

【システム解説】

鉄骨生産システム

Computer Aided Design and Manufacturing System of Structural Steel

北島 彰夫*
Akio KITAJIMA

松原 哲郎**
Tetsuro MATSUBARA

坪山 雄二***
Yuji TSUBOYAMA

上田 仁***
Masashi UEDA

猪瀬 峰男***
Mineo INOSE

1. まえがき

橋梁業界では、コンピュータの利用は1960年代ごろより始まり、自動設計、自動製図、自動生産システムへと順次開発が進み、今ではトータルシステムといわれる設計・算から生産に至るまでの一連の情報処理を一括して行えるまでに発展し、生産ラインにおいてもN/Cけがき、切断、孔明などN/C機械設備が導入され自動化が進んできた。しかし、これらのシステムは、I桁用、箱桁用などと処理対象を限定したので、標準化された構造のときは、すばらしい効果を發揮することができるが、構造が多様で複雑なものが要求されると十分な効果を期待することが難しいのが現状である。トータルシステムのような大規模なシステムになればなる程、より複雑でより詳細なものが要求される。現在、この現状に対応するためいろいろな面からの研究・開発が進められ、その一つがCAD/CAMであると言われており、業界各社が研究を進めている。

一方、鉄骨生産の分野においては、型板取りシステムやN/C孔明システム等、単独システムではあるが、切断、孔明作業は自動化が進んでいるのに対し、工作図の作画、溶接、組立といった工程は自動化があまり進んでいないのが現状である。

このような中で特に、コンピュータとその周辺機器が高性能かつ低価格化したこと、マンマシンとしてのCAD/CAMシステムの実現性が高くなり、コンピュータと対話しながら設計や生産情報を作り出す方式を採用することが可能になりつつある。本文では、高性能ミニコンピュータとパーソナルコンピュータ、グラフィックディスプレイ及び高速プロッタを組合せたハードウェア

を利用した「鉄骨生産システム」について紹介する。(写真-1、図-1)

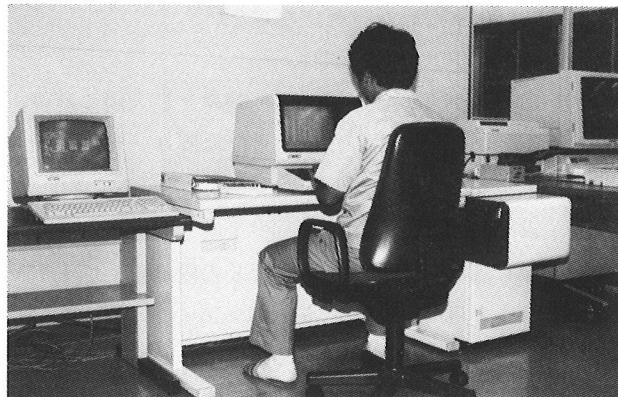
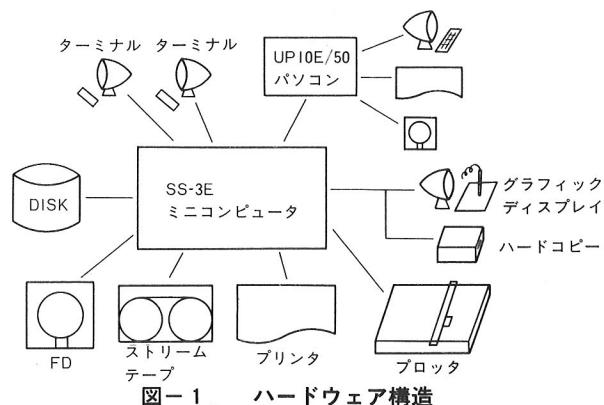


写真-1 高性能ミニコンピュータ

「鉄骨生産システム」は、SおよびSRC造のビル鉄骨を対象として開発したもので、梁伏図、軸組図などの一般図から部材毎の工作図、材料集計、製作資料までを一連に処理することを目標に開発したものである。



* 川田工業(株)技術本部生産企画部部長代理 **川田工業(株)技術本部生産企画部CAD/CAM課係長 ***川田工業(株)技術本部生産企画部CAD/CAM課

2. システム化への問題点

鉄骨生産には、システム化、自動化しにくい条件が多く、橋梁に比べあまり進んでいないのが現状である。システム化しにくい条件には、

- ① 標準化が進まず、構造が多様で全てを満足するようなシステム開発が不可能である。
- ② 部材の数が多く、個々の部材について工作図を作る必要があり、さらに後からの設計変更が多いため手直し作業が減らない。
- ③ 部材数が多く、寸法も大きいので、機械設備は、高速の大きいものが必要になり投資額が多くなりすぎる。
- ④ 付加価値が低く投資回収が難しい。

など、システム化への課題は困難が多い。単に市販の自動工作機や汎用CAD/CAMシステムを設置するだけでは全く解決できず、鉄骨生産に合ったハードウェア、ソフトウェアの開発が必要であるし、一方では、鉄骨構造の標準化の推進、システムの運用、管理、教育等の面からシステム化を進めなければならない。

「鉄骨生産システム」では、

- ① 部材数が多いことで、処理効率を最大限に高め、量産体制を確保するため、可能な限り一貫処理を採用することとした。
- ② 設計変更が多く、後からの手直しが非常に多いことから、システムを細分割し、どの段階からでもデータ修正を可能とし、さらにグラフィックディスプレイによる修正や照査を行なえるものとする。当然関連する情報や資料にも連鎖的に矛盾なく反映しなければならない。
- ③ 多様な鉄骨構造を標準化し、単純な手法で基本パターンを創成し、これらの組合せで、いろいろな構造を表現する。
- ④ 部材数が多いことで、出力される図面や資料も非常に多くなり、工程に合せた処理ができることと、同一形状はまとめて資料を少なくする。

