

【プログラム紹介】

自動化システムによる橋梁の設計・製図への適用 (板桁の自動設計・製図システム)

Application of Automatic Computer System to Design of Bridges

小神野 竹 男 *
Takeo OKANO
松 原 哲 朗 **
Tetsuro MATSUBARA
深 尾 忠 弘 ***
Tadahiro FUKAO
堀 田 浩 ****
Hiroshi HORITA
塩 田 圭 三 *****
Keizo SHIOTA

1. まえがき

近年のコンピュータ関連技術の発達には、いまさらいうまでもなく、めざましいものがあるが、土木の分野での利用技術は、他の分野に比べればいまだ十分というところまでは至っていない。しかし、設計部門におけるコンピュータの利用は古く、当社においても昭和43年にこの業界の先駆を切って電算機を導入し、数々の成果（線形計算、構造解析、設計計算、工場関係等）をあげてきた。しかし、プログラム開発を始めてから10数年近く経過したこともあって、所有するプログラムも多種多様なものとなり、各種の技術の進歩に伴う利用者の要望も千差万別であり、これらを全て網羅することは、人的にも経済的にも非常に困難に成りつつある。一方各分野では、企業の発展をはかるため、合理化、消力化を行うということが重要な要因として取り上げられ、プログラムによる自動化に対する要望は高まり、より簡便な、より精度の高いシステムの要求が強くなってきた。

そこで今回、これらの要求を満たすと共に、利用者の意図を自由に反映させることができる自動化システムを旗印に、「自動化システムのあり方」について検討し、その主旨を、「板桁の自動設計・製図システム」に十分に反映することができたので、自動化システムのあり方を中心に、その概要について述べる。

2. 自動化システムのあり方

2-1 自動化システムの問題点

自動システム、一貫システムなどと呼ばれる自動化のためのシステムは、一般に、「初期の少量のデータで一括して最終結果が得られる」ことである。しかし、利用者側からは、なかなか良好な評価が得られないことが多い。それは、

- 1) 思い通りの結果が得られないとき、どのようにしたら良いか判断しにくい。

- 2) 入力データが多く、また複雑で、簡単に使用できない。
- 3) 一つの入力データの影響範囲が広く、予想外の所に悪影響を及ぼす。
- 4) 出力結果が一度に多く出され、見ずらく無駄が多い。
- 5) 出力結果は唯一であり、途中結果や、その時の状況に応じての選択ができない。
- 6) 出力結果の照査が良く解らない。
- 7) 処理時間がかかり、結果がタイムリーに得られない。
- 8) システムの一部分だけの使用ができない。

など、いろいろと問題が提起され、さらに、大規模システムの致命傷といえる。「機能追加や変更への対応が遅く、必要なときに利用できない」など、これらの問題の殆どが、

- 1) 人手作業とコンピュータ処理との作業分担がはっきりしておらず、相互のデータのやり取りがスムーズに行えない。
- 2) 標準化がなかなかできず、また、決めたことが守られない。
- 3) システムが大きく複雑で開発時間もかかり、十分なテストができない。

などの原因からきたものであろう。そこで、これらの解決策として、これから説明する各種のサポートシステムやツールの開発・整備を推進したことで、「自動化システムのあり方」についての第1歩を踏み出すことができた。

2-2 システムのモジュール化とライブラリー整備

既存プログラムを機能別に独立モジュールとなるように入出力を明確にし、他のプログラムとの関係を立ち切っている。また、既存システムやプログラムの内部で使われているサブプログラムを集合・分類し、機能別に

*川田工業株式会社電算センター部長 **川田工業株式会社生産本部生産企画係長 ***川田工業株式会社電算センター係長 ****川田工業株式会社電算センター***** 橋システムエンジニアリング

サブルーチンライブラリーを整備して、さらに、必要と思われるルーチンを強化し、ライブラリーの利用の優位性を高めている。

[DSPEC]	道路橋示方書
[FIG]	図形定義
[DIF]	データベース I/O
[PAD]	図形作画
[KIHON]	線形要素
[BAT]	幾何演算

2-3 モジュール実行コントロールシステム

システムは全て、独立モジュールの集合としたことで、システムとして、各モジュールを連鎖的に動作させるための実行コントロールシステムである。このコントロールシステムの特色は、ある一つのモジュール内でエラーが発生したときのファイルリカバリーと強制停止、さらに、エラー時点からの再スタートを可能にし、利用者が意図した動作手順を簡単に記述、登録できるシステムである。

2-4 データベース

各独立モジュール間のデータ授受は、全てデータベースにより行われ、データは一元管理される。このデータベースは、汎用技術計算用データベースであり、数値データだけでなく、図形データも扱えるものである。また、データベースの I/O は、FORTRAN 言語により簡単に記述できるライブラリーも用意した。

2-5 ホストとパソコン間のデータ通信システム

電算周辺機器及び、パソコン等が非常に安価になり、各部所に数台ずつパソコンやターミナルを配備することが可能になった。そこで、システム利用者が、途中結果や処理状況をいつでも知ることができるように、各部所に配備されたパソコンを使い、ホストとの会話を可能にした。

2-6 パソコン入出力支援ツール

パソコン側の会話型 BASIC 言語開発ツールであり、パソコンに対しこのような画面表示をしてくれと、キー操作により画面表示を一度作って見せることで、その BASIC 言語のプログラムを作り出すものである。

2-7 システム・テストツール

モジュール単体テスト、システム連動テストと大きなシステムでは、システムテストのスケジュールを十分用意していないと、システム全体の品質低下に直接結びつくため、重要な作業である。テストツールとしては、データの自動創成、動作手順のトレース、動作頻度等を測定する機能が必要となる。

2-8 システム開発技法の確立とドキュメントの整備

さまざまな分野で、最近の著しい技術革新と生産性の向上がみられるものの、ソフトウェアの開発については、今なお旧態とした方法で開発が進められている。特に、自動化システム等という大規模システムでは、ニーズが多様化し複雑化の一途をたどっている。このような状況で、ソフトウェア開発・運用の効率化をどのように確立するかが急務であり、当社にあった技法を見つけ出すことが必要である。一例として、プログラム設計ドキュメントの手法を確立し、教育を進めている。

