

CAD System for Fabrication of Steel Structures of Buildings



鈴木 實
Minoru Suzuki
エンジニアリング事業
部 開発設計室 主査
(課長)



森田 昌敏
Masatoshi Morita
エンジニアリング事業
部 建築技術部建築技
術室 主査(掛長)



三宅 章太
Shota Miyake
川鉄システム開発(株)
技術システム部 課長



高橋 安彦
Yasuhiko Takahashi
四国鉄工(株) 丸亀工
場生産管理課 課長



大北 芳幸
Yoshiyuki Okita
四国鉄工(株) 丸亀工
場技術開発室 掛長



平木 敬真
Norimichi Hiraki
四国鉄工(株) 丸亀工
場生産管理課

1 緒 言

建築用鉄骨を生産している加工工場においては、受注競争の激化により、高品質の製品を短期間に低コストで生産する体質への変革が生き残りの条件となってきた。また、近年のコンピュータおよび制御機器の高性能化、低価格化によって、永く合理化の遅れていた鉄骨加工業界でも NC 加工機、溶接ロボット、CAD システム等の導入による生産の合理化が進められている。

このような状況を背景として、川崎製鉄では、1980 年より鉄骨、橋梁を製作する関連企業を含めた「鉄構生産の自動化研究会」の場で生産合理化の問題を幅広く検討した結果、コンピュータを利用した合理化が急務でありかつ現実的であることが確認された。これを受けてエンジニアリング事業部では、四国鉄工株式会社と共同で、1983 年 6 月に鉄骨加工用 CAD システムの開発に着手した。なお、ソフト開発は川鉄システム開発が担当した。

本システムは工作図から現寸あるいは製作用帳票までを範囲とする一貫システムである。汎用の生産システムとして開発した現寸・帳票システムは 1985 年 1 月より四国鉄工(株)丸亀工場において稼

要旨

建築鉄骨生産の上流過程の効率化による生産性の向上を目的に CAD システムを開発した。設計図情報を入力することにより工作図をはじめ現寸型板、NC テープおよび製作用帳票を出力する一貫型のシステムである。一括形式による自動、大量処理と会話型による個別処理を組み合わせ採用し、柔軟性のある効率的な作図処理を行っている。各種の物件へ適用して大きな省力化効果が確認され、また業務の標準化、工程の平準化が進んだ。

Synopsis:

The rationalization of steel structure fabrication by applying the CAD system has been studied. Using input data from design drawings, the system generates shop drawings, cutting templates, NC tapes and a variety of fabrication order sheets. Efficient and flexible drafting has been performed combining automated and interactive processing. This system has realized large laborsaving effects and standardization and optimization of job schedules through applications to many projects.

働しており、ビル建築用の工作図システムは 1986 年 6 月より同工場および川崎製鉄エンジニアリング事業部の千葉鉄構加工センターで利用している。

本報告は、我が国の鉄骨業界における CAD システムの利用状況、システム化における問題点と基本方針および構築したシステムの概要と稼働実績について紹介し、さらに、鉄骨 CAD システムの今後の課題について記述する。

2 鉄骨業界における CAD システムの利用状況

鉄骨 CAD システムが市販されるようになったのは 1982 年頃からであり、ほぼ同時期に鉄骨製作工場各社での自主開発も行われるようになった。その後、商社系ソフトウェアハウスの開発による鉄骨 CAD システムが多数導入されるにおよんでマーケットの存在が確認され、開発および販売への参入が相次ぎ、鉄骨 CAD の導入ブームとなった。

鉄骨 CAD の導入状況についての正確な資料はまだ公表されていないが、筆者らの調査によれば、少なくとも社団法人全国鐵構工業連合会「全構連」の認定工場(建設大臣認定工場 2030、1987 年 4 月現在)のうち、比較的規模の大きいと思われる H グレードでは 177 工場中 79 工場(45%)がなんらかの CAD システムを導入しており、規模の小さい M グレードでは 845 工場中 100 工場(12%)、R グレードでも 1008 工場中 22 工場(2%)と、着実に導入が進みつつある。また、一言に鉄骨 CAD といっても範囲が広く、(1) パソコンを利用した現寸型板作成を中心としたシステム、(2) ミニコンを利用した本格的な工作図作成システム、(3) 汎用コンピュ

* 昭和63年9月1日原稿受付

ータを利用した工作図から現寸までの一貫型の CAD システム、に分類できる。導入数では、価格の低さからパソコンによるシステムが圧倒的に多く (66%)、ついでミニコン (30%) となっている。

