

荒川橋（3径間および4径間連続箱桁）の架設

上田 龍一¹⁾ 木村 正²⁾

橋梁架設工法として採用されている送り出し工法は、近年送り出し装置の進歩に伴い実施例も多く見られる様になった。本橋においても、架設地点が荒川河口付近であり流水量が多く、また、漁業との関係より流水部にベント等の設置が無理な状況にあり、送り出し工法を採用することとなった。

本報告は、送り出し架設（一部ベントによるトラッククレーン工法を採用）を実施した概要を述べるものである。

ま え が き

荒川橋は、一般国道7号線新潟県岩船郡荒川町大字佐々木と同郡神林村平林を結ぶ、一級河川荒川に架かる延長461mの橋梁である。

現在の荒川橋は昭和35年に架設されたが、その後多くの水害等により被害を受けその都度補強工事を行い対応されてきた。

また、昭和42年の羽越災害後荒川の計画高水流量改訂により、現橋は河川管理施設等構造令を満足しなくなり今回の架替となったものである。

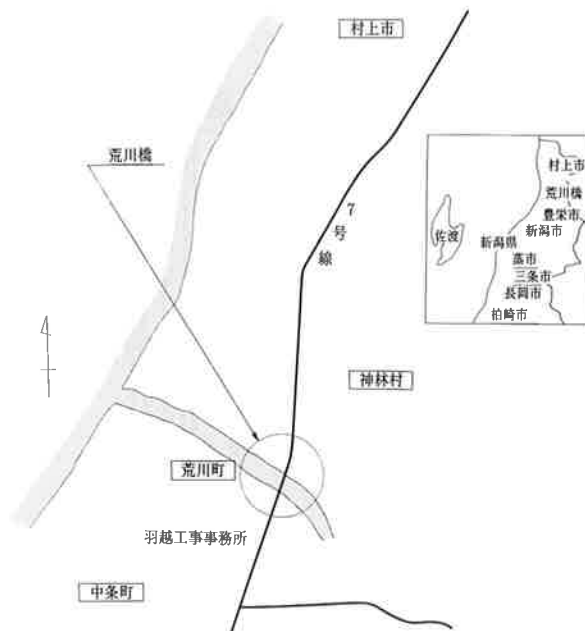


図-1 位置図

1. 工 事 概 要

| | |
|-------|--|
| 工事名称 | 荒川橋上部その5工事 |
| 路線名 | 一般国道7号線 |
| 橋梁形式 | 3径間および4径間連続箱桁 |
| 橋長 | 461.200m |
| 支間長 | (64.81 + 2 @ 66.3 + 65.75) + (65.75 + 66.3 + 63.89) m |
| 幅員 | 12.150m |
| 道路区分 | 第3種第1級 |
| 橋格 | 1等橋 (TL - 20) |
| 線形 | 平面線形 R = ∞ 縦断勾配 1.0 % 横断勾配 2.0 % |
| 舗装 | アスファルト舗装 80mm厚 |
| 床版 | 鉄筋コンクリート床版 220mm厚 |
| 総架設重量 | 1970ton |

