

分散型CADシステム“DIGS-I”とその適用

横河橋梁製作所 正員 花村 義久

○ 土屋 克彦

1 はじめに

近年、企業におけるCAD/CAMシステムへの関心は高く、その導入も積極的に行なわれている。この傾向は建設業界においても例外ではない。

本稿においては、今回開発した分散型CADシステム“DIGS-I”の特徴と機能を説明し、その具体的な適用例と効果について報告する。また、合わせてCADシステムの現状と導入効果について述べ、現状のCADシステムの問題点も明らかにした。

2 CADシステムの現状

設計支援システムを目指し開発された現在のCADシステムの多くは、設計支援の一部を代表するものの本来のCADの目指している姿とは言い難い。その理由は後述するとして、今日CADの定義がある限定した範囲(下位レベルの設計作業、製図作業)に固定して考えられる傾向が強いのは、初期に適用したIC、PC設計等のCADが、手作業では不可能な製図作業を可能にする道具として自動化、省力化に貢献したという歴史から来たものと考えられる。

CADシステムの初期においては、航空機・自動車等の巨大産業において大型コンピュータをフルに利用し、システムも大規模なものであった。この限界を打ち破ったものは、ミニ・コンピュータを中心とするターンキー・システムの登場であり、我が国においても今日、CADの主流となっている。ターンキー・システムは、CADシステムを大衆化したという意味では画期的であったが、最近では、システムの拡張性に乏しく、閉鎖的であり、価格面でもまだ高いという指摘もなされている。

設計業務支援という目的で開発されたCADシステムは今日、量的な問題を解決する手段として利用される傾向が強いが、その面においても効果をあげているという事実は、最近のアンケート結果やマスコミ報道でもうかがえる。

今日までのCAD利用の経過をみると限定されたハードウェア(16ビットCPUのミニ・コンピュータ等)をどのように有効に使って効果をあげるかに注意が

払われた。しかし、最近の半導体技術に代表されるハードウェアの発達には、従来とは違ったCADシステムの発展を可能にしている。設計者の念願であった本格的な設計支援システムとしてのCADを実現できる条件が整ってきており、コスト的に不可能であったものが実現できる可能性が開かれてきた。

3 CADの効果

設計支援システムとしてのCADの効果は、設計作業の一部分の代行による省力化、工期短縮などの量的な効果と品質や信頼性の向上などの質的效果とが考えられる。設計作業には、高位から低位のものまで含まれるが、作業量としてみると図面の修正やトレースなどの単純作業の占める割合も多い。

これらをCAD(Drafting)に代行させることにより量的縮小を図り、あいた時間を思考的作業に振り向ける事が可能になる。

CADによる具体的効果を導入前と導入後でみると日本能率協会のアンケートによっても設計者の約9割がその効果を認めており、実用化時代に入ったことを物語っている。

1) 設計作業の省力化

利用者が一番目の効果として求めており、手計算では不可能であったものが、CADの利用により大巾な省力化と精度の向上が図れる。特に、設計とその評価を視覚で判断できるため、入力から出力までの時間も短くなり、作業者の思考に中断がなくなる。

図面の作成は、新規に作成する場合と再利用する場合があるが、再利用の場合登録しておいた図面を呼び出し修正を加えて更新するという最もコンピュータの能力を活用できる。新規に図面を作成する場合でも基本形状、特性などを利用することで作成の効率化が図られる。

2) 工期の短縮

ターン・アラウンド・タイムの短縮による省力化は工期の短縮をもたらすと同時に受注活動における有利な条件を生み出す。例えば、承認図までの何回かの打合せを考えると、この作業を短時間でこな

ることは営業上のメリットも大きい。

3) 単純作業からの解放

CAD導入の条件としては、設計者の単純作業の解放という希望も強いが導入後の結果をみると必ずしもそのような傾向は見られず、逆に単純作業の増加とも言える傾向も見える。

例えば、経験の浅い設計者が使う場合、基本設計にアイデアを出す事よりも計画に従って効率よく正確に図面作成を行なうことを要求される。このような条件のもとでは、単純作業の解放という効果は出て来ない。しかし、CADを使うことでこれらの作業からの解放をユーザは求めており、今後はこの傾向が強まるものと予想される。

4) 標準化の促進

従来より、標準設計の推進・標準図面の利用などは、提唱されていたが、図面管理機能の不足、管理の煩わしさ、利用上の不便さなどの理由から必ずしも十分に実行されてはいなかった。しかし、CADの利用により図面の分類・整理、記法の統一などが必然的に必要になる。紙に書いた図面は、紛失・破損などをまねく恐れもあり、この面でもCADによる管理は優れている。

4 DIGS-Iの特徴と機能

以上、“CADの現状”、“CADの効果”として一般的な事がらについて述べた。今日のCADがどのような問題点を持っているか最近の調査によると①価格が高い②適用範囲が狭い、③応答性が悪いの3点が指摘されている。以上の原因を探りながら以下にDIGS-Iの特徴と機能について報告したい。

