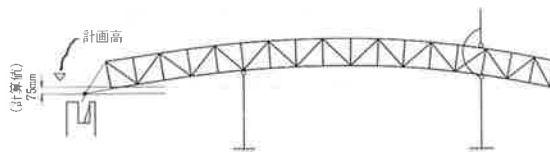
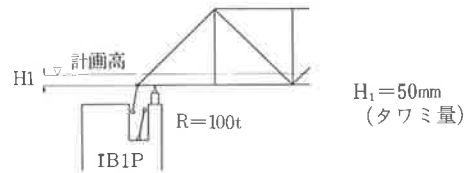


図-13 トラス構成後の変位図

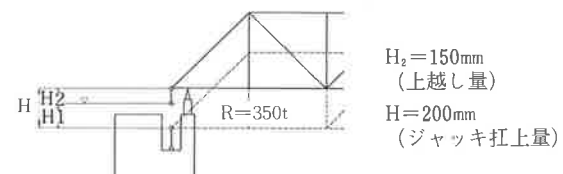
(3) 1Pジャッキ扛上・降下量

ジャッキ扛上降下量は図-14に示す通り、トラス構成後のタワミ量の他にエンドリンクを鉛直にするための上げ越し量が加算される。

① トラス構成時



② ジャッキ扛上



③ ジャッキ降下、エンドリンク添接

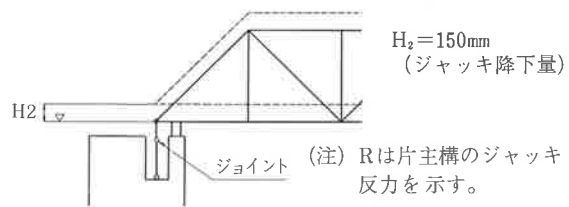


図-14 ジャッキ扛上、降下量図



写真-13 エンドリンク沓とジョイント

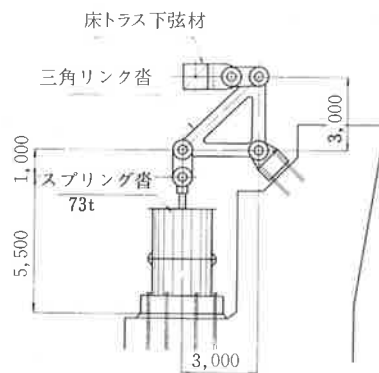


図-17 スプリング沓、三角リンク沓図

(4) 横力固定装置

閉合時における地震時、暴風時の横力を算出し、装置の設計を行ったと同時に、部材の照査を行い安全を確認した。

固定装置の構造は図-15に示すごとく、横力を固定すると同時に、ジャッキ打上降下および橋軸方向の温度による伸縮に支障がない機能である。

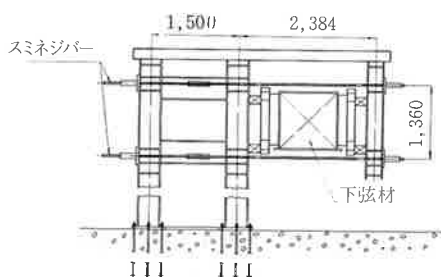


図-15 横力固定装置

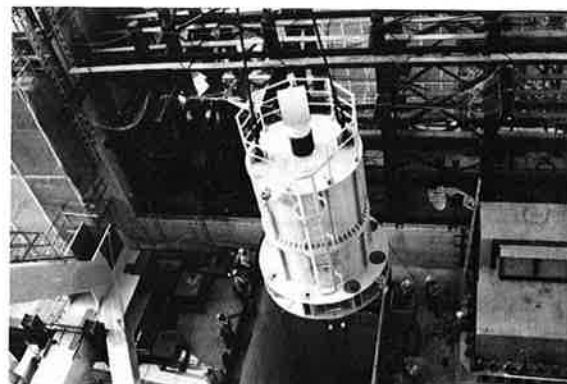


写真-14 スプリング沓架設

6・6 ストッパー沓・スプリング沓・三角リンク沓の架設

1Pの各沓は、塔付ジブクレーンにて水切りし、橋上運搬後、トラベラークレーンにて架設を行った。施工のフローチャートを図-16に示す。

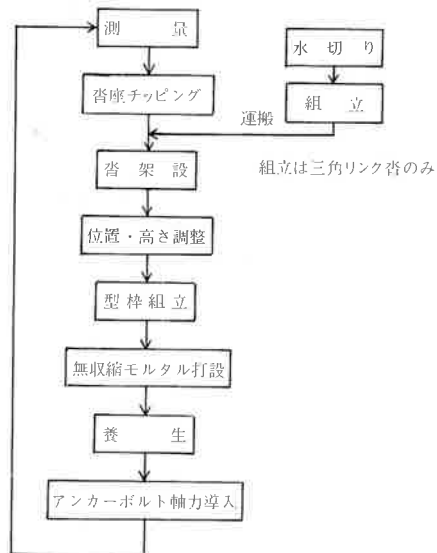


図-16 沓施工フローチャート

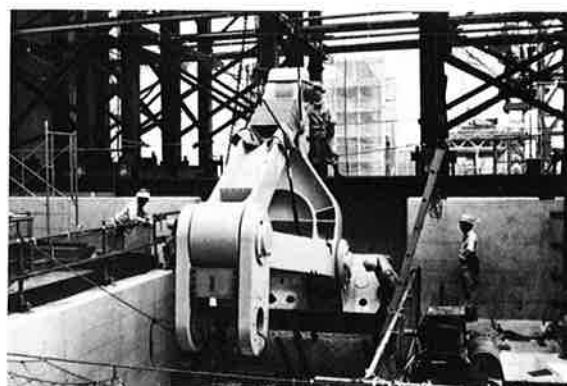


写真-15 三角リンク沓架設

6・7 主構最終部材の架設

主構の最終架設部材は格点④の床トラス上弦材であり、重量は75tと単材の中で最も重い。

床トラス上弦材架設は両上弦材間に挿入することになるため、挿入時の当たりが心配された。そこで、図-18に示すように床トラス中弦材と垂直材の添接部にジャッキを設置して、両上弦材間隔長を+10mm 拡げて挿入を容易にした。

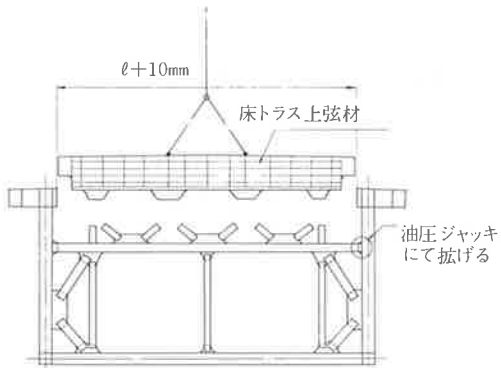


図-18 最終部材架設図



写真-17 最終部材架設 (その2)



写真-16 最終部材架設 (その1)

6・8 架設途中、架設完了後の出来形

架設途中のキャンバーを表-3、架設完了後のキャンバーを表-4に示す。

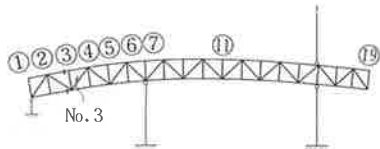
表-3 No.3 架設完了時のキャンバー

| 格点 | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑪ | ⑰ |
|-----|------|------|-----|-----|---|-----|-----|
| 計算値 | -186 | -139 | -90 | -38 | 0 | -14 | -83 |
| 実測値 | -168 | -124 | -80 | -29 | 0 | -21 | -64 |
| 差 | +18 | +15 | +10 | +9 | 0 | -7 | +19 |

表-4 架設完了時のキャンバー

単位 mm