3. 板桁の自動設計・製図システムへの適用

3-1 モジュール化

線形計算、構造解析及び設計計算等は、単独のプログラム (LINER-XY, PLANEGRID, ISECT等) として、すでに存在し多くの利用者に使用され実績を上げている。

そこで、システムを構成させる上で、これらのソフトウェアを新たに作成することは、時間・経費等に無駄がある。そこで、これらの既存ソフトウェアをそれぞれ独立したモジュールとし、おのおののプログラムは単独に働き、お互いに影響をおよぼさないようにした。また、プログラムの入出力には、データベース (D/B) をもちい、それらをインターフェースプログラムを通して、各プログラムに受け渡すようになっている。

たとえば、線形計算より求められる座標・線形要素等を D/B に入れておき、これをインターフェースプログラムを使って構造解析にデータを受け渡す。そして、構造解析の結果を D/B に書き込み、同じようにこの D/B をインターフェースプログラムを使って設計計算を行い、求められた結果を D/B に入れておき、いつでもどのプログラムからでも取り出せる状態にしてある。

つまり、既存のソフトウェアを個々のモジュールとすることで、他のモジュールの影響を受けることなく、今

までのソフトウェア同様の働きをする。このように、有効にモジュールを稼働させ、システムに一連のつながりをもたせているのが、インターフェースプログラムであるが、これは、実行コントロールシステムの中で述べることにする。

3-2 ライブラリー

3-2-1 概要

当社では、これまでに各種のライブラリーを作成し、プログラム開発に有効的に利用してきている。ライブラリーを作成する効果としては、

- 1) プログラム開発の支援を図る。
- 2) プログラムのメンテナンスの容易性を高める。
- 3) プログラムの標準化を図る。

などがあげられる。

今回の板桁の自動設計・製図システムにおいても、ライブラリーを積極的に利用したシステム開発を行ってきた。また、新たに道路橋示方書ルーチン、図形定義ルーチンのライブラリーを作成したので、その概要を以下に述べる。

3-2-2 道路橋示方書ルーチン〔DSPAC〕

道路橋示方書のルーチン化は、これまで各プログラムごとに行われてきた。このため、道路橋示方書の改訂による修正を行うとしても、計算方法、計算式が変わっただけで、プログラム全体を修正もしくは作り直しというように、大変な作業となっていた。そこで、システム全体を将来の道路橋示方書改訂に備えるために、鋼道路橋示方書・同解説（昭和55年2月）の内容に基づいて、式・表の規定部分をライブラリー化したものである。本システムはもちろんのこと、その他これを使用するプログラムにおいても使用できるよう配慮されており、設計プログラムの強化につながるといえる。

3-2-3 図形定義ルーチン〔FIG〕

一般に図形処理として必要となる作業は、

- 1) 図面のレイアウト（構造図の図面配置）
- 2) 図形の座標計算
- 3) 図形の結び情報（直線、円弧等）
- 4) 図形の補助情報（寸法線、タイトル等）
- 5) プロッターコードへの変換

などがあり、これらを混在して処理しようとすると、大

変複雑なことになる可能性がある。特に本システムのように、取り扱う部品が多い場合には、将来のメンテナンスを考えると多くの問題点が出てくる。この対策として、標準化された各作業のサブルーチン・パッケージを作成し、これを組立てることにより作業の煩雑さを解消すること、及び、作業単位を分割し処理範囲を小さくすること、などが考えられ、本システムでは従来から使用されていた図形作画ルーチン〔PAD〕の上位に図形定義ルーチン〔FIG〕を作成し、図形定義と図形出力を分割した。

〔FIG〕とは、図形情報（直線、円弧等）を一担図形データエリアに入れ、図形の組立て、修正を行った後に、図形データファイルに保存し、図形出力装置に出力する図-1に示すようなルーチンであり、次の7つのサブルーチン群より構成されている。

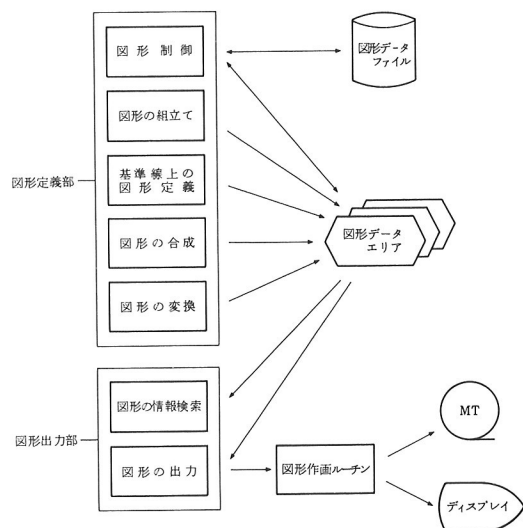


図-1 図形定義ルーチンの構成

1) 図形制御ルーチン

図形データエリアと図形データファイルとのI/Oコントロールを行うルーチンである。

2) 図形の組立てルーチン

線分（直線、円弧等）を一本一本入力することにより、図形データエリア内に一つの図形として組立てて登録するルーチンである。

3) 基準線上の図形定義ルーチン

構造物の中心線に基づいて部品の図形定義を行うルーチンである。

4) 図形の合成ルーチン

個々に定義した二つ以上の図形を一つの図形にする処理、隠線処理、マスク処理を行うルーチンである。

5) 図形の変換ルーチン

図形の移動、回転、複製、拡大、縮小、反転を行うルーチンである。

6) 図形の情報検索ルーチン

閉合図形の面積、周長の計算、図形データ内の特定座標値の検索を行うルーチンである。

7) 図形の出力ルーチン

図形データファイルに登録された図形データをドロッター用M/Tに出力するルーチンである。また、グラフィックディスプレイを使ったプレビューの機能も持っている。

以上の機能を有している〔FIG〕を使用することにより、個々の図形の自由度が高くなり、プログラムの煩雑さも解消され、モジュール化を進める上で有効なライブラリーとなった。

3-3 実行コントロールシステム〔MJCS〕

板桁の自動設計・製図システムは、独立したモジュールを組合せて実行させることで、システムとして稼働しているものである。個々のモジュールは、一つのプログラムとしての機能を持っており、単独でも実行できるものである。例えば、構造解析、主桁断面計算などである。

これらの独立したモジュールを組合せ、システムとして機能させるためには、個々のモジュールに対し一貫性のあるデータを送り込むインターフェースプログラムを作る必要がある。

