「三次元データを活用したのり面構造物の維持管理手法」

日特建設株式会社　○宇次原雅之　窪塚大輔　　群馬大学　若井明彦
国際航業株式会社　村木広和　　日本サーベイ株式会社　江口喜彦

1. はじめに

斜面の保護や安定確保のために設けられたのり面構造物は膨大な数にのぼっており、その維持管理が問題となっている。一方、昨今、構造物の建設に三次元データを活用して効率化をはかる国の施策が進められており、構造物の維持管理への適用も期待されている。このような状況を踏まえ筆者らは、UAVによる撮影、SfM-多視点写真測量技術により得られた斜面やのり面構造物の三次元モデルを、のり面構造物の健全性の点検・診断から補修補強対策の選定、設計、施工までを含めた一連の維持管理の流れの中で活用していくことにより、のり面構造物の効率的な維持管理に寄与できる手法の構築を進めている（図-1）。本報告では、その概要と効果、残された課題を整理し、今後の方向性を示す。

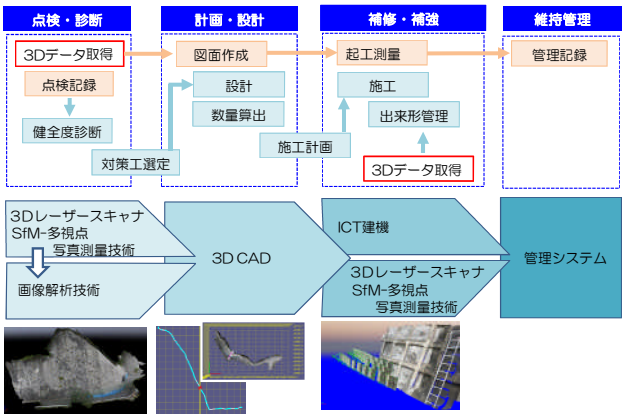

図-1 三次元モデルを活用したのり面構造物の維持管理

2. 三次元モデル活用手法の適用性と課題

2.1 点検・診断への活用

のり面構造物は高所まで設置されているため、効率的かつ精度のよい点検診断が難しい場合が多い。そこで、UAVによる撮影とSfM-多視点写真測量技術を適用してのり面構造物の三次元モデルを取得し、変状の有無・進行・状態を確認することにより構造物の健全性の判定を行う手法を提案し、適用性の確認を進めている[1),2)]。

これまでに、本手法により、高所まで効率よく点検可能であること、健全性の判定を行うための項目（ひび割れ、剥離、断面欠損、発錆など）について必要な精度の点検データが得られることなどを、原位置適用試験により構造物ごとに確認している（写真-1、表-1）。また、三次元モデルを用いることにより斜面全体を俯瞰できるため、変状発生原因の解明の手がかりが得やすくなることや、点検記録の方法として利点が多いことなどもあり、のり面構造物の点検・診断手法として有効性が高いと考える。ただし、植生に覆われているとデータの欠除や精度の低下が生じることや、UAV飛行の際の安全性確保が必要であることなど、適用上の限界・課題もある。

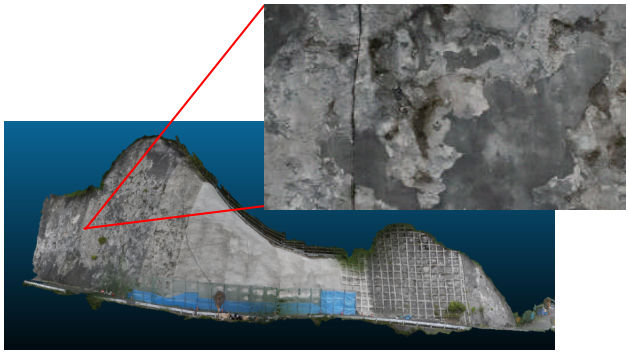

写真-1. 吹付のり面の三次元モデル例

表-1.三次元モデル活用検討（点検項目と判定可否）

項目	事項	確認	備考
吹付工	ひび割れ	○	
	浮き・剥離	△	（熱赤外線カメラで代替可能）
	せり出し	○	
	はらみ出し	○	
	目地のずれ	○	
	土砂流出	○	水抜きパイプから
	背面空洞	×	目視では困難（ハンマ打診）
	湧水	◎	

2.2 補修補強対策工の選定、概略設計への活用

点検時に得られた三次元モデルは、補修補強対策の選定や設計への活用が可能であると考える。三次元モデル上で面積や寸法を測定することにより、補修補強対策が必要な場合の施工数量の把握に効果が期待できる。例えば吹付のり面では、対策工として用いる増厚吹付工の面積（体積）やのり枠ののり長（体積）などの算出が可能である。一般に補修補強材料は材料の単価が高価であることが多いため、対策工の比較・選定に当たり、精度良い数量把握は要求度が高い。

一方で、三次元モデルの有効性をできるだけ生か

せるような対策メニューの整備も重要である[3~4]（図-2）。これらの整備により、三次元モデル上で対策工の経済性・施工性を把握・比較することを通じて、三次元モデル活用効果を生かした効率的な補修補強対策の選定ができるようになると考える。

