

橋梁の設計、製作一貫システム

(株) 片山鉄工所 正員 柴田 泰
 〃 〃 小野 凱久
 〃 〃 ○梅下 恭助

1. まえがき

鋼構造物の生産は、受注生産で、典型的な多品種少量生産である。したがって、従来、その生産ラインを、自動化することが困難視されてきたが、近年、電算機利用技術の蓄積、およびNC機器の発達、労働集約型産業から脱皮しようというこの業界の一大指向とあいまって、生産ラインの自動化を可能にしつつある。

片山鉄工所においては、溶接ロボット、電子ビーム溶接、などの組立工程以後の技術開発を行なう一方、組立工程以前のデータ処理、および部材加工を行なう生産システムを開発し、実用に供している。本生産システムは、板桁型式の橋梁に適用される橋梁一貫生産システムと、あらゆる鋼構造物に適用可能な汎用生産システム(KA-tayama's Program for dimension3 KAP3)に大別されるが、これら両システムは平面図形処理システム(KAP2)を共通の母体としている。

ここに報告する橋梁生産一貫システムは、特に使用頻度の高い板桁橋のみを対象として一連の原寸処理プログラムをシステム化した自動原寸システムに、自動設計システムからデータファイルを介して設計情報を直接、結合することにより、システムの運用効率を高めた専用システムである。

2. システムの概要

本システムは、任意形板桁橋の設計(座標計算、応力解析、細部設計、設計図情報)から、製作(原寸展開、しな定規、型板、NCテープ、管理資料、などの製作情報)までのデータ処理を自動的に行なうもので、データベースと一連のプログラム群から構成されている。したがって入力データは最小限ですまされ、一連の処理の流れの途中で、人間がデータを操作する必要がないため、人為的ミスの防止と、省力化、工程短縮に大きい効果をあげている。しかしながら、構造の標準化が進んでいる板桁橋であっても、架橋地点の地理的条件や、発注者、設計者の意向、工場の都合などにより、システムが持つ標準型式ですべてを満足させることは困難である。本システムは、これらの要求に応ずるため、随所に必要に応じた人間の判断の入力、データの修正、変更を行なうことができるよう配慮されている。

システムフローは、図-1. に示す通り、自動設計システム、および自動原寸システムより構成され、両システム間は、設計マスターファイルを介して結合されている。したがって、本システムでは、設計マスターファイルが設計図にとってかわり、設計図に表示されるべきすべての情報が、自動設計が完了した時点で、ファイル上に保存される。また、すでに設計図ができ上がっている工事を受注した場合にも、自動設計システムを用いて設計照査を行なうと同時に、設計マスターファイルを作成することができ、自動設計の結果と、支給された設計図との相違は、データの入力により、自動設計の結果を容易に修正できるよう配慮されている。

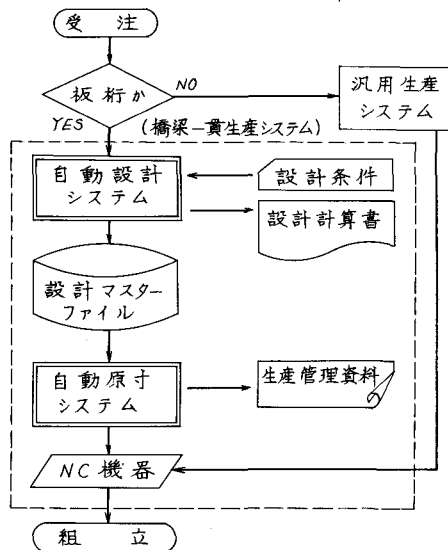


図-1. 橋梁一貫生産システムフロー

3. 自動設計システム

自動設計システムは、図-2、に示す通り、5つの独立したプログラムが、データベースを介して、1つのシステムを構成している。必須の入力データは、路面線形要素、桁配置、設計条件であり、特別な条件が無い場合は、これらの入力データだけで、すべての設計処理を行なうことができる。補助入力データは、主として次の3つの利用方法がある。a)、システムに与えた標準的決定方法の変更、b)各プログラムを単独で用いる場合の入力データ、c)、自動設計結果の修正、変更。設計図がすでにでき上っている場合は、c)の機能を用いて、設計マスターファイルを作ることになる。

