
コンピュータによる橋梁の製作支援システムの開発

Development of Computer Aided Backup System for Bridge Manufacturing

山口 銑治(Senji Yamaguchi) 小林 徳寿(Norihisa Kobayashi) 大矢 栄一(Ei-ichi Ohya) 山本 宏(Hiroshi Yamamoto)

要旨：

川鉄鉄構工業(株)は、鋼橋の製作に不可欠である原寸工程を電算化して、設計工程から原寸工程まで一貫処理できる製作支援システムを開発した。ハードウェアは MELCOM70/250 計算機と、drastem3800C/1225C 製図機で構成される。本システムには自社工場特有の橋梁製作手順、溶接收縮量などの情報が織り込まれているほか、以下の特徴がある。(1)処理頻度の高い、端部が特殊な形状の桁を処理できる。(2)部材相互の干渉の有無をチェックできる。(3)原寸資料の出力形式を、客先の要求に応じて随時変更できる。(4)所要原寸処理工数は、従来利用している外部計算センターへの委託処理の場合とほぼ同じであるが、床原寸と比べると 35%程度に削減できる。

Synopsis：

Kawaden Co. Ltd. has developed an automatic mold lofting, an indispensable process for steel bridge manufacturing, and consequently a computer aided backup system for bridge manufacturing works has been established, which enables the works a continuous operation from design stage to mold lofting process. The know-how which is peculiar to our works, such as bridge fabrication procedure and shrinkage of steel material at welding, has been taken into consideration in the system. The characteristics of this system are as follows: (1) Special shaped end section of the girder which is frequently dealt with is covered. (2) Mutual interference of bridge members can be automatically detected. (3) Output form of mold lofting documents can be easily arranged in accordance with the requests of clients. (4) Man-hour-per-ton necessary for a bridge mold lofting is similar to those calculated by conventional calculation centers in Japan, but can be reduced to nearly 65% of that for manual lofting.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Development of Computer Aided Backup System for Bridge Manufacturing



山口 鉄治
Senji Yamaguchi
川鉄鉄構工業(株) 橋梁鉄構事業部橋梁鉄構設計部 部長



小林 徳寿
Norihisa Kobayashi
川鉄鉄構工業(株) 橋梁鉄構事業部千葉設計課 課長



大矢 栄一
Ei-ichi Ohya
川鉄鉄構工業(株) 橋梁鉄構事業部千葉設計課



山本 宏
Hiroshi Yamamoto
川鉄鉄構工業(株) 橋梁鉄構事業部千葉設計課

1 結 言

川鉄鉄構工業(株)は、千葉工場および播磨工場において鋼橋の製作を行っており、このうち千葉工場では、1972年より製造部門にNCによる野書切断兼用機および穴あけ機を、また1986年から設計部門にスーパーミニコンピュータおよび自動製図機を順次導入して、いわゆるCAD・CAM化を図ってきた。

鋼橋の製作は通常の場合、原寸工程と製作工程に分けられる。原寸工程ではこれまで、広い床の上に手書きを行う床原寸が普及していたが、原寸工の調達難、低能率、ミスが出やすいなど、多くの問題があった。このため、一部の計算センターや大手橋梁メーカーなどで、原寸作業をコンピュータおよび自動製図機によって自動的に処理する試みがなされ、この種のシステムがすでに稼働している¹⁻³⁾。

当社ではこれら計算センターなどに原寸作業の相当量を外注してきたが、外注先の処理能力の不足、短納期物件に対する機動性の欠陥、プログラム上の制約、電算出力に対する追加の手作業が多いな

要旨

川鉄鉄構工業(株)は、鋼橋の製作に不可欠である原寸工程を電算化して、設計工程から原寸工程まで一貫処理できる製作支援システムを開発した。ハードウェアはMELCOM 70/250 計算機と、drastem 3800C/1225C 製図機で構成される。

