

II-54 土木構造物自動設計システムの汎用CADとの連動

(株)長大 野水 清*1
 ○興石 洋*2
 山本俊雄*3

1 まえがき

土木構造物の設計分野にコンピュータが導入されて四半世紀の年月が経過し、今日では標準的な構造物に対して、詳細設計・図面作成等コンピュータによる設計手法が普及してきた。当社においても昭和40年代より、自社における設計業務の効率化とともに、設計成果の信頼性の確保・品質の向上を図るため、標準的な土木構造物を対象に自動設計システムを開発してきた。現在における高機能の市販汎用CADがまだ社会に普及してない時代に着手し、開発に要する技術と期間・コストは膨大な量となった。これらの自動設計システムは、現在の汎用ドラフティングCADシステムと違い構造物の設計から製図・数量までを一貫処理するシステムとして開発した。

一方、近年のハードウェア(H/W)・ソフトウェア(S/W)の高機能・低価格・使用性の飛躍的向上および通信ネットワークの整備・拡充は目を見張るものがある。最新の情報環境を活用することにより、既存システムの、「適用範囲・機能の制限」「図面の修正・加筆作業の不可」といった欠点を補うことが可能となってきた。さらに、設計情報の電子化・データの共有化等により、間もなく到来が予想される建設CALS(Continuous Acquisition and Life-cycle Support: 継続的調達とライフサイクル支援)時代への対応が可能となってきている。

本報告は、自動設計システムの現状と課題を整理し、市販の汎用CADと融合することによる有効活用の事例とCADシステムの将来を報告するものである。

2 土木構造物自動設計システムの経緯

土木構造物の設計から図面・数量までを処理する本格的な自動設計システムは、建設省の「土木構造物標準設計」に影響を受け誕生してきた。建設省の土木構造物の設計標準化は、

- ①建設事業の増加ならびに多様化への対応
- ②設計業務の合理化・標準化
- ③設計アルゴリズムの標準化
- ④コンピュータ利用技術の高度化

を目的として、設計頻度の高い土木構造物を対象に開始された。標準設計の整備により設計アルゴリズムの標準化が行われ、これらを整理した「設計手引き」の公開により、民間企業も各種の土木構造物自動設計システムの開発が可能となってきた。

当初、自動設計システムは汎用計算機により開発・運用された。汎用計算機上のバッチタイプの自動設計システムは、一貫処理機能により作業の効率化・品質向上等の面で手作業の設計作業に比べ、圧倒的な効果をあげた。しかし、入力データの作成・ジョブ投入・計算結果の確認と作業が分断され、非効率な面も残した。その後、エンジニアリングワークステーション(EWS)の進歩・普及により自動設計システムは、汎用機からダウンサイジングされる。システム構成も変更され、従来のバッチタイプに対話タイプが追加された。対話タイプの利用により作業の流れも分断することなく、ユーザインターフェース機能は向上した。

*1 情報事業部 建設CALS部 部長

*2 情報事業部 建設CALS部 グループマネージャ

*3 情報事業部 建設CALS部 グループマネージャ

EWS移行により

- ①「対話型システムによる操作性の大幅向上」
- ②「作業効率の更なる向上」

の効果があり、設計業務の効率化・省力化はさらに推進した。

現在ではパーソナルコンピュータ（PC）の高機能化により、自動設計システムもPCで稼動する。さらにワープロ・表計算・汎用CAD等の連携により一層の利便性・品質向上が実現し、ユーザフレンドリーな設計ツールとして運用・普及している。

3 自動設計の現状

自動設計システムの特徴は以下のとおりである。

- ①設計作業時間・コストの低減
自動一貫処理により、基本設計条件の入力のみで成果品（計算書・図面・数量）が得られ、設計作業コストを低減できる。
 - ②設計成果の信頼性確保
検討されたアルゴリズムに基づき自動処理を行っているため信頼性が高く、設計から図面作成までデータが連携しているため、データ受け渡しミスがない。
- 自動設計・製図システムは、表-1に示すように6ブロックから構成されており、開発の基本コンセプトは「設計から図化・数量積算」までの一貫自動処理である。

表-1 自動設計システムブロック構成

構成ブロック		機能概要
①	入力処理	設計計算・図面作成に必要な基本データを入力
②	設計・解析	入力データに基づき、構造解析・設計計算を実行
③	設計計算書	計算結果より設計計算書を作成
④	材料定義	設計計算結果に基づき構造物の材料定義
⑤	構造図面作成	材料定義に基づき構造図面を自動作成
⑥	数量計算書	材料定義に基づき数量計算書を作成

表-2 活用中の自動設計システム

当社では現在、表-2に示す自動設計システム及び設計支援ツールを開発しており、社内業務に活用している。

橋梁上部工	鋼橋、コンクリート橋
橋梁下部工	橋脚、橋台
土工構造物	擁壁、ボックスカルバート
設計ツール	断面計算、基礎設計、...

