

Ⅱ-1 汎用三次元CADシステムのコンクリートダム体積計算への適用について

西松建設株式会社

○杉本 幸信

1. はじめに

一般にコンクリートダム工事は、広範囲で急峻な地形を利用した工事であるため、掘削、堤体構造物等の計画図作成、計画数量の算出のシステム化が困難で、ほとんど手作業でおこなっている。従って、工事計画の策定、出来形図面や数量の算出、施工中の計画変更への対応等には、多くの労力をかけてきている。

ダム工事計画の作成の迅速化を図る手段のひとつとして、汎用三次元CADシステムを利用することが考えられる。三次元CADシステムを利用すると、①全ての構造物を三次元モデルで作成するため、立体形状を視覚確認することができ、入力及び設計ミスを減少することができる。②構造物等の形状の修正、変更が容易である。③成果品（スライス図、鳥瞰図等）の作成、編集が容易となる等の利点が得られる。

本報告は、汎用三次元CADシステムを利用して、コンクリートダムに対してモデル作成、コンクリート体積の算出を試みたものである。

2. システムの概略

本報告書で使用したシステム環境を以下に示す。

<ハードウェア>

EWS (UltraSPARC 167MHz, 96MB Memory, 2.1GB Disk)
・土工計画支援システム、三次元CADシステムを運用する。
パソコン (MS-DOS6.2, 16MB Memory, 400MB Disk)
・デジタイザーより採取したデータを保存、編集する。
デジタイザー (A0用紙対応)
・等高線、掘削計画点等の設計に必要な座標値を採取する。
カラープリンター (A3用紙)
・鳥瞰図等を出力する。
プロッター (A0用紙)
・スライス図を出力する。

<ソフトウェア>

土工計画支援システム (LAPLAS)
・地形図のデジタイズ、地形のDTMを作成、掘削計画面を作成。
三次元CADシステム (CADD5)
・ダム構造物のソリッドモデルを作成、コンクリート体積の算出。

本システムは図-1に示すように土工計画支援システム（以下LAPLASと記述する）と汎用三次元CADシステム（以下CADD5と記述する）を使用している。LAPLASは、土木設計者の土地造成に関わる設計業務をサポートする専用システムである。宅地や道路など土地造成の基本構成、計画、設計など各設計段階で機能するものである。本システムでは、地形図を基に地形形状のモデルや掘削計画面のベースモデルの作成に利用している。

CADD5は土木専用のCADシステムではなく、他産業でも広く利用されている汎用三次元CADシステムである。CADD5の特長は、作図するためのコマンドが関数になっている。使用者はシステムが提供する簡易言語（以下CVMACと記述する）を使用して、用途に合致するようにカスタマイズすること

が出来る。これにより、ダム形状のモデリング、数量計算、簡単な作図作業はこのCVMACを使用して自動化が可能である。

3. 掘削計画画面のソリッドモデルを作成
掘削計画画面のソリッドモデルを作成する手順を以下の要領でおこなっている。

①DTMの作成
ダムサイト付近の地形モデルは地形図からデジタイザを使用して3次元座標値を採取する。この地形データは、LAPLASを使用して数値化地形モデル(DTM: Digital Terrain Model)に作成する。

②掘削計画画面・法面の作成
掘削計画画面は掘削面計画図から計画点の座標値を入力し、面を作成する。この面とDTMから法面が計算され図-2に示すような掘削計画画面が作成できる。

③TIN作成
掘削計画画面の形状はソリッドモデルを作成する準備として、三角形モデル(TIN: Triangulated Irregular Network)に生成し、ファイルに出力を行う。

④ソリッドモデルの作成
掘削計画画面はこのTINデータファイルからサーフェスモデルを作成し、地表面下方向に適切な厚みを与えてソリッドモデルを作成する。この過程は、CVMACを使用して、TINデータファイル名、地下方向へのソリッド厚を入力し、ソリッドモデルを自動生成するようにカスタマイズしている。

4. ダム構造物のモデルを作成
主なダム構造物の形状はダムサイト平面図、上下流面図、標準断面図から形状を目視で読み取り、システムの基本作図機能を使用してソリッドモデルを作成する。モデルを作成

するにあたって、図-3に示すコンクリート体積の対象となるダム堤外構造物(越流部、非越流部、導流壁、フーチング部)と図-4に示す空間部のダム堤内構造物(監査廊、放流設備、エレベータシャフト)に大別