本システムには自社工場特有の橋梁製作手順、溶接収縮量などの情報が織り込まれているほか、以下の特徴がある。

- (1) 処理頻度の高い、端部が特殊な形状の桁を処理できる。
- (2) 部材相互の干渉の有無をチェックできる。
- (3) 原寸資料の出力形式を、客先の要求に応じて随時変更できる。
- (4) 所要原寸処理工数は、従来利用している外部計算センターへの委託処理の場合とほぼ同じであるが、床原寸と比べると35%程度に削減できる。

Synopsis:

Kawaden Co., Ltd. has developed an automatic mold lofting, an indispensable process for steel bridge manufacturing, and consequently a computer aided backup system for bridge manufacturing works has been established, which enables the works a continuous operation from design stage to mold lofting process. The know-how which is peculiar to our works, such as bridge fabrication procedure and shrinkage of steel material at welding, has been taken into consideration in the system.

The characteristics of this system are as follows:

- (1) Special shaped end section of the girder which is frequently dealt with is covered.
- (2) Mutual interference of bridge members can be automatically detected.
- (3) Output form of mold lofting documents can be easily arranged in accordance with the requests of clients.
- (4) Man-hour-per-ton necessary for a bridge mold lofting is similar to those calculated by conventional calculation centers in Japan, but can be reduced to nearly 65% of that for manual lofting.

どの問題があった。それゆえ、当社独自に原寸工程を電算処理して、設計工程から原寸工程まで一貫処理するシステムを開発する必要があった。

このたび、比較的製作頻度の高いI桁橋および箱桁橋に関して、当社工場での製作情報や、部材相互の干渉の有無を自動的にチェックする機能をくみ込んだ橋梁製作支援システムを開発した。以下に本システムの概要と特徴を述べる。

* 昭和63年10月5日原稿受付

2 システム開発の目的

本システム開発の要点は以下の4項目のとおりである。

(1) 橋梁の設計から原寸完了に至る一貫処理システム

鋼橋製作工事の発注形態には (a) 設計工程から発注される場合と (b) 客先から設計計算書および図面が支給される場合の2種類がある。本システムはこれらのいずれにも適用できるものとする。すなわち、(a) の場合は設計工程で定まる主桁、横桁などの断面形状、橋梁における位置、ならびに橋梁の横断方向の骨組みなどの基本データを自動的に原寸工程へ受け渡し、製作工程に必要な情報を出力する。(b) の場合は設計図書をもとに、人手で所要データを起こして原寸システムに入力し、(a) と同様、製作工程に必要な情報を比較的短時間に作成する。

(2) 主桁、横桁形状の処理範囲

最近、客先要求によって主桁、横桁などの構造詳細が多様化する傾向にある。これに対応するため本システムでは基本的な部材形状だけでなく、比較的处理頻度の高い特殊形状のものまで自動処理可能とし、省力化および処理スピードの向上を図る。

(3) 部材相互の干渉チェック

鋼橋の設計工程で定めた部材寸法、連結部材の交差角およびボルト穴の配置などで、部材相互が干渉して組立不能となることがある。そこで、部材相互の干渉の有無をチェックし、自動的に修正するか、または、干渉する箇所を表示させることにより検索、修正作業を簡易化する。

(4) プログラムのモジュール化

設計、製図、原寸の各段階を独立したプログラムとし、さらに、各プログラムを細分してモジュール化する。これにより部分的な変更を伴う再計算でも、適切なプログラムを選択して最小限の時間で処理できる。

3 橋梁製作支援システムの概要

3.1 ハードウェア構成

ハードウェアは、計算処理を行う MELCOM 70/250 システム⁴⁾と、図面描画および型板切断機として drastem 3800C/1225C とで構成される。システム全体のハードウェア構成を Fig. 1 に示す。

