

コンピュータグラフィックスを利用した 骨組RC構造物自動設計製図システム

近畿日本鉄道(株) 技術研究所 正会員 後久義昭 佐藤隆一
全日本コンサルタント(株) 技術部 正会員 藤村 守 O中島康光

1. はじめに

建設業界の市場競争の激化、技術革新の急進展などを背景に、構造物の自動設計は時代の要求するところとなった。又、高性能グラフィックディスプレイがより安価に提供され、図形処理基本ソフトウェアが充実される様になり、CADを取り巻く基礎環境は整って来た。しかし、実用化の鍵はアプリケーションにあり、この部分が重要であることに変わりはない。特に土木RC構造物は自由度が高く、自動化が困難とされて来たが、我々是对話型のCADの機能を効果的に取り込み、コンピュータによる自動一貫処理と、設計者による手作りとの整合性をあらゆる局面で可能にしたシステムを開発した。本システムは、設計者のイメージに沿った形で設計が進められる様、入力部分に特に工夫を凝らし、従来の、コンピュータ処理のための入力データを作成するというイメージを一掃し、操作性、迅速性を飛躍的に高めた。又、これらのデータは設計計算、製図、積算等のサブシステムに一貫して引き継がれる。

2. システムの概要

ソフトウェアの構成を図1に示す。本システムは、鉄筋コンクリート構造物のうちボックス及び高架橋ラーメン構造物等骨組構造物にモデル化できるものは、すべて取扱い対象となる。構造物の定義は、設計者のイメージに沿った形で3次元で行い、メニュー形式によるコマンドを用いて立体モデルをスクリーン上に形成する。荷重データ、拘束条件、設計条件などもグラフィックスを利用して対話型で入力する。入力された構造条件、荷重条件から応力解析を行い、荷重ケースによる応力合成を行う。次に、各要素の着目点ごとの曲げ応力度のチェックを行い、断面の必要鉄筋量を算出し、鉄筋の配置を行う。設計者はこの情報をディスプレイ上で確認し、都合が悪ければ適宜、修正を行う。

作図機能としては、基本データより一般図、軸線図、荷重図を、又、応力計算結果より応力図、応力度表を作成する。鉄筋データと応力度計算結果より配筋パターンを自動生成して、それを基に配筋図を作成する。そして、配筋図に描かれた鉄筋の加工寸法図及び加工表を作成する。最後に一般構造図及び配筋図に基づいて、コンクリート体積、型枠、鉄筋量、支保工等の数量を算出する。

今回開発されたのは、配筋パターン作成サブシステムまでで、配筋図、加工図作成サブシステム、数量計算サブシステムは現在開発中である。

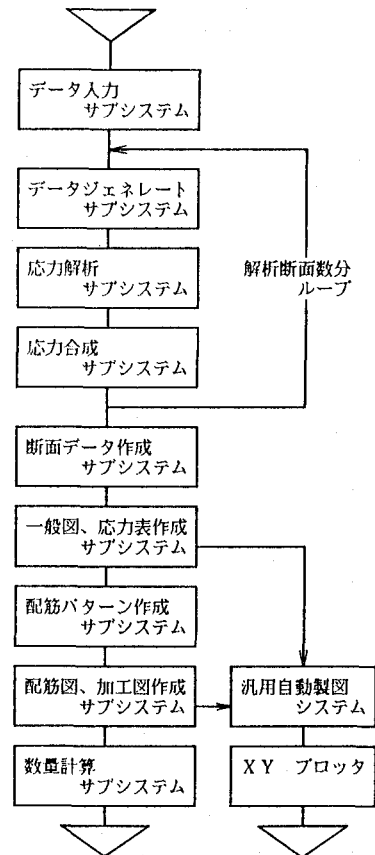


図1 システムフロー

ハードウェアの構成は図2に示すとおり、スーパーミニコンピュータVAX 11/750にグラフィックディスプレイ、タブレット、X-Yプロッタ、ラインプリンタが連結されている。

