

[箱桁製作の省力化工法]

連続組立工法を用いた箱桁の仮組立省略システム

[Labor-Saving Method of Box Girder Production]
-A system which omits tentative assembly and uses
the continue panel assembly technique-

小 坏 毅 ^{*1}	森 下 統 一 ^{*2}	小 出 勝 雄 ^{*3}
Tsuyosi KOAKUTU	Touichi MORISITA	Katuo KOIDE
伊 東 孝 ^{*4}	中 塚 勲 ^{*5}	茂 木 輝 幸 ^{*6}
Takasi ITO	Isao NAKATUKA	Teruyuki MOGI

Summary

In the shop fabrication of a steel bridge, tentative assembly of girders serves both for inspending and for adjusting the configuration. Thus, if tentative assembly is omitted it is important that production techniques be improved so that no configuration adjustment is necessary. Believing that the successful omission of tentative assembly ultimately depends on the dimensional accuracy of members, in 1987 Miyaji Iron Works developed a panel assembly technique for producing box girders. The technique was immediately put into practical use by setting up an automated panel production line.

The adoption of this technique, which made it easier to control the shrinkage and deformation of girder members due to welding, allowed us to increase dimensional accuracy.

The continue panel assembly technique was subsequently developed as an essential means of reproducing in the field the accuracy attained in the shop. This is done by joining beforehand two or more members at a shop. The technique ensures the complete integration in the field of the joint surfaces of main girders, and make it possible to adjust the joint surfaces by drift pins.

In addition, a computer system that simulates tentative assembly on the basis of data collected by three-dimensional measurement of members in the process of continue panel assembly has been developed. The system which omits tentative assembly and uses the continue panel assembly technique was recently used in constructing a bridge. This paper describes the principles of the system and reports on the results of application.

1. まえがき

一般的に鋼橋は部材完了後に工場ヤードにおいて、全体または部分的に仮組立を行っている。立体仮組立作業は高所作業が多く最も危険を伴う作業であるとともに、工場内に仮組立ヤードとして、必要な地耐力を持つ、膨大な用地を確保し、大型クレーン、受台、足場機材等の設備負担も大きい。従って多くの工事の仮組立が省略され、工場においてこれらの設備負担が軽減されればコスト縮減効果は大きいものとなる。

仮組立省略により、工場が架設に対して保証すべき事項は以下の通りと考えられる。

- ① 単部材としての形状および寸法は部材検査で保証される。しかし、個々の部材が許容値を満足していても、設計値に対してバラツキがある部材を多数接

合した場合の全体形状および寸法の確認。

- ② 部材の接合部の断面形状および寸法の相対誤差による接合部の目違いおよびボルト添接孔精度が許容値を満足するかどうかの確認。
- ③ 立体的に配置された部材が相互に干渉し、添接不能となることがないことの確認。
- ④ その他架設に著しい支障を及ぼす不具合がないことの確認。

一方、従来仮組立時に調整作業として行われていた作業を省略するための製作工法の改善事項および追加作業事項は以下の通りと考えられる。

- ① 部材の各添接断面寸法の相対誤差による高力ボルト接合部の肌隙管理
- ②部材の各現場添接部の孔精度管理
(工場製作精度を架設現場で再現するため、打込みピ

*1千葉工場生産設計部第一生産設計課長

*2千葉工場製造部品質管理課長

*3経営企画本部経営計画部 部付課長

*4千葉工場製造部次長

*5技術本部付部長(品質保証担当)

*6技術本部品質保証部 部付課長

ンによることを前提にした取り合い孔精度保持)

③現場添接部の母材添接隙間の管理

ニ) 仮組立省略によるキャンバーおよび通りの制度管理

これら架設に対する品質保証および仮組立施工時の調整作業と品質事項の工場製作への取り込み等を考慮した箱桁の仮組立省略システムを開発し、実橋に適用したので、これらの結果について報告する。

2. 適用橋梁

日本道路公団名古屋建設局発注の「上信越自動車道八木沢高架橋（鋼上部工）工事」は省力化工法を積極的に取り入れ、いわゆるパイロット工事として施工された。手順を示した。

本工事は宮地・サクラダ共同企業体で受注した鋼4径間連続箱桁（上り線）、鋼3径間連続箱桁（下り線）の2連であり、当社施工分の上り線について「連続組立工法を用いた仮組立省略工法」を適用した。

なお、本橋では合理化設計による鋼板板継ぎ溶接の省略による一部材一断面化、縦リブおよび横リブ配置の変更による材片数の削減および溶接量の低減、RCプレキャスト床版工法および移動作業床の採用等多くの省力化工法を行ったが、これらについては別途報告している。²⁾ 本報では、製作の省力化工法として「連続組立工法を用いた仮組立省略工法」を主体に報告する。

図-1 に八木沢橋4径間連続箱桁の一般図を示した。

3. 箱桁の「パネル連続組立工法」

箱桁のパネル組立工法におけるパネルとは、箱桁を構成するフランジ、ウェブ、ダイヤフラムおよび横リブ等に取りつく材片を大組立前に組立・溶接し、形状および寸法を調整した組立部品のことである。大組立後の部材

はパネル状態で殆どの溶接が完了しており、大組立後の溶接はフランジとウェブの角継手およびダイヤフラムの全周溶接程度となる。その為溶接による収縮および変形が比較的少なく、変形の加熱矯正が原則的に排除出来るので大組立後の溶接収縮量の予測が容易となり、かつ部材長、断面寸法の管理精度が向上する。従って、フランジおよびウェブパネルの溶接収縮量と大組立後の溶接収縮量の予測とその信頼性が重要な課題となる。箱桁パネルと大組立後の部材の溶接収縮量の予測と実測値については後述するが、今後更に改善していかなばない事項もあるが、パネル連続組立工法を採用できるだけのパネル精度の確保は出来たと思われる。

図-2 にパネル連続組立システムの連続組立法と製作手順を示した。

パネル連続組立工法の特徴は既に組立を完了した部材に次の部材のフランジパネルおよびウェブパネルを逐次添接しながら組立していくことにより、断面形状の一体化と添接孔精度の確保を図っていくことにある。

連続組立工法には2部材重複組立工法と多部材連続組立工法がある。(両方を一括して連続組立と称する) 本橋では最初であり、かつ工場の条件に適合したこともあり、ほぼ50~60m程度(6~7部材)を1ブロックとした多部材連続組立を行った。ブロック間ではブロックの端部材を重複部材とした。工場内の組立場には強固な基礎に、キャンバーおよび縦断勾配を考慮した所定の高さに調整した受台を設置し、キャンバーおよび通りを確認しながら正立連続組立を行った。

1ブロックの組立が完了後、ブロック各部材所定位置を後述する方法で3次元計測を行い、解体して大組立後の角継手およびダイヤフラム周り等の本溶接を行った。

写真-1 に既組立部材への下フランジパネル添接とダイヤフラムの建込み状況を、写真-2 に既組立部材へのウェブ添接板の取付け状況を、写真-3 に既組立部材へのウェブパネル添接と建込み状況を示した。