| 格点 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑪ | ⑰ |
|-----|---|----|----|----|----|-----|---|-----|-----|
| 計算値 | 0 | +1 | +1 | +2 | +5 | +9 | 0 | -26 | -67 |
| 実測 | 0 | -1 | -1 | +5 | +7 | +15 | 0 | -17 | -61 |
| 差 | 0 | -2 | -2 | +3 | +2 | +6 | 0 | +9 | +6 |



6・9 実施工程表

実施工程表を表-5に示す。

表-5 実施工程表

| 項目 | 年月 | S. 60年 | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---------|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| 単材張出架設 | 準備工 | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| | 仮設工事 | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| | 移動防護工組立 | | | | ■ | | | | | | | | | | |
| | 架設工事 | | | | ■ | | | | | | | | | | |

7. 主要仮設備

7.1 トラベラークレーン

トラベラークレーンの能力仕様を表-6に示す。

表-6 トラベラークレーン能力仕様

| 要 目 | | 主 巻 | 補 巻 |
|------|-----------------|------------|------------|
| ジブ長さ | | 42.0m | 40.2m |
| 定格荷重 | | 80~36t | 10t |
| 作業範囲 | 作業半径 | 23.0~40.8m | 10 ~41.5m |
| | ジブ角度 | 82.1~20.5° | 82.1~20.5° |
| | 旋回角度 | 360° | |
| 揚 程 | 80m | | |
| 速 度 | 主 巻 | 2.8m/min | |
| | 補 巻 | 10m/min | |
| | 起 伏 | 2.3m/min | |
| | 旋 回 | 0.13 rpm | |
| | 走 行 | 0.5m/min | |
| 電 源 | AC 400V 60hz 3φ | | |

7.2 塔付ジブクレーン

塔付ジブクレーンの能力仕様を表-7に示す。

表-7 塔付ジブクレーン能力仕様

| 要 目 | | 主 巻 | 補 巻 |
|------|-----------------|---------------|------------|
| ジブ長さ | | 30.0m | 30.0m |
| 定格荷重 | | 80~50t | 10t |
| 作業範囲 | 作業半径 | 23.0~29.5m | 8.5~30.3m |
| | ジブ角度 | 81.0~20.0° | 81.0~20.0° |
| | 旋回角度 | 235° | |
| 揚 程 | 90m | | |
| 速 度 | 主 巻 | 0.3~5.6m/min | |
| | 補 巻 | 13.5m/min | |
| | 起 伏 | 0.22~4.0m/min | |
| | 旋 回 | 0.07 rpm | |
| 電 源 | AC 400V 60hz 3φ | | |

