

のり面災害におけるドローンに搭載したレーザープロファイラ測定の適用性

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング 正会員 ○中野 明
 東 日 本 高 速 道 路(株) 生田 憲司
 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング 野田 徹児
 東 日 本 高 速 道 路(株) 正会員 横田 聖哉
 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング フェロー 永井 宏

1. はじめに

レーザーを用いて計測を行うレーザープロファイラ（以下、「LP」という）は近年小型・軽量化が進みドローンに搭載が可能になった。また、ドローンも飛行時の安定性が向上し、安全性が高まっている。

本稿は植生繁茂した急峻なりのり面が崩壊した災害に、ドローンに搭載した LP を用いた測量（以下、「LP 測量」という）を行い、安全・迅速に対策工を策定した事例について紹介する。

2. 崩壊の概要

崩壊は2019年7月14日5:00頃、三浦半島の供用後40年を超える自動車専用道路で発生した（写真-1）。これは、泥岩質切土4段のりの第2のり面が崩壊したもので（図-1）、発見後直ちに通行止めを実施し、のり尻部に大型土のうを設置後、通行止め解除行った。その後、路肩部に落石防護柵と崩壊部に覆式落石防護網を仮設置している。

なお、横須賀に設置された気象観測局のデータによると最大風速は2m/秒であり、地震の記録もないため、樹木や地震等の振動がのり面に与えた影響はなかったと推測される。また、発災時までの降雨は連続雨量32mmであった。

3. 崩壊原因の考察と対策工

崩壊の誘因は降雨によるが、素因はのり面が長期間（約40年）の乾湿繰返しにより風化したためと考えられる。これは、泥岩を主体とする砂岩との互層で切土のり面が構成されていたため、切土当初は非常に硬い状態であり、のり面勾配1:0.5に植生基材吹付仕上げという比較的簡素なりのり面保護工で完成していたことで、植生基材が定着せず、岩盤の風化が進みくさび破壊に至ったものと考えられる。また、現地試料で乾湿繰返し吸水率試験を行った結果から、岩盤の安定勾配は1:0.8と推定され²⁾、風化が進むことで、現況のり面勾配1:0.5の不安定部が崩壊したと考えられる。これは、崩壊部分の観察でも風化面の境目が安定勾配に近いすべり面を形成していたことと一致する（図-1）。

対策工の選定に際しては、崩壊した第2のり面には、くさび状の岩塊を差し筋とのり枠で補強する「切土補強土工+吹付のり枠工」を選定した（落石対策便覧³⁾）、なお、それ以外ののり面についてはのり面安定勾配

キーワード 泥岩、切土のり面、維持管理、ドローン、レーザープロファイラ

連絡先 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里5-7-18 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング TEL 03-38055-7925



