

一方、地上型レーザースキャナーによる測量（TLS測量）では、3脚を地面に固定し水平を保つことで基準精度を確保する必要がある。従って、斜面に近接した状態で計測した場合、計測範囲が狭くなり幾度も据え替えることが想定され、従来工法とそれほど変わらない作業量を強いられることが予想される。（図-4）

そのため、3次元計測を行う際は、事前に現場状況を確認し、計測手法の特性を踏まえたうえで計画を立案することが重要である。

当現場では、起工測量にUAV写真測量を、出来高・出来形計測にTLS測量を計画した。



図-3 上空から見たドローン映像と樹木



図-4 法尻に設置したTLS

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 3次元計測の計画と実施

計測手法の選定を行う際、前段のような課題をあらかじめ予測し、計画しなければならない。計測を行う上で実施した工夫について紹介する。

【UAV写真測量】

UAV写真測量を計画するにあたっては、現地に樹木の葉が繁茂し覆いかぶさっていることから、鉛直下向き方向での写真測量は困難と判

断した。代替案として、下向き斜め45度方向（図-5 斜面に正対）にカメラの向きを変えての計測を計画し実施した。また、斜面直下には国道が通っているため、国道上空でのフライトを避ける形でウェイポイントを決め、電波干渉等によるUAVの墜落事故が発生しても大規模公衆災害が发展しないよう留意した。フライトはオーバーラップ率90%、サイドラップ率70%とした。標定点は、施工範囲を囲む形で4点、内部標定点2点、検証点を2点設置した。

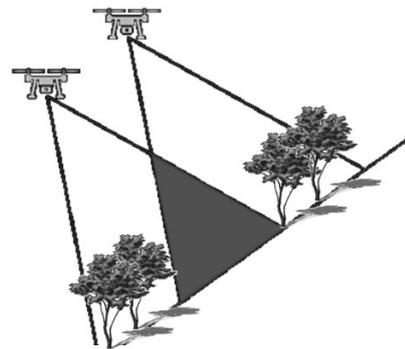


図-5 UAV写真測量計測イメージ

その結果、施工範囲である部分の点群データはきれいに撮ることができ、設計図との比較検討（施工範囲、面積等）をより正確に点群データ上で行うことが可能となった。検証点で確認した精度は、許容値 $\pm 10\text{cm}$ に対して最大4cm程度であった。

【TLS測量】

TLS測量を計画するにあたっては、起工測量で得た点群データをもとに法枠モデルを作成し、機械点からの視界をあらかじめBIM/CIM上で確認（図-6）することで計測位置の検討を行った。

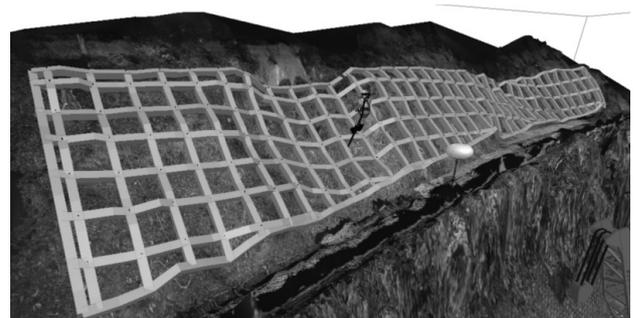


図-6 機械点位置の検討

法枠を配置したモデル空間で視点を変え検討を行った結果、起点・終点・中央の3箇所からの計測が必要と判断した。更に機械点を高くし視界を広げるため、計測用の作業構台を単管パイプで設置し、そこにTLSを固定した。(図-7)



図-7 TLS計測状況

その結果、検証点で確認した精度は、許容値 ± 1 cmに対して計測精度0.2cmという良好な結果が得られ、電子検査を十分に受けられる状況となった。ただし、計測精度を向上させるため、部分的に点群密度を詳細にとる必要があり、計測時間が予想以上に長くなってしまふことが課題として残った。

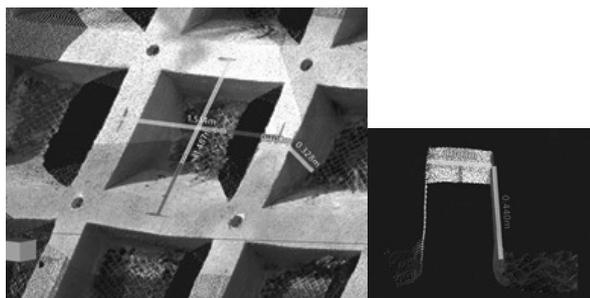
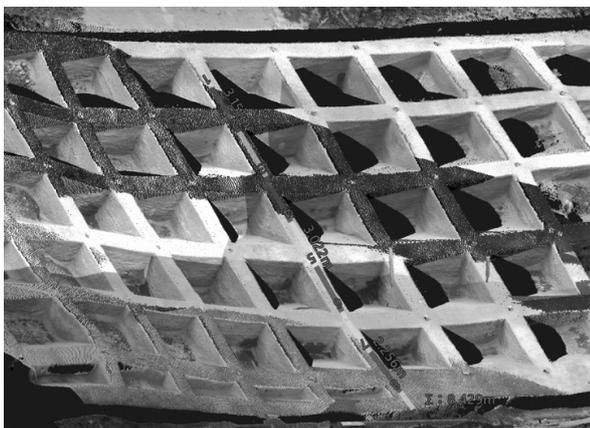


