

## NC生産システムの紹介

山西 幸雄<sup>1)</sup> 宮田 勝範<sup>2)</sup>  
中本 晃治<sup>3)</sup> 堀 和英<sup>4)</sup>

鋼橋の原寸処理や工場生産ラインでの電算機利用は、昭和40年代に大手造船メーカーで始まり、その後、橋梁業界でも、設計業務をはじめ原寸業務などが電算化され、現在では工場製作の中の穿孔、け書、切断作業の自動化が一般化しつつある。

このような状況の中、当社でも原寸システムの開発運用をはじめて約18年が経過し約400橋をNC処理してきた。この間に、システムの改良や各種NC機器の導入を行い鋼橋のNC生産システムの構築を図ってきた。

本文では、主に原寸部門が運用しているNC生産システムの概要を紹介する。

### はじめに

近年の電算機や情報処理技術の進展にともない、鋼橋生産ラインにも関連するNC機器、ロボットなどが市場でも多く開発されてきている。

当社でも、これらのハード/ソフトを導入したり自社開発を行ってシステムの構築を図っている。

現在の主なシステムは、自動原寸システム、CADシステム、NC機器処理システムがある。

ここでは、これらのシステムの概要とその運用状況を紹介します。

### 1. NC生産システムの概要

#### (1) ソフト

当社のNC生産システムのシステムフローを図-1に示す。本システムは、その中核となる原寸処理システム（バッチ処理）とCADを利用してNCデータを生成するCADシステム（会話処理）や、生成されたデータを実際のNC機器で加工するNC処理システムから構成される。また、会話型システムはそれ独自のデータ生成機能とバッチ補完の機能を合わせ持っている。したがって、運用に際しては、この両機能を組合わせて処理することになる。いうまでもなくバッチシステムでは仕様外のため形状処理ができない場合があり、従来は後処理として手作業で追加修正し原寸資料を完成させていた。しかし、近年の汎用CADの高機能化にともないバッチ処理された出力の一部をCADに取込み、加工して原寸資料を完成させることが出来るようになった。

また、一方CADに取込んだデータをNC機器用に加工するソフトを開発し、直接NC情報に置換えるなど周辺生産設備に応じたデータを出力している。

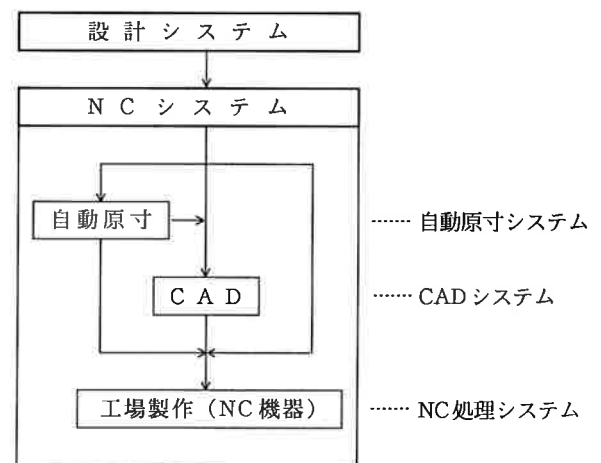


図-1 NC生産システム

#### (2) ハードシステム構成

当社の電算機は、主として事務、設計、原寸の3部門で汎用機を共用しているが、技術部門の使用機は、最近のCAD化によるCPU負荷率の増加に伴って、汎用機での共用利用から、エンジニアリングワークステーション（以下EWSと記す）への移行を進めている。現在は、NCシステムの過渡期として汎用機とEWSを併用している。