3. システムのコントロール

ユーザが本システムを実行する時、各モジュール名、ファイル名を意識しなくても良い様に、次の2つの型で、システムの処理をコントロールしている。

(1) 定型処理

システム起動直後に、動かす予定のサブシステムとその順序を決めておく。これは、処理パターンをシステム内でいくつか準備しておき、ユーザがその処理パターンを1つ指定する。図3に処理パターンのメニュー画面を示す。

(2) 任意処理

一つのサブシステムが終了するごとに、次に動かすサブシステムをユーザがメニューの中から選択して指定する。

4. 基本データの入力

ユーザは、設計しようとする構造物の形状（軸組）、部材形状、荷重条件、拘束条件、物性値、設計条件等のデータを、グラフィックディスプレイの画面に表示されるメニューに従って対話型で入力する。形状の定義はX、Y、Z方向の各スパン数とスパン長を入力して3次元で立体定義する。図4に形状を生成した例を示す。形状に修正を加えたい時は、該当する面を管面上に表示して、タブレットを使って節点の削除、要素の追加、削除などの修正を加える。各要素の断面形状の入力は、矩形や円形等のパターン化された図形を選択し、寸法（ $B \times D$ 等）を与えて管面上の該当する要素をヒットして形状を割り付ける。ハンチ、キャンテ梁、スラブ等の指定も出来る。図5に断面形状のパターンを示す。

荷重データも断面形状と同様に、分布荷重、集中荷重等パターン化された荷重を選択し、荷重強度、载荷位置のデータを与えて、管面上で载荷する要素をヒットして定義する。構造物の自重データは、自動生成される。

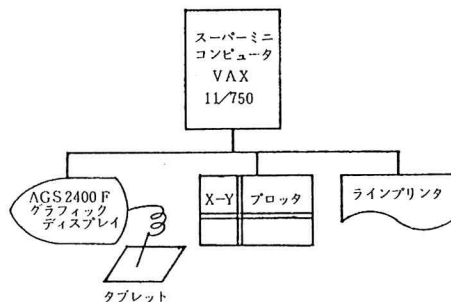


図2 ハードウェアの構成

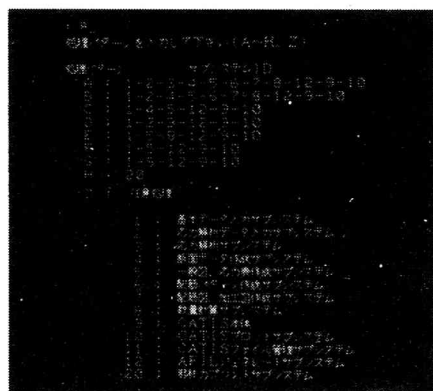


図3 処理パターンメニュー

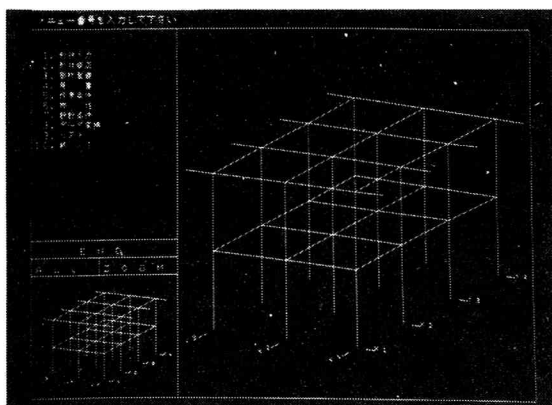


図4 形状生成例

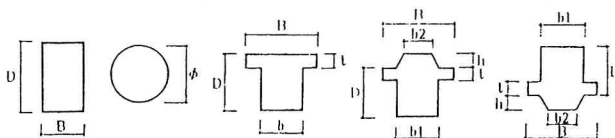


図5 断面形状パターン

5. 応力解析

入力された構造条件、荷重条件等から変位法（マトリックス法）による応力解析を行って、部材力、変位を求める。そして、応力合成パラメータにより、部材内着目点について、コンポジション（各合成ケースにおける最大、最小となる基本ケースの組み合わせ）を求め、セレクション（各合成ケースの中から最大、最小の値を取る組み合わせ）を抽出する。結果はラインプリンタにて出力される。図6に出力例を示す。

