

鋼構造物の汎用原寸展開システム

榑横河橋梁製作所 正員 花村義久 正員 京田健一 ○正員 深谷俊恒

1. まえがき

当社ではI断面プレートガーダーの設計から製作における一貫自動システムがすでに完成しているが、これは当社をはじめ同業各社、官公庁、コンサルタントなどで使用され、現在までに多くの有効な実績をあげている。このシステムの完成の意義は、単に製作工程上の省力化への貢献のみならず、鋼橋の製作法に変革をもたらしたという点において多いに注目された。従来の製作法では設計、原寸、け書、切断といった一連の作業の中で、数字や形状の読み写しが多く行われていた。この自動化システムでは、一連の情報伝達において原寸やけ書など補助作業を省略することになり、省力化をはかると同時に誤差の累積を避け、精度の向上をはかることが可能となった。さらに、製作された部材の精度が均一となることによって組立、仮組立が容易になり、誤作が大幅に減少することと相まって製作の全体的な工数が低減された。この製作工数の低減は一貫システム利用による省力効果の中でも大きな部分を占めている。

これらの有効性をI断面プレートガーダーに限定せずに対象を拡げ、あらゆる構造物に適用できる鋼構造物製作のためのトータルシステムを完成させることが重要と考えた。けれども、上記のシステムと同じように、すべての構造物に対して全面的に自動処理することを考えると、システムは極端に大きくなり、その開発は不可能となる。この場合、あらゆる構造物が自由に矛盾なく、しかも効率的に処理できる柔軟で合理的なシステムを作ることが必要である。この度、この様な要求にこたえるために、データ・ベースを背景にしたマンマシン・バッチ併用の汎用原寸展開システムを開発したのでここに報告する。

2. 概 説

本システムは基本的には電子計算機上で構造物の組み立てを行った後、その骨組を展開し、それに基づいて部材一品一品の形状と製作に必要な情報を揃えていくことにあるが、この設計にあたって配慮したことは次の点であった。

- ・ 図-1に示すように、従来システムとの間に矛盾が生じないよう相互に関連性を持たせ、トータルシステムとして完成させた。
- ・ 作業手順とデータ・ベース、内部処理とを合理的に関連づけ、作業を論理的に構成できるようにした。
- ・ 対象構造物を点、線、線群という単純な幾何変数で表わし、これらが階層構造をもったデータ構造としたことによって構造概念を明確化させ、あらゆる構造物を組み立てられるようにした。

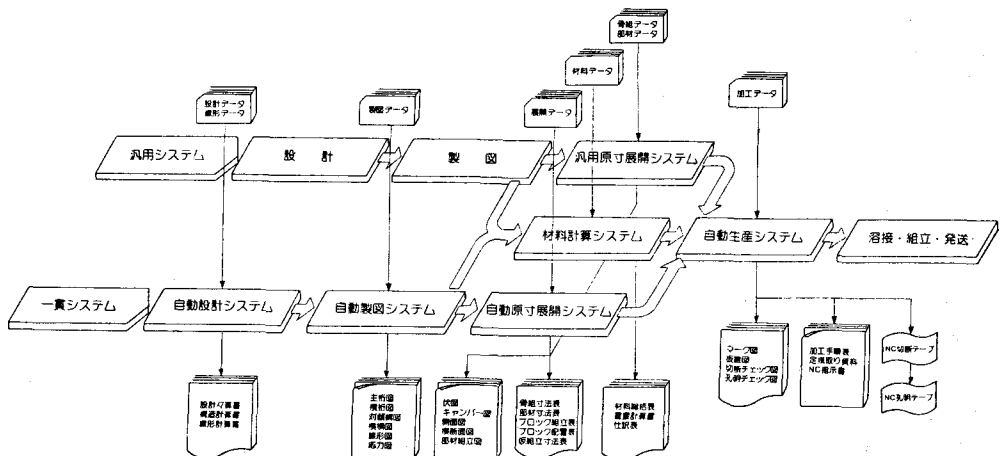


図-1 橋梁のトータルシステム

- ・ 展開は構造物の特性を考慮した方法で行えるようにした。
- ・ データ・ベースを全面的に取り入れ、データの一元化と多目的な利用および開発効率の向上をはかった。
- ・ 展開後の処理に対してあらゆる構造が処理できるようにし、かつ作業能率の向上をはかるため、会話型グラフィック言語（GIPSY）を開発し、それ自身に学習機能如き性質をもたせるようにした。
- ・ 一連の処理によって作成されたデータ・ベースより製作や検査の資料がすべて得られるようにした。

このシステムでは図-2に示すようにデータ・ベースに対応した形で処理が行われるが、その概略手順は次に示すようなものである。

- (1) 必要な製作データや出力したい製作資料を決定後、データ・ベースに登録する格点や部材に名前をつける。
- (2) バンクとしてのデータ・ベースに、設計一般、共通図形、添接、資材などのデータを登録する。
- (3) 骨組構造を作成して着目面を展開し、処理に必要な展開骨組、交角取り付きの各ファイルを作成する。
- (4) 作業者は(2)、(3)で用意されたファイルを利用しながら図面に基いて部材の作成を行い、データ・ベース上のピース・マスター・ファイルに登録する。修正はグラフィック・ディスプレイ上でGIPSYによって行われる。
- (5) すべての作業が完了後、データ・ベースより必要な製作資料や検査資料を作成する。