次に、電算システム構成を図-2、表-1に示す。

1) 大阪工場 製造部橋梁課係長 2) 大阪工場 製造部製造課原寸グループ  
3) 大阪工場 製造部橋梁課 4) 東京工場 管理部検査課課長

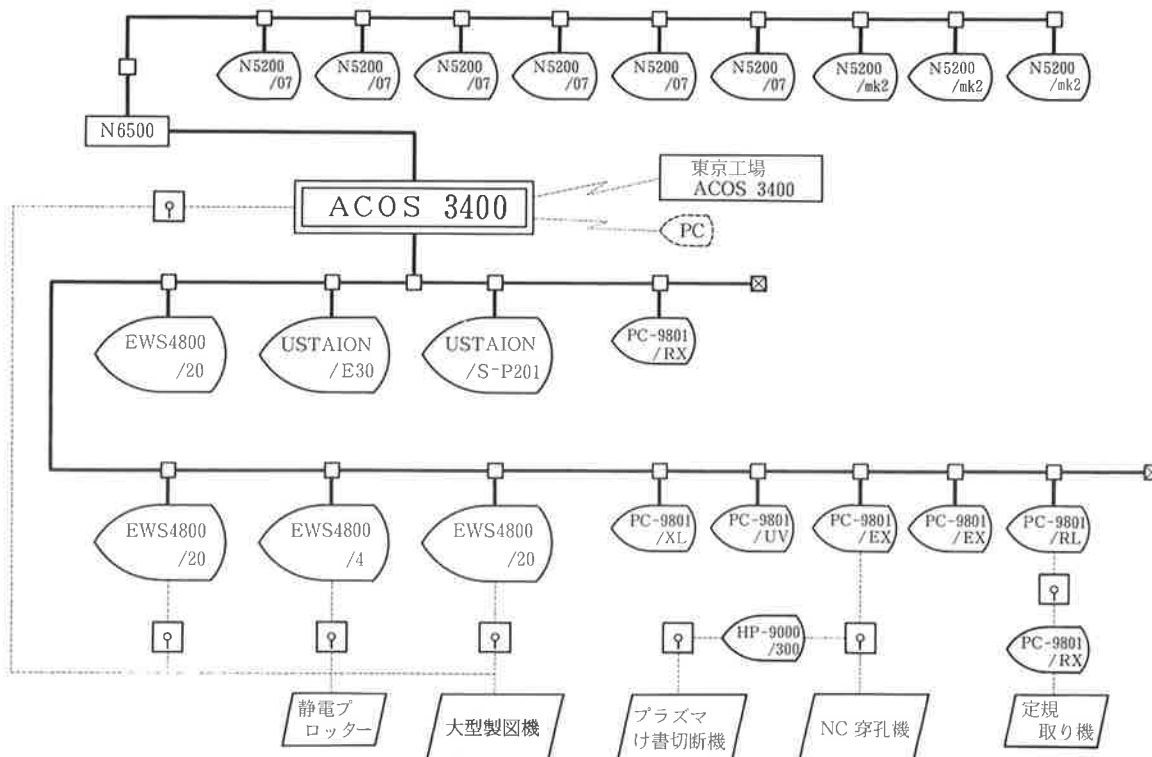


図-2 大阪工場電算システム構成

表-1 大阪工場電算システム諸元

機器名	形式	諸元
汎用コンピュータ	ACOS S430/20	CPU性能 1.0 MIPS
		メインメモリ 8 メガバイト
エンジニアリングワークステーション	EWS-4800/20	ディスク容量 3.2 キガバイト
		周辺機器 磁気テープ ページプリンタ ラインプリンタ
エンジニアリングワークステーション	EWS-4800/4	CPU性能 7.0 MIPS
		メインメモリ 16 メガバイト

## 2. 自動原寸システム

自動原寸システムのシステムフローを図-3に示す。本システムは、JIPと共同開発されたもので、処理形態はバッチ処理である。以下にその概要を記す。

### (1) システムの特長

本システムは、製作のためのデータベース（以下DBと記す）をマスターファイルを持つことにより、原寸展開・組立マーク図・部品加工図・型板・NC情報・検査資料・仮組み資料など広範な製作情報を出力するシステムである。その際、橋梁製作の経験に基づくノウハウ、例えば、ウェブの反り変形に対する上げ越し量や、溶接による収縮量補正など製作情報を盛込んでいく必要がある。

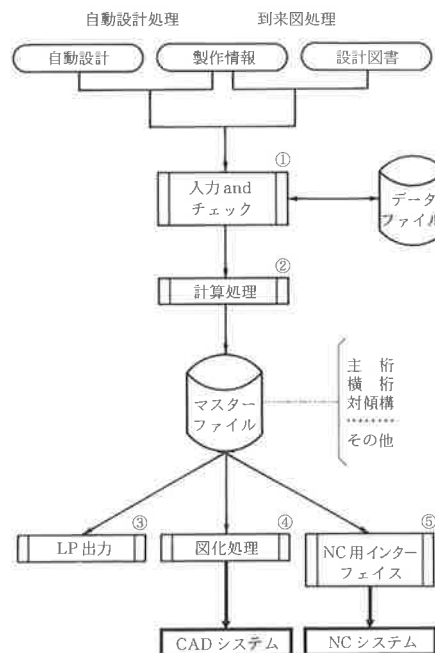


図-3 システム構成

当社の場合、このような情報はDB化されて大量に蓄積されている。当該物件にマッチした情報をDBから採用しデータとして与える。また入力データは、到来図処理の場合は図面から、社内設計の場合は自動設計システムとのインターフェイスを介して自動的に作成される。