などを目標に開発しているシステムである。

3. システムの概要

鉄骨生産は、ファブリケータが基本設計をすることはほとんど無く設計事務所から受領した基本設計図を基に情報を拾い出し、構造物の細部に至るまでコンピュータの中に再現することから始まる。「鉄骨生産システム」の目的は、生産に関わる一連の情報を一貫して編集・管理することで、

- ・ 工作図作成の省力化
- ・ 原寸作業の廃止
- ・ 設計変更の容易化

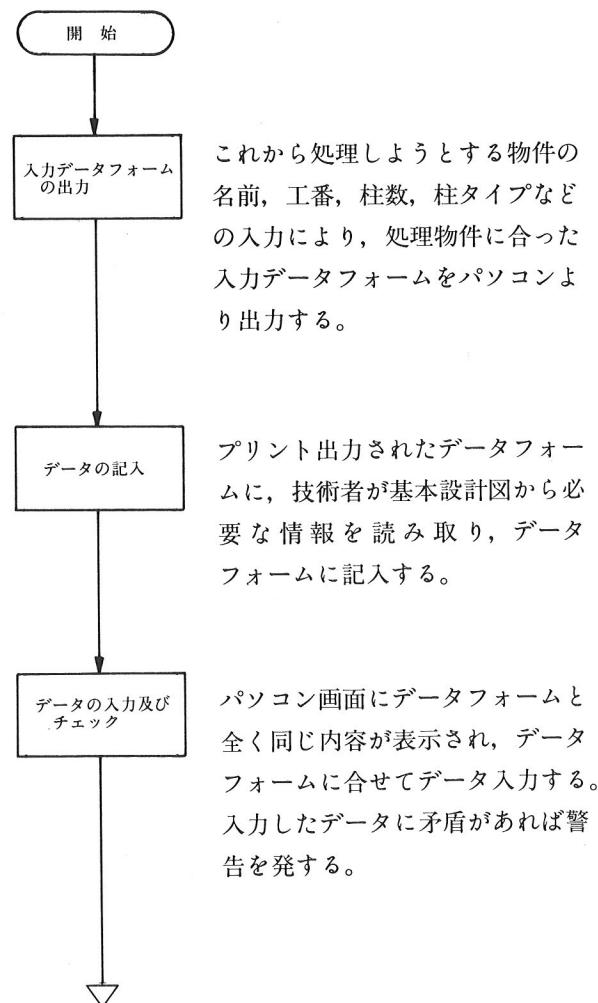
- ・ 構造上、製作上の矛盾の排除
- ・ 生産の自動化への促進

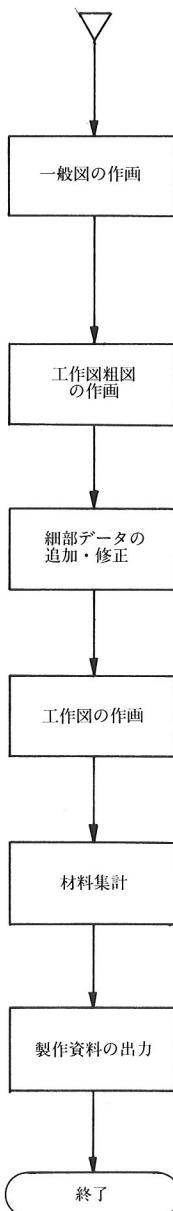
など、省力化、工期短縮、製品品質の向上を目指すものである。特に工作図の作成は、部材の数が多いこともあり、非常に多くの図面が必要なため、コンピュータにより処理することで工期短縮が計れ、設計事務所やゼネコンさらに関連工事業者（設備、鉄筋、外壁、サッシ等）での照査・調整がスムーズに進み、設計変更も最小限に抑えることができる。また、早目に正確な材料集計が可能になるため、製作部材計画や材料調達においても利点が大きい。

(1) システムの流れ

「鉄骨生産システム」の運用及び操作は全てパソコンの画面に表示されるガイダンスに従ってメニュー選択することで、一連のシステムを起動することができる。

「鉄骨生産システム」の入力データは、パソコンが一度受け取り、データチェック後にホストであるミニコンピュータにデータが送られ、数値演算及び図形処理をまとめて行ない出力はプリンタ、プロッタ、グラフィックディスプレイ、パソコンへと各出力内容や用途に応じて出力する。以下に「鉄骨生産システム」の運用及び処理手順を示す。





データ入力が終了すると、データはミニコン側に送られ、一般図(梁伏図、軸組図他)の作画処理を行なう。

柱・梁の部材毎の工作図であり、部材寸法や形状の照査を目的とした図面である。

粗図の照査により部材形状の変更ピース類の追加データをパソコンのガイダンスに従って入力する。

柱・梁の最終工作図であり、材料名やピース等も付加された図面である。

材料集計には、部材別、板厚・材質別、作業工程別などの集計単位が設定できる。

けがき、切断、孔明、組立等の各作業に必要な型板、N/Cテープ、指示票などの出力である。

以上が「鉄骨生産システム」の基本的な流れであるが多様な構造が多いことや設計変更が多いことで、手順どうり進まないことが多いため臨機応変に運用しなければならない。

(2) システムの適用範囲

「鉄骨生産システム」は、S及びSRC造のビル鉄骨を対象としており、処理範囲は、柱・梁の主部材とし、階段部やブレースについては対象としていない。また、鉄骨は部材数が多く処理効率を高めるため自動処理を基本としている。従って多様な構造の全てに対応できず、一般に広く用いられている構造形式を中心に以下に示す形式を適用範囲としている。



