

UAV と熱赤外線映像法を組み合わせた管理用道路法面における調査事例

国土交通省北陸地方整備局飯豊山系砂防事務所 山本悟、山本敏一、高村清和、本田雅明
株式会社興和 ○井藤嘉教、桐生朋、堀松崇、山邊康晴

1. はじめに

平成 26 年、砂防堰堤に続く管理用道路沿いの法面の一部が崩壊した。幸いにも人的被害は生じなかったものの、この管理用道路は砂防堰堤の維持管理を行うための重要な道路であり、早急な設計や施工の着手が望まれる状況であった。

そこで、法面の形状把握および健全度評価を行うため、「無人小型飛行機 UAV(Unmanned aerial vehicle(Drone))による空撮及び簡易測量」と「熱赤外線映像法による空洞調査」を実施した。本稿はそれら調査結果について報告する。

2. 調査地概要・調査方法

(1) 調査地概要

調査箇所は、日本海に注ぐ一級河川荒川右支川の女川沿いに建設した女川第 3 号及び第 4 号砂防堰堤へ続く管理用道路沿いのモルタル吹付法面である。

女川は、急峻な山々から水を集め V 字溪谷を呈している。調査地周辺の地形も斜面勾配 60 度以上の急崖を呈しており、管理用道路沿いには多くの箇所では法面対策や落石対策が施されている。地質的には、中生代白亜紀の花崗岩の分布域にあたる。

崩壊が発生した法面は、昭和 63 年に施工され現在 20 年以上が経過したモルタル吹付法面である。法面観察を行ったところ亀裂や剥離、打音調査では空洞音が確認され、崩壊が発生していない範囲においてもモルタル背面の空洞や吹付モルタル自体の老朽化が懸念された。

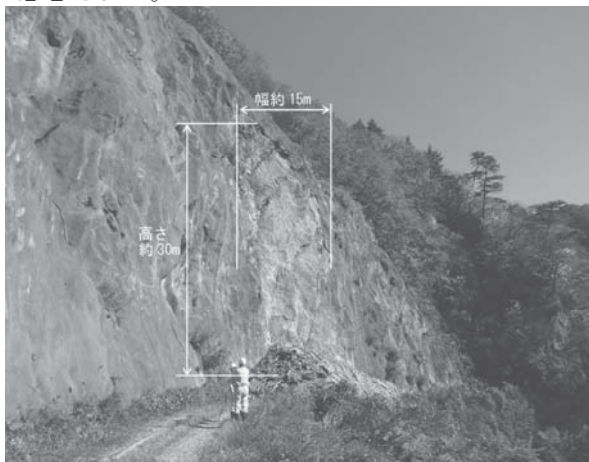


写真-2.1 平成 26 年に発生した崩壊

(2) 無人小型飛行機 UAV

本調査では、DJI 社製 Phantom2 を使用した。操縦はタブレット型コンピュータを用い、飛行中の映像を地上モニターでリアルタイムに確認しながら行った。使用した機器の性能等を表-2.1 に示す。

表-2.1 UAV の性能等

使用機体	DJI 社製 Phantom2vision+ ・1 回の飛行時間：約 25 分 ・飛行距離：約 500m
カメラ性能	有効画素数 1500 万画素 焦点距離 14mm(35mm 換算)
解析ソフト	Agisoft 社製 PhotoScan

UAV は強風の影響を受けやすく、調査地が乱気流の発生しやすい急峻な山間であったため、撮影にあたっては樹木のゆらぎについても留意した。

(3) 熱赤外線映像法

熱赤外線映像法は、対象物を熱赤外線映像装置で撮影し、平成 27 年 8 月 10 日の日中と 8 月 11 日早朝の 2 時刻における温度較差からモルタル背面の空洞状況を推定する非接触・非破壊探査技術である。本調査で使用した機器の性能等を表-2.2 に示す。

表-2.2 熱赤外線映像法の性能等

使用機器	FLIR 社製 T440
熱画像解像度	76,800 (320×240)
測定温度範囲	-20℃～+1,200℃
温度分解能	<0.03℃@30℃

本調査では、地上部から撮影を行った。現場が狭小であり、1 地点から全体を撮影不可能であったため、異なった 5 地点から撮影を行った。

3. 調査結果

UAV による撮影は、全景を俯瞰することができる他、目視による観察が困難な法肩部や崩壊箇所の奥の法面にも接近を行い、変状有無を確認した。UAV 空撮成果としては、オルソ画像、3 次元 PDF、点群データ、数値標高モデル DEM、等高線図、断面図、法面展開図を作成した。3 次元 PDF は任意の方向から法面を見ることが可能であり、法面の形状を三次元的に捉えることができる。図-3.1 に 3 次元 PDF を示す。

