

箱桁の自動一貫システムの概要

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

当社における橋梁の自動化システムの開発は、昭和45年に始まり、すでに十数年が経過した。開発はまず、合成桁の自動設計から入り、順次、Ⅰ桁の設計から生産にいたる一貫システム^{1),5)}、一般の構造物を対象とする汎用原寸展開システム²⁾等の開発を進め、全体をトータル・システムとして完成させた。その後、さらに効率を上げるために箱桁の一貫システムが計画されて完成し、すでに運用の段階に入っている。

本報告では、この箱桁自動一貫システムの開発にいたるまでの概略的な経緯、および本システムの考え方を中心に述べることにする。なお、自動設計・自動製図システムは、Ⅰ桁システムと考え方は基本的にあまり変わらないため、特徴的なことについてのみ述べるにとどめ、自動原寸展開システムについては、異っている部分が多いため、詳しく報告する。

2. 本システム開発の背景

Ⅰ桁のシステムは設計から生産に至る自動一貫システムとして完成し、昭和50年より運用段階に入っている。このⅠ桁一貫システムの完成によって、省力化や製品の精度向上になど多くの利点を心得て社内をはじめ同業他社にも広く利用されるにいたった。このⅠ桁のシステムに対し運用段階でも積極的に機能の拡張をはかり、今日ではⅠ桁に関するものならばほとんど問題なく適用が可能となっている。また汎用原寸展開システムはⅠ桁以外の一般構造物を対象に原寸処理を行うシステムとして開発され、昭和53年に完成した。これは3次元の骨組構造を作成して展開し、その後会話型図形処理言語で部材を作成登録するものである。

当社における橋梁製作の自動化のうち、設計、製図はⅠ桁システムを中心として、原寸処理はⅠ桁システムと汎用原寸展開処理システムを併用して多くの実績をあげてきた。従って、箱桁の原寸処理については汎用原寸展開システムが適用されてきたが、このシステムは対象を一般構造物としているため、箱桁のようにある程度定形化しているものにも多くの入力データを必要とし、効率面で問題を有している。最近、箱桁の生産比率は増加しており、またⅠ桁一貫システムの開発が成功したこととも相まって、箱桁専用の一貫システムの開発を望む要求が社の内外から高まった。

しかし、箱桁はⅠ桁に比べ、構造が複雑かつ多様であり、全面的に自動化しにくいという面をもっている。例えば、自動設計システムでは推定部分が多く、設計者の介入がより多く必要となり、製図システムでは、図面配置の方法に問題が多い。原寸にいたっては、立体的要素が多いことから部材種類やそれに属するデータが極端に多くなる。

このため、箱桁の一貫システムを計画するにあたり、効率的でしかも柔軟なシステムを開発することが強く求められた。

3. システムの概要

図-1に示すように箱桁自動一貫システムは、大きく分けて自動設計、自動製図および自動原寸展開の各システムから成り立っている。これらは各々のシステムで発生された大量のデータファイルを介して受け継がれる。そして、自動原寸展開システムでマスターファイルを出力し、下位の自動生産システムへ受け渡される。

設計システムは、設計上基本となるデータや線形データを入力し、その結果として、設計々算書と製図システムへ受渡す製図データファイルが出力されるものである。

製図システムは、設計で出力されたファイルと少量の製図用入力データをもとにして描画データを出力し、さらに原寸展開用データファイルを作成する。このシステムには材料計算用のプログラムも組込まれており

原寸展開処理システムでは製図システムから受けた部材情報の他に、追加する部材のデータや線形骨組のデータを入力する。そして、骨組構造を作成後、部材を展開して種々の取付部材を加えマスターファイルへ登録し、同時に検査資料や製作資料などの管理資料も出力する。マスターファイルは自動生産システムで受け継がれ、け書・孔・切断等のNCテープが発生される。

4-1 自動設計システム

- 1) 合成桁、非合成桁。
- 2) 曲線桁、不整形桁、ウェブ不等高断面。
- 3) 横断面は通常使用される大部分のもの。

- このように、非常に特殊なものを除いて実用上ほとんど問題なく適用が可能である。この自動設計システムは以下のような特徴を有している。
- ・ 本体は発注者に制約をうけない構造とし、変更に対しては部分的に変更できる構造とした。
 - ・ 規定部分はサブルーチン化して示方書の改訂に備えた。
 - ・ バッチ処理と会話型処理の併用を可能にするようにした。
 - ・ 推定計算箇所が多くなるが、予備計算プログラム群を多く用意するなど設計者に対して自由度に幅をもたせるようにした。

自動製図システムの適用範囲は、現在のところ上記設計システムで述べた適用範囲の中で横リブ関係およびウェブが不等高の主桁を除いて可能となつて

5. 自動原寸展開システム

箱桁は、構造が複雑なものが多く、システムに要求される機能として任意の形状のものを扱うことが前提となっている。このため、主構造についてはその多様性に対処できるように汎用原寸展開システムを一部改造して適用するようにし、横桁、縦桁、ブラケットなどの床組関係や主桁のダイヤフラムなどは専用の処