図-2 柱部材断面形状

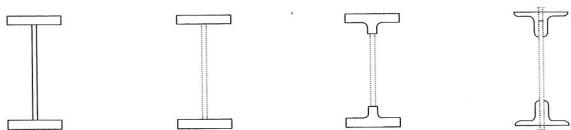


図-3 梁部材断面形状

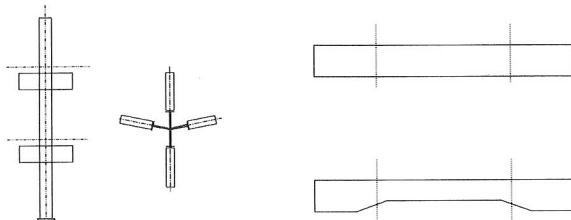


図-4 柱形状、梁形状

4. システムの説明

「鉄骨生産システム」は、5つのサブシステムより構成されている。

- ・ データ入力システム
- ・ 一般図作成システム
- ・ 工作図作成システム
- ・ 材料集計システム
- ・ 製作用資料出力システム

(1) データ入力システム

データ入力は、4つの部分に分かれており、どれもパソコンからの入力である。

① 鉄骨スケルトン概要の入力

鉄骨の通り数、名称、階数、柱・梁の設計符号、柱形式等の入力により、処理対象の物件に合せた入力データフォームをプリント出力するブロックである。これは、部材数が多く、構造形式が多様で部材形状により必要とするデータが異なる等のため、部材形状に合った入力フォームを出力し、このフォームに従ってデータを記入する方法を採用した。一般にパソコンでの入力は、画面にガイダンスや図表を表示し、入力者は画面と設計図を直接見ながら必要なデータを入力し、パソコンは、即時にデータチェックを行なうような入力方法とするが、本システムは、多量の入力データを必要とするため一旦データシートにデータを記入し、専門のキーパンチャが打込んだ方がより効率的であるためこのような方法を採用了した。

② 部材断面及び形状の入力

①によりプリント出力された入力フォームに従って基本設計図より必要データを読み取り、フォームに記入したものを受け取るブロックである。このときパソコン画面には入力フォームと全く同じ内容が表示されており、パンチャはカーソルキー ($\leftarrow \uparrow \rightarrow \downarrow$) によりフォームのどこからでもデータのキー入力が可能だ。

ように工夫されている。

主な入力データは、

- 柱・梁の断面寸法（板巾、板厚、材質など）
 - 柱・梁部材形状（断面変化点、梁ハンチ量など）
 - 継手及びベースプレート（ボルト径、配列など）
 - 柱・梁の配置（位置と方向、梁下りなど）
 - 加工法、溶接法（加工代、開先形状など）

など多量のデータを入力する必要がある。

図-5 柱及び梁断面入力フォーム

③ 部材細部データの入力

鉄骨構造は多様であり、特に仕口部において顕著に表われている。細部の構造形式を指示するのに単にAタイプ、Bタイプのようなタイプ別に区分するだけでは、とても表わし切れず、また物件全体で同じパターンとは限らず部材毎にフランジやリブプレート一枚一枚にプレートの突っ込み具合いや溶接向き等を指示しなければならない事もある。図-6にフランジの突っ込みにより異なる代表的に仕口モデルを示す。

