

Ⅱ-36 三次元 CAD を利用したコンクリートダムの体積計算システムの開発

西松建設株式会社 根本 隆栄
○杉本 幸信

【抄録】コンクリートダムの打設計画を行なうにあたって、堤体体積を正確に計算することが要求される。ダムの堤体、内部構造物、フーチングの形状を正確に把握することで、精度の高いコンクリート量の算出が可能になる。本システムは、市販の三次元CADシステムに対して、ダム形状のモデリング、任意リフト高でのスライス面の面積計算等の機能を付加して、リフトスケジュールのためのコンクリート体積の算出を行なうものである。

【キーワード】調査計画支援システム、CAD

1. はじめに

コンクリートダムの施工計画を行うにあたって、合理的なコンクリートの打設計画、いわゆるリフトスケジュールを立案することが、工事費の削減を図るのに重要なことになる。従来、リフトスケジュール用のコンクリート体積の算出は、市販されている専用システムがないこと、計算に必要な地形、ダム構造物などのデータの膨大化で作業効率の低下を招くこと等から、システム化が困難で手作業に依るところが多かった。

最近、実用に供するコンピュータの処理能力が向上し、三次元CADシステムの機能や操作性の向上も進んできたことから、実用的なダム体積計算システムの開発が可能となった。

三次元CADシステムを利用すると、次のような利点が得られる。

- ①ダム構造物の表面と内部をソリッドモデル手法で作成するため、完成形状を立体的に把握し、手計算による計算ミスを減少することができる。
- ②ダムモデルの入力完了後は、施工計画の変更によるリフト高の再定義及び体積算出が短時間に行える。
- ③ソリッドモデルは断面形状を直接取り出せることから、断面図を用いた設計図書などの作成、編集が容易となり、施工計画の策定に強力な支援となる。

システムを構築するにあたって、三次元CADシステムの基本機能だけでは、システムの利用効果は得られない。本システムは、CADの簡易言語機能を使用して、モデリング、作図作業、数量集計の自動化などのカスタマイズを行い、体積計算の効率向上を可能にしている。

本システムを当社で施工中の大・中・小規模のコンクリートダムに適用してシステムの精度の確認を行った。

2. システム構成

使用したシステムは、2つで、両システムは次のように使い分けている。

① 土地造成支援システム

コンター採取、地形、掘削面の定義

② 汎用三次元CADシステム

ダムのモデリング、断面積、体積計算

LAPLAS（土地造成支援システム）から CADDS5（三次元CADシステム）へのデータインターフェースはポリゴンデータに変換して行っている。

主要なシステム機器を以下に示す。

① EWS

土地造成支援システム、三次元CADシステムを運用

② PC

デジタイザーより採取した地形データを保存

③ デジタイザー

地形、掘削面の座標値を採取

④ プリンター、カラープロッター

断面図、鳥瞰図の出力

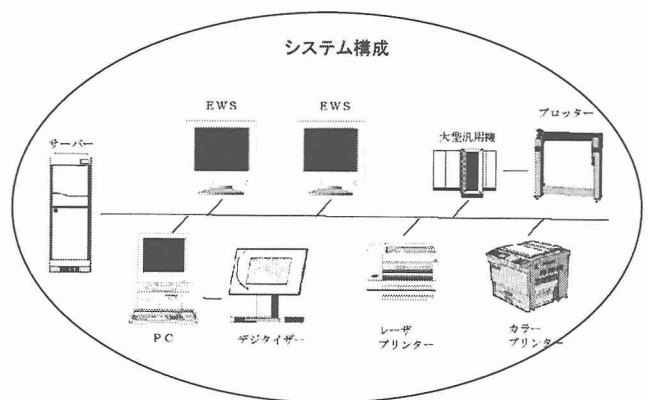
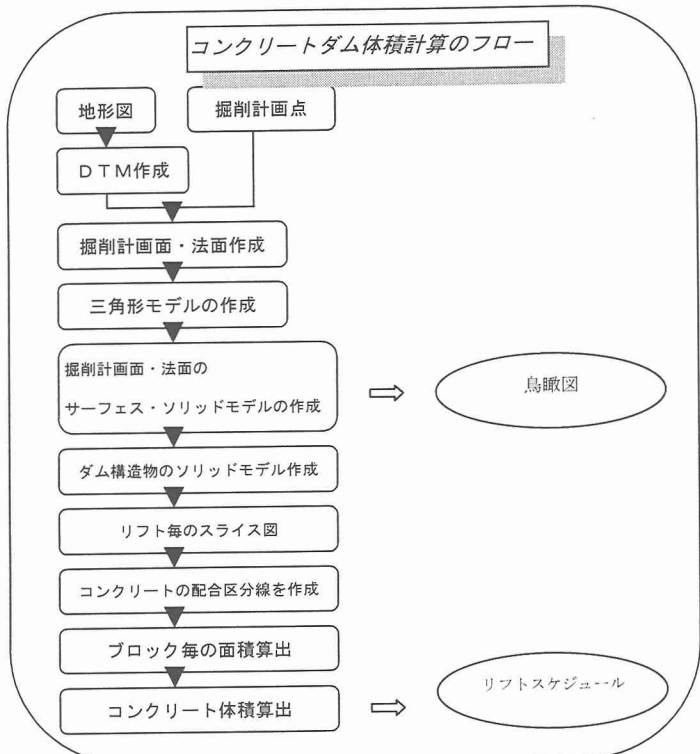