1) 大阪橋梁工事部 工事課課長

2) 大阪橋梁技術部 設計一課 副課長

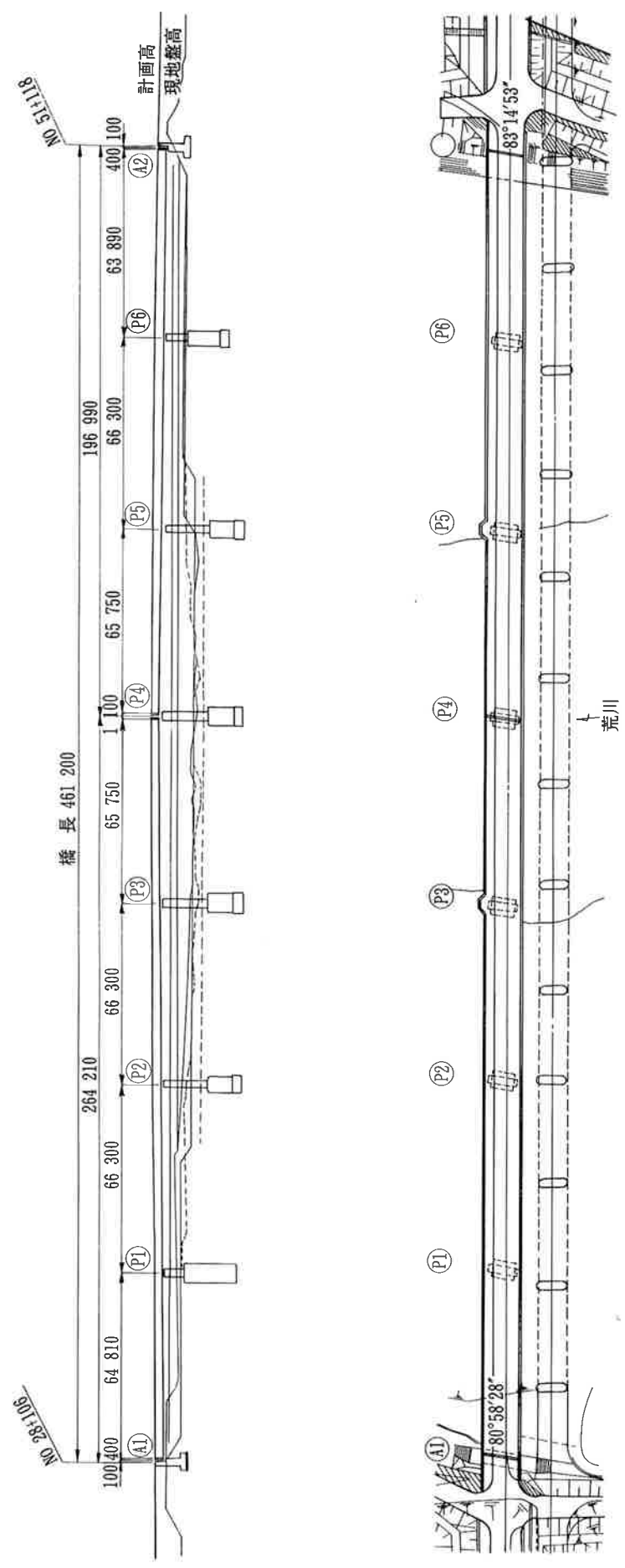


図-2 一般図

2. 架設工法の概要

本橋は、3径間および4径間連続箱桁各1連からなっている。橋梁形式、地形条件等を考慮して図-4に

示すような架設工法を採った。また施工のフローチャートを図-3に示す。

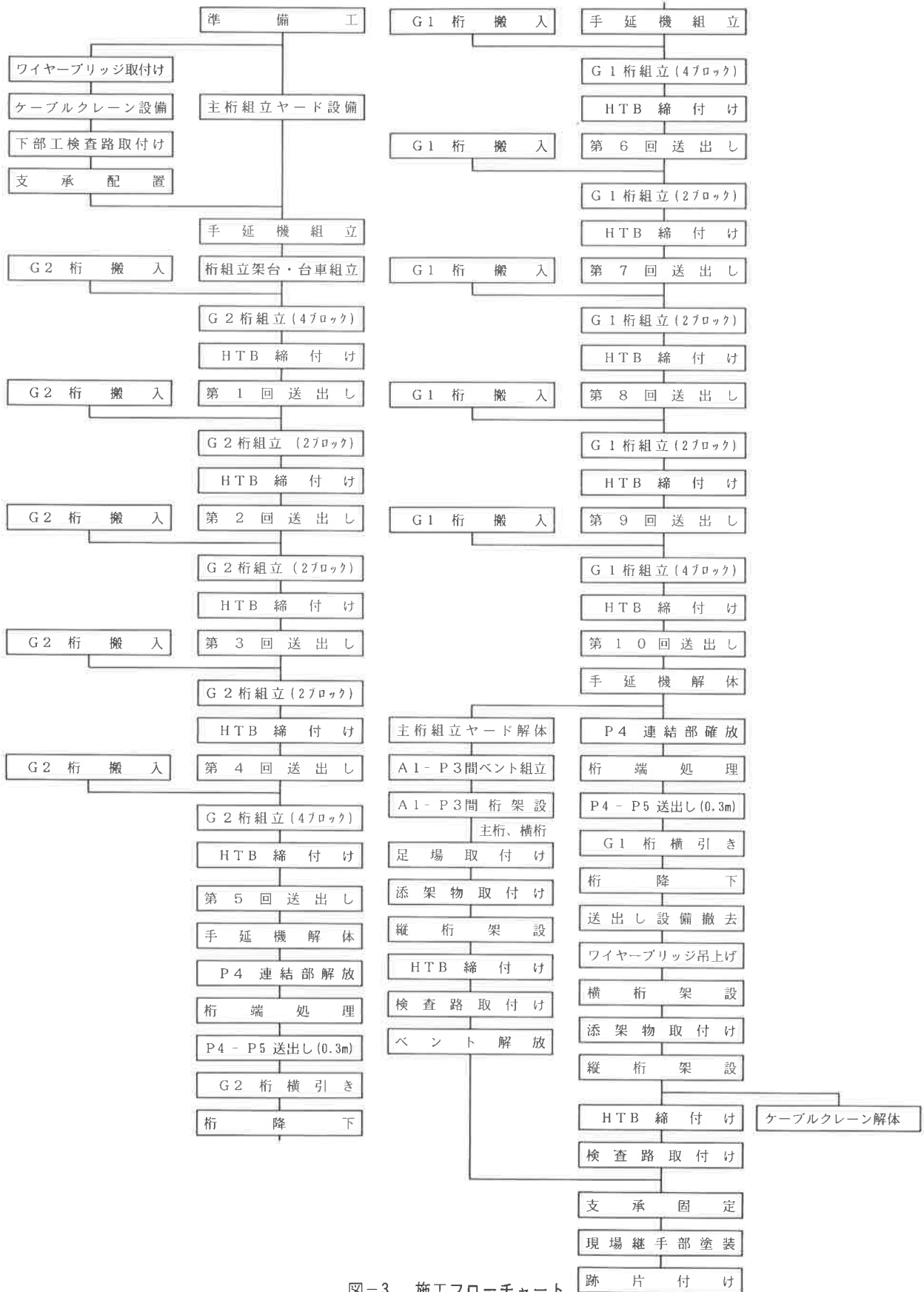


図-3 施工フローチャート

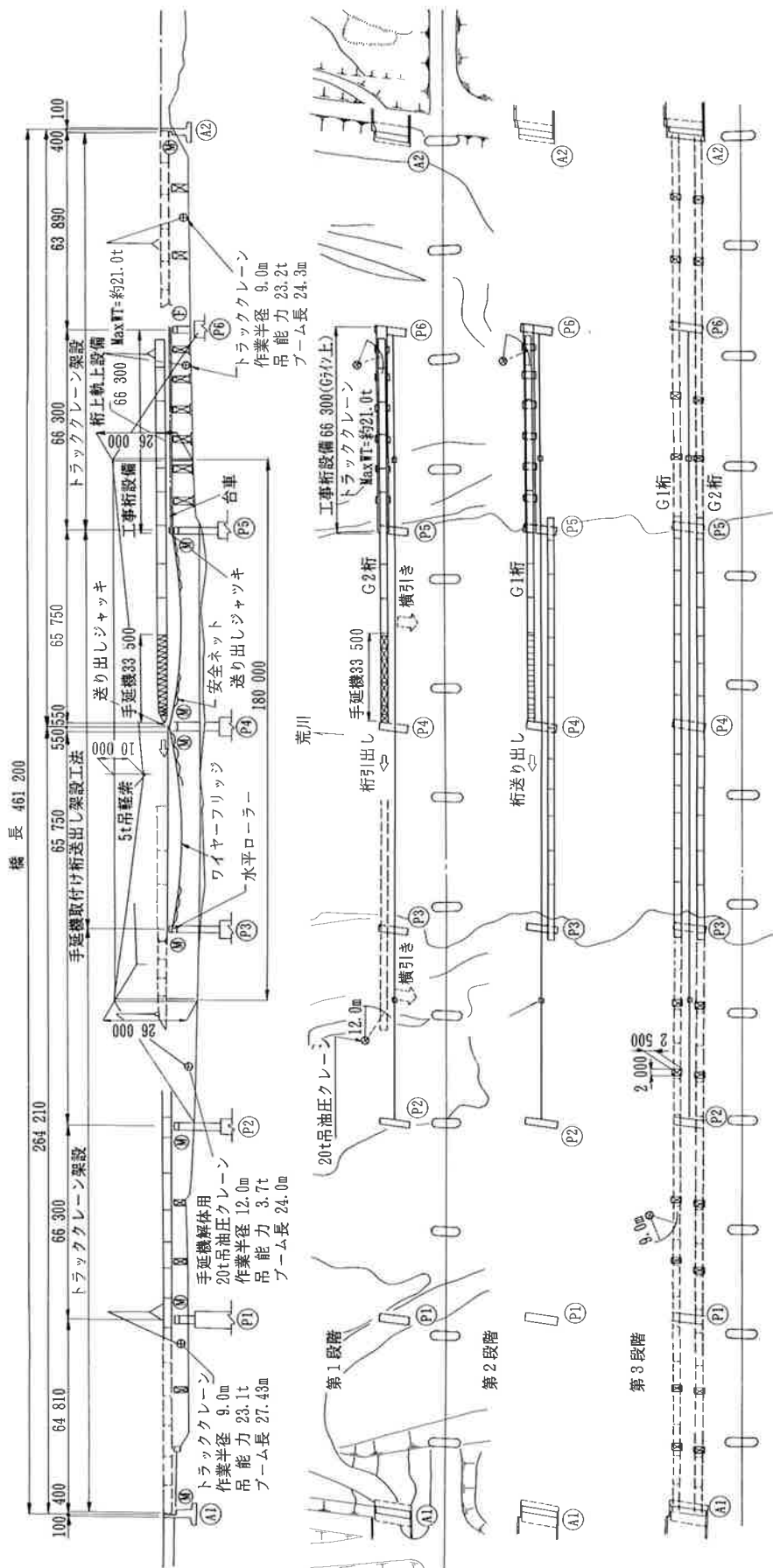


図-4 架設要領図

すなわち高水敷部に位置するA1～P3径間およびP5～A2間の5径間はトラッククレーンによる架設が容易であるので、バントを用いたトラッククレーン架設で施工した。流水部にあたるP3～P5間の2径間は水深も深く、流量も多いので流水部に入ることは困難であったので、手延機を用いた送り出し架設を行うことになった。ただし、P3～P5径間は3径間連続桁と4径間連続桁に跨がる部分であったので、製作時にP4上の桁端部をそれぞれ305mm伸ばして架設時に連結できるようにしておき、送り出し完了後に切断した。