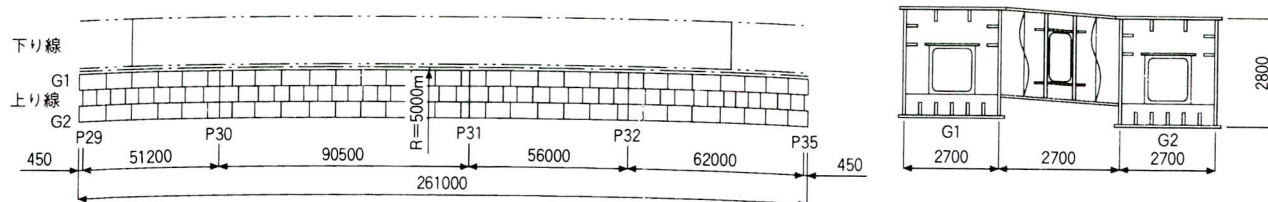


図-1 八木沢橋の一般図

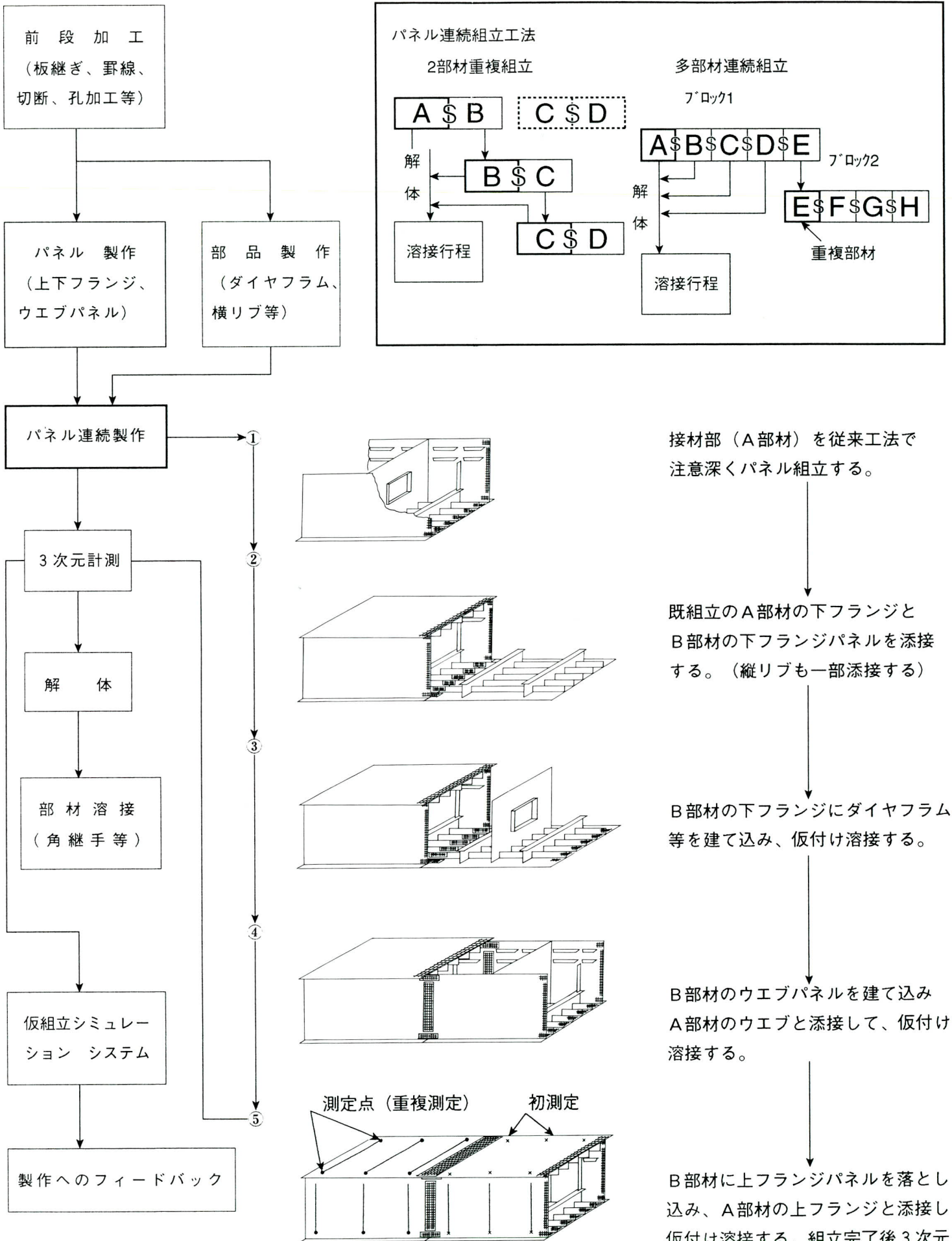


図-2 連続組立工法を用いた仮組立省略システム概念図

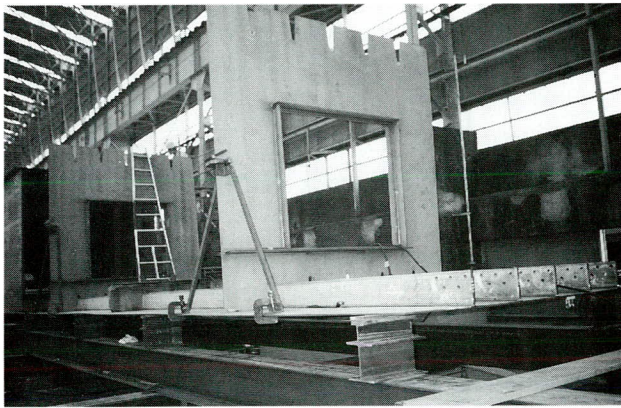


写真-1 組立完了部材への下フランジパネル添接とダイヤフラム建込み状況

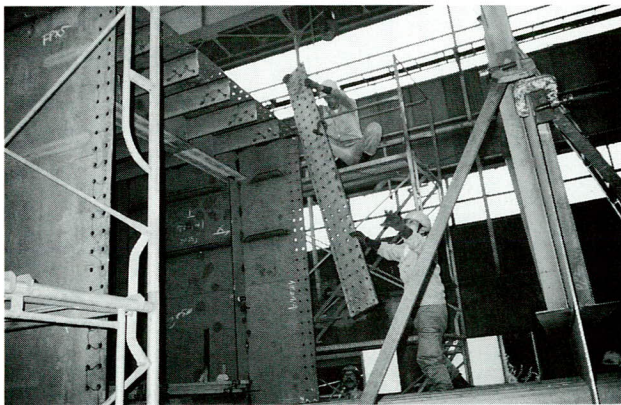


写真-2 組立完了部材へのウェブ添接板取付け状況

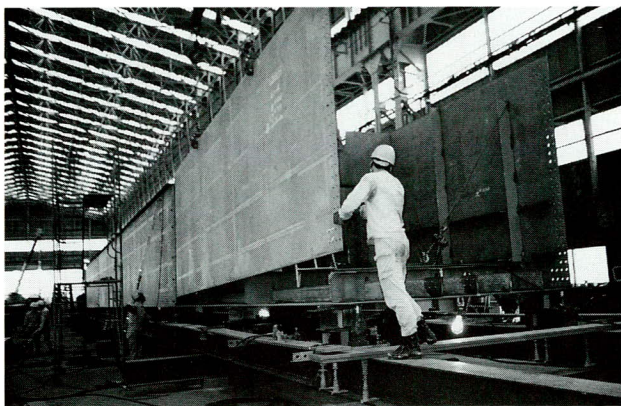


写真-3 組立完了部材へのウェブパネル添接と建込み状況

(1) 断面形状および断面寸法

連続組立を完了し解体した後の各部材の断面寸法と部材溶接完了後の断面寸法の変化量の分布を図-2に、連続組立解体後および溶接後の相対する添接断面寸法の相対誤差分布を図-3に示した。

組立後の断面寸法の溶接による変化量はウェブ間隔で

は平均0.10mm、ウェブ高さでは平均0.34mmであり、断面寸法測定をテープによったことを配慮すると、箱部材の溶接により断面形状は殆ど変化しないという前提条件は妥当であったと判断できる。

