

大型ドローンによる資材運搬の 土木工事への活用に向けた効果と課題の整理

小西 琢也¹

¹奈良県 県土マネジメント部 道路建設課 (〒630-8501奈良県奈良市登大路町30)

2023年4月、一般国道168号の吉野郡十津川村長殿地内において落石が発生した。2024年度に落石防止網工などを用いて対策工事を行った。対策箇所と道路面の高低差が最大で150m程度となっており、施工箇所へのアクセスが課題となる工事であった。これに対し、資材はモノレールによって運搬することを標準としていたが、工法選定の幅が広がり、工期などの短縮や安全性の向上も期待できることを受け、奈良県では大型ドローンによる資材運搬を試行的に実施した。本研究では土木工事において大型ドローンによる資材運搬の事例を通して、その活用による効果と課題を整理し、考察を行うとともに、ドローンに関する法規関係を整理した。

キーワード 大型ドローン、資材等運搬、工期短縮、安全

1. はじめに

近年、AI技術などの新技術が多くの場面で活用されるようになってきている。土木建設業界においてもICT施工活用等、新技術を活用する動きが活発となっており、その中にドローンを活用した技術がある。

ドローン技術は土木建設分野のみならず、農業、医療や物流など様々な分野で注目され、その活用方法について多くの議論がなされ、実用に向けた試行錯誤が行われているところである。

土木建設分野においてドローン技術は、河川、砂防や橋梁等の点検業務、及び測量業務などに広く使われつつあり、本研究ではドローンの物資輸送能力に着目し、土木建設工事への活用について検討する。

2. 既往研究

ドローンの物資輸送能力に着目したとき、土木建設分野以外においては、「ドローンを活用した荷物等配送のガイドライン」が策定され、物流サービスへの活用の他、災害時の物資運搬への展開に向けた取り組みが行われている。

土木建設分野におけるドローンによる資材等運搬の事例は2020年に山梨県において仮設資材の運搬¹⁾、2021年にポータブル貫入試験機の運搬²⁾、2023年新潟県において大型運搬用ドローンによる地質調査資材の運搬実証実

験³⁾等が実施されている。

しかし、実証実験段階のものも全国的に事例が少なく、事例紹介や記事などにとどまっているものがほとんどである。

3. 課題と目的

土木建設分野においては、ドローンの活用が進んでいるものの、土木工事におけるドローンによる資材等運搬に関して知見が少なく、効果や課題について整理されていない状況である。また、発注者、受注者によらずドローンの活用には新たに航空法等の一定の知識を必要とするため、運用に向けての知識習得や情報収集に苦慮することが多い。

今回は、土木工事において試行的に大型ドローンを実施することで、その効果と課題の整理を行うことを目的とする。また、あわせてドローンに関する法規関係を整理する。

4. 方法

土木工事において、資材運搬に大型ドローンを使用した後、施工業者へのヒアリングを実施し、従来の施工方法との比較を行うことにより効果と課題を整理した。

(1) 諸条件の整理

十津川村長殿地内において発生した落石の対策工事のうち、覆式落石防護網工の資材運搬について、大型ドローンを用いた実証実験を実施した。工事の諸元を表-1に、工事における横断面図を図-1に示す。また、使用する大型ドローンの諸元⁴⁾を表-2に、大型ドローンの写真を写真-1に示し、大型ドローンを用いた資材運搬の状況を表-3に示す。

(2) 施工業者へのヒアリングの方法

大型ドローンによる資材運搬を行った後日、「施工性」、「施工日数」、「安全性」、「経済性」、「使用して良かった点」、「苦労した点」、「今後も活用したいか」の項目について、施工業者に対面でのヒアリングを行った。

(3) 従来の施工方法との比較の方法

従来の法面上への資材運搬方法としては「モノレール」、「索道」、「ヘリコプター」等が想定されるが、今回は発注当初に想定していた「モノレール」による施工を対象に比較検討を行った。比較項目は「施工性」、「運搬日数」、「安全性」、「経済性」とし、比較にあたっては施工業者へのヒアリング結果を参考にした。「運搬日数」の比較は、敷設工を除く計算値として日あたり作業量から算出した。

(4) ドローンに関する法規関係の整理方法

ドローン運航に関わる主な法規である航空法と重要施設の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律（以下、小型無人機等飛行禁止法）について、資材運搬に関わる部分について国土交通省HP⁹⁾を参考に整理する。

表-1 工事の諸元

工事場所	奈良県吉野郡十津川村長殿
工期	2024年3月8日～2025年3月21日
工事概要	工事延長 L=80m 1号高エネルギー吸収型落石防護柵工 L=50m 2号高エネルギー吸収型落石防護柵工 L=27m モルタル吹付工 A=2,500m ² 覆式落石防護網工 A=3,440m ² ロープ伏工 A=360m ²
受注者	檜尾・光和JV