各モジュールは、システムとして機能しているかどうかは知らされず、通常の入力装置からデータを取り込むように動くが、実はインターフェースプログラムから取り込むことになる。出力も同様でインターフェースプログラムに対してアウトプットしている。インターフェースプログラムは、必要なデータをD/Bから取り出してモジュールに渡し、また、モジュールから受け取ったデータをD/Bに収めている。

実行コントロールシステム〔MJCS〕は、実行手順ファイルに書かれている順に、線形計算、構造解析、主桁断面計算と次から次へモジュールを実行させ、それらの間にインターフェースプログラムを実行させることで、個々のモジュールに対し一貫性のあるデータを送り込

るようにした図-2に示すようなシステムである。

〔MJCS〕が参照する実行手順ファイルは、設計者にオープンされており、設計者は自由に実行手順の内容を修正・変更・追加でき、また、複数種の手順を登録することも可能である。設計者が与えた実行手順に従い、順次モジュールを実行してくれるので、板桁の自動設計・製図システムのある一部のサブシステム、または、プログラムを利用したいときに有効である。前述のインターフェースプログラムでは、個々のモジュールに必要なデータが、D/Bに既に登録されているかどうかチェックしてくれ、未登録なデータがあるときは、そのガイダンスを表示してくれる。また、あるモジュールでエラーが発生した時は強制停止させ、エラー発生によるD/Bの破壊を最小限に食い止め、実行手順の経過とその結果を記憶することで、強制停止したモジュールより再スタートさせることも可能である。

このように、独立したモジュールをシステムとして運用するためのキーワードは、実行コントロールシステムが握っているといつて良いであろう。

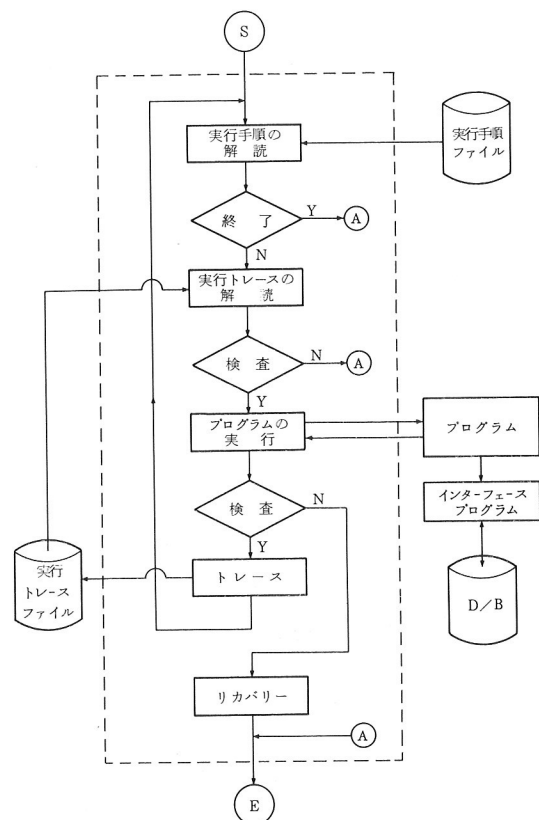


図-2 実行コントロールシステムの流れ

3-4 データベースシステム〔FORGETS〕

3-4-1 データベースシステムの導入について

板桁の自動設計・製図システムは、いくつかのモジュール化された各サブシステムから成り立っており、サブシステム間のデータの受け渡しは、全てデータベースを通して行われる。このデータベースは、各サブシステムの処理が終了することによって完成されるため、これらのデータの取り扱いには非常に重要である。また、本システムにおいてのデータベースシステムは、

- 1) データの構造的な扱いが必要であり、複雑なデータ構造を簡単に定義できること。
 - 2) データの物理的な条件にとらわれない。
 - 3) データは重複しないこと。
 - 4) データの追加・更新・消去が容易であること。
 - 5) データの拡張・再構成が容易に行えること。
 - 6) データの合理的、かつ、統一的な管理ができること。
 - 7) 取り扱うデータが大量なことや、分散処理、単独処理、多重処理を行なうため、データの機密保護や修復が容易であること。
 - 8) システムの開発及びメンテナンスが容易であること。
- などの条件を満足する必要がある。

データベースシステムといっても、市場に出ているもの、各社独自に開発したものを入れると数え切れない程である。また、これらは各所に硬直さが目立ち、技術計算には利用しにくいものが多い。そこで、データベースシステムの調査・検討を行った結果、当社に合った使用性・適応性に優れたデータベースシステムを、独自に自社開発することにした。

3-4-2 データベースシステムの概要

今回開発を行ったデータベースシステムは、

- 1) 板桁の自動設計・製図システムのデータは、他の技術計算システムでも多く見られる階層構造のデータとなっている。その論理構造を失わずに、一つの集合体を作成して集中管理することにより、データの重複や矛盾の発生を排除した。
- 2) ボリュームの異なるデータを混在させることが可能で、しかも不用な領域は発生しない（可変長レコードが扱える）。
- 3) データのアクセス手順は、ランダム方式・シーケンシャル方式が可能である。また、ランダムに位置付けて、そこからシーケンスにアクセスすることもできる。

- 4) データには、名称を付けて管理する。すなわち、フォートラン・ダイレクトファイルのレコード番号という概念はない。また、データに付けた名称群に名称を付けて、その名称群に名称を付けることも可能とした。これによって、データの階層構造を実現できる。

- 5) データベースのアクセスは、フォートランのサブルーチン呼び出す形式で行う。

などの特徴をもったものである。

一例として、図-3に示す、部品の展開的な階層構造を考えた場合、基本部品の登録、中間部品の登録、製品の登録などを行ったり、それらの検索をしたりすることができる。また、基本部品の諸元を変更すると、図-4に示すように中間部品や製品にも自動的に反映される。