1) 特徴

まず既存のシステムに対して価格が高いという指摘について述べる。一般に価格は機能と切り離しては考えられないが、例えば汎用コンピュータ上で処理する形式やターンキー・システムを見た場合、システムはある業種向け、あるいは汎用という性格を持っているのが普通であるのでユーザから見ると過剰仕様となるケースも多く、従ってコスト高になりがちである。

一方、提供側から言えば、CADはハードウェア、ソフトウェア両面の技術を必要とし、ソフトウェアについてもグラフィックスの基礎技術からアプリケーションの知識にいたるまで種々のノウハウが必要

である。

DIGS-Iは、コンピュータの持つ特徴に合わせてシステムの機能と負荷を分散している。つまり、ホスト・コンピュータで一括処理されたデータをワークステーション側に送り、ディスプレイ上で図形の加工等の操作を加え変更・追加されたデータをホスト側に送り返すことでデータ・ベースを更新する。

従って、会話的な処理、基本的な作図機能、図面編集機能、図面管理など必要最小限の機能に限定することで開発コストの低減を図っている。

次に適用範囲が狭いという問題についてであるが一般に導入前に何をやらせるかの検討が不十分であったり、何でも出来るという姿勢にも問題ある場合が多い。

現状のCADシステムは、設計作業の一部を代行させるという認識の上で、導入計画時に何をやらせたら効果があるのか適用業務について十分な検討と見直しを持つことが大切である。今後、この問題については、ハードウェアの発達とソフトウェアの機能が充実していくことが予想され展望は大きく開けるだろう。

DIGS-Iは、汎用コンピュータによるシステム構築を可能にするとともに、ワーク・ステーションとしては、ユーザが新たな機能を自由に作成して追加できるように設計したので将来の機能拡張が可能である。

最後に、応答性の問題であるが、これもハードウェアの能力、ソフトウェアの機能、通信回線利用の場合の伝送速度などとの関係で難かしいが、作業にとって重要な要素であり、作業効率上からも大切な点である。現在では、端末側に処理能力とバッファ・メモリを備えているのが普通になっていることもあり、従来に比較して改善されている。

しかし、図形の表現には多量のデータを必要とし数値計算も多いことから応答性については一層の改善が求められている。

DIGS-Iシステムは、ホスト・コンピュータとの機能と負荷の分散を図るという考え方から端末側の処理を単純化、限定化することにより応答性の向上を図っている。端末側の処理能力を大きくし、作業の効率化を図るとともに、ホスト・コンピュータ上のデータ・ベースとの組み合わせ処理というワーク・ス

テーション型のシステム構成は今後も増加すると予想される。

2) 機能

DIGS-Iの機能としては、ミニ・コンピュータに適した処理、また人間が判断し作業を進めること、応答性を上げることなどの必要から複雑な計算は要求せず簡単なオペレーションと図形指示で作業が進められることを主眼とした。ソフトウェアの機能としては以下の通りである。

- ①幾何演算(点, 線, 円, 集合図形の定義)
- ②幾何解析(長さ, 周長, 最短距離, 面積, 重心, 断面2次モーメント)
- ③画面編集(図形の移動・回転・対象・修正, 切り欠き, すり付, 部分的線質変更)
- ④仕上げ(寸法線/寸法値, 注記書き込み, 漢字)
- ⑤描画・製図処理(全体図, 任意部拡大・縮小, 実線, 破線, 一点鎖線)
- ⑥ユーザ定義図形(登録, 参照, 等間隔配置)
- ⑦図面管理(登録, 参照, 削除, 更新, 作業領域設定)
- ⑧ホスト・インターフェース(データ送受信, データ・ベース更新用データ管理)
- ⑨プロッタ出力
- ⑩状態制御(処理パラメータの変更, WINDOW変更, VIEWPORT変更)

5 適用例

1) 橋梁下部構造物

橋梁下部構造物の設計は, 設計図書作成が主目的であり, CADもこれを支援するものが望ましく, 中でも設計計算と図面作成支援が有効と考えられる。

CADを利用することにより, 設計者は計画した構造物の安全性を容易に照査でき, 比較のための材料なども算出できる。今まで比較設計作業の大半を占めていた材料算出と積算の過程を大巾に短縮できる。

また, 図面の作成作業においても短かい時間で処理できるため外注依存による打合せやチェックがなくなり, 設計思想の統一や設計と製図の一体化, 図面品質の向上などが可能となる。今後, 外注による製図は, 作業者の減少・コストの増大など難しい問題もあり, 社内で大量の図面処理ができる意義は大きい。

