

II-59 土木事業における3次元CADシステム活用例

(株) 長大 野水 清*1
 奥石 洋*2
 ○山本俊雄*3

1 まえがき

本報告は、土木分野における3次元CADシステムについて、以下の項目に着目し、調査・設計・積算・製作・施工・維持管理分野での有効活用事例と将来展望について報告するものである。

- ① 構造物の3次元CAD定義
- ② 3次元CADデータのDB化および履歴管理
- ③ 3次元CG化（バーチャル体験）

2 経緯

設計図面は、かつてドラフターにより手書きにて作成されていた。パソコンの普及とともに2次元CADが登場し、手書きに代わる手段として、CAD化が土木業界においても盛んに行われてきた。ハード・ソフトの向上により3次元を取り扱えるCADが提供されはじめ、ワイヤーフレームモデルによる構造物の立体表示が可能となり、景観検討などに活用されてきた。近年はハード、ソフトおよびOS等のさらなる向上（図-1）により、比較的低価格なパソコン上でも運用に十分耐えるレスポンスが提供されている。また、ソリッドモデルが取り扱え、オブジェクト指向型DBを内蔵したCADシステムが提供されるようになってきている。

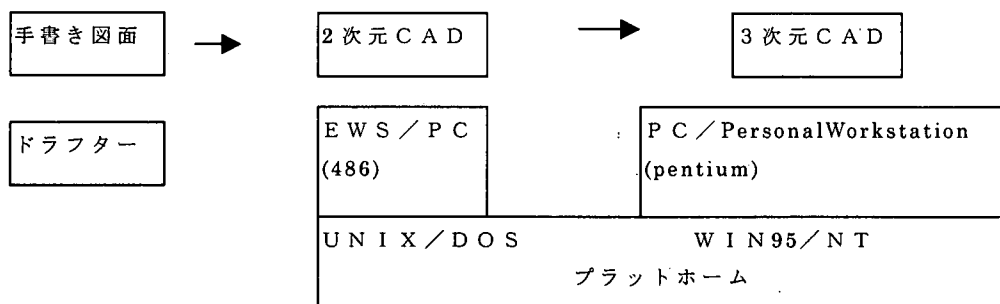


図-1 CAD化の歴史

3 現状と問題点

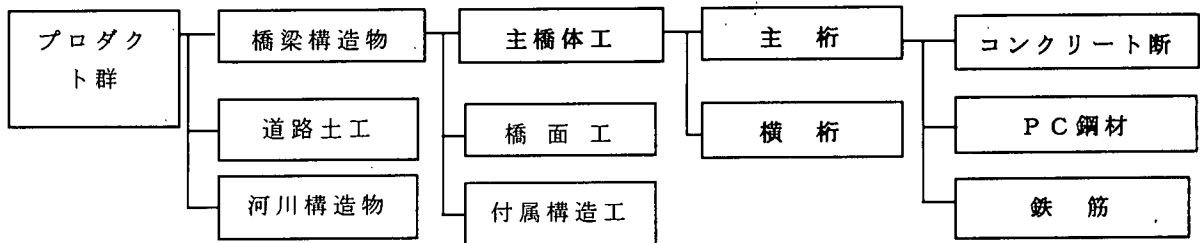
土木構造物の設計分野では、業務の効率化や成果品の品質向上を図るため、自動設計・図化プログラムや汎用CADなどが活用されている。しかし、土木業界の図面は現時点において2次元図面が主流であり、本来3次元の構造物を2次元で表示せざるおえないために、さまざまな問題点を有している。設計段階においては、構造図と加工図の連動ができないため、ミス発生の原因になっている。また複雑に部材の入り組んだ部分は、完成形をイメージしにくく、作図に時間を要し作業の効率化の障害となっている。施工時においても、たとえば鉄筋が直交する配筋図は、交差の位置関係が読み取りにくい。維持管理段階では、完成後の構造物内部に立ち入る事は不可能である。一方、2次元CADの普及は、図面の電子化を促進した。さらに設計変更などの場合も、手書き時代に比べ容易な編集設