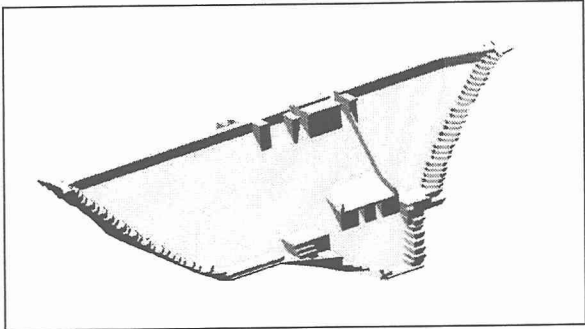
図-1 システム構成



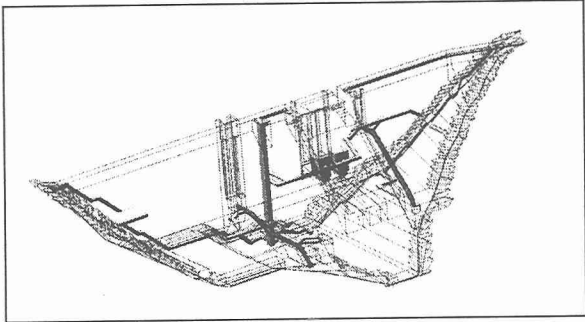
図－2 コンクリートダム体積計算フロー

3. ダムの形状定義の概要

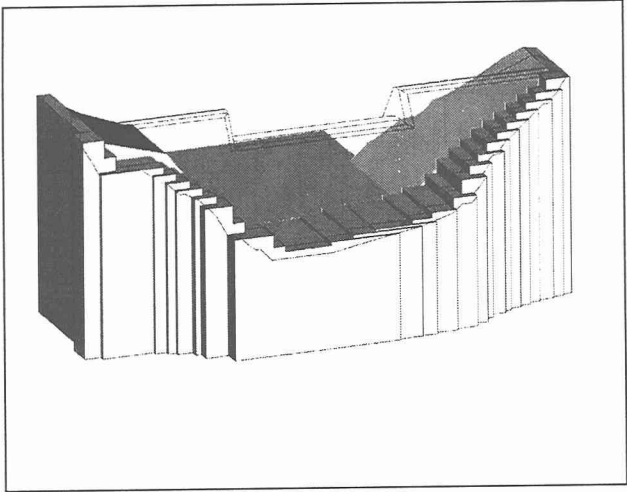
- 掘削面に整合させる手順は、次の通りである。
- ① 地形図，掘削計画平面図からデジタイザを使用して手入力でコンター，計画点データを採取し、土地造成支援システムにより、ダムサイト周辺の原地形，掘削計画面のモデルを作成する。
 - ② ①のモデルに対する、三角形ポリゴンからなるサーフェスモデルを作成する。
 - ③ ②のサーフェスモデルを三次元CADシステムに取り込む。
 - ④ ダム標準断面からなる基本三角形モデル及びフーチング部をソリッドモデルで作成する。
 - ⑤ ③と④のモデルからダム形状定義に無関係なソリッドモデルを削除する。