自動設計システムの利用方法には、バッチタイプと対話タイプの2形態がある。利用者は、各自の使用ニーズによりバッチ・対話タイプを使い分ける。利用形態には、EWSでの対話処理形態のほかに、社内ネットワークに接続された各自のPCにより処理する形態がある。設計結果・図面結果を机上で確認できるため、現在では後者の形態が多く利用されている。

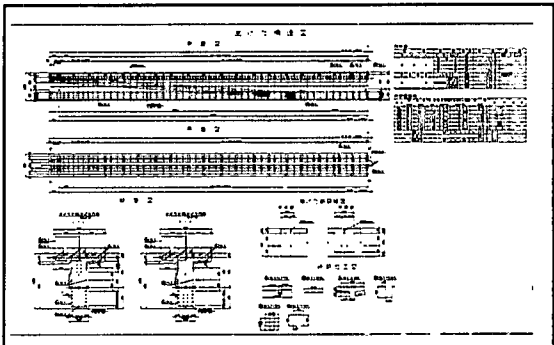


図-1 自動設計システムで作成された図面例

4 自動設計の課題

一般的に土木構造物の設計支援システムは、「計算から数量までの一貫処理型」と「設計S/W及び汎用CAD利用による設計・製図処理分離型」の2タイプに分類される。本事例で述べる自動設計システムは「一貫処理型」になる。「設計・製図処理分離型」は、パッケージS/W等により設計計算を処理した後、2次元汎用CADにより図面を作成する。データの連動は利用者が行ない、コンピュータと対話しながら作図・編集機能により、全ての作図を行う。

「一貫処理型」と「設計・製図処理分離型」の評価を表-3に示す。

表-3 タイプ別設計支援システムの評価

タイプ	利 点	問 題 点
「一貫処理型」	- 基本条件入力後、自動処理により短時間で計算書・図面の作成が可能。 - 設計成果の信頼性が高い。 - 一貫処理ゆえに、製図結果確認後、再度設計へのフィードバックも迅速に行える。	- 適用範囲には制限がある。 - 適用範囲の拡大や機能充実には膨大な開発費と工期を要する。 - 図面は「紙」により利用者に提供される。汎用CADと連動されない限り修正・加筆は手作業となり、設計以降の下流域での効率的な再利用は難しい。
「設計・製図処理分離型」	- 汎用作図機能で如何様にも作図可能であり完成度を高めることができる。 - 分離型ゆえ適用範囲は広い。	- 操作習熟度によって信頼性が異なる。 - 処理時間を要する。 - 設計との連動機能がなく、データ受け渡しミス発生の可能性もある。

一貫処理型自動設計システムの課題は以下のとおりである。

①土木構造物は少量多品種生産物であり、各構造物ごと固有の設計条件・形状・構造を持つ。それらに対応した完成度の高い設計図面を自動で処理できる範囲には限度があり、汎用CADシステムとの連携を実現する必要がある。

②CALS対応（設計図面の効率的再利用）を目指し図面情報の交換・共有・連携を図るためには、最終図面の電子化に対応する機能を開発する必要がある。

上記の課題を克服し、従来保有している「効率化・信頼性」を損なうことなく、来るべき建設CALS時代に柔軟に対応できる「設計支援システム」となることが、自動設計システムに望まれる形態である。

5 自動設計システムと市販汎用CADとの融合

前章で整理した課題を克服するため、自動設計システムで処理・作成した図化データ（以下Zファイルと呼ぶ）を汎用ドラフティングCADへ連携するための変換ツール（以下ZtoDと呼ぶ）の開発を行った。

Zファイルは、自動設計システムの作図命令によって出力される作図情報から成る独自の図形ファイルである。基本的な作図命令（プロット、シンボル等の数十種類のコマンド）で構成され、1ファイルで複数ページの図面を管理する。今回連携した汎用CADは市場性が高くデファクトスタンダードともいわれているAuto-CADであり、データ変換はDXF（Data interchange File: Autodesk社の汎用CAD図形ファイル形式）形式を採用した。