P5～P6間に、送り出し用軌条を設けた長さ66.3mの組み立て用栈橋を設けて、その上で桁の組み立てを行った。組み立て、送り出しは1箱桁ずつ行い、先ずG2から始めた。手延機に続けて箱桁4ブロックを組み継ぎ、順次送り出しながら後ろへ組み継いで行き、10ブロックまで組み継いで、少し送り出した時点で手延機がP4に到達するので、以後はP4、P5上の送り出しジャッキと栈橋上の送り出し台車の3点支持で十分送り出し、再度残りの4ブロックを組み継いで送り出し、G2桁の送り出しを完了させた。手延機を取り外した後、G2桁を所定の位置まで横移動、降下させた。続いてG1桁を同じ方法で架設した。

組み立て用栈橋は、高水敷を整地後、厚さ0.4m×幅2.0m×長さ6.0mのコンクリート基礎9基を設けその上に鋼製バント、軌条桁等で組み立てヤードを設置した。

送り出し設備としてはP4、P5上に図-5に示す支持能力311tonの送り出しジャッキを各2基、栈橋上には台車2台、P3上にはスライド沓を設けた。またP3、P4、P5上には図-6に示す横移動用のスライド設備を設置した。また図-4に示すような吊り能力5tonの軽ケーブルクレーンを設置して、P4上へ架設機材を搬入したり、P3～P5間の主桁を架設後、横桁や縦桁を架設するのに用いた。