Fig. 1 Composition of hardware

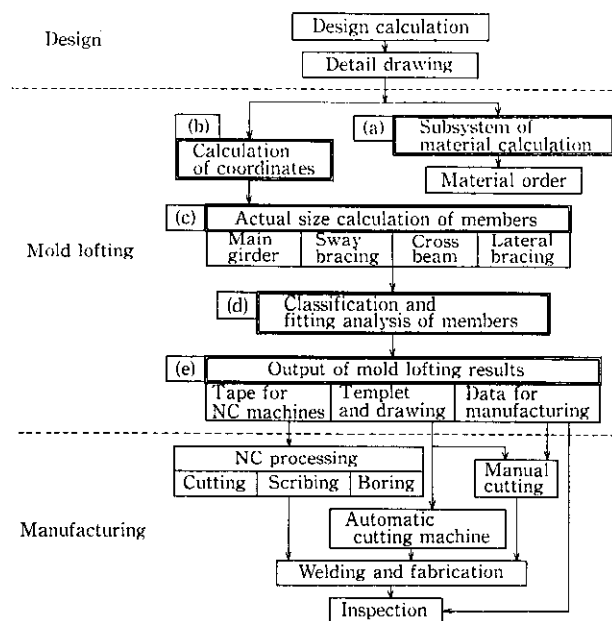
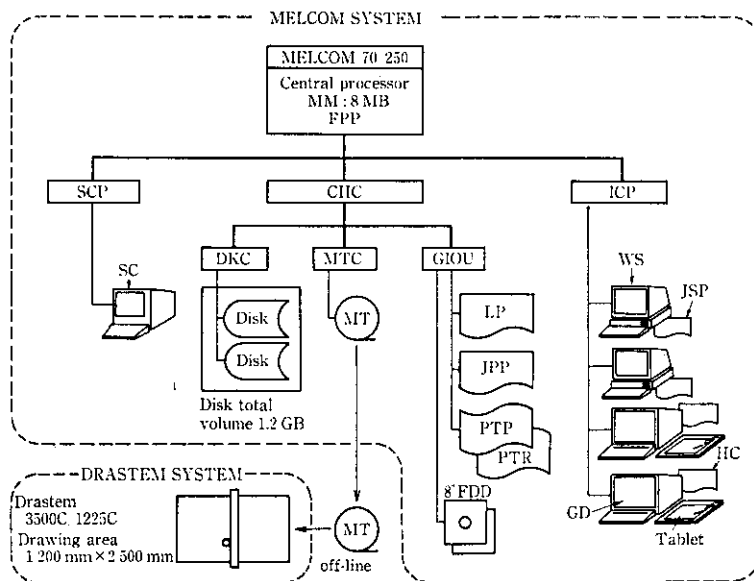


Fig. 2 Bridge manufacturing process

3.2 システムの構成と機能

一般に橋梁の製作工事は、Fig. 2 に示すとおり設計工程、原寸工程および製作工程の3段階からなっている。橋梁製作支援システムは原寸工程の電算処理システムで、Fig. 2 の (a)~(e) に示す5個のサブシステムで構成される。これらの機能を次に述べる。

3.2.1 材料計算サブシステム

これは、製作上必要な部材を仮定した原板上に配置して、鋼種、板サイズごとに必要な原板数、型鋼数を求めるシステムで、原板あるいは型鋼の発注に使用される。

まず、NC 罫書切断機とプレーナーの性能および原板の歩留りを考慮して部材の自動配置を行い、次に細かな修正を電算機との対話形式で行う。

3.2.2 基本座標計算サブシステム

設計工程で定まる主桁、横桁などの断面形状や橋梁における位置および高さならびに橋梁の横断方向の骨組みが橋梁製作の基本データとなる。基本座標計算は、これらの位置決めにあたって製作反りを考慮し、3次曲線で補間して座標を求めるサブシステムである。

