

(仮称) 豊田大橋の製作・架設

Manufacture and Construction of the Toyota-Ohashi Bridge (tentative name)

石川 洋*¹ 吉田 康雄*² 鬼頭 省吾*³ 千葉 新次*⁴
Hiroshi ISHIKAWA Yasuo YOSHIDA Shohgo KITOH Shinji CHIBA

Summary

An animal skeleton motif was selected when designing the Toyota-Ohashi Bridge. This enabled the designer to express the mighty structure of the bridge. The bridge therefore has a significantly complex form, as well as features that differ from those of an ordinary Nielsen Lohse bridge. This paper reports matters which were considered during the manufacture and construction of the bridge.

1. まえがき

(仮称)豊田大橋は、事業主の豊田市が『緑の都市軸』の一環として、名鉄豊田線の豊田市駅から東に約1kmの所の矢作川に、中央公園を経て東部住宅地につながる幹線道路の橋梁として、二連のニールセンローゼ桁橋を中心とした、橋長474.5mの橋が計画された。

従って、本橋には単に川を渡るためだけでなく、川を楽しむための橋として様々な工夫が施されている。空から見ると『8の字状』にデザインされた橋は、歩道が広くさらに川に向かって階段状の広場が4ヶ所計画されている。又、兩岸の橋脚から河川敷の公園に降りられるように昇降可能な階段が設置され、川中央の橋脚部では車道をくぐり、上流側・下流側への往来が可能な川面観察デッキが計画されている。

このように、本橋は『緑の都市軸』の核として、シンボル性の高い景観創造と共に、矢作川と一体化した水と緑と人のふれあい空間をめざしている。又、本橋はそのデザインにあたり、より力強い構造体を強調しイメージ表現できるモチーフとして、動物（完成した形状は恐竜のように見える）の骨格を選択している。

2. 橋梁概要

橋梁形式：ニールセンローゼ桁橋

橋 格：一等橋(TL-20)
橋 長：140.0m
幅 員：標準幅員 20.0m
(歩道5.75m+車道8.5m+歩道5.75m)
支間中央 32.5m
吊り材：DINAアンカーケーブル
(16-φ7×85、42-φ7×55)

鋼 重：3,090ton

図-1に一般図を示す。

3. 構造的な特徴

本橋のデザイン(意匠)は動物の骨格をイメージして設計されている。このため、化粧板が多用されており、外観的にもかなり複雑な形をしている。又、構造的にも一般的なニールセンローゼ桁とは異なる特徴を有している。主な点をあげると以下のようなものである。

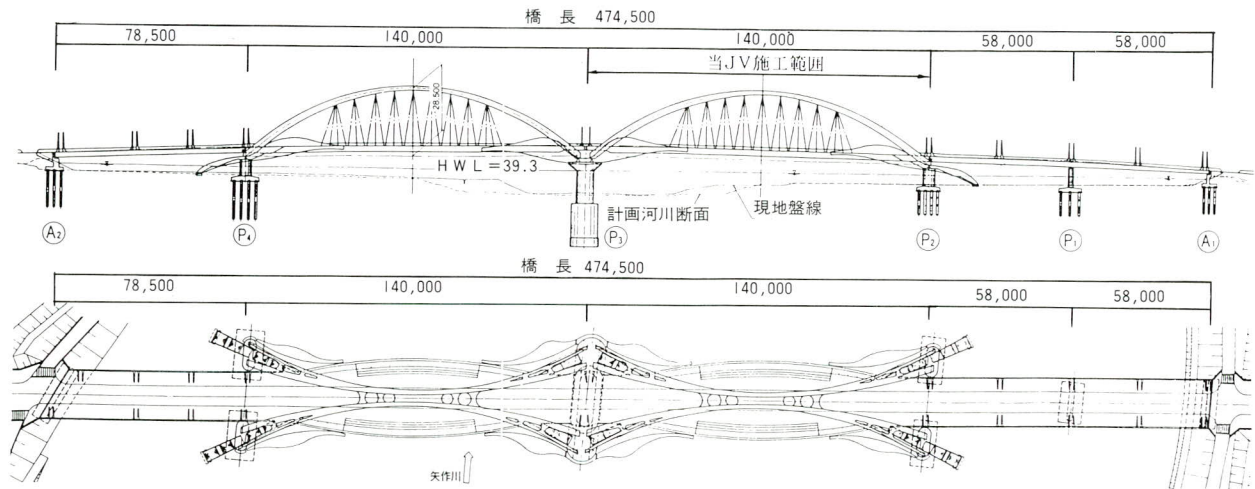
- ① 一般的なニールセンローゼ桁は、アーチ部材と補剛桁は一平面内にあるが、本橋は端部の横梁を介してアーチの水平力が伝達されている。
- ② アーチ部材は支間の両側約1/3に外アーチが設けられており、ダブルアーチの構造となっている。又、外アーチの水平力は、連結梁を介して補剛桁に伝達されている。
- ③ 外アーチの支間中央部には化粧板が設けられてお