7.3 運搬台車

運搬台車の能力仕様を表-8に示す。

表-8 運搬台車能力仕様

| 要 目 | |
|------|------------------|
| 積載荷重 | 120t |
| 走行速度 | 8m/min |
| 走行出力 | 5.5kw×4p×2台 |
| 走行距離 | 150m (2%勾配) |
| 安全装置 | 電源ブレーキ |
| | 手動ブレーキ |
| | 走行制限リミット |
| | 走行警戒ブザー |
| | 走行警報回転灯 |
| | レール上障害物除去板 |
| 給 電 | キャプタイヤール式(巻取80m) |
| 電 源 | 三相交流 220V 60hz |
| 操 作 | 押しボタン操作 |

7.4 作業足場

足場の設計に当っては、高所での足場組立を避け、橋上仮置部材に全て取付けられること、さらに、解体時の作業が容易であることを基本に設計した。

以下に主要な作業足場について述べる。

(1) 上弦材足場・鋼床版足場

構造は、上弦材および鋼床版の架設ジョイント後に足場の組立を避けるため、張り出し足場とした。

骨組は型钢をベースに角パイプ・単管パイプで構成し、それに足場板・ネットを取付けた。(写真-1、2参照)

(2) 垂直材足場

垂直材のジョイント箇所は、上部に6箇所あり、下部に2箇所ある。これらのジョイント作業を効率よく安全に行い、かつ組立・解体を容易にするために、足場構造は上部と下部に分けた鋼製による枠組足場とした。なお、上部足場は床トラス上部面材の払い込みに支障がないように回転式枠組足場にした。(写真-5参照)

