

[板桁製作の省力化工法]

NC 機を部材計測に活用した板桁の仮組立省略化工法

[Labor-Saving Method of Plate Girder Production]

A Method of Omitting the Tentative Assembly of a Plate Girder
by Using NC Machine in Measuring Its Members青木 清^{*1} 小出 勝雄^{*2} 堀井 猛^{*3}
Kiyoshi AOKI Katuo KOIDE Takeshi HORII

Summary

In shop fabrication of a steel bridge, after its members have been worked their dimensional accuracy is ordinarily confirmed by performing a tentative assembly. Recent pressure for labor savings prompted us to consider omitting the tentative assembly process, and led to successful development of a method whereby tentative assembly can be omitted. The method uses an NC (numerically controlled) machine. This paper reports on the new system.

The method guarantees almost identical dimensional accuracy of members as achieved by tentative assembly, through desktop simulation of dimensional accuracy based on data obtained by measuring each member with a high speed NC gantry type drill system. Moreover, determining by simulation bolt hole positions in connections of members makes it possible to guarantee the accuracy of the form of the completed girder.

1. まえがき

公共事業の建設費の縮減は社会的(趨勢)要求であり、施工効率化の推進、工期短縮、建設コストの低減がいろいろな分野で計られている。

この度、建設省近畿地方建設局発注の「湯浅御坊道路(Ⅱ)日高川橋上部工事」において、技術活用パイロット事業の指定を受け、仮組立の省力・省略に取り組んだ。

本工事は、鋼4径間連続箱桁と鋼3径間連続鉸桁がある。連続箱桁は主桁のみ組み合せを行う仮組立を行い、連続鉸桁では仮組立を省略し、それぞれ架設まで追跡調査の上、満足のいく結果が得られた。

ここで報告する鉸桁の仮組立の省略は、NC機を利用した工法を検討し適用した。この工法で重要な項目は
①部機測定精度の確保 ②机上仮組立による精度保証
③架設時の添接部の寸法の再現である。またこの工法について、課せられた知見から多少の提案も含め報告する。

2. 本橋の概要

①工事名 湯浅御坊道路(Ⅱ)日高川橋上部工事

②工事箇所 和歌山県日高郡川辺町小熊地先
～御坊市野口地先

③契約工期 平成6年10月5日～平成7年8月10日

④施工範囲 設計照査・製作・塗装・運搬・架設
現場塗装(添接部)

⑤発注者 建設省近畿地方建設局(紀南工事事務所)

⑥橋体構造 形式 3径間連続非合成鉸桁1連
支間 29.5+32.0+24.5=86.0m
幅員 0.5+10.5+0.5=11.6m
鋼重 116.3t(契約時)
縦断 0.632%
斜角 P4(90°), P5(89°55'20")
P6(89°35'55"), P7(89°05'05")

⑦架設工法 自走式クレーンによるベント架設

◇製作部材数

主桁(35), 横桁(10), 対傾構(48), 横構(96)
検査路(18)