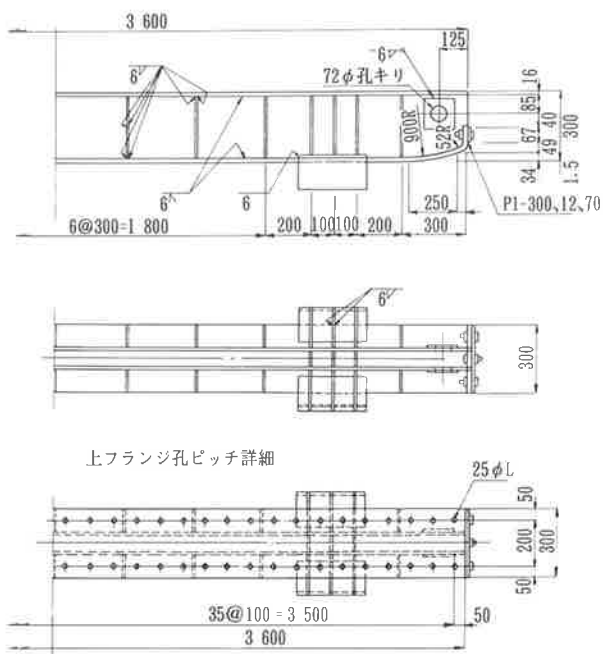


図-6 横取り装置

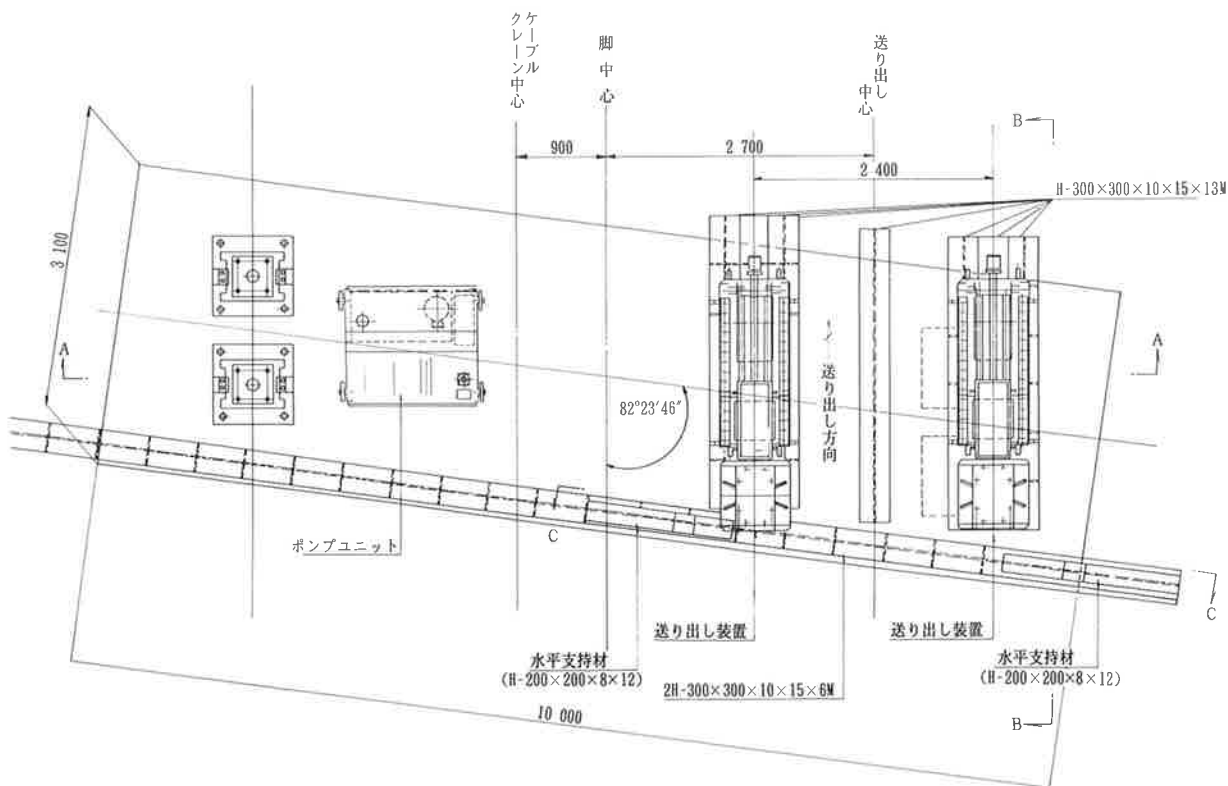


図-5 送り出し装置配置図

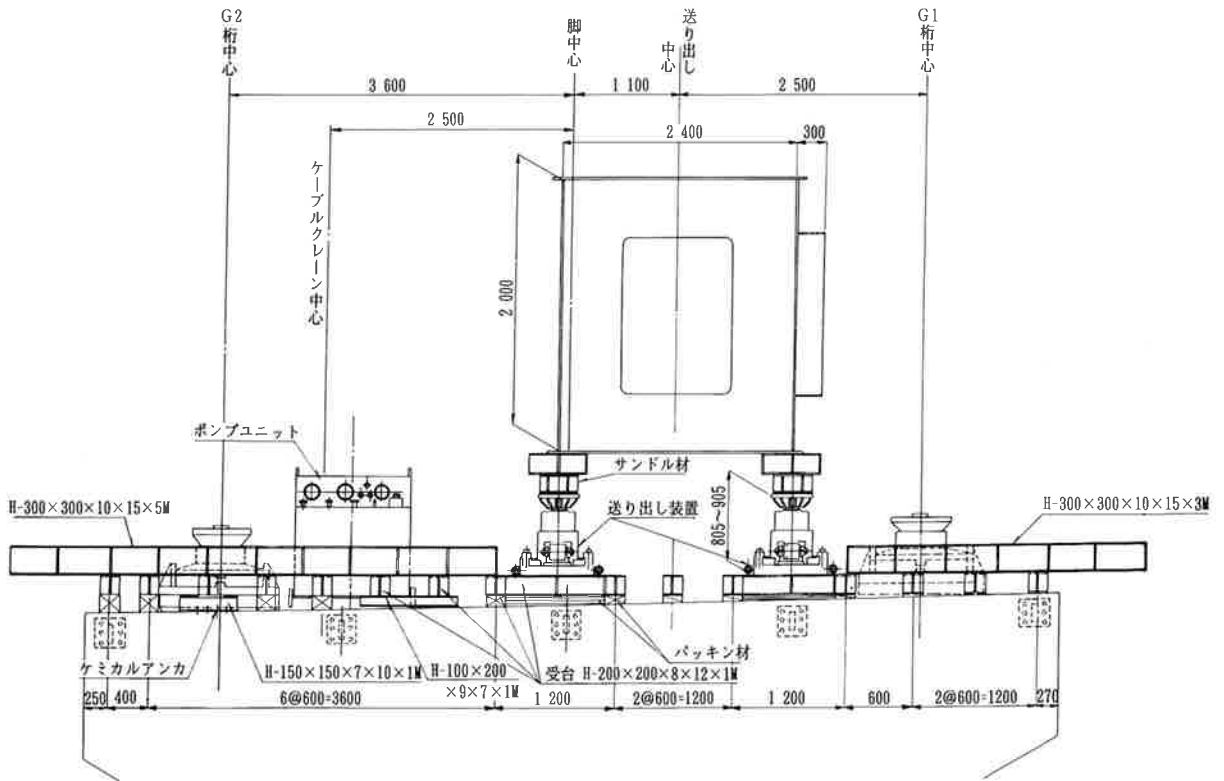


図-7 P4、P5 送り出し装置配置図

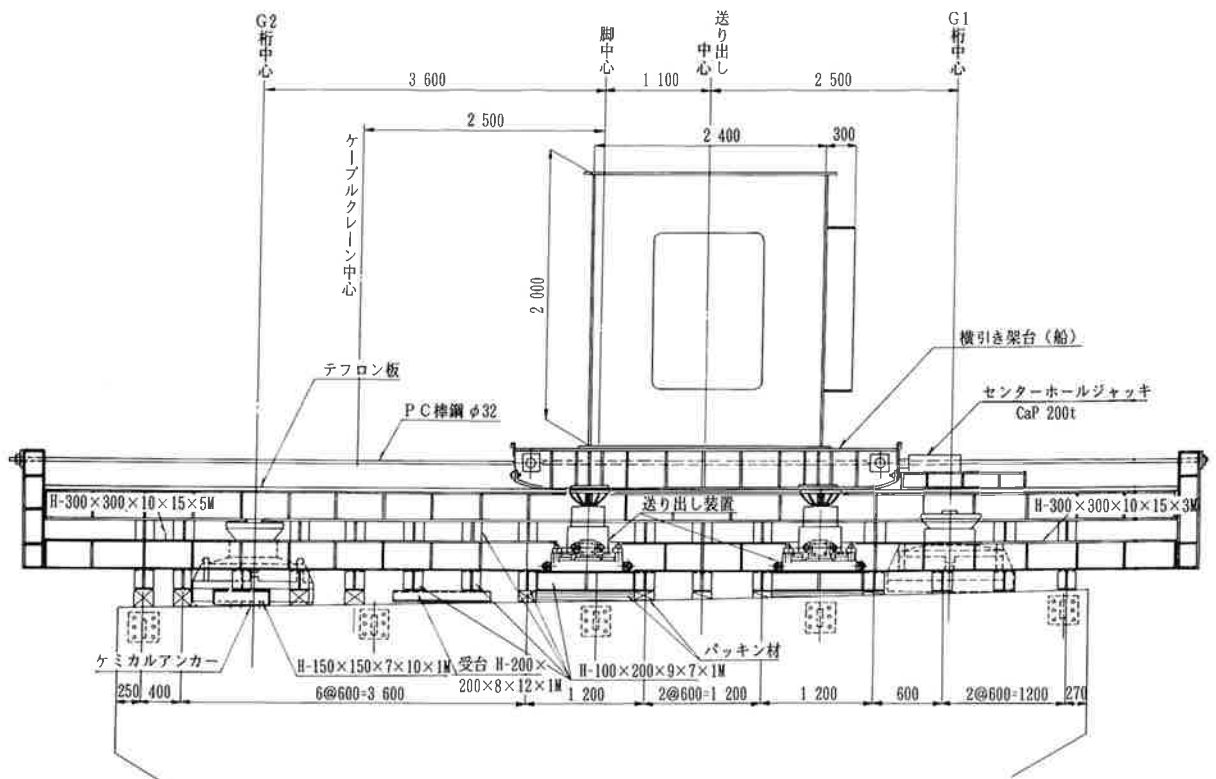


図-8 P3、P4、P5 箱桁横引き要領図

3. 送り出し

架設ステップ図(図-11参照)に示すように、橋体の送り出しは、ステップ1~13に区分し順次ブロックを接続して行った。なお、架設を行うにあたり下記の検討を行い、送り出し架設に反映させた。

- ① 架設時断面力による桁断面の照査および桁補強
- ② 送り出し時反力管理
- ③ " 形状管理
- ④ " 強風に対する安定計算
- ⑤ P4 支点部連結検討