また組立完了後および溶接完了後の相対する添接断面の相対誤差はウェブ間隔では各々平均0.66mmと0.90mm、ウェブ高さでは各々平均0.74mmと0.81mmで、組立後と溶接後で殆ど変化はなく、いずれも1mm以下である。架設現場において、例えば下フランジを基準に最初にボルト締め付けを行ったとしても、上フランジ側添接部にせいぜい1mm程度の肌隙が生じる程度であり、断面形状の一体化は図られているといえる。

(2) 連続組立時の添接部の隙間

連続組立完了後の上・下フランジとの添接部の隙間の測定値と設計値の差の分布図を図-4に示した。

隙間の設計値は5mmであるが、設計値に対して±3mmの範囲に殆どが入っている。

最初に取り付ける下フランジに比べて、最後に組立の上フランジの隙間の方がバラツキが大きくなっている。

(3) 連続組立時の添接部のボルト孔貫通率

連続組立は正立組立のため下フランジ、ウェブおよび

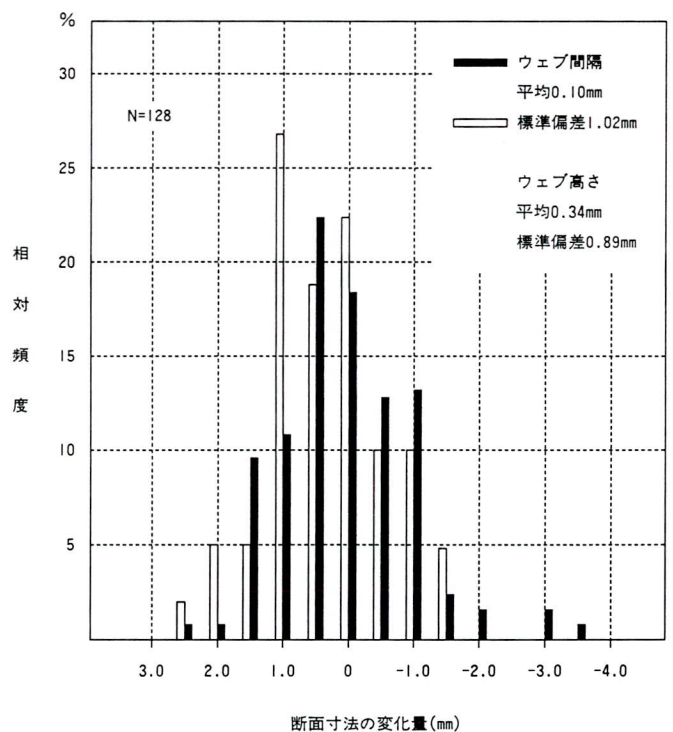


図-2 溶接による断面寸法の変化

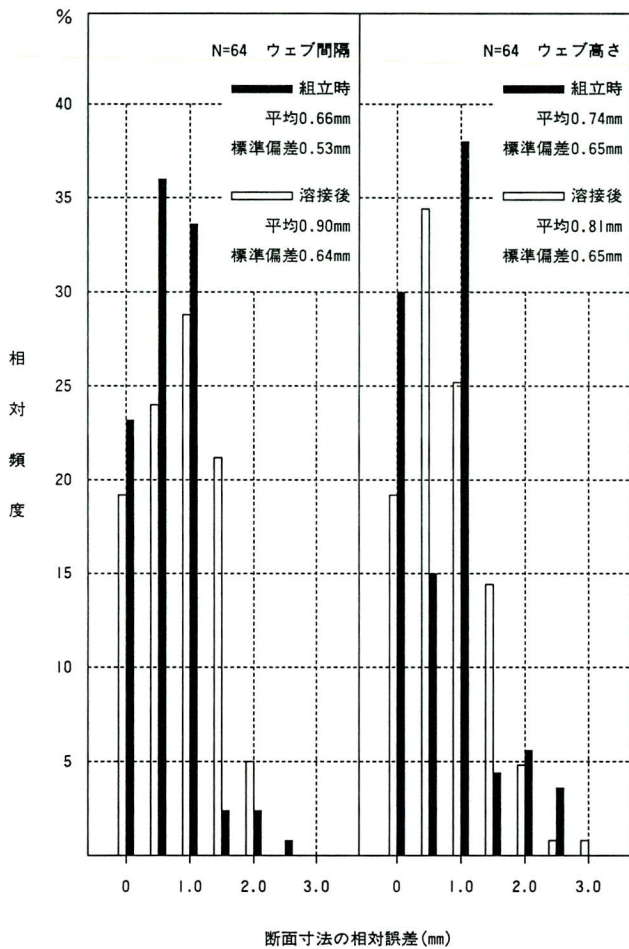


図-3 連続組立完了解体後および溶接後の相対する添接断面の相対誤差

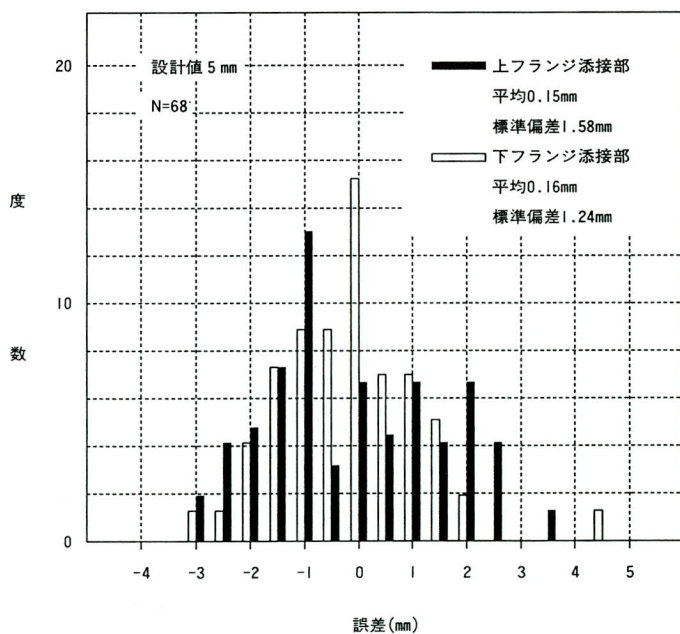


図-4 連続組立時の添接部の隙間の誤差

上フランジの順で大組立される。フランジおよびウェブの添接孔群毎の貫通ゲージによる組み合わせ孔の貫通率は下フランジが平均96.2%、ウェブが平均93.8%、上フランジが平均82.9%となり、組立が後になるほど貫通率は悪くなっている。各添接部の隙間と孔貫通率とは相関は認められなかった。

フランジおよびウェブの孔は鋼板状態でNC孔明け機により先孔明けされ、添接板も設計値で先孔明けされる。従ってパネルの溶接量の違いによる溶接收縮の差はパネル長に微妙に影響する。パネル長に対する溶接收縮量分の伸ばしと実際の溶接收縮量の差が偶発誤差によるものである場合は問題ないが、溶接收縮量の予測が適正でないと、偏りを持った誤差となり連続組立においてはパネルが片押しで添接されていくため、図-5に示すようにパネル孔ゲージに出入りが生じ、組立部材数に応じて出入りが累積されていく危険がある。

そこで、部材構成パネル長の相対誤差が大きい場合は連続組立時に孔精度をある程度犠牲にして、誤差を部材両端に振り分けることが必要となる。そのために、添接部隙間と孔貫通度が悪くなることがある。

