

大規模アスファルトフェーシングダム工事への情報化施工(IT 施工)の適用

Application of the information technology to large-scale asphalt facing dam construction

鹿島建設(株) ○正 員 菅野 義人 (Yosihito Sugano)
 鹿島建設(株) 正 員 向井 昭弘 (Akihiro Mukai)
 北海道電力(株) 正 員 飯塚 一人 (Kazuto Iizuka)
 (株)トプコン 江藤 隆志 (Takasi Etou)

1. はじめに

近年、測量技術の発展とともに、土工事の施工技術が大きく変化している。従来の測量技術では困難であった3次元測位が容易に、また高精度に行えるようになったからである。この測量技術の発展とともに急速に発展している情報技術(IT)を活用し施工管理を行うシステムがIT施工管理システムである。このシステムは調査、設計、施工、施工管理まで全てを一体として管理することにより、従来に比べ時間と労力を大幅に合理化できる画期的なものである。

北海道電力(株)が虻田郡京極町に建設を進めている純揚水式京極発電所の上部調整池工事は大規模土工事の急速施工であり IT 施工の活用による施工の合理化が工事の主要な課題となり、今回様々な改良及び開発を行った結果、工事に採用できるシステムが実用の域に達したのでその概要を報告する。

2. 開発の経緯

土工事では一般的に航空写真測量等から作成した地形図と設計図をもとに断面図を作成し施工計画や数量計算を行い、また施工に必要な盛り出し、切り出し位置等の丁張りも断面図をもとに座標計算し現場に設置している。

従来、これらの作業は手作業で地形及び設計の断面図を作成し、また、丁張り設置の座標計算も事務所で事前に行い現場で設置していた。

しかし、本工事は広範囲の面積を改変し大土工量を扱う大規模土工事であり、調整池形状も複雑で以下のような問題点があることから抜本的な解決が必要であった。

- ① 建設位置の選定、調整池形状設計のトライアル数が多く、短時間で行う必要がある。
- ② 平面形状に曲面が多く縦断にも曲線が入る形状では、測量のための座標計算が難しく測量も煩雑である。また航空写真測量等で作成した現況地盤コンタは実際と異なっていることが多く、事前に計算した結果が現場で使えないことが多い。
- ③ 総掘削土量が619万 m^3 と多く、また積雪の影響により稼働期間が夏期の7ヶ月に限定されるため、1日当りの土工量が極めて多くなることから、昼夜施工とせざるを得ず、丁張りを昼夜に渡り多数かける必要がある。
- ④ 出来形を迅速に把握し、土量計算、土量変化率を工事計画に適確に把握する必要がある。

表-1 京極発電所上部調整池工事諸元

ダム形式	表面アスファルト 遮水壁型フィル(プール形式)
堤頂長	1,108.6 m
堤体積	1,251,000 m^3
天端標高	892.4 m
遮水壁面積	177,170 m^2
総掘削土量	6,193,000 m^3
総貯水容量	4,400,000 m^3
有効貯水量	4,120,000 m^3

