

## II-12 3次元CADを利用したダム堤体施工計画システム

(株)大林組 ○葛谷 よう子

岩崎 良一

太田 親

徳永 正博

## 1. まえがき

コンクリートダム工事では打設計画の段階において、打設するコンクリート量を正確に予測することが要求される。その場合、ダム堤体計画位置の露出岩盤及びダム堤体の形状、そしてその内部に設置される構造物（監査廊等）の形状を正確に把握して初めてコンクリート量の高精度算定が可能となる。また、一般にダム工事は長期にわたるため、数回の設計変更がおり、その度にコンクリート量の再計算等をしなくてはならず手間がかかっている。

このシステムを構築する背景として、近年、コンピュータ上でモデル化が可能な3次元CADがめざましい速さで進歩していることがあげられる。3次元CADの進歩によって物体を細部まで表現することができ、詳細な検討を行うことができるようになった。本システムで作成するモデルはソリッドモデルで作成するので、サーフェスモデルでは得られない情報（体積計算、断面の抽出等）を容易に且つ正確に得ることができる。

本システムはコンピュータによりモデルを作成しそのデータを一元管理することによって、計画段階の一連の作業の自動化を行い、施工計画段階の省力化を図ることができる。

## 2. 本システムの概要

本システムは、図-1に示すように、3次元CADで作成された「基本モデル」を中心として、各サブシステムを構成している。基本モデルは、1. まえがきでも述べたようにソリッドモデルで構成される。ソリッドモデルの特徴として、体積計算、断面の抽出が容易に行えるというほかに、自由な視点の設定が出来るため形状の把握も容易に行うことができる。

作成された基本モデルから各ブロックの体積計算及び表面積の計算、各断面図の抽出を自動で行うことができる。さらに、得られた情報をもとに他のサブシステムの入力データを作成し一連の作業の省力化を図っている。

また、3次元データが一元管理されていることにより、設計変更に対し基本モデルを修正することによって、自動的に他の情報が修正されることになっている。

今回、現在施工中の某ダムを検討モデルとして利用する。

なお、利用ソフトは以下のものである。

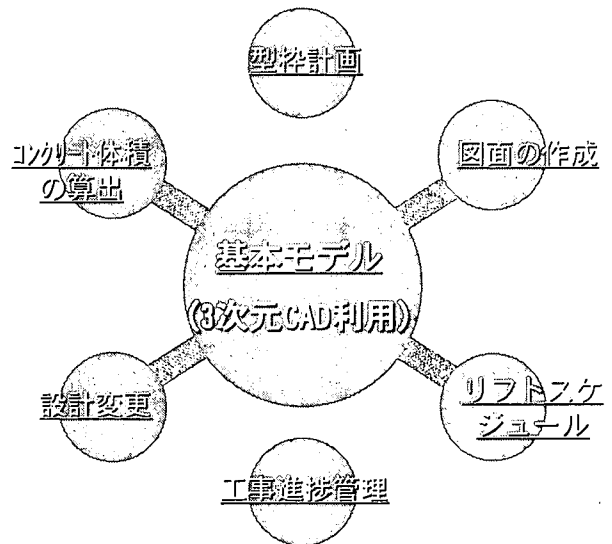


図-1 システム概要

- ・ 3次元CAD：I-DEAS (Integrated Design Engineering Analysis System)
- ・ 表計算：Microsoft Excel
- ・ 2次元CAD：Auto-CAD

3. 本システムの機能

システムの流れを図-2に示す。

以下に各システムの機能を紹介する。

(1) 基本モデルの作成

基本モデルは、3次元ソリッドモデルで作成する。越流部や非越流部などの主要断面を作成し、それを引き延ばし厚みをもたせ、各パーツを結合する。ダム底面は結合されたモデルを地盤面のモデルで切りとることにより、3次元ダムモデルが完成する。このモデルは他の全てのサブシステムの基本データとなるので監査廊やフーチングなどの主要構造物も作成する。(図-3参照)

(2) コンクリート体積の算出

従来、コンクリート体積の算出方法として平均断面法が一般的に使用されてきた。しかし、この方法は上面、下面の面積差が大きいと実際のコンクリート量との誤差も比例して大きくなる。

本システムでは、基本モデル内にパーティションと呼ばれる鉛直板の仕切りを作成して工事計画に合ったブロック割り(図-4)を行い、それぞれのブロックの体積を算出する。さらに求めた体積をパソコンに転送しコンクリート数量表(表-1)をExcelで作成することができる。