パネルの溶接收縮および大組立部材の溶接收縮の予測量および実測値については後述するが、今回添接部の隙間と孔貫通率に相関が認められないことは、パネル長の

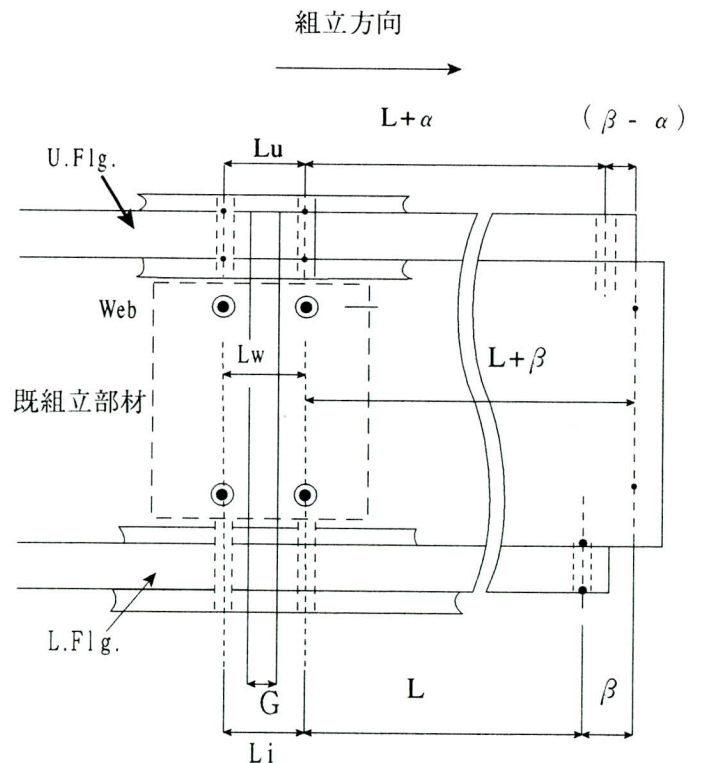


図-5 連続組立工法における部材端の出入り

度相対誤差による振り分け等の組立時の調整以外の原因により、添接部の隙間および孔貫通率のバラツキが生じたものと思われる。因みに組立が最後となる上フランジの数隙間のバラツキが大きく、孔貫通率が悪いのは正立組立時のキャンバーの調整の影響によることが推測される。

4. パネル溶接および大組立部材溶接の溶接収縮

(1) パネルの溶接収縮量

本橋のパネルはフランジでは縦リブの先溶接、ウェブでは水平補剛材の先溶接をし、いずれもローラー矯正機により、角変形と縦そりを矯正した。

パネル形状、板厚等のパターンを図-6に示した。

これらの継手の縦収縮については多くの経験式が提案されている。³⁾

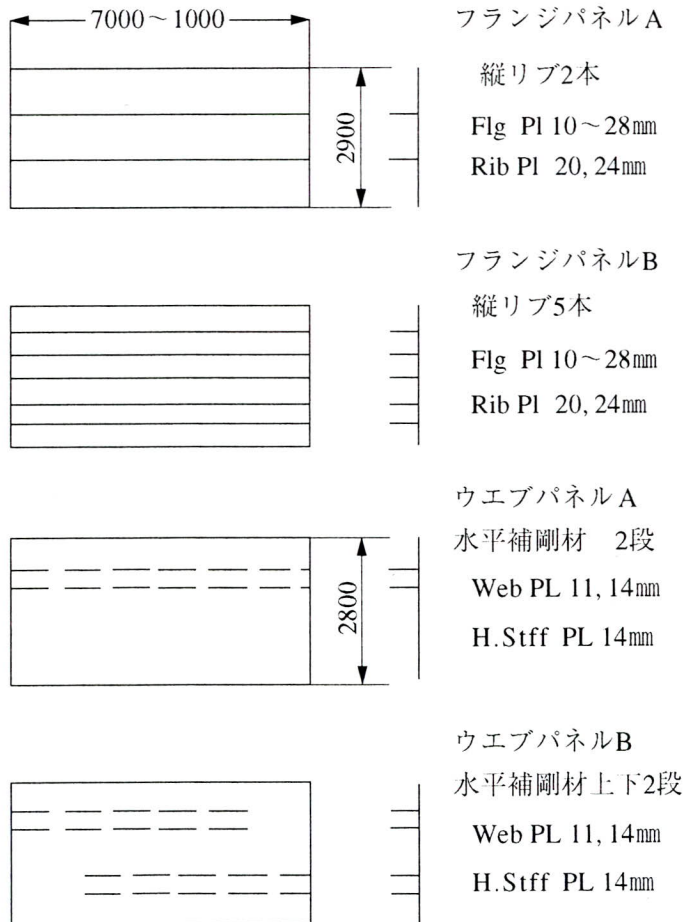
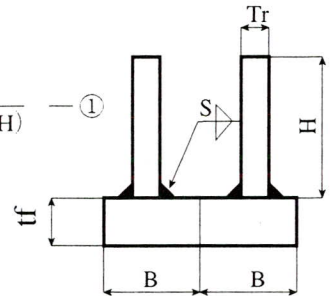


図-6 パネル形状パターン

当社では経験則によりパネルの縦収縮量 $\mu(P)$ についてはすみ肉溶接脚長とその収縮に対する抵抗断面積で整理した下式を用いて計算していた。

$$\mu(P)(\text{mm/m}) = N \times \frac{S^2}{(T_f \cdot B + T_r \cdot H)} \quad \text{--- ①}$$

K=25



今回もパネル溶接収縮予測量を①式で、部材溶接による収縮予測量を後述の②式で計算し、上・下フランジおよびウェブパネル毎に予め伸ばし量として付加した。パネル溶接完了後パネル両側端で溶接収縮量 $(\delta(P))$ を測定した。

パネル溶接収縮伸ばし量 $(\mu(P))$ と実測値 $(\delta(P))$ の差 $\Delta(P) = (\delta(P) - \mu(P))$ の分布を図-7に示した。

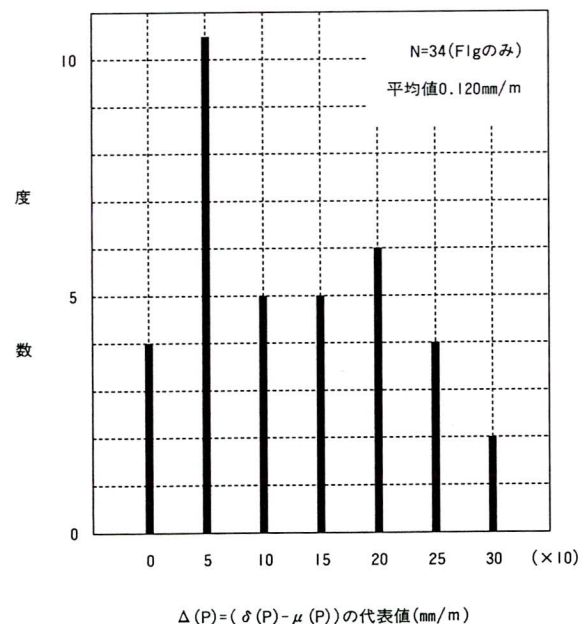


図-7 パネル溶接収縮量計算値と実測値の差

パネル溶接伸ばし量は実測値に比べて平均0.12mm/m小さく、パネル長のバラツキに偏りを与えていることになり、組立時に部材長が常にマイナス傾向となる。従っ

て支間長、全長のマイナス傾向を助長する。

①式においてK=25は溶込みが浅い被覆アーク溶接が主流であった時代の経験的係数であり、現在のように溶込みの深いガスシールドアーク自動溶接で、リブの両側を同時に、さらに多数リブをまとめて溶接する場合は、溶接収縮量も大きくなることは納得できる。試算ではK=75とすると、計算値と実測値の差に偏りが無くなるようである。