*¹千葉工場技術管理室主幹

*²技術本部工事部課長

*³千葉工場生産設計部付部長

*⁴千葉工場製造部製造第一課課長代理



図一 一般図

り、外観的に連続性が保たれている。

- ④ 吊り材は内アーチ部材の格点より、3～4本放射状に設けられている。この吊り材の設け方は一般的なニールセンローゼ桁と、力学的にかなり異なるものである。
- ⑤ アーチ部材の断面形状が、基部からアーチクラウンに向かって四角形から、五角形さらに六角形に変化している。
- ⑥ 内アーチ間、及び、内・外アーチ間に化粧板が設けられている。
- ⑦ アーチ基部については、美観を考慮して現場継手に溶接継手が採用されている。

又、四角形から六角形に変化していること、さらに図-3に示すように化粧板が多用されていること、等により原寸展開には多大な日数を要した。

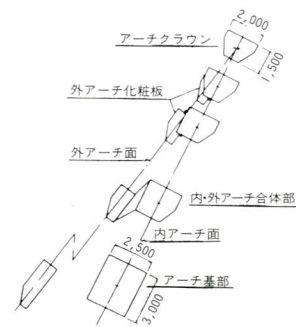


図-2 内・外アーチ形状

4. 工場製作

(1) 原寸

図-2に示す通りアーチ断面寸法が変化していること

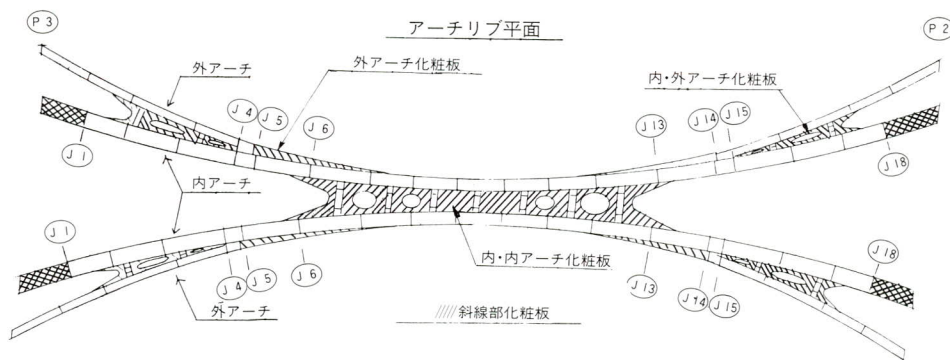


図-3 化粧板配置図

原寸要領は下記の通りである。

① キャンバーの計算

完成系座標値+キャンバー値 (=製作系座標値) に基づいて、上・下フランジ、両ウェブ、及び、断面の部品ごとに数値展開した。

② CAD画面による補足・修正

リップ厚・ダイヤフラム厚等のマーキング情報を含むインプットデータを作成し、展開ファイルに基づいてCAD画面に落とした(バッチ処理)。ジョイント孔配置やマンホール・ハンドホール等バッチ処理が難しい部分は、CAD上で補足・修正した。

③ NCデータ

CADで補足修正後、NC(マーキング・孔明け・切断)データに変換した。

④ 外アーチ化粧板の取合

内外アーチ融合部の交差する辺の組合せは、橋軸方向に順次変化していく。交差する辺の組合せにしたがって図-4に示す8ラインを設定した。

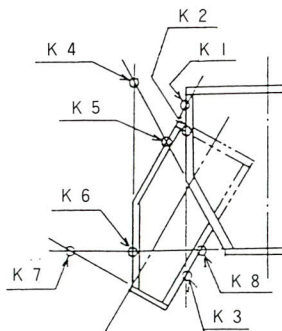


図-4 内・外アーチ融合部のライン

⑤ 化粧板

化粧板の基本座標は3次元CADを用いた。又、完成時にウェブが円滑な曲面に見えるように、曲率が小さくなる程中間点間隔を密に設けた(10~15mm間隔)。

(2) 製作

このように本橋のアーチ部材は、断面形状が複雑に変化している。NC原寸を行いNC罫書・切断・孔明けされた部品を組立てた。製作上特に以下の点に考慮した。

① 内アーチと外アーチの合体部材(J4~J5)

合体部材を大組立てする時の問題点としては、

(a) 内アーチと外アーチが立体座標で高さ・長さ・幅寸法が異なり、内アーチを基準に組立てる際に座標確認の方法が難しい。

(b) 短部材で重心位置が偏心しているため、大がかりな治具が必要となる。(図-5参照)