(3) リフトスケジュールの入力データの作成

(2)で計算されたコンクリート体積を既存のリフトスケジュール作成プログラムの入力データとして作成する。

(4) 工事進捗管理

リフトスケジュールより算出された時間データをもとに、基本モデルを各月の施工高ごとに分ける。分けられたモデルから各月のコンクリート打設量の算出や進捗状況を容易に把握することができる。図-5から図-8に進捗管理モデルを示す。

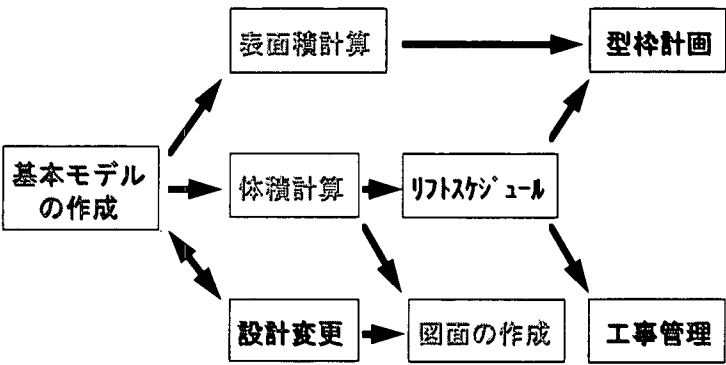


図-2 システムの流れ

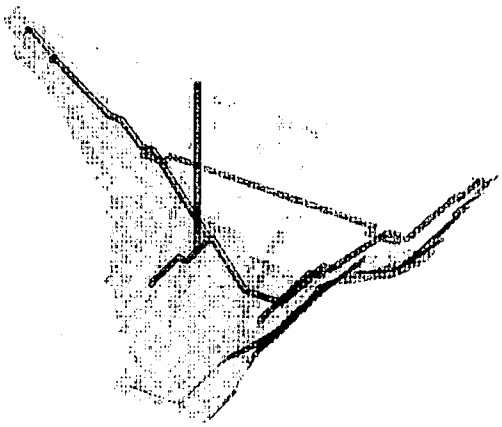


図-3 基本モデル

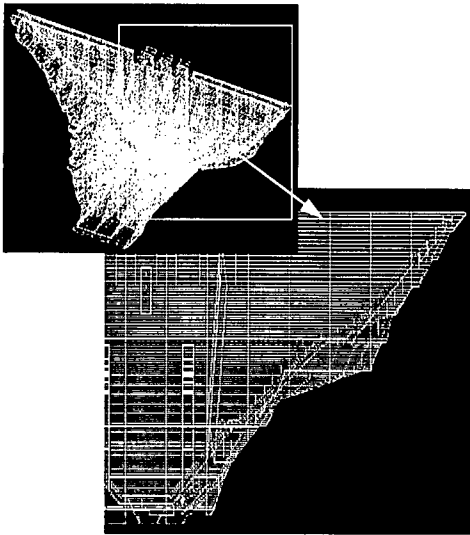


図 - 4 ブロック割り

表 - 1 コンクリート数量表(単位: t) (一部表示)