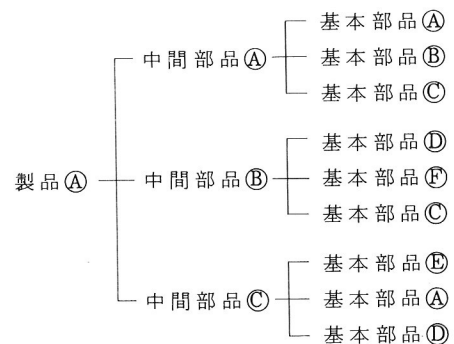


図-3 概念図-1

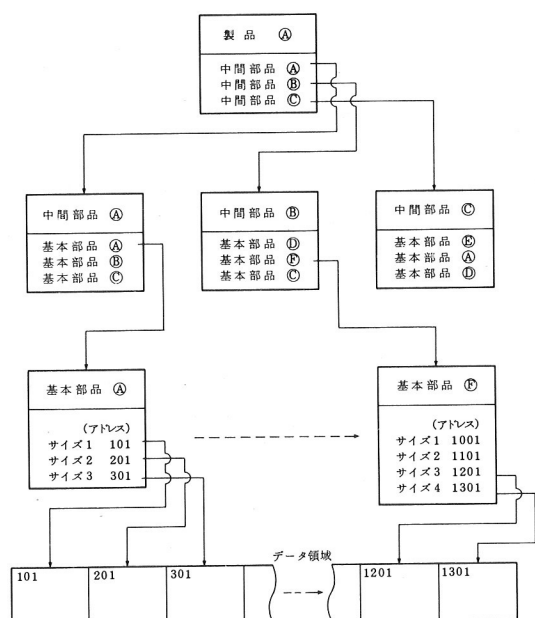


図-4 概念図-2

3-5 パソコンによる会話型データ編集システム〔EDIDS〕

当社における従来の自動設計・製図システムでは、大型機を用いて、一連のバッチ処理による一貫システムとして開発されていた。その結果、柔軟性に乏しく、一度システムをスタートさせると、利用者にとっては、データエラーあるいは利用者の意図する結果が得られないこともあり、利用者の不安や不満が増す原因となっていた。そこで、これらの利用者の不安や不満を解消するために、ホスト側のインタラクティブ機能をもった、パソコンによる会話型データ編集システム〔EDIDS〕の開発を行った。これにより、利用者が途中結果や処理状況などを知ることが可能となった。

〔EDIDS〕とは、

- 1) 各種断面計算のトライアル、断面性状の修正。
 - ・主桁の断面計算
 - ・補剛材の計算
 - ・添接の計算
- 2) システムのモジュールのスタート及び処理状況の把握。
- 3) 図面レイアウト及び部材の取り合いチェック。

などの機能を有している。これらの機能を有効的、かつ、合理的に行う〔EDIDS〕は、図-5に示すように、

- 1) ホストとパソコン間のデータ通信システム〔UUX〕
 - 2) パソコン入出力支援ツール〔IOTOOL〕
 - 3) 土木・建築設計システム〔SUCCES〕
- の3つのシステム及びツールを有機的にまとめたものである。

〔UUX〕とは、利用者の意図（途中結果や処理状況の把握及びデータ修正等）を十分に反映できるように、パソコンとホストとの会話を可能にする、通信回線制御システムである。

〔IOTOOL〕とは、利用者が文字及び図形で画面表示を一度作り、パソコンに認識させることで、この画面のプログラム（BASIC言語）を容易に作り出すことができるものである。これは、画面により目視で確認でき、非常に操作性に優れたプログラムを容易に作り出すという、画面入出力プログラム作成用ツールであり、大幅なプログラム開発経費及び工期の削減を可能にした。

〔SUCCES〕とは、設計システム、積算システム、測量システム、その他の広範囲にわたり分野別に集大成

された、土木・建築設計関連の設計計算プログラムシステムである。入力方式は簡単な対話型で、画面の質問に答えるだけでよく、データの修正も容易で最終計算結果の適否を自動判定できる。また、画面はもちろん、出力にも漢字処理を実現しており、利用者にとって非常に操作性に優れたものとなっている。

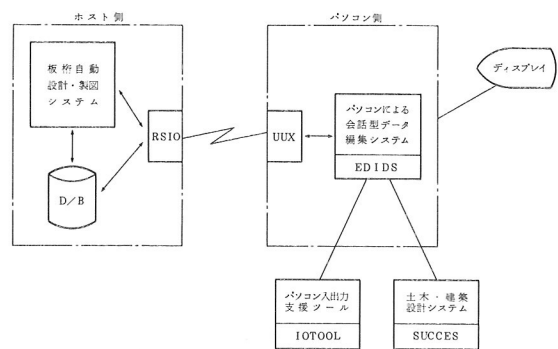


図-5 パソコンによる会話型データ編集システム

3-6 その他

本システムの開発に先立って、システム計画、基本設計、詳細設計、プログラミング、テストの各工程を明確にした開発工程を設定した。また、各工程でのドキュメンテーション、作業内容の標準化を行い、プログラムとドキュメントのギャップの解消に努めた。これにより、システム開発・運用・保守における全体的効率は向上したといえる。しかし、当社に合ったシステム開発手法の確立までには至っていない。現在、この手法を確立するために、標準化を進めている状況である。

4. 自動設計システム

4-1 概要

自動設計システムは、図-6に示すように、線形計算、構造計算、設計計算から構成されている。

線形計算より、線形計算書、線形図、線形ファイルを作成し、この線形ファイル及び設計データを読み込み、構造計算、設計計算を行って、構造計算書、設計計算書、応力図、設計ファイル、基本ファイルを作成するものである。さらに、この設計ファイル、基本ファイルが、自動製図システムに引き継がれる。

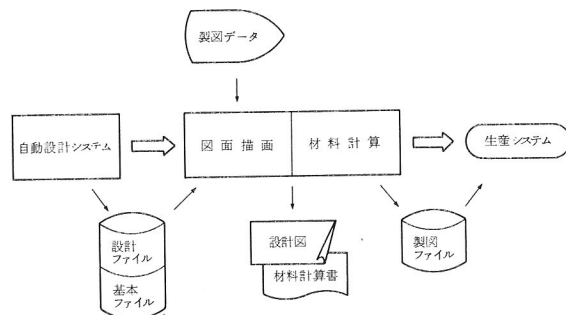


図-6 自動設計システム

4-2 適用範囲

1) 構造形式としては、

- (1) 単純活荷重合成板桁
 - (2) 単純非合成板桁
 - (3) 連続非合成板桁
- の3種類である。

構造形状としては、直橋・斜橋・パチ形橋・曲線桁橋の組合せであるが、枝桁のあるものは考慮していない。また、各主桁の桁高は、橋軸方向は一定とし、橋軸直角方向は変化することができる。

