

# 大規模アスファルトフェーシングダム工事への 情報化施工の適用

## —北海道電力京極発電所上部調整池建設工事—

堀川 明広・高野 準・江藤 隆志

北海道電力京極発電所上部調整池は、広範囲の面積を改変する大規模な土工事と内側全面のアスファルトフェーシング舗設を含んでおり、平面的に64%が曲面により構成されているプール形式の調整池である。また、建設地点は豪雪寒冷の厳しい気象条件のため稼働期間が夏期(7カ月)に限定されることから、結果として複雑な形状での大土工量の急速施工を実施しなければならない。

このたび、上記の対策として3次元ダムCADによる設計データ、GPS等による3次元測位及び重機の油圧制御技術を融合した3次元施工システム(3次元自動制御システム)を中心に調査、設計、施工、施工管理まで全てを一連のシステムで管理できるIT施工管理システムを開発した。

キーワード: IT施工, 情報化施工, GPS, 3D-MC, アスファルトフェーシング, ダム工事, 上部調整池

### 1. はじめに

近年、測量技術の発展とともに、土工事の施工技术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。

北海道電力株式会社が北海道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である。

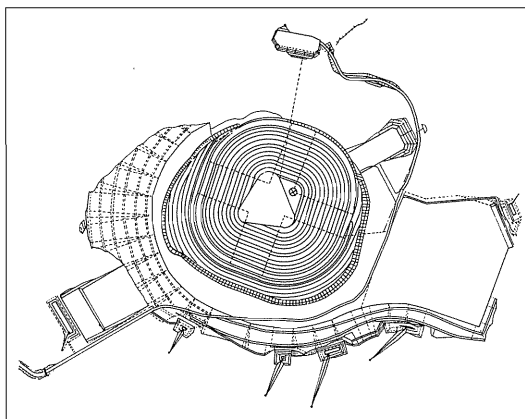
今回様々な改良及び開発を行った結果、工事に採用できるシステムが実用の域に達したのでその概要を報告する。

### 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

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 <sup>3</sup>
天端標高	892.4 m
遮水壁面積	177,170 m <sup>2</sup>
総掘削土量	6,193,000 m <sup>3</sup>
総貯水容量	4,400,000 m <sup>3</sup>
有効貯水量	4,120,000 m <sup>3</sup>



図—1 上部調整池平面図

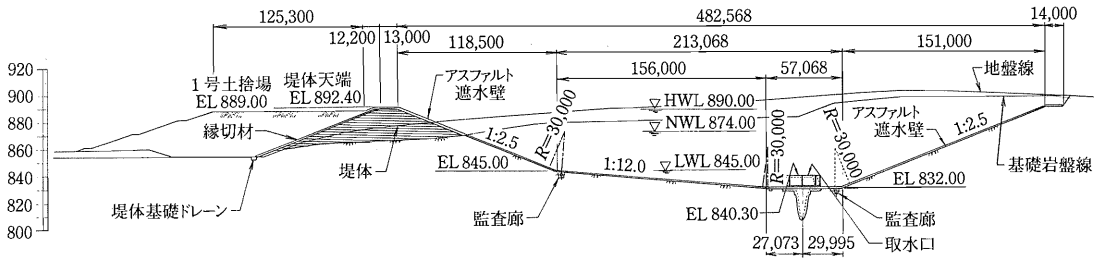


図-2 上部調整池断面図

た地形図と設計図をもとに断面図を作成し、施工計画の立案や数量計算を行い、また施工に必要となる盛立て、切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（図-1、図-2参照）。

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、短時間でを行う必要がある。
- ② 平面形状に曲面が多く縦断にも曲線が入る形状であり、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標高線は精度の問題から、事前に計算した結果をすべて現場では使えない。
- 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カ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、丁張りを昼夜にわた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的確に把握する必要がある。

そこで本工事では、調査・設計-測量-施工-施工管理を統括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-1

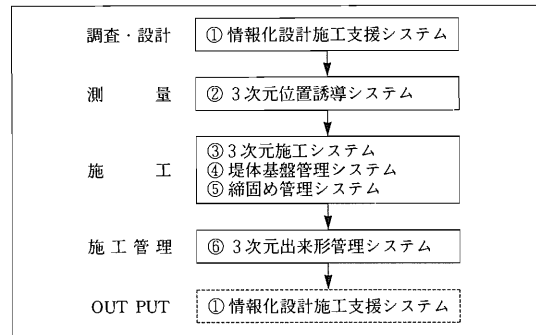


図-3 システム構成図

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る。以下にシステムの概要を述べる。

#### (1) 情報化設計施工支援システム (3D-DAM CAD)

本システムは、先に鹿島建設株式会社が AutoCAD をベースとして開発したシステムであり、ダム設計・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

