

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(その2)

Application of the Information Technology to Large-Scale Asphalt Facing Dam Construction (Part 2)

鹿島・大林・飛島・伊藤組共同企業体
 鹿島・大林・飛島・伊藤組共同企業体
 北海道電力(株)京極水力発電所建設所
 (株)トプコン

正 員 太田 一広 (Kazuhiro Ohta)
 ○正 員 菅野 義人 (Yosihito Sugano)
 正 員 飯塚 一人 (Kazuto Iizuka)
 正 員 江藤 隆志 (Takashi Etou)

1. はじめに

北海道電力(株)が虻田郡京極町に建設を進めている京極発電所上部調整池は国内有数の積雪寒冷地に位置し、施工期間が夏季に限定されるため、短期間で大土工量を扱う急速施工が求められている。またアスファルト表面遮水壁はトランジションを含め5層構造からなり、すり鉢状で曲面が多いことから、施工のための測量が煩雑で施工精度の確保に多大な時間と労力を要する。そこで丁張り設置など施工測量を必要とせず、重機の自動制御も行える IT 施工の活用による施工の合理化および高精度化が主要な課題となっている。¹⁾

このたび、上部調整池に計画されているアスファルト表面遮水壁の品質・機能検証等を目的に実施工を模擬した斜面部舗設試験を実施し、併せて IT 施工の適用性について検証したので、その結果について報告する。



写真-1 上部調整池完成モンタージュ

2. 京極発電所上部調整池工事の概要

京極発電所上部調整池工事は、改変面積が広範囲で、6,231,000m³を掘削する大規模な土工事と内側全面 177,170m²をアスファルト表面遮水壁で遮水する工事が主たる内容である(図-1 参照)。また上部調整池はプール形式であり、内側全面の 64%が曲面により構成されることが特徴である。

3. IT 施工管理システムの概要

IT 施工管理システムは、大きく分けて調査・設計、施工、施工管理の3段階に区分され、施工期間の短縮と施工の高精度化を目的に導入を計画しているもので、3次元CADによる設計、GPS・レーザ測定機等による3次元測位および重機の油圧制御技術を融合した3次元施工システムを中心に調査・設計段階から、施工、施工管理まで全てを一連で管理できるものである(図-2 参照)。

