

災害復旧現場における新しい取り組みについて

前原 彩人¹・南谷 達也¹・相川 雅央²・高井 静也¹・山田 浩輝¹

¹能登復興事務所 工務第三課 (〒926-0046 石川県七尾市神明町口12番地2 NTT七尾ビル3階)

²能登復興事務所 (〒926-0046 石川県七尾市神明町口12番地2 NTT七尾ビル3階)

近年、建設現場においては重機の遠隔操縦や無人化機械による施工が盛んに行われており、これらは建設現場における省人化や生産性・安全性の向上に大いに役立っている。

災害復旧工事においては工程短縮を行うための施工スピードの向上と二次災害に遭わないための安全性確保を両立させることが特に重要となる。

本報告では2024年1月の令和6年能登半島地震及び2024年9月の奥能登豪雨により被災した国道249号の災害復旧工事のうち、大川浜工区と逢坂トンネル工区における重機の遠隔操縦や無人化施工の取り組み事例を紹介し、これらの取り組みにより得られた効果と今後の課題を報告する。

キーワード 令和6年能登半島地震、権限代行、生産性向上、無人化施工

1. はじめに

近年、建設現場においては、重機の遠隔操縦や自動制御による無人化施工といった新しい取り組みが盛んに行われるようになってきている。建設業における人手不足解消のために、国土交通省では i-Constructionの取り組みやインフラ分野のDX推進を行っているところである。これらの取り組みは現場における省人化、生産性および安全性向上に大いに役立っている。

災害復旧工事においては、特に早期に復旧を行うためにスピード感をもった効率のよい施工、つまり高い生産性が求められる一方で、二次災害による作業員の被災等を防ぐために安全性を確保することもまた同時に求められる。

本報告では、令和6年能登半島地震の道路啓開工事において生産性と安全性を両立するために、遠隔操縦や自動制御の重機による無人化施工などの取り組みを行った事例と、その効果を報告する。

2. 令和6年能登半島地震における国道249号の被災状況

石川県七尾市から珠洲市、輪島市を經由して金沢市までを結ぶ国道249号は、奥能登地域における大動脈として地域の生活に欠かせない道路である。国道249号の沿岸部区間（珠洲市若山町宇都山～輪島市門前町浦上の約53km間）については、2024年1月1日に発生した令和6年

能登半島地震により地すべり・斜面崩壊や橋梁損傷、トンネル覆工崩落等231箇所の被災が確認された。2024年1月23日には石川県知事からの要請等を踏まえ、上記の約53kmの区間について国土交通省が権限代行で本格復旧に着手したところである。うち大規模被災箇所の5つの工区（中屋トンネル工区、千枚田工区、大川浜工区、逢坂トンネル工区、大谷工区）については即時の啓開は不可と判断され、それぞれの箇所について緊急復旧の方法を検討していくこととなった。



図-1 国道249号権限代行区間

3. 大川浜工区における取り組み

(1) 大川浜工区の概要

輪島市町野町大川～同市渋田町の大川浜工区については当初道路啓開を断念した大規模被災箇所の5つの工区のうちの1つであり、約2.8kmの間に10箇所以上の大規模な地すべり・斜面崩壊が発生していた。（図-2）

有識者と合同での現地調査結果などもふまえた結果、本工区は地震により新たに生じた海岸隆起部へ1車線の緊急復旧道路を盛土構造で通す方針となり、2024年内の交通開放を目指して2024年6月1日より工事を開始した。

(2) 大川浜工区における課題点

本工区に施工する緊急復旧道路は海岸隆起部を通すため計画高が最低で約2mである一方、中間部が岬地形となっているため計画高が最大で約39mと区間内での標高差が大きく、緊急復旧道路の施工にあたっては土量約8万m³の盛土を半年間で行う必要があった。

このため、多くの人員・機材を投入して工事を進めていったが、多数の重機が同時に稼働するため現場の安全対策が課題であった。また、限られた工期の中での施工となるため厳しい工程管理が必要であり、日々の進捗率を管理するために盛土量を都度把握することが重要であった。



