

## ダム施工における情報化施工

植木 陸央

近年、土木施工の分野ではGPS等を利用した移動体測量技術の飛躍的な進歩を背景に、最新の通信技術、コンピュータ技術を組み合わせた様々な施工の合理化技術が実現している。

こうした技術を用いた複数の要素技術を統合し、ロックフィルダムの施工に際して設計図面の電子化から、施工計画、施工管理のプロセスを一元管理した情報化施工事例を紹介する。

キーワード：ダム、土工、情報化施工

### 1. はじめに

土木工事分野では、急速な技術革新が進む情報化施工技術（IT 施工技術）を応用した、品質向上、工期短縮、コストダウン、環境負荷低減、安全確保などにつながる合理化システムの構築が求められている。本稿で紹介するIT 土工管理システムは、三次元CADによる調査・設計情報の電子化を中心として、GPS測量、ITを駆使した施工機械の計測・制御システムなどを組み合わせたトータルシステムである。

九州電力株が宮崎県に建設中の小丸川発電所新設工事において、鹿島建設JVが施工中の上部調整池工事に導入した本システムは、次のような効果を上げた。施工計画の段階では、土工事の進捗状況を三次元CADを用いてビジュアル化することにより、計画の

妥当性を検証できた。次に施工段階では底面部・斜面部のトランジション層（約30万m<sup>2</sup>）施工に、三次元施工システムを搭載したブルドーザを使用して、高い仕上り精度（品質）を実現した。また人力作業を大幅に削減して、安全施工、工程短縮に大きな成果を上げた（写真—1、図—1）。

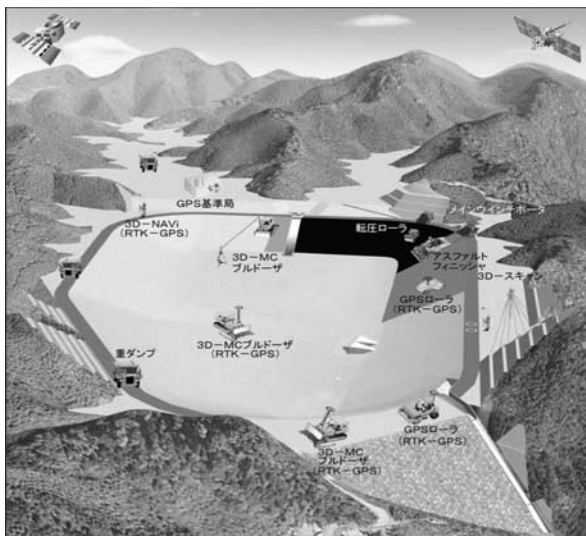
### 2. システムの概要

当調整池の造成は、以下の特徴がある。

- ①大瀬内ダム、かなすみダムの構築を中心とした、掘削量670万m<sup>3</sup>、盛立量450万m<sup>3</sup>の大規模土工事であり、1日当たりの土工量も多い（実績1.7万m<sup>3</sup>/日）。
- ②外部に原石山がないため、調整池内部に点在する



写真—1 調整池全景



図—1 システム概念図

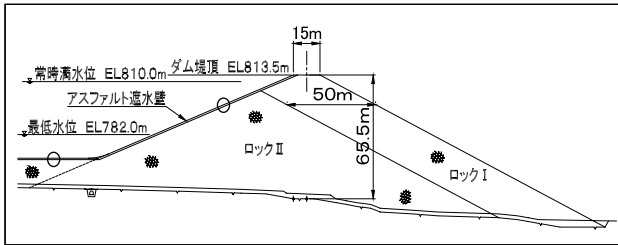


図-2 上部調整池構造図

複数の土取場から、主ダムを中心とする複数の盛立場へ、廃棄岩を分別したゾーン別の材料を直送する。

③調整池は曲面を有する複雑な形状であり、盛立完了後、斜面部及び底面部に、舗設基盤となるトランジション層を調整池形状に合わせて施工する。

このため、適確なゾーン別土工量管理、合理的な盛立方法、適確な品質管理手法を確立し膨大な作業量の施工測量を遅滞なく実施して、計画と日々の作業の進捗を総合的に把握する手法が必要であった（図-2、図-3）。

