

大谷崩におけるUAVを用いた施工管理

山中彩希帆¹ 河村和典¹

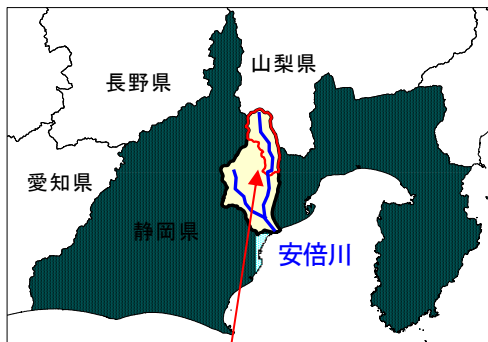
¹静岡河川事務所 工務課（〒420-0068 静岡市葵区田町3-108）

安倍川水系大谷崩における山腹工事について、起工測量及び出来形管理時の安全性、生産性向上のため試行的に行っているUAVを用いた施工管理について紹介する。

キーワード：砂防事業，ICT砂防，UAV，施工管理

1. 安倍川水系砂防事業について

安倍川流域は、糸魚川―静岡構造線の西側に位置し、これに並行する2本の断層（十枚山構造線、笹山構造線）により著しく破碎を受けているため、非常に崩れやすい地質構造となっている。また、安倍川は急流河川であり、上流域では年間平均降水量が、3000mm以上と多く、膨大な崩壊土砂を生産する土砂河川となっている。大正3年（1914年）500mm近い降雨により大規模崩壊が発生し、本川部分に天然ダムを形成し決壊。鉄砲水が、静岡市街地までおよび、死者45名、負傷者90名、流出家屋1000戸、浸水家屋10,000戸という甚大な被害が発生した。この災害を契機に、安倍川水系砂防事業に着手した。



安倍川水系直轄事業区域

図-1 安倍川水系直轄事業区域

2. 大谷山腹工について

大谷崩とは安倍川の最上流部に位置する、日本三大崩れの一つである。1707年宝永地震によって発生したと言われており、大谷崩の水平面積は約1.8 km²、幅約1.8 km、高低差800mである。これまでに崩れた土砂量は、約1億2000万m³と推定されており、平均約70mの厚さで崩れたことになる。大谷崩には、砂防堰堤の他多くの床固工群が設置されている。山腹の崩壊斜面には、山腹基礎工に加え、緑化工も施工され、徐々に植生が回復しつつある

が、未だに大規模な露岩地や崖錐斜面が残され、崩壊の拡大とともに斜面侵食が進行している。本事業では、土砂生産源対策として、斜面侵食、崩壊拡大の防止及び現地裸地の植生の復元を目指し、山腹工を実施するものである。

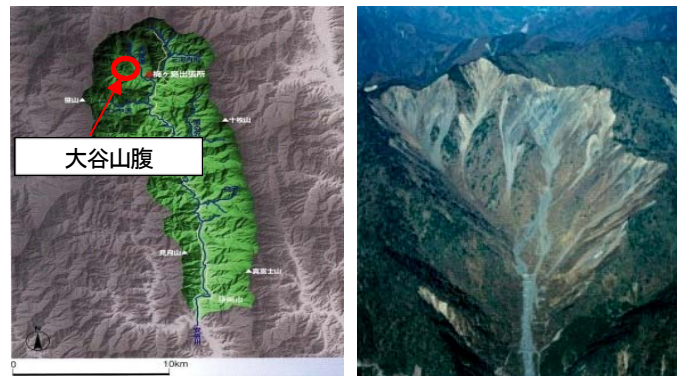


図-2 大谷崩

3. UAV導入の経緯について

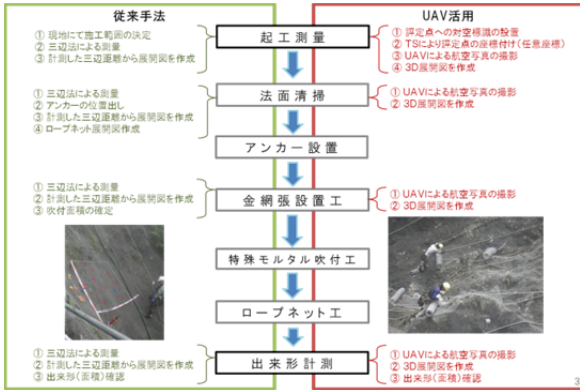
本事業の現場は、非常に急峻で危険な場所での施工であり、安全帯を着用し、場合によっては、ほぼ宙づり状態となり、作業を行っている。施工管理においても、起工測量及び、出来形管理の際には危険を伴う作業となり、時間も労力も要している。重労働かつ、大変危険を伴い、作業性が悪いのが現状である。