データファイルは、データ構造を部材別の項目毎に階層化し各階段の入力データを部分的に容易に抽出できるようにしている。その結果、以下の処理機能がある。

- ① データの項目別入力が可能となり、複数の人による入力作業が可能となる。
- ② 入力・計算・出力部分を各々独立させ、さらに計算部分をモジュール化しているため、拡張性に富んだシステムとなっている。
- ③ 資料の選択出力が可能となり、必要資料を必要とときに繰返し出力できる。
- ④ 入力データのミスあるいは変更に対し当該部分の再計算のみで処理できる。
- ⑤ システムとしての標準出力だけでなく、必要に応じて担当者が選択し、自由に帳票編集ができる。

## (2) 機能

システムは図-3の各モジュール構成となり以下にその処理内容を説明する。

### 1) データ入力とチェック

データの読み込み、および入力データのチェック機能があり、チェックリストを出力する。また、目視チェックできるように骨組図、キャンバー図を、指定した縮尺で作図できる。

計算システム内の各单位モジュールに必要なデータを受け渡す。

### 2) 計算処理

各種の展開計算、部材計算、形状計算を行いマスターファイルに計算結果を出力する部分であり以下の部材を対象とする。

主桁、横桁、対傾構、横構、縦桁、耳縦桁、ダイヤフラム、ブラケット

### 3) 帳票処理

計算処理された結果をラインプリンタに帳票編集して出力する。

### 4) 図化処理

マスターファイル上のデータを作図用データに変換するシステムで自動製図機を用いて以下の図面資料、型板を作図する。

#### a) ブロック配置図

下記の各ブロック配置の平面図を作図する。

主桁、添接、対傾構・横桁、横構、仮組

#### b) 部材配置図

下記の各ブロックの組立て記号図で、工場での組立て作業に利用する。

主桁、対傾構、横桁、縦桁、耳縦桁、ダイヤフラム、ブラケット

#### c) 単品加工図

下記の単部品の加工情報を指示書として出力する。

フランジ、添接板、スチフナ、縦リブ

#### d) 検査資料

下記の各検査資料を作図する。

原寸検査チェック図

仮組み検査チェック図

仮組み資料図

#### e) 型板作成

下記の加工用型板作成を行う。

対傾構ガセット、横構ガセット、添接板、スチフナ、コネクション、補強リブ、ソール、合せ型

## 5) NCインターフェイス

下記のNC機器とのインターフェースを受け持つ。

NC け書、NC 切断、NC 穿孔、NC 溶接、NC 定規、型板

## 3. CADシステム

一般にCADシステム（会話システム）は、バッチシステムのようなソフトを開発することなく、汎用CADの基本コマンドの操作で図面や型板形状などを作図することができる。したがって、操作に熟練することで導入効果が期待できるシステムである。しかし、通常の汎用CADシステムは、基本的な図形処理サブルーチン群が提供されているにすぎない。したがって、これを鋼橋製作に適用しようとする場合、特有の専用コマンドやマクロコマンドの開発などのカスタマイズ化による機能アップが必要である。

また後に続くNC機器のためのデータ作成が不可欠であり、いわゆるCAD/CAMとしてのシステム化も必要である。

当社では、これらを個々のNC機器対応の専用システムと汎用CADをカスタマイズ化して処理している。以下にそれぞれの概要を述べる。

### (1) 専用CAD/CAMシステム

専用CAD/CAMシステムは、当該NC機器特有の動作機構に対する専用化を図ったスタンドアロンタイプのシステムである。本システムはデータを会話形式で入力するとともに、部材属性、加工情報など、工場製作に必要な関連資料の出力と、機器固有のNC機用データを生成するシステムである。また、前段でバッチ処理したものは、入力データをそのマスターファイルから自動生成し取込めるようにしている。現在保有する専用システムを表-2に示す。

表-2 CAD/CAM専用システム

プログラム名	処理内容	NC 機器名
KAP9030	け書・切断	VERTEX-5300
T-SCOM	穿孔	SD1H4500 GAM SD4B-1500B
LOOPER-1	定規	LOOPER-1
KOBELCO -GT5000	溶接ロボット	KOBELCO -GT5000