当工事で採用したシステムは、このような課題を解決するために、複数のシステムを組み合わせ、三次元CADにより各システムで使用する図面、座標の関連性を維持するよう全体を構築し、工事の初期段階から施工の各プロセスを総合的に管理することとした（図-4）。

以下に、各システムの詳細について述べる。

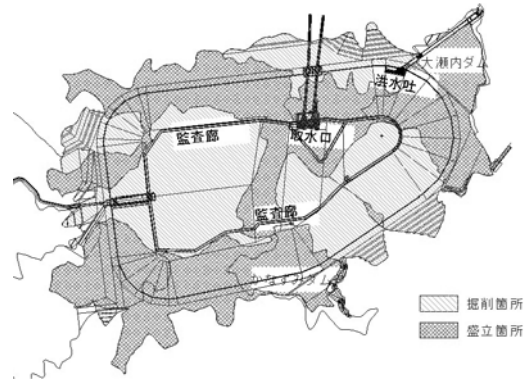


図-3 上部調整池平面図

(1) 三次元ダム設計施工支援システム (3D-CAD)

IT 土工管理システムの中核となる本システムは、ダムの設計・施工に伴う膨大なデータを一元化し、省力化、高品質化を実現するシステムであり、以下のような機能がある。

- ①三次元設計図の作成
  - ②三次元測量結果からのコンタ自動作図
  - ③施工シミュレーション
  - ④景観CGの自動作図
  - ⑤出来形数量の自動計算・帳票出力
  - ⑥三次元マシンコントロール用の施工データ作成
  - ⑦アスファルトフェーシングの施工レーン自動生成
- 地形図及び設計図のデジタル化を起点として、すべての施工図及び出来形図は本システムで作成・管理し、他のシステムの基礎情報となり、施工の結果の情報も本システムにフィードバックするものとした。