また、精度については、代表 4 地点におけるトータルステーションによる測量成果と画像解析との比較を行った。その結果、誤差は最小 1cm、最大 80cm

であった。

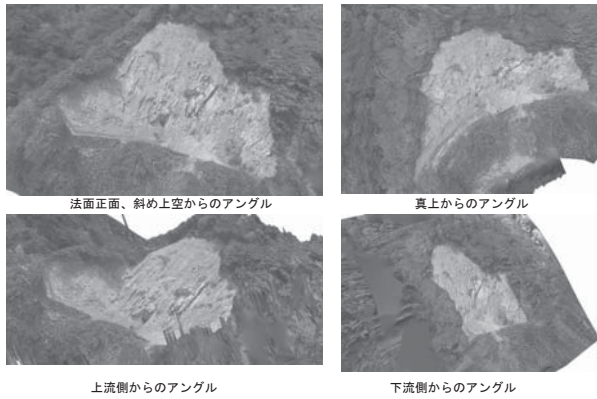


図-3.1 3次元 PDF

熱赤外線映像法は、2時刻の熱赤外線画像の較差から解析を行った。図-3.2 に解析結果図を示す。

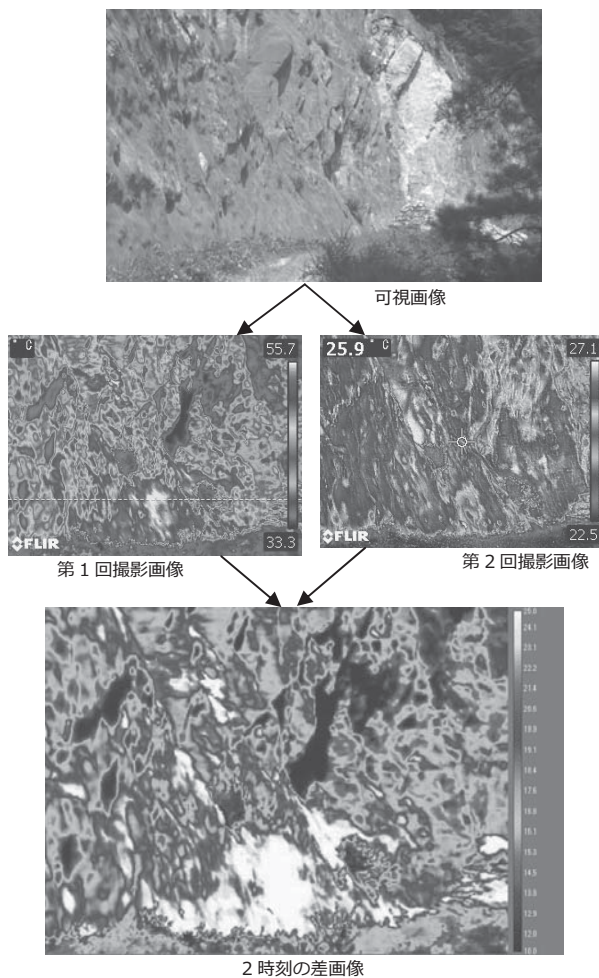


図-3.2 熱赤外線解析図

本調査では、管理用道路沿いの目視や UAV による法面観察や打音調査結果も踏まえ、温度差約 20℃以上(図-3.2 の差画像の赤～黄色)の範囲を空洞と特定した。これら特定した空洞範囲を空撮画像及び展開図に重合せ結果をとりまとめた(図-3.3, 図-3.4)。

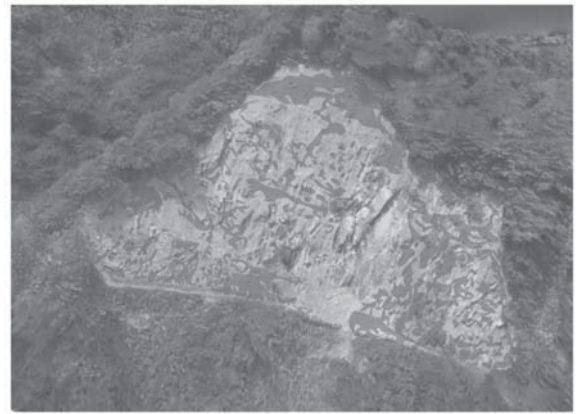


図-3.3 空洞想定範囲図(空撮画像)

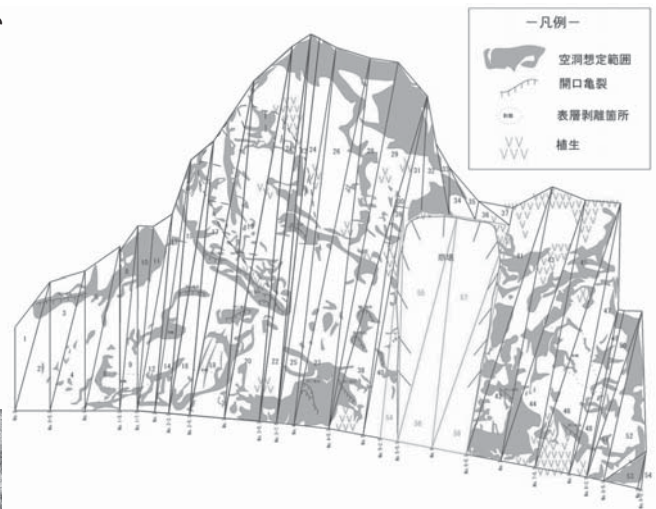


図-3.4 空洞想定範囲図(法面展開図)

4. まとめ

本調査では法面の約 4 割にあたる範囲が空洞と判定された。

砂防施設は急峻な地形を呈している箇所に配置されていることが多い。そのため、管理用道路は崩壊や落石等の危険性を有しているばかりか、地形的に容易に点検や維持補修が行えない地形形状を呈していることが多い。

本調査で用いた UAV による空撮及び簡易測量は、狭小な場所や二次災害の危険性を有する現場でも、安全且つ迅速に現地状況を把握するのに優れ、今後多くの現場への展開が期待される。更に、モルタル吹付法面の背面空洞範囲を特定するために実施した熱赤外線映像法の結果と複合解析することにより、以後の設計・施工や、第三者への説明材料として有用なアイテムとなり得る。

UAV は樹木や風の影響を受け易く、本調査斜面の肩部付近では測量成果に誤差が生じている可能性がある。今後は、精度について検証を進めると共に、再現性を高める手法の確立に向けて検討を進めたい。