従って、内アーチ・外アーチ・支材の3部材を夫々単独で工場製作し、仮組立時に内アーチと外アーチの相互寸法を確認後仮付け溶接を行なった。

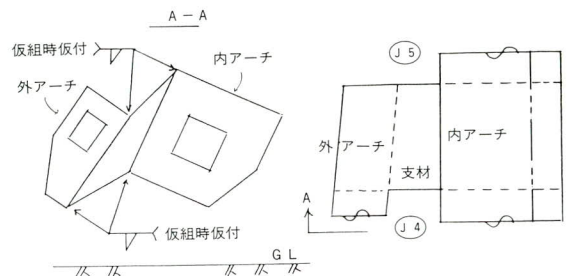


図-5 内・外アーチ合体部材

② 定着桁取付け部材

定着桁取付け部材では、大組立を行なうと定着桁と斜めウェブが近接して溶接の出来ない箇所がある。この部分については図-6に示す通り、定着桁を下フランジに先溶接してから、ウェブ・上フランジを組立て、角溶接終了後縦リブを取付けた。(写真-1参照)

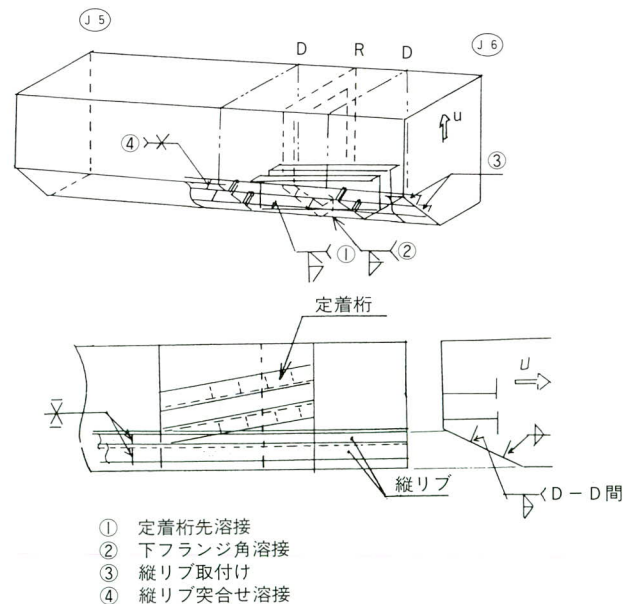
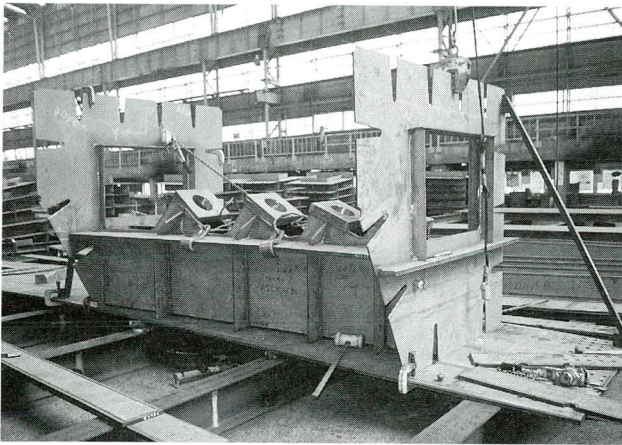


図-6 定着桁取付け部材



写真一

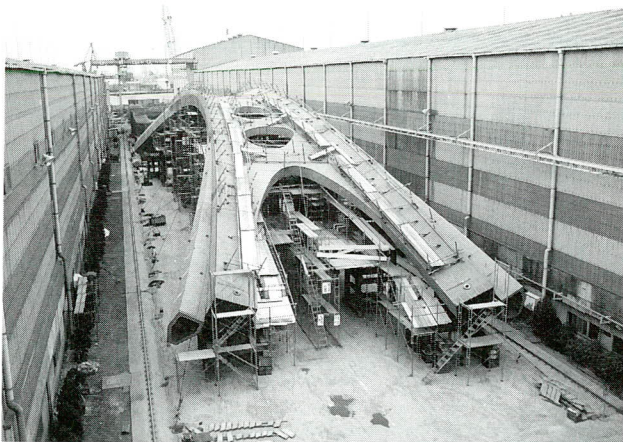
③ 化粧板

化粧板は、曲線が多用されているため、罫書は従来の型・定規では罫書出来ない。又 切断も従来切断方法では切断出来ない。原寸で3次元展開された罫書・切断データ(CLデータ)にて直接NC切断機で切断した。