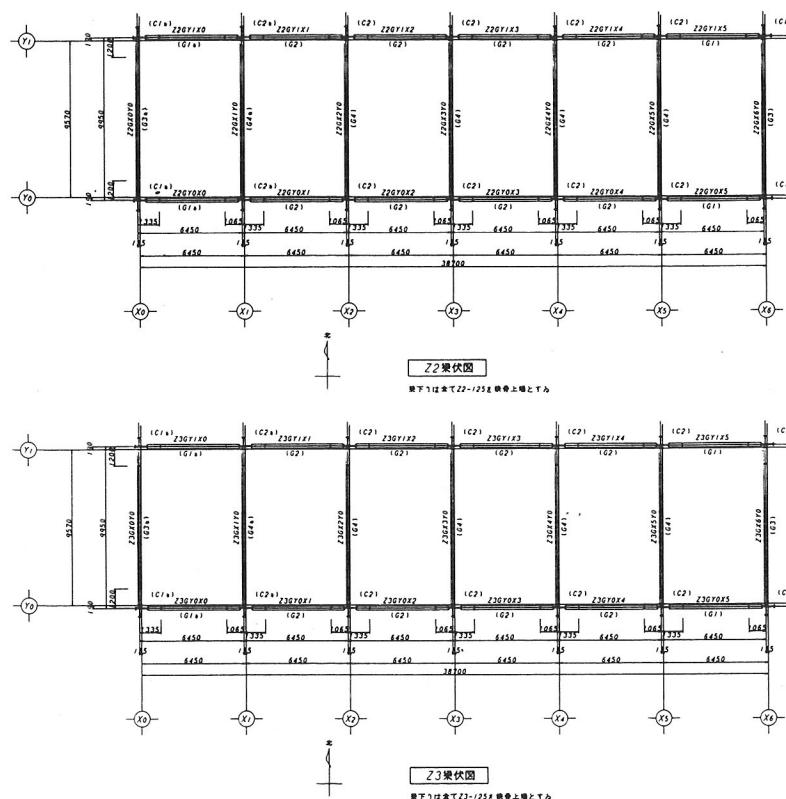


図-7 梁. 伏 図

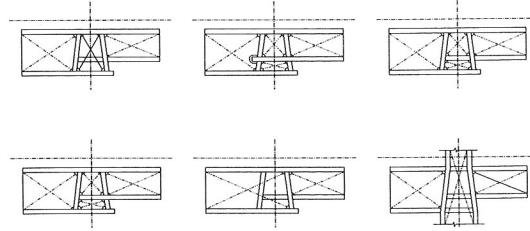


図-6 代表的な仕口モデル

④ 付属品追加データの入力

バンド、ステップ、セパレータ孔、主筋孔、スリーブ等の建方や設備用に各種の付属品の配置、形状データの入力である。これらの付属品の配置は、後からの変更の対象になり易く、慎重なデータ管理が必要である。

(2) 一般図作成システム

一般図は、前項の入力データをもとに一括して自動処理され出図する。一般図には

- 各階毎の梁伏図 (図-7)
 - 各通り毎の軸組図 (図-8)
 - 継手基準図
 - ベースプレート詳細図
 - アンカー配置図 (図-9)

の5種類の図面がある。

これら一般図は、自動処理を基本としているが、建築物の用途・環境・用地などにより、平面形状や立面形状

果断面リスト		柱断面リスト			
柱名	位置	断面寸法	柱名		
G1	端部	BH 1250 x 250 x 9 x ④	C1	① 22 x 200	⑥ 16
G2	中央	BH 1250 x 250 x 9 x ④	C1a	② 18 x 200	⑥ 16
	外端	BH 1250 x 250 x 9 x ④	C2	③ 25 x 200	⑥ 16
G3	中央	BH 1250 x 250 x 9 x ④	C2a	④ 19 x 200	⑥ 16
	内端	BH 1250 x 250 x 9 x ④			
G3	端部	BH 1250 x 200 x 9 x ⑤			
G3a	中央	BH 1250 x 200 x 9 x ⑤			
G4	端部	BH 1250 x 200 x 9 x ⑤			
G4a	中央	BH 1250 x 200 x 9 x ⑤			

東面リスト		柱面リスト	
計画名	位番	面積	面積
G1	外端	8H 800 X 250 X 9 ②	
	中央	8H 800 X 250 X 9 ②	
	内端	8H 800 X 250 X 9 ②	
G1a	外端	8H 800 X 250 X 9 ②	
	中央	8H 800 X 250 X 9 ②	
	内端	8H 800 X 250 X 9 ②	
G2	壁端	AH 800 X 250 X 9 ②	
	中央	AH 800 X 250 X 9 ②	
G3	壁端	AH 800 X 200 X 6 ②	
	中央	AH 800 X 200 X 6 ②	
G4	壁端	AH 800 X 200 X 6 ②	
	中央	AH 800 X 200 X 6 ②	
G4a	壁端	AH 800 X 200 X 6 ②	
	中央	AH 800 X 200 X 6 ②	
C1	柱	8 ① 19 X 200 ④	
	柱	8 ② 12 X 200 ④	
C2	柱	8 ③ 25 X 200 ④	
	柱	8 ④ 16 X 200 ④	

が複雑で数値入力だけではコンピュータの中に正確に再現できない構造も多い。このため「鉄骨生産システム」では、グラフィックディスプレイを利用した図形入力により対応することも可能としている。グラフィックでの図形操作は