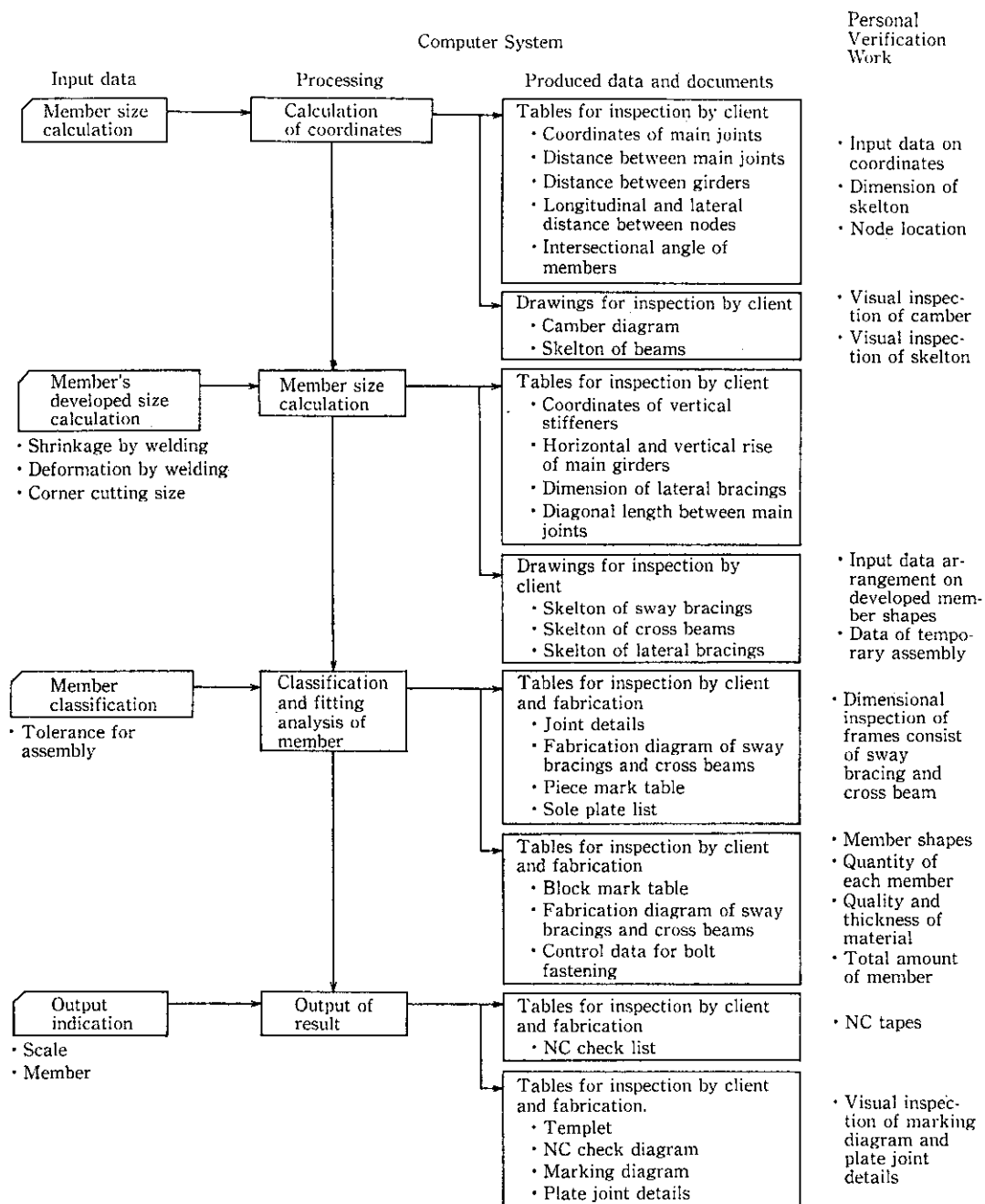


Fig. 3 Input and output process and their results

3.2.3 部材計算サブシステム

橋梁を構成する部材を一品ごとに分解し、個々の部材の3次元形状を、溶接収縮、加工代等を考慮して計算し、さらに原板を加工するための平面展開を行い、外形平面座標、折り曲げ位置座標などを求めるサブシステムである。ここでは、ボルト穴、マンホール等の穴あけ加工計算および面取り、コーナークットなどの切削加工計算も行う。ここで求められた座標値および加工情報は、NC 野書切断機に送られ、部品の自動野書切断に使用される。