(1) 送り出し架設時断面力に対する桁補強

架設時断面力算出は、図-9に示す解析モデルで行った。架設時においては、正・負の曲げモーメントが反転しフランジ・腹板の応力度および座屈耐力の

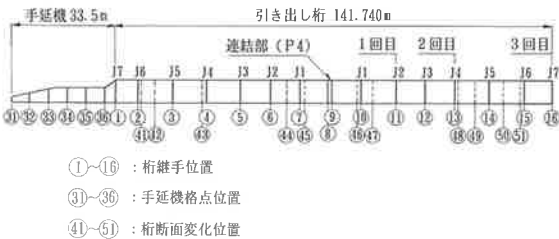


図-9 解析モデル図

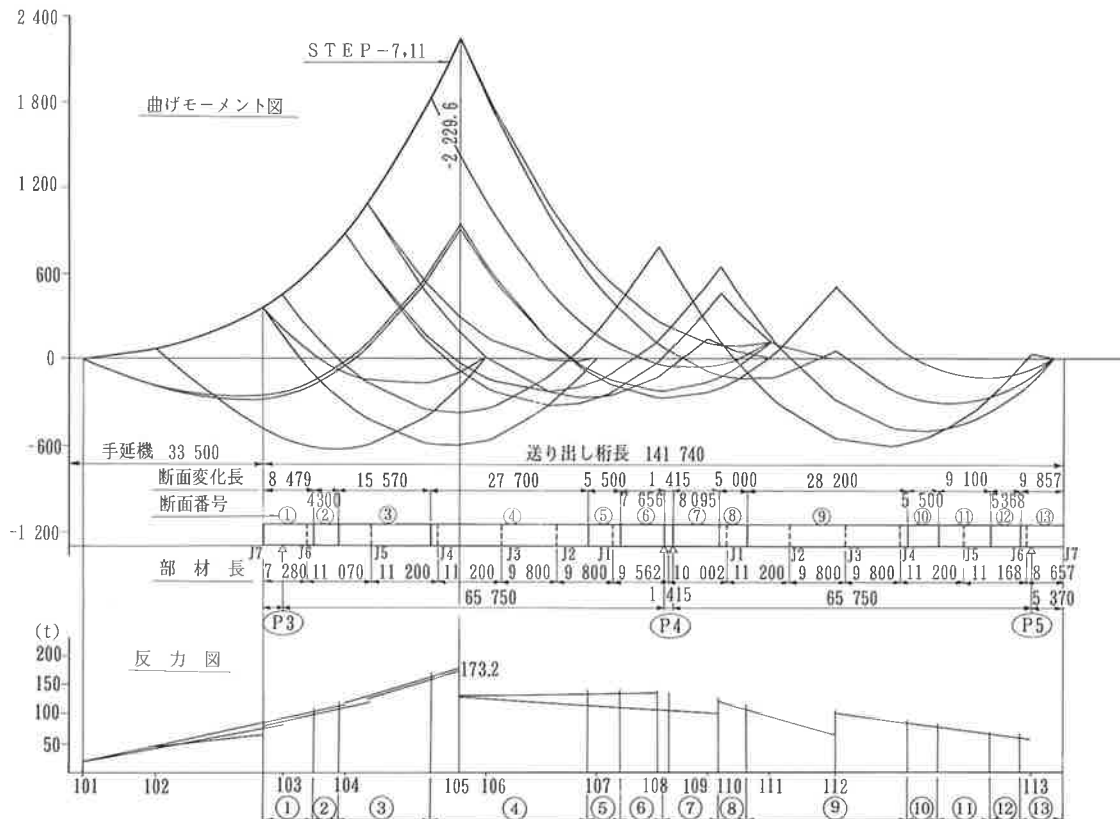


図-10 架設時断面図

確認が必要である。図-10の架設時断面力図により、断面照査を行った。

1) フランジの照査および補強

架設時、P3~P4 径間中央部と P4 端支点部において下フランジが圧縮応力を受ける補剛板として、許容応力度を満足しなかった。

補強としては、縦リブおよび横リブを追加し応力度の緩和を行った。

2) 平面支承上の腹板の照査と補強

腹板は、架設時せん断力に対する照査と送り出し装置の平面支承上からの局部座屈の照査をして全長にわたり架設時の交番応力を受け、下フランジ側は鉛直方向の圧縮応力に対し合成座屈安全率の照査が必要となる。

照査は、(DAST012) より曲げモーメント、せん断応力、反力が作用した時の合成座屈安全率を求めて行うものとする。

必要合成座屈安全率

$$\alpha = \frac{1.70 \text{ (鋼材安全率)}}{1.25 \text{ (架設時割増)}} = 1.36$$

照査の結果、所要の安全率が確保できない箇所は鉛直リブ(垂直補剛材)、水平補剛材の追加等を行い対処した。

補剛方法および計算の一例および架設にともなう補強として図-12に示す補強を桁製作時に反映させた。

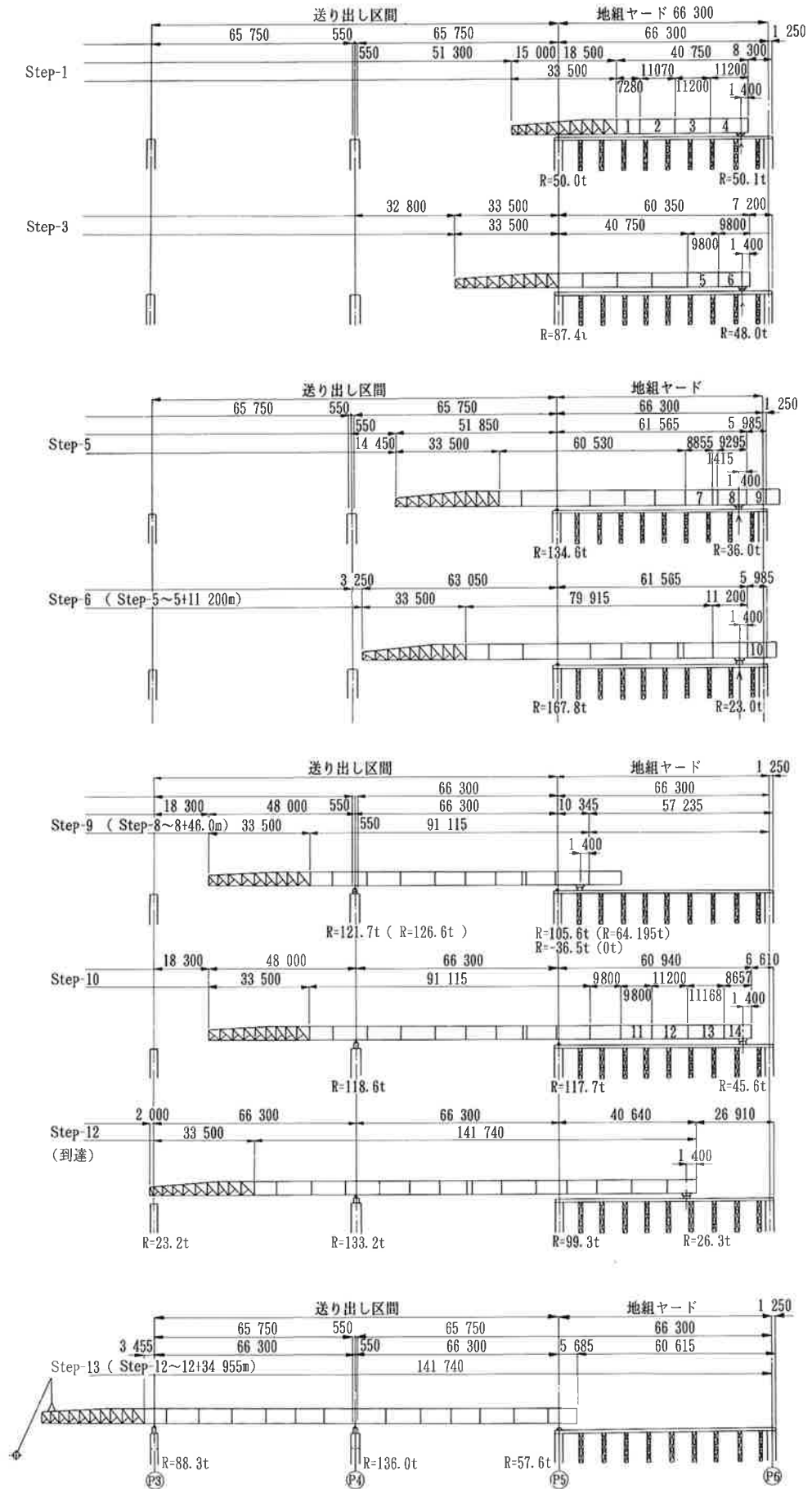
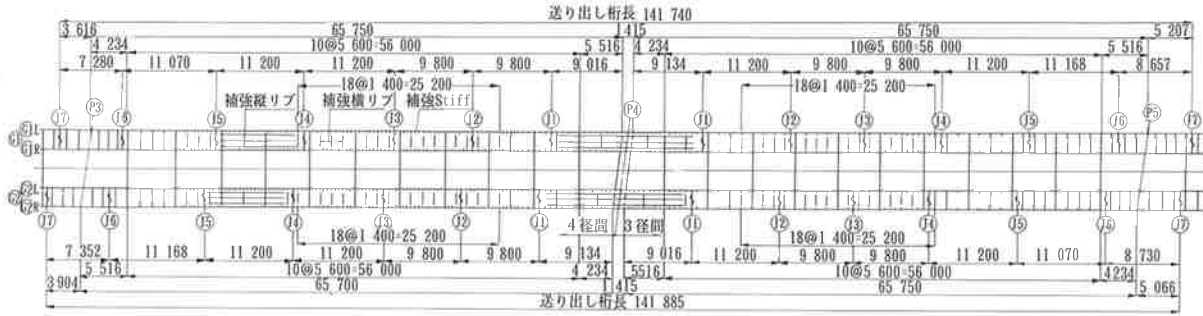