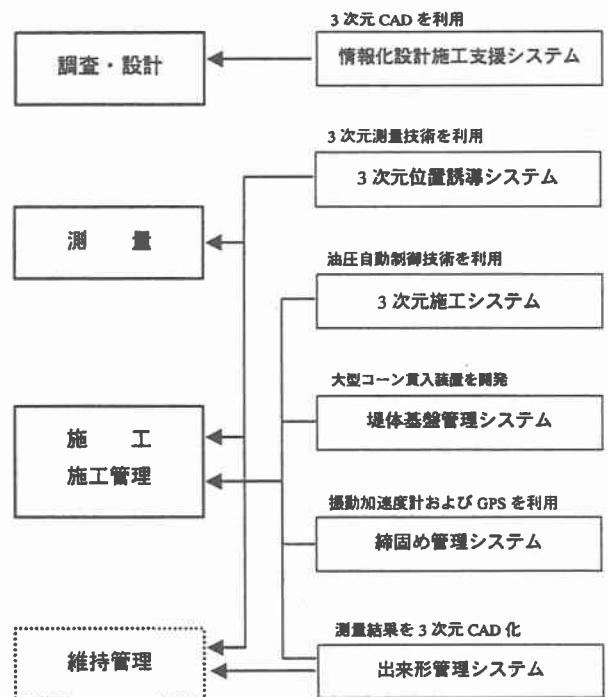


図-2 IT 施工管理システム構成図

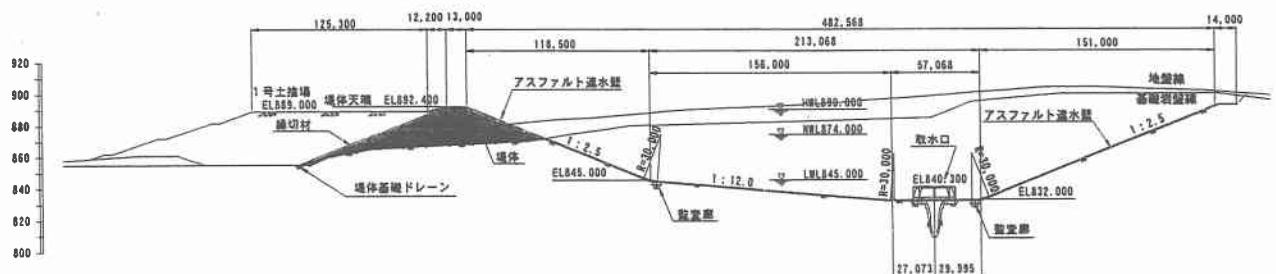


図-1 京極発電所上部調整池断面図

4. 斜面部舗設試験の概要

斜面部舗設試験は、上部調整池の斜面（法面勾配 1：2.5）を模擬した試験ヤードを造成し、実際のアスファルト表面遮水壁の全層を舗設して実施した。斜面部舗設試験の概要を図-3～4 に、斜面部舗設試験ヤードの全景を写真-2 に示す。本試験の目的はアスファルト表面遮水壁の品質・機能の検証、施工・品質管理方法の検証²⁾と同時に、IT 施工管理システムの適用についても検証を行った。

今回の舗設試験では、調査・設計、施工、施工管理の段階でのシステムの円滑な連携と各項目でのそれぞれのシステムの適用性を検証した。

斜面部舗設試験で実施した IT 施工管理システムの検証項目を表-1 に示す。

表-1 IT 施工管理システムの検証項目

区 分	項 目	システム	検証内容
調 査・ 設 計	現況測量	3D-NAVi ^{※1} (GPS)	・リアルタイム測量結果の画面表示状況 ・電子データ出力
	現況地形図	3D-DAM CAD ^{※2}	・コンタ図の仕上り（現地との相違）
	設計（レイアウト）		・土量算出の作業性
	舗設レーン割		・レーン割りの形状
	重機制御用データ		・制御データへの変換状況
施 工	造成（土砂の敷均し）	3D-MC ^{※3} (GPS) ブルドーザ	・リアルタイム測量に基づくブレードの制御状況 ・運転席の画面表示 ・敷均し施工精度・施工能力
	トランジション 施工養生層	斜面固定式 振動ローラー （GPS、振動加速度計）	・GPS による転圧回数記録 ・CCV ^{※4} による締固め度管理
	舗 設	アスファルトフィ ニッシャー （回転レーザー）	・アスファルトフィニッシャーの鉛直回転レーザーでの誘導による自動操舵での直進性
	舗設高さ、厚さの 測定	3D-NAVi (TS)	・リアルタイム測量の斜面部での作業性
施工管理	出来形、品質管理図	3D-DAM CAD	・出来形、品質管理図の作成

※1 3D-NAVi とは RTK-GPS または自動追尾トータルステーションをポジショニング機器として使用し、測量者が携帯しているペンタイプコンピュータでリアルタイムに位置情報や設計情報を把握できる測量システムである。

※2 3D-DAM CAD とは鹿島建設㈱が Auto CAD をベースに開発したシステムであり、ダム の設計・施工に伴うデータを 3 次元図形処理する設計施工支援システムである。

※3 3D-MC ブルドーザとは RTK-GPS または自動追尾トータルステーションをポジショニング機器として使用し、測定された重機の位置情報を 3 次元設計データとリアルタイムに照合させ、ブルドーザのブレードを自動制御するシステムである。

※4 CCV とは振動ローラーの振動輪に取付けた、加速度センサーによって求めた振動加速度波形を演算処理することにより求めた値。CCV と密度の相関を求めて締固め管理を行う。