一般図を図-1に示す。

*1千葉工場製造部長

*2経営企画本部経営計画部付課長

*3千葉工場生産設計部生産設計第一課課長代理

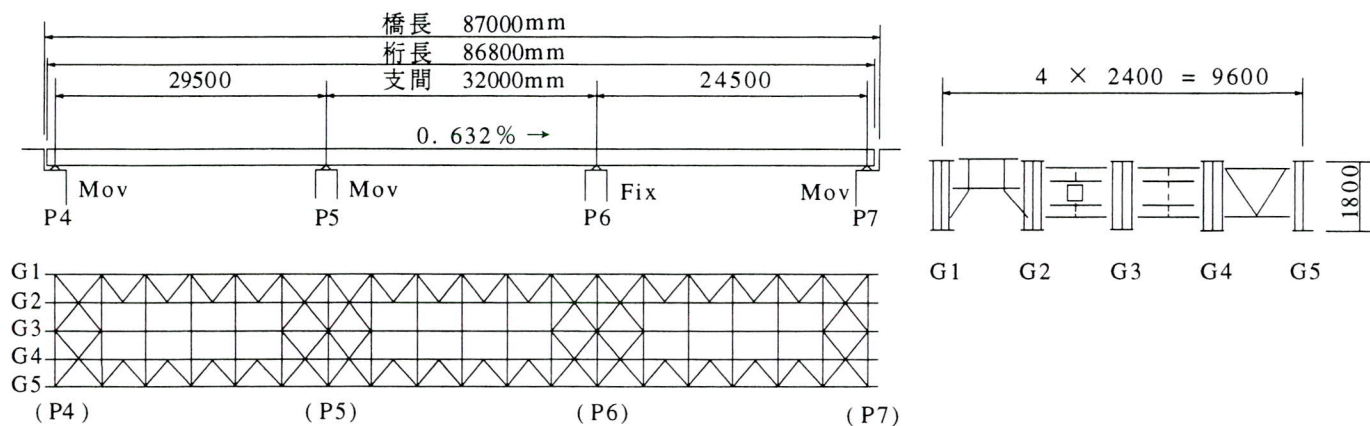


図-1 一般図

3. 仮組立

(1) 仮組立の施工現状

仮組立は、

- ①全体形状・寸法の確認
- ②添接部・取合部の確認
- ③付属品各取合部の確認

となり、現場架設上で支障が無い事を確認する行為で、一般的には以下の作業の流れとなる。

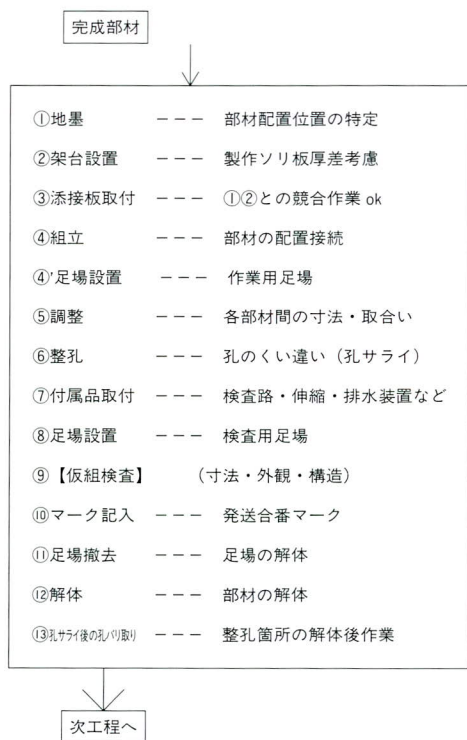


図-2 仮組立作業の流れ

(2) 仮組立の省略対応

鈑桁は箱桁に比べ断面がI型形状であり、ネジレ剛性は平板に近い。そのため、部材ネジレについては、現場での添接は比較的容易であるといえる。そこで、水平受台に鈑桁を寝かせて置いた時、各受台に腹板が接する程度のネジレを許容して、ネジレ管理を行い、以下の対応をした。

主桁は腹板を添接することでキャンバー（反り）を決める。

架設時では桁自重分を考慮して、所定のキャンバー（反り）にいかにか正しく添接できるかが重要であり、桁の間隔・通り等は、横桁・対傾構・横構による架設中の微調整により位置決めできる。