図-11 架設ステップ図



| 現断面の照査 | | | | 補強後の断面照査 | | | |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|---------|---------|
| 断面番号 | 9 (L) | | | 断面番号 | 9 (L) | | |
| 材質 | SM 50Y | | | 材質 | SM 50Y | | |
| パネル | 1 | 2 | 3 | パネル | 1 | 2 | 3 |
| A | 140 | 140 | 140 | A | 140 | 140 | 140 |
| B | 179.2 | 61.0 | 39.2 | B | 39.2 | 61.6 | 78.4 |
| C | 0 | 0 | 0 | C | 0 | 0 | 0 |
| T | 1.1 | 1.1 | 1.1 | T | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| ALPH-X | .78125 | 2.27273 | 3.57143 | ALPH-X | 3.57143 | 2.27273 | 1.78571 |
| ALPH-Y | 1.28 | .44 | .28 | ALPH-Y | .28 | .44 | .56 |
| PHI-X | -.279817 | 2.57377 | 1.38854 | PHI-X | .715596 | .391026 | -1 |
| SIG-X | 218 | -61 | -157 | SIG-X | 218 | 156 | 61 |
| SIG-Y | 1241 | 109 | 37 | SIG-Y | 1241 | 493 | 249 |
| TAU | 304 | 304 | 304 | TAU | 304 | 304 | 304 |
| SIG-EX | 71.5497 | 605.512 | 1495.24 | SIG-EX | 1495.24 | 605.512 | 373.811 |
| SIG-EY | 117.227 | 117.227 | 117.227 | SIG-EY | 117.227 | 117.227 | 117.227 |
| KX | 10.514 | 2.28648 | 3.37548 | KX | 4.62658 | 5.63371 | 23.9 |
| KT | 12.7491 | 6.1144 | 5.6536 | KT | 5.6536 | 6.1144 | 6.5944 |
| KY | 4 | 7.35889 | 14.8335 | KY | 14.8335 | 7.35889 | 5.50238 |
| SIG-XKI | 752.274 | 1384.49 | 5047.16 | SIG-XKI | 6917.86 | 3411.27 | 8934.08 |
| TAU-KI | 912.191 | 3702.34 | 8453.51 | TAU-KI | 8453.51 | 3702.34 | 2465.06 |
| SIG-YKI | 468.908 | 862.661 | 1738.89 | SIG-YKI | 1738.89 | 862.661 | 645.027 |
| SIG-V | 1262.66 | 547.265 | 555.945 | SIG-V | 1262.66 | 683.904 | 572.522 |
| SIG-X/SIG | .461473 | .0428797 | .0195076 | SIG-X/SIG | .0537291 | .103263 | .123513 |
| T.K/S.K | 1.15003 | -1.86362 | -1.15607 | T.K/S.K | 1.14117 | 1.79552 | 18.062 |
| SIG-VKI | 454.607 | 2120.76 | 11610.8 | SIG-VKI | 1751.87 | 1147.68 | 1353.39 |
| SIG-VK | 454.607 | 2120.76 | 3600 | SIG-VK | 1751.87 | 1147.68 | 1353.39 |
| 安全率 | .360039 | 3.87519 | 6.47546 | 安全率 | 1.3845 | 1.67813 | 2.36391 |
| 判定 | O U T | | | 判定 | O K | | |
| パネル形状 | | | | 補強方法 | | | |
| | | | | 板線 | | | |

図-12 箱桁補強図配置図

(2) 送り出し時反力管理

合成座屈安全率照査の際、反力不均等を考慮して 1.5 × 発生反力を用い、また腹板所要合成安全率を 1.36 (前述) 確保しているため、送り出し時の管理反力としては、作用反力の 1.5 倍までを許容反力とした。

施工では、各橋脚でのステップ管理反力内で桁の送り出しを行った。(表-1 参照)

(3) 送り出し時形状管理

桁送り出し時の形状において、各橋脚到達寸前の最大送り出し時、手延機の先端のたわみ量は、81cm となる。施工時は、前記の管理反力内で橋脚上桁受けジャッキにて桁を扛上させスムーズに手延機先端を橋脚上桁受設備に到達させた。