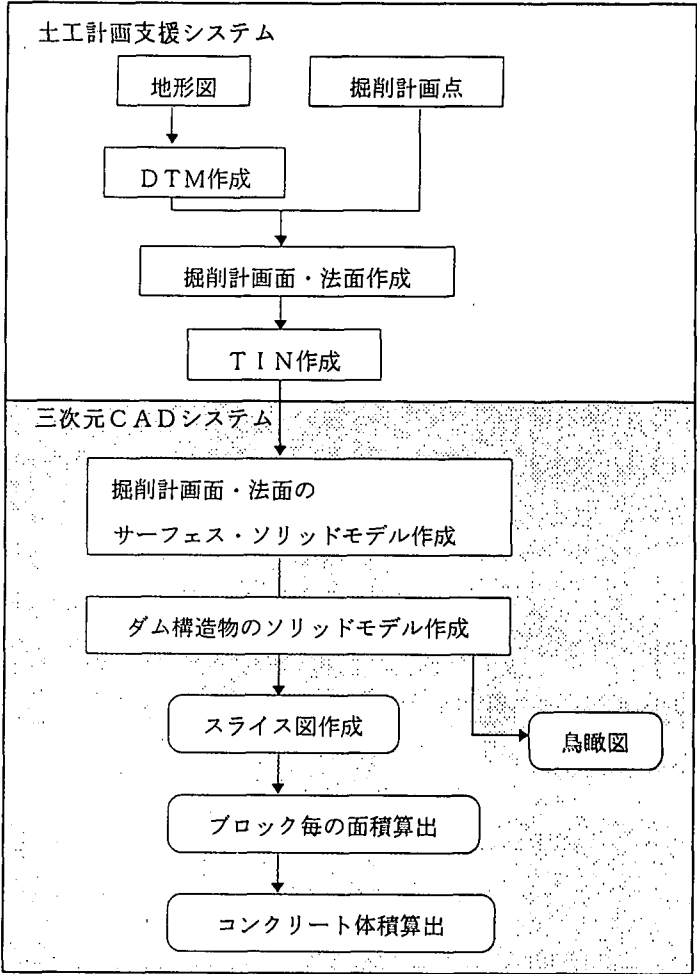


図-1 システムのフロー

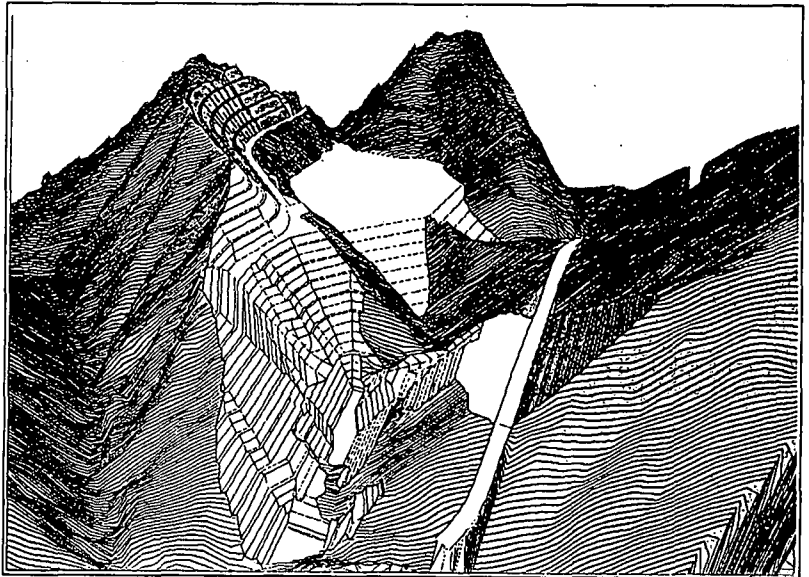


図-2 掘削計画画面の作成状況

される。ダム構造物モデルを作成する手順を以下の要領でおこなっている。

①ダム堤体構造物のモデル作成

ダム堤体の標準横断面をワイヤーフレームで作図する。次に「ワイヤーフレームの直線スイープ機能」を使用して断面線をダム軸原点からダム軸方向にベクトルをとり所定の厚みを与えて概略なダム堤体構造物のソリッドモデルを作成する。

②フーチングのモデル作成

フーチング部のモデル作成は地形の形状に大きく依存するので、詳細に入力すると大変な労力となる。概略設計段階では次善の策として、フーチングのステップ高さ、ステップ数、ダム天端標高値等を設定してモデルの生成を自動化することも考えられる。