以上から主桁の製作手順は、

- ①部材完成後の出来形計測
- ②シミュレーション仮組による部材組合せ及びスパン調整（最適化）
- ③添接部情報（取合孔関係データ）の確定
- ④添接板の加工

とした。

仮組立を省略する場合に製作上考慮すべき要点として、

- a. 単部材での製作精度の向上
- b. 部材測定精度の確保
- c. 机上シミュレーション仮組での保証方法

の3点を主眼として製作した。

4. 単部材での製作精度の向上

部材精度の向上とバラツキの抑制を計るため、

- ①レーザー切断の多用 ②NC 孔明けの多用
- ③溶接歪みの機械的修正 ④過熱矯正の削減

の要因に特に配慮した。



- ・点線内は仮組立シミュレーション
- ・●は従来工法にない新規作業を示す
- ・◎は精度向上のために寸法管理を厳しくしている作業を示す

図-3 製作手順の比較

主桁はI桁専用加工ライン (P-PAS) により製作し、極力機械による矯正を行うこととした。

横桁・対傾構は専用治具により寸法を確認して製作を行った。

I桁の従来工法との違いを製作手順の比較として図-3に示す。

5. 部材測定精度の確保

主桁は部材完成後、腹板面を水平にセットしてNC機で座標値 (X,Y) の測定を行った。

◇NC機の性能

- ・計測範囲 : 7.0m×30.0m
- ・移動速度 : 24m/min
- ・X-Y軸の直角度: 0.1/7000mm
- ・視準合わせ微動量: 0.1/30000mm (X軸)
0.1/7000mm (Y軸)
- ・温度補正 : 基準スケールの実測対比によるスケールファクター補正

尚、主桁以外の部材については従来方法 (テープ・差し金等) により測定した。

(1) 主桁のNC計測点

主桁腹板の計測点は、

- ①中央ゲージ基準孔 (第1孔) E~H
- ②腹板端部線上 (上下縁より50mm内側) A~D
- ③横構取合部 (ガセットの両側) P~U
- ④支点上スチフナ (上下縁より50mm内側) K1~K4

とした。(図-4参照)