6. 断面データ作成

断面データ入力では、応力度計算に必要な設計条件（配置パターン、使用鉄筋径の範囲、鉄筋のかぶり等）を入力し、安全かつ経済的な鉄筋配置を求めて曲げ応力度のチェックを行う。応力解析より得られた部材力から各着目点における必要鉄筋量を計算し、又、入力された鉄筋本数、径から鉄筋断面積を求めて必要鉄筋量と比較し、自動的に必要鉄筋量を満足する様に、鉄筋の径の変更や、本数を増減する。結果はディスプレイ上に要素の着目点ごとの断面が表示される。しかも、使用する鉄筋の径や配置が色を分けて、又、必要鉄筋量や応力度計算結果も合わせて表示されるので、ユーザにとって結果が一目瞭然である。ユーザはその結果を見て、部材内における鉄筋の流れを考慮して、必要があれば各着目点における鉄筋本数、鉄筋径等を修正する。図7に断面算定結果の一例を示す。

7. 一般図・応力表の作成

一般図の基本部分は、入力データより自動生成される。3次元の全体形状から描こうとする面を指定して取り出し、外形図を描くとともに、断面図、寸法線も必要に応じて選択して表示することが出来る。図8に一般図表示の一例を示す。軸線図、荷重図も同様にして出力する。作成された図は、図面編集機能を使って一枚の図面の任意の場所に配置する。配置がうまく行かなければ、描いた図を消去して、再度、場所を変えて配置直す。処理はすべてディスプレイ上で行い、画面に表示される入力要求に従ってデータを入力する。次に、作成された図面の図形情報を汎用自動製図システムに引き渡して、

***** SELECTION OF CASE KIND (FORCE) *****

MEMBER	1	AXIAL N	(ACTUAL) SHEAR S	BENDING M
LENGTH	CASE			
.000	101	N -MAX	23.53*	-16.64
	102	MIN	-.20*	-.00
	103	S -MAX	.20	.00*
	101	MIN	23.53	-16.64*
	101	H -MAX	23.53	-16.64
	102	MIN	-.20	-.00
.325	101	N -MAX	23.53*	-15.64
	102	MIN	-.20*	-.00
	103	S -MAX	.20	.00*
	101	MIN	23.53	-15.64*
	101	H -MAX	23.53	-15.64
	102	MIN	-.20	-.00
.500	101	N -MAX	23.53*	-15.09
	102	MIN	-.20*	-.00
	103	S -MAX	.20	.00*
	101	MIN	23.53	-15.09*
	101	H -MAX	23.53	-15.09
	102	MIN	-.20	-.00