3.2.4 部材の取合いおよび分類サブシステム

部材の取合い計算とは、個々の部材がどの位置にどのような角度で取り付くかを計算することを言う。床原寸では定規を作ることに当たるが、本システムでは、この取合い情報はNC機械に送られ、自動野書きされるため、原則として定規取りの作業は必要としない。

分類計算は、部材の意味、形状の加工情報によって多くの部材を同一形状で作ってよいものごとに分類し、また構成部材および組立

寸法が同じものをブロックごとにまとめるサブシステムである。

3.2.5 原寸計算結果の出力サブシステム

原寸計算の結果は、自動製図機、プリンター等を用いてNC機械用紙テープ、板継図、マーク図、数値表などの形で出力される。

NC出力は、出力する部材を任意に指示して行う。自動製図機による出力では、出力する部材の指示の他に作図するスケールの指示および作図するペンまたはカッターの指定を行う。

Fig. 3に入出力内容と作業を示し、Fig. 4に出力例を示す。

4 システムの特徴

本システムの特徴は、要約すると人間が判断する部分をできるだけ少なくし、計算機が自動的に判断する部分を多くして、人間による判断ミスが介入する確率を最小化した点である。以下にその具体例のいくつかをあげる。

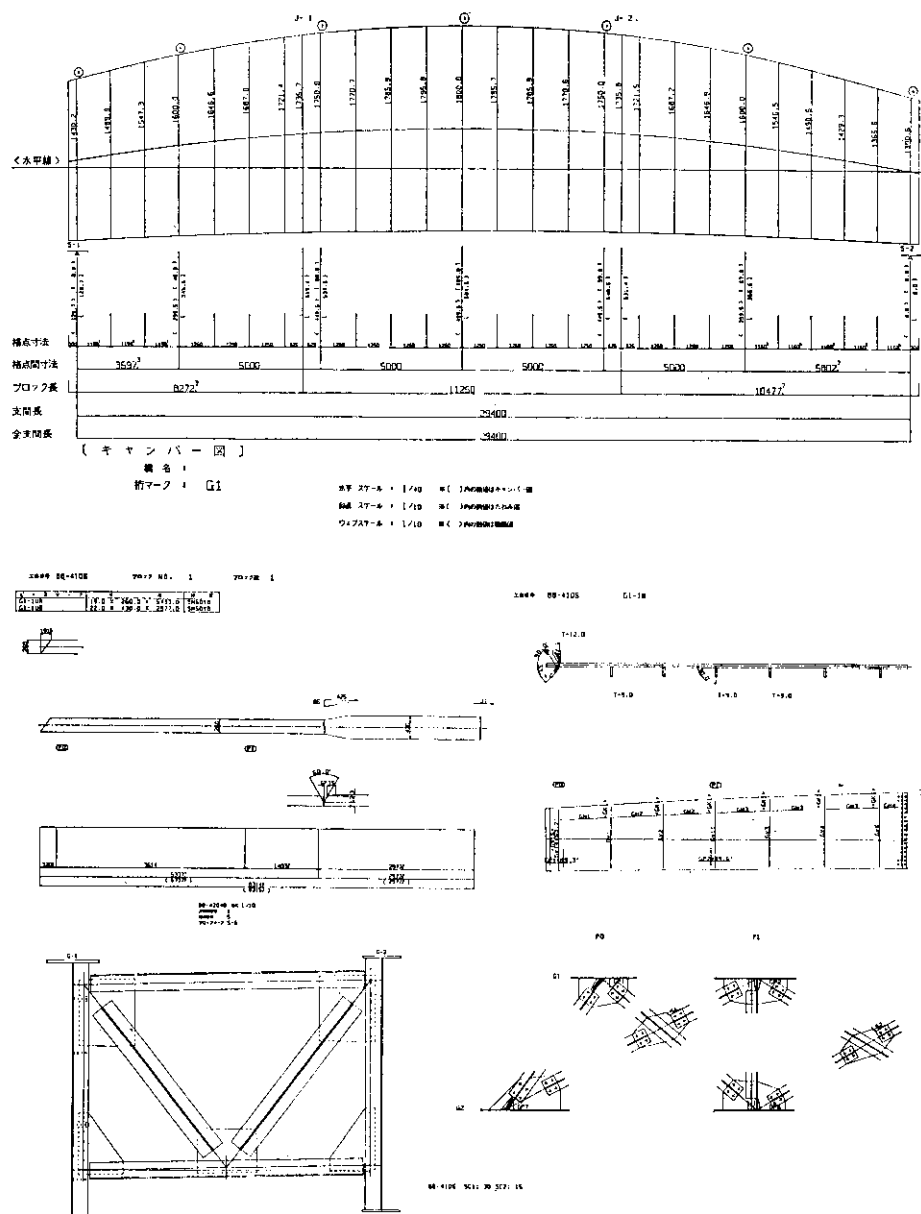


Fig. 4 An example of output of automatic mold lofting

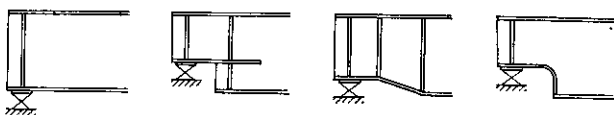


Fig. 5 Girder end section which can be covered by the system

4.1 主桁端部の変断面処理