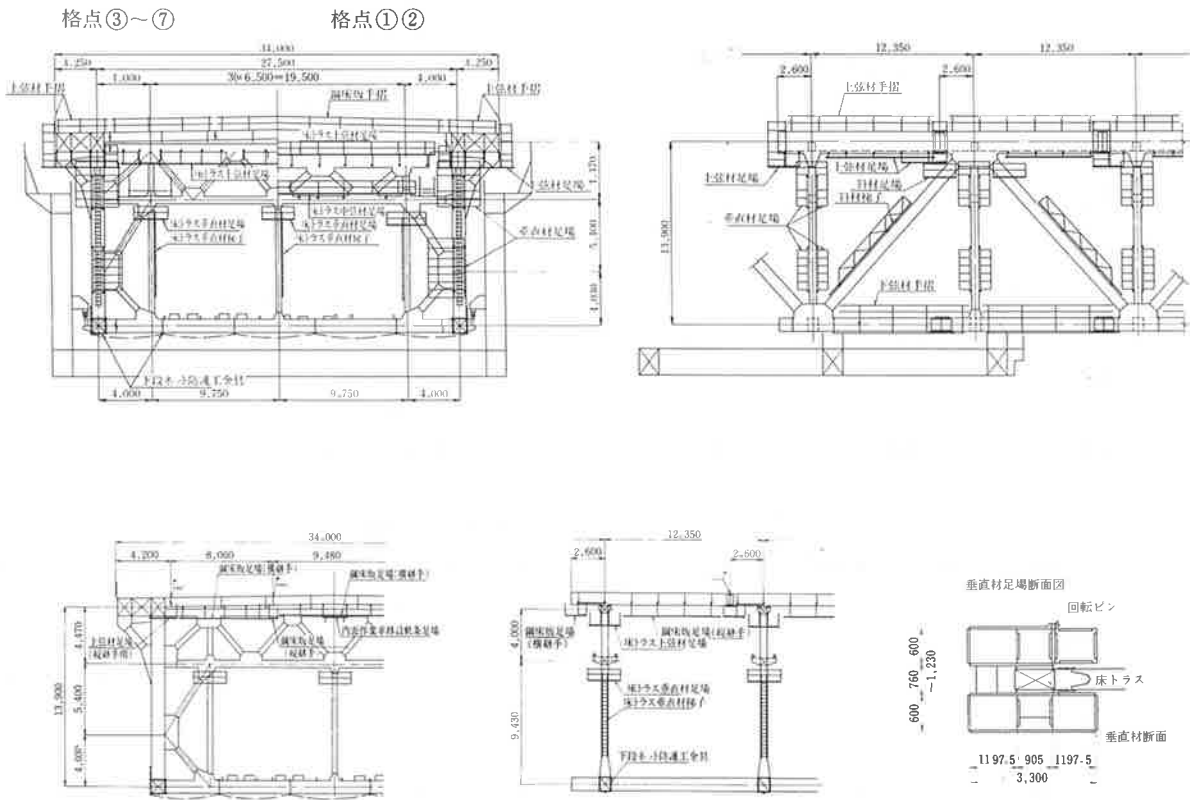


図-19 作業足場図

7.5 中間ベントの設計

(1) 設計方針

中間ベントの設計方針を下記に示す。

- a) 塔の橋軸方向の剛性は非常に大きく、風・地震・温度による変位および架設途上の桁の弾性変位に対して中間ベントの拘束は少ない。

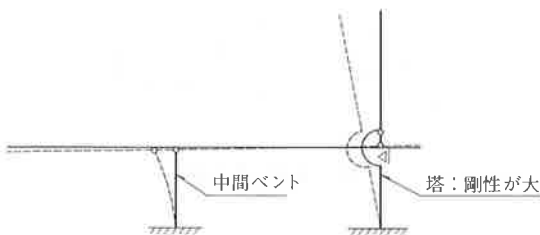


図-20 塔、桁、ベント系

- b) 変位による曲げ応力を少なくするために、橋軸方向の骨組はフレキシブル構造とする。
- c) 橋軸直角方向の設計水平震度 K_D は修正震度法の回転モードによって求める。
- d) ベント基礎は岩着のコンクリート基礎とし、ベント頂部沓は膨大な反力と架設途上のタワミ角に対応できるゴム沓を採用する。
- e) 1P閉合時にベントが鉛直になるように設計す

る。そのために10パネルブロック架設時にはベント頂部を1P方向にセットバックする。

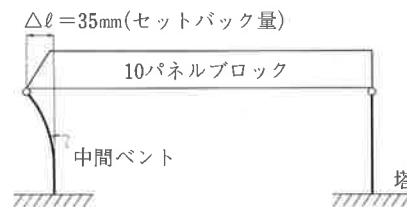


図-21 10パネル架設時のセットバック

(2) 中間ベント基本構造

a) 基本骨組

中間ベントの基本骨組は図-22に示すように橋軸方向は柱梁構造とし、橋軸直角方向についてはトラス構造とする。

b) 支柱断面

中間ベント支柱は下記の部材特性を考慮して、鋼管4本の組合せ柱とする。

- イ) 同一断面当たりで比較すると、軸方向圧縮力に対して強く管壁がシエル作用を持っているため、局部座屈に対する安全度が高い。

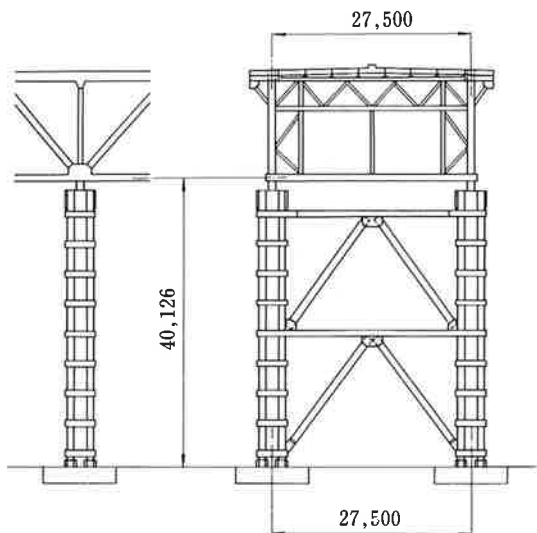


図-22 中間ベント骨組図

- ロ) 断面特性に方向性がない。
- ハ) 耐風性にすぐれている。
- ニ) 他の断面形に比し、同一周長で最大の面積を囲うことができるため、ねじりに対して強く円形断面のため反りを生じない。

c) 対傾構 (水平材、斜材)

横荷重 (地震・風) に対して対傾構と支柱の応力の流れが明確で確実にように対傾構の支点は支柱 (鋼管) の中心に一致させる。

(3) 設計荷重等

a) 鉛直荷重

- イ) 主構反力
- ロ) 架設資機材
- ハ) ベント自重
- ニ) 不均等荷重 5%
- ホ) 頂部偏心荷重
- ヘ) 不等沈下荷重、沈下量10mm

b) 水平荷重

イ) 温度荷重

温度変化量 ±30℃

ロ) 風荷重

暴風時 43×0.7m/sec

常時 (照査水平荷重)

16m/sec

ハ) 地震荷重

設計水平震度 $K_D = 0.12$

c) 荷重ケース及び組合せケース

イ) 荷重ケース

橋軸方向

- ① 6パネル張出時
- ② 温度荷重 (±30℃)
- ③ 橋軸方向地震時

橋軸直角方向

- ④ 照査水平荷重 (風荷重16m)

⑤ 風荷重 (43×0.7m)