写真-1 架設全景

表-1 各ステップ管理反力一覧表

| P5 橋脚 | | | | | | | P4 橋脚 | | | | | | | | |
|--------|--------|-----------|----------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|----------|--------|--------|--------|--------|
| STEP | 格点 | 座標 (m) | 管理反力 (t) | | | 実測値 | 備考 | STEP | 格点 | 座標 (m) | 管理反力 (t) | | | 実測値 | 備考 |
| | | | 2 R | R | 1.5 R | | | | | | 2 R | R | 1.5 R | | |
| 1 | 102 | 15.00 | 45.50 | 22.75 | 34.13 | 31.0 | (第1日目) | | | | | | | | |
| | | 18.00 | 48.97 | 24.49 | 36.73 | 34.0 | | | | | | | | | |
| | | 21.00 | 52.44 | 26.22 | 39.33 | 36.0 | | | | | | | | | |
| | | 24.00 | 55.91 | 27.96 | 41.93 | 38.0 | | | | | | | | | |
| | | 27.00 | 59.38 | 29.69 | 44.54 | 40.0 | | | | | | | | | |
| | | 30.00 | 62.85 | 31.43 | 47.14 | 43.0 | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 33.50 | 66.90 | 33.45 | 50.18 | 46.0 | | | | | | | | | |
| 3 | 1 | 33.50 | 81.60 | 40.80 | 61.20 | 55.0 | (第2日目) | | | | | | | | |
| | | 36.50 | 87.63 | 43.82 | 65.72 | 57.0 | | | | | | | | | |
| | | 39.50 | 93.67 | 46.83 | 70.25 | 59.0 | | | | | | | | | |
| | | 42.50 | 99.70 | 49.85 | 74.77 | 63.0 | | | | | | | | | |
| | | 45.50 | 105.73 | 52.87 | 79.30 | 66.0 | | | | | | | | | |
| | | 48.50 | 111.76 | 55.88 | 83.82 | 71.0 | | | | | | | | | |
| 4 | 3 | 51.85 | 118.50 | 59.25 | 88.88 | 80.0 | (第3日目) | | | | | | | | |
| 5 | 3 | 51.85 | 125.20 | 62.60 | 93.90 | 80.0 | | | | | | | | | |
| | | 54.85 | 134.01 | 67.01 | 100.51 | 83.0 | | | | | | | | | |
| | | 57.85 | 142.83 | 71.41 | 107.12 | 88.0 | | | | | | | | | |
| | | 60.85 | 151.63 | 75.82 | 113.73 | 93.0 | | | | | | | | | |
| 6 | 4 | 63.05 | 158.10 | 79.05 | 118.58 | 95.0 | | | | | | | | | |
| | | 66.05 | 166.73 | 83.36 | 125.05 | 103.0 | (第4日目) | | | | | | | | |
| 7 | 105 | 68.30 | 173.20 | 86.60 | 129.90 | 105.0 | | | | | | | | | |
| 8 | 105 | 68.30 | 129.00 | 64.50 | 96.75 | 90.0 | (第5日目) | 8 | 10 | 2.00 | 20.00 | 10.00 | 15.00 | 8.0 | (第5日目) |
| | | 71.00 | 127.33 | 63.66 | 95.50 | 90.0 | | | | 5.00 | 26.16 | 13.08 | 19.62 | 11.0 | |
| | | 74.00 | 125.47 | 62.73 | 94.10 | 85.0 | | | | 8.0 | 32.33 | 16.16 | 24.24 | 16.0 | |
| | | 77.00 | 123.61 | 61.80 | 92.71 | 82.0 | | | | 11.00 | 38.49 | 19.24 | 28.87 | 18.0 | |
| | | 80.00 | 121.75 | 60.88 | 91.31 | 81.0 | | | | 14.00 | 44.65 | 22.33 | 33.49 | 22.0 | |
| | | 83.00 | 119.89 | 59.95 | 89.92 | 77.0 | | | | 17.00 | 50.82 | 25.41 | 38.11 | 26.0 | |
| | | 86.00 | 118.03 | 59.02 | 88.53 | 75.0 | | | | 20.00 | 56.98 | 28.49 | 42.73 | 31.0 | |
| | | 89.00 | 116.18 | 58.09 | 87.13 | 73.0 | | | | 23.00 | 63.14 | 31.57 | 47.36 | 36.0 | |
| | | 92.00 | 114.32 | 57.16 | 85.74 | 72.0 | | | | 26.00 | 69.30 | 34.65 | 51.98 | 38.0 | |
| | | 95.00 | 112.46 | 56.23 | 84.34 | 70.0 | | | | 29.00 | 75.47 | 37.73 | 56.60 | 41.0 | |
| | | 98.00 | 110.60 | 55.30 | 82.95 | 69.0 | | | | 32.00 | 81.63 | 40.82 | 61.22 | 44.0 | |
| | | 101.00 | 108.74 | 54.37 | 81.56 | 65.0 | | | | 35.00 | 87.79 | 43.90 | 65.85 | 50.0 | |
| | | 104.00 | 106.88 | 53.44 | 80.16 | 60.0 | | | | 38.0 | 93.96 | 46.98 | 70.47 | 55.0 | |
| | | 107.00 | 105.03 | 52.51 | 78.77 | 55.0 | | | | 41.00 | 100.12 | 50.06 | 75.09 | 60.0 | |
| 110.00 | 103.17 | 51.58 | 77.37 | 51.0 | 44.00 | 106.28 | 53.14 | 79.71 | 64.0 | | | | | | |
| 9 | 110 | 114.00 | 100.50 | 50.25 | 75.38 | 45.0 | 9 | 104 | 48.00 | 114.50 | 57.25 | 85.88 | 72.0 | | |
| 10 | 110 | 114.30 | 120.50 | 60.25 | 90.38 | 54.0 | (第6日目) | 10 | 104 | 48.00 | 111.90 | 55.95 | 83.93 | 77.0 | (第6日目) |
| | | 117.30 | 112.09 | 56.05 | 84.07 | 53.0 | | | | 51.00 | 121.62 | 60.81 | 91.22 | 78.0 | |
| | | 120.30 | 103.68 | 51.84 | 77.76 | 52.0 | | | | 54.0 | 131.35 | 65.67 | 98.51 | 82.0 | |
| | | 123.30 | 95.27 | 47.64 | 71.46 | 50.0 | | | | 57.00 | 141.07 | 70.54 | 105.80 | 87.0 | |
| | | 126.30 | 86.86 | 43.43 | 65.15 | 46.0 | | | | 60.00 | 150.80 | 75.40 | 113.10 | 93.0 | |
| | | 129.30 | 78.46 | 39.23 | 58.84 | 43.0 | | | | 63.00 | 160.52 | 80.26 | 120.39 | 94.0 | |
| | | | | | | | | | | | 66.00 | 170.24 | 85.12 | 127.68 | |
| 11 | 112 | 134.60 | 63.60 | 31.80 | 47.70 | 38.0 | 11 | 105 | 68.30 | 177.70 | 88.85 | 133.28 | 105.0 | | |
| 12 | 112 | 134.60 | 101.20 | 50.60 | 75.90 | 46.0 | (第7日目) | 12 | 105 | 68.30 | 131.90 | 69.95 | 98.93 | 91.0 | (第7日目) |
| | | 137.00 | 98.27 | 49.13 | 73.70 | 54.0 | | | | 71.30 | 132.24 | 66.12 | 99.18 | 85.0 | |
| | | 140.00 | 94.60 | 47.30 | 70.95 | 54.0 | | | | 74.30 | 132.59 | 66.29 | 99.44 | 84.0 | |
| | | 143.00 | 90.94 | 45.47 | 68.20 | 53.0 | | | | 77.30 | 132.93 | 66.46 | 99.70 | 83.0 | |
| | | 147.00 | 85.05 | 43.03 | 64.54 | 53.0 | | | | 80.30 | 133.27 | 66.64 | 99.95 | 81.0 | |
| | | 150.00 | 82.39 | 41.19 | 61.79 | 48.0 | | | | 83.30 | 133.62 | 66.81 | 100.21 | 81.0 | |
| | | 153.00 | 78.72 | 39.36 | 59.04 | 46.0 | | | | 86.30 | 133.96 | 66.98 | 100.47 | 73.0 | |
| | | 156.00 | 75.06 | 37.53 | 56.29 | 45.0 | | | | 89.30 | 134.30 | 67.15 | 100.73 | 73.0 | |
| | | 159.00 | 71.39 | 35.70 | 53.55 | 43.0 | | | | 92.30 | 134.65 | 67.32 | 100.98 | 76.0 | |
| | | 162.00 | 67.73 | 33.86 | 50.80 | 38.0 | | | | 95.30 | 134.99 | 67.49 | 101.24 | 77.0 | |
| 165.00 | 64.06 | 32.03 | 48.05 | 36.0 | 98.30 | 135.33 | 67.67 | 101.50 | 77.0 | | | | | | |
| 13 | 113 | 169.00 | 58.50 | 29.25 | 43.88 | 30.0 | | | 101.30 | 135.68 | 67.84 | 101.76 | 80.0 | | |
| | | | | | | | | 108 | 103.26 | 135.90 | 67.95 | 101.93 | 82.0 | | |

(4) 強風時における安定計算

本橋架設地点付近における風向風速時刻月表によると、1～4月・11～12月は風が強く瞬間最大風速が20m/sを超える日がある(表-2参照)

一般的に架設時風速が16m/s以上になると作業を中止するが、本橋においても、架設時に強風が予想されるため、手延機最大送り出し時状態において風速12m/sから3m/sピッチで桁の横風に対する安全率を算出した。その結果風速33m/sぐらいまでは転倒しないが、架設時においては転倒防止措置としてひかえ索等を設置し、気象状況に注意し短期間に安定形状までの作業を完了させた。(表-3参照)

(5) P4端支点連結

P4支点部は、4径間・3径間連続桁の各々の端支点でありまた送り出し架設時の中間部であるため、両端支点部を連結する必要がある。

当初計画では、P3～P4径間、P4～P5径間を左右の河川敷側からそれぞれ送り出す計画となっており、端支点部に手延機を連結する方法が計画されていた。実施では、工程・安全管理等から図-11に示すようP5橋脚側から送り出す事とした。

連結方法は、両端支点断面が連続していると考え、一般の連結部と同様リブを含め一体連結を計った。構図を図-13に示す。

また、連結部は端支点部の桁端回転処理により傾いているが、連結板を折る事により対処した。

表-2 強風記録

(昭和62年)