2) 各発注機関（建設省・日本道路公団・首都公団・阪神公団等）の仕様に従って設計できる。

3) 構造解析は、変形法を使用しているが、自動設計システムを使用しないで解析した断面力を直接入力することも可能である。

5) 骨組形状の制限としては、主桁本数：12本、支間数：6径間、横断面数：100本、主構造の節点数：550、部材数：1000までとする。

4-3 システム構成

設計システムは、図-7に示すように、コントロールシステムの下に、多数のプログラム群を構成しており、コントロールシステムの管理のもとに、順次プログラムが実行される。

プログラム間のデータの受け渡しは、線形ファイル、設計ファイル、基本ファイルにより行っている。

- 1) 線形ファイルには橋梁各部の線形情報（平面座標、標高、その他諸寸法）を保存している。
- 2) 設計ファイルには設計計算における計算結果が保存されており、設計の実行に伴い更新されてゆき、設計の全プログラムが終了した段階で完成される。
- 3) 基本ファイルには設計・製図システム全体におい

て使用する共通情報（設計条件、各定数等）を保存している。このファイルの内容は、本システムのどのステップからでも変更できる。

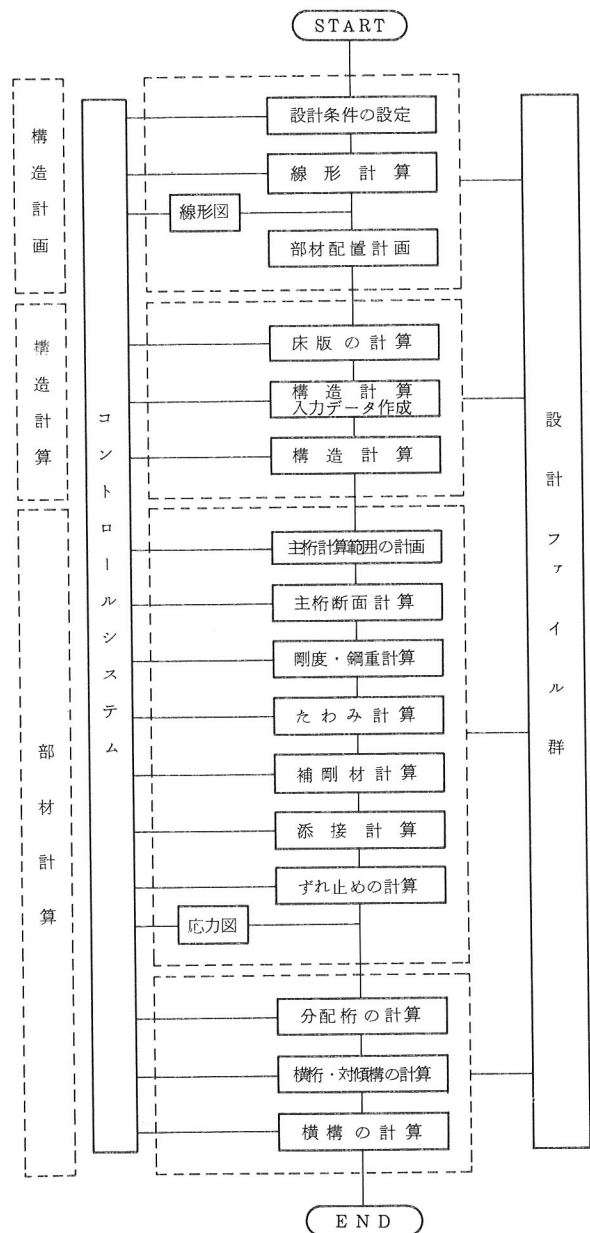


図-7 設計システムの構成

鋼橋の設計では、設計条件や設計者の判断による変更が非常に多く、設計条件が変更になったり、設計計算の結果を見て修正したいということが要求される。そこで、これらのファイルがあることにより、設計条件等の変更を行い、変更された条件により再計算をして、結果を更

新するといった一連の変更処理の扱いが、非常に簡単になるといえる。また、設計ファイルがあることは、設計計算が終了すると同時に、自動製図の膨大な入力データを自動的に作成することになり、製図入力データ作成に対する設計者の負担を軽減することができる。

設計システムの処理は、初回に入力データを入力すれば、一括して一連の設計を行って結果を出力し、その結果を設計者が判断して、修正計算、再計算を行いながら、設計を進めていく流れになっている。処理方式としては、バッチ処理を主体としているが、入力データについては、設計者が端末機（パソコン）に向かって入力する方法をとっている。また、主桁断面計算など、修正計算の多い処理については、設計ファイルの内容を直接更新できる会話処理プログラムを作成して、設計者が電算機と会話しながら満足のいく断面の決定をしやすいように、計算時間

の短縮を図っている。

入力データは全て入力チェックを行っており、入力データにエラーがあった場合、コントロールシステムにより、エラー以降の処理をストップし、エラーの内容を出力して終了することになっている。これは、誤った設計及び、修正計算、再計算の手もどりによる無駄な時間を費やすことを避けるためである。

出力は、設計の途中では、修正計算、再計算が多いことから、できるだけ一覧表形式として出力を少なくし、設計者の判断をやすくしている。設計計算書形式の出力は、設計計算が完了した時点で出力する。これは、設計ファイル、基本ファイルがあることにより可能であるといえる。また、設計計算書、応力図等は全て日本語により出力されるので、非常に見やすくなっている。その中の設計計算書の一部を、図-8～図-10に示す。

G-1	断面番号 12	（支点からの距離 XS）= 91.000 m

* モーメント + M = 406.400 t・m - M = -400.700 t・m *		

	A	y A*y A*y 2
1-U. Flg (SS41)	41.0 * 1.6	65.6 130.8 8580. 1122327.
1- Web (SS41)	260.0 * 1.1	286.0 1611133.
1-L. Flg (SS41)	44.0 * 2.2	96.8 131.1 12690. 1663722.
-----		448.4 -4110. 4397182.
		-37672.
		I s = 4359510.

