

冷水斜面对策他工事におけるICT法面の活用について

今西 裕昭¹・

¹松塚建設株式会社 (〒633-0204奈良県宇陀市榛原福地610-1)

土木工事の現場では数々の機械化やプレキャスト製品の開発等により、生産性向上が進められているが、法面工事においては未だ人力作業に頼っている状況である。本稿では、法面工事においても少人数で通常と同じ施工量を確保すべく、数々の最先端技術を活用した法面工事の報告を行う。

キーワード 生産性向上, 省人力化, ICT

1. はじめに

当該工事は平成23年9月の台風12号の記録的な大雨により、甚大な被害があった奈良県吉野郡天川村の冷水地区における災害復旧関連工事であり、大規模斜面崩壊部の安定化を図るための斜面对策工事である。

施工箇所は急峻狭隘かつ長大な法面での作業となるため、施工方法や作業員の人数、使用機器が限定されることから、作業員の安全を確保しつつ、省人力化を図り生産性向上に繋げる必要があった。また、風化した脆い砂礫から成る地質のため、土砂崩壊災害に対する安全性の確保も課題となった。

これらの問題を踏まえ、工事従事者の安全を確保すべく、当作業所で実施したICT等の技術について紹介する。

2. 工事概要

斜面对策

砂防土工

法面整形工 1,230m²

法面工

植生工 650m²

法枠工 1,233m²

鉄筋挿入工 548本

山腹水路工

山腹集水路・排水路工 650m²

地下水排除工

集排水ボーリング工 1,140m

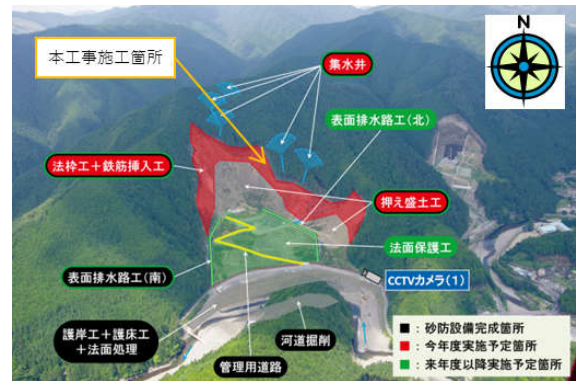


図-1 全体概要図



写真-1 施工前状況

施工箇所の東側は施工済みであったが、施工箇所及び西側斜面は崩壊当時のままの姿で、不安定な状態であった。そこで不安定な高所法面に立ち入ることなく、正確な面的計測が可能な3次元データを活用したICT活用工事として受注者希望型で実施した。

3. ICT法面の活用



図2 ICT法面 (法枠) 概要

国土交通省では、平成28年4月より建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す新しい取組であるi-Constructionを進めており、ICT土工等15の新基準を設け、展開している。令和2年4月からは新たに工種が拡大され、ICT法面が追加された。

(1) ICT法面の概要

法面工における施工プロセスの各段階において、以下に示すICT施工技術を活用する。

- 1) 3次元起工測量
- 2) 3次元設計データ作成
- 3) ICT建設機械による施工 (法面工では該当なし)
- 4) 3次元出来形管理等の施工管理
- 5) 3次元データの納品

(2) 今回工事の使用機器

- 1) 3次元起工測量
 - ・ 地上型レーザースキャナ (TOPCON社製)
 - ・ TLS解析ソフト (TOPCON社製)
 - ・ 点群処理ソフトウェア (福井コンピュータ社製)



写真2 施工箇所

- 2) 3次元設計データ作成
 - ・ 3次元設計データ作成ソフトウェア (福井コンピュータ社製)



図2 設計データの3Dモデル

- 3) ICT建設機械による施工
 - ・ 法面工では該当なし
- 4) 3次元出来形管理等の施工管理
 - ・ 空中写真測量 (無人航空機UAV : DJI社製)
 - ・ 写真解析ソフトウェア (Pix4D社製)
 - ・ 出来形処理ソフトウェア (福井コンピュータ社製)