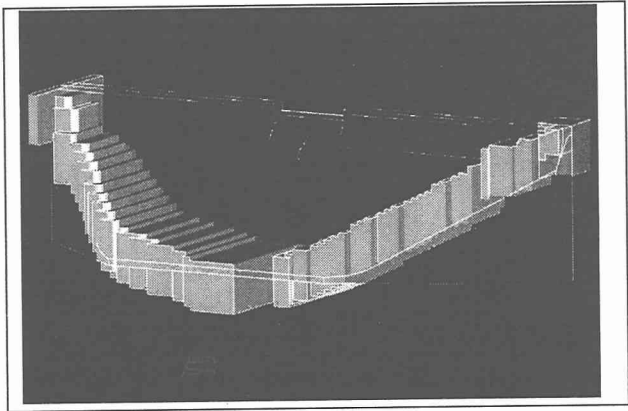
図－4 (a) 全体図



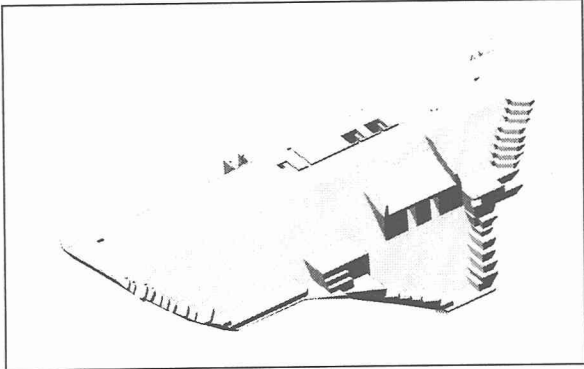
図－4 (b) 内部構造物



図－3 (a) フーチング作成その1



図－3 (b) フーチング作成その2



図－4 (c) モデルの切断

構造物と掘削面の接合面の計算は、フーチング部の底面を構成する要素数を減少することにより、計算時間の短縮を図ることができる。図-3の(a)と(b)はフーチング部の作成過程において、モデル(a)の底面は(b)よりも少ない要素で作成していることを示している。

図-4(a)は形状の全体図、同(b)は堤体内の監査部やエレベータシャフト等の堤体内部構造物を示している。図-4(c)は任意の打継ぎ面で切断した時の面で、三次元モデルが正しく定義されているか否かが確認できる。

4. コンクリート体積の算出

ソリッドモデルは以下の手順によりリフトスケジュール用のコンクリート体積を算出することができる。

- ① ソリッドモデルの断面抽出機能を活用して、ダム構造モデルに対して、打設リフト高さ毎に水平な切断位置を設定し、断面線を生成する。
- ② 打設ブロックの定義として、ブロック境界、コンクリート配合の境界線を入力する。
- ③ ①と②の各線に属性値を定義する。
- ④ ③からなる線の属性毎に面積を算出、集計する(図-6参照)。