(2) 汎用CADシステム

汎用CADシステムは、NEC製EWS4800/20上で稼動するシステム“CAE2D/MA [E]”を基本システムとしている。このシステムは汎用機で使用してきたCADシステムのソフトの蓄積を活かして1990年1月にリプレースしたものである。実務処理ではカスタマイズしてバッチ処理にのらない部分の型板作成や寸法算出に使用している。

現在のシステムレベルとしては未だ十分ではないが、運用環境の整備を行い、担当者のカスタマイズの要求などを吸収したシステム作りに努めている。

将来的な会話システムとしては汎用CADを基本に、図形情報と属性および加工情報のDB化による統合的なシステムが必要と考えられるため、現在、この構築の検討を進めている。

以下に現段階でカスタマイズ化している主なものを示す。

- ① 製図機データとCADとのデータ相互変換機能
- ② 作画範囲指定出力機能
- ③ 作画範囲内自動レイアウト機能
- ④ 作図順序指示機能
- ⑤ 孔データ簡易入力機能

4. NC機器処理システム

NC機器は、原寸の展開計算などの処理結果を有効に利用する、効率化・省力化を目的とした加工機である。原寸システムの開発の進捗にともない、ファブリーケーターから機器メーカーに要求して開発されたものが大部分である。現在、鋼橋製作用のNC機器類は、け書機、切断機、穿孔機、溶接ロボット、塗装ロボットなどがあり、加工機器メーカーから提供されている。このうち、け書機、切断機、穿孔機のNC機器は、シャーリング会社を含め、ファブリーケーターで一般的に使用されている。一方、溶接ロボット、塗装ロボットなどは既に一部導入され稼働しているところもあるが、今後導入が期待されているNC機である。また加工補助資料作成用のNC機として、各種プロッター、型板製作用のフラットベッドタイプ大型製図機、定規取り機などがある。この内、

現在当社に導入しているものは、

- ・NCけ書・切断機
- ・NC穿孔機
- ・NC溶接ロボット（東京工場）
- ・ペンプロッター（東京工場）
- ・静電プロッター
- ・大型製図機
- ・NC定規取り機

である。以下にそれぞれの概要を述べる。

(1) システムの特長

- ① NC機器のデータ入力は、スタンドアロンタイプの各専用CADシステムからの入出力を基本としている。しかし、入力データの作成は、個別作成による間違いを防止するため、にバッチ処理を実行したものについては、マスターファイルから入力データを自動生成する形をとっている。
- ② NCけ書・切断については、シャーリング会社を含めた数社とデータフォーマットの共通化を図り、データの共同利用を可能としている。
- ③ NCけ書・切断機には無監視・スケジュール運転機能が有り、夜間運転など長時間無監視運転を可能としている。また、穿孔機と連動するためのデータ転送機能を装備して、自動的に穿孔機の運転につなげることができる。
- ④ ガーダータイプ穿孔機は、け書・切断機と同一ルール上に設置され、け書・切断機から自動的に原点データを受け渡し、け書・切断機と連動運転できる機能を有し、夜間運転など長時間無監視運転を可能としている。
- ⑤ 各種プロッター、大型製図機は、各機種ともフォーマットを統一しており操作性を向上させている。

(2) 適用範囲

NC機器で加工している部材は、下記のとおりである。

- ① 定規取り機  
主桁、耳縦桁、対傾構、横桁、ブラケット
- ② け書・切断機  
ウェブ、フランジ
- ③ 穿孔機  
ウェブ、フランジ、スプライスプレート
- ④ 溶接ロボット  
I桁のVスチフナ、Hスチフナ

### 5. 運用環境

当社の鋼橋製作は、大阪工場と東京工場の2工場で行っているが、ここでは大阪工場について紹介する。

#### (1) 運用組織

図-4はNC処理業務に関連する工場組織図を示す。

- ① 当社においては、NC資料を含め工場生産用の製作資料は全て原寸グループで作成し、次工程に提供する形態をとっている。
- ② 機器管理はオペレーションを含め基本的に運用している各グループによって行っている。
- ③ 原寸グループでの業務の運用は、NC処理専任者は置かずに、NC処理から後処理の手作業までを一貫して工事担当者が処理している。  
ただし、CAD操作だけは習熟度の関係から現段階では4名が専任して各工事を分担している。

