

Ⅱ-5 「土木構造物CADシステムの開発について」

(株) 横河技術情報 老 和久
 ○山本恵一
 好本潤一

はじめに

近年、土木分野における図面はCADを使用して作成することが一般的である。また、土木構造物図面作成を目的とするCADシステムは、各社から様々なシステムが提供され、設計製図現場で非常に高い稼働率で使用されている。これらのCADシステムの開発の歴史は、15年ほど前に自動製図システムが開発された後、10年が経過し専用CADシステムが開発され現在に至っている。それぞれの特徴、問題点は次の通りである。

a) 一括処理型自動製図システム

適用対象の構造物データを入力して、全ての図面を一括に作成するシステムで、適用対象がシステムと合致すれば高速かつ高品質の図面が得られる。しかし、その開発には膨大な時間と費用がかかり、また使用頻度が低く採算に合わないシステムは開発されない。現在の傾向は、景観重視の立場から形状が多種多様でまた高速道路も山岳地に計画することが多くなり、施工条件に合わせて機能性・経済性・施工性から最適な形状を追求すると複雑な構造物が増え、適用できない形式が多い。

b) 会話型専用CADシステム

2次元汎用CADシステム(YGRAPH、AutoCAD など)に土木構造物向け専用CADコマンドを付加し、自動製図システムで適用外の図面作成・編集作業効率を向上させたシステムである。

また、a) の一括処理型システムから出力された図面を加筆修正することにより、飛躍的に生産性が向上している。ところが、現状のシステムは、鉄筋材料の計上、鉄筋番号引き出しなどで整合性を全て設計者が負担する必要があり、製図の効率と品質は一定の限界が生じている。

今回その問題を解決することを狙った土木構造物CADシステムを開発したので報告する。

1.本システム開発コンセプト

前述のように土木構造物向けの製図システムの開発の流れは、a) 自動製図システムからb) 専用CADシステムである。弊社においても、b) システムとして5年前から任意形鉄筋コンクリート構造物CAD「RCCAD」と称するシステムを提供してきた。鉄筋材料の計算は、本数や長さを図面上取得し、正確な数値に調整し加工図文字を作成し鉄筋重量表を自動生成する方式である。

ところが、この方式であると前書きで述べた整合性確保の問題のほか、外形形状が変化した場合に再度同一操作を繰り返すことになり、設計変更の多い土木図面作成の隘路となっている。

また土木構造物は、連続高架だけでなく全般的に寸法は異なるが類似形状が多いことも特徴であり、既に作成した図面を参照修正したい要請も強い。

これらの問題解決を図るために、平成4年より新たに「土木構造物CADシステム」として、次の開発コンセプトを掲げたシステムの開発に着手した。①既存の図面の検索、流用が簡単に出来る。②外形形状が変わっても鉄筋の長さ・本数が連動する。③加工図継ぎ手位置は、展開図に自動反映する。④鉄筋番号が加工図・展開図に自動反映する。

今回の開発は基本システムまでであるが、開発コンセプトには、新規構造物の図面作成の効率を上げるために、図-1に示す各種自動製図システムを搭載し土木構造物全般の製図をサポートすることとした。ここでの自動製図システムは、基本システムが形状変更への対応が容易であることから、従来型システムに比べ軽微で済み開発スピードも格段に改善される。

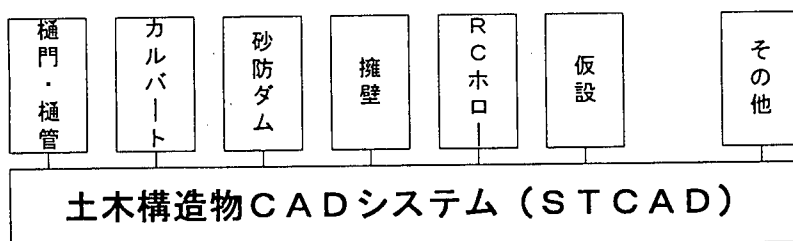


図-1 土木構造物CADシステム構想

2.開発したシステム

2.1適用対象

本システムは、土木構造物全般に対して効率良く図面の作成・編集ができることを目的としたCADシステムである。

今回の開発では特に鉄筋コンクリート構造物図面に対して効率良く図面の作成・編集ができるコマンド群を用意し、展開図・加工図・重量表の連動を追求したCADシステムとした。

2.2ハードウェア構成

本システムは、CADソフトという性格上、技術者1人1台で利用できるように、パソコンのWindows95上で稼働するシステムとなっている。

2.3ソフトウェア構成

本システムのソフトウェア構成を図-2に示す。

2.3.1RC専用CAD機能

RC専用CAD機能では図面作成のみでなく、鉄筋材料などに関する設計作業を支援するための機能として、次に挙げる5つの機能を付加している。

- 展開図で作図された外形線・かぶり線・鉄筋線に関連性を持たせ、外形形状の変更に伴って発生するかぶり線・鉄筋線の修正効率を向上させた。
- 作図する鉄筋線(点)同士はピッチのリンク、ピッチのコピーを行って作図することを可能とした。ピッチのリンクで作図した鉄筋同士は片方のピッチの変更により、リンク関係にある他の鉄筋のピッチ割りが自動的に変更される。
- 加工図生成時に、加工図の本数・長さを展開図上の鉄筋線と関連性を持たせて生成することにより、鉄筋線の変更に伴う加工図の変更、および、加工図の継手処理結果を展開図に反映することを可能とした。
- 鉄筋番号を加工図側で一元管理することにより、番号の振り間違えをなくし、鉄筋重量表データの自動生成を可能とした。
- 鉄筋番号の反映機能により、作図された番号引き出し線、加工図、重量表の鉄筋番号を自動的に最新の加工図鉄筋番号の状態にすることを可能とした。