3. 1. LINE

道路の線形座標計算、ならびに主桁、横桁の配置計算を行なうもので、基本的な入力コマンドの他、通常よく現われる桁配置のパターンに対して、マクロコマンド機能を設け、入力を容易にした汎用線形計算プログラムである。

なお、線形変換計算は、一般に数径間を同時に処理するのに対し、次項のPREP以後は、1径間ごとに処理するため、計算結果はデータベースと切りはなして、独立した線形マスターファイルを作っている。

3. 2. PREP

LINEとGRID以下を継ぐためのプログラムで、

- a). 骨組形状認識行列の作成
- b). ハンチ高さの決定
- c). 線形図の作成 (図-3)
- d). コンクリート床版の設計
- e). GRID入カデータの作成

などの処理を行なうものである。線形座標データは、線形マスターファイルから着目ブロックに必要なものだけを読み込み、若干の処理の後データベースに登録する。したがって、以後は、線形マスターファイルは不要となる。

3. 3. GRID

任意形格子構造物の応力解析、および荷重載荷計算を行ない、最大部材力を計算するものである。本プログラムは支点変位の影響、トレーラー荷重の載荷などの計算機能を持ち、いかなる平面形状の橋梁にも適用できる汎用プログラムである。

3. 4. DETAIL

詳細設計計算を行なうもので、主桁、横桁、対傾構、横構について、それぞれ自動的に部材断面、部材寸法を決定する。発注者（建設省、道路公団、など）の指定データにより、それぞれの発注者仕様に応じた細部設計を行なうことができ、部材断面寸法、部材長さなどの統合や、主桁断面構成に対する種々のオプション指定などを行なうことができる。

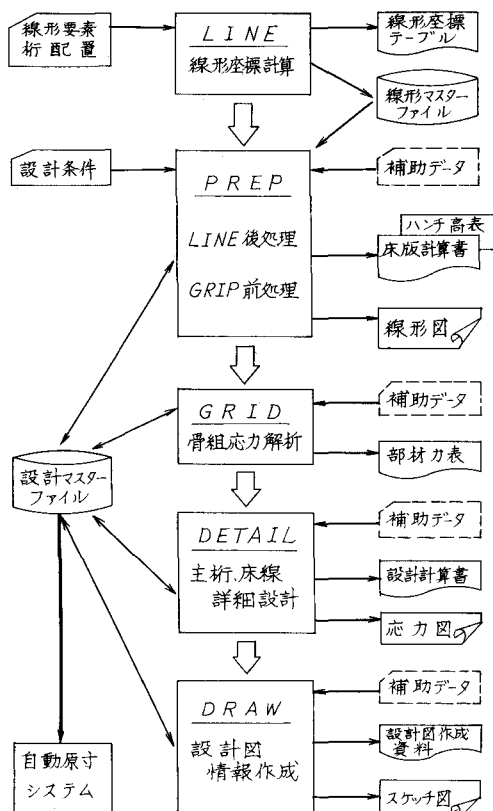


図-2. 自動設計システムフロー

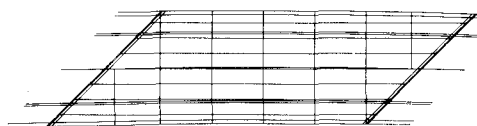
[illegible]