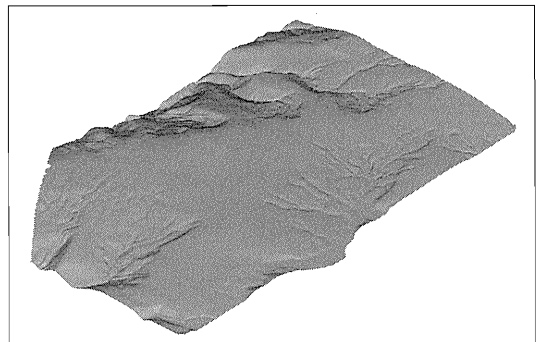


図-4 景観CG (着工前)

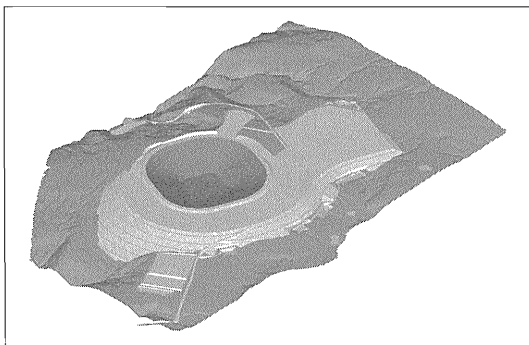


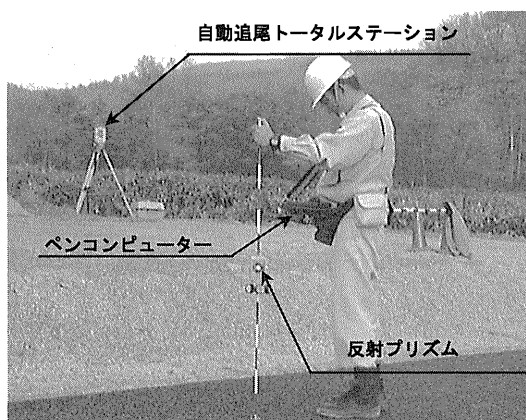
図-5 景観CG (上部調整池完成)

のとおりである。

- ① 3次元測量結果からの地形図の自動作図
- 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, 図-5 参照)

## (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 (写真-1 参照)。



\*1 RTK-GPSとは従来からのGPS測量に無線を組込むことで、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器である。

3D-NAViは、RTK-GPS<sup>\*1</sup>、自動追尾トータルステーション等<sup>\*2</sup>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あらかじめ3D-DAM 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、法面の切出し位置、盛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。その他の機能は以下のとおりである。

- ① GPSまた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」法面盛立て/切出し位置への誘導 (図-6 参照)

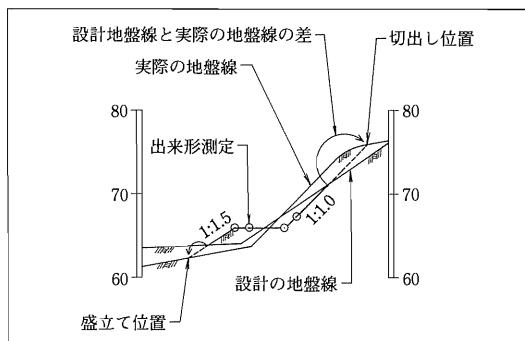


図-6 法杭誘導断面図

- 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

## (3) 3次元施工システム (3D-MC)

本システムは、3次元設計データと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、かつより高い精度で効率的な施工を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。

#### (a) ブルドーザ (図-7 参照)

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。一般的な土工事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(水工フォームドアスファルト混合物,  $t=15\text{ cm}$ )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。

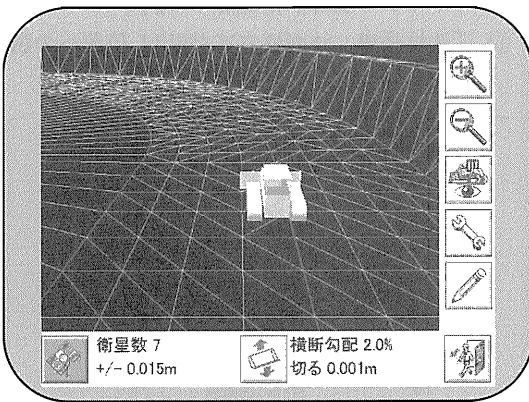


図-7 ブルドーザシステム専用表示器画面

#### (b) 油圧ショベル (図-8 参照)

油圧ショベルを所定の位置まで誘導することができ、バケットが設計法面の切出し位置や法面に

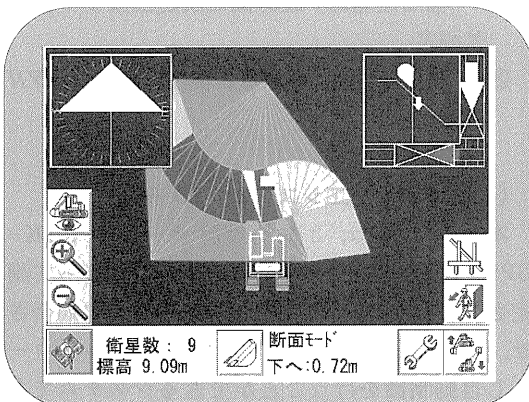


図-8 油圧ショベルシステム専用表示器画面

対する位置を運転席の専用コンピュータに表示することにより曲線でも丁張りをほとんど設置することなく作業できる。

#### (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(写真-2 参照)。



写真-2 実機試験状況

試験データは油圧ショベルに装備された専用表示器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。試験結果から、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(図-9 参照)。