主桁端部は、客先仕様によってさまざまな形状が採用される。本システムでは、Fig. 5に示すような代表的な4種類の形状タイプについて処理可能にした。形状タイプと関連データの入力により一貫処理され、個々の部材が作成される。

4.2 ソールプレートの処理

ソールプレートは、橋の縦断線形および桁中心線との交差角いかにによって四隅の厚さの違った物を製作しなければならない。この四隅寸法の厚さは、プレート中心の設計厚、外形寸法および素材厚を入力することによりシステム内部で計算され、使用する素材厚以下であるかどうかのチェックが行われる。

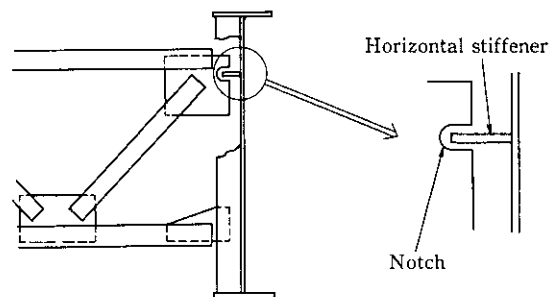


Fig. 6 Gusset plate with automatically drawn notch

4.3 対傾構ガセットプレートの切欠き処理

対傾構ガセットプレートには、Fig. 6に示すように水平補剛材をかかわすために切欠きを設けなければならない場合が生じる。この切欠きが必要か否かは、これまで人間が判断して処理していたが、本システムでは自動的に判断され、必要な場合には適当なサイズの切欠き形状が出力される。

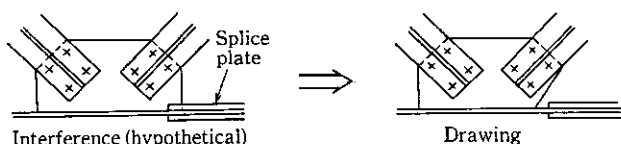


Fig. 7 An example of automatic adjustment of joint design (When a gasket plate for lateral bracing interferes with splice plates in original design, this system automatically adjusts shape of the gasket plate and gives a drawing without any interference.)