- (a) 切断にはガス切断に比較して、熱変形の少ないNCプラズマ切断機とNCレーザー切断機を用いた。
- (b) 切断したフランジ・ウェブを基準線を基に、曲がりの確認をした後（切断後の曲がりとは殆ど無かった）、ウェブを基準面として組立てた。
- (c) アーチリブと化粧板の仮組立時の整合性が懸念されたので、化粧板と化粧板コネクションプレートの溶接は仮組立時に行なった。

(3) 仮組立

本工事は構成会社3社の共同企業体で受注し、3工場で分割製作している。従って、仮組立も図-7に示す通りの7分割仮組立を行った。



写真二 アーチ支間中央部の仮組立

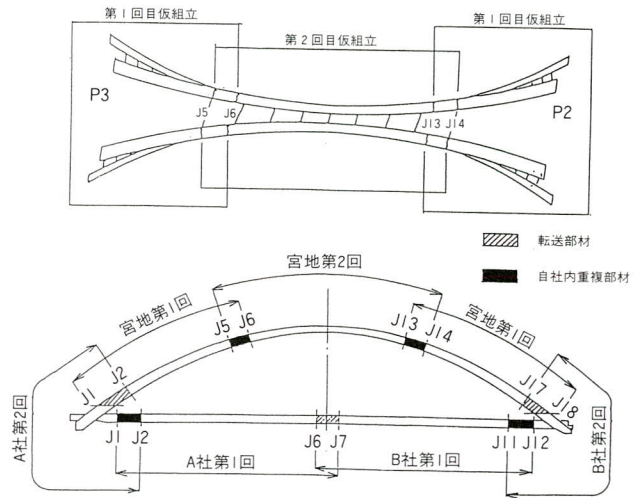


図-7 分割仮組立

アーチ部材は3次的に変化しているため、支持点ごとの勾配に合わせて受け架台を設計して、部材のすべり等起きないようにした。

化粧板は全量取付け確認を行った。構造が複雑なこともあり現場継手部について、一部仮組部材を実測して製作した。

仮組立は自社内、及び、他社との工区境は全て重複仮組立を行い、不具合のないことを確認した。その寸法精度については、図-8に示す通りである。全体的に精度良く製作されており、架設上問題ないことが確認された。

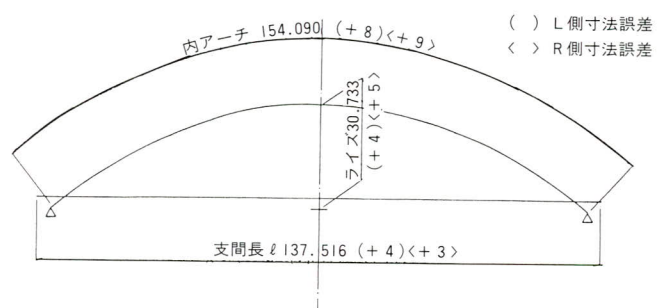


図-8 仮組立の精度

5. 架設

(1) 工法概要

架設工法は、なだらかな河川敷である地形条件から、クレーンベント工法とした。従って、P3橋脚付近の流

水部(約60m)においては、上流側・下流側に栈橋を設置し、クレーンの作業場所とした。

そして、流水部の補剛桁ベントは、補剛桁をかわした部分にH鋼杭を打ち込み工事桁を渡してその上に補剛桁ベントを設置した。

又、美観を考慮してアーチ下部の現場継手は溶接構造となっているため、地組した内アーチリブが約90 tになるので、大型のクレーン(450 t クローラークレーン・300 t クローラークレーン)を使用した架設となった。

工期の条件として1 渇水期の施工であるため、工程管理が一番の問題であった。工事の開始から栈橋工事、溶接工事、架設工事が輻輳してくるため、お互いに影響しないように基本工程を作成した。実際の工期は、吊り足場を除いて、10月から5月までの施工工期であった。

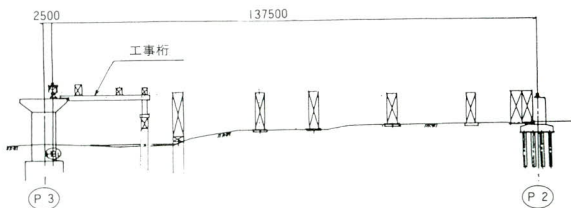
架設ステップ図を図-9 に示す。

(2) 栈橋工事

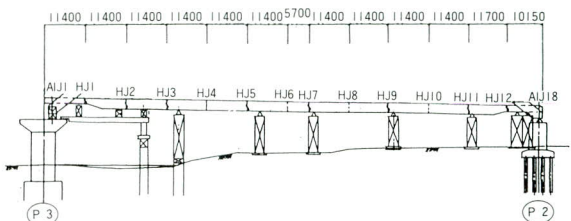
栈橋工事は、10月始めから11月中旬に完了の45日の工期で開始した。この栈橋は、幅16m、長さ40mで上流側・下流側それぞれに設置した。450 t クローラークレーンの重量が载荷するため、縦梁・横梁は700 H鋼を使用した。