#### (2) NC機器処理系統

図-5に大阪工場の処理系統を、表-3に保有するNC機器を示す。

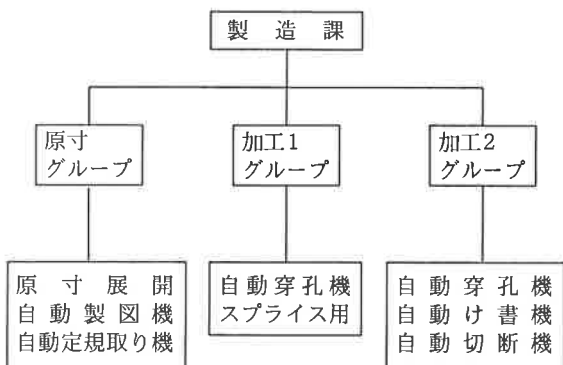


図-4 NC処理関連組織

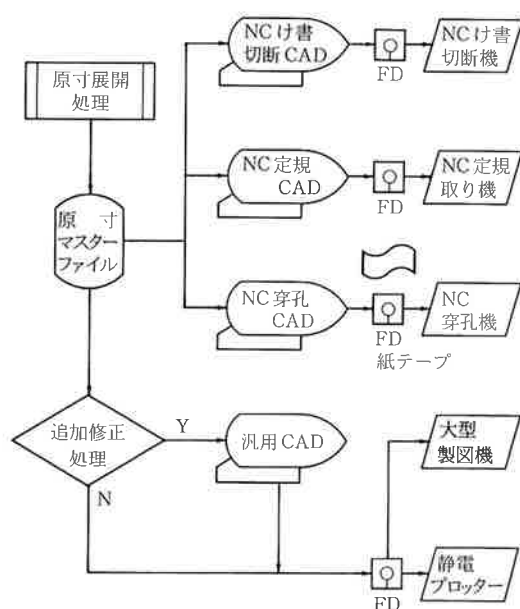


図-5 大阪工場NC処理系統

表-3 大阪工場NC機器一覧

機器名	型式	諸元
NCけ書・切断機	VERTEX-5300	プラズマ切断・ガス切断・け書兼用機 有効範囲 4.5m×35.25m 切断トーチ数 プラズマ 1本 ガス 2本 切断速度 10~6000mm/min け書トーチ数 2本 け書速度 18000mm/min
NC定規取り機	LOOPER-1	描画速度 12m/min 繰返精度 ±0.5mm/20m 使用定規 白色 0.4×19mm ペンホルダー 4本
NC1軸穿孔機	SD1H4500 GAM	ガントリータイプ 1軸穿孔機 有効範囲 4.5m×35.25m 超硬ドリル径最大 32mm ツイストドリル径最大 42mm 自動工具交換装置
NC4軸穿孔機	SDH4A-1500	テーブルタイプ 4軸穿孔機 有効範囲 1.5m~2.7m 主軸数 4本 主軸間距離 75~120mm 使用ドリル径 14.5~32mm
	SD4B-1500B	テーブルタイプ 4軸穿孔機 有効範囲 1.5m~3.0m 主軸数 4本 主軸間距離 60~120mm 使用ドリル径 14.5~32mm
大型製図機	DRASTEM 3700B/2060	フラットベッドタイプ製図機 有効作図範囲 2m×6m 描画最高速度 48m/min ペンホルダー 4本
静電プロッター	DRASTEM 8700	描画分解能 16ドット/mm 記録幅 896mm 用紙速度 23.8mm/sec