③ダム堤体と掘削計画面のモデルをブール演算

「ブール演算機能」を使用してダム堤体と掘削計画面のソリッドモデルを減算する。結果としてダム堤体と掘削計画面の接合面が計算され、図-3に示すダムコンクリート構造物モデルが作成される。

④ 監査廊、放流設備、エレベータシャフト等のモデル作成

図-4に示す監査廊、放流設備、エレベータシャフト等のモデルは、システムの作図機能である「ワイヤーフレームの曲線スイープ機能」を使用して順々にソリッドモデルを作成する。

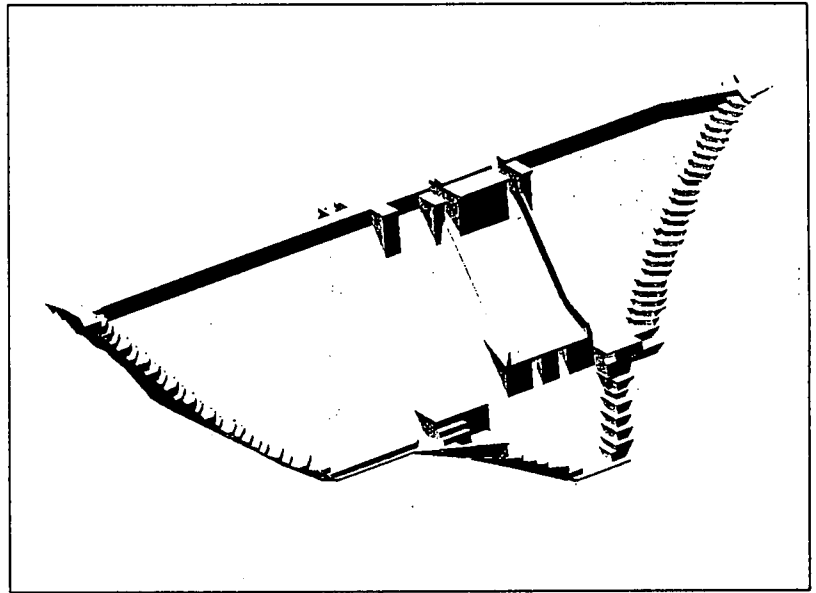


図-3 ダム堤外構造物のモデリング

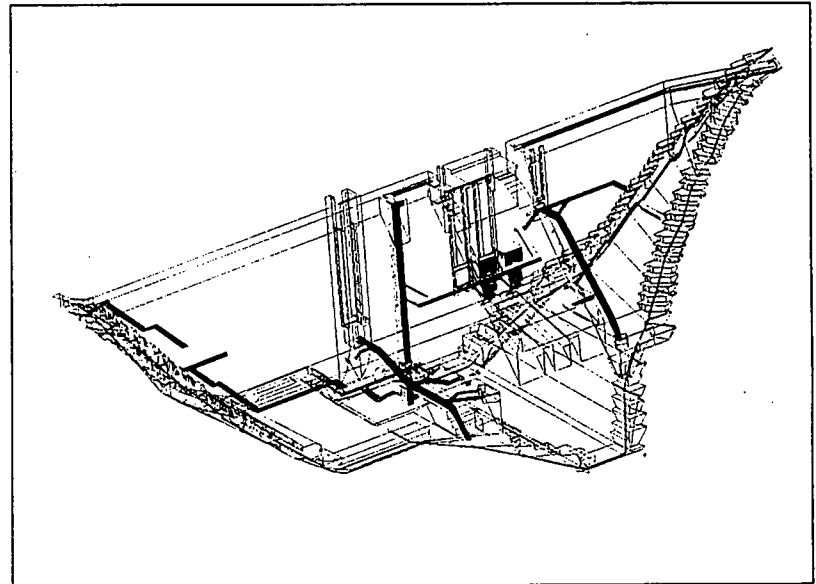


図-4 ダム堤内構造物モデリング

5. コンクリート体積の算出

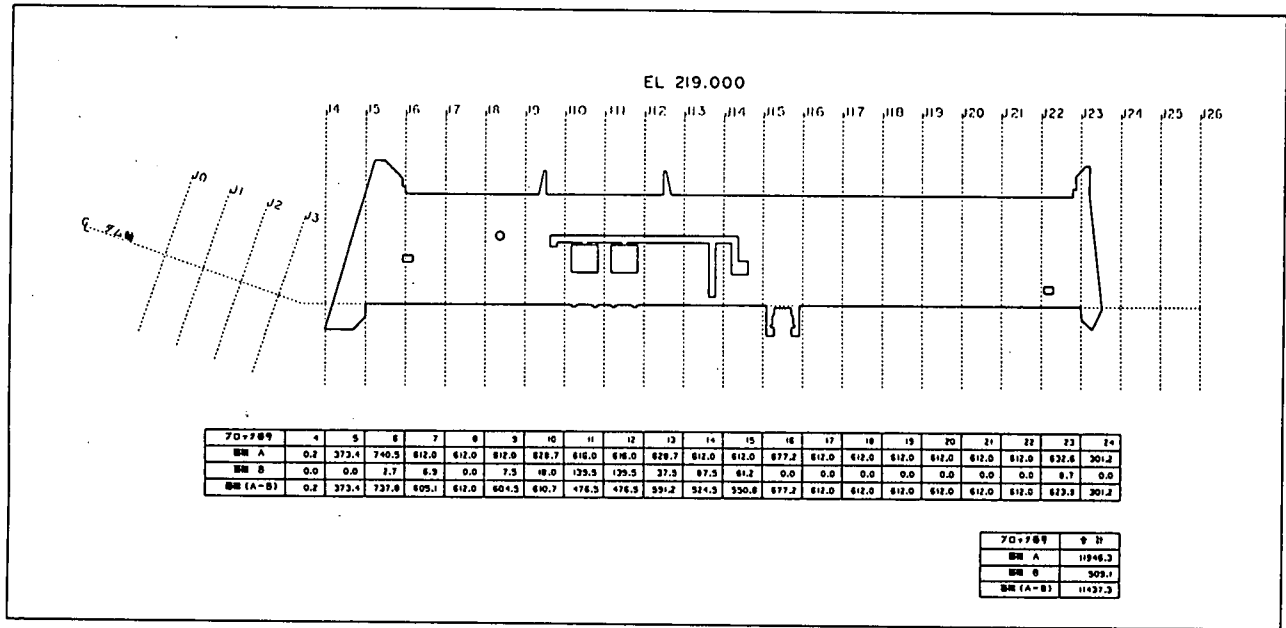
ダム構造物モデルの作成が終了すると、以下の手順でコンクリート体積が算出できる。

①水平断面図の作成

図-5に示すような各水平断面図は複数のソリッドで構成されたダム構造物モデルを、システムの作図機能である「ソリッドの切断」を使用して、所定の標高毎に順々に切断して作成する。

②断面線に属性を入力

監査廊等の空間部の水平断面線は、コンクリート体積の対象にならないので面積の計算前に属性を定義し



図－5 ダム堤体水平断面図及びコンクリート打設ブロック毎の区画面積

ておく。属性を定義することで、コンクリート部と空間部が区別できる。

③コンクリート打設のブロック境界を入力