STEP 1 支承据付・補剛桁受ベント組立

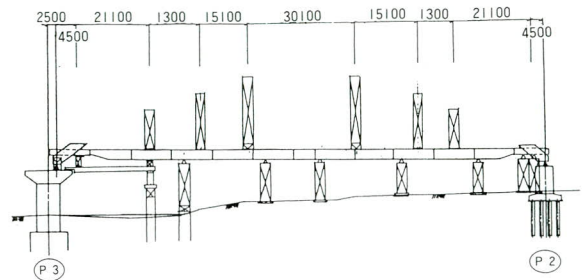
- (1) 支承の仮据付
- (2) 補剛桁用ベント組立
- (3) P 3 側栈橋構築



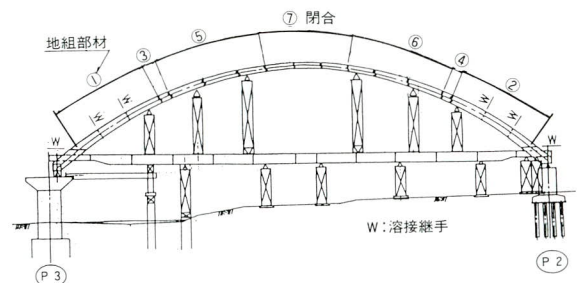
STEP 2 アーチ基部・補剛桁架設



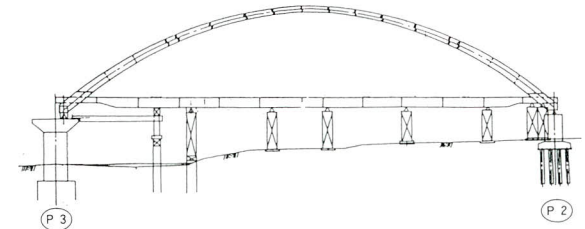
STEP 3 アーチベント組立



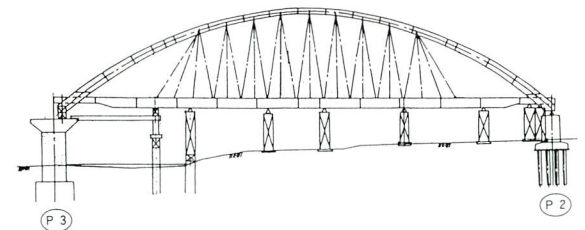
STEP 4 アーチブロックの架設



STEP 5 アーチベント解体



STEP 6 ケーブル架設・調整



STEP 7 補剛桁受ベント解体

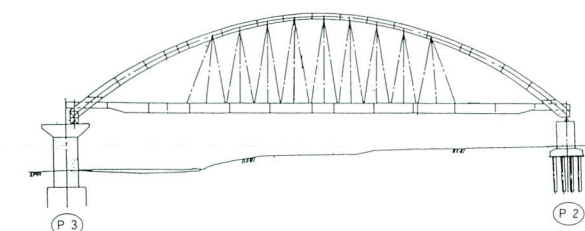


図-9 架設ステップ図

H鋼杭は400H×11mを212本(11本×6列×2ヶ所+8本×5列×2ヶ所)使用した。

H鋼杭の支持力は、450tクローラークレーンの作業時の接地圧より、1本当たり約33tの反力があるため、70t以上の支持力が必要である。『パイプロハンマーによる動的支持力の算定式』を用いて、5箇所にて確認したがその結果最低でも110tの結果が得られた。

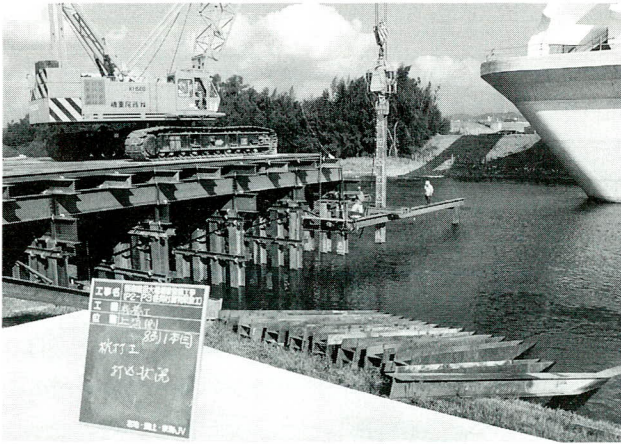


写真-3 棧橋組立状況

(3) 横梁の架設

横梁は、P2橋脚(陸上部)とP3橋脚(流水部)上にあり、内アーチの基部部材(約50t)1対と、8ブロックの横梁部材で構成されている。この部分の現場継手は溶接構造となっている。従って、横梁組立後溶接工事が完了しないと、補剛桁の架設が出来ない。