- *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

計を実現し、作図の効率化に大きな役割を果たしてきた。しかし、設計プロセス自体は手書き図面時代と同じで、まず構造計算をし図面作成後、数量計算にいたりっており、旧態のままである。

4 3次元CADシステム

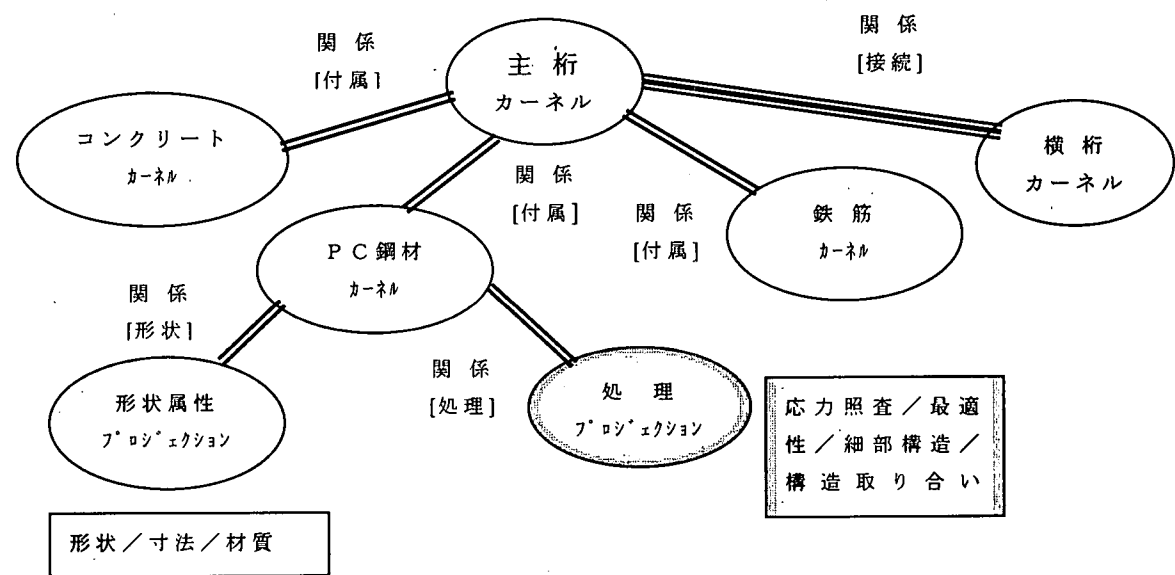
3次元CAD設計の成果は「立体モデル情報」として出力されることになるが、その背景には構造物を構成する全ての部材・部品の属性や相互関係、処理内容といった意味付けの定義を行う。



図－2 PC橋での部材構成例

これら全構成部品の相互関係の定義を支援するデータベースとしては、リレーショナル型やオブジェクト指向型のデータベースが一般的であるが、本研究にて用いた3次元CADシステムでは、これらを更に進化させた「カーネル・プロジェクション型データベース」を使用している。一般的にオブジェクトデータベースは、オブジェクト指向言語にデータベース機能を統合したもので、それぞれの言語と密接に結びついている。そのため、プログラムの変更時にはデータベースの再編成が必要となる。

カーネル・プロジェクション型データベースは、C++等のような言語からでも利用でき、また言語から完全に独立しており、プログラムやデータ変更にも柔軟に対応できる特徴を有している。すべての構造対象物（カーネル）は、それに対する属性（プロジェクション）と複雑な関係をもっている。本研究にて対象としたPC橋の場合、カーネルとしての「PC鋼材」に対し、形状属性や処理（応力照査／最適性／他部品との取り合い...）などのプロジェクションの関連付けを定義する。



図－3 カーネルとプロジェクションの定義例

5 3次元CADシステムの有効活用例

対象とした構造物は、橋梁構造物(ポステンPC桁)をモデルとし、検討に使用した3次元CADシステムはWindows95ないしWindowsNT対応パソコンで作動する「カーネル・プロジェクション・データベース型3次元CADシステム」(三菱電機ARC DREAM)である。