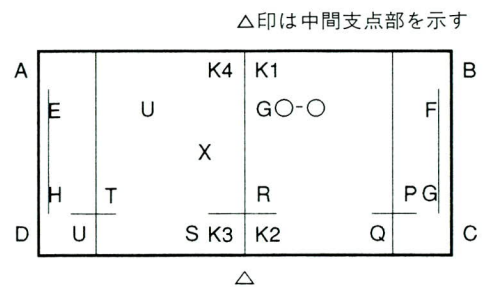


図-4 NC計測点の位置

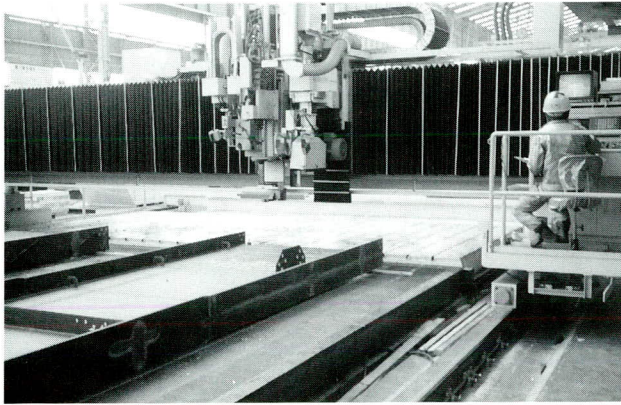


写真-1 NC機の測定全景

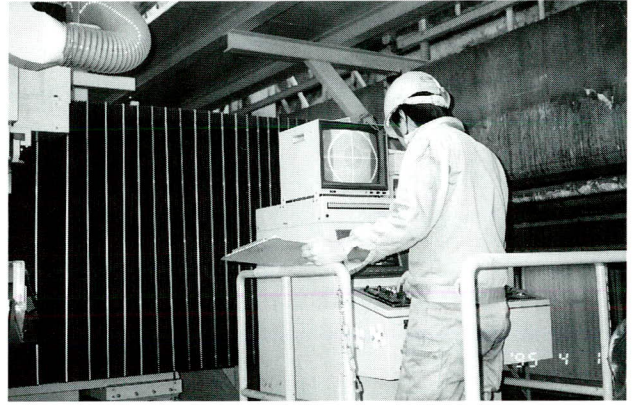


写真-3 測定点への視準合わせ

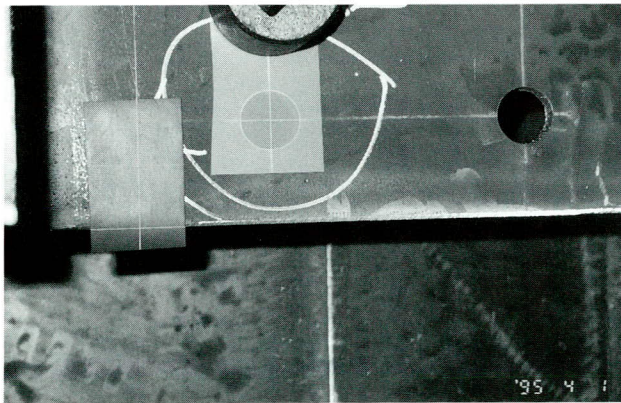


写真-2 測定点のターゲット



写真-4 測定時の表面温度測定

(2) 計測状況

計測時の状況を写真-1～写真-4で示す。

写真-1は、NC機の測定全景で、測定は主桁6台を1サイクルとし2.5サイクル/1日となった。

写真-2は、測定点のターゲットで、視準しやすいようにフィルム型板を腹板上に置いて計測した。

写真-3は、測定点への視準合わせで、操作台の表示画面の十字線に測定点を合わせ、その時の座標値をデータシート上に記録した。

写真-4は、測定時の鋼板表面温度を測定している。電算シミュレーション時に、この鋼板表面温度により補正した。

尚、計測点の罫書き作業を事前に系統だてて済ませておけばより効率的であり、測点時間を短縮するうえで固定式治具の採用などの工夫が今後必要である。また、ホストへの測定データ入力の簡素化を図るうえで、NC機とパソコンとのオンライン化を進めていくつもりである。

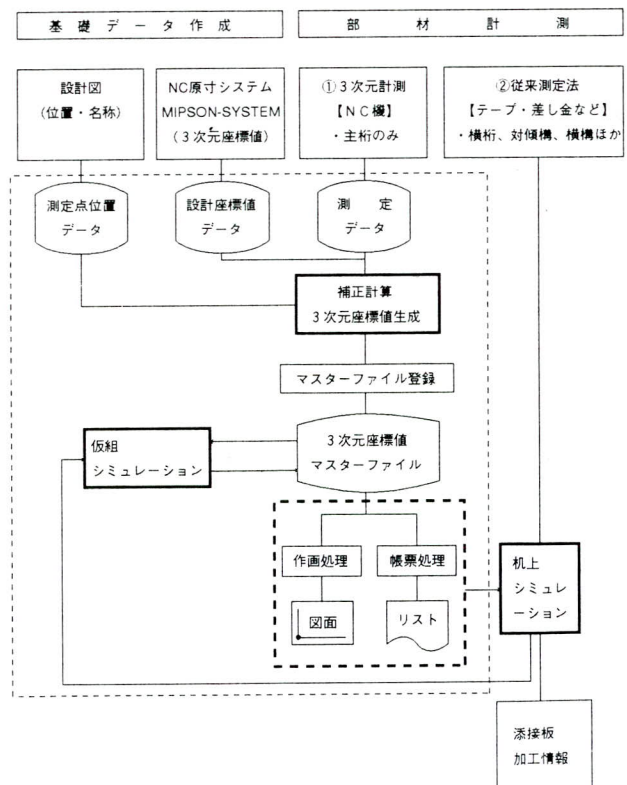


図-5 仮組立シミュレーションのシステムフロー

6. 机上シミュレーション仮組での保証

主桁は、部材完成後出来形形状をNC機により計測し、その測定結果を入力データとして、架設スタートのP4の支点位置を基準としたシミュレーション処理を行い、添接板の取合孔加工情報を決定した。