e	= -4110. / 448.4	= -9.2 cm
Y u	= 130.0 + 1.6 + 9.2	= 140.8 cm
Y l	= 130.0 + 2.2 - 9.2	= 123.0 cm
作用曲げモーメントによる応力度 (+)		
σ_c	= 40640000. / 4359510. * 140.8	= 1312. kg/cm ²
σ_{ca}		= 1400. kg/cm ²
σ_t	= 40640000. / 4359510. * 123.0	= 1147. kg/cm ²
σ_{ta}		= 1400. kg/cm ²
作用曲げモーメントによる応力度 (-)		
σ_t	= 40070000. / 4359510. * 140.8	= 1294. kg/cm ²
σ_{ta}		= 1400. kg/cm ²
σ_c	= 40070000. / 4359510. * 123.0	= 1131. kg/cm ²
σ_{ca}	= 1400. - 12 * (2.116 * 500.0 / 44.0 - 9)	= 1219. kg/cm ²
抵抗モーメント		
+ M	= 433.579 t・m	- M = -432.095 t・m

合成応力度の調査

(CASE 1) $M = 406.400 \text{ t} \cdot \text{m}$ $S = -55.100 \text{ t}$
 $\sigma = 1297. \text{ kg/cm}^2$ $r = -193. \text{ kg/cm}^2$
 $k = (1297./1400)**2 + (-193./800)**2 = .92 < 1.2$

(CASE 2) $M = -400.700 \text{ t} \cdot \text{m}$ $S = -85.600 \text{ t}$
 $\sigma = 1279. \text{ kg/cm}^2$ $r = -299. \text{ kg/cm}^2$
 $k = (1279./1400)**2 + (-299./800)**2 = .97 < 1.2$

图-8 主桁断面

G - 1 所 連結 2		
X = 19.183 m		
1) 作用断面力		
M S =	358.600 t. m	
S =	33.800 t	
2) 主桁断面		
U - F l g	39.0 * 2.2	^A 85.8 cm2
W e b	180.0 * .9	162.0 cm2
L - F l g	39.0 * 2.2	85.8 cm2

I s = 1861544. cm4	Y s u = 92.2 cm	Y s l = 92.2 cm
3) 作用応力度		
合 計	$\sigma u (kg/cm^2)$	$\sigma l (kg/cm^2)$
(+)	1776	1776
(-)	0	0
4) 上フランジの連結		
1 - F l g	39.0 * 2.2	A = 85.8 cm2
σd	= 1776 kg/cm2	> 0.75 * 2100 = 1575 kg/cm
N r e q	= 15.9 本以上	16本使用
ρa	= 9600 kg	(F10T M22 二面摩擦強度)
連結板		
1 - S p l . P L . (S M 5 3)	39.0 * 1.2	46.8
2 - S p l . P L . (S M 5 3)	17.0 * 1.4	47.6

		94.4 cm2 > A

图-9 添 接

主桁断面一覧表(表 1)

IS ECT I	SECTION (MM)	(FLG)	IS (CM4)	YU (CM)	L	IREG. MI	MOMENT I	STRESS (KG/CM2)	COMBINED STRESS I
I NO. I	(U-FLG) I (WEB) I (L-FLG) I (WEB) I A (CM2) I YL (CM) I (CM) I (TM) I (TM) I (U-FLG) I (L-FLG) I (MAX)								
I (1) I	I 380*16 I 2050*10 I 380*16 I (SS41) I 2015507 I 104.10 I 459.5 I 271 I 255.2 I 1318 < 1400 I 1318 < 1400 I M= 255.2, S= 63.3 I								
I I	I I I I (SS41) I (326.6) I 104.10 I I I .0 I I I I (1.01 < 1.2) I I								
I (2) I	I 380*22 I 2050*10 I 380*22 I (SM50Y) I 2512478 I 104.70 I 475.0 I 503 I 489.8 I 2041 < 2100 I 2041 < 2100 I M= 489.8, S= 43.8 I								
I I	I I I I (SM50Y) I (372.2) I 104.70 I I I .0 I I I I (.94 < 1.2) I I								
I (3) I	I 500*25 I 2050*10 I 500*25 I (SM50Y) I 3408943 I 105.00 I 475.0 I 681 I 661.4 I 2037 < 2100 I 2037 < 2100 I M= 661.4, S= 21.6 I								
I I	I I I I (SM50Y) I (455.0) I 105.00 I 475.0 I -596 I -24.6 I 76 < 2100 I 76 < 1836 I (.90 < 1.2) I I								
I (4) I	I 380*22 I 2050*10 I 380*22 I (SM50Y) I 2512478 I 104.70 I 475.0 I 503 I 484.4 I 2019 < 2100 I 2019 < 2100 I M= 484.4, S= 55.2 I								
I I	I I I I (SM50Y) I (372.2) I 104.70 I 475.0 I -405 I -164.1 I 684 < 2100 I 684 < 1689 I (.94 < 1.2) I I								
I (5) I	I 320*16 I 2050*10 I 400*22 I (SM50Y) I 2166208 I 115.22 I 475.0 I 394 I 304.1 I 1618 < 2100 I 1314 < 2100 I M= -380.8, S= 92.0 I								
I I	I I I I (SM50Y) I (344.2) I 93.58 I 475.0 I -394 I -380.8 I 2025 < 2100 I 1645 < 1721 I (1.04 < 1.2) I I								
I (6) I	I 610*25 I 2050*10 I 580*32 I (SM50Y) I 4348215 I 111.44 I I I .0 I I I M= -797.6, S= 113.4 I								
I I	I I I I (SM50Y) I (543.1) I 99.26 I 475.0 I -819 I -797.6 I 2044 < 2100 I 1821 < 1894 I (1.12 < 1.2) I I								
I (7) I	I 650*34 I 2050*10 I 670*38 I (SM53) I 5873905 I 111.12 I I I .0 I I I M= -1068.3, S= 124.2 I								
I I	I I I I (SM50Y) I (680.6) I 101.08 I 500.7 I -1110 I -1068.3 I 2021 < 2100 I 1838 < 1925 I (1.13 < 1.2) I I								
I (8) I	I 610*25 I 2050*10 I 580*32 I (SM50Y) I 4348215 I 111.44 I I I .0 I I I M= -798.0, S= 109.1 I								
I I	I I I I (SM50Y) I (543.1) I 99.26 I 500.7 I -819 I -798.0 I 2045 < 2100 I 1822 < 1874 I (1.10 < 1.2) I I								
I (9) I	I 310*19 I 2050*10 I 430*22 I (SM50Y) I 2325268 I 114.74 I 500.0 I 425 I 180.5 I 891 < 2100 I 732 < 2100 I M= -403.3, S= 90.0 I								
I I	I I I I (SM50Y) I (358.5) I 94.36 I 500.0 I -425 I -403.3 I 1990 < 2100 I 1637 < 1737 I (1.00 < 1.2) I I								