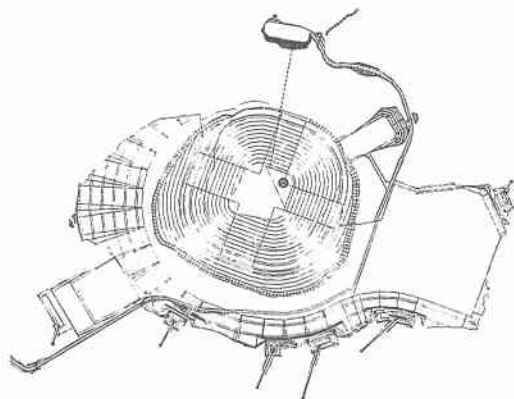


図-1 上部調整池平面図

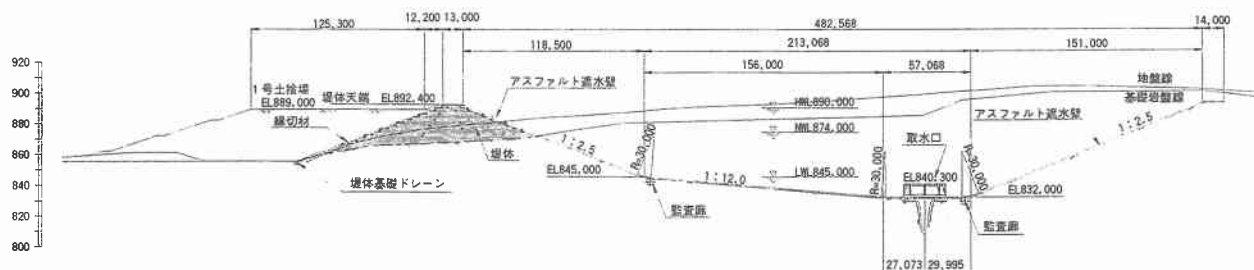
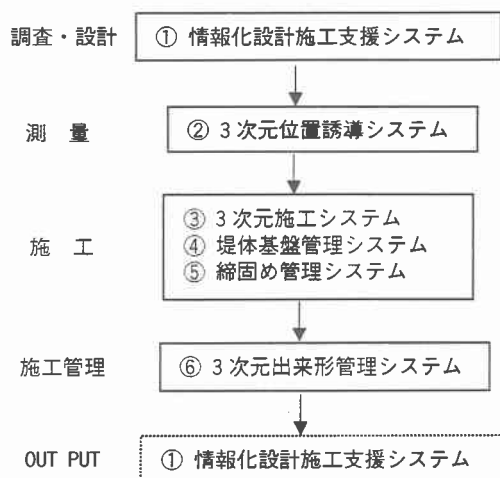


図-2 上部調整池断面図

そこで本工事では調査・設計－測量－施工－施工管理を全体的にかつ機能的に行う必要があり IT 施工管理システムに着目することとなった。

3. システムの概要

IT 施工管理システムはシステム構成図（図－3 参照）に示す、6 種類のシステムから構成されシステムの中では現況データ、設計データ等の情報が共有され引き継がれる。以下にシステムの概要を述べる。

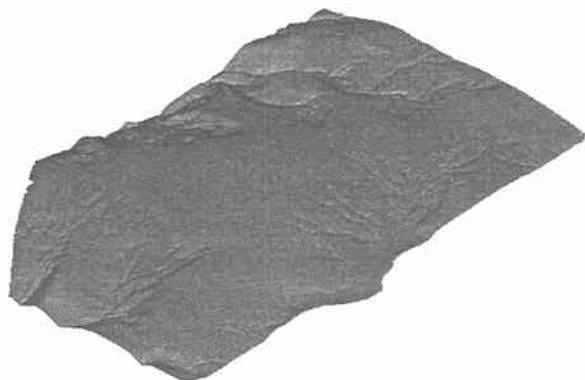


図－3 システム構成図

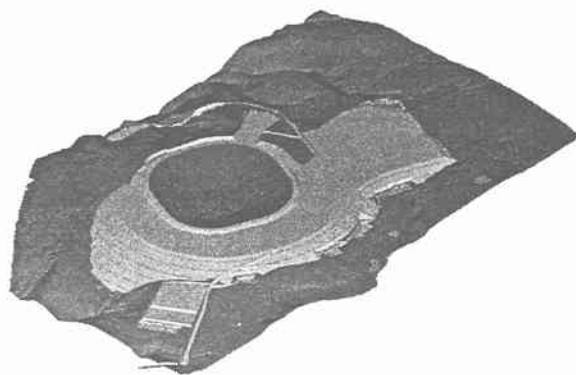
3.1 情報化設計施工支援システム(3次元ダム CAD)

