

雲仙普賢岳における無人化施工

西松建設(株) 技術研究所 正会員 磯 陽夫
 機材部 石井 正典
 機材部 吉田 貴

1. はじめに

雲仙・普賢岳における災害防止対策として建設省により策定された水無川火山砂防基本計画は、上流部の砂防ダム群とその下流の導流堤群および遊砂地から構成されている。その砂防計画を早期に推進するにあたり、有人による施工は危険なため、上流ダム群の設置や下流遊砂地の常時の容量確保について無人化施工の検討がなされた。平成6年度試験フィールド制度として、遠隔操作の適用性について確認施工が2件行なわれ、平成6年10月からパイロット事業「雲仙・普賢岳水無除石工事」においては、全ての建設機械を150m以上離れた場所から遠隔操作で施工した。さらに、その中でバックホウについては、1,200m離れた場所より操作を行った。

本文においては、パイロット事業として実施した無人化施工および無人化技術の概要を報告する。

2. 無人化施工の概要

パイロット事業の工事は、一次運搬距離が880mであり、除石量も100,000m³と多いため、遠隔操作式重ダンブトラック2台による大量運搬方式とし、掘削、運搬能力の向上を図った。

フィールド内での掘削・積込み・監視・および土砂仮置場までの1次運搬(150m)等の一連の各作業を遠隔操作による無人化とし、一次運搬の残り730mおよび土砂仮置場から土捨場までの2次運搬(2000m)を有人施工としている。技術の概要は、以下の通りである。

警戒区域内、左岸側導流堤上に位置した操作ヤードに全体の管理を行う移動式操作室2台を配置し、遠隔操作および車両情報基地とした。また、操作ヤードから1.2km離れた事務所2階には超遠隔操作室を設け、バックホウの超遠隔操作の基地とした。

施工ヤード内の一連の作業は、ラジコン遠隔操縦装置等を搭載したバックホウ、ブルドーザ、重ダンブ等の機械群を、全体監視用固定カメラ、高所カメラ車およびヤード内に配備した局所監視用遠隔操作式カメラ車(4台)からの映像視認によって、移動式操作室内部より遠隔操作を行った。ラジコン遠隔操作および車両情報伝達手段に、出力10mW以下の特定小電力無線局を、映像伝達に50GHz帯の簡易無線局を使用している。

図-1に無線機械構成図を示す。

3. 無人化技術の特徴

無人化技術の特徴を以下に示す。

- ①映像システム：安全な場所からのカメラ映像(全体監視)、遠隔操作式カメラ車の施工フィールド内からのカメラ映像(局所監視)、および重機に搭載した車載カメラ映像を簡易無線局および微弱無線を使用し、操作室内に送信した。
- ②重機情報：油温・水温等の重機情報を特定小電力無線局を使用し、操作室に送信した(車両情報装置)。
- ③重機位置情報：映像情報のみでは重機位置が明確に判らないため、現場地形の把握用に導入した遠隔自動測量システムをナビゲーションシステム用にソフトウェアの変更を行い、重機位置および計画地盤との差をグラフィックおよび数値でCRTにリアルタイムで表示した。
- ④稼働状況の把握：重機から操作室に送信される車両情報や、タッチパネルの情報をICカードに記録し、作業終了後にICカードのデータを稼働管理パーソナルコンピュータで処理することで、運転時間・待機時間等を稼働管理帳票として、自動的に印字した。

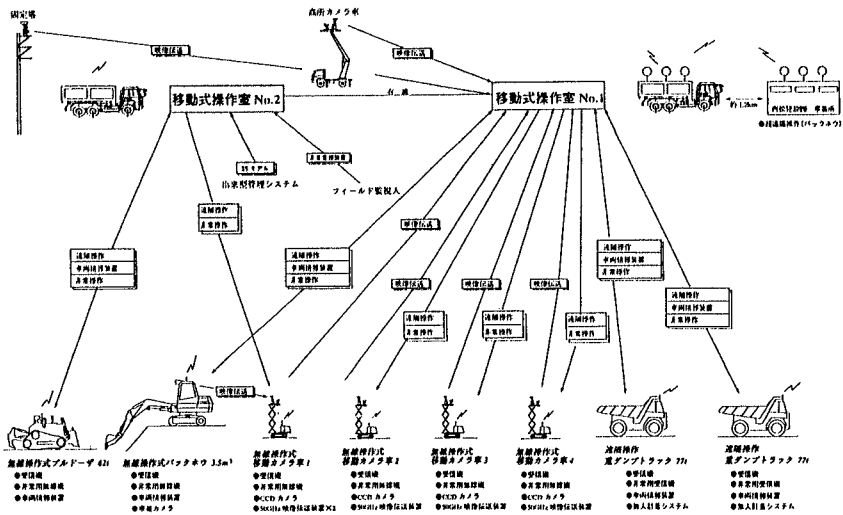


図-1 無線機械構成図

- ⑤現場地形の把握：自動追尾トータルステーション、GPSおよび傾斜計・方位角センサの組合せで、リアルタイムに重機の三次元座標を得ることとし、現場内を重機を走行させることで、重機位置情報を基にフィールド内の3次元座標を算出することができる。作業終了後に、出来形管理パーソナルコンピュータでデータを処理して、鳥瞰図、等高線図、横断図等の自動作図および土量自動計算を自動で行った。
- ⑥掘削・運搬量管理：火砕流・土石流の起こる危険な場所では、トラックスケール等の固定物を設置することはできない。そこで運搬機械のベッセルもしくは車軸に歪計を取り付け、そのデータをICカードに書き込み、作業終了後に無人計量パーソナルコンピュータで処理することで、出荷計量日報・出荷計量月報を印字した。
- ⑦非常時脱出対策：警戒区域内での遠隔操作機械の無線機故障や機械故障等に対し、遠隔操作による警戒区域外への脱出対策をとった。
- ⑧耐熱・耐湿処理：一時的な温度100℃、湿度100%の施工条件下でも運転を可能とするため、油圧配管、電気配線、電気機器及び燃料タンクに断熱材貼付け等の対策を行った。
- ⑨オートブレードコントロールシステム：施工フィールド最終出来形形状は、上下流方向に一定の勾配をもつが、ブルドーザブレードの遠隔操作での仕上がり精度が悪く、そのためブレード高さおよびチルトの自動コントロールが求められた。そこで回転レーザ発光器および受光器等を用いたオートブレードコントロールシステムを導入した。
- ⑩超遠隔操作システム：通常の遠隔操作作用の無線は特定小電力無線局を使用しているため操作可能距離は200m程度である。しかし、火山帯の土石流除去は火砕流の危険があるなかで徐々に上流に向かって掘削する必要がある。そのため、作業員の安全を確保しながら、上流部の施工を行うためには、遠隔操作距離の長距離化が必要となる。そこで、簡易無線を使用する超遠隔操作システムを構築し、1200m離れた位置での重機操作を行った。

4. おわりに

平成5年度に創設された建設省試験フィールド制度に無人化技術が採用されて以来、3件の工事を無人化施工することができた。これらの結果から、無人化施工技術は機械技術のみならず、マンマシンインターフェース面での技術の向上が、施工効率を高めることにつながり、かつ施工の安全へとつながると確信する。末筆ながら御指導、御協力を頂いた関係各位に深甚なる謝意を表します。