⑥ 橋軸直角方向地震時

ロ) 組合せケース

許容割増係数

- ⑩ 常時……………①+②+④ 1.25
- ⑪ 風時……………①+②+⑤ 1.38
- ⑫ 橋軸方向地震時……………①+②+③ 1.63
- ⑬ 橋軸直角方向地震時……………①+②+⑥ 1.63

d) 地盤支持力

地盤支持力は、道路橋示方書下部構造編の推定による地盤の許容支持力度表一解6・3・2より亀裂の多い硬岩と推定して

常時 60t/m²

地震時 90t/m²とする。

(4) 解析系と断面

水平荷重は図-20の骨組モデルで電算によって算出し、ベント断面力は図-23の骨組系で電算によって算出した。

断面決定に当たっては、中間ベントの重要性を考慮して、架設割増 (25%) をしない許容値におさまるように設計した。

支柱と斜材の断面を図-24に示す。

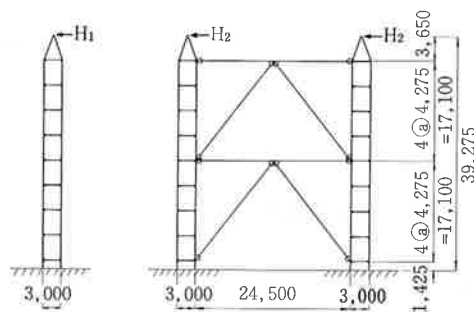


図-23 骨組モデル

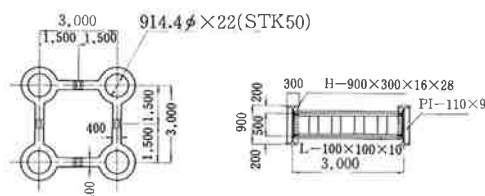


図-24 支柱、斜材断面

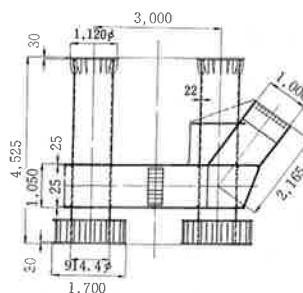


図-25 支柱、斜材の取合図

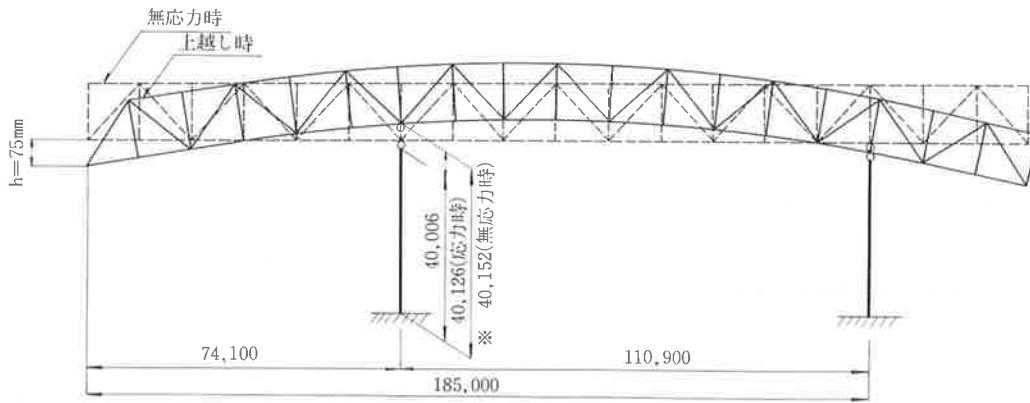


図-26 中間ベント高

(5) 中間ベント設置高さの決定

6・5の1P閉合で述べたように、閉合部材のトラス構成時のタワミ量を75mmと設定して、中間ベントの無応力高すなわち設置高を決定した。

7・6 移動防護工の設計

4の(2)で述べたように、移動防護工架設は桁下の制約条件から従来の桁下直下からの工法では不可能であった。そこで設計に当たっては、防護工の機能を満たすと同時に、架設途上の架設系を解析した。

(1) 設計方針

設計方針を下記に示す。

- a) 小物等の飛来落下物のために、桁下および桁側面を覆う。
- b) 単材架設の作業性を考慮し、防護工下面および桁側面上部は作業足場として設計する。

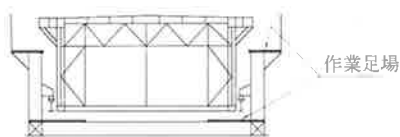


図-27 足場面

- c) 本体構造は型鋼を使用したトラス構造を主とし、支点ラーメン部は箱桁とする。
- d) 走行は油圧シリンダーによって行い、惜しみ装置を設ける。
- e) 完成系の断面の他に、架設途上の架設系を解析して断面を決定する。架設系は図-34の架設工法から下記に示す通りである。

