

砂防施設の計画初期段階における SLAM の活用事例報告

国土防災技術株式会社 ○友野 誠, 黒川 将, 中村かおり, 山田泰弘
埼玉県 東松山県土整備事務所 河川砂防担当 高柳 裕也

1. はじめに

一般的に砂防施設は全体計画策定、予備設計、詳細設計等の各設計段階を経て、施工を実施する。

近年の建設分野では3次元モデル等の活用により、業務変革やフロントローディングによって合意形成の迅速化、業務効率化、品質の向上、生産性の向上等が期待されている。

フロントローディング¹⁾とは、事業初期（フロント）において作業負荷・コスト負荷をかけて検討を行う手法であり、後工程で生じうる仕様変更や手戻りを未然に防ぐことで、品質向上や工期の短縮化等の生産性の向上等の効果がある。

本報告は、土石流危険渓流に対する砂防事業の初期段階である全体計画策定段階において、全体計画書等の資料作成と並行して、3次元点群の取得及び3次元モデルを活用した検討を実施し、砂防事業の初期段階におけるフロントローディングを試行した事例である。

2. 計画対象渓流の概要

計画対象渓流は、埼玉県西部に位置する土石流危険渓流であり、土砂災害警戒区域等に指定されている。(表1)

表1 計画対象渓流の諸元

項目	諸元
流域面積	0.03km ²
渓流長	326m
平均渓床勾配	1/3.0 (18.4°)
土砂の移動形態	土石流発生・流下区間
計画流出土砂量	1,000m ³
計画流出流木量	88m ³
最大礫径 D ₉₅	0.6m

計画対象渓流は流域面積が0.03km²と小さく、谷出口付近の平均渓床勾配が1/3.0と急勾配な渓流である。渓流内に常時流水は無く流路は不明瞭な状況であった。渓流内に土石流・流木対策を目的とした施設は設置されていない。

計画対象渓流の谷出口の直下には公共的な建物(寺院)が位置する。加えて、下流には人家、県道、町道、橋梁といった保全対象が位置し、土石流の発生時にはこれらに多大な被害を発生させる可能性を有する渓流である。

3. 業務着手直後に明らかになった課題

現況を把握した段階で以下の課題が明らかになった。

①谷出口付近における土地利用

計画対象渓流は谷出口直下に寺院が位置し、谷出口周辺においても墓地、貯水槽等の複数の支障物件が確認され、現地状況について詳細に発注者と情報を共有する必要があった。

②渓流の特徴と無流水渓流対策の検討

計画対象渓流の特徴から、今後の事業計画において無流水渓流対策の検討が必要であった。

③急峻な地形条件及び谷出口へのアクセスの悪さ

計画対象流域の谷出口下流には露岩した急崖があり地形的に狭小である。谷出口へアクセスは私道が接続するのみであり、施工の難度が高い渓流である。

4. ハンディタイプの LidarSLAM による点群の取得

業務着手時に速やかに使用できる地図は、砂防基盤図のみであった。砂防基盤図は、縮尺1/2500以上の地形情報であり、全体計画策定に活用する地形情報として支障は無い。しかし、計画対象渓流の課題を解決するためには、より詳細な地形情報が必要であった。

そこで、フロントローディングの観点を踏まえ、全体計画策定段階ではあるものの、3次元点群の取得と予備設計に該当する項目を提案し、発注者の了承を得た上で実施した。

3次元点群の計測方法としては UAV 等が挙げられるが、計画対象渓流は渓床までスギが植林された渓流であり、樹冠の影響により渓床の点群密度が低下することが想定された。また、谷出口直下まで土地利用がされているため安全に配慮する必要があった。

よって、ハンディタイプの LidarSLAM (Simultaneous Localization and Mapping: 自己位置推定同時地図作成)を使用し地上から点群を取得する手法を選択した。

使用した機材の性能等は、表2の通りである。

表2 LidarSLAM X120G0 仕様一覧

計測距離	0.5m~120m
計測速度	32 万点/秒
ビーム数	16 本
FOV	360° × 270°
内蔵カメラ	3 台
レーザークラス	クラス1



図1 計測結果 (Autodesk Twinmotion Revitにより表示)

5. 点群の活用及び3次元モデルの作成・活用

計測した3次元点群を以下の説明・検討に活用した。

5.1 点群を活用した現地条件の説明

計測した3次元点群を従来の現地踏査の成果である現況平面図や現地写真と併用し、発注者への説明用資料として活用した。3次元点群には、コメントや寸法等の注釈を追記し、現地の状況がより発注者へ伝わりやすいよう工夫を行った。

3次元点群は、一連の1つのデータとして取り扱うことができ、地形や支障物件の位置関係を円滑に共有でき、発注者との合意形成をスムーズに図ることが可能であった。(図1～図3)



