技術名	ネットワーク型次世代無人化施工技術
番号	No.6.1-3
発注者	国土交通省近畿地方整備局
施設名	—
所在地	奈良県吉野郡野迫川村北股地先
工事名称	北股川北股地区河道閉塞緊急対策工事
施工期間	2011年9月～2012年8月
施工者	(株)熊谷組
キーワード	超長距離遠隔操作、映像伝送、遠隔監視

(1) 概　要

1) 背　景

平成23年9月の台風12号は、紀伊半島を中心とした広い範囲に大雨をもたらし、奈良県、和歌山県を中心として大規模な土砂災害が多発し、甚大な人的・物的損害が生じた。この時発生した天然ダム5か所に対する緊急対策工事は国土交通省直轄工事となり、北股地区の工事もその1つである。

北股地区は奈良県南西部の和歌山県境に近い野迫川村に位置する。崩落は北股川左岸の支沢北側斜面で発生した。崩壊規模は標高差約200m、最大幅約200m、面積約8.25ha、崩壊土量約116万m^3と推定された。

崩壊土砂は尾根部より南西側方向へ崩壊し、支沢を閉塞させ、いわゆる天然ダムを形成し、更に土砂は支沢で西側へ屈曲し、下流の北股集落に至っていた。

2) 施工概要

本工事は、崩壊による河道閉塞の緊急対策工事と、崩壊により緩んだ縁部を除去して安定化させる法面整形工事である。**図-1**に北股地区緊急対策工事平面図、**図-2**に法面整形工平面図、**図-3**に急傾斜部断面図を示す。

対策工事は、天然ダム背後に湛水した流入水を速やかに排出し、通水機能を持たせる仮排水路の設置と崩壊した斜面にて工事用道路を敷設を行いながら散在した倒木の処理を行い、その後、崩壊地の安定化を図って崩壊地法肩部の緩んだ地盤を除去しながら法面整形を行うものである。

まず法面崩壊部に大型土嚢によって防護土堤を構築し、崩壊部土砂の動きを抑えた。その後、下部の河道閉塞部箇所に排水ポンプを設置して、湛水池の強制排水を行った。

工事に先立ち、地表踏査を実施し、新たな崩壊発生の危険性のある不安定土塊が確認されたことから、一般重機による法面整形工は危険であると判断し、光ファイバーケーブル（操作室から現場の無線基地局に敷設）と無線LAN（無線基地局から重機間）を組み合わせたネットワーク型次世代無人化施工を行った。**図-4**に無人化施工現場配置図を、**写真-1**に北股地区河道閉塞緊急対策工事施工状況を示す。工事概要を**表-1**に示す。本対策工事は、天然ダム背後に湛水した流入水を速やかに排出し、通水機能を持たせる仮排水路の設置と崩壊した斜面に工事用道路を敷設しながら散在した倒木を処理し、崩壊地の安定化を図って崩壊地法肩部の緩んだ地盤を除去しながら法面整形を行うものである。

