

技術ノート

仮組立省略へ向けての製作手法の改善

Improvement of Fabrication Method for Shop Assembly Omission

越後 滋*
Shigeru ECHIGO松原 哲朗**
Tetsuro MATSUBARA清澤 孝吉***
Kokichi KIYOSAWA大窪 弘泰****
Hiroyasu OHKUBO工藤 裕*****
Yutaka KUDO寺本 耕一*****
Koichi TERAMOTO

In steel bridge fabrication, shop assembly can be completed only by highly skilled workers whose number is on the decrease, and requires a great number of man-hours and a large site area. Under these circumstances, a series of tests are being made to omit the process of shop assembly in plate girder bridge fabrication. The author maintains that such omission should be seen as a major step towards the improvement of all the bridge fabricating systems available.

In case of shop assembly omission the methods to increase precision without cost up, guarantee the quality of fabrication and develop methods to measure members shape more accurately are described in this paper. An example is given where the accuracy of fabricating member has been remarkably improved.

Keywords : Shop Assembly Check, Total Station, SHINKOTONI Viaduct.

1. まえがき

近年、鋼橋の製作においては、CAD/CAMの発展やNC機械・溶接ロボットの普及などによって大きく省力化が進んだといえる。しかしながら、仮組立における省力化は依然として進展しておらず、組立て作業では技能工の技術に依存しているのが現状であり、検査時においても計測の自動化は図られていない。このような状況のなか、仮組立の省力化を行うための具体的な方法を検討する必要があると考えられる。

仮組立が行われる目的としては

- ① 各部材間の接合状態の確認
- ② 完成形状の形状・寸法の確認
- ③ 付属物の取り付け状態の確認
- ④ 架設手順の確認

などが挙げられる。このうち、当社における単純な形状のI桁橋の場合、対傾構や横構の一部でリーミングを実施することがあるが、架設手順や寸法などの確認における問題はほとんど生じていない。このことから、単純な形状のI桁橋では仮組立を省略しても大きな問題はないと考えられ、部材の誤差を一定値以内に管理することで仮

組立を行う場合と同等の精度を保証できると思われる。

本文では、富山工場におけるI桁橋の仮組立省略のための製作手法と検証手法について報告する。

2. 橋梁製作について

I桁橋においては部材精度を確保することによって完成形状の精度を保証できると考えられる。このため、部材を製作する際には溶接による熱変形・熱収縮を考慮して部材の精度を確保する必要があるが、従来の製作方法では孔明け作業の後に溶接を行うため、溶接による熱変形・熱収縮の影響が大きく部材の精度の確保が困難である。

そこで、溶接による熱変形・熱収縮の影響を抑え、部材精度を確保するため方策としては、

- ① 溶接変形の推測方法を確立し各部材の溶接変形量を考慮した部品寸法を決定する。
- ② 溶接順序の検討や溶接量を少なくすることで部材の溶接による変化を小さくする。
- ③ 部材組付け時に固定治具を用い溶接変形を防ぐ。
- ④ 部材組付け後に行う歪取り作業は熱影響のない方

*川田工業(株)技術本部中央研究室室長 **川田工業(株)生産事業部四国工場システム開発課課長 ***川田工業(株)生産事業部富山工場生産技術課課長
****川田工業(株)生産事業部富山工場システム開発係係長 *****川田工業(株)生産事業部四国工場システム開発課 *****川田工業(株)技術本部中央研究室

式を採用する。

⑤ 部材組付け後に孔明け作業をすることで溶接による影響を排除する（後孔処理）。

⑥ 取合う部材の製作精度を計測して部材寸法を決定する（二次加工）。

⑦ 各作業段階における製作精度のチェックを強化し部材の製作精度を十分管理する。

などが考えられる。

しかし、現段階では溶接による変形量を完全に把握することは困難であるため、後孔処理、製作用の固定治具や二次加工を採用することで溶接の影響を排除し、部材の精度を確保する。