又、この横梁の出来形の良否によって橋梁全体の出来形が決まる。特に、アーチ基部の位置・方向・高さの精度により、アーチの取合精度が決まるため重要である。

しかしながら、溶接線9シームについて1シーム当たり3mmの溶接縮み代があり、全体で27mm長く製作されているため、最初の仮組立ではアーチ基部と横梁部材とのエレクションピースの取合は出来ない。

従って、アーチ基部と横梁部材の下面のエレクションピースだけを仮ボルトで止め、横梁部の7シームの溶接を中央から外側に溶接を行った後、再度横梁全体とアーチ基部を調整してから、取合部の溶接を行った。

当初工程としては、20日間で溶接線9シーム完了の予定だったが、実際には27日間かかってしまった。遅れの原因としては、構造が複雑なこと、又、板厚が厚いことと下フランジのMAG自動溶接(OH-AUTO)の工程で、

横梁の溶接工程が決まってしまうことである。従って、P3についてはOH-AUTOを2台に増やして工程の遅れをカバーした。

(4) 補剛桁の架設

補剛桁の架設は、溶接工事の完了したP2側より開始した。大型クレーンのメリットを生かして、22部材の内16部材について2部材の地組架設を行い、それに伴う補剛桁のベント位置を計画し、架設工期の短縮を計った。

但し、中鋼床版の流水部のベントH鋼杭の部分の8部材は、ベントH鋼杭の撤去後に架設した。

(5) アーチリブの架設

アーチリブは、外アーチリブと内アーチリブの二重構造となっており、この間を化粧板で覆う構造となっている。さらに、外・内アーチ間に鋼床版から橋脚に降りられるように、階段が取りつく構造である。

又、内アーチリブ架設においては、事前にJ2・J3継手の地組立を行い溶接工事の完了後架設した。

内アーチの34部材の架設は、外アーチとの合体部材を除き、3部材ごとの地組架設を行った。



写真-4 アーチ部材の架設

当初のクレーン使用計画では、1渇水期の作業であるために棧橋部は、450tクローラークレーンを使用し、陸上部は300tクローラークレーンを使用して、2パーティーで架設を行う予定であったが、流水部が計画図面より6

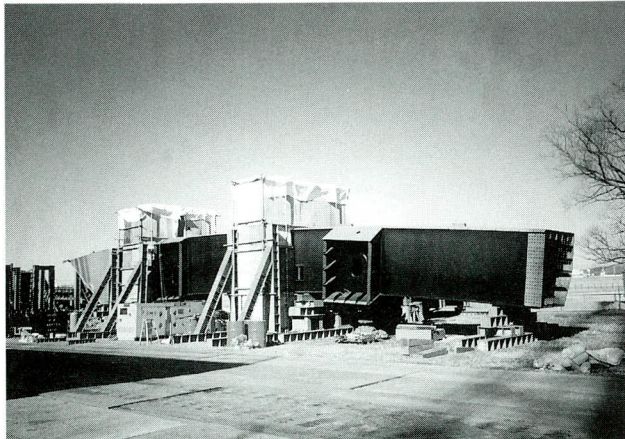
mほど広がった事により、クレーンの吊り能力がきつくなったこと、さらに玉掛け作業においてアーチリブのチェーンブロックでの断面方向の調整と、縦断方向の調整を1台のクレーンで行うことは、非常に手間のかかる事が事前に判ったため、検討の結果、クレーン2台の相吊り工法に変更して架設を行った。

断面方向の玉掛けは、アーチリブの吊り金具に曲げモーメントがかかるため、均等に荷重を分散するために、耐力の大きな滑車を使用し玉掛けワイヤーをイコライザーにして吊り込み、別の玉掛けワイヤーでチェーンブロックを取り付け、断面方向の調整を行った。