図-8 TLS測量による点群データ

図-8に示したとおり、法長・延長等の出来高計測及び法枠間隔・枠断面の出来形計測もBIMCIM上で確認が可能となった。

3-2 様々な3次元計測の試行

UAV写真測量及びTLS測量について工夫し3D計測データを取得することができた訳だが、計測手法の幅を広げるため、様々な手法についても実証実験を行った。

手法① ワイヤー吊下げ式スラムレーザー手法

ワイヤー架設を行い、特殊なアタッチメントにスラムレーザーを取付け、ロープで引っ張り、移動させることで計測を行う手法。スラムレーザーは、360度方向に回転するため、斜面に近くても広範囲の計測が可能である。一般的に大型のUAVに取り付けられており、これまでダム現場等地形測量に使用されていることが多い。(図-9)



図-9 ワイヤー吊下げ式スラムレーザー手法

手法② 歩測式スラムレーザー手法

人がスラムレーザーを担いで計測する手法。現場には、仮設通路が法尻に設置してあったため、計測経路として利用し、法面に対面する形で計測を行った。(図-10)



図-10 歩測式スラムレーザー手法

手法③ 吊下げ式UAV写真測量

UAVをアタッチメントに巻き付け移動させながら写真測量を行う手法。UAVを等間隔に静止させ、写真撮影を行った。(図-11)



図-11 吊下げ式UAV写真測量

今回、現場で実施した計測手法についての評価を、以下にまとめる。

「UAV写真測量」：樹木など障害物を考慮したフライト計画を立てることができれば計測はしやすい。全体像を把握しやすく、作業時間も短く済むため、利便性の高い手法と評価できる。ただし、計測にあたっては、安全かつ無理のないフライト計画をもとに墜落災害に注意する必要がある。

「TLS測量」：見通しの良い現場で例えば対岸にTLSを設置できれば、計測は比較的スムーズに計測が可能である。UAV写真測量との併用で、部分的に計測したい場合においても利用しやすい。ただし、TLS単独で斜面全体を計測する場合、地形の凹凸や障害となる構造物によって作業の難易度は変化する。

「吊下げ式スラムレーザー」：UAV写真測量やTLS測量が難しいような現場では、斜面の凹凸や障害となる構造物に左右されないため非常に有効性が高いものと評価できる。ただし、ワイヤー架設を必要とすることから、事前に準備が必要である。また、スラムレーザーを使った作業費は非常に高額であるため、計画的に実施しなくてはならない。

「歩測式スラムレーザー」：仮設通路・階段等が整備され、対象斜面が見やすい現場に適してい

る。歩いて計測できるため、非常に簡便な手法であるが、反面、足場の悪い現場では安全性に問題があり不向きである。

「吊下げ式UAV写真測量」：UAVの画角が狭いため、斜面からの距離によって計測時間が大きく変わる。計測用の機体・カメラも含め、現場に適した計画を綿密に行うことが重要になってくる。

4. おわりに

今回の報告は、必ずしもどの現場にも有効性を発揮するものではなく、現場条件に合わせた計測手法の工夫を各現場で行うことによって生産性の向上が可能となる。法面工におけるICT化が難しい背景において、今回のような報告がこれからもっと多く情報発信され、広く共有されることができれば、早い段階において普及していくものと考えている。

しかし、現段階においてICT施工へのハードルも高い。計測に要する費用は、機械設備費、CIM導入費、外注費とも高額であり、補助金の活用やICT施工における発注者負担でないことが実行できないのが現状である。加えて、3次元モデルを使いこなせる技術者の確保も必要となるため、これを解決するための取り組みを官民が一体となって早急に推し進める努力が求められる。

ICT施工が拡大し、3D点群データの利活用が容易に実行されるようになれば、従来のテープ測量や出来形計測の必要性がなくなるため、省力化が実現できるだけでなく、工期の短縮、作業員不足の解消、安全性の向上にもつながってくる。また、“3Kからの脱却”を図ることにもつながっていくため、若手の雇用拡大にも大きく影響を及ぼすものと考えている。