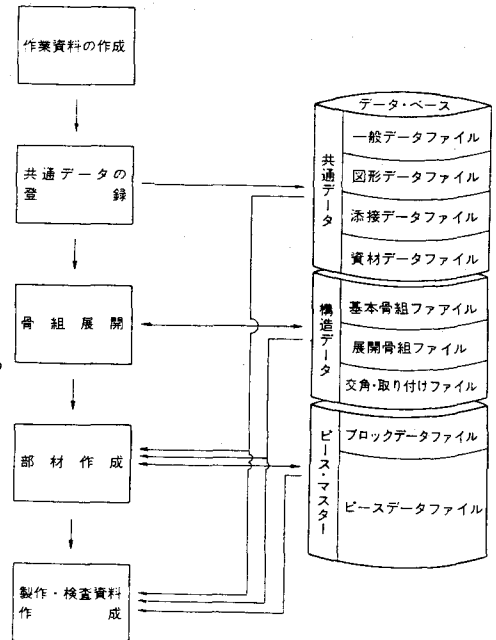


図-2 処理手順とデータ・ベース

3. 共通データの登録

構造物には互いに多くの共通する形状の部材を有している。そこでこれらを部材作成処理に先立って、データ・バンクとしてデータ・ベースに登録することにした。これらは、あらゆる構造物に共有できる「セントラル・データ」と工事ごとに特有な「ユーザー・データ」に分けて登録される。共通データ・ファイルは次の4種類となっている。

・ 一般データ・ファイル

支間長、桁間隔などの数値の他に一般プログラム群のコントロール・データなども登録できる。

・ 図形データ・ファイル

スカーラップ、ハンドホール、マンホールなど任意の図形を登録するものである。

・ 添接データ・ファイル

添接などに利用する孔パターンのためのファイルである。これには少数のパラメータを与えるだけで孔パターンが登録できるプログラム群が用意されている。

・ 資材データ・ファイル

型鋼などの断面形状や断面諸量が登録されている。

このデータ・バンクの設定により、部材作成処理におけるデータの標準化、データ伝達の合理化と信頼性の向上をはかることができ、また作業が効率的となっている。

4. 骨組展開

構造物の設定や展開手続を定義するために、我々は点、線、線群という単純な幾何変数によって構造物を表わすことを考えた。これらはデータ・ベース上でデータ構造に沿ったファイルに登録されるため、データの管理や処理は系統的行うことができる。ここでの処理の内容と順序は次に示すようなものである。

4-1. 基本骨組の登録

まず、作業者は対象となる構造物の基本となる点をグローバルな三次元座標上に置くことから始める。これらの点には、ユニークな点名と節点、添接点などの種類が与えられる。次に点の相互関係を付けるために線が定義される。これは点間ごとに存在するもので、内部で自動的に名前付けと、その両端の点名のリンク付けが行われる。さらに線の集合体として線群が定義される。このようにして作られた基本骨組のデータは、データ・ベースに登録され最も基本的なデータとして、以後の処理に利用される。

4-2. 断面付加

一つの座標系で複雑な構造物の定義を行うことは、作業者に対して非常な労力を強いることになる。そこで、まず断面形状をローカル座標系で定義し、これをグローバル座標上で作られた基本骨組に対して、その対応する箇所に配置するという形で構造物を自由に作成していくことを考えた。この基本骨組に肉付けしていくことを我々は断面付加と呼んでいる。これを行う場合、基本骨組に直接付加することのほか、投影面を考慮した中間の座標系を設けて、付加作業の効率を上げるようにした。このようにして得られたデータはデータ・ベースに納められるが、この新たに作られた骨組は基本骨組と全く同じ内部構造をしている。

4-3. 展開処理

展開方法には大きく分けて次の三種類の方法が用意されている。

a) タスキ展開

これは両縁端線上でパネルを形成して行うものであり、充腹部材のほとんどはこの方法で行われている。

b) 中心分配展開

両縁端線のほかに中線も三次元座標上に作られている場合に用いる展開方法である。

c) 任意三角形分配

これは不規則に三角形を形成している骨組構造物に対して、作業者が自由に逐次展開していくものである。

4-4. 展開骨組ファイルの作成

ここでは、展開された骨組を基準にして部材作成のために必要な点や線をこの段階で追加して、パート・プログラムに必要な二次元展開ファイルを作成する。これには部材作成作業の効率をはかるために、対傾構や横構などの骨組に着目する「スケルトン・ファイル」と、フランジや腹板などの面の外周線に着目した「ディメンション・ファイル」が分けて用意されている。

4-5. 交角・取り付けファイルの作成

三次元の骨組を二次元に展開した後も互いの面の関係を保つため、二つの面を指定することによって、角度や位置関係が計算され、このファイルに登録される。これは部材作成処理の段階でGIPSYによって呼び出して利用される。