後孔処理や二次加工を用いた製作フローの例を図-1に示す。

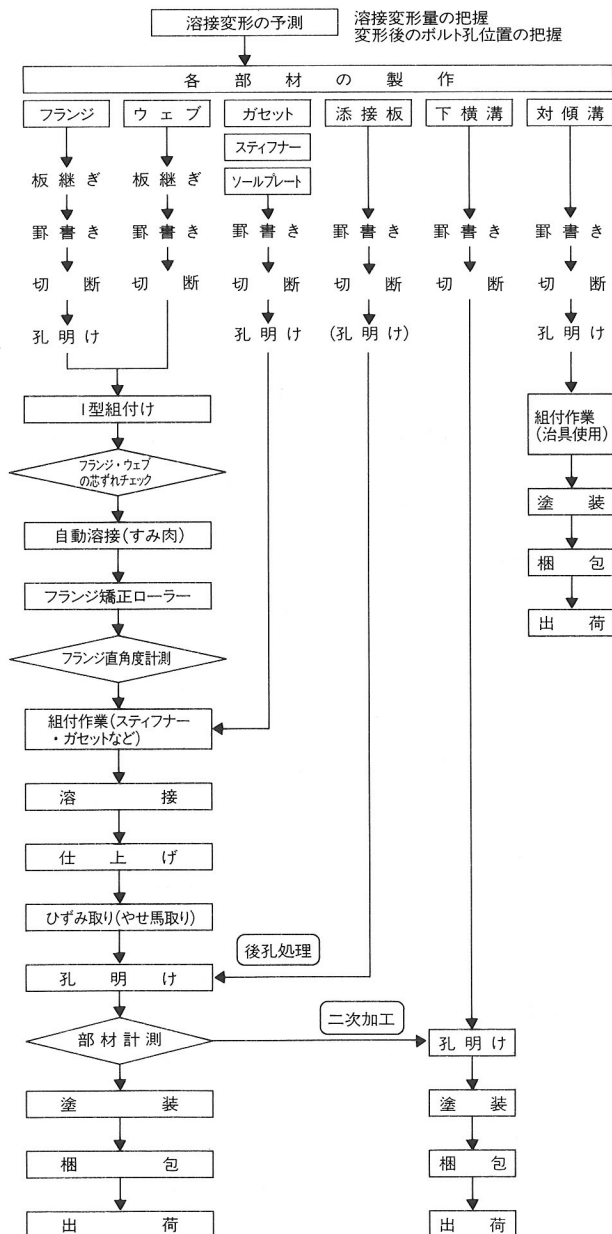


図-1 製作フローの例

3. 部材製作手法

各部材についての製作手法を以下に示す。

(1) 主桁

一般に主桁は、溶接量・溶接箇所数が多いことより、溶接による影響を他の部材に比べ受けやすい。特にウェブは取付部品が多いため変形量が大きくなる。このため、ウェブの添接孔では組付・歪取り後に孔明けを行う等の方法を用い、溶接変形の影響を排除する必要がある。

図-2に主桁の孔明け風景を示す。

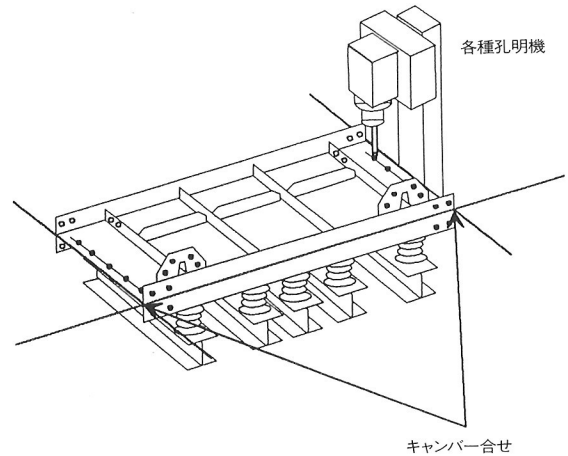


図-2 主桁ウェブ孔加工

(2) 対傾構

対傾構は溶接の影響で変形が生じやすいことから、仮組立時に下横構のガセットとの取合い部にリーミングを必要とすることがある。このため、製作用の治具を用い斜材および弦材を組付け、製作精度を確保する。

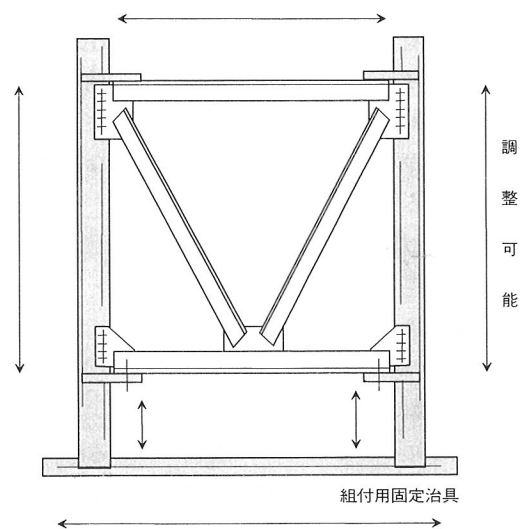


図-3 対傾溝の製作

(3) 下横構

下横構においては、縦断勾配等に対するガセットの曲げ加工の精度を確保することが難しいことや、溶接歪による影響により、仮組立時に支点付近でリーミングを必

要とすることがある。このため誤差が集中しやすい箇所においては、主桁のガセットの孔位置を計測した後、各下横構の孔間隔を決定し孔明けを行う。

4. 部材計測

適切な治具の使用による部材製作や後孔処理および二次加工などを行うことによって部材の精度向上は可能となるが、部材の製作精度の確認・保証を行う必要がある。

部材計測を行うには多くの計測方法や機器があるものと考えられるが、測定器には測定箇所の3次元座標値を容易に求めることができ、測距精度(標準偏差)が $\pm(1\text{mm}+2\text{ppm}\cdot D)$ (D =測定距離)と良いトータルステーション⁴⁾⁵⁾⁶⁾を採用することとした。測定を行う際は、測定精度をさらに向上させるため以下に示す条件で行う。