また①式での溶接収縮量は抵抗断面 (Tf・B+Tr・H) がある程度大きくなると、収縮値は次第に一定値に収斂する。抵抗断面に関係なく、フランジパネルの溶接収縮の実測値と板厚の関係を図-8に示した。

板厚16mm以上では $\delta=0.15\text{mm/m}$ に収斂している。

なおパネルは縦リブまたは水平補剛材溶接後にローラー矯正を行っているが、フランジパネルでは板厚10mm以外では25%程度の収縮量の減少が認められている。

板厚10mmのフランジ、ウェブではローラー矯正による収縮量の減少はみられていない。従ってパネルの板厚が厚い場合と薄い場合に分けて考えることも、必要であろう。

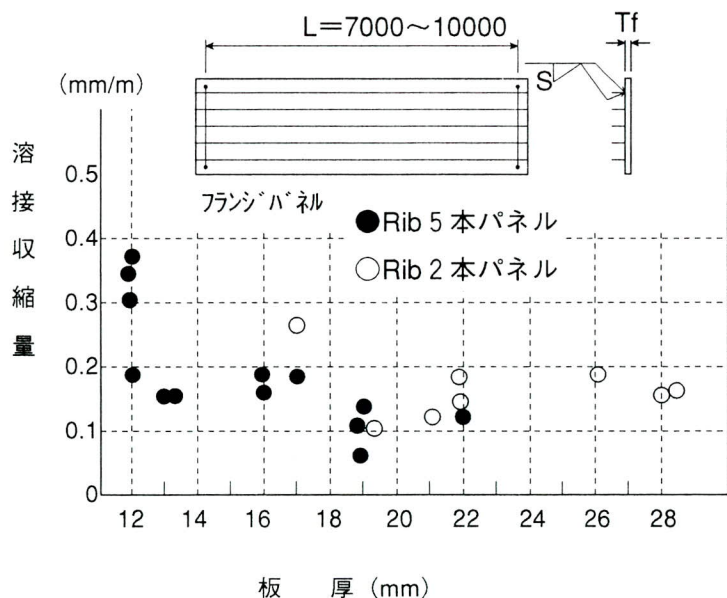


図-8 パネル板厚とフランジパネル溶接収縮量

ウェブパネル溶接収縮は、パネル板厚が比較的薄いことおよび水平補剛材がウェブ幅に対して片側に偏って取り付けられているため、水平補剛材の取り付け側と反対側では、収縮実測値がかなり異なり、かつウェブ幅方向にライズを生じるので、取扱が厄介である。従って今回

はウェブパネルにはパネル溶接の伸ばし量は付加しないで行った。

図-6のウェブパネルパターンAの水平補剛材取り付け側およびパターンBの上下での溶接収縮実測値 δ は0.10~0.30mm/m、平均0.22mm/mで、水平補剛材の付いていない側での溶接収縮量は-0.12~0.06mm/m、平均-0.03mm/mで明らかに有意差が認められるとともに、ウェブの面内変形の傾向を示している。

なお、ウェブパネルのこの面内変形が図-5に示した連続組立における片押し組立での上下フランジとウェブの孔ゲー線にズレを生じさせる原因である。またこのウェブのライズは厳密に言うと部材のキャンバー等に影響を与えることになる。

今後、ウェブパネルの水平補剛材溶接の収縮量、特に面内変形を伴う収縮をどう制御するかが課題となるが、合理化設計によるウェブの厚板化および水平補剛材の省略が行われるようになれば、パネル連続組立工法による部材の精度は著しく向上するものと思われる。

(2) 箱部材溶接収縮量

パネル連続組立完了後解体して、部材毎に角継手およびダイヤフラム等の箱内の溶接をガスシールドアーク半自動溶接で行った。

この溶接での部材長に影響する溶接継手は部材長に直角な継手(ダイヤフラム、横リブ等)とし、角継手のような部材長方向の継手の溶接収縮は抵抗断面が大きいため無視できるとしている。

また、上フランジと下フランジについて各々算出し、各々に部材溶接伸ばし量として付加している。ウェブは上下フランジの伸ばし量をウェブ上下端に分けて付加している。

部材溶接収縮量 μ (B) 計算式を②式に示した。

$$\mu(B) (\text{mm/m}) = (K \cdot S \cdot D) / (tf \cdot L) \quad \text{---②}$$

μ (B) : 収縮量 (mm/m) (上・下フランジ毎に算出)

S : ダイヤフラムまたは横リブの脚長 (mm)

tf : フランジの板厚 (mm)

D : ダイヤフラム、横リブの取付け数

K : 係数 (今回は K=1.5)

L : 部材長 (m)

部材溶接収縮量 δ (B) (mm/m) の測定は上下の各フ

ランジで行った。

計算値と実測値の差 $\Delta(B) = \delta(B) - \mu(B)$ を図-9に示した。上下フランジとも、実測値に比べて計算値の方が小さく、上フランジで平均0.12mm/m、下フランジで平均0.11mm/m 実測値が大きくなっている。

パネルの溶接収縮の計算式と同様被覆アークからガスシールドアーク溶接に変わっているため、収縮量は多くなっていると思われる。②式においてk=2.8程度が妥当と思われる。

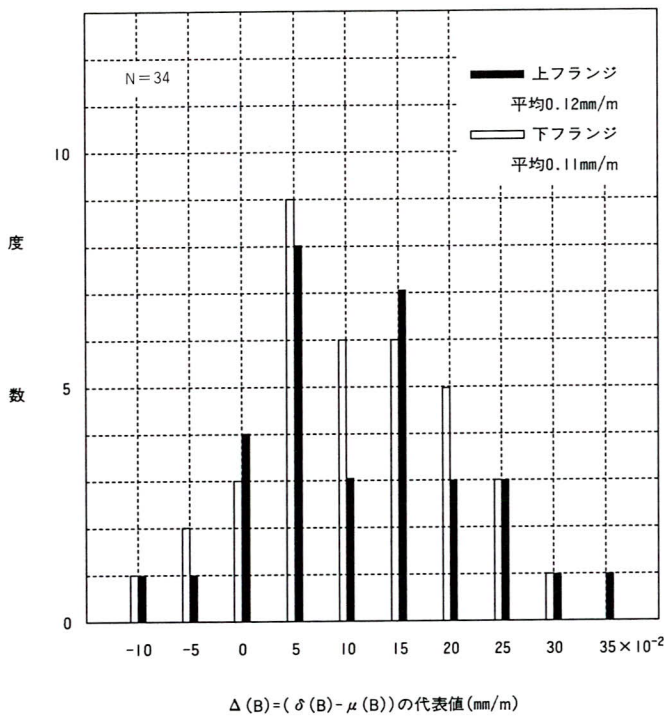


図-9 部溶接収縮量計算値と実測値の差

5. 仮組立シミュレーションのための3次元計測

本システムでは、主桁添接部の断面形状の一体化および添接孔関係については、パネル連続組立工法により製作過程において保証しており、添接孔および断面寸法に関わる測定は行わない。従って3次元計測は、支間長、全長、幅員、キャンバー、通りおよび横桁等の取合い位置および桁端の倒れ等が算出出来る位置を決めて行うが、1部材の測定箇所は12箇所程度で十分である。図-10に連続組立ブロックの区分と測定位置の例を示した。

連続組立ブロックの組立完了毎に計測する。連続組立工法では2部材重複組立でも、多部材の連続組立でも組立ブロックの端部材は必ず重複されるので、重複部材は同じ位置で必ず2回計測される。