### 6. 入出力例

本システムの入出力例を図-6に示すモデルをもとに概説する。

#### (1) データ入力部

設計図書に製作情報を加えた橋梁製作形状を定義

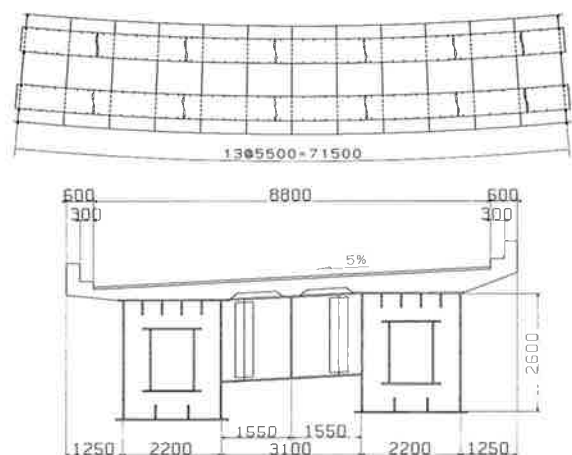


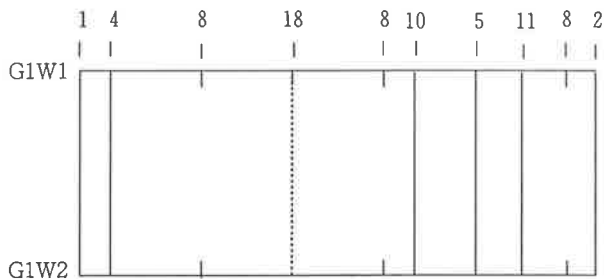
図-6 入出力例のモデル図

する。また、データ構成は、次に示す基本データと主部材データに大別されている。

1) 基本データ

ここでは、構造物の基本データ、すなわち主桁本数、各主桁ごとの格点数、座標、スケルトン情報を入力する。これによって、各データのファイルに対するレコード位置や、ファイル間および橋梁形状などの基本事項がシステムに認識される。

図-7は、モデルの左箱桁1ブロック目における左右ウェブと各ポイントに、システムにより自動設定された認識番号を付した平面図である。



各認識番号は下記の意味を持つ。

- 1 : 桁端切口
- 2 : 添接位置
- 3 : ウェブ継手位置
- 4,6 : 端支点、中間支点
- 5 : 中間格点 (ダイヤフラム、横桁)
- 8,18 : Vスチフナ、横リブ
- 10,11 : 上下フランジ継手位置
- 12,13 : 上下横構引付け位置
- 15 : かけ違い点
- 16 : ハンチ部

図-7 部分平面図

基本骨組は、線形図 (X、Y、Z座標) から定義される。そして、格点以外のポイントはシステム内で自動的に補間決定される。また、桁高を与えることによりウェブ下縁高が求められ、図-8のような三次元基本骨組を得ることができる。

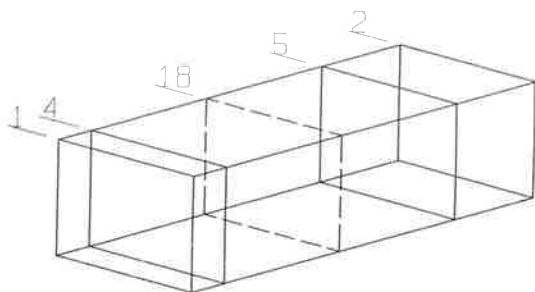


図-8 三次元基本骨組部分モデル

つぎに、キャンバー値、ブロック長、ウェブ・フランジ部材データ、製作情報 (溶接縮み代、製作用基準線等) などを用いて、主桁ウェブ・フランジの展開処理計算が行われ、部材の取付け位置や形状が計算される。

2) 主部材データ

ここでは、基本データで作成した骨組形状をもとに横桁 (対傾構)、縦桁、ダイヤフラム、ブラケットなどの部材断面情報、詳細寸法、またそれらの部材の取付け位置の入力を行う。

部材は原寸形状・仮組み形状など任意の形状に処理することができる。

データ構成は、構成部品 (鋼種、寸法、部材の相対関係等) の同一なものをまとめた部材代表番号を部材ごと (スチフナ、スプライス等) に設定し、この部材代表番号を各取付け位置に配置する方式をとっている。また、加工上必要な部材のグループ化などは、分類用の判定値をあらかじめ設定し、出力をコントロール出来るようにしている。