本システムは、先に鹿島建設㈱が開発したシステムであり、ダムの設計・施工に伴う膨大なデータを3次元図形処理により、計画の変更・追加に迅速に対応すると共に、大幅な省力化及び高品質化を実現した設計施工支援システムである。大きな特長は以下のとおりである。

- ① 3次元測量結果からの地形図コンタの自動作図
- ② ダム、トンネル、道路造成等の3次元自動作図
- ③ 土量、面積等の自動数量計算・帳票出力
- ④ 出来形数量の自動作図・数量計算・帳票出力
- ⑤ 景観CGの自動作図



図－4 景観CG（着工前）



図－5 景観CG（上部調整池完成）

3.2 3次元位置誘導システム（3D-NAVi）

本システムはあらゆる規模の土工事現場においてリアルタイム測量を利用した今までにはなかった新しい測量方法を実現させたものである。

3D-NAViはRTK-GPS^{※1}、自動追尾トータルステーション^{※2}等をポジショニング機器として使用し、ペンタイプコンピュータに予め3DダムCADで作成したメッシュデータを3次元登録し、設計データ上の位置を画面上で指示することでワンマンで測定者を指定した位置に誘導することができる。この基本機能を利用し、法面の切り出し位置、盛り立て位置への誘導を簡便、迅速に出来るのが、3D-NAViの最大の特徴である。その他機能、特長は以下のとおりである。

※1 RTK-GPSとは従来からのGPS測量に無線を組み込むことで、基準局から受信したデータを移動局に送信し、移動局の受信機内で解析することにより、即座に結果（座標）が得られる測量法である。

※2 自動追尾トータルステーションとはレーザー測量機を使って測定プリズムを自動で追尾する機能を持ち、測定データを一括管理できる測量機械である。

- ① GPS又は自動追尾トータルステーションとの連動が可能
- ② 進行方向へのペンタイプコンピュータ画面回転機能（常に進行方向へ正対）
- ③ 音声ガイダンス誘導機能
- ④ 「ポイント誘導」指定点への誘導
- ⑤ 「法杭誘導」法面切り出し/盛り出し位置への誘導
- ⑥ 「方向杭誘導」方向杭設置位置への誘導
- ⑦ 「標高差測定」設計面と現在位置との標高差測定
- ⑧ 「座標差測定」登録点と現在位置とのXYH差測定