- ・ 鉄骨通り芯の設定
 - ・ 柱配置及び方向の指示
 - ・ 梁部材の結びの指示
 - ・ 梁伏図に表示したい寸法線作画操作

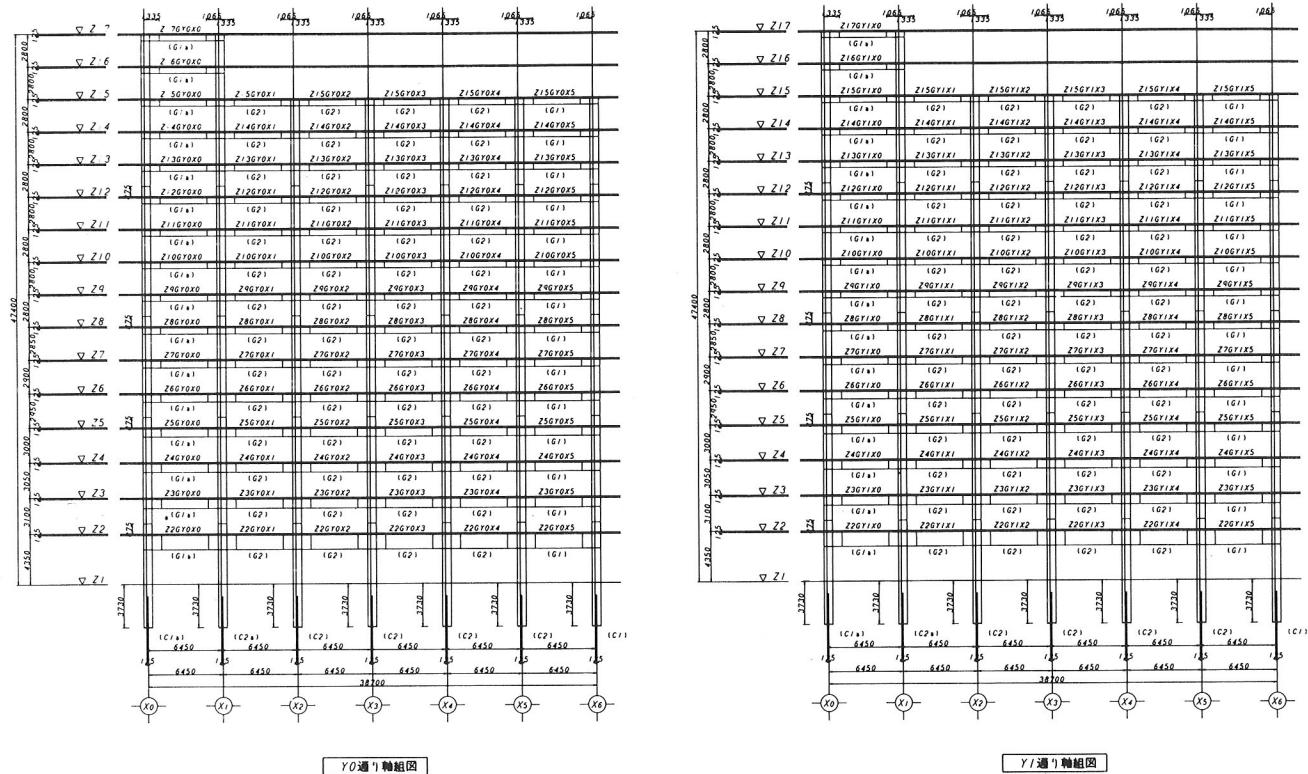


図-8 軸組図

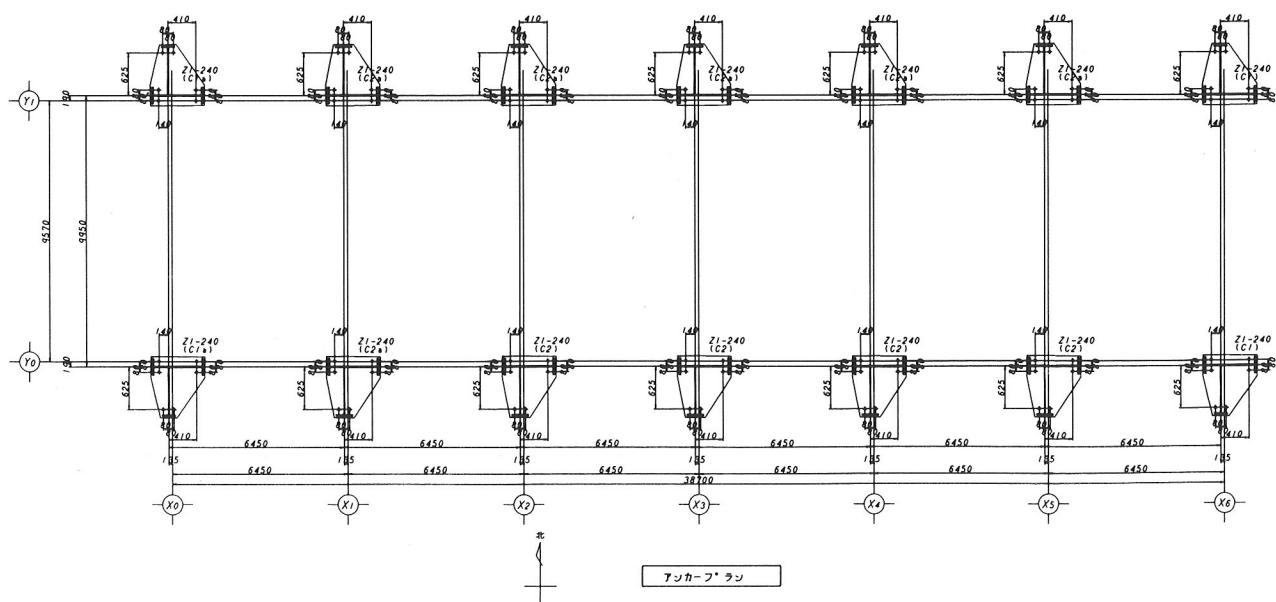


図-9 アンカー配置図

などであり、例えば、柱配置をするときは、画面上のどこにするかを指示するだけで、先に入力されている断面データをもとに自動的に柱断面を表示するなど最小限の操作で済ませるようにしている。

(3) 工作図作成システム

工作図は、標準化された基本パターンをもとに作った変数モデルを実体化して組立てることで作成する。(図-11, 図-12)

工作図は、部材個々に作成するため図面枚数が多く、又必要とするデータも多く自動処理することが不可欠である。その自動処理の手順を示すと、

- ① スケルトン、部材断面、形状データ等から、それぞれの部材毎にどの変数モデルを採用するかを決定する。
- ② 採用した変数モデルの各変数に与える実現値データと大組部材に組立てたり、図版にレイアウトするための組立てデータを作成する。
- ③ 実現値データをもとに変数モデルを実体化し、実体モデルを作成する。このとき図形情報の他に材料や加工情報も同様に実体化されモデルの属性として登録される。
- ④ 組立てデータをもとに、実体化された実体モデルを移動・回転・反転して組立て、さらに図版にレイアウトして図面として出力する。