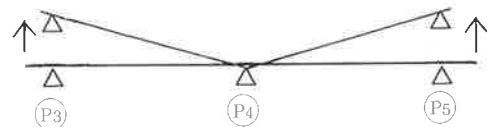
| 月 | 瞬間最大風速 | 瞬間最大風速 20m/s 以上の日数 |
|----|----------|-----------------------|
| 11 | 24.9 m/s | 5 |
| 12 | 27.0 | 7 |
| 1 | 27.2 | 9 |
| 2 | 28.6 | 6 |
| 3 | 24.5 | 3 |
| 4 | 20.4 | 1 |

表-3 横風に対する安全率

| 風速計 | 風荷重w | 水平作用力 | | 安全率 | |
|-------|---------|---------|-------|------|------|
| | | HR | HB | A支点 | B支点 |
| 12m/s | 7 327Kg | 6 931Kg | 391Kg | 10.5 | 40.9 |
| 15 | 11 448 | 10 830 | 618 | 6.7 | 26.2 |
| 18 | 16 485 | 15 595 | 890 | 4.7 | 18.2 |
| 21 | 22 438 | 21 226 | 1 212 | 3.4 | 13.3 |
| 24 | 29 307 | 27 226 | 1 583 | 2.6 | 10.2 |
| 27 | 37 091 | 35 089 | 2 003 | 2.1 | 8.1 |
| 30 | 45 792 | 43 319 | 2 473 | 1.7 | 6.6 |
| 33 | 55 408 | 52 416 | 2 992 | 1.4 | 5.4 |

4. P4端支点連結部解放

送り出し完了後、P3～P5径間は、2径間連続桁となっており、P4支点上では曲げモーメント $M = 880t \cdot m$ が作用している。そのため、P4支点上の曲げモーメントを0となるようにしなければ連結部を、撤去出来ない。本橋では、下図の要領で応力解放を行い無理なく連結部の解体を行った。



P3、P5 支点をそれぞれ26cmジャッキアップする

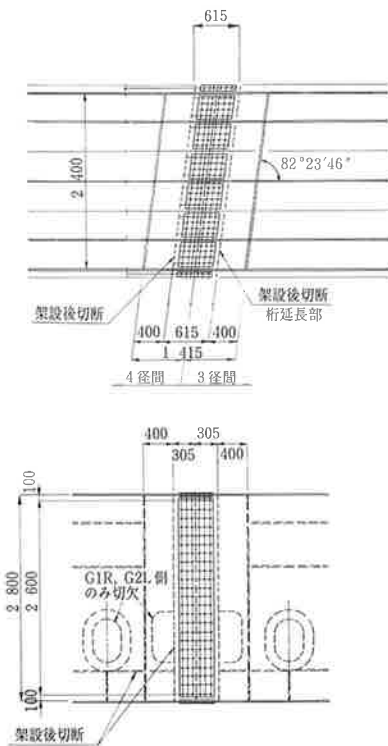
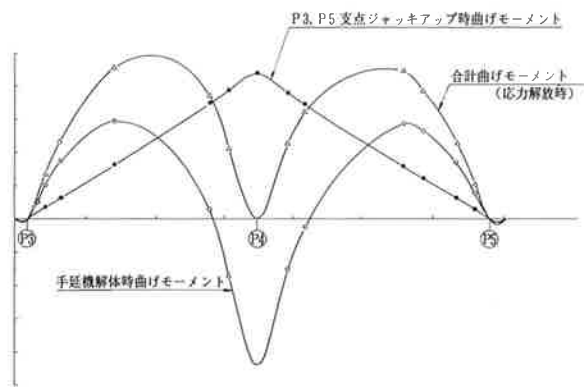


図-13 P4 支点部連結要領図

図-14 応力解放時断面力図

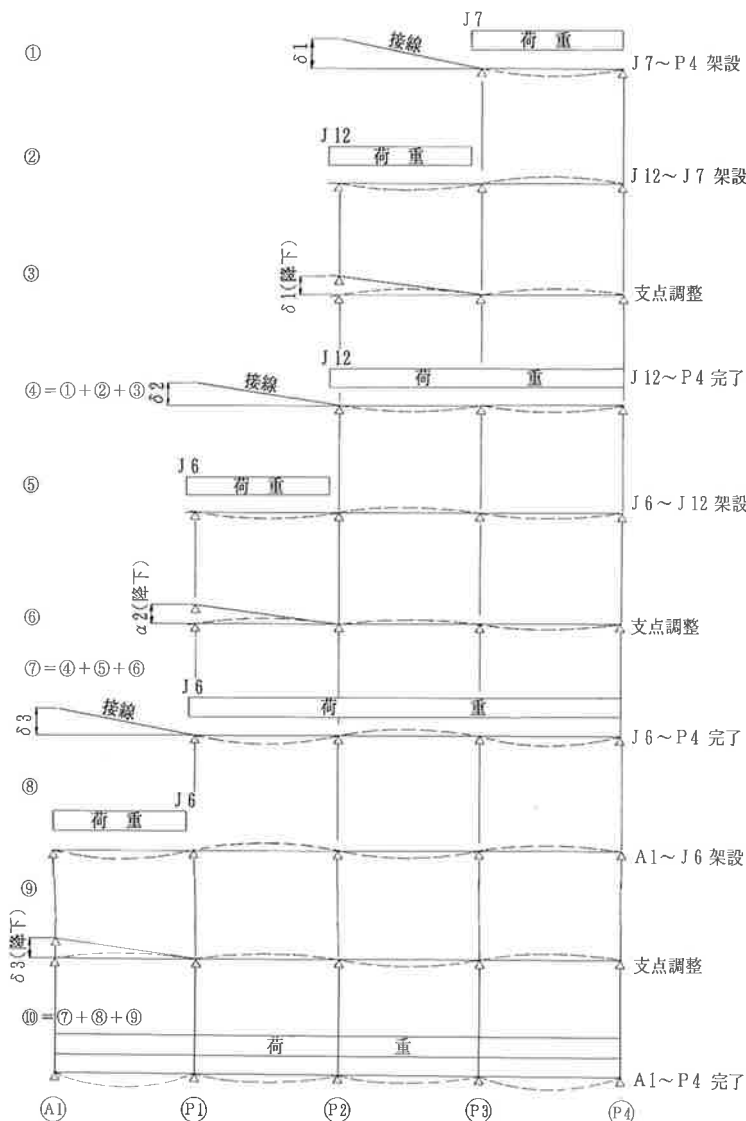


図-15 形状管理ステップ図

5. 形状管理

本橋架設工法では、全7径間のうち流水部の2径間のみ送り出し架設をし、残りの5径間はトラックレーンによるベント架設を採用した。

送り出し部 (P3~P5径間) は、前述のP4支点解放により単純支持状態となり、最終構造系の3および4径間連続桁への形状と変化していく。

実施工では、橋脚内に2ヶ所ベントを設置し、各ステップ毎のたわみ曲線の接線方向に仕口合わせ・また高さ管理を行い、部材連結後ジャッキアップ・ダウンにより、最終形状との整合性を取る事とした。(図-15参照)

結果は、すべての径間において、許容値内にて管理ができた。

あ と が き

本橋の架設の特長は、荒川流水部の2径間 (左岸側：4径間連続桁、右岸側：3径間連続桁) の箱桁を、連結して送り出し、横桁・縦桁・検査路等をケーブルクレーンによる架設で仮設に要した機材は通常の送り出し架設の5割増しの機材が必要となった。

また、送り出しに際しては、送り出しジャッキの各反力管理ならびに箱桁の形状管理については、設計計算および架設計算・計画を十分考慮し慎重に施工した結果、施工面・安全面で問題なく架設完了した。

本工事の施工に当たって関係各位よりの多大なるご指導およびご協力に対して感謝の意を表する次第である。