

(株)横河橋梁製作所 正員 国井 好幸
 (株)横河橋梁製作所 正員 小桜 義隆
 長岡技術科学大学 正員 鳥居 邦夫

1. まえがき

鋼橋の製作過程においては、伝統的に仮組立工程が組み込まれている。これは製品のでき具合を検査するもので、加工の完了した各部材を工場ヤードで現場と類似の方法により組み立て、部材の接合の良否および形状の確認などを行う工程である。この工程が全製作工程の中に占めるコストの割合は、橋梁の種類によって若干の差はあるが、およそ10～20%であり、製作費の多大な部分を占めている。また、他の工程がコンピュータ・NC機械の導入などで自動化・合理化が進む中で、この工程だけが手つかずのまま残っている。したがって現仮組立工程を省力化し得れば、鋼橋の製作にとって非常に大きなプラス要因になると考えられる。

本研究では、仮組立の省力化として、現仮組立工程に代わり、構造物の完成状態を保証するシステムを提案する。それは大きく2つのサブシステムから構成される。1つは、部材単品の形状を測定する計測システム、もう1つは、その測定データを基に、計算機で組立状態をシミュレートすることにより、製品の検査を行うデータ処理システムである。

2. 計測システム

このシステムは、部材の測定基準を連結部のボルト孔および格点などに限定し、その位置を三角測量の方法で測定することにより3次元的に部材の形状を把握しようとするものである。この場合、測定精度としては、約20mの部材を±0.5mm以内の誤差に収めることを目標とする。

計測原理は三角測量の方法により、例えば図-1に示すような3次元空間の任意点Pの座標値(X_P, Y_P, Z_P)を求める場合、X軸上の2点し、 θ における角度 θ_i, θ_j と2点間の距離B(基線)を測定すれば良い。したがって、Pの座標値は次式により求まる。

$$\left. \begin{aligned} X_P &= B \cdot \cos \theta_i \cdot \sin \theta_j / \sin (\theta_i + \theta_j) \\ Y_P &= B \cdot \sin \theta_i \cdot \sin \theta_j / \sin (\theta_i + \theta_j) \\ Z_P &= B \cdot \tan \varphi \cdot \sin \theta_j / \sin (\theta_i + \theta_j) \end{aligned} \right\} (1)$$

以上のような計測原理に基づき、図-2に示す測定装置を試作中である。この装置は高分解能のCCDカメラを搭載した自動測角儀であり、部材のある測定点の検出にはCCDカメラを、また角度の読み取りにはカメラと一体化されたロータリーエンコーダーをそれぞれ用いている。なお、測角儀は図に示すようにレール上を移動することができ、その移動量により基線Bを定める。この装置の特徴は測定点の検出にCCDカメラを採用する関係で、画面にキャッチされる多数の測点を一度に、しかも高精度で測定することができ作業能率の向上が図られる点である。CCDカメラは図-3のように被測定物を水平2000、垂直3000分割の高分解能で読み取ることができる。現在の1画面の画像処理時間は4分程度である。