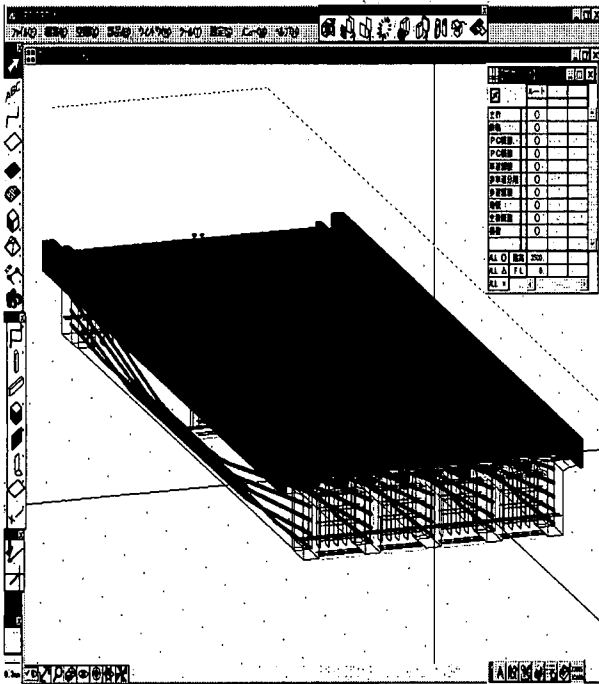


図-4 ARC DREAMによるポステンPC桁作図例

まず、3次元CADシステムが具備すべき機能要素を整理すると以下の通りである。

- ・単なる線・ワイヤーでなく部材・部品を意味つけたオブジェクトデータ定義機能
 - ・オブジェクトデータを統合管理するDB機能
 - ・時代の要請ともいえる、図形データの履歴管理機能
 - ・データのビジュアル表現としての3次元コンピュータグラフィックス機能等
- 次に、設計から維持管理までのプロジェクト全体にわたる活用例を報告する。

(1) 部品単位に登録されたDBの利用

1) 数量計算への利用

各部材の作図時に形状寸法とともに属性情報(材質情報等)を、DBに登録する。これにより材料別での集計あるいは部材別での集計が可能となり、数量計算表の作成が行なえる。

2) 形状変更時のリンク機能

各部材をDBに登録する事により、配筋図の修正を行なうと、連動して加工図・数量計算表の同時修正が可能となる。ミス防止の観点からも有意である。

(2) 3次元表示

構造物の完成形の外観・構造内部についてのバーチャル体験により以下のような活用が可能となる。

1) 設計段階

構造詳細の干渉検証が可能となる。例えば

- ①部材構成が複雑な部分の施工・溶接等の可能性検証が容易に行なえる。
- ②PC鋼線と横げたのスターラップとのとりあい照査が容易に行なえる。

2) 施工段階

GISから取り込んだ地形情報と構造物の完成形を組み合わせることにより、架設時の作業環境を得る事が出来る。これにより施工性の評価・検討等が可能になる。

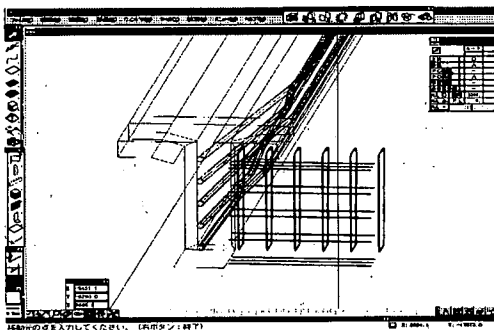


図-5 PC鋼線とスターラップの干渉照査

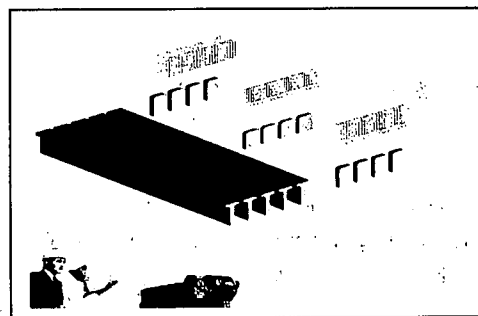


図-6 施工シミュレーションの検討

3) 維持管理段階

完成後には立ち入ることの出来ない既存の建造物の内部構造の検証が可能となる。さらに現状の2次元図面からは、読み取りにくい配筋状態等をビジュアルに再現することが可能となる。