- イ) 下面フレーム台船搭載時
- ロ) 下面フレーム水切り架設時
- ハ) 下面フレーム橋上運搬時
- ニ) 斜吊による支持状態

(2) 基本骨組

解析上の基本骨組は以下に示すように平面および立体ラーメン構造とする。

a) 完成系の骨組

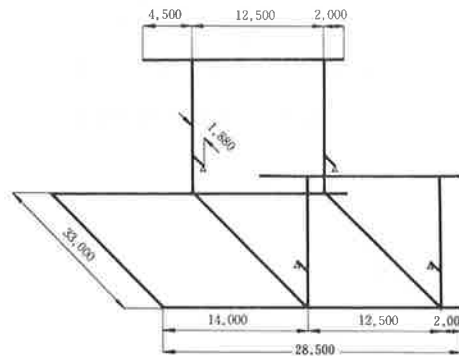


図-28 完成系の骨組

b) 下面フレーム台船搭載時の骨組

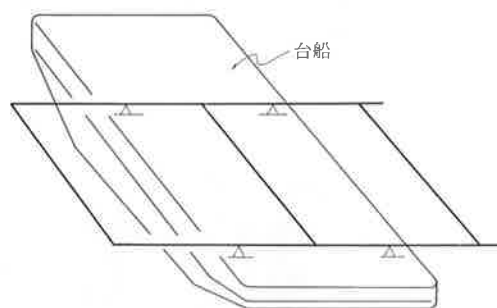


図-29 台船搭載時の骨組

c) 下面フレーム水切、架設時の骨組

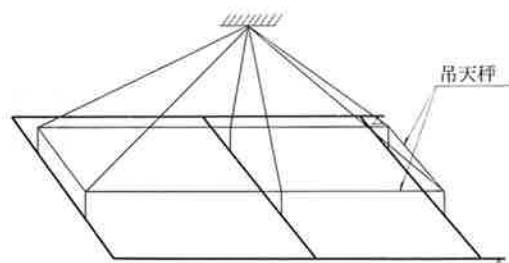


図-30 水切、架設時の骨組

d) 下面フレーム台車搭載時の骨組

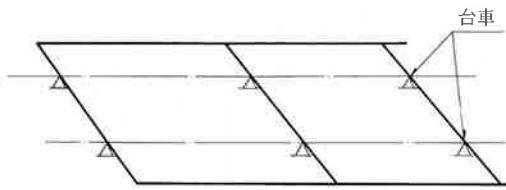


図-31 台車搭載時の骨組

e) 斜吊による支持状態の骨組

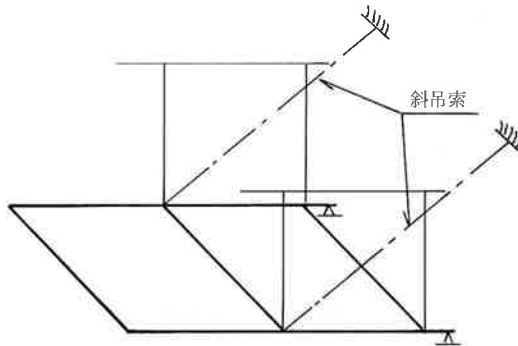


図-32 斜吊による支持状態の骨組

(3) 設計荷重等

a) 荷重

イ) 自重

本体、安全ネット
走行装置の重量

ロ) 活荷重

・移動集中荷重

作業員、工具、衝撃等で600kg/組を4組考慮する。

・等分布荷重

足場材、工具、機材の仮置、作業員の通行等を考慮し、10kg/m²をフローアー全面に載荷する。

ハ) 特殊荷重

17m上方より200kgの物体が、安全ネット上に落下した場合を考慮する。

ニ) 不均等荷重

不均等係数 $K_u=0.05$

ホ) 走行抵抗

移動時の車輪のころがり抵抗

ヘ) 勾配抵抗

軌条の最大勾配(2%)を考える。

ト) 衝撃荷重

・水平方向

水平移動する部分の3%

チ) 地震荷重

・地震係数 $K_h=0.12$

リ) 風荷重

・設計荷重

$$V_D = D_1 \times D_2 \times V_{10} \times 0.7$$

D_1 : 高度補正係数 (1.26)

D_2 : (1.20)

V_{10} : 基本風速 (43m/sec)

$$V_D = 1.26 \times 1.20 \times 43 \times 0.7$$

$$= 45.5 \text{m/sec}$$

・作業時風速

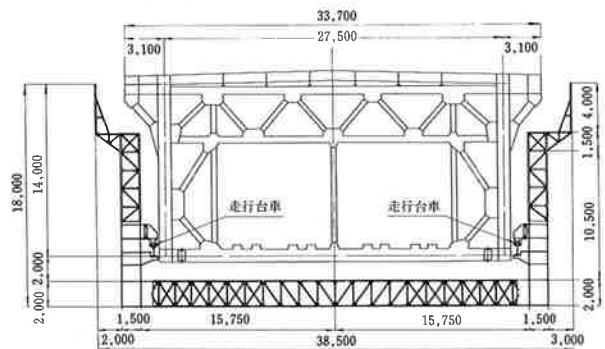
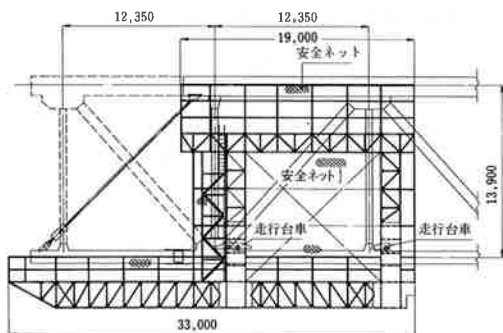
$$V_D = 16 \text{m/sec}$$