コンピューターによる仮組立シミュレーションは組立と同様に、重複により2回計測された部材を2組のデータを用いて重ね合わせるにより行われる。

測定は3次元測定システム MONMOS (株)ソキア製測定器は NET 2) により、工場内で行った。

測定器は連続組立ブロックのほぼ中央で、上フランジと片側のウェブ面が完全に見渡せる台上にセットした。

なお、予めマーキングされた測定点に測定ターゲットをセットして測定する。

MONMOS システムは近赤外線を用いた光波測長器を基本とした3次元計測システムであり、測定精度を確保するためには、測長器の視線に対してターゲットの面が直角となる必要があり、その工夫を行った。

図-11にターゲットの略図を写真-4にはターゲットのセット状況を示した。

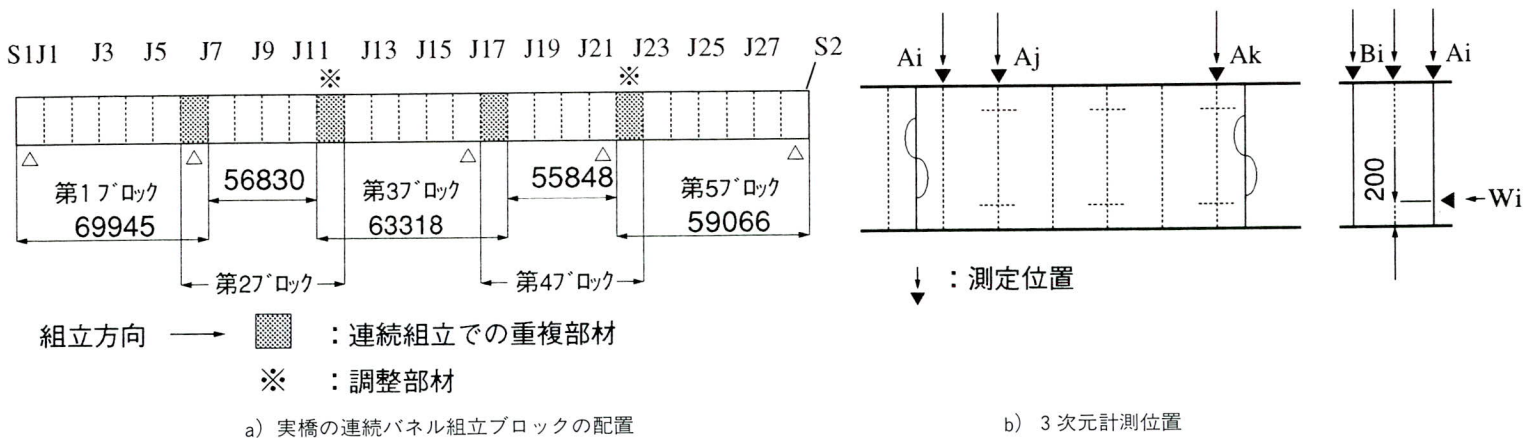


図-10 連続パネル組立ブロックと3次元計測位置

なお、MONMOS システムでの測長の公称精度は±(1mm+2ppm)とされている。

テープを基準とし、本測長器を、テープ延長線上の異なる3か所に据え付けて測長した結果では、テープ10mが(+0.5, +0.5, +0.4mm)、20mが(+0.8, 0.9, 2.1mm)、30mが(+1.2, +1.5, +2.4mm)の測定誤差であった。

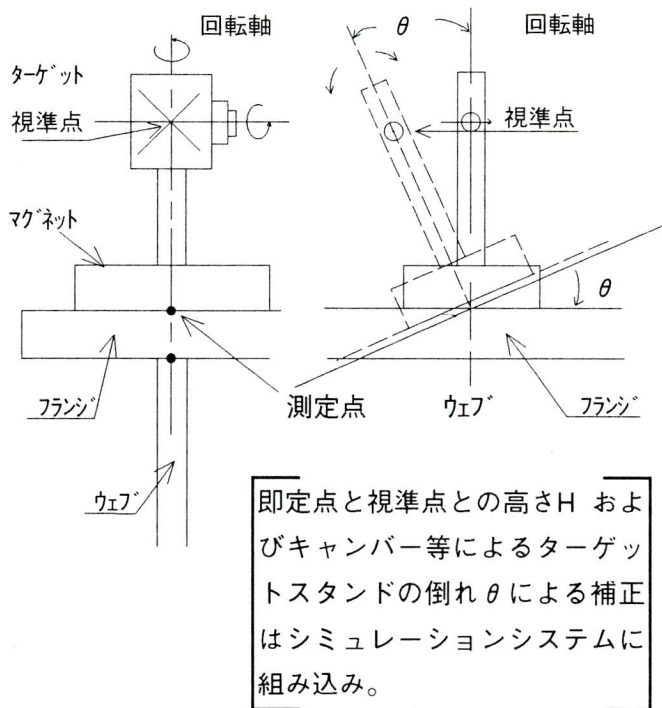


図-11 ターゲットスタンド概略図

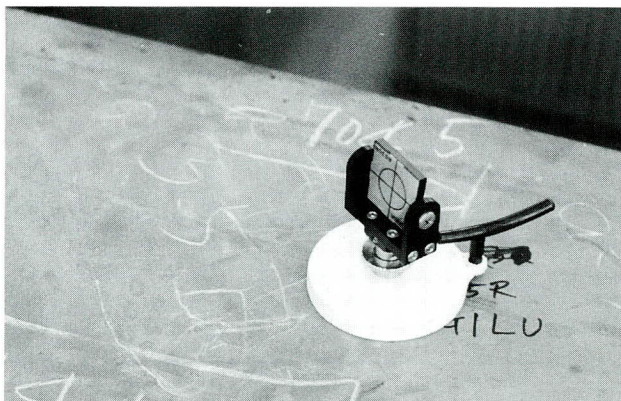


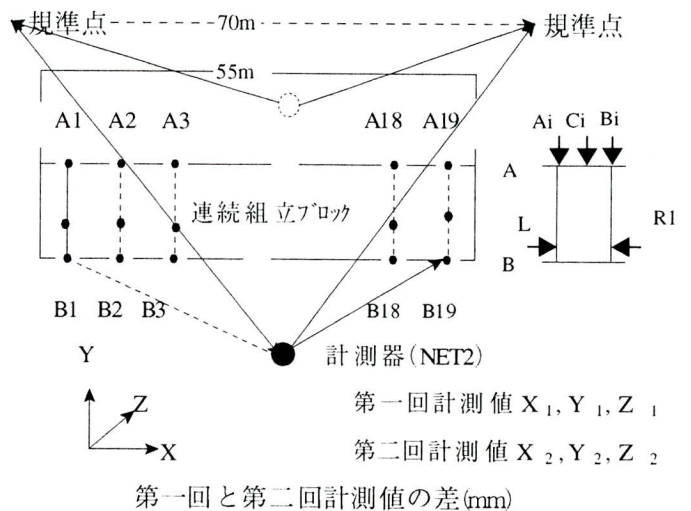
写真-4 ターゲット設置状況

また、実橋の連続組立ブロックを用いて、第一回の計測から2日後に全く同じ測定点を再度計測し、測定の繰り返し精度を求めた。

図-12に連続組立ブロックの計測要領と同一測定点の繰り返し計測結果の統計値を示した。

本システムでの計測精度および繰り返し測定での再現性は、測定器の測長精度、角度精度、温度変化、視準の熟練度およびターゲットの取付け精度等によるが、前述した基準テープでの測長実験および図-12での計測再現性実験の結果ならば、この仮組立省略システムに対しては、問題のない精度であると思われる。