圖-3. 線形圖

3. 5. DRAW

DETAILで決定された諸寸法を、設計図に記載されるべき寸法に変換するとともに、カセットプレートや、型钢部材の逃げ寸法などの決定を行ない、設計図を作成する人のために、設計図作成資料、スケッチ図を出力するものである。本システムでは、後記の理由により、設計図の自動製図を行なっていないが、設計マスターファイル上のデータと、設計図記載事項とは完全に一致しなければならないことから、このプログラムが重要な役割をはたしている。ここでの処理により、自動原寸システムに引継ぐ設計マスターファイルが、データベース上に完成する。

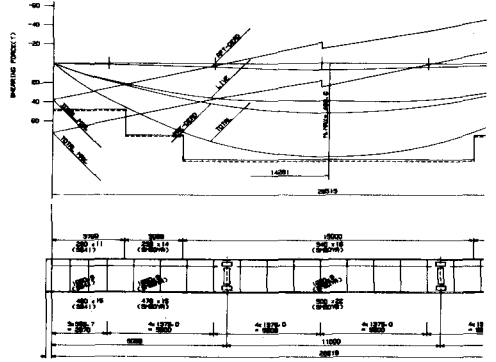


図-4. 応力図

4. 自動原寸システム

本システムでいう自動原寸システムとは、狭義の原寸展開処理のみを扱うものでなく、設計完了時点以後よりNC指令情報を得るまでの製作工程前半の処理、および製作管理資料の作成を含む広義のシステムを意味する。入力データは、設計マスターファイルと、補助入力データで、補助入力データは、次の場合に必要である。

a) 溶接ひずみ量、ボルト孔径などの加工情報が、システムの持つ標準値以外の場合、 b) 設計マスターファイルの補足、変更の必要な場合 c) 設計マスターファイルが無い場合（設計図からデータをひろって入力）

自動原寸システムは、原寸展開サブシステム、および4個の部材加工情報作成サブシステムに大別され、そのフローを図-5、に示す。これら両サブシステムの処理内容は次の通りである。

4・1. 原寸展開サブシステム

本サブシステムは、部材加工情報作成サブプログラムで各ブロック（主桁、横構、対傾構、横桁）ごとに処理するに先立って、全体的なチェック、各ブロック間の関係づけ、などを行ない、次のような項目があげられる。

- 製作上必要な中間点（補剛材位置、現場継手位置、など）のX、Y、Z座標の補間
- キャンバー、溶接ひずみを付加することによる寸法、座標の修正
- 部材相互間の取合チェック
- 三次元座標から二次元座標への展開
- 一品部材データの作成
- 検査用骨組寸法図、管理資料作成