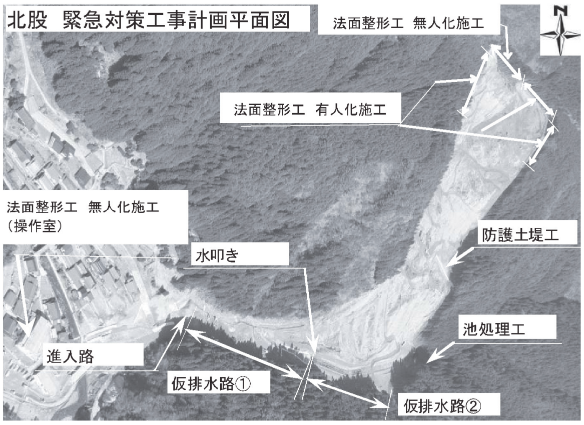

図-1　北股地区緊急対策工事平面図

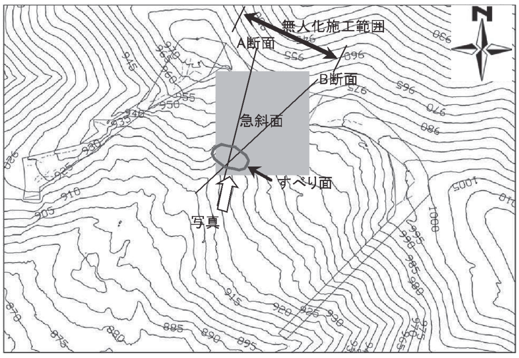

図-2　法面整形工平面図

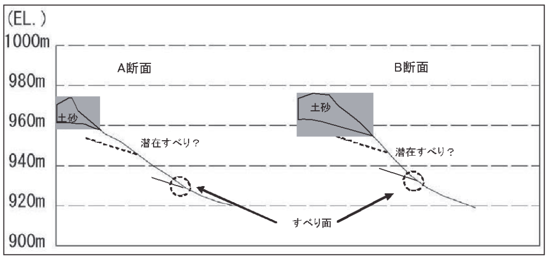

図-3　急斜面部断面図

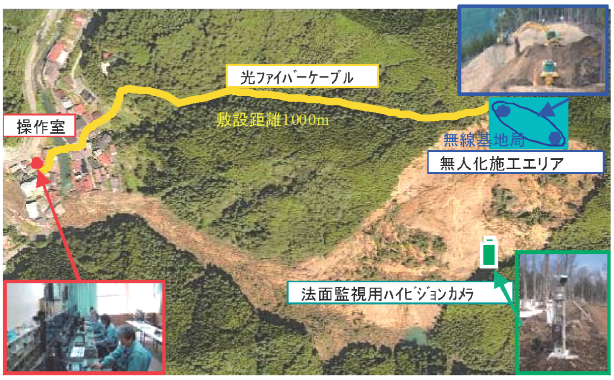

図-4　無人化施工現場配置図

写真-1　北股地区河道閉塞緊急対策工事施工状況

表-1　工事概要

工事名	北股川北股地区河道閉塞緊急対策工事
工事場所	奈良県吉野郡野迫川村北股地先
発注者	国土交通省近畿地方整備局
施工者	㈱熊谷組 関西支店
工期	平成23年9月30日～平成24年8月31日
工事内容	・法面整形工 (有人機械:6,700m^3 無人機械:5,100m^3) ・倒木処理30,000本 ・工事用道路3,000m ・仮排水路工①(径1,100×3条)内面平滑188m ・仮排水路工②(径600×1条)内面平滑205m ・池処理工:6,520m^3 ・防護土堤工:1式

(2) 技術詳細

ネットワーク型次世代無人化施工の特徴を以下に示す。

① カメラ画像遠隔操作型無人化施工システム

現場付近は滑り面の周囲で起伏が大きく湾曲しているため直視が難しく、重機が施工エリアに入ると周囲の地盤が滑る可能性があったことからカメラ画像遠隔操作型無人化施工とした。**写真-2** に遠隔操作の状況を示す。

② 光ファイバーケーブル使用（次世代型）と完全LAN化した情報伝送システム

光ファイバーケーブルを操作室から現場無線基地局１kmの間に敷設して、重機の操作情報、重機や固定カメラの画像情報、ガイダンスシステム情報などすべての情報をLAN化した。**写真-3** にネットワーク伝送装置と管理状況を示す。

③ 情報化施工システム

施工箇所は危険エリアであり、丁張レスで施工できるGPS式バックホウマシンガイダンスシステムやブルドーザの排土板自動制御システムを導入して、安全かつ精度よい施工を行った。使用重機を**写真-4** に、主要機械一覧を**表-2** に示す。

④ ５GHz帯無線LANシステム

無線基地局と重機の間には、メッシュタイプ（受信強度による自動切替方式）５GHz のIEEE802.11j無線LANを送受信の伝送用に確保した。また、ハイビジョン固定カメラ画像の伝送は、大容量のデータを安定して送ることができる25GHz小電力無線機を使用した。