表-2 大型ドローンの機体諸元⁴⁾

機体	DJI FlyCart 30
重量	約 54kg(バッテリー1個の場合)
機体サイズ	2800×3085×947 mm
最大積載重量	40kg
最大飛行時間	9分(最大積載時)
最大航続距離	8km(最大積載時)
水平速度	約 15km/h

表-3 大型ドローンを用いた資材運搬の状況

飛行日	2024年8月5日 ～2024年8月7日
飛行時間	9時～17時 (8/7のみ9時～12時)
飛行距離	水平 L= 150m, 鉛直 H= 20～80m
1運搬あたりの積載重量	約 40kg
運搬回数	158回
総運搬重量	約 6320kg

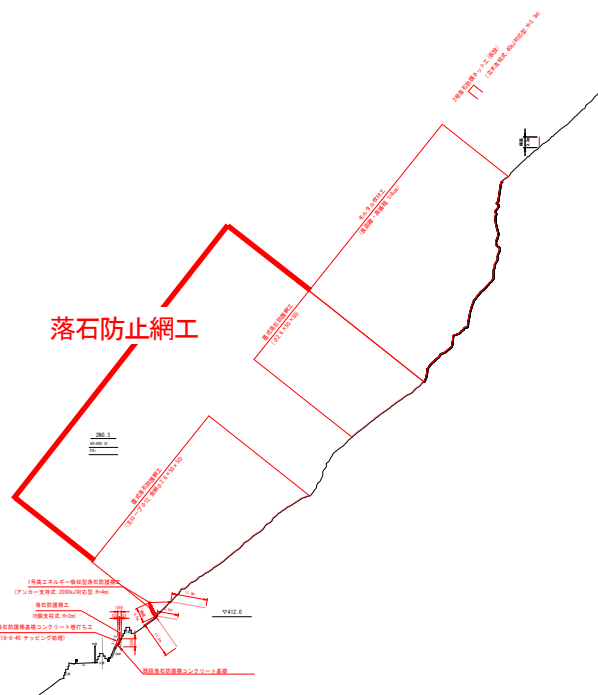


図-1 横断面図

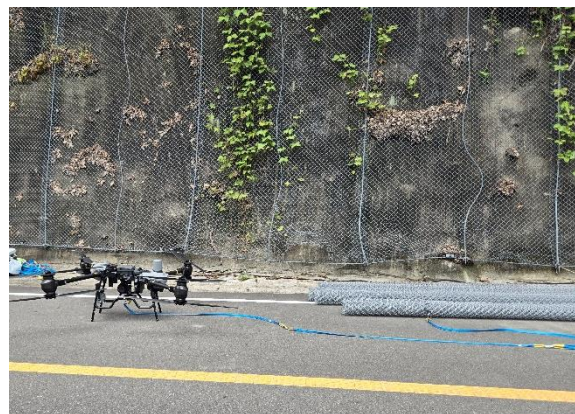


写真-1 使用した大型ドローン

5. 結果

(1) 施工業者へのヒアリング

施工業者へのヒアリングを行ったところ、施工性が向上し、工程短縮にもつながり、法面作業における安全性の向上も期待できるという回答があった。モノレールによる資材運搬では敷設完了まで施工日数は30日程度を予定していたが、大型ドローンでは運搬と敷設を同時並行で行うことから、敷設まで6日で完了した。一方、架空線や立木といった支障物への配慮や経済性の点で活用しづらさもあるとの回答があった。ヒアリング結果を表-4に示す。

(2) 従来の施工方法との比較

大型ドローンによる運搬は従来のモノレールによる運搬と比べて、大幅な省力化及び工期短縮が可能であった。また、安全性については、大型ドローンには墜落の危険性は伴うものの、法面作業としては作業時間の短縮、及

び上下左右移動回数及び距離の低減により、作業員の安全性が向上すると考えられる。ただし、経済性については大型ドローンがモノレールに劣る結果となった。従来の施工方法との比較結果を表-5に示す。

(3) ドローンに関する法規関係の整理

ドローン運航に関する法規関係について整理する。

航空法はドローンに限らず航空機全般を対象としており、航空機の航行の安全を確保し、航空機の航行に起因する障害の防止を図るための法律である。航空法では、ドローン（法上は、無人航空機）については主に機体登録、操縦者の技能証明、飛行方法などが定められている。

一方、小型無人機等飛行禁止法は国の重要施設や外国公館などの周辺地域上空での小型無人機（ドローンなど）の飛行を禁止する法律であり、100g未満のトイドローンも対象となる。対象施設は警察庁のHPにより公開され、外国要人の来日等に伴い、一時的に対象施設が追加されることがあるため注意が必要である。