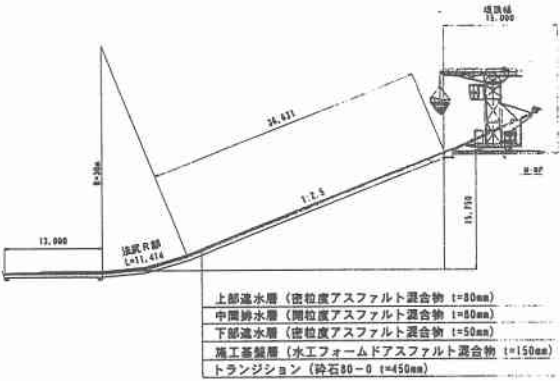


図-3 斜面部舗設試験断面図

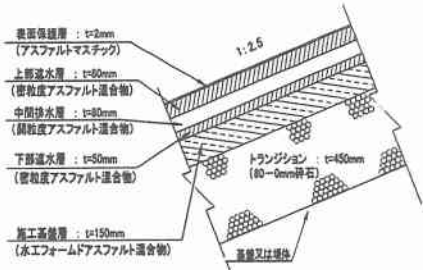


図-4 アスファルト表面遮水壁の構造（本工事）



写真-2 斜面部舗設試験全景

5. IT 施工管理システムの検証結果

5.1 調査・設計

(1) 現況測量、現況地形図の作成

現況測量は RTK-GPS をポジショニング機器とした 3D-NAVi (GPS) を使用して行った。

3D-NAVi (GPS) は測量者 1 人がペンタイプコンピュータと GPS アンテナを携帯することで測量が可能であり、地形の変化点など任意の点で位置記録の操作を直接画面に指示して行うことができる。

また、GPS は人工衛星を利用して測定を行うため、見通しが悪い箇所でも測定でき、基準局の設置から測量完了まで測量者 1 人で効率良く短時間（半日程度）で作業することができた。従来の測量方法（トータルステーション）では最低でも測量者が 2 人で 1 日程度を要すると考えられ、作業量を 25% に低減させたといえる。

地形図（コンタ図）の作成は 3D-NAVi で記録された位置情報（X,Y,Z）を電子データとして 3D-DAM CAD に受け渡すことにより、点データから自動的に CAD 上で 3 次元コンタとして作図することが可能で

ある。現況地盤は起伏に富んだ複雑な部分もあったが、地形の変化点を確実に測定することで詳細な地形図を自動作図することができた。

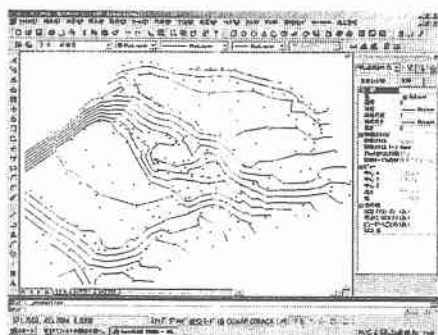


図-4 測量点から自動作図したコンタ図

(2) 設計 (レイアウト)

土工事の設計では、最適な土量バランスを計画することが重要である。

3D-DAM CAD では造成面の 3 次元設計データと 3 次元コンタデータを基に造成により生じる法面形状を自動作図し、切盛土量をメッシュ法およびスライス法で自動計算できる。造成位置を 3~4 回変更しながら最適な土工量の検討を行いレイアウトを約 3 時間で設計することができた。



図-5 コンタ図から自動作図した設計図

(3) 舗設レーン割

上部調整池は、すり鉢状の複雑な形状であり曲面に成形された造成面をアスファルトフィニッシャー (W=4m~5m) で直進性を保ちながら、下部遮水層から上部遮水層までの 3 層を順次重ねて施工しなければならない。このため、3D-DAM CAD に舗設レーン割機能を付加し、3 次元の造成面データ上にアスファルトフィニッシャー (W=4m~5m) による施工を考慮し、下層に上層を順次重ね合わせた舗設形状を 3 次元データで自動作図するシステムを開発した。