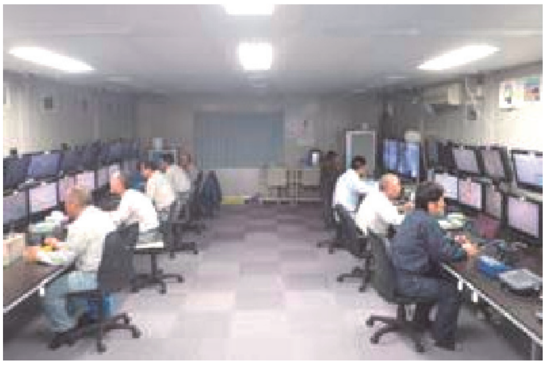

写真-2　遠隔操作

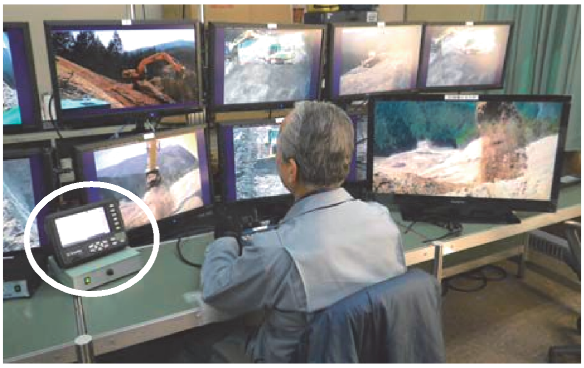

写真-3　ネットワーク伝送装置

写真-4　使用重機

表-2　主要機械一覧

機械名	機能・型式	使用工種
遠隔操作式バックホウ	$0.8m^3$級	掘削・積込・法面整形
遠隔操作式バックホウ	$0.45m^3$級	転石破砕・整形 カメラ車機能
遠隔操作式ブルドーザー	16t級	掘削・押土・整形
遠隔操作クローラダンプ	10t級	運搬
遠隔操作室	旧北股小学校	作業基地

(3) 結　果

実証実験の成果を無人化施工現場で活かし、仮設の光ファイバーでも対応できることを示した。

バックホウガイダンスシステム、排土板制御システムなど情報化施工システム機器を開発し、CAN-LAN変換器などが誤動作することなく安全に施工できることを示した。

使用機材全体の調整は全体の IP 化により事前設定が可能でありシステムの立ち上げ時間が 20%程度（２日）短縮した。無人化施工実施工程を**表-3** に示す。

表-3　無人化施工実施工程

作業内容	実施工程
準備工開始伐採	3/12-3/16
無人化施工設備設置開始	3/19-24
試運転調整	3/26-30
本施工開始	4/2
伐採・搬出	4/2-4/23
掘削押土	4/20-5/15
試験施工	5/16-5/23
設備撤去	5/21-5/24

無線機は複数使用しなくて済み機器コストは低減したが、ネットワーク対応人員が必要になった。
当初ネットワークトラブル時に問題箇所の切り分けが出来ず解決に時間と費用を要した。最低でも簡易なシステムソフトと測定機器の常備が必要である。

参考文献	・ネットワーク型次世代無人化施工技術の導入：(株)熊谷組　北原、越智、坂西、土木施工 Vol.54 No.8、P34～38、2013.8 ・ネットワーク型次世代無人化施工システムの開発：(一財)先端建設技術センター、九州地方整備局、九州地方整備局雲仙復興事務所、近畿地方整備局、近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所、(株)熊谷組、西松建設(株)、建設機械施工 Vol.65 No.8、P77～81、2013.8 ・第４世代無人化施工の緊急対策工事への適用：(株)熊谷組　北原、坂西、平成 25 年度　建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集((一社)日本建設機械施工協会)、P33～36、2013.11 ・宇佐川土砂崩壊災害復旧工事における無人化施工：(株)熊谷組　坂西、石濱、野村、中国地方建設技術開発交流会、2014.10 ・超長距離無人化施工技術の適用性に関する考察：(一財)先端建設技術センター　新田他、第 13 回建設ロボットシンポジウム論文集、P41～50、2012.9 ・雲仙普賢岳超遠隔操作実験における伝送状況確認試験等について：(一財)先端建設技術センター　吉田他、第 13 回建設ロボットシンポジウム論文集、P51～60、2012.9 ・災害応急・復旧工事に対応した無人化施工による超長距離遠隔操作実験でのオペレータの作業性に関する研究：建設無人化施工協会　北原他、第 13 回建設ロボットシンポジウム論文集、P61～68、2012.9
備　　考	・平成 25 年度宇佐川外 24 年災補災河第 10 号外災害復旧工事第１工区(山口県) ・赤松谷川 11 号床固工工事(国土交通省九州地方整備局) ・第５回ロボット大賞(経済産業省主催)ロボットビジネス／社会実装部門「優秀賞」受賞 ・平成 25 年度（一社）日本建設機械施工協会　貢献賞受賞