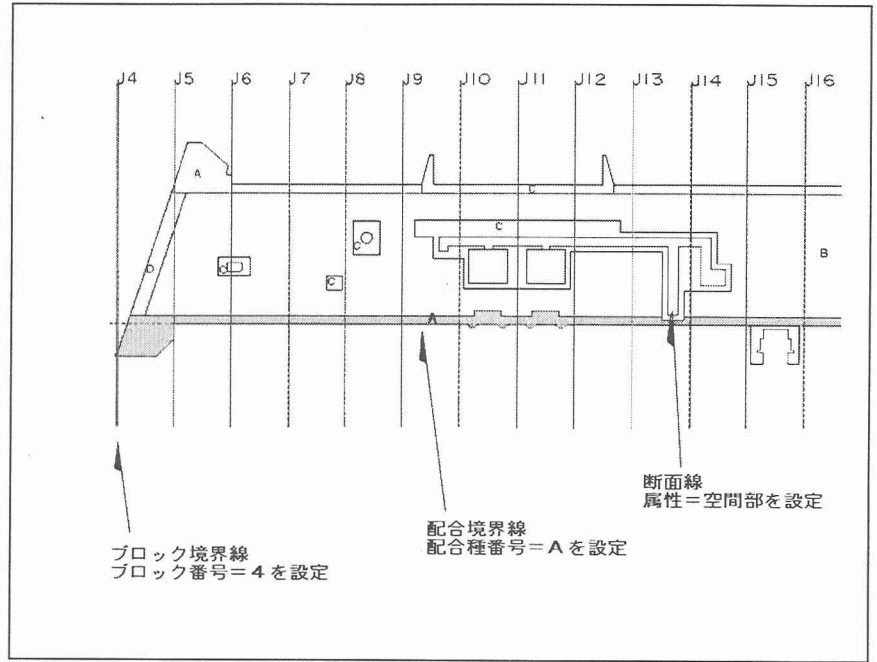


図-5 属性定義

⑤上面、下面の面積を算出した後、各ブロックの体積は平均断面法により計算する。

③で定義した属性は、次の分類により設定を行っている(図-5参照)。

- (イ) コンクリート配合別に面積の集計を行なう場合は、配合種番号を入力する。
- (ロ) ブロック毎に集計するためのブロック番号を設定する。
- (ハ) 堤体内部構造物のモデルから生じた断面線に空間部であるという属性値を入力する。

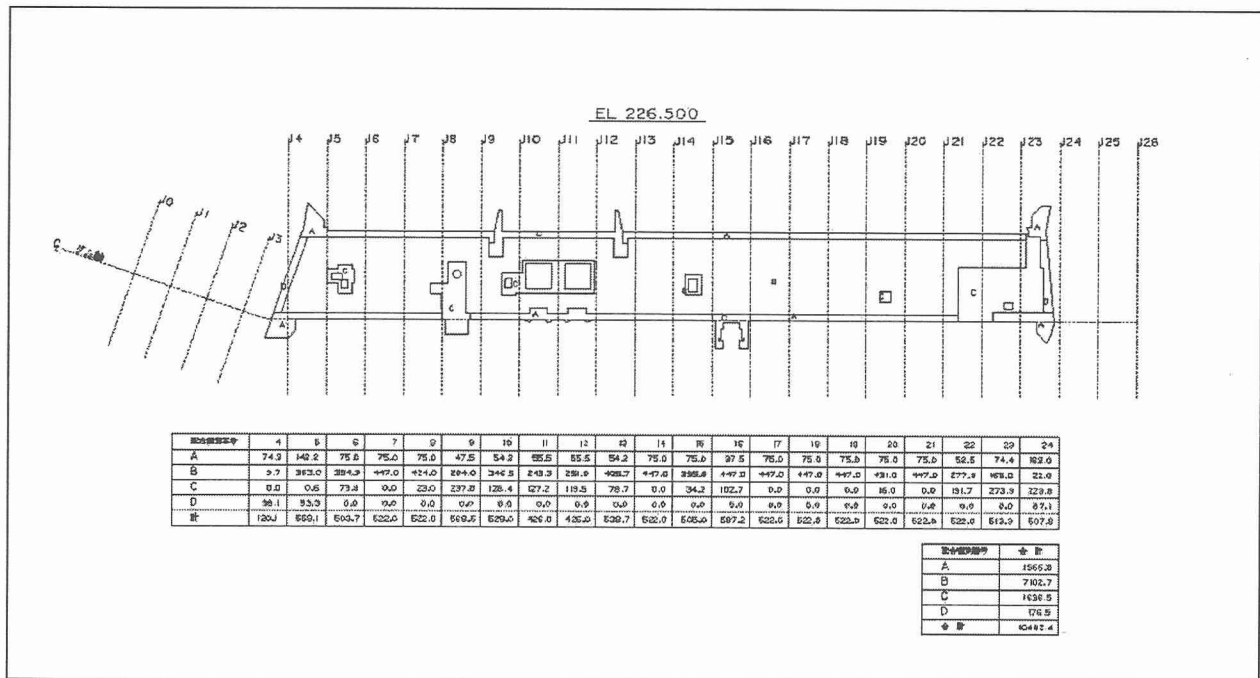


図-6 ブロック毎の面積

5. 適用事例

当社で現在施工中の大・中・小規模の数タイプのコンクリートダムに適用して、システムの精度の確認を行った。コンクリート体積は、設計図書に示されている数量と比較したところ、表－1に示すとおり、0.2～0.5%で合致している。