本報告書で述べるシステムは上記の (3) に位置づけられるシステムである。

3 システム開発の問題と取組み方

3.1 システム化への問題点

鉄骨 CAD システムの開発に先立って考慮すべき問題点は次の 3 点である。

- (1) 設計の標準化が進んでいない。
- (2) 図面の付加価値が低い。
- (3) 修正、変更が頻繁にある。

「鉄骨の設計は納まり」からと言われるように、接合部の詳細化が製作工場の設計業務の主体となるが、建築物および設計者によってディテールが異なっているため、すべての建物、部材、接合部を一括処理するシステムは、開発工数が膨大となり非現実的である。

また、建物の部材数が多く、すべての部材について工作図を作成する必要があるため図面の枚数が多量である。製品の付加価値が低いため図面上の情報量が多い割には図面自身の付加価値が認められていない。また、建物が個別に設計されているため図面の再利用はほとんどない。

さらに、鉄骨は主要構造体であるが、その業務フローは Fig. 1 に

示すように設備、仕上げ等の他業種との取り合いが多く、また鉄骨にはさまざまな小部品 (鉄筋孔、配管スリーブ貫通孔、エレベータ取付部材、外壁パネル受け、建方用仮設部材等) が取り付けられている。工作図の作図開始時点ではこれらの小部品の設計情報は確定しておらず、図面を一度出図した後の設計者、ゼネコンとの折衝を通じて決めざるをえない。そのうえ、テナント等の用途の変更による設計変更があり、図面への加筆、修正の負荷が大きい。

3.2 システム開発の基本方針

(1) 処理の高速化と多量処理

多量の図面を高速に処理するため、小部品の書き込みのない粗図段階までは、パラメータ入力による一括処理によって作図する。また、データ入力を集約するため部材データ、継手データ等のリスト化できるものは一括入力とする。対象部品のパターン化を進めるため、比較的バリエーションの少ないビル建築の主要構造部材 (柱、梁) を一括処理の対象とする。

(2) 会話型 CAD による柔軟性

工作図の仕上げ段階においては、前述した小部品の書き込み、一括処理の対象でない異形部材の作図、修正および図形や文字の配置等のレイアウト上の修正等、図面 1 枚 1 枚にたいする柔軟性のある処理が必要となるため鉄構部材用の会話型 CAD を独自に開発した。

会話型 CAD を独自開発した理由は、先行して開発した現寸システムでは、対象部品を広くするために市販の 2 次元汎用 CAD を使用したが、その結果 ① 市販 CAD そのままでは作図能率が低い、② 市販 CAD のユーザーマクロを利用してプログラム化しても処理速度が遅くなる、③ 市販 CAD は多様な機能を持ち容量が大きい、鉄骨では一部の機能しか使わず、メモリーおよびディスクともに必要容量が過大となることが判明したためである。

開発した会話型 CAD は、直線、円、寸法等の基本製図機能の他、鋼板や形鋼を部品として効率的に処理することができ、橋梁等にも適用できるように拡張性を持たせている。

(3) 操作者に違和感を与えない使いやすさ

システムに関する知識、経験のない担当者でも短期の教育で操作を習得でき、日常の操作においても極力マニュアルを参照せずにすむような取り付けやすさと操作性の良さをねらった。

全体的にはシステムの流れを従来作業の流れに沿ったものとし、漢字ガイダンス等多用している。工作図システムでは、部材の配置をグラフィックディスプレイに向かって構造物を組み立てるイメージの会話型処理とし、梁伏図、軸組図に近い表示で入力状態が確認できるようにした。また帳票システムでは階層式のメニュー画面を採用して操作性を良くしている。

(4) 柔軟性のあるデータベース

データベース (DB) の設計について、開発当初は図形情報と属性 (数値) 情報の一元管理を指向したが、複雑な変更に対応するためにはデータベース自身の構造が複雑になり、開発負荷が増すばかりでなく操作性、応答速度にも悪影響がでてくることが判明したため、各サブシステム単位にデータベースを持つこととした。データベースを分割したことにより各サブシステムの独立性が強くなり、変動が大きい実運用に対しても柔軟に対応することができる。