写真－1 3D-NAViによる測定状況

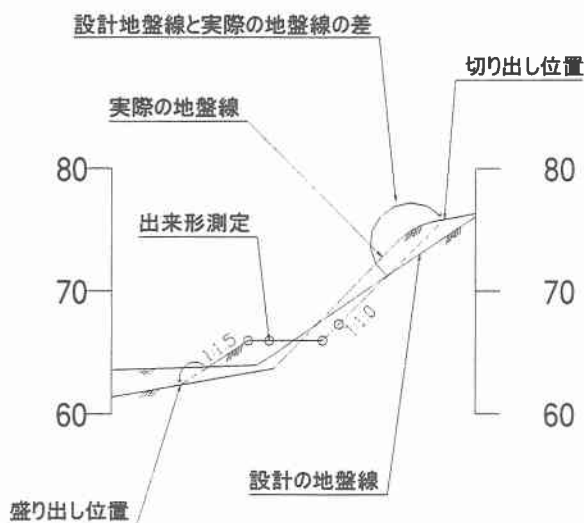


図-6 法杭誘導断面図

き、バケットが設計法面の切り出し位置や法面に対する位置を運転席の専用コンピュータに表示する。曲線でも丁張りをほとんど設置しなくても作業できる。

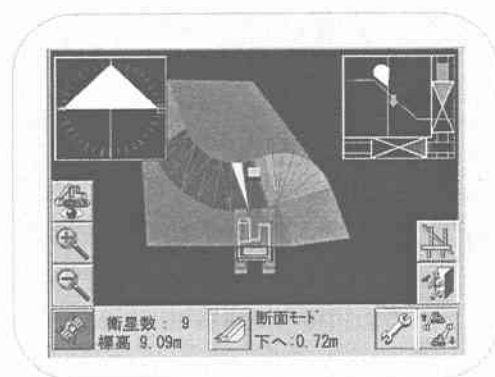


図-8 油圧ショベルシステム専用表示機画面

3.3 3次元施工システム

本システムは3次元設計データをRTK-GPS、自動追尾トータルステーションによって測定された重機の位置情報をリアルタイムに照合させ、設計データどおりに重機の油圧をコントロールし自動制御を行うことができるシステムである。3次元設計データをもとに重機の排土板、バケットの高さ・傾きを自動制御することにより、現場に3次元設計データをそのまま再現できることが特徴である。これにより従来、種々の工程を踏んで行われた作業を省力化し、かつより高いレベルで実現できるようになった。以下に機種ごとのシステムの概要を述べる。

(1) ブルドーザ

ブルドーザを所定の位置まで誘導することができ、排土板の高さ、チルトの自動制御と方向指示を行うことができる。一般的な土工の規格値でよい箇所はRTK-GPSを使用し、アスファルトフェーシングの施工基盤（フォームドアスファルト $t=15\text{cm}$ ）など厳密な厚さ管理が必要な箇所については、自動追尾トータルステーションを使用する。

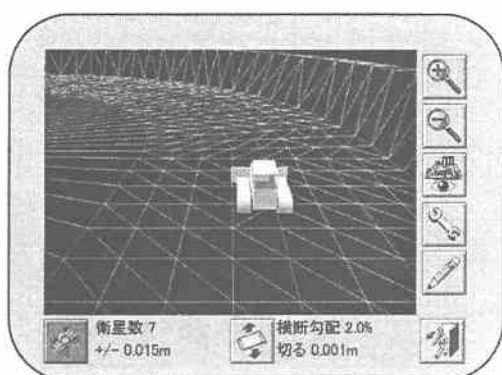


図-7 ブルドーザシステム専用表示機画面

(2) 油圧ショベル

油圧ショベルを所定の位置まで誘導することがで

3.4 堤体基盤管理システム

本システムは本工事の特徴である土砂地盤に対して、堤体基盤面の強度を短時間で簡易に把握するため、油圧ショベルに大型コーン貫入装置を装着し、基盤面の強度試験ができる新しいシステムである。試験データは油圧ショベルに装備された専用表示機にリアルタイムに表示され、即時に基盤強度が確認できるとともに、3D-NAViとの連動により3次元位置情報も含めたデータ取得ができる。試験結果は本システムの解析ソフトで品質管理図の作成が可能である。



写真-2 実機試験状況

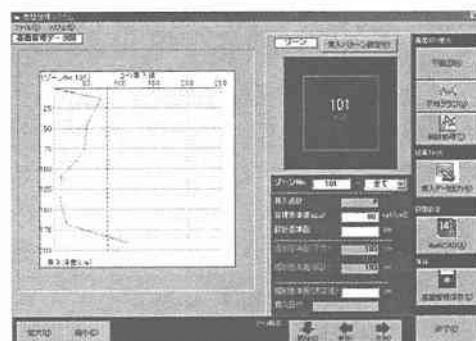


図-9 解析ソフト画面

3.5 締固め管理施工システム

本システムはローラの振動加速度信号から転圧面の締固め度と基本振動周波数を求め、その結果を運転席のデジタルメータにバーグラフ表示し締固め度を面的に管理するものである。また RTK-GPS 等の位置情報検出システムとドッキングすることにより締固めを行う盛土地盤全体を CAD 図表上でメッシュに区切って、各エリア毎に締固め度を管理するものである。