作業に要した日数はダムの規模や形状の複雑さに依存するが、システム操作に習熟すると、モデルの入力作業から始めて7日程で可能で、リフト高の再定義も容易であり、より合理的なリフトスケジュールを短期間に立案することが可能となった。

図－7は本システムによる入力データとしてリフトスケジュールを計算した例である。

6. おわりに

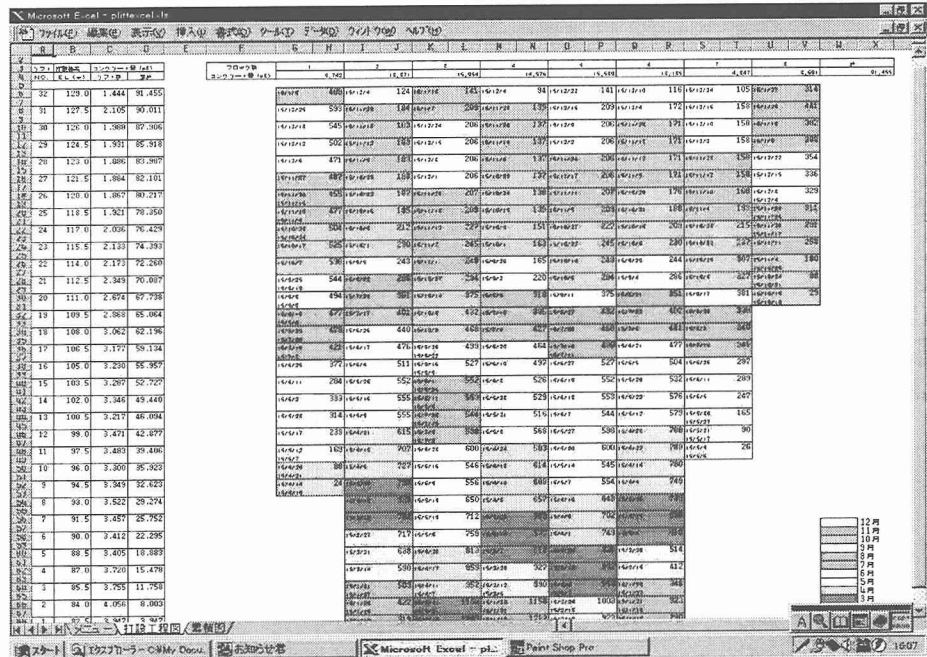
三次元CADシステムを使用したダム施工支援システムにおいて、ダムの体積計算結果は、設計数量と比較して良く一致しており、本システムが実用レベルで利用できることが確認できた。

最後に、本システムを運用する過程での問題点や今後の課題を挙げる。

- ① 本システムの構成はEWSマシンベースなため、パソコン機器と比較して高価であることが指摘されている。今後はシステム機能のレベルアップと併せてパソコンへのコンバートも検討する。
- ② 使用した三次元CADシステムで作成した三次元データは、他のアプリケーションとのデータ互換

表－1 コンクリート体積の比較

項目		大規模ダム	中規模ダム	小規模ダム (貯砂ダム)
① 設計図書にあるコンクリート数量	堤体 減勢工 計 (m3)	1, 160, 000	178, 707	64, 685
		8, 000	3, 291	2, 911
		1, 168, 000	181, 999	67, 597
② CADで算出したコンクリート体積	堤体 減勢工 計 (m3)	1, 155, 608	178, 353	—
		—	3, 025	—
		—	181, 378	67, 995
③ =②／①×100	堤体 減勢工 計 (%)	99. 62	99. 80	—
		—	91. 92	—
		—	99. 66	100. 58



図－7 リフトスケジュール

がとれないため、例えば景観シュミレーションへシステムへデータを渡すことができなかった。本システムで生成されたデータを他システムでも利用可能とする機能付加する必要がある。

<参考文献>

(1) 杉本幸信「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」土木学会 第21回土木情報システムシンポジウム講演集 p1～p4、1996. 10

(2) 「平成5・6年度土木CAD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

(3) 「平成7・8年度土木CAD小委員会研究報告書」土木学会 土木情報システム委員会 1997. 6