Zファイルは基本作図命令で構成されているため、画層・図形・文字など表-4に述べる問題点が発生した。

表-4 DXF化に関する問題点と解決策

項 目		問題点	対応策
画層	出力尺度	Zファイル出力が図面サイズになっており、構造実寸でない。	Auto-CAD側をカスタマイズし、入力された尺度から構造実寸に展開した。
	画層の色・線種情報	Zファイル側に、色・線種情報がない。	Auto-CAD側をカスタマイズし、色・レイヤ番号を自動セットした。

図形	線分の出力	自由曲線の情報が無い。	線分 (LINE) の集合体で作図。 修正作業は非効率となる。
	円、円弧の出力	円、円弧情報がなく、線分の集合体である。	円情報 (CIRCLE)、円弧 (ARC) 情報を受け渡すよう Z ファイル側を修正した。
文字	文字の出力 数字の出力	テキスト情報でなく線分の集合体。このため DXF ファイルが大容量になった。	Auto-CAD 側のフォントを使用するよう修正した。

そのほか、Z to D により変換された DXF ファイルの読み込み・変換等を効率よく行うため Auto-LISP (Auto-CAD カスタマイズ言語) により CAD システムのカスタマイズを行い、当社独自の CAD 編集環境を構築した。

Z to D により、従来の自動設計の特徴である「設計作業時間・コストの低減・設計成果の信頼性確保」と、汎用 CAD の特徴である「守備機能範囲の広い図面作成」との融合が実現した。その効果を次に示す。

- ①自動設計システムの本来の省力化効果を損なうことなく、かつ適用範囲が広がり、図面の完成度が向上した。
- ②図面がデジタル情報となり、「交換・共有・連携」の環境にも対応可能となった。

6 自動設計今後の展望

自動設計システム開発の新しい手法として、既存の汎用 CAD との連携により、機能面や費用対効果面で大きな成果をあげることが確認できた。今後、設計工程の図面データは、積算から施工・維持管理工程との共有・連携による有効利用が望まれてくる。「Create Data Once, Use Manytimes」の観点である。

現在の建設業界では 2 次元図面が主流であり、本来 3 次元の構造物を 2 次元で表示しているため部材間の関係や材料定義などの面で限界がある。これらの課題を解決するには、CAD システム自身の進歩、その有効活用技術の向上、設計業務の効率化と高度化を目指した新たな自動設計システムの構築が必要となってくる。

また、構造物を単なる線情報としてではなく、面・部品情報といった多種多彩な属性データとして認識する新たな 3 次元 CAD の活用により、建設業界における品質向上と設計施工技術の向上が期待される。

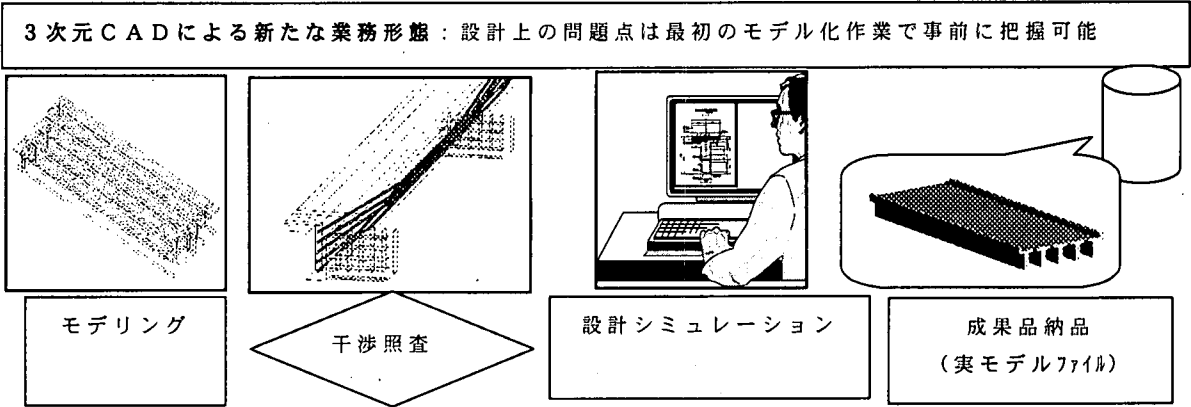


図-2 3次元CADによる新たな業務形態