図-3 大谷山腹工の施工状況

4. UAVを用いた施工管理について

表-1 施工手順 (従来手法・UAV活用)



(1) 起工測量

評定点への対空標識を設置し、TSにより評定点の座標付けをし、UAVによる航空写真の撮影を行い、点群データを作成する。

TSにて取得した標定点、検証点の座標と、点群上の標定点を比較し精度の確認をする。

(2) 吹付工施工範囲の検討

精度確認した点群データを利用し、現地踏査の結果を踏まえて施工範囲を検討する。点群から座標を抽出し、展開図を作成する。施工範囲における外周線の調整を行い、外周線座標の取得を行う。

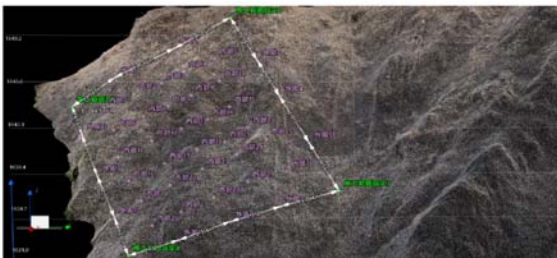


図-4 施工範囲検討 画面

(3) 外周線測設 (施工範囲立会)

取得した外周線座標をTSで測定し、PPロープ等で施工範囲を囲う。現場事務所などで3Dモデルにより施工範囲、地形の確認を行った後、現地にて監督職員の立会を受け。

(4) 法面清掃

UAVによる航空写真の撮影を行う。写真を解析し、点群データを元に展開図を作成する。完了次第外周部のマーキングを行う。

(5) アンカー削孔位置芯出し

UAVによる航空写真の撮影を行う。写真を解析し、点群データを元に展開図を作成する。施工箇所設計基

準を満たすようアンカー削孔位置の芯出しを行う。芯だし箇所には空撮写真に写るよう、黄色等の目立つ色でマーキングを行う。



図-5 マーキングイメージ

(6) 測量 (吹付工外周部、アンカー削孔位置)

UAVによる測量を行い、作成した点群データから現地マーキングを基に、吹付工施工範囲外周部及び、アンカー削孔位置の座標を取得する。また、地形の凹凸を考慮しながら内部管理点の座標を取得する。

(7) 吹付工設計、ロープネット工削孔位置確認

取得した座標を基に、吹付工施工範囲の平面図、展開図を作成する。

削孔位置座標から、平面図、展開図を作成し、規定値内での施工であるか確認する。

(8) 金網張工

UAVによる航空写真の撮影を行う。写真を解析し、点群データを元に展開図を作成する。



図-6 UAV撮影の様子

(9) 測量 (吹付工出来形計測)

UAVによる航空写真の撮影を行う。作成した点群データから現地マーキングを基に、吹付工施工範囲外周部の座標を取得する。また、法面清掃完了時に取得した内部管理点を参考に、内部管理点座標を取得する。取得した座標を基に平面図、展開図を作成し、設計に対して施工位置の確認及び、面積の確認を行う。

(10) 吹付面積立会

a) 現場事務所 (3Dモデル)

設計外周部の座標を施工完了時の3Dモデルと重ね、設計通りの位置で施工がされているか確認する。また、3Dモデルを計測し面積の確認を行う。

b) 現地

面積については、吹付完了時に外周線に沿って設置したPPロープより外側まで施工されていることを確認する。また、出来映えの確認も行う。

施工数量については、吹付完了時の点群データを計測して行うため、現地での計測は不要である。

(11) 測量（ロープネット出来形計測）

UAVによる測量を行い、作成した点群データからアンカー頭部の座標を取得し、作成した展開図から規格値内で施工出来ているか確認を行う。

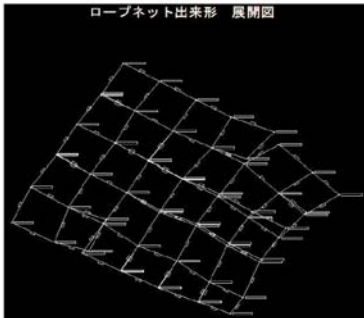


図-7 ロープネット出来形 展開図

(12) ロープネット出来形立会

出来形については、3Dモデルで確認するため、現地ではロープネット出来映えの立会いを行う。

5. 従来手法との比較

本年度の工事は、着工したばかりであるため、本章の従来手法との比較については、昨年度工事で受注者が自主的に取り組んだUAV計測結果について考察する。

(1) 施工管理に要した人工について

従来手法の起工測量では、現地作業を三辺法にて実施するため9人/日を必要とする。これに対し、UAVを活用した測量では航空写真の撮影にて実施するため、4人/日で作業が可能であった。その他の工程においても同様の理由で人工を削減することができた。トータルを比較した結果、42%の人工を削減することができた。