| EL   BL | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1       | 271.16 | 175.50 | 175.50 | 175.50 | 175.50 | 214.86 | 295.80 | 281.88 | 295.80 |
| 2       | 223.50 | 157.50 | 157.50 | 157.50 | 157.50 | 205.65 | 280.50 | 267.30 | 280.50 |
| 3       | 190.68 | 157.50 | 157.50 | 157.50 | 157.50 | 205.65 | 280.50 | 267.30 | 280.50 |
| 4       | 230.20 | 157.50 | 157.50 | 157.50 | 157.50 | 205.65 | 280.50 | 267.30 | 280.50 |
| 5       | 160.92 | 157.50 | 157.50 | 157.50 | 157.50 | 205.65 | 280.50 | 267.30 | 280.50 |
| 6       | 146.92 | 157.50 | 157.50 | 157.50 | 157.50 | 214.28 | 293.25 | 279.45 | 293.25 |
| 7       | 174.86 | 166.98 | 166.98 | 166.98 | 166.98 | 221.62 | 299.63 | 285.53 | 299.63 |
| 8       | 169.74 | 192.38 | 192.38 | 192.38 | 192.38 | 251.95 | 332.06 | 319.95 | 332.06 |
| 9       | 227.98 | 218.02 | 218.02 | 218.02 | 218.02 | 293.75 | 376.21 | 367.29 | 376.21 |
| 10      | 201.52 | 243.34 | 243.68 | 243.68 | 243.68 | 318.92 | 380.21 | 373.50 | 380.21 |
| 11      | 178.42 | 265.63 | 269.33 | 269.33 | 269.33 | 338.02 | 373.73 | 368.69 | 373.73 |
| 12      | 151.05 | 286.79 | 294.98 | 294.98 | 294.98 | 354.25 | 372.16 | 368.06 | 372.16 |
| 13      | 179.96 | 309.39 | 320.62 | 320.62 | 320.62 | 374.56 | 385.65 | 381.14 | 385.65 |
| 14      | 173.46 | 334.92 | 346.27 | 346.27 | 346.27 | 394.45 | 398.09 | 377.02 | 398.09 |
| 15      | 153.59 | 360.57 | 371.92 | 371.92 | 371.92 | 414.13 | 409.76 | 349.42 | 409.76 |
| 16      | 161.33 | 424.16 | 397.58 | 397.58 | 397.58 | 433.76 | 420.91 | 334.90 | 420.91 |
| 17      | 138.31 | 458.18 | 423.23 | 423.23 | 423.23 | 453.68 | 432.02 | 332.63 | 432.02 |
| 18      | 42.50  | 316.72 | 296.40 | 296.40 | 296.40 | 314.52 | 296.48 | 260.35 | 296.48 |
| 19      |        | 314.33 | 307.80 | 307.80 | 307.80 | 325.89 | 307.80 | 283.66 | 307.80 |
| 20      |        | 313.35 | 319.20 | 319.20 | 319.20 | 337.29 | 319.20 | 301.89 | 319.20 |
| 21      |        | 327.14 | 330.60 | 330.60 | 330.60 | 348.69 | 330.60 | 318.11 | 330.60 |
| 22      |        | 313.00 | 342.00 | 342.00 | 342.00 | 360.09 | 342.00 | 333.06 | 342.00 |
| 23      |        | 298.86 | 353.40 | 353.40 | 353.40 | 371.49 | 353.40 | 347.12 | 353.40 |
| 24      |        | 293.74 | 364.80 | 364.80 | 364.80 | 382.89 | 364.80 | 360.55 | 364.80 |
| 25      |        | 296.16 | 376.07 | 376.20 | 376.20 | 394.29 | 376.20 | 373.51 | 376.20 |
| 26      |        | 280.35 | 386.11 | 387.60 | 387.60 | 405.69 | 387.60 | 386.09 | 387.60 |
| 27      |        | 285.16 | 395.55 | 399.00 | 399.00 | 417.09 | 399.00 | 398.37 | 399.00 |
| 28      |        | 264.67 | 421.51 | 410.40 | 410.40 | 428.49 | 410.40 | 410.33 | 410.40 |
| 29      |        | 224.33 | 428.85 | 421.80 | 421.80 | 439.89 | 421.80 | 421.80 | 421.80 |