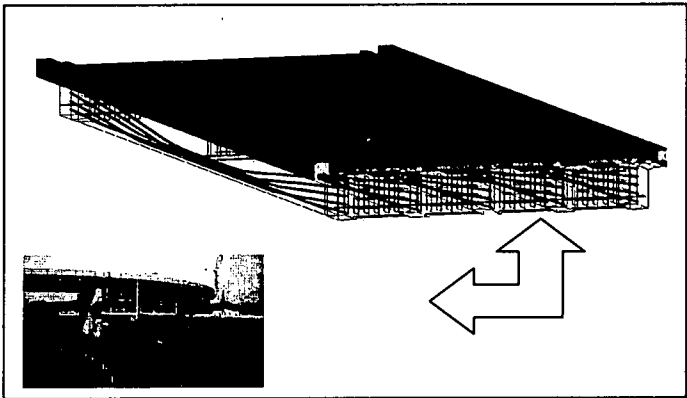


図-7 DBファイルによる履歴管理例

(3) 修正履歴管理

現状の図面ファイル単位の履歴管理に対し、プロダクトDBによる履歴管理が可能となる。各世代のDBファイルによる差分抽出機能の利用により、部品単位の修正履歴管理も可能となる。例えば、修正設計業務においてよくある変更内容の問い合わせに対し、タイムリーな対応が可能となる。

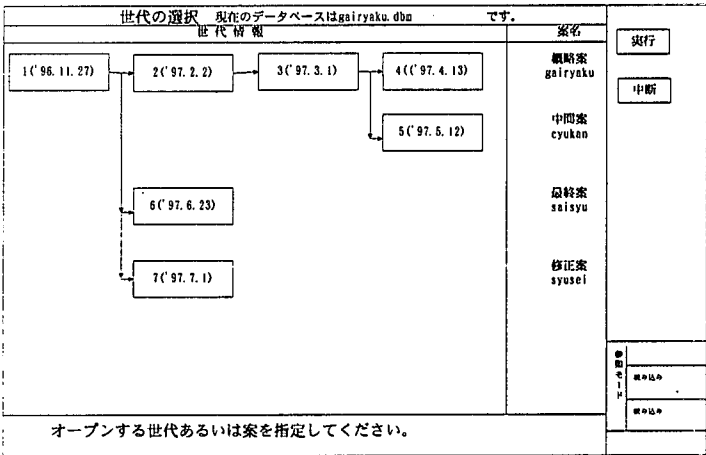


図-8 維持管理段階での活用例

6 今後の課題

3次元CAD利用に関し、ここまで検討してきて明らかになってきた課題を整理する。3次元CADシステムは、まだ業界内で正式ツールとして認知されていない。設計者にとって、より身近な存在となるために、ハード、ソフト環境整備がさらに必要である。ハード環境は日々進歩しつつある。数年すれば机上のPCで完全なバーチャル体験が可能になるろう。

また、設計支援ツールとしての利便性の向上を図る必要がある。例えば、

- ・ 部品の標準化とライブラリー化
- ・ 既存の作業支援ツールとの連携（自動設計との連動）
- ・ CAD側のデータエントリー機能の開発等

が考えられる。

7 今後の展望

建造物を製作する前に、仮想的に製作を行ない問題点等を検証し、その結果を再び設計作業にフィードバックすることができる。また、プロダクトデータベースを構築することにより、建造物情報をプロジェクト全体で共有できる。これらDB型3次元CAD(あえて Engineering-SimulationCADと呼ぶ)のメリットが、ひいては業務のコスト縮減・工期短縮・高品質に繋がることを期待し、今後3次元CADが広く普及する事を願うものである。