4・2. 部材加工情報作成サブシステム

原寸展開サブシステムで作られたデータをもとに、次の処理を行なうものである。

- 同一寸法部材、近似寸法部材の統合
- 各部材に個有の部材マークの決定
- 部材マーク図、部材リストの作成
- NCテープの作成

本サブシステムは、主桁、横構、対傾構、横桁の4つのブロックがあり、それぞれのブロックで処理内容、出力型式は異なるが、いずれも最終的には、部材ごとのNC指令情報

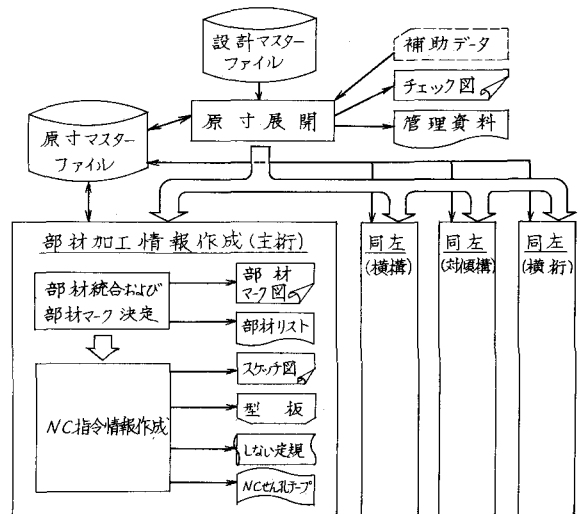


図-5. 自動原寸システムフロー

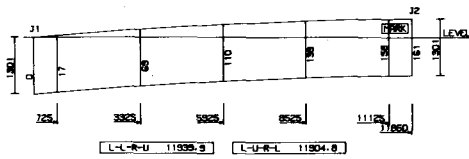


図-6. ウェブ切断寸法図

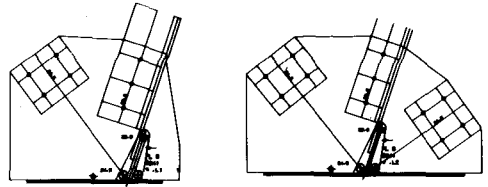


図-7. 横構ガセット型板

が作成される。なお、主桁組立マーク図、床組組立マーク図は、すべてのブロックの処理が終わった後に出力する。NC指令情報は、カセットMT、または紙テープに出力され、これらのテープがNC機器を稼働させ、しない定規、型板の作成、NCせん孔機の運転を行なう。これらの出力の一例を、図-6、図-7、図-8に示す。

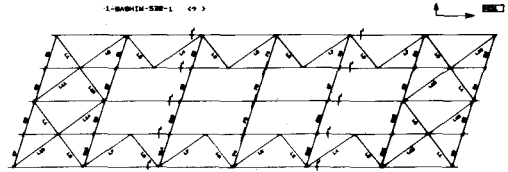


図-8. 床組組立マーク図

5. あとがき

この橋梁一貫生産システムは、昭和51年1月より稼働テストを開始し、その後、十数橋におよぶ橋梁を本システムで処理し、現在に至っている。また、昭和48年頃より、それぞれのサブシステムは段階的に供用しており、十分の実績を持った信頼性の高いシステムであると考えられる。

本システムは、設計図の自動製図機能の追加にも応じられるようなデータ構造を持たせてあり、平面図形処理言語(KAP2)のサポートにより、拡張が可能なよう配慮されている。しかしながら、一貫生産システムの採用により、設計図にかわりデータファイルが媒体となるため、従来のような様式の設計図に対して検討が必要なこと、および現状では、手間のかかる付属物の設計図の自動製図が困難なことから、現システムでは、設計図作成資料の出力によりカバーしている。一方、鋼板の切断についても、注文明細リスト、しない定規、型板、スケッチ図などは、すべてシステムから出力され、鋼板の自動切断にも対応できるよう配慮されている。また、今後、シャリング工場におけるNC化がさらに進歩することにより、当社のシステムから出力されるNC切断テープを用いて、直接、シャリング工場の自動切断システムを稼働させることも可能となってくるであろう。

現在、片山鉄工所で使用しているコンピュータ、およびNC機器は、次の通りである。

- コンピュータ： 電々公社データ通信サービス(DEMOS-E)端末機
1200D型 1台、 200B型 1台、 200D型 2台
- 自動製図機： NUMERICON 2m x 1.25m 1台、 6m x 1.8m 1台
- COM： マイクロフィルムプロッター(MMP) 554mm x 380mm 1台
- 帯鉄線繰機： 19m x 25mm 1台
- NCせん孔機： NC多軸ボール盤(6軸) 600mm x 900mm 1台
NCボール盤(1軸) 800mm x 2560mm 1台、 800mm x 1280mm 3台

終りに、本システムの開発にあたって、ご指導を仰いだ当社技術顧問、東洋大学教授 中村慶一博士の労を多謝し、深甚なる謝意を表する次第である。

- 参考文献
- 1). 瀬良茂他：橋梁製作における原寸作業自動化システムの開発 橋梁と基礎 1975-6
 - 2). 松井正他：トータルシステムによる橋梁製造法の変革 橋梁と基礎 1976-6, 7
 - 3). 上野誠他：橋梁の設計現図一貫電算システム 土木学会誌 第59巻 1974-2
 - 4). 長谷川鏞一他：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