5. 部材作成

部材作成処理は一品一品の形状や製作に必要な情報を図面から拾い、GIPSYによって「ピース・マスター」(図-3)と名づけられたデータ・ベースのファイルに登録するパート・プログラム作業である。これらは、基本的にはピース単位であり、GIPSYを利用して次のように行われる。

- (1) 展開処理が必要でない単純なピースは直接図面からデータを拾い、図形処理を行って登録される。
- (2) 展開処理の必要な部材は、用意してある展開処理ファイルより骨組線や外形々状を呼び出して処理し登録する。
- (3) 孔、け書、取り付け、曲げなどの各加工データは、予め登録してある「グローバル・ファイル群」より

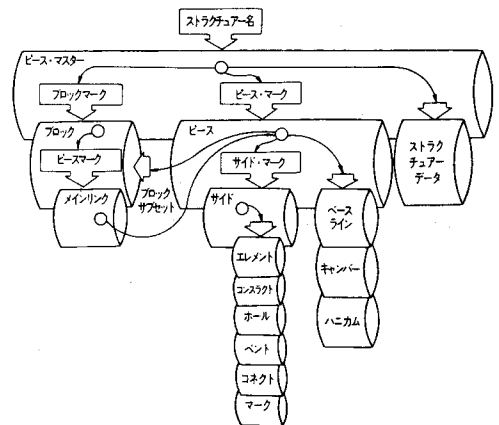


図-3 ピース・マスター構造図

呼び出して処理し登録する。

ただ、これらのピース単位での部材作成は、あらゆる構造物に適用できる最もベーシックな処理形態であるため時間を多く必要とするが、次に示される方法によって作業の効率の大幅改善が得られている。

(1) ピース形状の記述には多くのステップが必要となる。そこでGIPSYのファンクションの一部に、一般的な図形々状などを作る「アプリケーション・プログラム」を組み込めるようにした。また、GIPSYには学習機能を設け、得られた図形々状を系統的に蓄積していくことにしている。

(2) 一つの工事での構造物間やブロック間では、互いに同一または類似した部材が多く含まれている。

そこで、最初に代表的なブロックや構造物を下位概念の構造部材から積みあげて作成し、次に処理の単位をブロックや構造物の単位で一括して扱い、適応できない部分はピース単位で補って処理する一括単位処理のルーチンを設けた。

6. 製作・検査資料の作成

6-1. 製作資料の作成

製作資料は前作業の段階で作成される部材集計表、部材図集、ブロック組立図表、ブロック配置図表、仮組立用資料などと、生産システムにおいて加工情報を加えて得られる加工手順表、マーク図、板継図、型板、NCテープ（切断、け書、孔明け）などに分けられる。これらの資料は従来、工務作業で作成していたものと内容的には一致しているものである。

6-2. 検査資料の作成

検査には社内検査と発注者による立会検査がある。一般に検査項目としては、骨組線の検査、単品部材の検査、骨組線相互の位置関係の検査、部材相互の位置関係の検査などがあり、これらについて作成された資料のうち、発注者による立会検査では一部抜き取りという形で検査が行われる。

これら最終成果品に対する検査とは別に、数十項目にわたるチェック・リストが用意されており、これを各作業の段階で機械的に利用することによって誤作を防ぐためのチェックにあたっている。

7. あとがき

本システムは、従来の床書き原寸で行ってきた作業をすべて電子計算機に乗せようとするものである。これは到来図より多量のデータを捨てることになるため、入力ミスと作業効率の問題が付きまとう。現在は前作業の段階での図面のチェックとチェック・リストに沿った出力結果のチェックを入念に行っている。これでも床書き原寸作業時の検討と比較すると、部材の相互位置関係、大小の感覚が之しくなる場合があり、これらを防ぐための効果的なチェック・システムを検討中である。また、本システムの考え方をベースにした建築鉄骨の自動化システムや箱桁の自動化システムの開発を行っているが、このように本システムを発展させて、構造物の対象を絞った専用システムを作り上げることも作業効率を改善する一つの方法と考えている。

参考文献

- 1) 長谷川、花村：橋梁のトータルシステムにおける設計と生産、第21回構造工学シンポジウム 1974
- 2) HASEGAWA, HANAMURA, KYODA "THE EFFECTS OF TOTAL SYSTEM ON BRIDGE DESIGN AND FABRICATION", IABSE SYMPOSIUM MOSCOW 1978
- 3) 花村、古宮、京田：橋梁の設計・生産システムにおけるデータ・ベース、電算機利用に関するシンポジウム 1976
- 4) 花村、古宮、京田：トータルシステムにおける検査について、第23回構造工学シンポジウム 1976
- 5) 花村、土屋：橋梁の設計・生産のための会話型グラフィック言語、第31回土木学会年次学術講演会
- 6) 長谷川、花村他：トータルシステムにおける橋梁の自動設計・製図(I)~(IV)、横河橋梁技報、№2~№5
- 7) 長谷川、丹羽他：トータルシステムにおける橋梁の自動生産(I), (II)、横河橋梁技報、№5、№6
- 8) 長谷川、花村、丹羽：橋梁の設計・生産の自動化システムとその適用例、橋梁と基礎 1976, 4