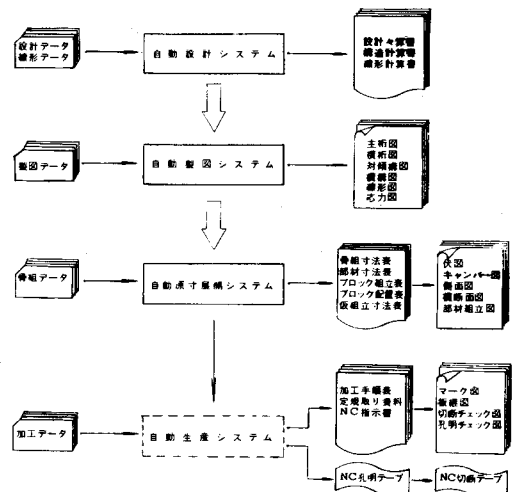
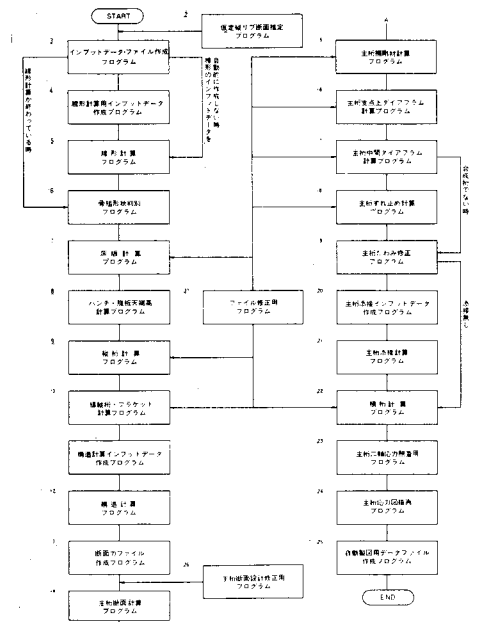


図-1 箱桁自動一貫システムの概念図



図一 2 自動設計の流れ図

理する形をとることとした。

図-3はその概略流れ図を示しているが、この図の順序にほぼ従いながら以下に詳述する。

5-1. グローバルファイル作成

自動製図システムで作られたファイルから、原寸処理用としての構造一般データや部材情報などが格納されるグローバルファイルが作成される。アクセサリ類の取付金具や補強リブなど、設計後に追加される場合が多い部材については、コマンド方式による入力プログラムを適用してグローバルファイルに追加するようにしている。このプログラムはジェネレート機能を多く有しており、大量の入力データが必要な到来図処理などに対して効果的な配慮がされている。なお、長さ関係のデータ（始点からの追加距離を示す座標値や部材長等）は平面展開した後別途計算して求めている。

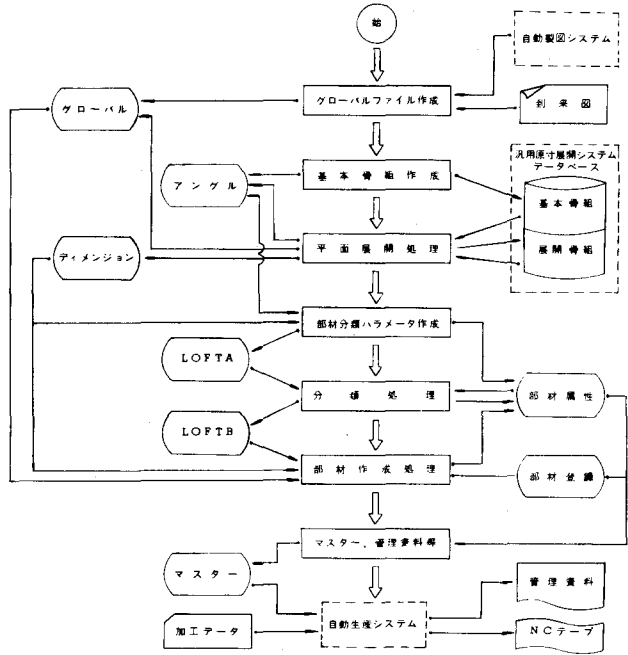


図-3 箱桁自動原寸展開システム概念図

5-2. 基本骨組の作成

各部材の形状は展開された平面上で決定される。しかし、その基本となる構造物の形状は3次元座標上で正確に決定されていなければならない。このため、桁製作に必要な部分について設計時に行う線形計算と同様の座標計算を行う。この際、部材の長さや位置に関係するものも標準化された個有の名前を付することによって自動的に計算できるようにしてある。また、変形は構造物によっては鉛直方向だけではなく水平方向にも及ぼすことがある。そこで、そりの値に対しても3次元座標をもたせるようにした。