電算処理では、標準温度を20℃とした温度補正後に、部材両端の腹板上縁を規定キャンパーラインに乗せるシミュレーションを行っている。

この過程で、全長・支間、腹板高、現場継手部の隙間

の調整を行い、全体形状を確認した後、最良の主桁の添接部加工情報を決定した。

仮組立シミュレーションのシステムフローを図-5に又、図-6にシミュレーション結果（ボルト孔寸法表）の一例を示す。

ボルト孔寸法（中央ゲージ）の決定に際しては、添接板加工の省力を考慮し0.5mm単位で集約した結果、設計寸法85.0mmに対して+2.5～-2.0mmの範囲となった。（表-1参照）

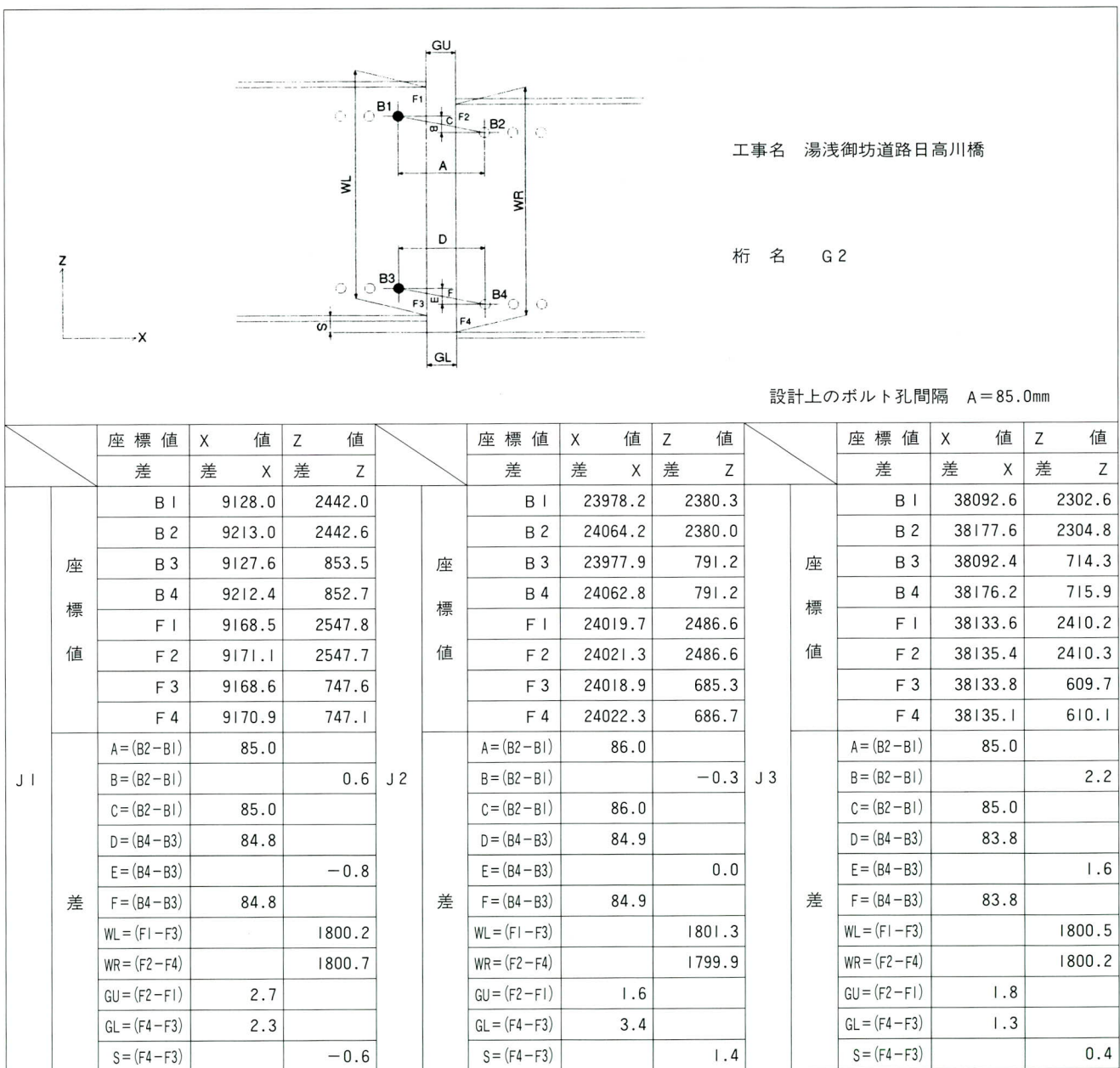


図-6 仮組シミュレーション結果（ボルト孔寸法）

支間・全長の誤差結果（仮組シミュレーションと架設実測との差）は、全長（86.0m）に対して $-1.1\text{mm}\sim+8.1\text{mm}$ で、支間（約30m）に対して $-3.6\text{mm}\sim+6.0\text{mm}$ であった。

添接部隙間の結果は、シミュレーション仮組での平均（30箇所）は2.46mm同じく、現場架設の平均は3.29mmであった。

図-7に添接部の隙間の頻度分布を示した。

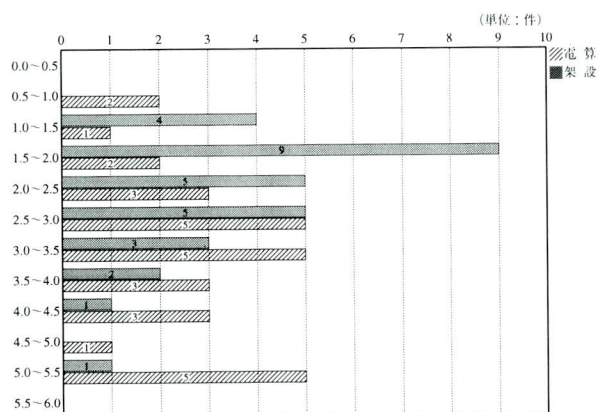


図-7 現場添接部の隙間とその発生頻度

キャンバー（反り）については、仮組シミュレーションでは部材の側面曲がりの差がそのままキャンバー（反り）の誤差といえ $+2.9\text{mm}\sim-3.5\text{mm}$ の範囲であった。又、架設時においては $+8\text{mm}\sim-1\text{mm}$ であり良好であった。