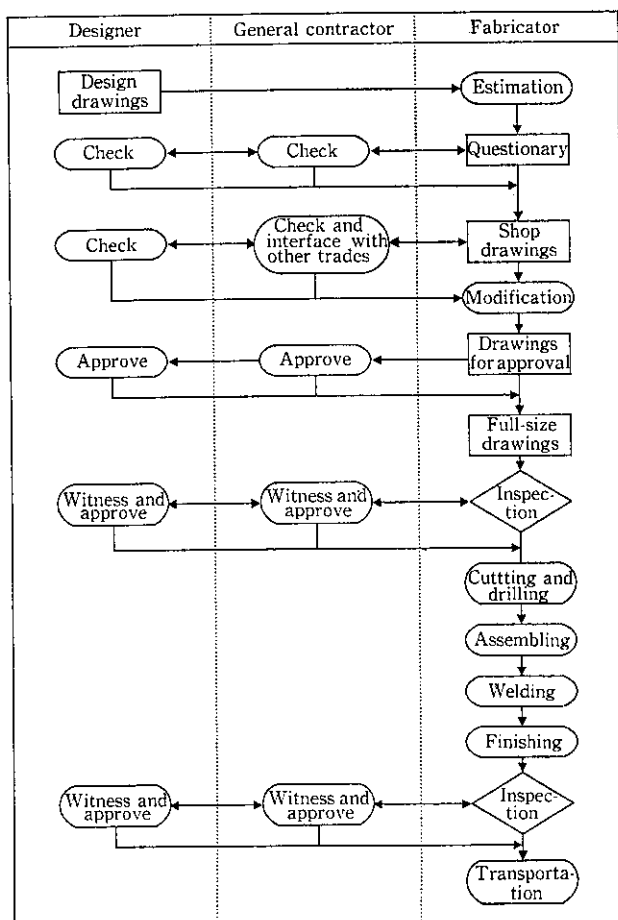


Fig. 1 Flow diagram of fabrication process

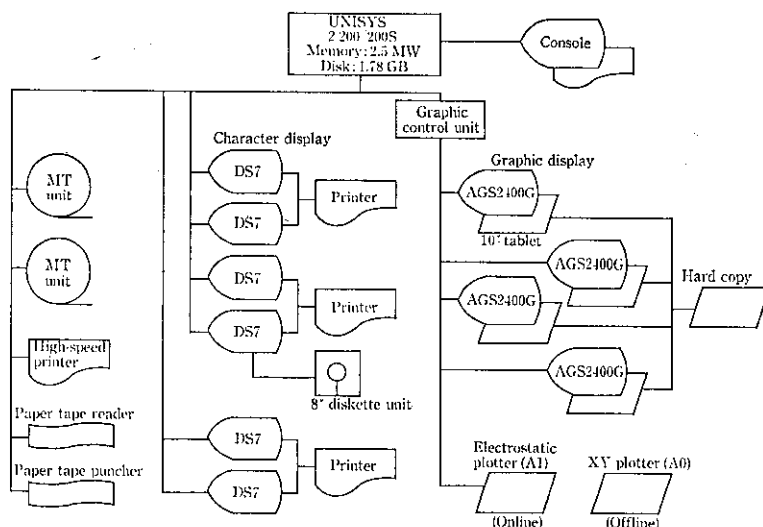


Fig. 2 Hardware configuration at Marugame Works

4 システムの概要と効果

4.1 ハードウェア構成

四国鉄工(株)丸亀工場における、本システムのハードウェア構成を Fig. 2 に示す。UNISYS 2200/200S をホストとし 10 インチのタブレット付きのグラフィックディスプレイを 4 台、データ入力および出力指示用のキャラクターディスプレイを 6 台接続している。図面関係の出力装置としては、工作図用に A1 サイズのオンライン静電プロッターを、型板用に A0 サイズのオフライン XY ペンプロッターを設置している。その他には NC テープ作成用に紙テープパンチャーおよびリーダーを接続している。

なお、東京におけるシステム開発用には、より大型のホストコンピュータ UNISYS 1100/71 を使用した。

4.2 システムの流れ

本システムは Fig. 3 に示すよう大きく 3 つのサブシステム(工作図、現寸、帳票)より構成されている。これらのサブシステムは連結して一貫した処理ができるよう設計されているほか、各サブシステムごとにデータの一括入力機能を持ち、複雑な設計変更や作業量の超過による業務外注等に対応し各サブシステムの独立運用もできるようにしている。