(2) 出力例

1) 桁・桁間情報

主桁のけ書ポイントおよび桁間の格点位置での桁間寸法などを出力する (表-4)。

2) 入力チェック情報

各入力データを設計図面と対比できるように編集出力し、チェックの簡略化を図って、入力データの訂正もれを防止している (表-5)。

3) キャンバー図

主桁の縦断線およびキャンバーの線形を目視チェックする目的で出力し、また、数値情報も出力して、設計図との照合を容易にしている。

表-4 桁・桁間情報出力

```
( KETA FILE )
BOX NO= 1 WEB NO= 1 MEN NO= 2 BLOCK SEQ NO= 1
SEQ ITM LGM L Z KARIKUMI-Z HEIGHT
      (MM) (MM) (MM) (MM) (MM)
  1 1 30 -500.0 1666.7 Z1= 1661.5 HU= 784.5
      Z2= .0 HL= 750.0

WEB U-FLANGE L-FLANGE ZAHYO UL CAMBER
(MM) (MM) (MM) (M) (MM) (MM)
WL= 5.0 FH=120.0 FH=120.0 X= .0000 .0 C1= -5.2
WR= 5.0 FT= 10.0 FT= 10.0 Y= .0000 C2= .0
(SM58 ) (SM58 ) (SM58 )

( KETAKAN FILE )
BOX NO= 1 DIAGRAGM= 13 (KO)
DIAGRAGM SEQ NO= 1
KHTYP ZURASI CLENG SL DH KANRYO-T KARIKUMI-T1
      (MM) (MM) (MM) (MM) (TANGENT) (TANGENT)
  1 .0 .0 2300.0 -.1 TL= -.0300 TU= .0000
      TO= .0000 TQ= .0000
      TL= .0000 TL= .0000

(LEFT)
ZAHYO HEIGHT TAORE HALF-WEB U-FLANGE
(M) (MM) (MM) (MM) (MM)
X= .4986 HU= 784.5 AL1= -8.1 W= 5.0 FH=120.0
Y= .0376 HL= 750.0 AL1= 7.7 (SM58 ) FT= 10.0
Z= 1.6855 (SM58 )
```



## 7. 今後のシステム開発の動向

近年の鋼橋の発注量の増大、構造物の大型、複雑化にともない原寸工程の短期化、省力化が要望されており、システムの適用範囲の拡大、システムの統合などが急務となってきている。

電算機器をとりまく環境は、電算機器の飛躍的進歩によって、豊富な計算機器が容易に利用できるようになってきている。その結果、処理速度の向上、容量の増大などのハード面の充実がある。一方、利用ソフト面では、規模が大きく、複雑になり運用面でも高度なシステム利用技術が必要になってきている。このような点に十分留意してシステム開発を進めなければならないと考える。

ここでは、当社における今後のシステム化に対する基本的考え方や、現在開発しているシステムや計画検討しているシステムの概要を紹介する。

### (1) 基本的な考え方

#### 1) ハード

現在、当社では、既存のソフトを汎用機からEWSに移植している。計算機器は、汎用機、パソコンなど豊富にあるが、高速処理を必要とするCAD処理に適したEWSを各業務の専用機とし、これらをネットワークで結ぶシステムを目指している。今後、EWSの増設を行いシステムを拡充して行く予定である。

#### 2) ソフト

ソフトの開発、導入については、自社開発、共同開発、市販ソフトの購入などがあるが、各業務ごとに柔軟に対応している。いずれにしても、自社用にカスタマイズ化を行い、運用性を向上させる必要がある。

また、開発の効率化の面から、開発にあたっては設計部門との共通部分を考慮して進める必要がある。たとえば、付属物の図化処理プログラムなどが考えられ、現在、部分共通化の仕様検討を進めている。

### (2) 開発システム

#### 1) 汎用原寸システム

現システムの適用範囲は、I桁、箱桁用のシステムであるため、鋼床版、アーチ系の橋の適用には効率が悪く、部分的な電算処理であった。システムの適用範囲を拡大するため、汎用システムの共同開発を行っており、現在テストラン中で、近々、運用開始する予定である。

#### 2) 対話処理システム

このシステムは、バッチ処理でできないもの、あるいは、バッチ処理の後処理として対話形式で処理する方が効率の良い部分をプログラム化したものである。

当社では、実業務で既に一部運用し生産資料を作成している。今後、これを拡充し、現在の床原寸作業を、グラフィック上で対話的に再現するシステムを構築する計画である。

#### 3) 入力 of 簡易化

ソフトの高機能化にともない入力も複雑になってきている。一方、ハードの進歩によってCPU処理能力は著しく向上している現在、電算処理による業務の大半は、この入力データの作成時間である。

このような観点から、現在、入力の簡易化のためにインプットジェネレータの作成などを計画中である。

## おわりに

以上、当社のNC生産システムの概要を紹介してきたが、今後のシステム開発の動向で示したようにシステムの充実のためには、まだ多くの課題がある。

これらを効率よく実現するためには、実務経験に豊富でシステムに理解ある要員の育成が肝要であり、運用、開発部門の協力を図りながら取り組みたいと考えている。

## 〔参考文献〕

原寸システム開発会：  
橋梁製作情報処理システム、1981