図2 谷出口の三次元点群と現地写真

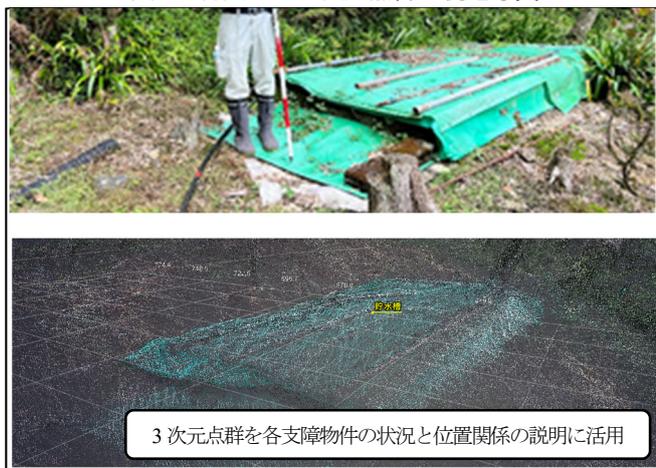


図3 貯水槽の三次元点群と現地写真

5.2 構造物、施設効果量、土工の検討

全体計画書等の資料の作成のほか、無流水溪流対策に係る技術的留意事項(試行案)²⁾に基づき、構造物の種類等を検討した。

構造物の種類として小規模溪流対策工及び杭式土石流・流木対策工を選定し、最大設置高以内において、土砂処理が可能であるか検討を行った。検討では、3次元点群より作成した地形データから、堆砂敷の3次元モデルを作成し、施設効果量は3次元モデルの差分から算出することで効率化を図った。また、構造物の3次元モデルより、3次元設計ソフトを活用し作業土工(床掘)の影響範囲を確認した。

構造物、堆砂敷、作業土工の影響範囲の3次元モデルは、打合せ時に発注者への説明用資料としても活用した。(図4)

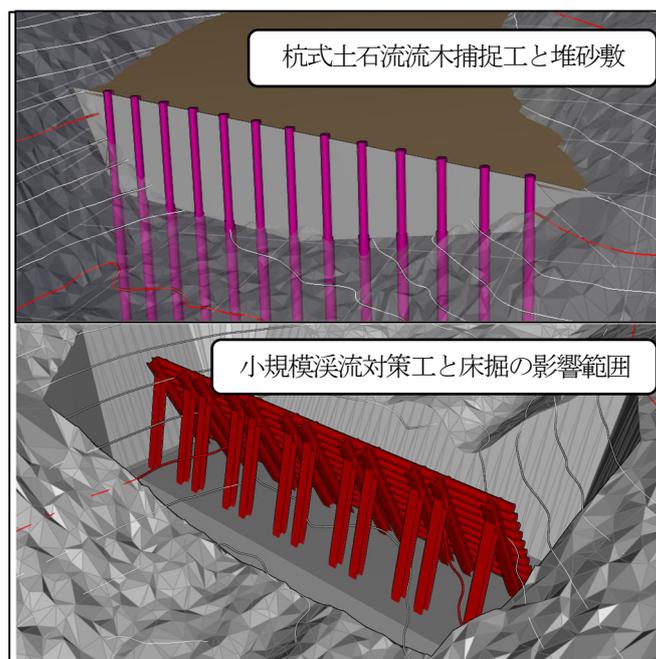


図4 構造物の3次元モデル(地形は3次元点群より作成)
(3D点群処理システム TREND POINTにより表示)

5.3 施工計画、除石計画の検討

計測した3次元点群より、谷出口へ接続する私道の幅員・縦断勾配を確認した。確認の結果、私道は部分的に全幅2.5m、縦断勾配が20%の区間があり、谷出口付近への車両の侵入は困難であった。よって、計画対象溪流では、30kw級の大口径ボーリングマシンの侵入が困難であり、杭式土石流・流木対策工の適用は難しいと結果を得た。

また、除石計画で使用する重機侵入路についても3D路線計画・設計ソフトを活用した検討を行った。(図5)

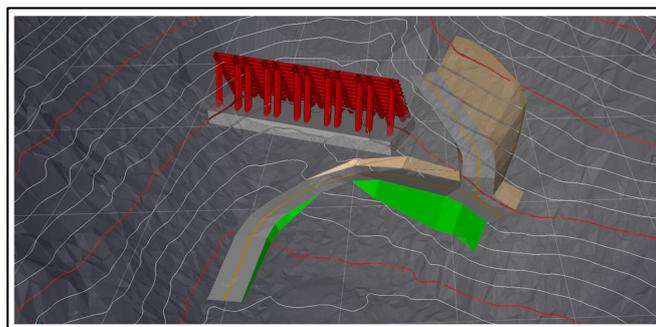


図5 除石計画の検討時に作成した3次元モデル

6. おわりに

本報告では、砂防事業の初期段階である全体計画策定段階におけるフロントローディング事例を紹介した。業務では、3次元点群処理ソフトや3D設計ソフトを活用することで、発注者との効率的な情報共有や業務の効率化が図れ、追加の検討内容を含め計画的な業務の遂行が可能であった。

本報告におけるフロントローディングの取り組み結果は、事業の設計段階において活用され、事業完了時に評価されることを期待する。

参考文献

- 1) はじめてのBIM/CIM(2019):国土交通省 BIM/CIMポータルサイト
- 2) 無流水溪流対策に係る技術的留意事項(試行案)(2022):国土交通省 水管理・国土保全局砂防部