写真-3 斜面自走式振動ローラ

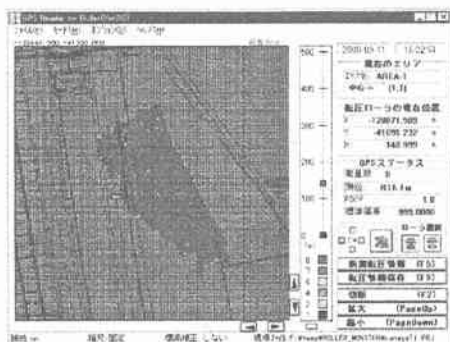


図-10 締固め作業中の表示画面

3.6 3D 出来形管理システム

本システムは、3D-NAVi、3D 施工システムを使って 3 次元位置記録を行い、この記録データを本システムに取り込み、日付、岩種、切盛りの区分を自動で識別し土量計算及び帳票出力が可能である。また 3D ダム CAD ヘデータを引き継ぐことにより出来形図の作成を行うことができる。位置記録は 3D 施工システムのブルドーザ及び油圧ショベルで施工途上に記録することを基本とし、形状の複雑な箇所については、3D-NAVi で補足する。

また締固め管理施工システムや、ラジコンバギー車を使用した遠隔操作での位置記録も可能である。

4. 導入による効果

前述のように、IT 施工管理システムは種々の情報技術 (IT) を活用した各システムを組み合わせ、調査－測量－施工－施工管理を一体として管理していくものであり、その導入によって以下のような多大な効果を生み出すと考えられる。

- ① 出来形図の自動作成、土量、面積等の自動数量計算が可能である。

- ② 盛り出し位置、切り出し位置を現場で現況地形を認識しながら自動的に表示できるので、測量のための内業及び測量作業自体が、大幅に削減できる。
- ③ ほぼ、丁張りを設置しないで施工することが可能なため、大規模な土工事にもかかわらず少人数での現場管理が可能である。
- ④ 曲面部において連続的に設計形状を重機オペレーターが運転席で確認できるため、従来よりも高精度な施工が可能である。
- ⑤ 出来形の数量計算及び出来形図の作成が迅速になり、土工事における運搬計画、土量変化率の算定が迅速におこなえる。
- ⑥ 建設 CALS を意識した、土量計算、出来形図、施工管理図等の電子納品が設計及び施工からの一連の流れの中で可能となる。
- ⑦ 完成後の供用期間中の維持、管理にも本システムをそのまま活用することができる。

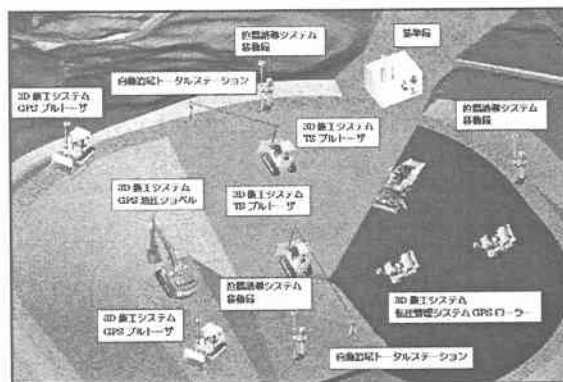


図-11 施工イメージ

5. まとめ

IT 施工管理システムを構成するシステムの一部は単独では海外の小規模工事で適用例があり、その有効性も確認されている。しかし、今回の京極発電所上部調整池は世界最大規模のアスファルトフェーシングダム工事であり1日当りに扱う土工量も多いため、さらなる合理化が求められ各システムを有機的に組み合わせることでその効果を飛躍的に拡大し対応する必要があった。

本工事のアスファルトフェーシング工事は日本で初めて斜面部の厚層舗設工法を採用しており、この実施を決断した要因のひとつとして IT 施工管理システムの導入により曲面部で高い施工精度の確保が可能になったことがあげられる。

なお、本システムは現在建設中であり本工事同様に世界最大規模のアスファルトフェーシングダム工事である九州電力(株)小丸川発電所上部調整池工事でも導入されている。

最後に本システムの導入にあたり御指導・御協力を頂いた北海道大学菅原照雄名誉教授をはじめとする関係各位に深く感謝の意を表します。