

(VI-17) 雲仙普賢岳における遠隔操作システム

幹大本組 正会員 早瀬幸知
 幹大本組 菅谷昌広
 幹大本組 藤沢秀行

1. はじめに

建設機械の無人化施工技術は、危険地域や過酷な条件下での作業、労働者不足および高齢化等の問題を解決していくための重要な開発課題である。雲仙普賢岳では今もなお火山活動が続いており、無人化による災害復旧工事は重大かつ緊急なテーマである。以下に、建設省が新設した試験フィールド制度「雲仙における無人化施工」で採用された本システムについて報告する。

2. 工事概要

本工事は、雲仙普賢岳の火山活動に伴って発生した火砕流および土石流により水無川流域に押し流された土砂のうち5,100m³を、遠隔操作の大型建設機械により掘削、積み込み、運搬するものである。

施工区域内の土砂は、無線遠隔操作のブルドーザ（91.8t）により押土、集積する。ブルドーザの作業状況は、移動カメラ車からの監視映像を移動式遠隔操作室内でモニタし、さらに、自動追尾式光波測距儀からのデータをコンピュータ画像処理したものにより監視する。ブルドーザにより集積した土砂は作業状況の細部監視用として立体（3D）カメラを搭載した遠隔操作のバックホウ（バケット容量 4.0m³）にてダンプトラック（積載重量32.0t）に積み込み、所定の場所まで運搬し捨土する。堆積土砂に混在する巨石は、前記のバックホウにブレーカ（2,900kg）を取り付け小割りする。図-1にシステムの概要を示す。

3. 遠隔操作システム

(1) システムの特徴

- ① 100m以上離れた安全な場所から、大型建設機械の遠隔操作ができる。
- ② ブルドーザは、大型機種であるため巨大転石も押土可能である。
- ③ 合計10台からなるITVの映像情報や自動追尾式光波測距儀からの情報を、リアルタイムでモニタに表示するため、信頼度の高い管理が可能である。
- ④ バックホウは有線式の遠隔操作であるため、誤動作がなく操作の信頼性が高い。
- ⑤ バックホウには3Dカメラを搭載しており、臨場感のある立体映像を得ることで、細かい機械操作が可能となる。

(2) バックホウ遠隔操作

バックホウの遠隔操作は、作業の安全性・確実性を高めるため有線方式を採用している。ケーブル長が100m以上のため、2系統（操作系、映像系）のケーブルがバックホウの移動により作業の障害とならないように、ケーブルリールおよびスイングアームを装備した。

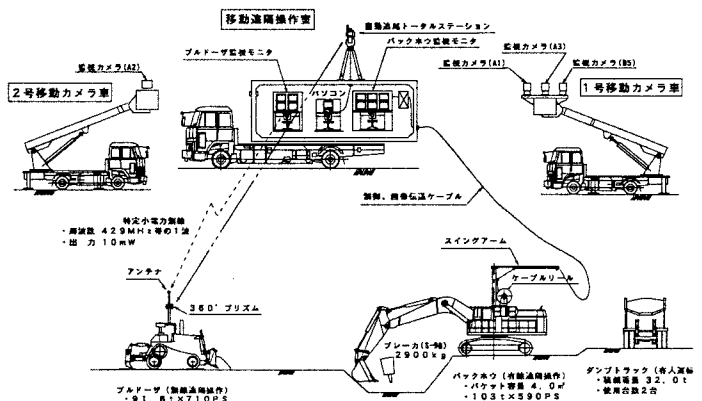


図-1 遠隔操作システム概要図

(3) ブルドーザ遠隔操作

ブルドーザの遠隔操作は、作業の性格上、機動性を求められるため無線方式を採用し、通信方式として特定小電力無線を使用した。

(4) 監視システム

遠隔操作での重要な項目として、人間の目の代用となる監視システムがある。モニタ映像のみで遠隔操作を行うためには、十分なカメラおよびモニタ台数と適切なカメラ配置計画が必要となる。

① 移動式遠隔操作室

遠隔操作室内には、バックホウ操作用オペレータデスクおよび6台のモニタ、ブルドーザ操作用オペレータデスクおよび4台のモニタを配置した。

② 3D映像

バックホウには、通常のCCDカメラと、3Dカメラが搭載されており、オペレータは偏光メガネを装着することにより、3D映像をリアルな立体映像としてとらえ目で見た感覚と同様な掘削・積み作業を行うことができる。これらのカメラは、すべて振動対策を施し耐久性の向上を実現した。

③ ブルドーザ位置計測

移動式遠隔操作室上に設置した自動追尾トータルステーションが、ブルドーザに取り付けた360°プリズムを自動追尾し、3次元位置を計測する。さらに、計測データをパソコンに伝送し、ブルドーザの現在位置と移動軌跡がディスプレイに表示される。また、工区境に接近すると警告を発令し、工区外進出の防止を図った。

(5) 自動測量システム

日々の出来形管理は、自動追尾トータルステーションを用い、無線遠隔操作によりブルドーザを基線にそって走行させる。この時のデータをパソコンに蓄積し、出来形管理システムと連動させることにより、断面図および土量計算書を作成する。

4. 工事实績

平成6年2月末に大型建設機械等の組立を開始し、システム全体の調整を行った後、3月3日より本格的に作業を開始した。故障や無線障害、映像障害といったトラブルもほとんどなく、3月31日に工事が完了した。

順調に工事が推移した第一の要因は、バックホウの遠隔操作および監視システムが有線方式であったために故障が少なく、鮮明な映像情報が期間中連続して確保できたことによるものである。

期間中の遠隔操作設備や映像設備の稼働率は98%（故障による作業停止総時間＝2時間）であった。

5. おわりに

長年にわたりニューマチックケーソン工法をはじめとする遠隔操作技術の研究開発を続けてきたことが、雲仙普賢岳においての無人化施工を可能にした。

本試験工事では、有線および無線方式の二種類の遠隔操作方式を採用することにより、その操作性の検証を行ったが、それぞれの特質・優位性について貴重なデータを得ることができた。有線方式は、確実な稼働が確保できるとともに豊富な映像情報を駆使しての効率的な作業が可能であり、機械の微妙な操作の正確さやスムーズさといった優れた特質を有している。また、無線方式の場合は、有線方式に比べ機動性に富んでいることから、ブルドーザやダンプトラック等の移動量の多い機械に適している。

今後は、今回の貴重な経験をもとに、有線および無線方式それぞれの特質を生かした、より実践的な技術開発を継続していきたいと考えている。

最後に、試験施工にあたり御指導をいただいた関係各機関の方々に感謝するとともに、本技術の開発に関して多大なる御協力をいただいた日立建機様をはじめとする関係者のみなさまに深く謝意を表します。