なお、今後ともターゲットの取り付け精度向上のための改善と測定器の簡便な精度確認方法および安定かつ効率的な設置方法の開発を行っていくつもりである。



平均	X		Y		Z	
	標準	値差	平均	標準	平均	標準
1.14	標準	0.741	-1.312	0.461	0.05	0.808

例： $\Delta X_{Ai} = X_1(A_i) - X_2(A)$ 温度差は1.1℃

$\Delta Y_{Ai} = Y_1(A_i) - Y_2(A)$

図-12 連続組立ブロックの計測要領と繰り返し測定結果の統計値

6. 仮組立シミュレーション

仮組立シミュレーションシステムの概要を図-13に示した。

八木沢橋鋼4径間連続箱桁(2主桁)への「連続組立工法を用いた箱桁省略システム」の適用は以下の手順で実施した。

MOMOS計測システム

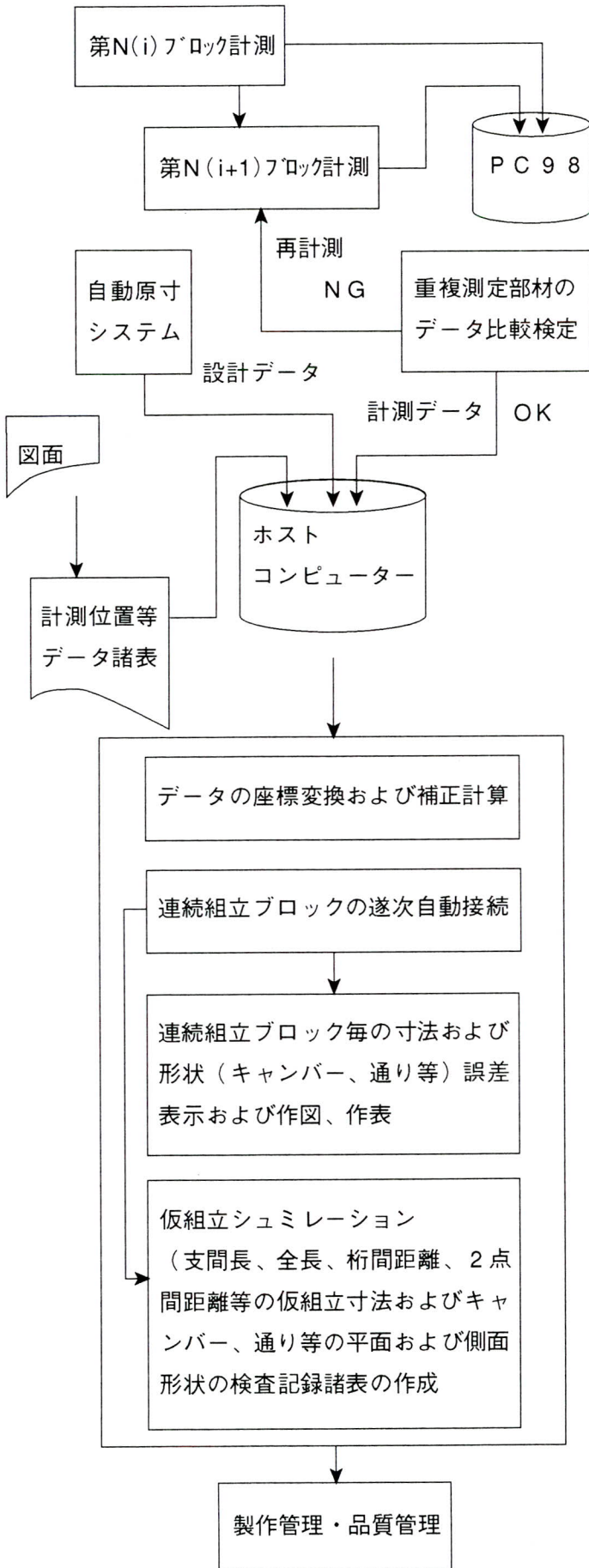


図-13 仮組立シミュレーションシステム概要図

鋼径間連続箱桁を図-10の要領でブロック分けした10ブロック(2連分)についてパネル連続組立を行った。図-12に示した要領でブロック毎の3次元計測を行い、図-13に示した手順に従いコンピューターによる仮組立シミュレーションを行った。

連続ブロックで重複組立された部材は2回の計測データを持ち、それぞれのデータにはそれぞれ計測誤差が生じるが、本来、同一の座標系に変換後は2つの計測値は一致するものとして、コンピューター上で重複部材を重ね合わせることで、接続(仮組立)をしていくことを主体としたシステムである。

重複部材を逐次重ね合わせていく方法には多くの方法が考えられるが、本橋では重複部材の第一回目および第二回目の計測値を用いてそれぞれの部材の重心(G1)、(G2)を求め、2つのブロックの重複部材の計測値計算重心G1およびG2を一致させ、回転原点とした。

重心を回転原点として、第一回目と第二回目の各測定点の距離が最も小さくなるよう最小二乗法を用いて回転させて2つのブロックを接続させた。

これらの方法により仮組立シミュレーションを行い、支間長、桁間隔等を推定した結果を表-1に示した。

なお、参考のためG1桁およびG2桁の第一ブロックについては通常の仮組立を行い、データの比較照査を行った。

本橋は全長260mとかなり長いため、第2径間と第4径間の連続ブロックの重複部材を調整部材とした。従って、シミュレーション結果では第1径間と第3径間は、前述したパネル溶接収縮および部材溶接収縮の伸び量が実際の溶接収縮より一般的に少なかったことによ

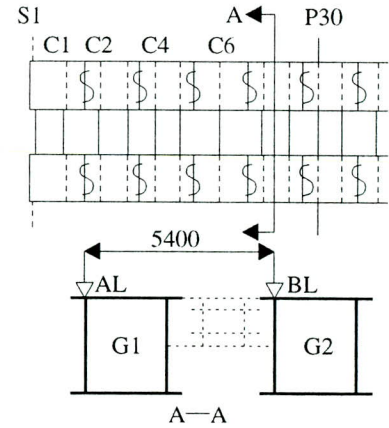
表-1 仮組立シミュレーションによる支間長推定値 (一部仮組立実測値および現場実測値との比較)

	S1~P30 (51,200)	P30~P31 (90,500)	P31~P32 (56,000)	P32~S2 (62,000)	全長 (259,700)
許容値	±15	±19	±15	±18	±26
G1桁L	-3(-5)	+13.4	+3.5	+5.9	+19.8
G1桁R	-2.4(+2)	+16.3	-2.3	+8.1	+19.7
G2桁L	-2.9(-5)	+12.0	+0.4	+10.6	+20.1
G2桁R	-4.6(-1)	+16.3	-5.7	+13.4	+19.4
現場測定	—	—	—	—	+20

() 内数字は仮組立時の測定値

表-2 仮組立シミュレーションによる桁間隔の推定値
(仮組立実測値との比較)

	許容値	S1	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	P30
推定値	±5.7	+0.4	+1.1	-1.5	+1.2	-0.8	-1.7	-0.9	-1.0	+1.7	-1.2
仮組立値	±5.7	± 0	± 0	-3.0	± 0	± 0	± 0	+1.0	+3.0	+4.0	+3.5



り、支間長は若干マイナス気味となったが、調整部材の入っている第2および第4径間はプラス気味となり、全長は架設現場の計測結果とほぼ同じの+20mm前後となった。なお当然のことながら、調整部材の調整側の添接板は孔縁端距離を実測後に製作している。