図-10 主桁断面一覧表

5. 自動製図システム

5-1 概要

自動製図システムは、図-11に示すように、部材配置、図面描画、材料計算から構成されている。

自動設計システムで作成された、設計ファイル、基本ファイル及び製図データを読み込み、図面描画、材料計算を行って、設計図、材料計算書、製図ファイルを作成するものである。さらに、この製図ファイルが、生産システムに引き継がれる。

処理機能としては、自動設計システムが可能な構造と同等のものをもってあり、製図範囲としては、主桁、対傾構、横桁、横桁の4種類が描画可能である。

5-2 システム構成

製図システムについても、設計システムと同様に、コントロールシステムの下に多数のプログラム群を構成したものである。プログラム間のデータの受け渡しは、製図ファイル(基準線ファイル、図形ファイル)により行っている。

処理の流れとしては、図-12に示すように、はじめに製図に必要なデータを、設計ファイル及び製図入力データより、基準線ファイルに作成する。次に、各部材、部品の位置関係の調整を行い、基準線ファイルのデータの更新を行う。このデータより各部材、部品の図形情報を、

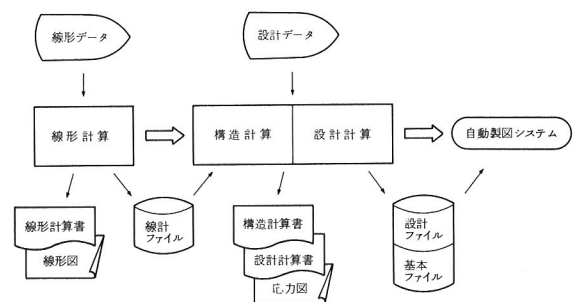


図-11 自動製図システム

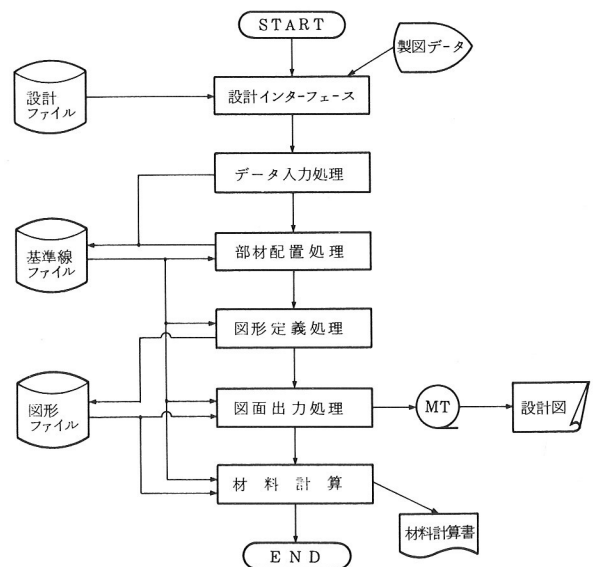


図-12 製図システムの流れ

図形ファイルに作成する。この図形情報を各図面に自動的に配置した後、磁気テープに取ってから、そのテープを自動製図機にかけて、図面の描画を行う。このように、製図システムでは、最初に構造図に対する条件が定められ、図面描画、材料計算まで一括して処理できるシステムになっており、設計者の処理に対する煩雑さを解消している。

製図システムでは、処理の過程より設計図面の品質に対する要求が多いのも一つの特色である。そこで、この要求を満足するために、

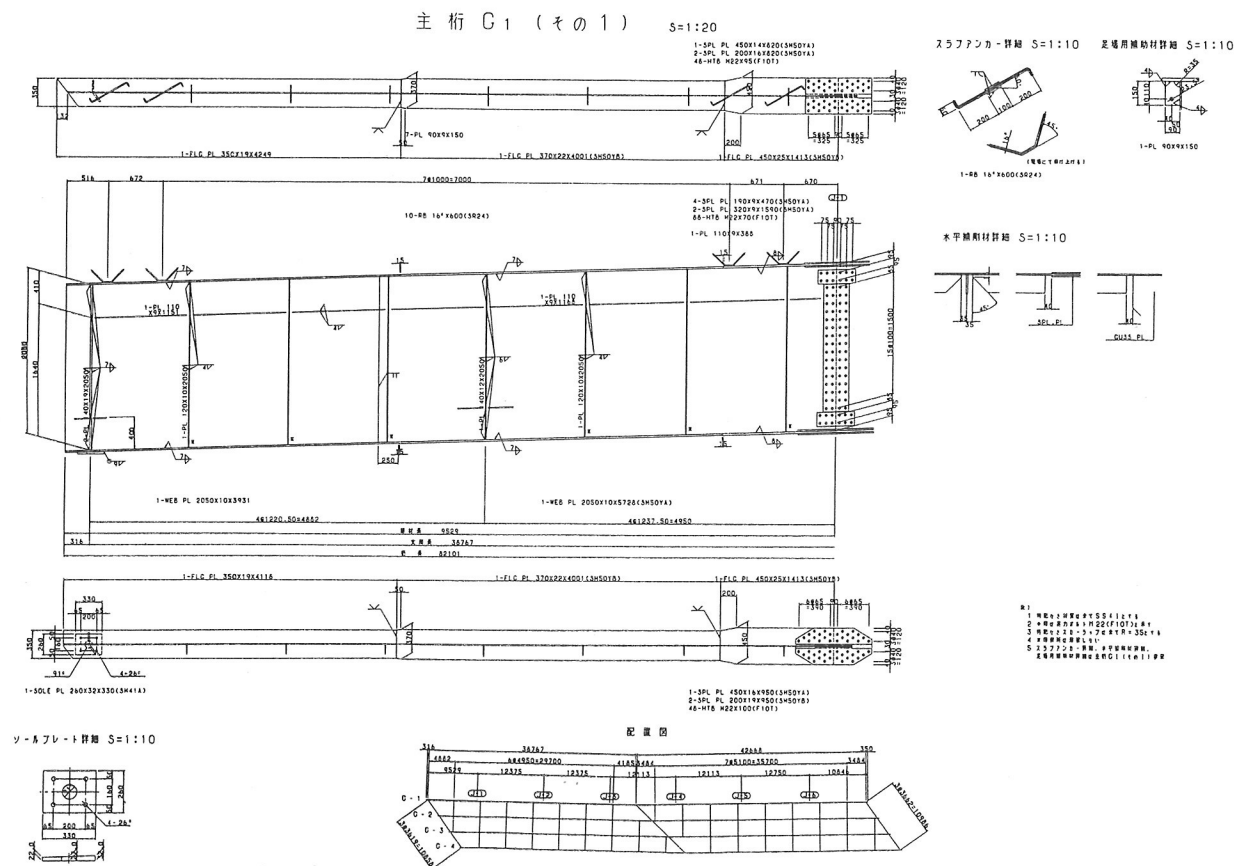
- 1) 基本ファイル、図形ファイルが作成されれば、どの時点でも設計図を描画でき、出力のコントロール