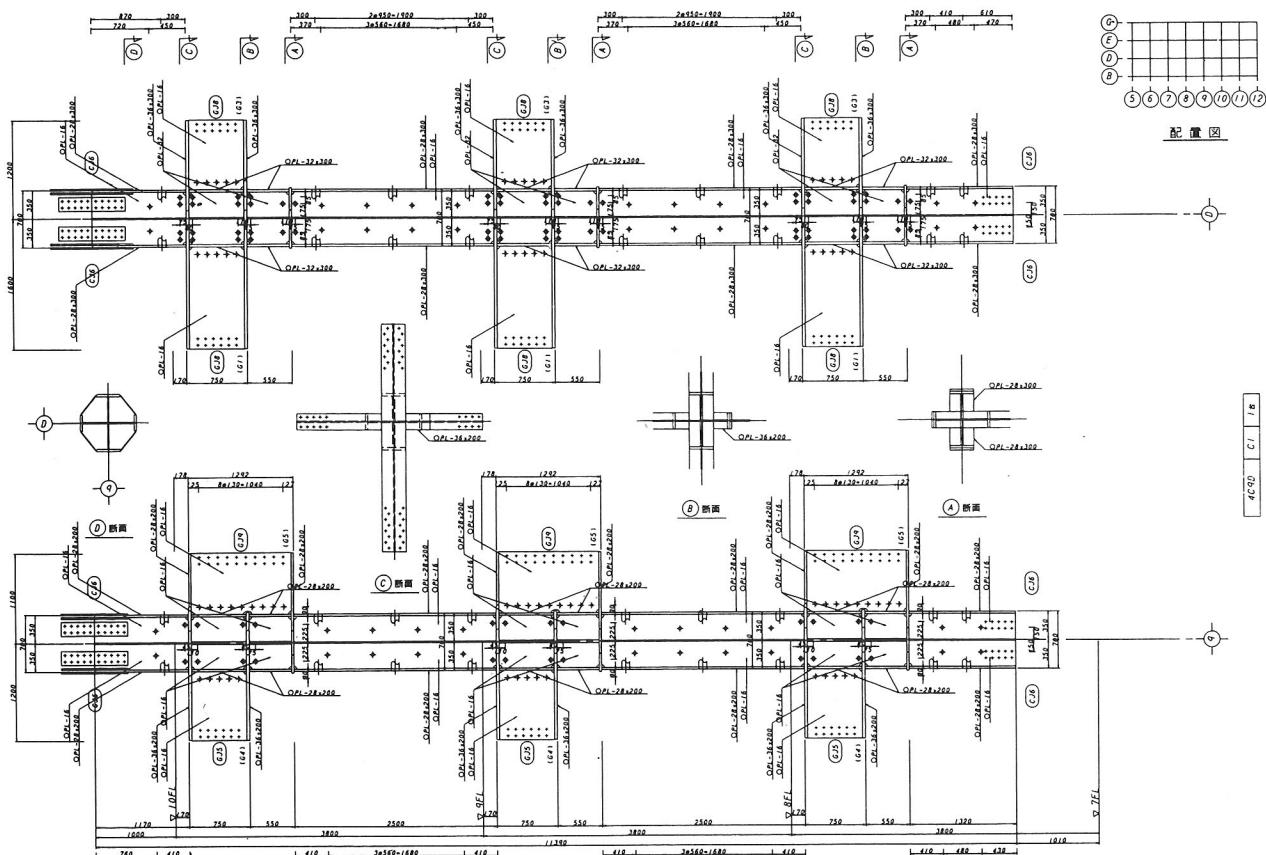


図-11 柱部材工作図

「鉄骨生産システム」では、多様な鉄骨構造を分析し部材単位に、またはプレートの単位で標準化し、それを変数モデルとして登録されている。変数モデルには、図形情報の他に材料・加工等の属性も変数化しており、実現値をもとに実体化すると、これらも全て実体情報に生まれ変わる。(図-10)

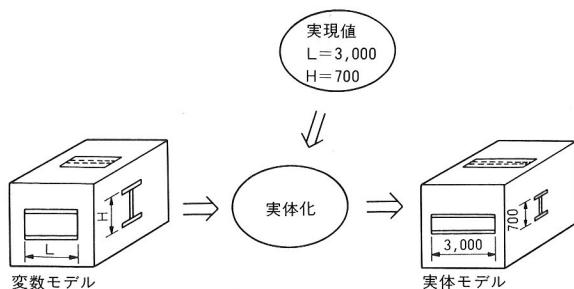


図-10 変数モデルの実体化

変数モデルは、部材等の単位になっており、これを任意に組立てて一つの製品にする考え方であり適用範囲は広くいろいろな構造に対応することができる。しかし、自動生成される実現値データの方は、入力データを分析し、解釈するプログラムが作り出すデータであり、どのような構造でも作り出すという訳にはいかない。従って「鉄骨生産システム」では、この実現値データや組立てデータを処理の途中段階で修正することを可能にした。