4.4 主桁添接板に対する横構ガセットプレートの形状決定処理

横構ガセットプレートが、主桁添接板と干渉しあう場合には、従来は人手で形状を変更しなければならなかったが、本システムでは、自動的に干渉の有無を判断し、必要に応じて同ガセットプレートの形状を変更する。Fig. 7 に自動処理の一例を示す。

5 システム開発の効果

5.1 自社保有システム

自動原寸システムは、前述のとおり電算センターでも自動原寸処理サービスを行っているところがある。当社では、これまで電算センターへの外注でかなりの処理量をこなしてきたが、自社システムを開発したことによって今後は次のような効果が期待できる。

- (1) NC 機械の機能を最大限に活用するため、今後、任意に自動原寸システムを改良でき、橋梁製作の自動化を行いやすい。
- (2) 自社の電算システムで処理するため即応性があり、工期の切迫時や、途中での設計変更などに柔軟に、スピーディに対応できる。
- (3) 客先検査用資料等の出力形式を、必要に応じて容易に変更できる。
- (4) 自社工場特有の橋梁製作手順および溶接収縮量、加工代などのノウハウを織り込むことができ、製品の高品質化が図られる。

5.2 運用例

最近、本システムによって処理したK橋を例にあげて従来の床原寸および外部計算センターへの委託処理した場合との相違を比較してみる。K橋は橋長114mの3径間連続非合成鋼桁構造(4主桁)で、鋼重207tの道路橋である。比較の結果をTable 1に示す。

Table 1 をみると、本システムによれば外部計算センターに比べ、

Table 1 Man hour per ton comparison as to mold lofting for K Bridge between this system and others

	Mold lofting on the floor	Calculation Service Center*1	This system
Man-hour/ton*1	100	37	35

*1 Expected values which consist of automatic mold lofting and residual manual works.

処理工数は同程度であるが、床原寸に対しては大幅な削減効果を示している。一方、本システムは、このほかに干渉チェック機能が働いていることによって、製作段階での不具合の発生を未然に防止でき、また、出力資料が判読しやすいことなどにより、製作工程での効率化にも寄与しているものと思われる。

6 結 言

鋼橋について当社工場での製作情報、および桁付属品の処理プロセスを組み込んだ製作支援システムを構築した。このシステムが持つおもな機能は、以下のとおりである。

- (1) 橋梁の設計から原寸完了まで一貫処理できる。
- (2) 主桁、横桁などの端部において、基本的な部材形状だけでなく、比較的処理頻度の高い特殊形状のものまで自動処理可能となった。
- (3) ソールプレートの必要厚さが、事前に想定した素材の板厚以下であるか否かの自動チェック機能がある。
- (4) 対傾構ガセットプレートには、水平補剛材との干渉を避けるため、適当なサイズの切欠き形状を出力することができる。
- (5) 横構ガセットプレートと主桁添接板が干渉する恐れがある場合には、前者の形状を自動的に変更する。
- (6) 本システムによる原寸処理工数は、外部計算センターと同程度であるが、床原寸と比較すると約35%と、大幅な削減効果を期待できる。

橋梁製作は1橋ごとに内容が異なる典型的な多品種少量製造業務である。このたび開発したシステムは、これらすべての橋梁部材に対応できる自動原寸システムとは言い難く、まだまだ手作業で対応する部分が残されている。したがって今後さらに原寸工程での部材追加機能の充実、高欄および伸縮継平等の付属品を処理可能とするサブシステムの開発、などのレベルアップを進める計画である。

終わりに、本システムの開発に際してご協力をいただいた川鉄システム開発(株)ならびに関係各位に対し深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 原寸システム開発会: 橋梁, 17 (1981) 10, 8
- 2) ADAMS 研究会: 橋梁, 17 (1981) 10, 22
- 3) 亀井俊郎, 林 栄一, 大塚洋幸, 小川宗吉, 山中政好, 桜井 隆: 川

崎重工技報, 96 (1987), 101

- 4) 三菱電機株式会社: MELCOM 70 シリーズ VOS システム管理説明書, (1986)