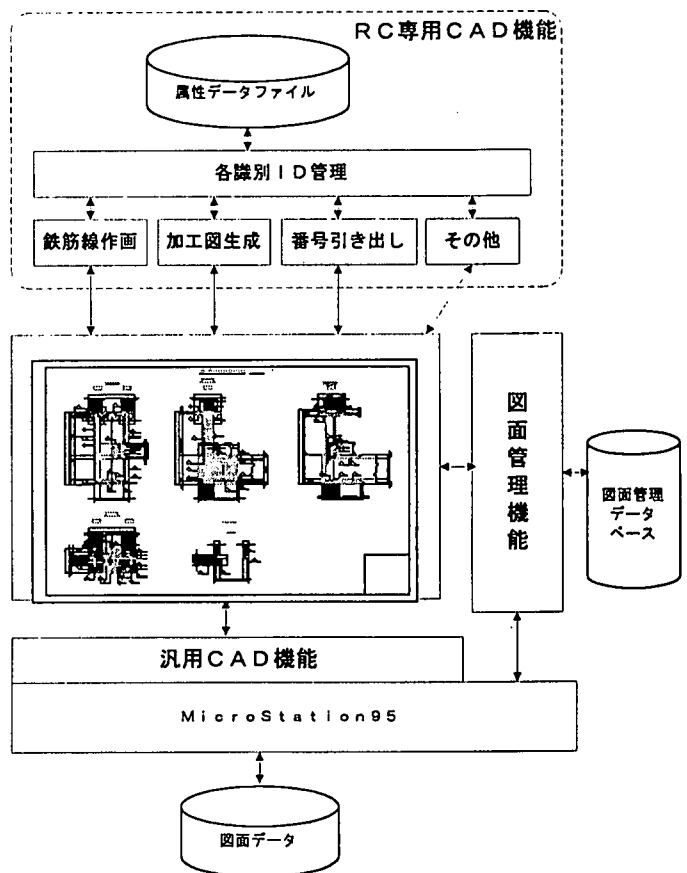


図-2 ソフトウェア構成

また以上の機能を実現するためRC専用CAD機能は、下記コマンド群で構成されている。

- ・システム設定コマンド群
- ・外形線作画コマンド群
- ・かぶり線作画・変更コマンド群
- ・鉄筋線作画・変更・属性付加コマンド群
- ・鉄筋寸法線作画・変更コマンド群
- ・加工図生成・配置・継手処理・番号並び換えコマンド群

- ・鉄筋番号引き出し線作画コマンド群
- ・鉄筋重量表作画コマンド群
- ・鉄筋番号反映コマンド
- ・アクセサリ作画コマンド群

2.3.2 図面管理機能

「図面管理」にはリレーショナルデータベースである d B A S E I V のデータベースを使用して図面情報を管理している。

管理単位としてはドライブ名・工事名・構造物名・図面名・作成日付・更新日付・更新回数などの基本的な管理項目の他に使用者が独自に 10 項目までの属性を設定することが可能である。

2.3.3 汎用 C A D 機能

「汎用 C A D」のエンジン部分には、ベントレー・システムズ社の 2 次元 / 3 次元 C A D システムである MicroStation95 を使用し、画面構成やメニュー、図面縮尺の扱いについてカスタマイズを行い、初心者にも使い易いインタフェースを提供するよう配慮した。

3. 展開図・加工図・重量表の連動

3.1 連動のしくみ

本システムでは、作図される図形の種類によってそれぞれ固有な識別番号 (I D) と必要なデータを図形内の属性データと外部データとして保持し、それぞれの図形に意味を持たせている。よって、それぞれの図形は今までの汎用 C A D などで作図された単なる図形ではなく、図形自身が作図された状態と他との関係を表すデータを保持して作図されている。

かぶり線には、そのかぶり線を作図するときに基準となった外形線識別 I D、作図時かぶり量などのデータを保持しているため、外形線の変更に伴うかぶり線の変更を可能とした。

鉄筋線には、その鉄筋線を作図するときに基準となったかぶり線識別 I D、ピッチ方向 (配筋範囲)、鉄筋方向、ピッチリンク識別 I D など保持しているため、かぶり線の変更に伴う鉄筋線の変更を可能とした。また、ピッチリンク識別 I D によりリンク関係にある他の鉄筋のピッチ割り変更時に自動的に作図ピッチを変更することを可能とした。