桁間隔のシミュレーション結果は-2.9~+2.3mmの範囲であった。表-2に仮組立を行った第1ブロックのシミュレーション推定値と仮組立実測値の比較を示した。

いずれも、許容値を十分に満足しているが、何方かという仮組立実測値の方が誤差が大きかった。

図-14に仮組立を行った第一ブロックの仮組立によるキャンバー、全径間の仮組立シミュレーションに基づくキャンバーおよび架設現場実測によるキャンバーの設計値との誤差を、図-15には同じく通りの誤差を示した。仮組立実測値とシミュレーション推定値とは非常に良く合っている。架設現場の実測値とシミュレーション推定値は、いずれも仮組立誤差基準は満足しているが、一部には、やや大きくかけ離れたところもあった。

本橋の架設工法はベンド工法と河川部を中心に片持ち式張出工法を併用しており、無応力多点支持を前提とした仮組立および仮組立シミュレーションに比べて誤差が大きくなる場所があるのは、やむを得ないと思われる。今後は架設工法に合わせた仮組立シミュレーションの開発と製作付加キャンバー等へのフィードバックシステムの開発を図りたい。

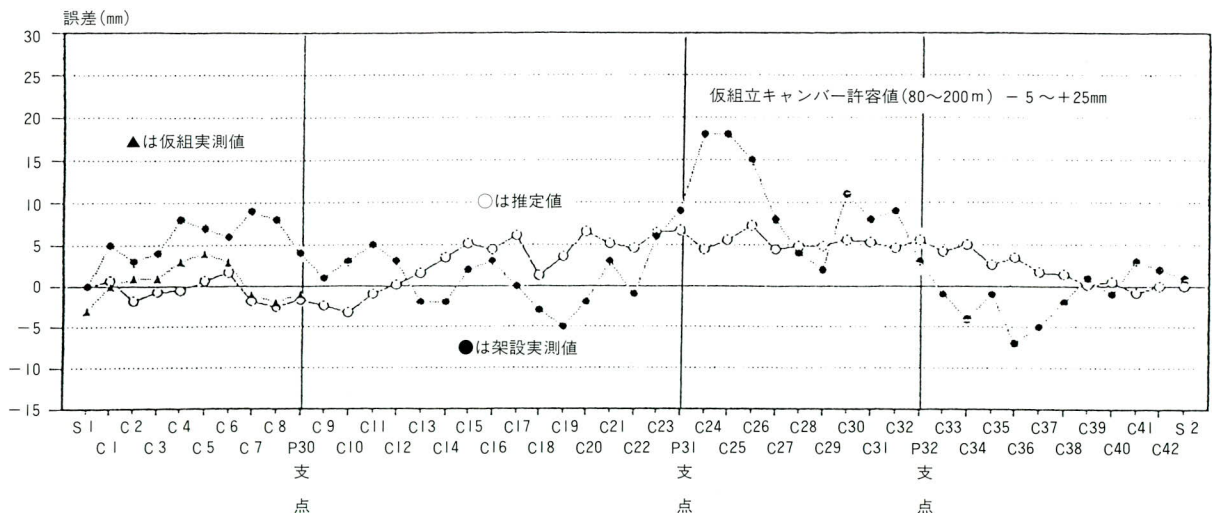


図-14 仮組立シミュレーションと仮組立および現場実測キャンバーの設計値との誤差

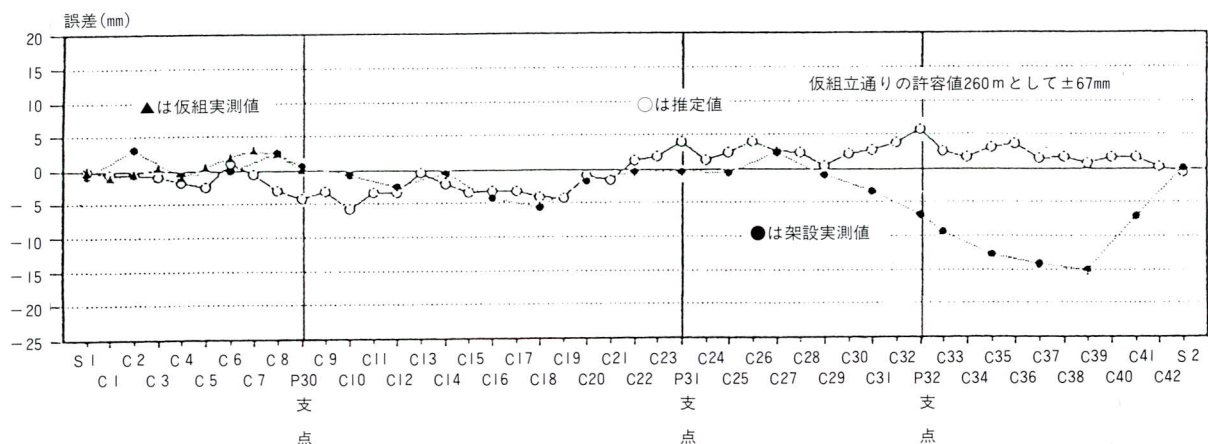


図-15 仮組立シミュレーションと仮組立および現場実測通りの設計値との誤差

7. まとめ

仮組立省略の対応としては、いろいろな方法が考えられるが、「連続組立工法を用いた箱桁の仮組立省略システム」は仮組立で保証していた品質事項を製作工法および3次元計測をおこなった仮組立シミュレーションにより保証しているのが特徴である。従って橋梁形式および製作部材形状によって、仮組立省略システムは異なることになる。

板桁においては、主桁の捩じり剛性が小さいことから添接断面形状の一体化はほぼウェブ高さの相対誤差管理が主体となる。また3次元計測もフランジおよびウェブの孔位置計測を含めても、NC機器による計測が可能である。板桁の仮組立省略対応については本技報の別稿で報告している。

本報では、「連続組立工法を用いた箱桁の仮組立省略システム」を実橋で初めて適用した事もあり、慎重を期して、多部材の連続組立を行ったが、多部材の連続組立は工場の組立場の所要面積が可なり多く必要となり、組立と溶接の期間が長くなり、工程短縮に逆行するデメリットがある。本来は2部材重複組立が主体であり、組立場は2部材分のスペースが必要となるが、この程度は将来、箱桁の自動組立・溶接化を進める場合に許容される範囲となるものと思われる。

今後は2部材重複組立での仮組立省略を行っていくことになると思われる。

パネル連続組立工法に限らず、今後製作における部材の形状・寸法精度向上は製作の自動化・ロボット化を推

進する上で必須の事項であり、この場合ガス切断および溶接等の熱変形の低減化と熱によらない矯正方法の確立および熱収縮の制御（予測と予長付加）は重要な課題となる。

溶接変形量および溶接収縮量は材質、継手の種類と継手の拘束度、溶接方法および入熱等により異なるが、溶接の自動化により手順の標準化が行われるためバラツキは小さくなってきており、溶接変形および溶接収縮の制御は容易となっていると考えられる。

今後とも、溶接の標準化と溶接収縮等のデータの蓄積および分析を行い、部材精度の向上を図り、最終的には仮組立シミュレーションそのものも、不要となるようにするのが、鋼構造を扱っている筆者らの夢でもある。

最後に、本システム適用にあたり日本道路公団名古屋建設局、同長野工事事務所のご指導とご支援を戴きました。ここに、紙上を借りて、深謝させていただきます。

<参考文献>

- 1) 成宮、伊東：橋梁製作におけるパネル組立工法と自動化システム「PASシリーズ」、宮地技報No.5, 1989.2
- 2) 星野、藤井ら：RCプレキャスト床版の施工（八木沢高架橋）、宮地技報 No.11, 1995.12
- 3) 例えば Spraragen の式および Guyot の図式等

1995.10.30受付