本システムによる施工シミュレーション、景観CG

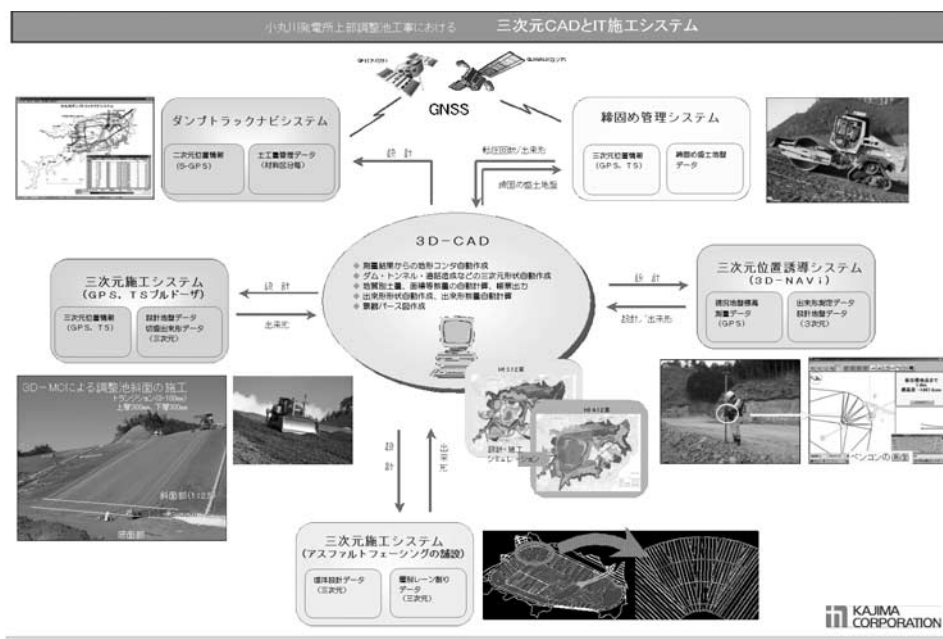


図-4 IT 施工システム全体構成

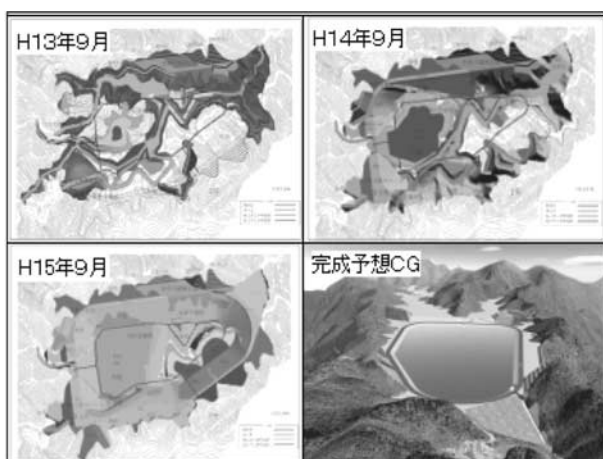
の出力例を図—5に、アスファルトフェーシング施工レーン作成例を図—6に示す。

## (2) 三次元ワンマン測量システム (3D-NAVi システム)

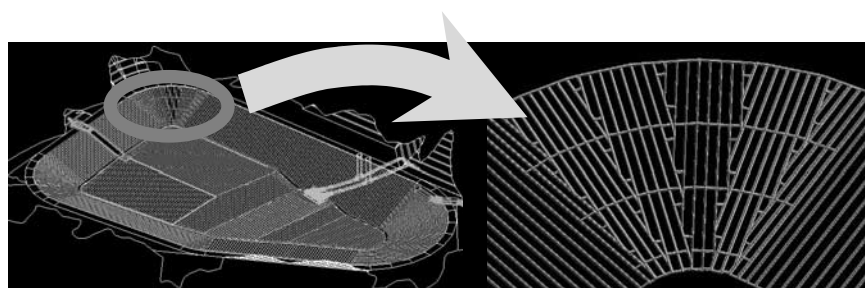
RTK (リアルタイム・キネマティック) -GPS を利用したリアルタイム測量システムである 3D-NAVi システムは、測量員が携帯する GPS アンテナの位置をリアルタイムに測定できる。この際、測量の用途に応じて用意した三次元化された地形図、設計図、施工図等をパソコンコンピュータ上に展開し、測定された座標は図面上に表示される (図—7)。

システムの特徴は、以下のとおり。

- ①参照する図面が市販の地図等ではなく、3D-CAD で作成した各種の工事用図面 (設計図、施工図、地形図等) であるため、正確かつ迅速な測量作業が実現する。
- ②測量員が目標点に簡単に到達できるように、各種の誘導ツールを備えている。
- ③地図情報が三次元化されているため、平面的に誘導されたポイントでの計画高さ (掘削形状や盛土形状等) に対する現況との高さの差が把握できる。
- ④システム内に保存された測量結果は、3D-CAD 上で最新の状況、出来形として利用される。



図—5 施工シミュレーションと景観CG



図—6 アスファルトフェーシング施工レーン作成例

## (3) ダンプトラックナビシステム

ダンプトラックナビシステムは、ダンプトラックの運搬回数のみを正確にカウントすることで土工数量をタイムリーに把握するシステムであり、土工数量を把握するための測量作業を大幅に省略することができる。

本システムは、ダンプトラックに搭載した

- ・車両位置を連続監視する S (スタンドアローン) -GPS
- ・ベッセルの動作を検出するセンサ
- ・岩級区分スイッチボックス
- ・無線通信装置

により取得する積込／荷卸の三次元座標と、積載した材料の岩級区分の情報を重ねて、「何を、どこから、どこへ」運んだという運搬サイクルを確定する。

運搬サイクルのデータは現場内の管理システムに無線伝送して、全ダンプトラックの運搬土量として集中管理し、あらかじめ 3D-CAD によって設定した切土場・盛土場を三次元のゾーンとして区分した情報と組み合わせて集約される (図—8)。

当工事では 45～62t 級の重ダンプトラック 13 台に本システムを搭載し、日々の土工量管理に利用した。自動集計されるデータは材料区分別、切土場別、盛立場別の各種管理帳票となり、日報、月報として出力する。本システムで自動出力する帳票は以下のとおり。

- ①ダンプ別運搬実績表 (日報)
- ②土取場/盛立場/岩級別運搬実績 (日報)
- ③土取場/盛立場/岩級別運搬実績 (月報)
- ④出来高推移グラフ (累積)

