

## 10. GPS・ダム・テレコンシステム ～雲仙普賢岳砂防ダム無人化施工～

大成建設(株)：神崎 正，大浦 幹男，\*西澤 修一

### 1. はじめに

1990年11月、200年ぶりに噴火活動を再開した雲仙普賢岳は、度重なる火砕流や土石流により多数の人命を奪い、2500戸を超える家屋等に大きな被害をもたらした。現在でも、2億 $m^3$ とも3億 $m^3$ とも言われる火山噴出物が、不安定な状態で大量に堆積している。溶岩ドームの崩落による火砕流の発生、降雨による土石流の発生の危険がいまだ残されている。

1993年に着手した建設省による雲仙普賢岳直轄火山砂防事業は、こうした土石流の防止を目的として、水無川上流に40基の砂防ダムと中下流部に延長2.5kmにおよぶ導流堤を構築する計画となっている。

こうした中、40基の砂防ダムの最下流に位置する基幹ダムで、堤長870m、高さ14.9m、計画貯砂量100万 $m^3$ 、日本一の砂防ダムとして、水無川1号砂防ダムの建設工事がおこなわれた。工事に際して、越流部区間320mのうち200mは火砕流、土石流などの危険性が高いため、工事の安全確保を図るため人の立ち入りができない無人化施工区間とした。この区間は、GPSを活用した施工支援システムを構築し、遠隔操作による無人化施工を実施した。



図-1 無人化施工状況図

## 2. RCCダムの無人化施工

無人化施工の採用に当っては、現地の条件下に最も適した方法としてRCC工法を選定し、わが国ではじめてRCCダムの無人化施工を実施した。

RCC (Roller Compacted Concrete) 工法とは、ローラー転圧コンクリートダム工法の一つである。セメント量の少ない、流動性のほとんどないコンクリートをダンプトラックで運搬し、ブルドーザーで敷均し、振動ローラーで締め固めてコンクリートダム本体を構築する。図-2のように地下およそ6mまで現地盤を掘削した後、コンクリートを打設していく。

無人施工に使用された重機は、表-1の通りである。

本システムによるダム堤体の無人化施工の手順は次の通りである。

まず、45tダンプトラックにより無人運転でRCCコンクリートを堤体部へ運搬する。流動性のほとんどないコンクリー

トは、無人ブルドーザーで25cmの厚さに敷均しされる。その厚さは、映像とGPSデータにより確認され、広範囲に均等に敷均すよう遠隔制御により施工される。

25cmずつ2回にわたって敷均されたRCCコンクリートは50cmの厚さの状態で振動ローラー（10t級）で転圧される。以上が1サイクルとして繰り返され、ダム堤体の施工が進められていく。



写真-1 完成したダム越流部

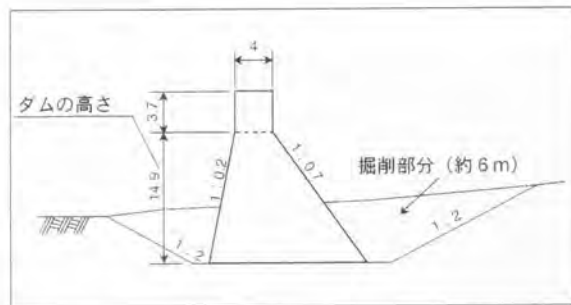


図-2 越流部の標準断面図

表-1 無人重機一覧表

重機名	規格	台数	操作方法
ダンプトラック	CAT-773 (45t級)	3	CCDカメラ搭載・遠隔操作
ブルドーザー	CAT-D6D (16t級)	1	GPS・CCDカメラ搭載・遠隔操作
振動ローラー	SD-451 (10t級)	1	GPS・遠隔操作
バックホウ	CAT-330 (1.3m <sup>3</sup> 級)	1	GPS・CCDカメラ搭載・遠隔操作
バックホウ	CAT-375 (2.8m <sup>3</sup> 級)	1	CCDカメラ搭載・遠隔操作
ブルドーザー	CAT-D10N (60t級)	1	CCDカメラ搭載・遠隔操作
移動カメラ車	クローラー走行	4	CCDカメラ搭載・遠隔操作



写真-2 移動式操作室



写真-3 遠隔操作状況

### 3. GPSダム・テレコンシステム

RCCダムの無人化施工では重機を遠隔操作するため、次の3つの構成技術からなる「GPSダム・テレコンシステム」を用いて行われる。

- a. 重機を無線操縦するリモートコントロール技術
- b. CCDカメラによる重機前方やヤード全体の映像監視技術
- c. GPSによる重機位置の3次元計測や出来形の管理支援技術

上記3つの技術のうち、特に施工管理上、GPSによる測位技術は不可欠である。施工中における各種重機の3次元位置をGPSを用いてリアルタイムに把握しながら、遠隔操作室のモニター画面上に重機の現在位置をグラフィック表示させ、遠隔操作でもって施工管理を行う。GPSダム・テレコンシステムは、図-3のようなサブシステムにより構成されており、GPS 3次元データの数値解析とモニタリングによる出力を利用した各種の工事管理を行っている。