図6 セレクション計算結果

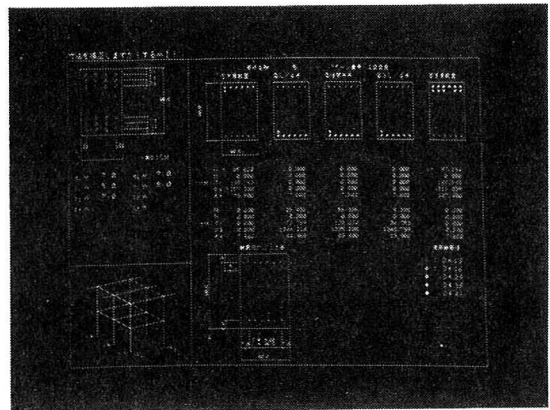


図7 断面算定結果

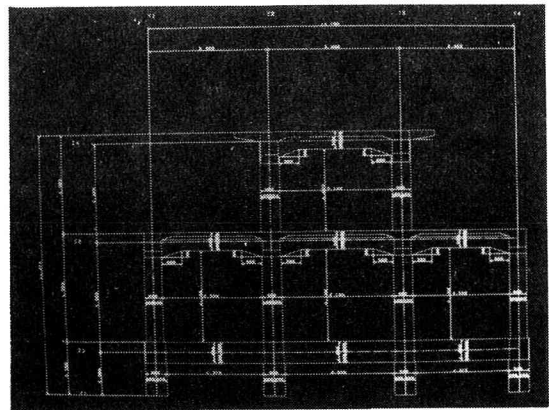


図8 一般図表示例

XYプロッタに出力する。図面の修正が必要になった時は、この汎用自動製図システムを利用し、独自に開発したマクロコマンドを用いて、地覆、高欄、階段、杭の断面、栗石等の作画や、寸法線の修正、削除などの図面仕上げ作業を行い、完成品を作成する。図9にマクロコマンドを使用して作成した図を示す。

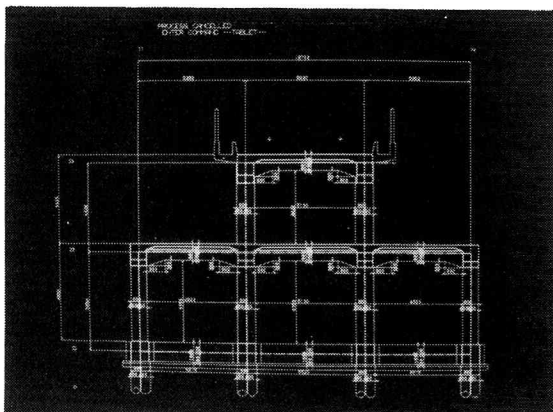


図9 マクロコマンド使用後の一般図

8. 配筋パターン作成

ここでは、断面データ入力サブシステムで作成された断面データ（断面における鉄筋配置）をもとに、配筋データ（鉄筋の流れ）を自動生成する。隣接する着目点間で鉄筋番号、径を調べて、その間でベンドするか、直であるか、又、ラップをしているか等の判定を行い、配筋のパターンを決定する。作成された配筋パターンはディスプレイ上に表示され、パターン修正が必要であれば、パターン一覧表（画面上に表示される）の中から最適なパターンを選択して修正する。配筋パターンのデータは、配筋図・加工図作成サブシステムに引き渡される。図10に配筋パターン修正の画面を示す。

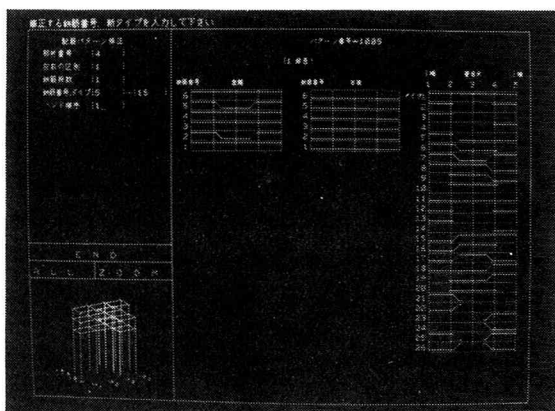


図10 配筋パターンの修正

9. おわりに

本システムの開発は、建設コンサルタントの実務のベテラン設計者とSEが共同で行い、グラフィックスを利用することで、入力作業が画期的に改善され、誰でもが簡単に利用でき、且つ、設計者の要求レベルに応じた設計が出来る。

今後は、配筋図及び加工図作成サブシステム、数量計算サブシステムを完成させて、設計、製図作業から定規、鉛筆類の追放を考え、設計者の負担を少しでも軽くしたいものである。終わりに、本システムの開発に御協力下さった関係各位に深く謝意を表す。