本システムの運用に伴って、日々の出来形数量にシステムの集計結果を適用した。この結果、出来形数量を把握するための測量の頻度が大幅に低減することとなった (50 人日 / 12 ヶ月)。

## (4) 三次元施工システム (3D-MC)

本システムは、3D-CAD で作成した三次元設計デ

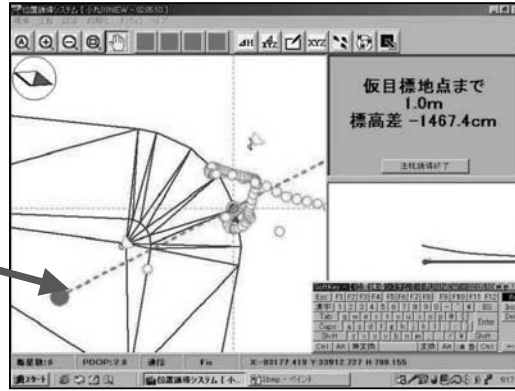


図-7 三次元ワンマン測量システム

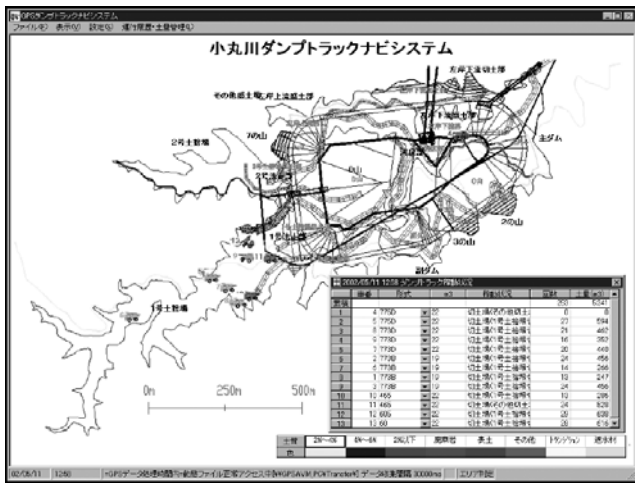


図-8 ダンプトラックナビシステム

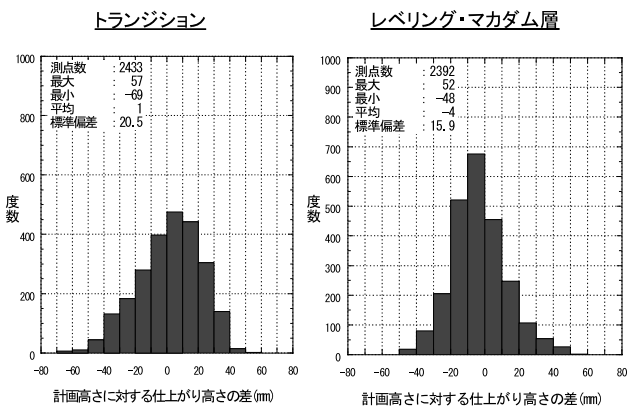


図-9 トランジション仕上がり精度

ータと、RTK-GPSや自動追尾トータルステーション(TS)により、重機の三次元位置情報をリアルタイムに測定し、設計データどおりに重機の作業装置の動きを制御するシステムである。本システムを利用することにより、三次元設計データがブルドーザの排土板の動きとして現場で再現されるため、事前の測量作業を省力化し、高速度、高精度のまき出し、仕上げ整形が可能となった。

RTK-GPSを利用した32t級ブルドーザは、ロック盛立及び斜面部トランジション下層(層厚300mm)に使用し、より高精度なTSを利用した15t級ブルドーザは、斜面部トランジション上層(層厚300mm)に使用した。底面部トランジションのまき出しには、回転レーザを利用したモータグレーダを使用した。

特に斜面部トランジションは、1:2.5の勾配であり、法尻及び法肩にR=30mの曲線形状をしており(写真-2)、従来このような整形作業には、多くの丁張を設けて油圧ショベルで整形しながら、検測作業を並行させる作業形態であった。