写真-1 崩壊状況

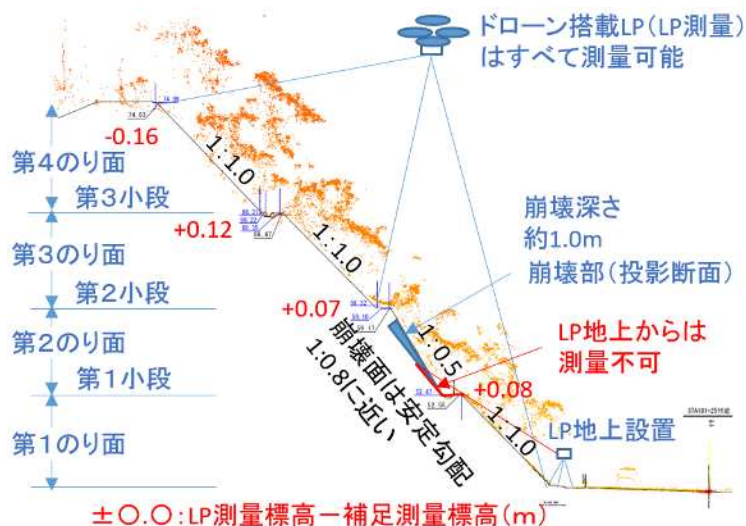


図-1 LP 測量横断面図

が確保されているため、表面の風化部分を除去し今後の風化を防ぐため「コンクリート吹付工」を選定した。

4. LP 測量の実施

対策工の検討にあたり、迅速に測量を行う必要があったが、現地は植生が繁茂し、のり面も急峻で従来の人による測量では時間がかかり安全性の確保も難しいと思われた。そこで、LP を使用して測量を行うこととしたが、地上に LP を設置して測量を行うと、レーザーの死角により測量不可の部分が発生するため、LP をドローンに搭載して上空から測量することが必要であった（図-1）。この LP は、飛行高度 80m 以下で対地標高 ± 50 mmの精度を有すが、樹木をフィルタリングした標高の誤差は $0.2 \sim 0.5\text{m}^1$ となっていたため、必要に応じて補足測量を行うこととした。

LP 測量は平面積 3600 m^2 （図-2 赤破線内）をのり面内に立ち入ることなく 3 時間程度で完了した。これは、補足測量 1 日を含めても標準的な測量作業日数 7 日に対し⁴⁾ 時間的に有利であり、費用面でも遜色ないものであった。なお、供用中の道路近傍のため、路肩交通規制を実施し、平均風速が 5m/秒以下の時に飛行を行った。その際、瞬間的な強風が吹いても安定しており、安全に飛行を行うことができた（写真-2）。



写真-2 ドローンとのり面

5. LP 測量の適用性

LP 測量は道路完成図や現地調査結果と比較したところ、のり面の勾配やのり面全体の形状を把握することは可能であり、対策工の工法選定などに使用できると考えられる。

また、のり面勾配が急峻であると、従来の人による測量では、のり面そのものを安全に測量することが難しかったが、LP 測量を用いることで点群データが得られ（図-2）、のり面を 3 次元的に計測することが可能となった。また、測量後に任意の場所の断面を作成することができるなどのメリットもある。

なお、詳細設計を行うにあたり、補足的に人による水準測量を行った。これは、排水施設の勾配方向などの、構造物の高さには精度的に適用が難しかったため、LP 測量と補足測量の標高誤差は $-0.16 \sim +0.12\text{m}$ であった（図-1）。メーカーの検証値¹⁾ 以内ではあるが、LP 測量による標高の精度が悪かった原因は、樹木が繁茂した時期に LP 測量を行ったことと推測され、芽吹き前に LP 測量を行うことで樹木の影響が少なくなり、精度向上すると思われる。

6. おわりに

今回実施した LP 測量の結果から、用途を選択して使用すれば設計検討に使用できる精度の測量を安全・迅速に行うことができると考えられる。特に災害時の対策工の検討など、安全が確保できない場合や時間的に制約がある場合に大きな効果を発揮することを確認できた。今後も LP 測量の利点を生かし、災害などの復旧に迅速に対応できるよう活用を検討していきたい。また、今後精度の向上に伴い、従来の測量方法で補足していた部分も LP 測量で計測できるようになり、活用性が向上することを期待する。

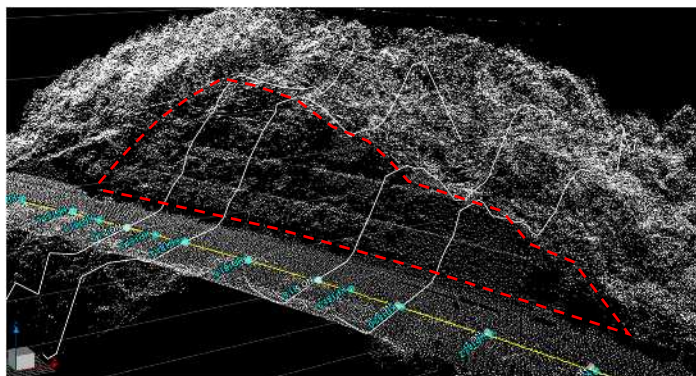


図-2 LP 測量結果

参考文献

- 1) TDOT PLUS の検証実験 : <https://amuse-oneself.com/service/tdotplus/validation>
- 2) 設計要領 第一集 土工 建設編 平成 28 年 8 月 東日本高速道路株式会社
- 3) 落石対策便覧 平成 29 年 12 月 公益社団法人 日本道路協会
- 4) 調査等積算基準 令和元年版 東日本高速道路株式会社