・突風時風速

$$V_D = 30 \text{m/sec}$$

b) 許容応力度

道路橋示方書を基本とし、割増率はそれに対する値を示す。



断面構成図

| 断面寸法 | 縦梁 | 横梁 | 支柱 | 上梁 |
|-------|---------------|---------------|-------------|---------------|
| | | | | |
| 上、下弦材 | H-100×100×4.5 | H-100×100×4.5 | L125×65×6×8 | L160×60×5×7.8 |
| 中、点材 | L75×75×6 | L75×75×6 | L75×75×6 | L75×75×6 |
| 斜材 | L75×75×6 | - | L90×90×7 | - |
| 上、下横材 | L75×75×6 | L75×75×6 | L75×75×6 | - |
| 対角材 | L75×75×6 | L75×75×6 | L75×75×6 | L75×75×6 |

図-33 移動防護工一般図と断面構成図

| | 許容応力度割増 ※ |
|---------------|--------------------------|
| 1. 常時 (作業時) | 1.25 |
| 2. 風時 (突・暴風時) | $1.25 \times 1.1 = 1.38$ |
| 3. 地震時 | $1.25 \times 1.3 = 1.63$ |

※鋼構造架設設計指針 (土木学会)

(4) 断面

断面決定に当たっては、防護工の設置は長期間におよぶため完成系での断面は架設割増 (25%) をしない許容値におさまるよう設計し、一時的な架設系での断面は架設割増を考慮した。

7.7 移動防護工の架設

下面フレームの架設の流れは、まず始めに丸亀岸壁ヤードで地組立を行い、120t吊フローティングクレーンによって台船へ搭載し、2P水切地点まで曳航する。次に、塔付ジブクレーンによって水切・運搬台車搭載を行い、橋上運搬した後トラベラークレーンによって一括架設した。

側面フレームの架設の流れは下面フレームと同様である。なお、搭載台船は同一とした。

当工法の施工上の問題は、下面フレームの水切時と架設時にあった。以下その問題と解決策について述べる。

(1) 水切り

塔付ジブクレーンは主構の水切りを主目的に設計されたこと、下面フレーム係留時の平面位置の関係から、塔付ジブクレーンのリーチと能力に問題があった。

その問題を解決するために、逆向きに下面フレームを係留しなければならず、水切り後海上約20mの位置で180°の回転を余儀なくされた。また、係留台船と2P脚廻り足場との接触を避けるために、脚廻り足場と台船の間にスペーサー台船を挿入した。

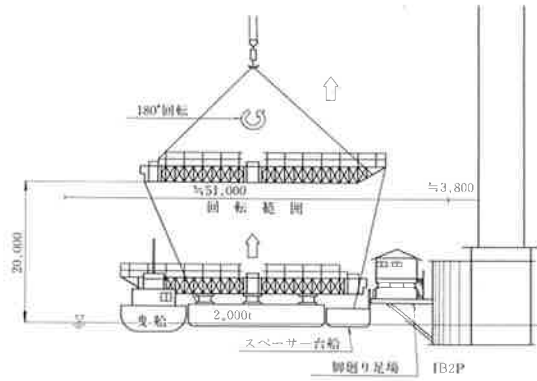


図-35 180°回転図

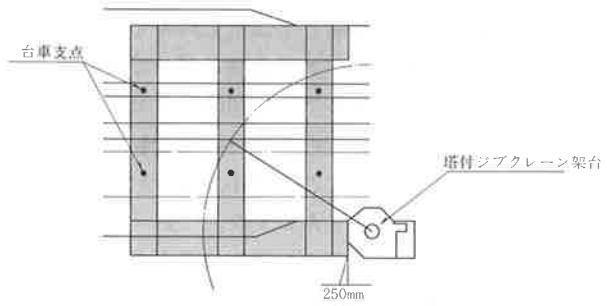


図-36 運搬台車への搭載時平面図

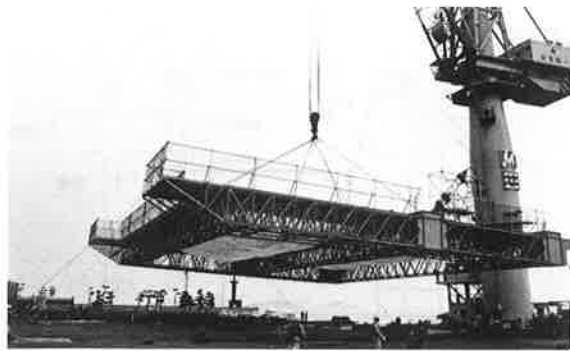


写真-18 移動防護工浜出し

水切り作業は、下面フレームが平面的に大型で75tと重く、かつ柔な構造であること、塔付ジブクレーン架台との間隔が250mmと少ないことから、風による揺れが心配されたが、カイシャクロープ等の風対策を十分に施すことによってなんのトラブルもなく水切りを終えることができた。

