V-091

のり面構造物における３次元モデルの活用に関する研究

日特建設株式会社　○藤田哲、宇次原雅之　　群馬大学　若井明彦
日本サーベイ株式会社　江口喜彦

1.　はじめに

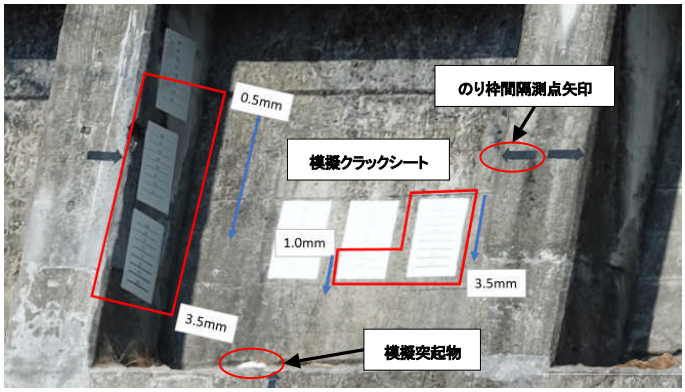
近年、UAV（小型無人航空機）の普及、機体性能の向上により手軽に空撮画像を取得することが可能となっている。また、撮影された画像から、3 次元モデルを構築する技術の汎用化も進んでいる。筆者らは、のり面構造物を対象に、UAV により撮影した画像を用いて取得した構造物の 3 次元モデルを、維持管理へ活用する取り組みを進めている。これまでに、吹付工やグラウンドアンカー工での活用結果を報告[1)]してきたが、本報告では、のり枠工を対象として、撮影条件の違いによる 3 次元モデルの生成状態の比較および、模擬クラックの検出精度や枠間隔の測定精度について検討した。また、レーザースキャナにより得られる 3 次元点群データの精度や適用性について比較を試みた結果を報告する。

２．現位置試験の概要および実施方法

対象のり面は、道路沿いのアンカー付きのり枠（枠断面400m×400mm、スパン2000mm）である（図－1）撮影に使用したUAV は、Mavic Pro（DJI 社製）で、撮影にはUAV 搭載カメラ（横×縦：4000×3000 画素）を使用した。画像ラップ率70～90%を確保し、以下の4つの方法で撮影し、撮影した画像から専用ソフト（Pix 4Dmapper）により3 次元モデルを作成した。

図－1 のり面全景

・CASE 1 全景 距離：20m、高度：10～20m
・CASE 2 上流側のり枠　撮影方向：正面、距離：5～10m、高度3～10m
・CASE 3 上流側のり枠　撮影方向：正面に加えて左右に機体の向きを変更、距離：5～10m、高度：3～10m
・CASE 4 上流側のり枠　撮影方向：正面に加えて下方向にカメラの向きを変更、距離：5～10m、高度：5～12m



図－2 CASE2 における模擬クラック検出状況（鳥瞰画像）

得られた3次元モデルについて、以下のような項目について評価し、適用性を検討した。

・項目 1　あらかじめ対象のり面に、図－2 に示す模擬クラックシート（線の太さ：0.1～3.5mm）を枠内、縦梁側面に設置しておき、得られた三次元モデル上でそれが検知できるかどうかを検証する。また、模擬突起物（高さ 3 段階 1～3cm）を横梁上に設置し同様の検証を行う。
・項目 2　対象のり面に 3 次元モデルから得られる寸法の精度を確認する目的で、アルミスタッフ（縦横 3m）を写り込ませ 3 次元モデル上で測定される寸法値と比較し、精度を確認する。3 次元画像上での寸法値の読み取りには Cloud Compare V2.6.2 を使用した。
・項目 3　得られた3次元モデルから、点群の取得が希薄になりやすいのり枠の側面の点群密度を確認する。
・項目 4　UAV搭載レーザースキャナ（Yellow Scan社 Surveyor）により、のり面上部の樹木に覆われた範囲の点群データを取得し、精度や適用性を確認する。

３．結果及び考察

3.1 模擬クラックおよび模擬突起物の確認

枠内および梁の側面に貼った模擬クラックシートのクラックの検知を試みた。CASE1 の距離 20m からの撮影による鳥瞰画像からは、模擬クラックは確認できなかった。3 次元化する前の個々の写真データでも模擬クラックは確認できなかった。CASE2～4 では、枠内に貼り付けた模擬クラックは日射の影響もあり見づらく、1mm 以下は不鮮明であっ

たが、縦梁側面の日陰部分では 0.5mm 以上の模擬クラックを確認できた（図－2）。

模擬突起物の確認は、CASE1 では不明瞭であったが、CASE2～4 では鳥瞰画像に加え、点群データにおいても 1～3cm の 3 段階の高さの違いを画像から確認できた。点群データから突起物の高さの計測を試みたが、数 cm の対象物を計測するのは難しく 1～2cm 程度の計測誤差が発生した。

3.2 のり枠間隔の計測

あらかじめ設置したアルミスタッフ（縦横 3m）の点群データ上の寸法精度は±1cm であった。のり枠間隔を対象とした寸法精度の比較結果を図－3、表－1 に示す。計測誤差は現場実測値との差分の絶対値平均が CASE1 の撮影距離 20m で 1.2%、CASE2、3 の撮影距離 10m で 0.7%であった。撮影距離が近い方が点群の密度が大きくなり、誤差が小さくなると考えられる。しかし、CASE4 は 6.4%と差が大きく、同位置でカメラの向きを上下方向に変えて複数枚（3 枚）撮影する手法に原因があった可能性がある。