そうした方法とは全く異なる今回の施工方法では、

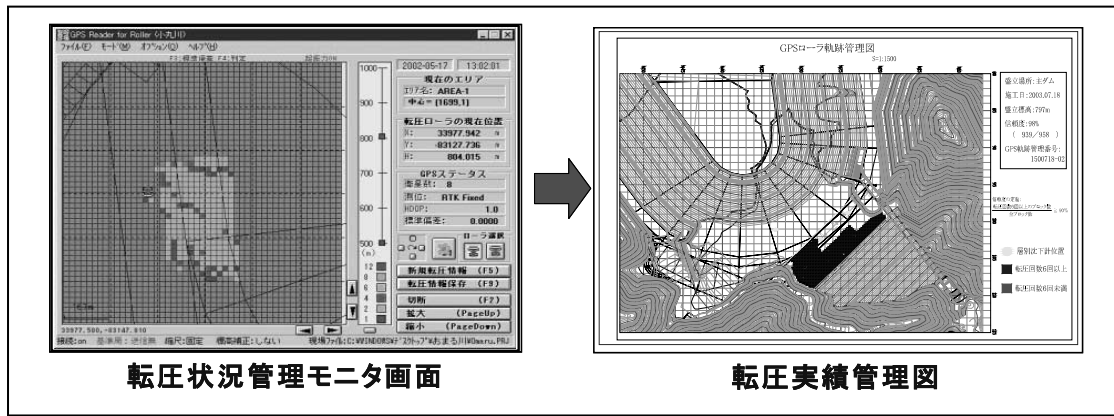


写真-2 TSブルドーザ

測量システムの特性を生かした2種の機械の併用により、全面をブルドーザによりまき出し、重機作業用の測量作業なしで高精度に仕上げることができた(図-9)。

(5) 締固め管理システム

本システムは、転圧作業の方法が事前の試験施工による転圧回数規定で管理されることに着目したもので、盛土締固めに使用する転圧ローラにRTK-GPSを



図一 10 締固め管理システム

搭載し（写真一 3），連続監視した転圧軌跡により施工範囲全域の転圧回数を管理し，その結果を表示，保存する。

オペレータに対する表示画面には，3D-CADで作成した地形図上に2mメッシュを記載して，機械の現在位置を表示する。メッシュはオペレータに対し仮想の転圧レーンを示し，転圧回数ごとにメッシュの表示色が変わるため，日々の作業範囲を過不足なく規定の転圧回数で施工が完了する。

保存したデータは，事務所の解析プログラムで処理し，機械別，施工エリア別，層別の転圧管理図（走行軌跡図，合否判定図）を作成する（図一 10）。

メッシュごとの合否判定結果は3D-CADに移管し，三次元情報として総合的に管理する。このため，施工時期や施工機械が異なっても，任意の範囲，任意の標高を指定してCAD図上で転圧結果が確認できる。

本システムの運用にともなって，事業者との協議により，RI法による現場密度試験の頻度を約20%低減した。

### 3. おわりに

今回導入したシステムは，他工事での実績があるものに，新規に導入したものを加えて，過去に例のない大規模で土工施工の全般にわたるシステムとなった。このようなシステムの構築には，事業者と施工者が一体となった取組みがあり，特に出来形数量管理，転圧回数管理等の手法にシステムの成果が導入され，従来とは違った手法による管理が実現し，作業工程の短縮，工務事務の大幅な削減等，大きな成果につながった。

また，事業者側では三次元データとして得られた各種の施工情報がGIS（地理情報システム）を利用した工事管理システムに引き継がれ，各種の調査・計測結



写真一 3 締固め管理システム搭載の斜面用ローラ

果と組み合わせて将来の維持管理につながるトータルシステムとなった。

また，三次元施工システムには，油圧ショベルのバケット誘導システム等，当工事で使用した機種以外のものもあることやGPS測量技術等は，より高精度な測量システム，より低価格な測量システムを選択することが可能になったことで用途に応じた選択範囲がある。

最後に，今回の一連のITシステム導入にあたり，ご理解とご指導いただいた九州電力(株)小丸川発電所建設所上部ダム工事区の皆様に深く謝意を表します。

JICMA

#### 《参考文献》

- 1) 田代幸英・穴井幸康・石田次夫：全面遮水壁型調整池におけるITを用いた施工及び工事管理，電力土木，No.309 2004年1月

#### 【筆者紹介】

植木 睦央（うえき ちかお）  
鹿島建設株式会社  
機械部  
技術1グループ長