表-2 従来手法との人工比較

工程	従来手法	UAV活用
起工測量	9人/日	4人/日
法面清掃 完了	8人/日	3人/日
金網張 完了	7人/日	3人/日
出来形確認	7人/日	3人/日
計	31人/日	13人/日

(2) 計測距離の違いについて

従来のロープネット工の出来形は、ロープ延長を巻尺測量にて計測し確認をおこなっている。3D展開図の場合、谷の裏や、林の中にロープネットのアンカーについては、UAVにて確認ができない部分があるため設計値との計測誤差が生じる。

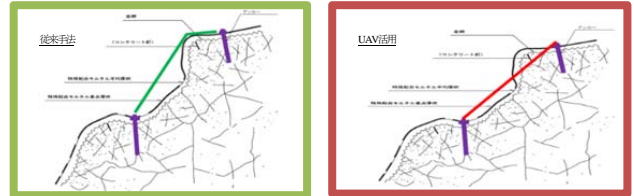
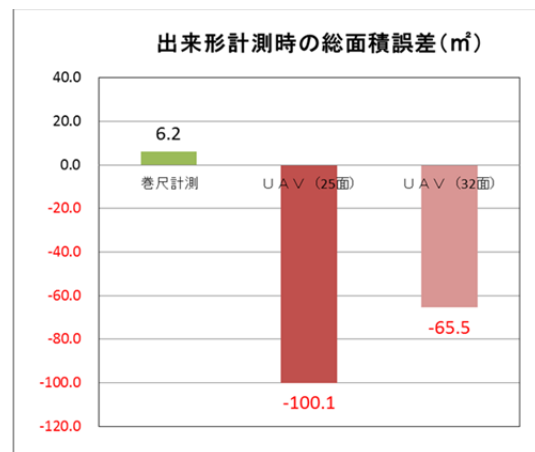


図-8 計測距離 従来手法とUAV活用

(3) 吹付工における出来形計測の誤差について



計測手法	設計値		出来形計測	
	巻尺計測	巻尺計測	UAV(25面)	UAV(32面)
面数	25	25	25	32
総面積(m ²)	1,149.5	1,155.7	1,049.5	1,084.0
誤差(m ²)		6.2	-100.1	-65.5

図-9 出来形計測の誤差

従来の巻尺計測の場合、設計値1,149.5m²に対して、巻尺計測では、1,155.7m²だったため、誤差は6.2m²であった。UAV（25面）の場合、1,049.5m²だったため、誤差は-100.1m²であった。従来手法と比較して、UAVを活用すると面積が小さく出てしまう結果となった。

6. 課題及び解決策案

(1) 設計値の設定方法について

現在の設計値は、従来の測量手法（巻き尺測量）にて決定している。今後、UAVを活用した場合、設計値が実際の面積より小さくなることとあげられる。解決方法として、3D点群データをより細かくし、データの精度を向上させる。

(2) ロープネット工の出来形確認

ロープネット工の出来形は、従来は巻き尺測量にて計測しているため、3D展開図の場合ロープ延長を計測することが困難である。（谷の裏や、林の中等にロープネットのアンカーを設置するため、UAVでは確認できない部分がある。）解決方法として、全体はUAVで撮影を行い、撮影困難な部分のみ従来手法（巻き尺測量）にて計測する。

7. まとめ

ICT砂防を活用することで、法面での作業が圧倒的に少なくなり、安全性を格段に向上させることが可能である。また、対空標識の設置は必要だが、測量に関する外業はUAVによる撮影のみとなり、生産性も格段に向上することが可能である。受注者からは、明確な基準（誤差範囲等）が定められていないなど、現場ごとに大きく違う条件に、ICT砂防をどのように適用するかが今後の課題だとコメントをいただいている。数年は、ICT砂防と合わせて従来測量も実施し、検証していく必要があると考えられる。

また、今年度の工事では、対空標識が不要なシステムの使用を検討しており、更なる安全性及び生産性の向上を目指していきたいと考えている。

謝辞： 本論文を作成するにあたり、資料提供など御協力いただきました（株）白鳥建設の皆様、この場をお借りし感謝申し上げます。