が簡単に行える。また、材料計算については、設計図を描画することなく行うことができる。

- 2) 設計図の中の各構造図等の図面配置及び縮尺は、支間長、桁高、主桁間隔、縦横断勾配、斜角等を考慮して自動的に決定しているが、設計者の意図する設計図にするため、入力することも可能である。

- 3) 基本ファイルと図形ファイルにデータを分けているので、基本ファイル作成時において、データの修正、変更を簡単に行えるよう考慮している。などの機能をもっている。

製図システムにて描画した設計図例を、図-13~図15に示す。



対傾構 (その1) S=1:20

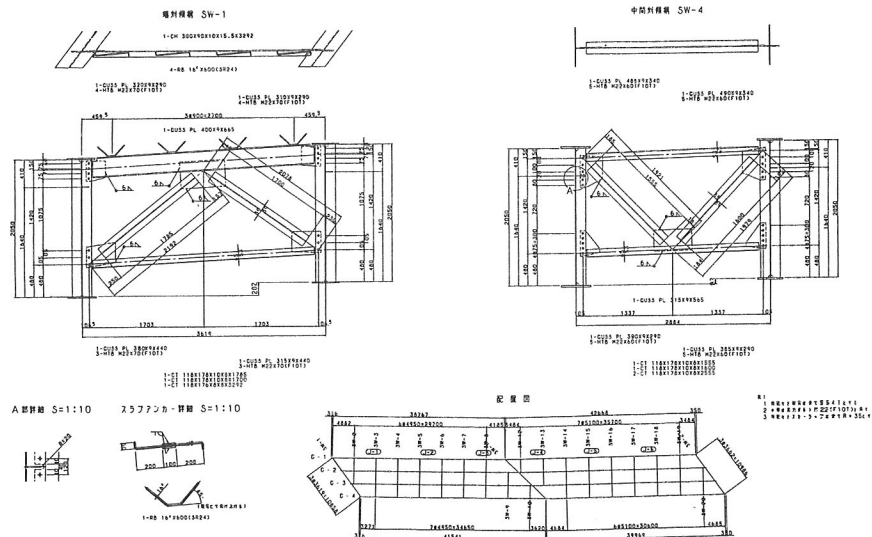


図-14 対傾構図

下横構 S=1:20, 1:30

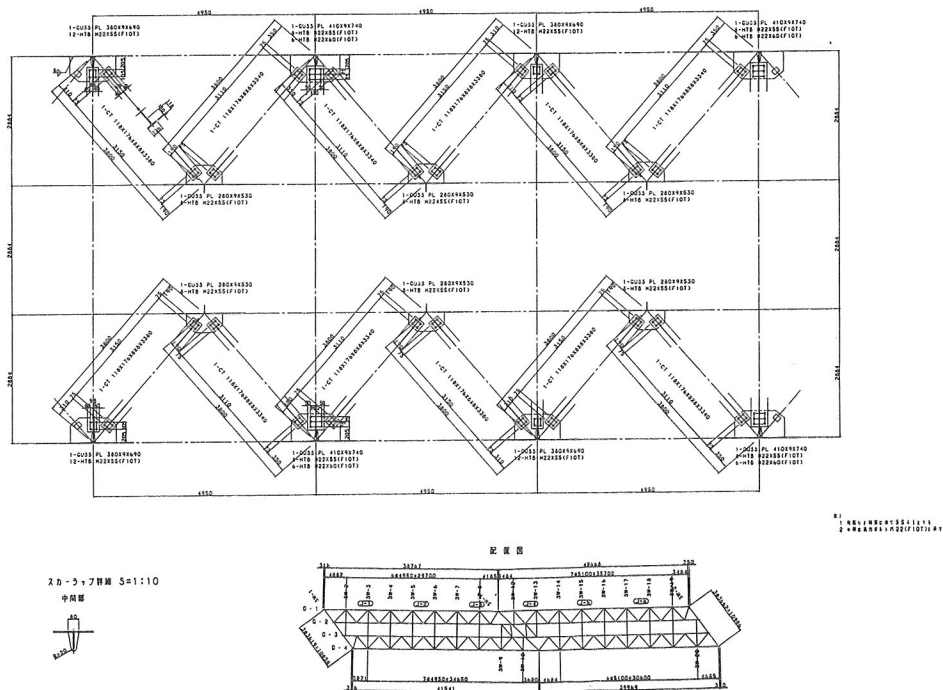


図-15 下横構図

6. あとがき

以上、自動化システムのあり方を中心に、板桁の自動設計・製図システムの概要について述べた。

今後も、自動化へのニーズは増える一方であろうし、メカトロニクス分野での各種ロボットの研究、エレクトロニクスの分野での人工知能型マシン、さらに、土木・建築分野でも、新しい工法の開発が後をたたない。このように、日々の環境が変わる中で、「自動化へのあり方」についての研究、試作に努力して行きたい。

トロニクスの分野での人工知能型マシン、さらに、土木・建築分野でも、新しい工法の開発が後をたたない。このように、日々の環境が変わる中で、「自動化へのあり方」についての研究、試作に努力して行きたい。