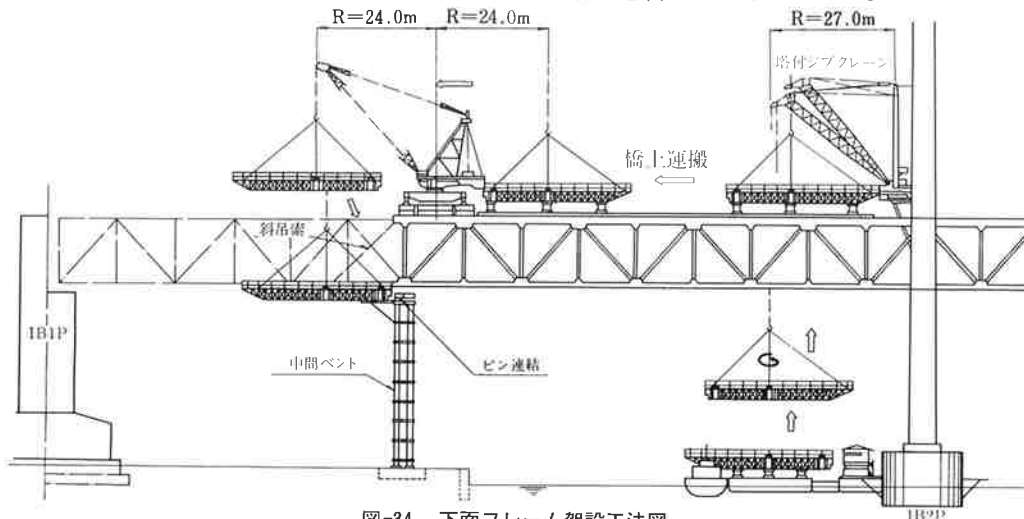


図-34 下面フレーム架設工法図

(2) 架 設

移動防護工はNo.5主構架設完了後に既設主構に盛替えることになるため、斜吊索と中間ベント頂部で仮に支えておく必要があった。そこで斜吊索設置方法が技術的に問題であった。

斜吊索設置で一般的に考えられる工法は、トラバークレーンにより下面フレームを吊下げ、ベント頂部を連結後、ウィンチ等で斜吊索を張渡すことが考えられるが、安定するまで相当時間がかかること、作業性が悪く経済的でないことから、短時間で完了する架設手順を工夫した。

架設手順は、図-37に示すように、下面フレームを降下する途中で斜吊索と上弦材金具をピンで連結し、徐々に降下させベント受金具とピンで連結した。この場合、斜吊による水平力が問題となるが、吊上げ時の下面フレーム傾きの設定と斜吊調整装置を100mm長くすることによってごく微小な力でベント受金具にピンを挿入することができた。

下面フレームの架設が2時間程度でトラブルなく架設を終えた実績から、写真-4に示すごとくNo.4下弦材の斜吊索についても同工法を採用した。

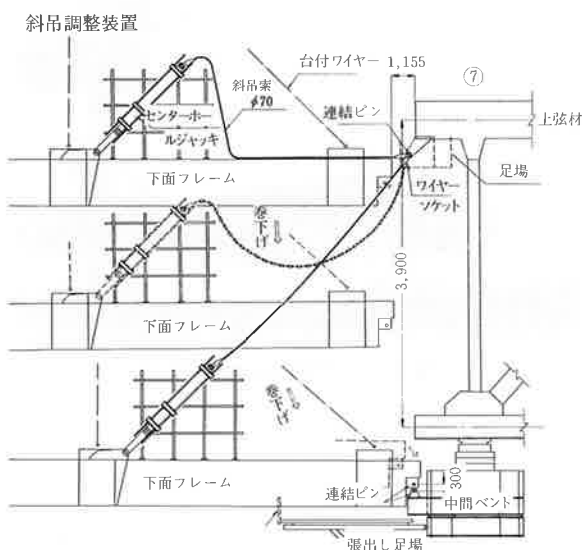


図-37 下面フレーム降下と斜吊索取付図



写真-19 移動防護工架設その1



写真-20 移動防護工架設その2

9. あとがき

本工事では、厳しい施工環境の中で、大規模な工事を行うに当たり、仮設備設計と作業手順に工夫をこらして、技術的諸問題を解決した点に最大の特徴がある。

現場施工は、昭和60年3月に着手し、60年11月末で足場解体等を終えた。この期間中毎日緊張の連続であったが無事故で工事を終え、関係者一同喜びに浸っている。我々はこの報告書が今後の仮設ベント支持の張出工法の一資料になれば幸いであると思っている。

この工事にいろいろご指導、ご助力をいただいた本州四国連絡橋公団第二建設局児島工事事務所第三工事ならびに岩黒島下部工、熊谷組・日本国土開発・若築建設共同企業体の各位に感謝の意を表わす次第です。