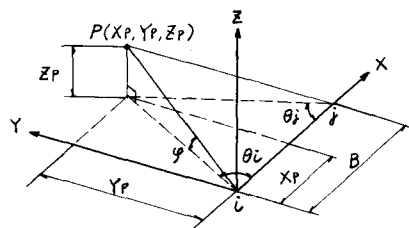


図-1 計測原理

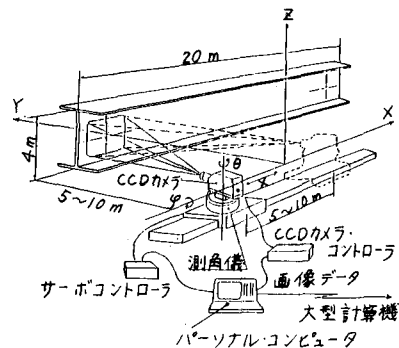


図-2 測定装置

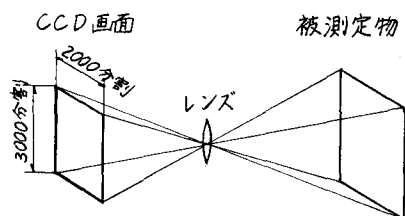


図-3 CCDカメラの原理

3. データ処理システム

計測システムにより得られた部材形状を与える測点の3次元座標値を基にし、ここでは、コンピュータを用いて、部材の仮組立状態を照査するシステムを考える。

本システムの基本的なフローとして、図-4に示す手順でシミュレーションを行う。以下、手順の説明として鋳術の主術を平面的に扱ったもので行う。

まず、「部材の誤作発見」であるが、これは計測システムによって得られた部材寸法と、設計寸法を比較し、その誤差が10 mm以上の違いがあれば誤作と判定して、この時点で作り直しを命じる。

次に、「部材の組み立て」を行う。ここで、部材の製作精度を調べた結果、ボルト孔一群については良いことが判っていることから、いま、ボルト孔一群のうち、ウェブについては4隅の孔、またフランジについては両端の2つの孔に着目する。部材の組み立ての基本的概念は、上記したボルト孔を組立基準として考え、これらの孔がなるべく設計値に近づくように組み立てることである。つまり、図-5において、 $\min \sum_{i=1}^n \delta_i$ になるよう黒丸の位置を決めるという最適化問題である。解法としては、制約条件として各黒丸間の距離(図の一点鎖線)が不変であるとし、ラグランジの未定乗数法によって解を求める等が考えられる。このようにして順次部材を組んでゆく。このとき連結部の添接板の配置も同様にして、図-6のように $\min \sum_{i=1}^n \delta_i$ になるようにセッとし、いずれの最大値 $\delta_{i, \max}$ で添接の可否の判定を行う。もし、 $\delta_{i, \max}$ が大きく添接不可能な場合はボルト孔の余裕を利用することにより、部材を組み直す。

「部材の修正指令」は、全部材の組立が終り次第、キャンバー、支間長などを算出し、所定の組立精度に収まっているか否かの判定を行う。もし、収まっていなければ、部材を修正することにより組み直しの指令を与える。

最後に、「組み立て形状伝達」は、上述した手順により仮組立ができることが判れば、その情報を架設現場に反映させるため、添接板のボルト孔位置、組立部材の孔位置(ボルト1群の4隅)に合わせることで組立形状の伝達を図る。

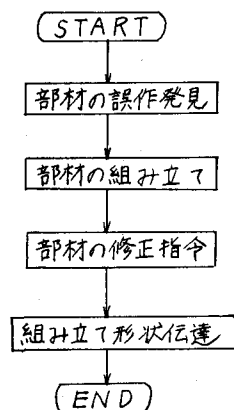


図-4 シミュレーション手順

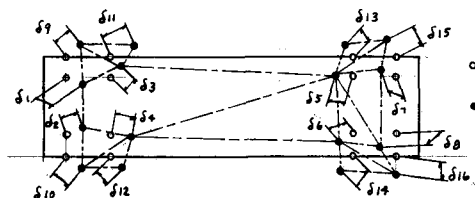
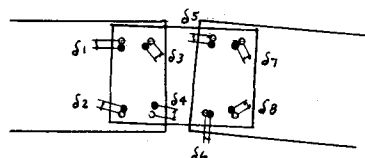


図-5 部材の組立配置



- ・部材のボルト孔
- ・添接板のボルト孔(設計寸法)

図-6 添接板の配置

4. あとがき

仮組立の省力化として、現工程に代わるシステムを提案した。計測システムは巨大な部材寸法を三角測量法を適用することにより、精密に、しかも短時間で測定することである。また、データ処理システムは、実際の仮組立に近いシミュレーションの方法を開発することにより、製品の検査を行うことである。各システムは一貫性があり、実用性は非常に高いと思われる。これらのシステムを開発することにより、工期短縮、工費節約はもちろんのこと、製作工場から施工現場への迅速な情報伝達などの利点が得られる。

参考文献

- (1) 高田, 鳥居, 長谷川, 寺口: CCDカメラを利用した大型構造物の計測, 昭和59年度精機学会春季大会学術講演会論文集