4.2.1 工作図システム

工作図システムは、以下の 5 つの部分に大別できる。

(1) 基準データの入力

工事の登録の後、設計図より部材の断面データおよび継手データを読み取り、データシートを作成して一括して登録する。

(2) 建物構成データの入力

次に、グラフィックディスプレイに向かい会話型で通り名、通り心間寸法、階数、階高等の建物基準寸法を定め、この基準線を用いて柱、梁等の部材を設計マークを呼び出しながら配置する。継手位置、継手基準マーク、梁下がり、製品マーク等を加えることによってデータベース内に建物全体の構成データが組み上げられ以降の処理の元データとなる。操作はメニューシート上のコマンドを選択することによって行われ、入力状況も逐次梁伏図、軸組図形式で確認できるため、熟練を要せず短時間に入力ができる。Fig. 4 に構成データの入力画面を示す。

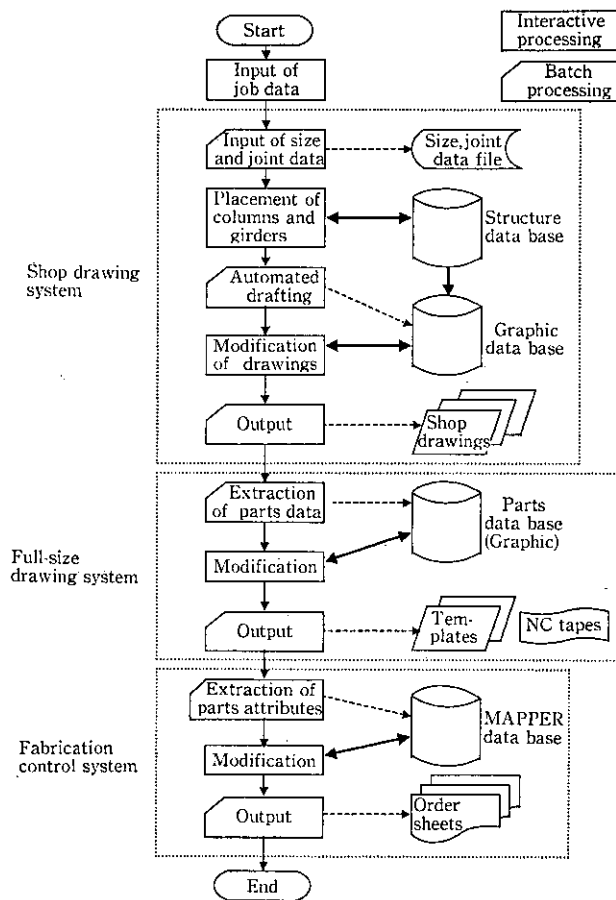


Fig. 3 Conceptual flow diagram of steel structure CAD system

(3) 自動作図

詳細図の作成はロット(節、階)ごとの一括処理による自動作図で高速化と省力化を図っている。柱と梁の仕口部のプレートは、処理実行時にパラメータを与えて自動生成しており、また用紙上への配置も自動処理による効率化を図った。自動作図された図面は図形データベースとしてディスク上に保存され修正または出力指示を待つこととした。

(4) 図形修正

一括処理によって作成された詳細図は、鉄構専用の会話型

設備（切断、孔明）、製作工場、ロット等を持っているため、「第1節の大梁で形鋼NC加工機にかかる部品」というように細かい単位で製作指示を行うことができる。

データベース管理および帳票作成には、日本ユニシス社の汎用簡易言語である MAPPER を使用している。開発効率がよいこと、画面メニューの自由な設計ができることおよび会話型コマンドおよびユーザー作成のランプログラムによりデータベースの照会、加工が容易にでき拡張性がある等の理由により採用した。

4.3 稼働実績と効果

現寸・帳票システムは1985年1月より稼働し、すでに、丸亀工場で製作するほとんどの鉄骨（3年間で5万トン強）を処理しており同工場の生産システムとして定着している。また、1986年6月に稼働した工作図システムは川崎製鉄千葉鉄構加工センターおよび四国鉄工丸亀工場で利用しており、2万トン強の鉄骨を処理してきた。

運用による効果としては、上流部門である工作図、現寸部門では、システム化によって要員が減少し3割程度の効率化となった。その反面、生産情報を維持管理する負担、とくに設計変更に伴うデータベース修正の負担は大きくなってきている。また、生産情報を利用する計画部門では積算、集計、転記等の業務が減少し5割程度の生産向上につながった。

また波及効果としても、（1）製作のロット区分が明確になり工程がスムーズになった、（2）製作指示帳票が工場別、工程別に早期に出力できるため指示が明確になった、（3）転記、計算ミス、帳票間の食い違いがなくなった、（4）実績データが手軽に入手でき精算、計画、管理に利用できる等の様々な影響が現れており、最大の効果としては計画部門の事務処理作業負担の減少により製造部門への技術サービスの密度が向上したことがあげられる。四国鉄工丸亀工場における端末機操作状況を Photo 1 に示す。