斜面部舗設試験では本システムを使用していないが、本工事においては図-6 に示すような曲面部などでも有機的に活用する計画である。

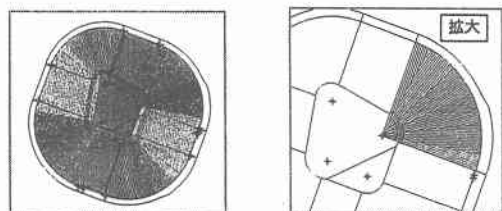


図-6 設計データから作成したレーン割図の 1 例

(4) 重機制御用データの作成

重機を制御するためには 3 次元設計データを 3 次元面データ (3D 面データ) に変換する必要がある。(図-7 参照)。

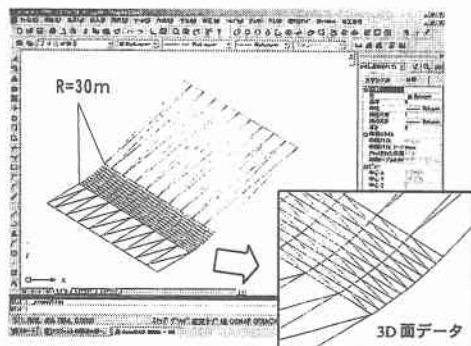


図-7 設計図から自動作図した重機制御用データ

今回、法尻 R 部 (R=30m) と斜面部で検証し、データ変換と重機制御の連携は円滑に行うことができた。

5.2 施 工

(1) トランジション・施工基盤層の敷均し

斜面部舗設試験では縦断曲線 (R=30m) をもつ斜面部でも効率的に高精度な施工が可能であることの確認を中心に検討を行った。

従来、ブルドーザーで造成を行う場合、造成面の高さ測定は仕上り面に測定用の定点 (丁張り) を多数設置し、2~3 名の作業員が水系により行ってきた。

今回の試験ではこれらの定点は一切設置しないで施工することができ、オペレーターや作業員が習熟することにより、従来方法に比べ作業人員の削減 (1 班当たり 2 人削減) や、日施工量の増加 (約 20% 増) を期待できる結果であった。

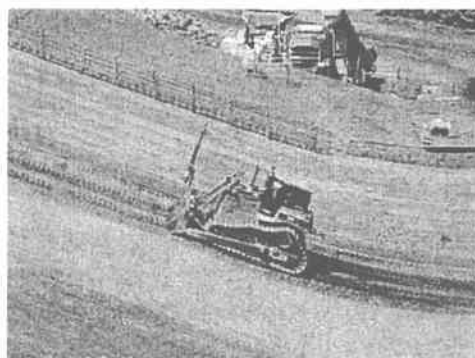


写真-3 3D-MC による仕上げ状況

施工精度はブルドーザーで仕上げた後、3D-NAVi により出来形を測定し確認している。精度検証結果を表-3 に示す。

測定の結果、従来であれば施工精度を確保するのが難しい縦断曲線 (R=30m) も平均 1cm 程度 (変動幅: ±2cm) の精度で施工できていることが確認できた。

表-3 3D-MCの精度検証結果

点名	トランジションの高さ			施工基盤層の高さ		
	計画高(m)	実測高(m)	差(mm)	計画高(m)	実測高(m)	差(mm)
X1	233.953	233.938	-15	234.092	234.075	-17
X2	233.994	233.986	-8	234.133	234.128	-5
X3	234.104	234.096	-8	234.243	234.233	-10
X4	234.348	234.352	4	234.487	234.493	6
X5	234.729	234.737	8	234.858	234.879	11
X6	235.253	235.268	15	235.392	235.386	-6
X7	235.928	235.921	-7	236.067	236.062	-5
X8	237.921	237.931	10	238.060	238.068	8
X9	239.922	239.936	14	240.061	240.061	0
X10	241.922	241.939	17	242.061	242.067	6
X11	243.922	243.929	7	244.061	244.071	10
X12	245.922	245.943	21	246.061	246.074	13
X13	247.922	247.939	17	248.061	248.085	24
平均			±12			±9