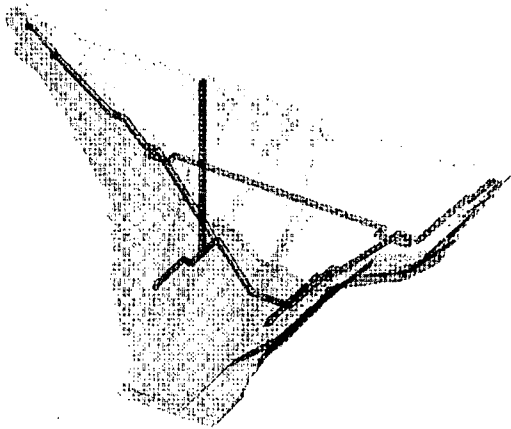


図 - 5 施工前

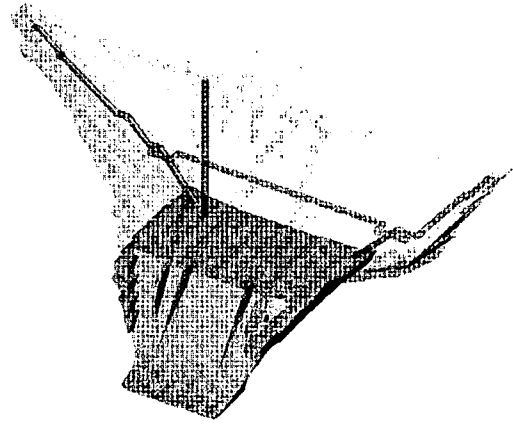


図 - 6 1年後

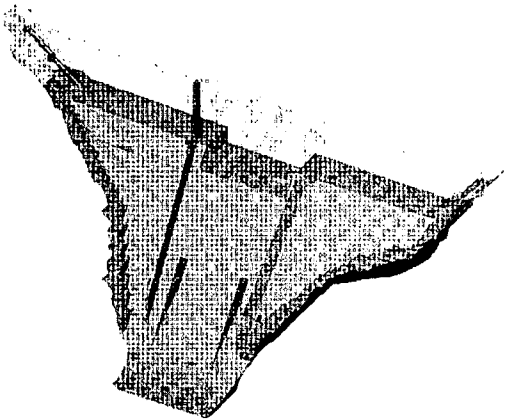


図 - 7 2年後

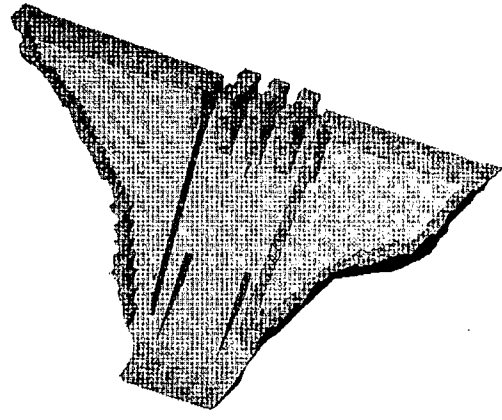


図 - 8 完成時

#### (5) 平面図・断面図の作成

体積計算の基準となる平面図や、投影図、鳥瞰図等を3次元モデルから取り出し2次元図面に出力する。3次元モデルを基本モデルとしているため、2次元図面は3次元モデルに追従する。すなわち、データの一

元化が図られている。

#### (6) 型枠計画

3次元モデルの表面積を計算する機能を用いることにより、施工時の必要型枠量を算出する。

リフトスケジュールの日付データから左右のブロックが施工されているかいないかを判断し、隣のブロックが施工されていなければ、表面積を型枠量に算入し、施工後であれば算入しないようにする。

### 4. 課題と対応

#### (1) 3次元モデル作成のための時間

3次元ソリッドモデルにより対象物を細部まで表現する場合、詳細なデータが必要であり紙の図面からモデルを作成すると大量の時間を要する。周辺地盤面のデータにおいても、今回地図からポイントデータを拾いモデルを作成したので、大変に手間がかかってしまった。ダム堤体や周辺地形のデジタルデータを入手することにより今回のようなデータを「手で入力」という手間が省かれるようになる。今後は、計画初期の段階で発注者や設計会社とデータの共有を図るCALS的仕組みの進展に期待したい。

#### (2) 3次元CADの技術的問題点

3次元ソリッドモデルは物体同士を足し合わせたり、差し引いたりする場合、特殊な幾何学的演算を行う。この際、曲面同士や曲面と平面の接点で演算エラーを起こしやすい。I-DEASでは、演算エラーが起こった場所をディスプレイ上に表示する。今回のダムモデルは、地盤面と鉛直パーティションの交点でエラーを起こした。この種のエラーは自動的に避けられないものである。

対応策として、まず作成されたモデルのチェックを行い、断面がずれていないかなど、作成手順上の間違いを修正する。モデルに問題がない場合の手段として、エラーの起こった場所のモデルの一部変更を行う方法がある。今回のモデルは、パーティションを3mm程度移動する事によって演算エラーを起こらなくした。

#### (3) 運用上の問題

本システムでは高度な3次元CADを用いる事になるので、全てを施工現場だけで実施するのは困難なため、設計部門との共同作業が必要となる。この場合、基本モデルの一元管理によるデータの整合性確保が最も重要であり、もし現場でデータの修正、更新等を実施するのであれば、現場と設計部門との間の通信ネットワークによる運用体制は欠かせない。

今回のシステムは重力式コンクリートダムにおいての適用である。このシステムは2次元図面だけではキャッチできないような間違いや施工不能な形状を視覚的にあるいは干渉チェック機能で確認することができ、工事前の計画検討におおいに効果がある。また実際の工事現場の進捗に合わせた出来高進捗管理への本格的な活用も可能と考えている。