- ① 測定する部材の温度変化の影響を排除するため、屋内で計測を行う(測定環境を変化させない)。
- ② 鋼製基準尺(10m以上)を設置し、測定前後に鋼製基準尺を測定することによって測定値のキャリブレーションを行う(テープ合わせ)。
- ③ 測定機は測定範囲や角度などを考慮し数台を固定

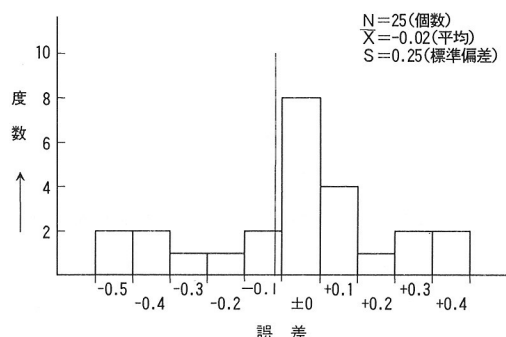


図-4 トータルステーション計測結果

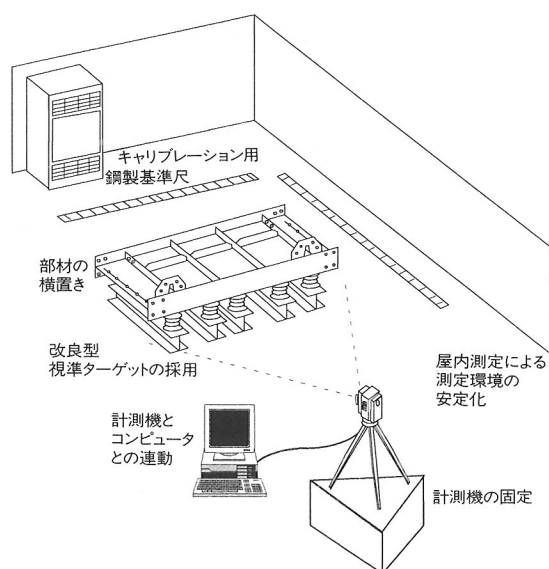


図-5 主桁の計測状況

配置する。

- ⑤ 視準ターゲットの設置誤差を排除するため、視準ターゲットの改良や設置用治具の開発などを行う。

- ⑤ 主桁の自重による、ねじれ・たおれの影響を排除するため、主桁の測定は横置きで行うこととする。

なお、同じ測定環境のもとで得られた計測データでは図-4に示すように標準偏差は $\pm 0.3\text{mm}$ 以下であることが確認された。

図-5に主桁の計測状況を示す。

5. 完成形状の検証

部材の誤差を一定値以内に管理することによって、完成形状の保証を行うことが可能と考えられるが、仮組立を省略する場合は、部材の製作誤差から完成形状を検証する必要がある。そこで、トータルステーションで測定された部材の3次元座標値を用いて、完成形状の検証を行う。

完成形状は、各部材の測定誤差と添接部の挙動等を考慮しパイロットホールをつなぎ合わせ形成される。なお、検証結果の出力は、側面・上面・側面における出力を行い、キャンバー値・支間長・全長・桁間隔などの全体形状の精度を確認する。

この検証手法の特徴としては、

- ① 単部材の製作誤差の評価から全体形状の誤差が把握でき、コンピュータによる自動処理が可能である。
- ② 架設に合せた部材組立が自由に行え、架設現場に対して各データから組立時の留意点の指示などが可能となる。