(曲面部: A1~A6 斜面部: A7~A13)

(2) トランジション・施工基盤層の転圧

施工基盤層とトランジションの締固めについては GPS と振動加速度計を搭載した斜面自走式振動ローラにより行った。振動ローラの斜面での走行は、転圧時（有振）でも施工面を乱すことなく安定した状態であった。

また GPS により走行軌跡を記録して転圧回数管理を行うシステムは正常に動作することが確認できた。

振動加速度計のデータ（CCV）と転圧回数の関係を図-8に示す。この結果 CCV は切土部と盛土部など、下層の影響を大きく受けると思われる。

今後、密度と CCV の関係を把握するためには、試験を積み重ねる必要があり、締固め管理手法としての適用性も検討する計画である。

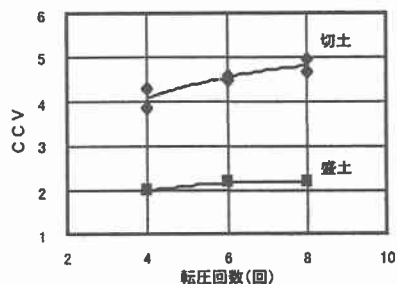


図-8 転圧回数と CCV の関係

(3) 舗 設

アスファルトフィニッシャーの走行は、回転レーザを鉛直に回転させ直進方向を示すことにより自動操舵制御を行った。斜面部においても計画したレーンを直進性（±1cm 以内）を保ち自動操舵できることが確認できた。

5.3 施工管理

舗装厚さ測定については、高精度な測定が要求されるため 3D-NAVi (TS) を使用した。

今回は斜面部において 3D-NAVi を使用して舗装高さを効率良く測定できることを中心に検証を行った。

斜面部での舗装高さの測定は、ターゲットとなる

ミラーを斜面で鉛直に立てることが精度向上につながることから、写真-4 に示すような治具を製作し測定を行った。

従来の方は、舗装高さ測定前に事前に測定箇所的位置出しが必要となってくるが、本システムではリアルタイムな測量が可能のため、事前の測量は不要であり、一度の測定で所定平面位置までの誘導と高さ測定を行うことができた。

今後、斜面部での測定誤差等の検証を行い、管理手法としての適用性を検討する計画である。

またシステムを振動ローラに搭載することにより、施工と同時に仕上り高さを測定する方法も、今後検討を進める予定である。



写真-4 3D-NAViでの斜面部舗装高さ測定状況

6. IT 施工管理システムの適用性

今回の舗設試験の結果より、京極発電所上部調整池の特徴である、縦断方向にだけでなく平面にも曲面が組み合わさった複雑な形状であっても IT 施工管理システムを適用できる目途がたった。

今後、それぞれの施工システムごとの施工情報を有機的に結合させた、統合的なシステムの構築を目指している。

7. おわりに

現在、IT 施工管理システムは京極発電所上部調整池工事において稼働を開始している。本工事では本報文で報告したシステム以外にも種々の IT 施工に挑戦しており、今後その実績についても報告する予定である。

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北電総合設計(株)、鹿島道路(株)の各位に深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 堀川明広, 高野 準, 江藤隆志: 北海道電力純揚水式京極発電所上部調整池建設工事への情報化施工 (IT 施工) 適用, 建設の機械化, No.630, pp.3-8, 2002.8,
- 高野 準, 飯塚一人, 吉田考一, 理寛寺由行: アスファルト表面遮水壁における厚層舗設工法(その2), 第 59 回土木学会北海道支部論文報告集投稿予定, 2003.2