図-2 大川浜工区の概要（数字は被災箇所番号を表す）

また、本区間は電力・通信・水道・ガス等の主要インフラが軒並み被災して寸断されており、現地は携帯電話の電波も全く入らない状況であった。

(3) 遠隔操縦のバックホウを用いた施工

このような課題がある中で、できるだけ効率的かつ安全に施工を行うため、マシンガイダンスのICTバックホウを導入し、これを遠隔操縦して法面整形等に用いることとした。

バックホウの操縦については、現場から約1km離れた地すべり等の影響が無い安全な場所に、コックピットを備えたプレハブ小屋を設置し、ここから操縦を行った。（図-3）

遠隔操縦を行うためには通信環境の構築が不可欠であるが、前途の通り本施工箇所では通信線等のインフラが寸断されている状況であったため、施工業者である

（株）大林組の工夫によりスターリンクを用いた衛星通信と現場内における無線通信環境を整備することで、コックピットとバックホウ間の通信を可能にした。

（図-4）

上記を実施することにより現場に常駐する作業員や運転手の人数を減らすことができ、重大事故もなく盛土を完成させることができた。



図-3 遠隔操縦の様子

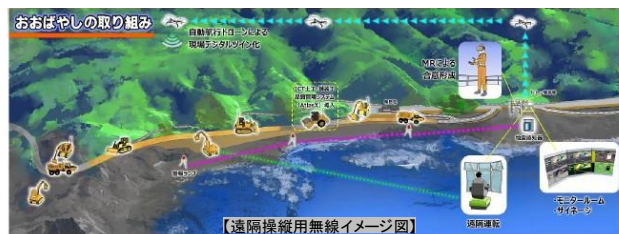


図-4 通信環境の構築状況（大林組 広報資料より）

(4) UAVによる自動出来形測定

日々の進捗を確認するために、UAVで空撮を行い点群データを取得することで日々の出来形管理を行った。

UAVについては毎日12時に自動で現場内を航行して点群データを取得するよう設定しており、収集した点群データを元に日々の盛土量の把握できるようにした。

現場事務所には日々の盛土量のデータと設計盛土量に対する現在の盛土量が見られるモニターを設置し、進捗状況が一目でわかるようにして工程の管理を行った。

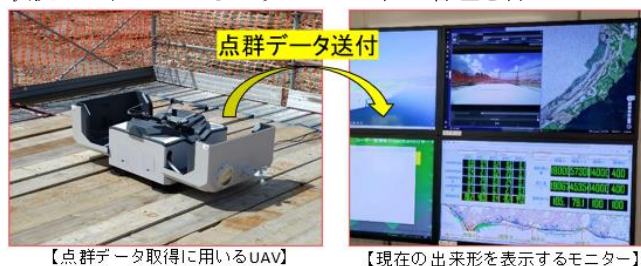


図-5 出来形管理に用いるUAVと盛土量のモニター

(5) 取り組みの効果

本取り組みの最中の2024年9月には豪雨災害があり本工区においても緊急復旧道路の盛土の一部が崩れる被害があった。この被害からの復旧を考慮すると通常であれば2025年1月末までの工程となってしまうところを、遠隔操縦のバックホウを用いた法面整形等の施工及びドローンによる自動出来形計測を行った結果、日

当たり施工量は従来の800m³/日から倍の1,600m³/日に向上し、2024年12月5日には緊急車両及び地元住民に限定してではあるが交通解放を行うことができた。

つまり実質2ヶ月近くの工期短縮を行えたことになり、さらに、多くの建設・運搬重機が輻輳する現場の中でも工事事務もなく交通解放を迎えることができた。

よって、本取り組みは災害復旧現における生産性及び安全性の向上につながったと言える。

4. 逢坂トンネル工区における取り組み

(1) 逢坂トンネル工区の概要

珠洲市仁江町～同市真浦町の逢坂トンネル工区についても、当初道路啓開を断念した大規模被災箇所5つの工区のうちの1つである。本トンネルの西側（輪島側）坑口は地震により坑口上部で発生した地すべりにより完全に閉塞した。（図-7）また、トンネルの東側（珠洲側）においても3箇所の大規模な地すべり・斜面崩壊が発生し、トンネル前後の約1.7kmの間が通行止めとなっていた。（図-6）

本区間についても海岸隆起部へ1車線の緊急復旧道路を構築する方針となり2024年12月27日に緊急車両及び地元車両限定で交通解放を行った。しかし、先述の大川浜工区と異なり、本工区において施工した緊急復旧道路は波打ち際を通行せざるを得ない箇所があり、冬季波浪により通行止めとなる事象が複数回発生していた。

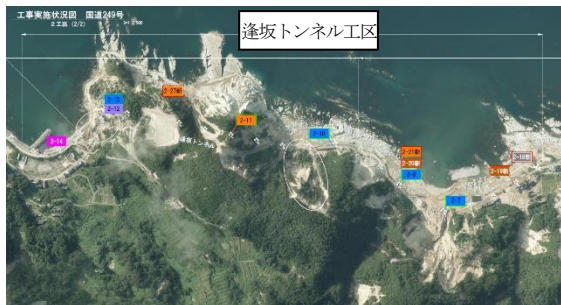


図-6 逢坂トンネル工区の概要（数字は被災箇所番号を表す）



図-7 地すべりにより閉塞した逢坂トンネル輪島側坑口

(2) 逢坂トンネル工区における課題

上記のような状況であったため、緊急復旧道路開通後の次のステップとして地すべりにより閉塞した輪島側坑口を切り開く作業を行っていくこととなったが、坑口の切り開きにあって地すべりの影響をなくすために地すべり頭部排土を行う必要があった。地すべりにより崩落した約9万m³という大量の土砂を排除するために、昼間だけでなく夜間も作業を行うこととした。また、緊急復旧道路施工後の施工であったため天候が悪く寒冷な冬

季の作業となった。冬期かつ夜間の作業となるため通常時の作業よりも施工効率が落ちることが予想され、重機オペレータも限られた人数で交代で作業を行うことから省人化、効率化が必要であった。