尚、架設中の孔サライは、主桁の腹板で一カ所（孔数6個）生じたが、その他の横桁・対傾構・横構の取合部では、発生しなかった。（写真-5参照）



写真-5 主桁の架設

8. 考察と提案

(1) 管理項目・管理値の再検討

本橋での施工管理は、特別に管理基準を設定せずに、従前からの仮組立時の規格値・管理基準を目標としたが、今後の鋼橋のコスト低減に関しての提案も含めて記述する。

a. 支間・全長

主桁部材は、単部品のうちに罫線・切断・孔明けを行う先孔・先切り方式とし、支間調整用に調整部材を設けた。

先孔・先切り方式では、予め溶接や加熱矯正による収縮量を想定して製作する。本橋では、部材数が少ないことと収縮量の想定値と実績との差が微少ですみ、結果として調整量はゼロとなったが、多部材や収縮量にバラツキがあると誤差の累積で特に、多径間の場合には支間がアンバランスとなる。耐震用にゴム支承の普及を考慮すれば、架設上からも支間重視の製作方法が良いと考える。

よって、支間長と部材長との基準で場合によっては支間に厳しくして、部材長は緩和する規定に変更するなどの検討が必要である。

b. 現場添接部の隙間

主桁の添接部隙間の許容値（ $0\sim 5\text{mm}$ ）を満足させるため、腹板・フランジの添接孔の縁端は、設計図より -1mm 少なくした管理目標を設定し、製作中の各作業毎に寸法管理を行い施工した。主桁の加工は、先孔・先切り方式としたので部材完成後の出来形がプラスであると、添接部では部材同士が干渉する。設計当初から添接部に隙間を設けておけば、 -1mm することなく加工上の罫線・切断・孔明け・組立による誤差を十分吸収でき、工数の低減につながる。