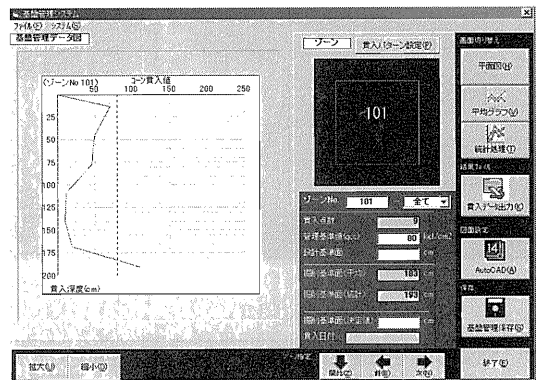


図-9 解析ソフト画面

#### (5) 締固め管理システム

本システムは、ローラ(写真-3 参照)の振動加



写真-3 斜面自走式振動ローラ

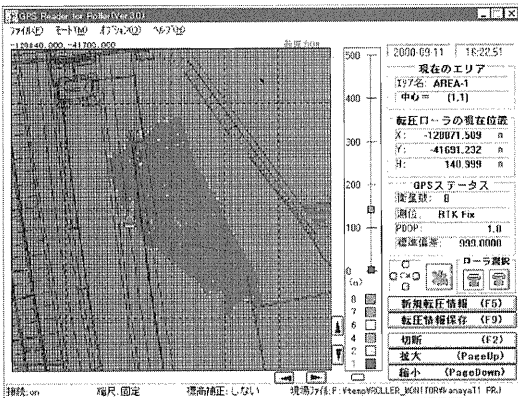


図-10 締固め作業中の表示画面

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(図-10参照)。またRTK-GPS等の位置情報検出システムと連携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。

(6) 3次元出来形管理システム

本システムは、3D-NAVi, 3次元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-DAM CADヘデータを引継ぐこと

により出来形図の作成を行うことができる。位置記録は、3次元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。

また締固め管理システムに適用することや、ラジコンバギー車に搭載して出来形を遠隔操作で記録することも可能である。

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 盛立て位置, 切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、丁張りを設置することなく施工可能なため、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が運転席で確認できるため、従来よりも高精度の施工が可能である。
- ⑤ 出来形の数量計算及び出来形図の作成が迅

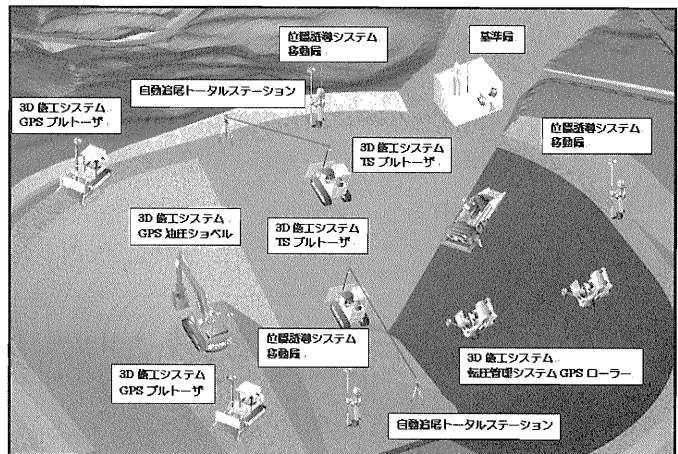


図-11 施工イメージ

速になり、土工事における運搬計画、土量変化率の算定を迅速に行うことができる。

- 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になる（図—11 参照）。
- 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。

## 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、今回の北海道電力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挙げられる。

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。

J C M A

### 【筆者紹介】



堀川 明広（ほりかわ あきひろ）  
鹿島建設株式会社  
京極発電所上部調整池 JV 工事事務所  
所長



高野 準（たかの じゅん）  
北海道電力株式会社  
京極水力発電所建設所  
次長



江藤 隆志（えとう たかし）  
株式会社トブコンレーザシステムズ・  
ジャパン  
営業部長

# 建設機械用語集

（建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典）

- 建設機械関係基本用語約2000語（和・英）を集録。
- 建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B 5 判 約200頁 定価2,100円（消費税込）：送料600円  
会員1,890円（ " ）： "

社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館） TEL03-3433-1501 FAX03-3432-0289