また、本現場は電気の復旧はしていなかったが通信環境は使用できる状況であった。

(3) ネットワークを構築した無人化施工

このような課題のある中で少ない人員で効率的な施工を行うために、施工者である（株）熊谷組は、無人化施工によるバックホウと不整地運搬車を使用して地すべりの頭部排土を行った。

ネットワークの構築は、地すべりの影響の無い場所に高機能遠隔操作室を設置し、現場内で無線LANを組み合わせて行った。（図-8）



図-8 現場内のネットワーク構築状況と運搬車の走行ルート（熊谷組 広報資料より）

排土を行う不整地運搬車は、最初は通常の施工と同様に重機オペレータが運転するが、その経路をAIに学習させることで離合可能な箇所や転回する場所等を把握して自動運転を行うことを可能にした。バックホウで1台の運搬車へ積み込みを行っている間、もう1台の運搬車は自動で走行し、麓に設けた土砂仮置場と上部の土砂積み込み箇所とを往復するという運用を行った。また、土砂の積み込みを行うバックホウについても上記のネットワーク構築と夜間でも見ることができカメラを現場内に複数台設置することにより夜間での遠隔操縦を可能とした。（図-9）

本工事箇所は1台のバックホウと2台の不整地運搬車を用いて地すべりの頭部排土を行っており、通常であれば3人の重機オペレータが必要となる。しかし、本現場では上記のAI制御による自動走行技術や遠隔施工を組み合わせることで活用することにより、1人のオペレータでバックホウ1台と不整地運搬車2台の合計3台を制御することがで

きるようになった。(図-10)



図-9 夜間作業における操作モニター
(熊谷組 広報資料より)

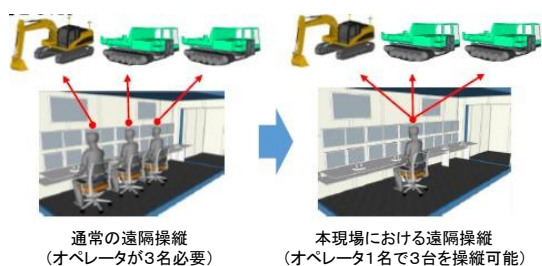


図-10 通常の遠隔操縦より少人数で重機を制御
(熊谷組 広報資料より)

(5) 取り組みの効果

本取り組みにより重機オペレータが通常3人必要な作業を1人の重機オペレータで行うことができ省人化へとつながった。不整地運搬車は、排土を行う地すべり上部と土砂仮置場のある麓を自動運転で往復するため重機オペレータの待ち時間が無くなり、作業の効率化へつながった。

また、現場内の重機はいずれも無人で動いており現場内にいる作業員を少なく抑えられるため、寒冷な冬季かつ視認性の悪い夜間の作業であっても労働災害発生確率が下がったと考えられる。実際、頭部排土の作業においては作業員の負傷事故 0件で工事を終えることができた。

よって、本取り組みもまた、災害復旧現場における生産性および安全性の向上につながったと言える。

5. 考察と今後の展望

今回の令和6年能登半島地震及び豪雨災害からの復旧

工事における取り組み事例から、災害復旧工事という高い生産性と安全性の両立が求められる場合においても遠隔施工や無人化施工は有効であり、通信インフラ等の環境が被災している状況下であってもネットワーク構築の工夫により遠隔施工や無人化施工を行うことは可能であることが示された。

しかし、これらの導入はいずれも施工開始から数ヶ月経過してからであり、遠隔施工・無人化施工で使用する機材を搬入するための工事用道路の構築段階では通常の災害復旧工事と同様に現場内に作業員を配置し有人の重機で啓開作業を行っていた。本事例で紹介したような技術を本当の道路啓開初期段階から導入するにあたっては、以下の課題があると考えられる。

遠隔施工・無人化施工は多数の現場で使用される技術となりつつある状況ではあるが、まだ従来型の有人操作による重機の方が大多数であり、道路啓開という災害対応の初期段階においては招集できる重機が限られるため遠隔施工・無人化施工対応の重機よりも従来型の重機が使用される場合が多いのではないだろうか。

裏を返せば、災害復旧以外の工事でもさらに遠隔施工・無人化施工が一般的になり、対応機械の数が増加していくことにより、道路啓開の初期段階からこうした技術、またはさらに発展した工法を使用していくことが将来的に可能となると考える。

6. 最後に

近年、建設業界においては人手不足が課題となっている中であるが、我が国は今回のような地震や豪雨をはじめとした災害が定期的にかかる土地柄であり、これからも災害対応のあり方を考え続けていかなければならないと思われる。災害復旧工事における生産性及び安全性の向上を行った例として、本報告がこれからの災害対応を考える際の一助となれば幸いである。

謝辞：昨年度、大川浜工区の道路啓開を行っていただいた株式会社大林組のみなさま、逢坂トンネル工区の道路啓開を行っていただいた株式会社熊谷組のみなさま、そして本論文を作成するにあたり相談にのっていただいたりアドバイスをいただいた工務第三課のみなさまに心より感謝申し上げます。