よって、設計段階で 5mm 程度の隙間を考慮しておき、部材の許容値の $+5\text{mm}$ を有効に使用できるものとした。

c. 拡大孔の採用

シミュレーション仮組により、横桁・対傾構及び横構についても取合い確認をしているが、特に、横構の連結部は、M22ボルト用孔24.5に対して、 $+2.0\text{mm}$ した拡大

孔（26.5）で施工した。本橋の架設で孔サライをせずに横構が連結できたことは、この拡大孔による効果も大きい。横構は隣り合う主桁間を連結するため、主桁部材長の精度を直接受け、しかもその誤差は累積されることがある。

よって、横構については累積誤差の解消のためにも拡大孔（26.5）とし、他の二次部材についても設計上考慮しておき現場架設許容値に幅をもたせることとしたい。

（2）付属品取合部の構造検討

検査路は格点の横構・対傾構間に配置され、その取合部はリブ間を挿し込むタイプであった。部材検査では検査路本体とリブ間隔の相対関係もチェックし、一部については修正後再確認した。上乘せタイプでは取合部の構造が単純化し、部材検査が簡単になり現場の施工も容易である。

よって、検査路取合部は挿し込みタイプから上乘せタイプへの変更をしておきたい。

表-3 仮組立省略の利点欠点

項目	利点欠点及び理由	評価
①施工の省力化（施工性）	仮組立での調整分を加工段階でカバーする必要がある	△
②品質の向上	単部材の精度向上の必要性から品質向上となる	○
③建設コストの低減（経済性）	用地・機材・人工は不要だが新しい取組みであり、精度保証のデータ作成に工数が必要	△
④安全性	仮組立従事時間がなく全体では安全性が高くなる	○
⑤工期の短縮	次工程の塗装に入れ製作工程の短縮となる	○
⑥汎用性	同種の橋梁の仮組立省略に適用できる	○
⑦その他(用地)	仮組立用地が不要で他に運用できる	○
⑧その他(計測)	データ測定の項目と量が多くなる	×
総合評価	工期・コスト・用地などによるメリットが大きい	○

検査路に限らず、部材組合せ部の構造はできるだけ組合せ誤差を吸収できるような構造を検討し、製作・架設の合理化を図りたい。

（3）製作期間の短縮など

本橋の製作は仮組立を省略した施工法を試みた。部材完成後、精度保証のため計測作業はあるものの仮組立作業が無く、架設順序に部材製作を行い、順次、部材測定を進め次工程の塗装に移行できたことは、工場の製作期間の短縮に大きなメリットであった。

尚、土地・設備・人間を他に振り向けられることは、間接的にコスト削減につながるものである。

（4）仮組立省略の利点欠点

工場製作段階を表-3の項目で比較する。

9. あとがき

今回の仮組省略を施工するにあたっては、

- a. 完成部材の測定精度
- b. シミュレーション用のデータ処理プログラム開発及び帳票・図形出力用のプログラム開発
- c. 桁架設後の確認

について社内検討を繰り返し、最終的に、測定精度は、NC機により保証し、プログラム開発は修正を行いながら自社開発で対処した。

又、現場架設でも、十分満足のいく成果が得られた。

今後、仮組省略は必然のこととなるが、今回の経験を生かし、より迅速な処理が可能になるよう改善・改良を進めるとともに、他の省略方法の開発にも取り組んでいきたい。

最後に、今回の仮組省略の施工にあたり近畿地方建設局をはじめ、施工中、関係者からの有益な助言・示唆と協力を賜り、改めて紙上を借り感謝する次第です。

1995.10.30受付