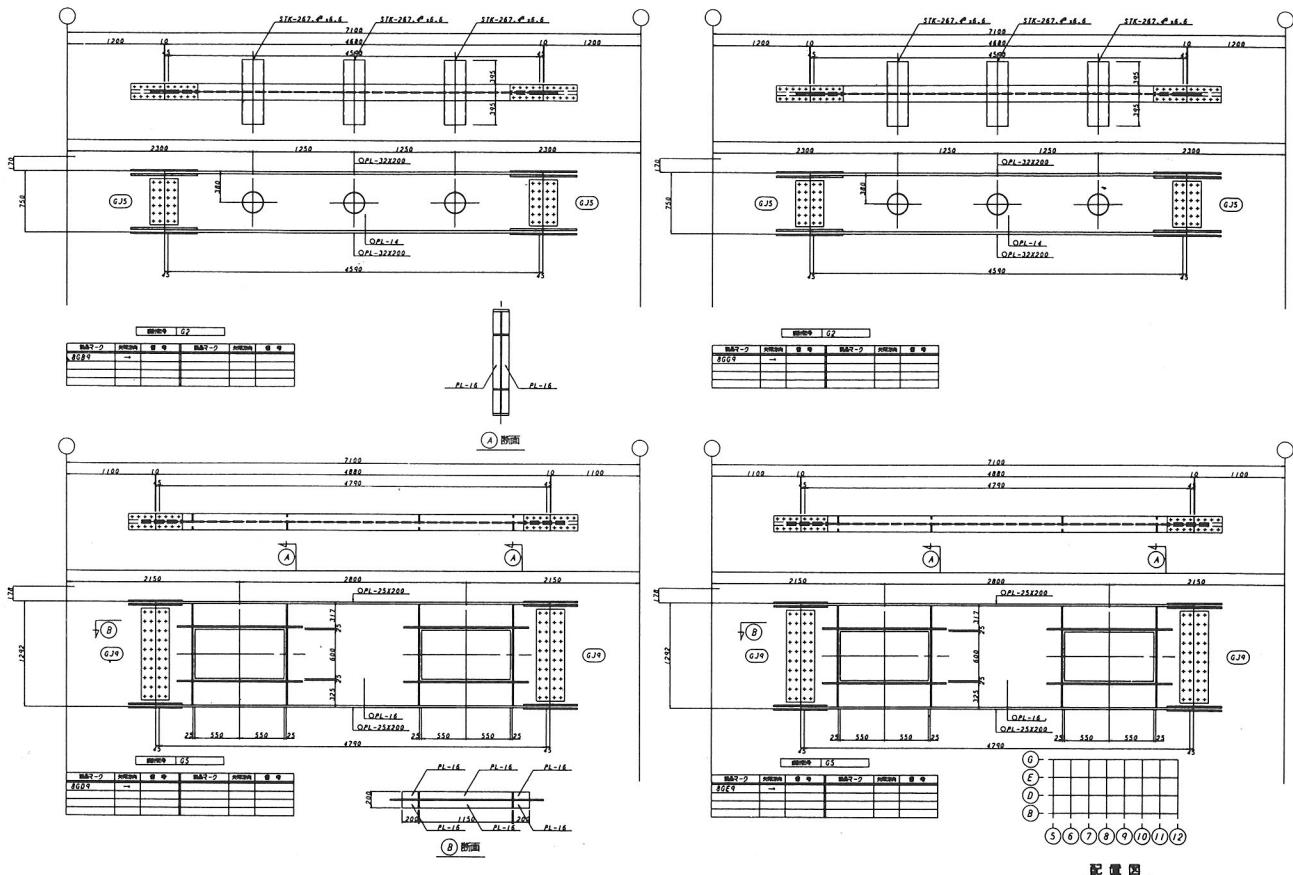


図-12

梁部材工作図

これが構造細部データの入力であり、実現値や組立てデータの一部を追加、修正することで、いろいろな構造形式に対応できるようにしている。

(4) 材料集計システム

材料データは、変数モデルが実体化された時点で実体モデルの属性としてモデル単位に作り出される。この材料データを柱一本、梁一本単位に組立てデータを参照してまとめて集計プログラムに渡す。集計プログラムは、以前より大型コンピュータで稼動していたシステムをそのままミニコンピュータに移植したものである。従って入力データや出力内容は、全く大型コンピュータで処理するものと同じであり、データ容量も同じにしている。

材料集計からの出力は、

- ・ 部材別重量表及び総括表
 - ・ 板厚、材質別集計表
 - ・ 大板ネスティング

などがある。

(5) 製作用資料の出力システム

このサブシステムは、原寸、けがき、切断、孔明、組付、組立てなどの各作業の指示票(図-13)や型板図(図-14)、N/Cテープといった製作用資料を出力するシステムである。これらの情報も実体化された実体モデルの属性より取出す訳であるが、モデル内にある図形情報は、製品完成時の図形であり、製作途中での加工代や溶接による変形等は考慮されておらず製作資料を出力する際に

加工代や溶接法などの加工属性をもとに、図形を修正した新らしい図形を作り出して出力する。又、製作資料は、作業工程に合せた単位で出力する必要があり、なるべく同じ部材は一つにまとめるようなグルーピング処理を行ない作業性の向上も目指している。

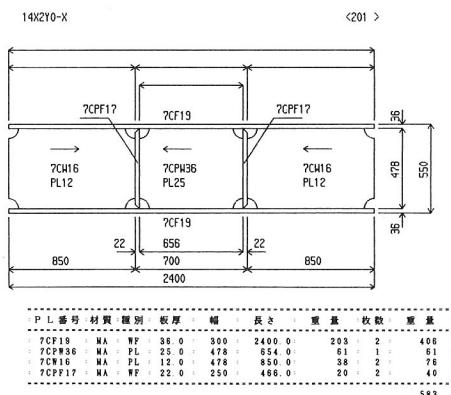


図-13 部材組付指示票

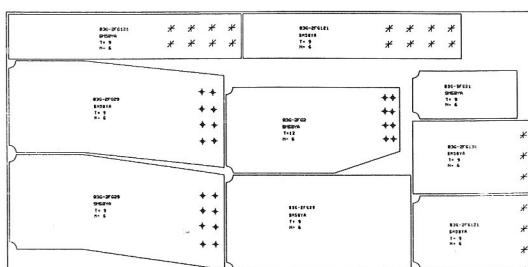


図-14 型板取り図

5. システムの運用

一つ一つの物件をそれぞれ始めから終りまで一連に処理してしまう運用であれば、それほど多くの問題も起きてないが、現実は複数の物件を並行して処理し、処理途中での設計変更が頻繁に起きるなどで、システムの運用の仕方によっては大変なトラブルを巻き起こすことにもなる。また、使用するコンピュータがミニコンピュータということもあり、大型汎用コンピュータに比べて処理速度や同時処理の数、ファイル容量などの点でいくつかの制限もある。