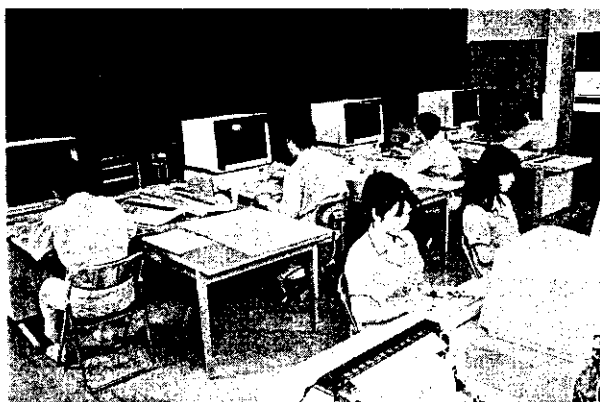


Photo 1 Terminal operation in Marugame Works

最近、パソコンを利用した、NCデータ作成システムや材料積算システムが販売されており、データの互換性によりこれらを補助システムにすることが、現実的な解決策の1つであると思われる。

また、汎用CADをベースとした適用範囲の広いシステムも登場しているが、鉄骨向けに特化したものでなければ効率性は望めない。計算機メーカーとユーザーの双方が協力した鉄骨向け汎用CADの開発と普及が望まれる。

（3）運用管理者の人材不足

鉄骨CADは発展途上のシステムであり、だからこそ運用者によって導入の効果は大きく異なる。鉄骨業界ではオイルショック以降の構造不況により、先取意識を持つ若手技術者の採用、育成が進んでおらず、また管理者側でも多種多様なシステムの客観的把握ができていない状況にある。システムといえどもしよせんは道具であり、使う人をいかに育てるかが利用者側の今後の課題ではなかろうか。

5 鉄骨CADシステムの課題

現在普及しているCADシステムを第1世代とすれば、CAD出図による工作図も広く出回っており一見定着した感があるものの、内容的にはやっと実用に使えることが確認された段階であり、今後解決すべき課題が多く残されている。本報告を終わるにあたり、本システムも含めた現在の鉄骨CADの主たる課題について述べる。

（1）価格が高い

ハードウェアとのセット価格の割にはハード自身の価格が下がっておらず、とくにプロッター、ディスク装置等の周辺機器が高い。また、販売見込み台数を少なくみているためソフトウェア開発費の比率が大きい。最近、EWS（エンジニアリングワークステーション）を利用したシステムが登場しており、また高性能パソコンによる本格的システムも発表されている。今後はこれらの高機能・低価格の新機種を利用し、さらにLAN（ローカルエリアネットワーク）にも対応した幅広いシステム構成が期待される。

（2）機能の制限が大きい

市販のシステムは、ビル建築を対象とした工作図作成システムと現寸型板作成システムに2分され、各々単独では実用域に達している。しかし、工作図から現寸型板あるいはNCテープまで一貫して処理し、設計変更にも対応できるシステムは価格とソフトウェアの制約の面からも難しいと言わざるをえない。

6 結 言

本報告では、CADシステムによる鉄骨生産の合理化の取り組みについて報告した。その要点は、以下のとおりである。

- （1）システムは、工作図、現寸、製作帳票の各サブシステムで構成しており、生産情報管理のための一貫型システムである。
 - （2）工作図システムでは、自動作図による高速・多量出図処理と会話型の入力、修正処理を組み合わせることで効率的で柔軟性のある作図を実現している。
 - （3）また、現寸システムでは型板、形鋼加工表を画面上で作成することにより部品情報を蓄積し、NCテープ等の作成を行っている。
 - （4）さらに、帳票システムでは部品属性情報をデータベース化し、製作指示、生産計画、進捗管理等多方面で活用している。
- 本システムは工場において定着しているが、生産自身が内外の環境変化により変遷するものであり、システムもそれに追従して成長しなければ陳腐化してしまう。生産システムの開発に終わりはなくと考えている。現在、会話型CADの機能強化を行い、EWSに移植する計画を進めている。また一方では、工場内の材料管理、工程管理等への連結を深め、将来的には溶接ロボット等の工場内の生産システムへのCADデータの利用を行い、工場全体のFAシステムの構築へ向けて取り組んでいきたい。