この部分は、データ構造が複雑であり、しかもいつでも検索や修正がしやすいように平面展開の部分と共に汎用原寸展開システムを一部改造して適用し、データ・ベース（DMSⅡ⁴⁾）としてファイルの設計を行っている。

5-3. 平面展開処理

ここでの処理はデータ・ベースに登録されている3次元座標を呼び出し、着目面を指定して平面に展開することである。展開方法として四辺形の中の対角長を生かしたいわゆるタスキ展開を採用している。

タスキ展開はどの線を捨線にするかで多くの考え方があがるが、これは構造物の性格によって論じられるべきであろう。通常の構造物であるかぎり、展開区間をある程度細かくとれば問題は無いようである。

横桁やダイヤフラムも基本点をもとにして、横断面全体を一つのタスキ区間と考えて展開するようにしている。縦リブ線や水平補剛材線などはこの展開処理後に付加線として追加される。これらはデータ・ベース展開骨組ファイルに登録され、部材作成に対する基本的なファイルとなる。その後、この展開骨組ファイルは、電算機資源の有効利用のため、単なるディスク・ファイルとしてディメンジョンファイルへ移される。

なお、部材の長さや位置はこの平面に展開した段階で正確に求められ、グローバル・ファイルに登録された断面の値などと組み合わせられて使用される。

5-4. 分類処理

部材間で同一とみなせる範囲のものをグループ化して同程度のものとし、部材種類の通減をはかることを部材分類処理と呼んでいる。ここはグローバルファイルとディメンジョンファイルから必要な情報を読み込

んで、これら部材をグループ化するためのパラメータを作成し、このパラメータをもとにして分類する部分である。

分類用パラメータを作成する際に、角度関係のパラメータが多くなる。これはI桁と比べて、大きく異なる部分である。すなわち、箱桁がより立体的な構造物として特徴を有するため、これらが部材作成の段階で部材の端部角度や取付角度となって現れる。角度は3次元座標上で求めた方が良い場合と、平面上で求めても充分精度が得られるものがあり、それぞれに分けて求めている。

なお、フランジとウェブについては分類してもあまり意味をもたないため、分類処理は行っていない。

5-5. 部材作成

部材分類処理されたパラメータは、ディメンジョンファイルのデータと共に部材作成用データとなる。これらをもとに図形処理言語“DAISY”を使用して、部材の作成登録を行う。すなわち、外周形状情報や材質、板厚の情報を部材登録用のファイルへ登録する。また、これに付属する孔明やけ書などの情報は、部材と対応した形で属性ファイルへ登録される。

5-6. 出力結果

原寸展開用システムにおける出力結果は自動生産システムへ受け渡すマスターファイルの情報、および管理に関する資料関係である。

管理に関する資料には、検査用、製作用、内部チェック用がある。

検査用として、主要寸法表、基本骨組図、平面骨組図、キャンパー図、添接取合図などがあり、製作用としては、仮組立用資料、縦リブ板継表、ブロック組立表、添接配置表などがある。また、内部チェック資料は3次元骨組図や展開数値表などあり、処理を進めて行く段階で出力できるようにしてある。

6. あとがき

箱桁は構造物全体が立体的要素を多く有し、部材や取付情報に角度の情報が頻繁に現れる。角度の扱いは作業者にとって難解なものの一つであるといえる。特にこのような複雑な処理を多く伴うシステムには作業者が処理の過程で勘を働かせることができるようにシステムを設計することが肝心となる。このため、本システムの計画段階では現場の意見になるべく多く耳を傾けることとし、運用方法を考えながら柔軟で使い易いシステムを開発することを心掛けた。このように現場作業の考え方を積極的に取り入れてシステムの開発を行うことは、運用面での容易さと作業上のミスを少なくする上で重要なことと言える。

本システムはすでに運用の段階に入っており、このシステムの適用によって得られる効果は十分確認されている。今後、このシステムをさらに有効なものとして省力化や品質精度の向上に貢献したいと考えている。幸い、本システムは、基本骨組としての3次元座標を有し、データも構造化されているため、管理資料や製作資料が利用者側のほぼ希望に沿った形で得ることが可能である。これらを利用することによって、組立等の製作法がかなり改善できると思われる。これには、システム作成者側と利用者側で十分なコンセンサスを取り合うことが必要となろうが、互いに協力し合いながら新しい製作法を生み出していきたいと思っている。

【参考文献】

- 1) 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
- 2) 花村・京田・深谷：鋼構造物の汎用原寸展開システム 土木学会, 電算機利用に関するシンポジウム 1979
- 3) 花村・山根・井上：トータルシステムによる橋梁の自動設計・自動製図(V), 横河橋梁技報, №11
- 4) 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 土木学会, 電算機利用, 1976
- 5) 長谷川・丹羽他：トータルシステムにおける自動生産(I), (II), 横河橋梁技報, №5, №6
- 6) Hasegawa, Hanamura, Kyoda: 'The effects of total system on bridge design and fabrication', IABSE SYMPOSIUM MOSCOW 1978