「鉄骨生産システム」にとっての処理途中でのデータ変更には、

- ・ 設計変更により、部材断面や形状が変更される。
- ・ 図面等の見栄えにより、レイアウトや書式が変更される。
- ・ 自動処理の適用外の構造のため、実現値データや組立てデータを修正する。
- ・ 施工単位や製作方法が変更になる。

などで、中には人手で修正すれば直ぐ変更できるのに最初からやり直さなければならない場合など変更作業はコンピュータの弱点をさらけだす時がある。「鉄骨生産システム」としては、データ変更は当然あるものとして計画されており、変更後の再スタートは、データファイルの更新日付を比べ、どのファイルが変更されているかをシステムが判断しながら必要な処理を行なうように工夫している。これは、データを修正したが処理の実行のし忘れを防止したり、部材の数が多いことで処理量も膨大になり、極力無駄な処理を抑えたいからである。

ミニコンピュータ上でのファイル構成は、図-15のよ

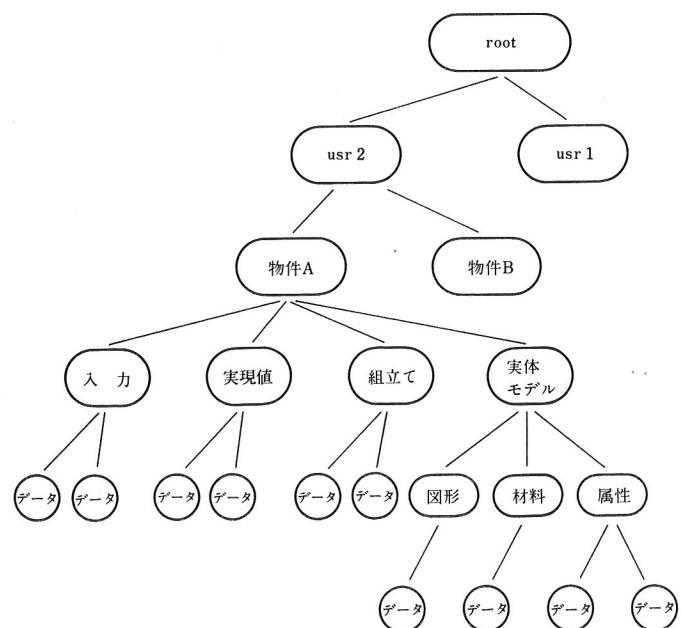


図-15 システムファイル構成

うに木構造となっており、処理途中のどこからでも再スタートが可能なよう、途中段階でのファイルも残している。また、複数物件を並行しても混乱が生じないように工番別にファイル構造を分離している。

また、一般に自動処理システムは、システムの内部がブラックボックス化していることから、処理途中でのデータチェックが難かしく、最後まで処理して初めて誤りが発見されるような危険性が常にある。本システムでは必要に応じて、処理中にいつでもチェック用に部材単品図やまだ実体化されていないモデルを除いた図面などを作画できるようにしている。

6. あとがき

「鉄骨生産システム」は、可能な限り柔軟性を重視したシステムであるが、鉄骨生産は、付加価値が低く、部材が多いことで量産を無視することができず適用範囲を絞ってでも自動処理を採用せざるえなかった。本システムでは、変数モデルを実体化し組立てる方式を取っており、登録済み変数モデルをそのまま適用できる構造のときは一貫システムと同等の処理効率を発揮するが、適用できない構造のときは、変数モデルを修正するか、又は汎用CADシステムを使い修正するしかない。変数モデルの修正は、単純なモデルのときは良いが、周辺のプロトの構造や形式によりいろいろ条件を判断しなければならない環境で構成されるモデルの修正となると時間もかかるてしまう。又、汎用CADシステムについては、図面一枚一枚の修正となり、部材数の多い鉄骨構造では使用する条件が限られてしまい、工作図作成だけを目的としたシステム運用では、効果を大きく期待することはできない。しかし、この修正作業をすることで、以後の製作用資料や管理資料も矛盾無く自動的に変更されるため、トータルで評価するならば十分効果を発揮するといえる。

このように鉄骨CAD/CAMの導入、開発は単に一つの作業部門の省力化を考えるのではなく、工場設備、組織、加工方法、管理手法等も含めて総合的に考え計画すべきである。また、多様な構造形式が多く、設計変更も多い現状では、従来の手作業を無くすことができず、コンピュータ処理分野だけではなく工場設備等も、自動化ラインと並列の処理としなければならない。鉄骨システムの目的達成には、工程管理、品質管理といった管理面でのシステム化、ロボット等を含む自動化ラインの制御システムの整備、開発といった面で、まだ時間がかかるがハードウェア・ソフトウェアの開発・改良に加え、構造の標準化への努力を推進していきたい。