水平断面線をブロック割りするためには、ダム軸に直交する所定の位置で境界線を作図する。この境界線を各ブロックの境界線としてブロック番号と属性を定義する。

④面積の算出

所定のブロック毎の面積は、ブロックを構成する水平断面線と境界線の構成点座標を抽出し計算する。計算後、ブロックの重心に識別マークを付けて、面積を図形要素の属性値として設定する。各ブロックの面積は、属性値として常時、参照することができる。また、計算結果を表にして描画する。

⑤コンクリート体積の算出

体積は識別マークに設定されたブロック毎の面積を各断面間で集計し、平均断面法で算出する。計算結果はファイルに出力する。

6. 今後の課題

本システムを実務に適用するには多くの改良点、機能のレベルアップが要求されるものである。今後の課題として以下の2点を記述する。

①モデリングの労力を削減

使用した三次元C A Dシステムには、土木分野における専用のツールが構築されていない。よって、ダム構造物のモデル作成は積木を組み立てる要領で行うため、モデリング作業に大半を費やしている。今後はダム構造物のモデル形状のパラメータ化を行い、カスタマイズ機能を使用してモデリングの自動化を図りたい。また、土木分野の利用がより容易となる三次元C A Dシステムが市販されることに期待したい。

②コンクリートの数量算出機能に追加

コンクリートの数量の算出は、更にコンクリートの配合区分を考慮した計算を行ないたい。

参考文献

(1)「平成5・6年度土木C A D小委員会研究報告書」土木学会 土木情報システム委員会 1995.7