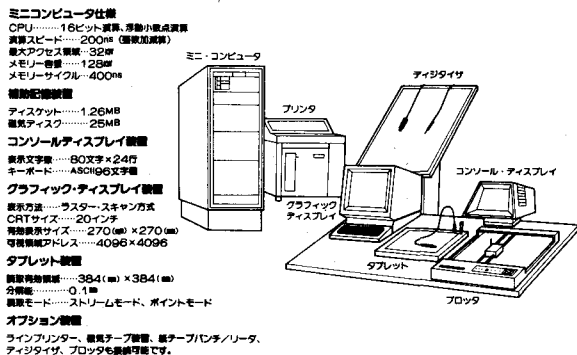
下部構造物は, 類似の構造でも設計図面の再利用のためには, 修正作業が多い。従って, 自動製図した後, 会話的に図面の修正を行なう方が効率が良いと考えられる。設計者は, 設計データと図面作成データを入力・一括処理した後, ディスプレイを用いながら図面配置, 鉄筋の追加・削除などの修正を行なう。それと同時に, 材料修正データを蓄えることにより一括処理によるデータとのつきあわせを行ない最終出力とする。

従来, 下部構造物のように図面の付加価値が低く例外処理の多い場合, 自動化は難かしいと考えられてきた。しかし, 標準化を図りつつ自動処理とCADの組み合わせという方法で十分に効果はあると考えられる。

2) 道路設計

道路設計は, 上位フェーズにいく程土木計画的色彩が強くなり, 設計者の経験, 主観に左右される部分も多くなる。このため, 設計に対する定量的評価は, 非常に困難である。最適な設計は数量的に明確でなく, 例えば道路構造令に示される幾何的条件を満足し, 工費に最も影響を及ぼしやすい切盛土量の均衡を図っても全体線形との調和という問題もあり技術者が試行錯誤の中から判断していると考えられる。このため, 道路設計のシステム化は設計条件を入力し, 図面, 計算書の出力という一括処理型は望めない。従って, システム化の基本的な考え方は判断は技術者に委ね, その思考及び試行を助けるような材料を提供できる形が望ましい。以下に, 道路設計へのCADの適用として路線選定, 概略設計を対象としてその概要を示す。

DIGS-I ハードウェア構成



①地形データへの入力

地形データを数値地形モデルと地表面データ（河川，既存道路，土地利用状況など）としてコンピュータに入力する。

②平面線形の検討

設計は，デジタイザを利用してコントロールポイント，地形などを考慮しIP点，もしくはフリーハンドで点列を与える。これにより幾何条件（最小曲率半径など）を考慮して直線，円，クロソイドにより補間を行なう。設計者は，曲率半径やクロソイドのパラメータを変えながら線形を描画することにより試行錯誤をくり返し作業を進める。

③縦断線形の検討

平面線形検討で決定された線形上の地形を利用して縦断線形をディスプレイ上に描画し，所有の点を指示することで勾配，切土，盛土高などを数値表示する。設計者はこの作業を繰り返し，同時に橋梁区間，トンネル区間等の指定も行なう。

④横断形状の検討

基本的な土工形状（法勾配，小段高など）を入力しながら横断形状を描画する。横断図は平面上の一点を指し示したり，ステーションを入力することで指示する。この横断図に対して設計者は，よう壁の設置や構造物区間の指定を行なう。

⑤図面，計算書作成

以上の作業で設計が終了したら，作図，計算書の出力を一括処理で行ない，必要があれば対話処理により図面編集，修正を行なう。

3) 鋼構造物

鉄骨工作図は，標準化も進んでいないことや一枚の図面に構造物が複雑に入りこんでおり，しかも図面の枚数も多い。また，製作の段階においても現場の進行状況や内・外装関係で設計の変更・修正は頻繁に行なわれる。

従って，完成図を前提としての自動化は困難であり，これを解決する手段として会話型処理が考えられるが，鉄骨工作図は付加価値が低いこと，作図は外注にたよっていること等の状況から単なる会話処理では採算上問題がある。作図作業としての効果を見出すためには，一括処理システムとの併用はもちろんであるが，会話処理においても少ない手順，小量のパラメータの指定で作図が可能となるような

方法を講じる必要がある。

使用頻度の高い図形をパターンとして作成・登録することができれば何回も利用することにより作業性は向上する。従って，工作図の作成において頻繁に使われるものをどのくらい事前に用意できるかということ，使用者の使いやすさを考えることが重要な点である。

6 おわりに

CADシステムについて色々報告されており，マスコミ等においても連日のごとく広告が載っているがその効果については率直な意見として現状のCADが業務の一部を代行できるものである以上過度の期待は禁物と言える。

しかし，効果や採算面で現時点において不十分な点があっても，CADシステムが単にコンピュータ利用による設計支援という面だけでなく，運用技術という経験を多分に必要とする以上，技術の蓄積は一朝一夕に出来るものではない。今後は利用の経験とユーザの声を反映しより利用しやすく，効果的なシステムへと発展させる考えである。