#### 3-1 掘削管理システム

その日の掘削作業の終了後に、GPS搭載ブルドーザーでランダムに走行することにより、地盤の3次元座標を計測する。前日との差分を計算することによって、その日の出来高を求め土工数量の管理を行う。

また、荒掘削された法面（傾斜面）の整形には、写真-3のようにGPSモニター画面を利用して、ブルドーザーの遠隔操作により行う。

最終仕上げの段階においては、写真-5、-6の

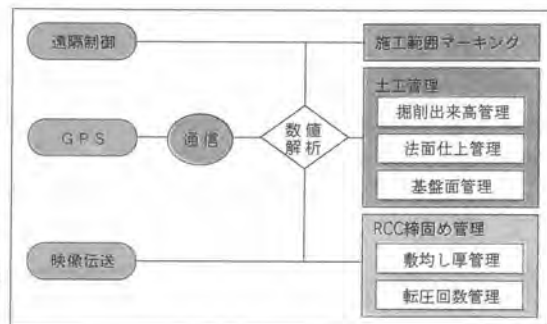


図-3 GPSダム・テレコンシステム

ような法面・基盤面管理モニターで確認しながら、ブルドーザーによる仕上げ整形を行う。画面上には、計画断面と現況の出来形断面を表示するほか、リアルタイムに重機の位置と設計高さとの差が表示され、その数値により最終仕上げを行っていく。

### 3-2 RCC締固め管理システム

流動性がほとんどないRCC（Roller Compacted Concrete）コンクリートは、厚さ25cmずつ撒き出され、2層に敷均されて50cmとなった時点で振動ローラーにより締固められる。写真-7は、敷均し厚を管理するモニター画面である。計画高に対する敷均し高さ分布状況を、画面上で色分けして表示する。施工管理は敷均し範囲を1mメッシュに分割し、それぞれのメッシュの現在の高さを図-4のように10cm刻みに色分けして表示し、目標高さの±5cmの範囲に仕上げる。

- (a) 敷均し範囲
- (b) ダム軸
- (c) 20mピッチ横断線 (No.xx+0.0)
- (d) 1mメッシュの色分け

50cmの厚さに仕上げられたRCCコンクリートは、GPS搭載の振動ローラーにより締固められる。オペレーターは、転圧走行ラインが表示されたモニター画面を見ながら、振動ローラーを遠隔操作する。

オペレーター用モニターは、振動ローラー走行割付線および振動ローラー位置を表示する。

- (a) 敷均し範囲
- (b) ダム軸
- (c) 20mピッチ横断線 (No.xx+0.0)
- (d) 1mメッシュの色分け

ローラーで一定回数の締固めを行う際、通過するローラー端部が隣りの通過痕との間で透き



写真-4 法面掘削状況



写真-5 法面仕上げ管理モニター画面

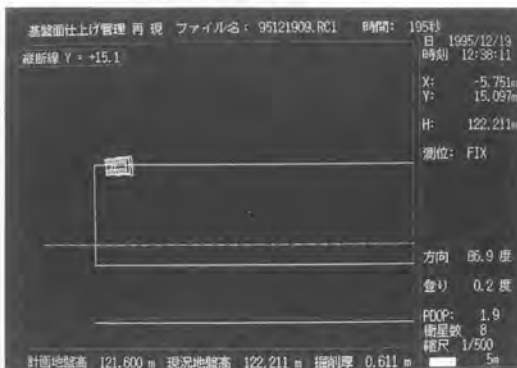


写真-6 基盤面管理モニター画面



部分を、外部カメラからの映像により確認しながら作業ができるということに関しては、無人化施工の有利な一面と考えられる。

品質に関しては、R I 密度、コア圧縮強度、単位体積重量などの比較を行ったが、有人、無人ともほぼ同等の結果が得られている。

施工精度については、標準偏差で有人が30mm、無人が35mmと良好な結果が確認されている。

## 5. おわりに

本工事では、ダムとしてのコンクリート構造物を図面に基づいて無人化施工で構築したことにより、GPSダム・テレコンシステムは、精度と施工効率の両面において有効性が実証された。これを契機として、無人化施工技術は、災害等による危険区域の復旧工事や苦渋作業からの解放など、今後多方面への展開が期待できる。

コンピュータやハイテク技術のソフト・ハードの進歩は日進月歩であり、無人化施工法を一新する可能性を秘めている。今後は、この成果を踏まえ、さらにこうした情報化技術の高度化を図りつつ、各種施工支援システムの改良、展開を進めていきたい。

表-2 施工能力の比較

(単位: m<sup>3</sup>/h)

工 種		施工条件	有人	無人	対有人比
上 工 事	上砂運搬	約180m運搬	102	88	0.96
	掘削・積込		288	247	0.86
R C C	敷均し	25cm×2層	62	56	0.90
	締め固め	10回	69	61	0.88



写真-9 工事完了全景