といった点が挙げられる。

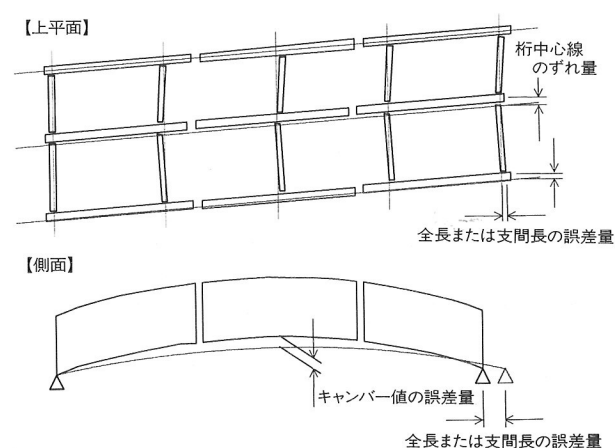


図-6 単部材の組立検証

6. 実施例

仮組立を省略するためには、先に述べた製作手法を用いて製作精度を確保する必要がある。

ここで、同様の製作手法を用いて部材製作を行ったI桁橋の実績が数例あるので、その実施例を以下に示す。

仮組立の省略のための製作手法の適用は、5 径間連続 I 桁橋の新琴似高架橋¹⁾²⁾³⁾で実施され、表-1に示される製作管理目標値を規定し製作を行った。

この結果、単部材の製作精度は図-7,8に示されるように施工管理目標値以内となり、完成形状においても支間長を例に挙げると部分仮組立時の計測の結果、表-2に示されるように許容値を大きく下まわることを確認した。

表-1 製作管理目標値

測定項目	道示許容誤差(mm)	製作管理目標値(mm)
部材長	± 4	± 2
桁高	$L \leq 10m \pm 3$ $L > 10m \pm 4$	± 2
フランジ幅	± 2	± 1
そり	-5 ~ +10 (仮組立時)	± 2 (単品部材精度)
フランジとウェブの直角度	1/100	1/200

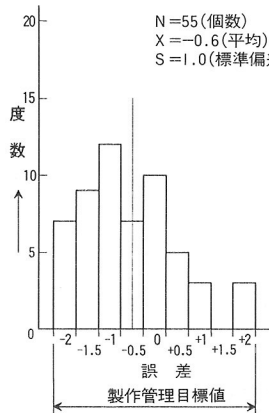


図-7 部材長測定結果

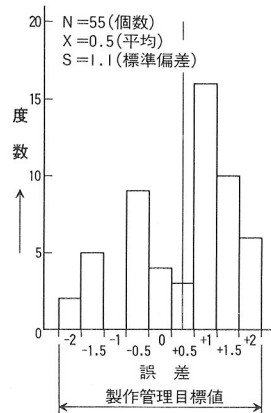


図-8 部材の製作そり測定結果

表-2 部分仮組立時における支間長の誤差量

	実測値(J 5 ~ P 6)	許容値
GA 5	- 3 mm	± 26mm
GA 4	- 4 mm	± 26mm

注)許容値は全長に対する値を示す $\pm (10 + L/10)$ mm
L=164m

表-3 現場におけるキャンバー値測定結果

J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10
C3	C8	C13	C18	C23					
P1	P2	P3	P4	P5	P6				

	C 3	C 8	C 13	C 18	C 23
GA5	- 2	- 4	+ 4	+ 2	+ 1
GA4	0	- 2	+ 5	+ 3	+ 4
GA3	+ 2	- 2	+ 6	+ 3	+ 1
GA2	+ 2	- 4	+ 6	+ 4	0
GA1	+ 2	- 2	+ 4	+ 3	0

許容値 ±25mm

単位 mm

また、キャンバー値についても架設現場時において確認を行った結果、表-3に示されるように許容値を充分満足するものであった。

これより、本製作手法を用いることで十分な製作精度が確保され、仮組立の省略が可能となるといえる。

7. あとがき

本文では、I 桁橋における仮組立の省略のための製作手法とその検証手法に関して提示した。また、同様の製作手法が用いられた実橋の部材精度と全体形状の出来高精度を示すことによって、単純な形状のI桁橋では部材の精度確保することによって仮組立を省略できることを示した。

今後は、これらを実証するデータが少ないため実橋において本手法を適用し、データの蓄積を行う必要がある。また、部材測定においては精度の向上および自動化の検討を行うとともに、製作方法においても溶接変形の評価方法を明確にし先孔方式で部材の精度を確保できるようにする必要があると思われる。

なお、本手法は富山工場における仮組立省略の一例であり、四国工場をはじめ個々の工場においてはその設備・要員・運営などを考慮した最適な手法の検討を行う必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 清澤・松永・茂手木・小西・町田・橋：合理化手法によって実施された新琴似高架橋の設計・製作・架設，川田技報，Vol.12，1993.
- 2) 檜山・富樫・太田・越後・寺本：省力化を目的とした新琴似高架橋の設計・製作・架設，鋼構造年次論文報告集，第1巻，1993，7.
- 3) 茂手木・松永・町田：鋼橋の省力化工法—新琴似高架橋—，橋梁と基礎，1992，8.
- 4) ㈱ソキア：三次元測定システムMONMOS，1992，11.
- 5) 稲田：近赤外光を利用した非接触3次元計測システム，応用機械工学，1991，3.
- 6) 稲田：光波測距による3次元の座標測定と適用事例，応用機械工学，1993，3.