アーチベントはブロック架設用に計画し位置を決めたが、ベント上の受け架台は、アーチリブが3次元的に変化しているため、製作図の作成には時間がかかった。

内アーチリブの閉合作業は、事前にアーチベント上で50mmの上げ越しを行い、閉上部材を架設してからジャッキダウンして閉合を行った。

内アーチリブの閉合後、鋼床版から橋脚に降りる階段を架設し、外アーチリブの架設に入った。



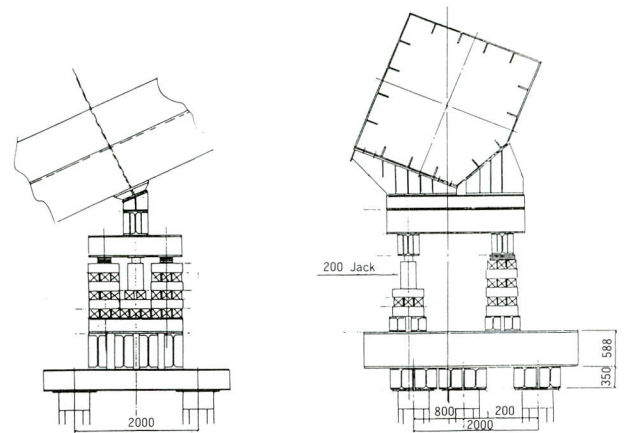
写真一五 地組立状況

(6) ケーブル工事

アーチリブ閉合後、高力ボルト本締め、及び、アーチ基部溶接が完了してから、アーチベント解体と平行してケーブルの仮吊りを行った。

当初、仮吊りはクレーンを使用して行う予定にしていたが、ケーブルがポリエチレン被覆であるため傷がつき易いため、小型ウィンチを使用して金具を吊り込みアーチリブに引き込んだ。

ケーブルの仮吊り、及び、仮固定は、ケーブルの設計



図一四 ベント上部架台図

長さにて行い、仮吊り完了後補剛桁ベントの解体を行って、ケーブルの張力調整を行った。

ケーブルの張力調整の計測は、夜間に振動法にて行ったが、ケーブルの配置等の関係でケーブルの弛む箇所が多く、ジャッキ法も併用した。

(7) 化粧板の取付け

化粧板は大小とりまぜて約300ピース近くあり、重量も4 tから20kgまで様々である。

取り付く箇所は大きく分けて次の4箇所である。

- ① 内・内アーチ間化粧板
- ② 内・外アーチ間化粧板
- ③ 外アーチ化粧板
- ④ アーチ基部化粧板

化粧板の取付けにおいては、ほとんど既設の足場の解体・組み替えが生じ非常に手間がかかった。

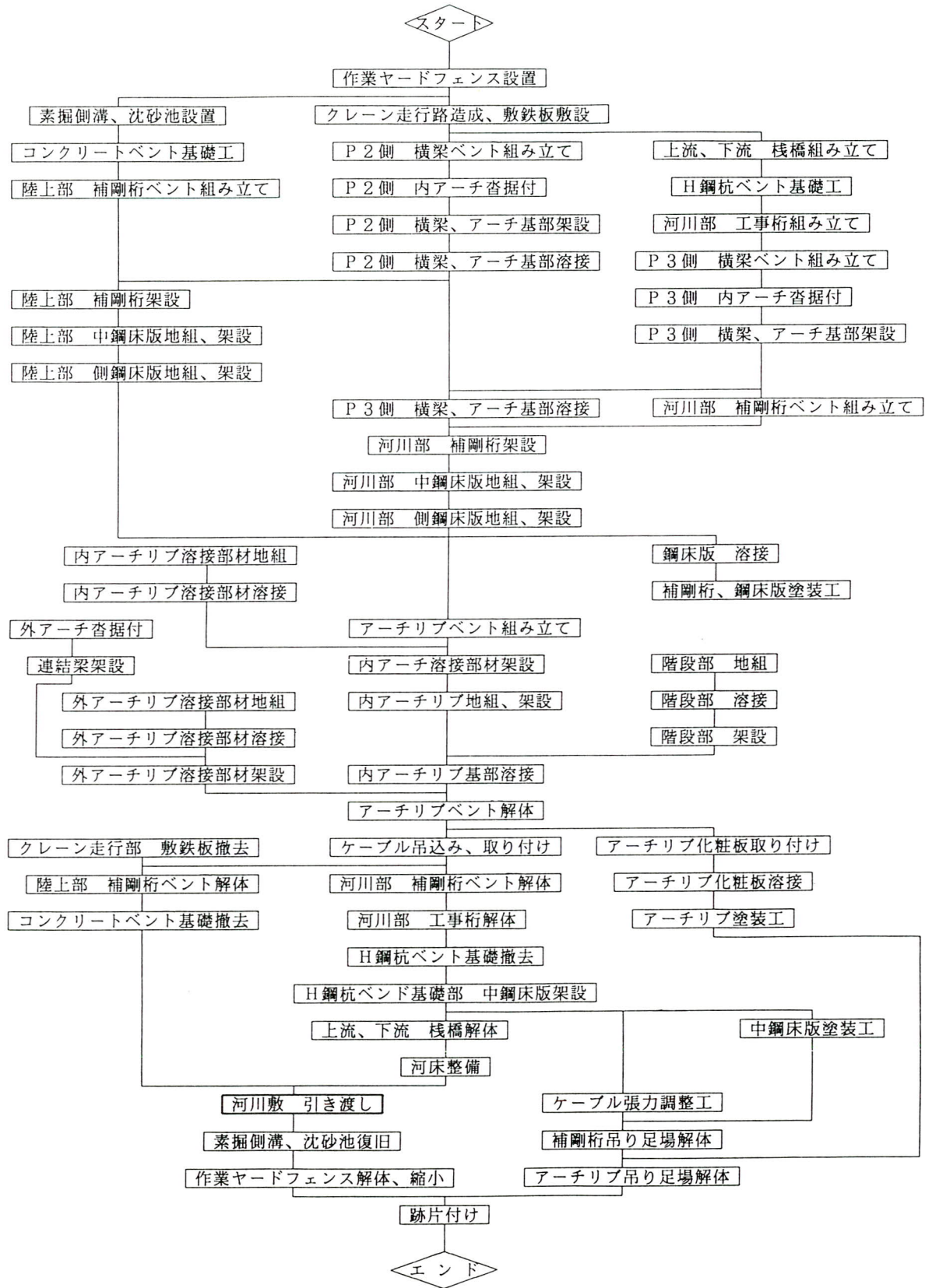
化粧板取付け工事と平行して、河川敷の工事桁・補剛桁ベントの解体工事を行い、建設省への河川敷引渡しを5月末に無事完了した。