このうち、航空法に関する機体登録、操縦者の技能証

表-4 ヒアリング結果

施工性	ピンポイントに資材を運搬できるので、モノレール設置箇所からの運搬作業が削減でき、非常に良い。
施工日数	30日程度（モノレール）を予定→6日（大型ドローン）で完了。 （覆式落石防護網工 A=3440m ² について資材運搬から施工完了まで）
安全性	法面上での作業を削減でき親網の切り替えがなくなる。 作業時の熱中症のリスクを低減できる。墜落事故の懸念がある。
経済性	施工単価が高価であるとともに、天候による不稼働リスク（保障等）が高い。
良かった点	工期短縮となった。運搬に係る作業員を削減できた。
苦労した点	一般車両や架空線、立木との離隔に配慮が必要であった。
今後も活用したいか	現場条件、予算が合えば使いたい。 縦断方向に広い現場であればより有効であると思う。

表-5 大型ドローンとモノレールの比較結果

比較項目	大型ドローン		モノレール（500kg 級）	
写真				
施工性	○	目的箇所へ直接運搬可能	△	モノレールルート上へ運搬後 人力による横移動が必要
運搬日数 （計算値）	○	2.0日（運搬のみ） （3,440m ² あたり、敷設工を除く）	△	4.3日（設置～運搬～撤去） （3,440m ² あたり、敷設工を除く）
安全性	○	法面作業の減少 ドローンが落下する危険	○	法面作業時の危険 その他大きな危険は少ない
経済性 （直接工事費）	△	約100万円/日×2日 （※本現場の場合）	○	約20万円/日×4.3日 （※本現場の場合）

表-6 航空法における飛行方法等の分類

カテゴリー分類		内容	機体認証・資格	国土交通大臣による 許可・承認
カテゴリーⅢ		立入管理措置を 講じないで行う特定飛行	第一種機体認証 一等無人航空機操縦士	③運航管理の方法
カ テ ゴ リ Ⅱ	ⅡA	立入管理措置を 講じて行う特定飛行のうち リスクの高いもの	第二種機体認証 二等無人航空機操縦士	③運行管理の方法
			機体認証なし 資格なし	①使用する機体 ②操縦する者の技能 ③運行管理の方法
	ⅡB	立入管理措置を 講じて行う特定飛行のうち カテゴリーⅡA以外のもの	第二種機体認証 二等無人航空機操縦士	不要（※飛行マニュアルの 作成等は必要）
			機体認証なし 資格なし	①使用する機体 ②操縦する者の技能 ③運行管理の方法
カテゴリーⅠ		特定飛行に該当しない	機体認証なし 資格なし	不要（※飛行マニュアルの 作成等は必要）

※特定飛行のうちリスクの高いもの

空港周辺、高度150m以上、催し場所上空、危険物輸送、物件投下、最大離陸重量25kg以上

（DID上空、夜間、目視外、人又は物件から30mの距離を取らない飛行であって総重量25kg未満の場合は除く）

明、飛行方法について特に煩雑であるため整理し、表-6に示す。ここで、今回の試行的運用は最大離陸重量が25kg以上であり、立入管理措置を講じているため、カテゴリーⅡAに分類される。

6. 考察

ドローンを用いた資材運搬は資材を目的の箇所へ直接運搬でき、モノレールでは別途必要となる人力運搬が削減できること、及びモノレールの設置・撤去の日数も削減できることにより、工程短縮が図られたと考えられる。安全性と経済性については、未だ課題が残されているものの、ドローン技術の進歩と活用の拡大によって改善されるものであると考えられる。また、ドローンに関する法規に関する知識不足により大型ドローンの活用の妨げの一因になっていると考えられる。

これらのことより、大型ドローンによる資材運搬は積極的に活用され、経験値が蓄積されることで課題整理が進み、課題が解消されることによって、土木建設分野での大型ドローンの活用がますます有効となると期待される。

7. おわりに

今回の実証実験により土木建設工事における大型ドロー

ンによる資材運搬の活用に向けた効果と課題の整理を行った。また、あわせてドローンに関する法規関係の整理を行った。

本成果が今後の土木工事における大型ドローンの活用の参考とされ、現在土木建設分野が抱える人手不足等の課題が改善されることで、土木建設分野の発展に寄与することを願う。

また本研究は2025年4月人事異動に伴い従前所属である五條土木事務所の所掌内容について発表する。

謝辞：本研究に携わって頂いたすべての方に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) ドローンジャーナルニュース：2025. 7. 30 閲覧
(<https://drone-journal.impress.co.jp/docs/news/1185647.html>)
- 2) クリーク&リバー社HP：2025. 7. 30 閲覧
(<https://www.cri.co.jp/news/002985?cs>)
- 3) ドローンジャーナルニュース：2025. 7. 30 閲覧
(<https://drone-journal.impress.co.jp/docs/news/1183504.html>)
- 4) DJI 社HP：2025. 7. 30 閲覧
(<https://www.dji.com/jp/flycart-30/specs>)
- 5) 国土交通省HP：2025. 7. 30 閲覧
(<https://www.mlit.go.jp/common/001579420.pdf>)