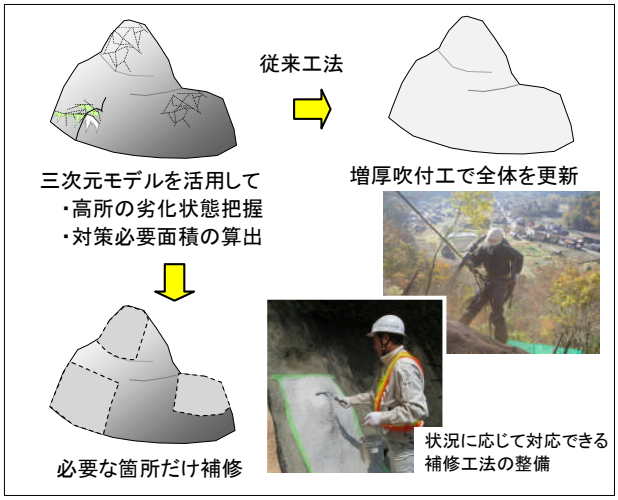

図-2. 吹付のり面の補修の方法

2.3 補修補強工事施工への活用

三次元モデルによりのり面・構造物の実際の空間的配置の把握が可能であるため、補修補強工事を行う際の仮設計画、施工計画の立案に役立つものと考える。さらに、三次元モデル上で構造物の任意の位置・方向の寸法測定が可能であることから、工事における出来形管理、検査への活用が考えられる。

日常的な出来形管理への適用を考え、簡易に、かつ必要な精度が得られる方法の適用性確認を原位置試験により行った。アンカー受圧板（クロスタイプ、L=1900mm）が設置されているのり面（図-3）において、のり面からの 7m の距離を取り、隣接する写真と 70%程度ラップするように正面から撮影した（UAV は不使用）。撮影にはカメラ付き携帯電話（i-phone6、横×縦：3264×2448 画素）を、また三次元モデル化には商用のクラウドサービス[5)]を活用した。得られた三次元モデルから受圧板の寸法値を求め、実寸法値（工場製品なので一定であるとした）と比較した。三次元画像上での寸法値の読み取りには、CloudCompareV2.6.2 を使用した。

結果を整理して表-2 に示す。縦枠方向、横枠方向それぞれ最大 5.2cm、5.5cm の誤差が認められた。しかし、値自体のバラツキが小さいため、同時に写り込ませている標尺の実寸法値と測定値から補正値を求め、アンカー受圧板の測定値を補正すると誤差は 1%以下に収まる。概ね、日常的な施工管理に適用できる精度であると考える。

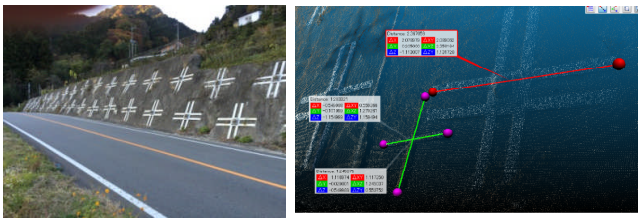

図-3 試験対象（左全景、右点群データから寸法測定）

表-2 三次元モデル上での測定値と実寸値の差

方向	縦枠	横枠
実寸法(m)	1.900	1.900
測定サンプル数(個)	20	23
測定平均値(m)	2.390	2.374
測定最大値(m)	2.424	2.446
測定最小値(m)	2.338	2.321
補正値	0.79	0.79
補正後の平均値(m)	1.886	1.901
誤差(%)	0.74	0.05

3. 今後の取り組み

のり面構造物の維持管理のそれぞれの段階における三次元モデル活用の有効性を述べた。点検・診断では、今後、精度の向上に加え、課題の解決によりさらに活用効果の向上が図れるものと考える。また、補修補強対策の選定や設計、施工管理への適用は、まだ事例が少ないため、適用例を増やしてより有効な手法としていくことが必要である。

本報告では主に表層部に現れる劣化現象を対象とした点検・診断、補修補強について述べたが、のり面の安定は構造物背面の地山表層部の風化劣化の問題も考える必要があることから、地盤内の可視化など、地盤内も含めた三次元モデルも取り入れていく必要がある。

今後、抽出された課題の解決を図りながら、三次元モデルを維持管理の全過程で連続的、有機的に活用することで、のり面構造物の効率的な維持管理に貢献したいと考える。

参考文献

1) 宇次原・村木ほか、UAV/SfM-MVS 技術を用いたのり面構造物健全性点検手法の適用性の検討、第 44 回土木学会関東支部研究発表会講演概要集（CD）、2017.
2) 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（発表予定）、2017.
3) 窪塚・宇次原ほか、吹付法面における補修方法の適用性に関する原位置試験、第 50 回地盤工学研究発表会、pp.2235-2236、2015.
4) 窪塚・宇次原、凍害により劣化した吹付のり枠の補修の考え方と原位置補修試験、土木学会第 72 回年次学術講演会（発表予定）、2017.
5) 国際航業、三次元空間解析クラウドサービス「KKC-3D」