(8) 現場溶接

本工事には現場溶接が次の箇所に用いられている。

- ① 横梁
- ② 内アーチの3継手 (J 1 ~ J 3)
- ③ 外アーチの3継手 (J 1 ~ J 3)

何れも、全断面溶接であり、当初設計では、下フランジ及び、内側ウェーブについては、箱断面の内側からの溶接になっていたが、全て外側からの溶接に変更した。



図一〇 架設工程フローチャート



写真-6 横梁下フランジの溶接



写真-7 豊田橋全景

変更した理由としては、以下のことが挙げられる。

- ① 全て自動溶接が採用できる。
- ② 従って、溶接工の技量にあまり左右されない品質の安定した溶接が得られる。
- ③ 溶接が連続して出来る。(棒継ぎがない)
- ④ コーナー部の完全溶込みの処理が簡単である。
- ⑤ 作業条件の悪い箱内の作業がなくなる。特に、内アーチのJ2継手、及び、横梁にはSM570材が用いられており、80~100℃の予熱が必要である。

但し、このOH-AUTOの溶接は開先精度に大きく左右されるため、部材の製作精度を上げ、適正なルートギャップ等開先精度を確保する必要がある。表-1に溶接方法を、表-2に溶接材料を示す。

6. あとがき

本橋はその構造の複雑なるが故に、NC原寸・NC罫書等のNC機器の使用により始めて製作が可能になった橋である。工程的には工場製作よりも、原寸展開に日数を要している、そんな橋であった。

現場架設においては、工程管理が最大の課題であった。アーチリブの架設完了時点では15日ほど工程の遅れがあったが、側床版架設の先行、及び、化粧板の取り付け時期の変更で工程の遅れを取り戻し、5月末に河川敷の引渡し、7月末に全ての工事を完了することが出来た。

今後、この橋が豊田市のシンボルとして新しい景観を創造し、矢作川と橋と広場が一体となった市民のいこいの場として、永く親しまれることを望むものであります。

表-1 溶接方法

部 材	溶接箇所	溶接方法	溶接姿勢	溶 接 機
横 梁	鋼 床 版	SAW	下 向 き	SW-4I
	ウ ェ ブ	CO ₂	立 向 き	PICOMAX-2
	下フランジ	MAG	上 向 き	OH-AUTO
ア ー チ の 地 組	上フランジ	CO ₂	下 向 き	PICOMAX-2
	ウ ェ ブ	CO ₂	立 向 き	PICOMAX-2
	下フランジ	MAG	上 向 き	OH-AUTO
内アーチ の J 1	上フランジ	CO ₂	横 向 き	PICOMAX-2
	ウ ェ ブ	CO ₂	横 向 き	PICOMAX-2
	下フランジ	MAG	上 向 き	OH-AUTO

表-2 溶接材料

溶接方法	溶接ワイヤー	シールドガス	裏当材
サブマージアーク 片面裏波溶接	Y-DM(4.8φ) YF-15(フラックス)		SB-5I
CO ₂ 片面裏 波自動溶接	SF-1(1.2φ) SF-60(1.2φ)	CO ₂ 100%	SB-4I
MAG片面裏 波自動溶接	DWA-50(1.2φ) DXA-60B(1.2φ)	CO ₂ 20% +Ar 80%	SB-4I

最後に、本工事の施工に当たり数々のご助言やご指導いただきました豊田市街路課の皆様、ならびにJV関係各位には大変お世話になりました。この紙面をお借りしてお礼申し上げます。

1996. 10. 31受付