加工図には、本数を取得した鉄筋線識別 I D と、長さを取得した複数の鉄筋線識別 I D を保持しているため、展開図で作図されている鉄筋線が変更された場合に加工図の変更を可能とした。

鉄筋番号は加工図生成時、継手処理時にのみ発生すべき項目であると考え、データは外部データとして構造物単位で保存する形式とした。よって、鉄筋番号の発生・消滅・番号変更などの管理は全て加工図生成コマンドで行っている。

加工図と重量表との関係については、鉄筋番号の管理を加工図で行うことによって、従来の当社の「R C C A D」で行っているような図面内の加工図文字を検索して重量表を生成する必要はなく、加工図で管理している鉄筋番号データから重量表を簡単に確実に生成することが可能となった。

3.2 展開図間の連動

展開図で表現される鉄筋線、丸鉄筋同士の連動を鉄筋ピッチのリンク機能を使用して実現した。

これは、「鉄筋とリンク」を用いて作図された鉄筋線同士に同じピッチリンク識別 I D を発行しておき、同じピッチリンク識別 I D を持つ鉄筋の変更があった場合に、関係する鉄筋全てについてピッチ割りを変更することで実現している。

3.3 展開図から加工図への連動

展開図から加工図への連動は、加工図生成時に本数・長さを得る鉄筋線を指示することにより、本数・長さを得た鉄筋線の鉄筋識別 I D が、生成した加工図のデータとして保持され、展開図とのリンク関係が構築される。

また、平行鉄筋・放射状鉄筋・形状鉄筋からは作図されている形状を実寸法を保持しながら加工図パターンとして取り込み、そのまま加工図として生成することが可能である。この場合には展開図から加工図パターンを取り込むだけとし、展開図とのリンク関係は構築していない。

3.4加工図から展開図への連動

加工図から展開図への連動は、展開図から長さのリンクがある鉄筋線について、加工図で継手処理された継手位置を展開図に反映する。この場合、継手を追う方向までは確定できないため、継手処理時に継手を展開図に反映する方向を指示してもらうことで解決した。

3.5加工図から重量表への連動

前記で述べたように、加工図データは外部データとして構造物単位で一元管理されている。よって、鉄筋重量表は構造物単位で容易に生成することを可能とした。また、加工図で生成された鉄筋番号データは重量表側では保持しておらず、重量表で表現する記号の表示順序と計算方法程度のデータのみを保持している。

このようなデータ構造にすることで、加工図の変更に伴う重量表の変更にも柔軟に対応可能となった。

3.6鉄筋番号の自動認識

加工図とリンク関係にある鉄筋線には、加工図属性が自動的に付加され、鉄筋番号引き出し線作画時に引き出すべき鉄筋番号を自動的に表示することを可能とした。現状では継手のある鉄筋線について完全自動とまでは至っておらず、継手により発生した複数の鉄筋番号を引き出し候補として選択してもらうこととしている。

3.7鉄筋番号の反映

加工図の追加や変更、削除、継手処理などにより発生した鉄筋番号の振り替えは、展開図の鉄筋番号引き出し線、図面に配置された加工図、重量表に反映させることを可能とした。それは、番号引き出し記号や加工図には加工図IDを保持しているため、番号反映時には最新の加工図情報で作画されている引き出し記号や加工図、重量表を再作成することで番号の反映を実現している。

おわりに

作図される図形に固有の情報を付加することにより、その図形自身の振る舞いが、作図された図形自身でわかる仕組みを組み込むことで各種のリンクを提供することが可能となったが、今後の課題もいくつか発生している。

まず、設計現場で発生する全ての図面を完全なリンクを取る形で作図することは、現状の機能だけでは手間がかかり、一部通常の汎用CAD機能で作図した方が良い部分もある。この部分については、今までのCADシステムで図面を作成している方法により使用者が材料の仕訳や長さ計算などを行う必要がある。

また、土木の図面では半面展開などで展開図の一部分だけで表現する場合も多々あるが、本数が2倍になったり、長さが単純に2倍になる程度であれば、現状の機能でカバーできるが、そうでない場合には全面展開した参照図を作図して加工図とリンク関係を持つようにするなどの、作図上のテクニックがある程度必要である。

以上のような課題もあるが、図面上で作成される図形に意味を持たせ、それぞれの図形間のリンク関係を保持することにより新規図面作成時の作成効率の向上や、設計変更時などの図面編集時の編集効率を大幅に向上させることが出来た。

今後は、今回開発した基本システム上に各種図面作成・編集専用のコマンド群を充実させること、および、標準化を進めることにより、同一の操作環境でトータル的な図面作成業務が行える様なシステムへと発展させたいと考えている。

最後に、本システムの開発に当たり、仕様検討段階からテスト、改善にまでご協力頂いた建設コンサルタント各社を初め、Y T I - C A Dセンター関係各社に感謝の意を表す。

<参考文献>

- 1) 清水、大坂：任意形配筋図作図支援システムの開発、第16回土木情報システムシンポジウム
- 2) 老、金内、山本：パソコンによる橋梁下部構造物CADシステム、第16回土木情報システムシンポジウム