3.3 のり枠側面の点群密度

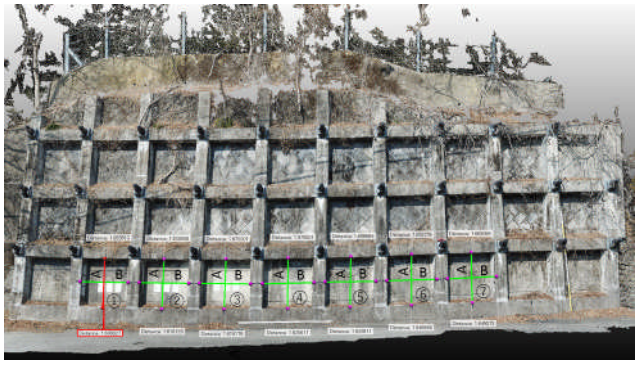
のり枠正面および側面の 0.64m² 当たりの点群の状態、およその数を図－5 に示す。CASE1 は正面の点群密度が約 1000 点/m² あるのに対して側面は 140 点/m² と小さくなった。CASE3 では UAV の機体を左右に振りのり枠側面の画像の取得を試みたが効果はみられなかった。正面の点群密度が約 15000 点/m² あるのに対して側面は点群密度が約 4000 点/m² であり、CASE2、4 においても同様の傾向であった。

3.4 レーザースキャナ計測による点群データ

UAV搭載レーザースキャナによる計測から得られた点群データを図－6に示す。データは樹木のデータを除去したもので、写真測量では得ることが難しい樹木にさえぎられた構造物についても、低密度ではあるが点群が得られているのが確認できる。

4．まとめ

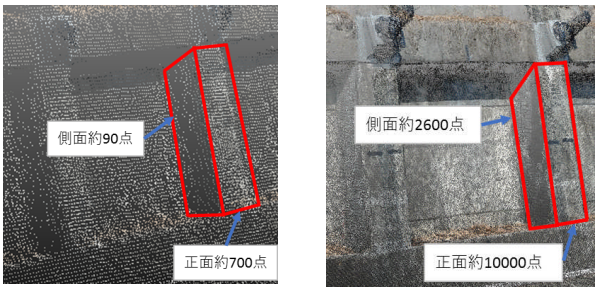
今回用いた仕様の機器による撮影では、点検で識別したいのり枠のクラックの幅を 1㎜ とした場合、UAV を 10m 程度まで近接させて撮影すればクラックが識別できることが確認された。突起物については、1cm 程度のものは識別可能であるが、突起寸法を精度良く求めることは困難であった。のり枠間隔の計測は、撮影範囲が近いほど精度は良くなるが、20m の測定距離でも誤差 1.2%程度で測定可能であることが確認できた。日常的な点検に適用する場合にはおおむね満足できる精度であると考えるが、さらに高い精度が必要な場合は、使用する機器や撮影距離などを検討することにより対応が可能である。のり枠側面の点群がのり枠正面に比べ希薄になる課題は残ってはいるが、今後も UAV の機体性能に合わせた撮影方法、条件をさらに研究し、のり面構造物における 3 次元モデルの活用を進めたい。本研究にあたり、群馬県藤岡土木事務所の皆様には多大なるご協力を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。



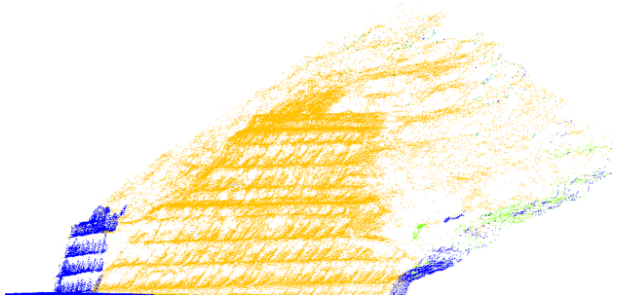
図－3 CASE2 におけるのり枠間隔計測結果

表－1 CASE 1～4 におけるのり枠間隔計測値の比較

		CASE 1		CASE 2		CASE 3		CASE 4	
位置	実測値	測定値	差	測定値	差	測定値	差	測定値	差
①A	1593	1566	−27	1606	13	1566	−27	1702	109
①B	1632	1666	34	1653	21	1636	4	1729	97
②A	1603	1600	−3	1616	13	1588	−15	1695	92
②B	1654	1670	16	1658	4	1637	−17	1762	108
③A	1603	1630	27	1619	16	1599	−4	1703	100
③B	1664	1691	27	1672	8	1636	−28	1781	117
④A	1606	1627	21	1625	19	1576	−30	1700	94
④B	1672	1691	19	1676	4	1637	−35	1772	100
⑤A	1622	1642	20	1628	6	1616	−6	1747	125
⑤B	1641	1639	−2	1656	15	1615	−26	1738	97
⑥A	1632	1601	−31	1649	17	1613	−19	1728	96
⑥B	1651	1669	18	1656	5	1646	−5	1755	104
⑦A	1636	1636	0	1649	13	1631	−5	1750	114
⑦B	1662	1680	18	1668	6	1662	0	1771	109
差の絶対値の平均			18.8		11.4		15.8		104.4



図－5 のり枠正面および側面の点群生成状況左：CASE1 右：CASE3



図－6 レーザースキャナ計測による点群データ（樹木を除く）

参考文献

1) 藤田・宇次原ほか、UAV による撮影と多視点写真測量技術を用いたのり面構造物点検手法の適用性の検討、平成29年度砂防学会研究発表会、2017.