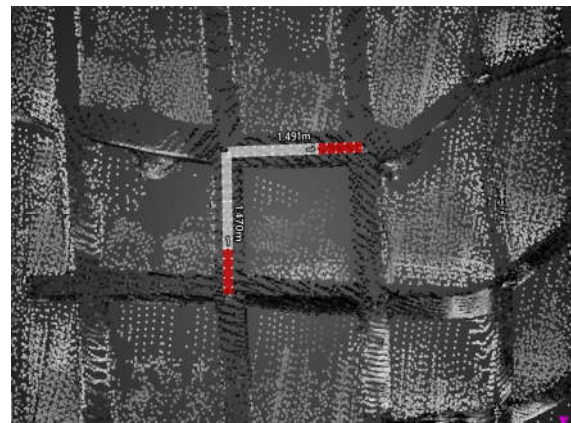


図3 出来形データの3Dモデル

- 5) 3次元データの納品
 - ・ 出来形帳票作成ソフトウェア (福井コンピュータ社製)

(3) ICT法面の効果と考察

1) 3次元起工測量

今回工事では施工前の起工測量及び法面整形完了後の現況測量の2回に渡り、3次元測量を実施した。通常は1回の起工測量で済むが、今回工事では法面整形により凹凸部を整形し、転石を除去する必要があり、起工測量時と形状が変わる事が予想されたため、法面整形完了後にも3次元測量を実施した。

施工前の起工測量に地上型レーザースキャナを用いて3次元測量を実施することで、現況地山の情報を入手し、不安定な浮石や岩塊の有無や位置、現況勾配等、法面整形前の危険要因の洗い出しに活用でき、法面整形に先立ち現地を設置する親網の事前準備にも有効活用できた。

法面整形完了後にも3次元測量を実施することで、法枠工施工前の正確な施工基面の取得ができ、その後に実施する3次元設計データ作成時の精度確保に役立った。

2) 3次元設計データ作成

地上型レーザースキャナで取得した施工基面を基に、3次元設計データを作成した。

3次元モデルを作成し、いくつかの法枠の配置パターンを計画することで、発注者との協議においても計画イメージが湧きやすく、発注者・受注者双方で施工形状のイメージを共有することができた。

計画検討の段階で面積や数量を算出できたため、施工前に必要な発注数量の予測が可能となり、設計変更へのアプローチもスムーズに行えた。

法面に凹凸が多く、一部オーバーハングしている箇所があったため、思うような法枠の配置ができず調整に時間を要した。また今回施工した法枠工の東側部分は施工済みの法枠があったため、既設法枠と整合する必要があるためでも時間を要した。凹凸部の多い法面でも対応できるソフトウェアの開発が進み、もう少し簡単に3次元モデルの作成が可能となれば、ICT法面の活用も広がるのではと思われる。

3) 3次元測量による出来形管理

法枠工完了後、空中写真測量（無人航空機UAV）を用いて出来形測量を行った。

従来の面積計測では、複数の作業員を法面上に配置し、巻尺で計測を行い、図化・面積計算を行っていた。法肩から法尻まで巻尺を長く伸ばし、それを張った状態で計測するため、法面の形状に合った計測が難しかったが、3次元測量により、法面の凹凸を反映した計測が可能となり、より現場の形状に則した面積の算出ができた。

今回工事のような災害復旧現場においては、設計の平面図や展開図等は正確な資料が乏しく、施工範囲や数量の確定に時間を要する事が少なくない。3次元測量により、施工範囲や面積の確定がスムーズに行えると考える。

法枠工の出来形管理基準¹⁾の規格値は、幅及び高さ $\pm 30\text{mm}$ 、枠中心間隔が $\pm 100\text{mm}$ 、法長が $\pm 200\text{mm}$ ($L=10\text{m}$ 以上)となっている。法枠工の3次元計測の計測性能²⁾は、計測密度が1点以上/ 0.0025m^2 ($50\text{mm} \times 50\text{mm}$ メッシュ)となり、測定精度は規格値 200mm 及び 100mm の場合は $\pm 30\text{mm}$ 以内、規格値 30mm の場合は $\pm 10\text{mm}$ 以内となっている。今回工事では全ての項目で規格値を下回ることはなく、良好な値となった。また社内規格値を設け、規格値の50%以内と厳しい値を設定したが、全ての項目において社内規格値を満足することができた。上記より法枠工の規格値や計測精度については、適用可能で問題ないと判断できる。

法枠工の出来形測量において、法枠内面の形状取得が必要となる。地上型レーザースキャナでは取得できない箇所（法枠梁の影になる箇所）があり、スキャナの設置回数が多くなるため、空中写真測量（無人航空機UAV）を用いた。今回工事の法枠工は崩壊斜面に施工しているため、法面勾配や法面方向が一定ではない。無人航空機

を用いても、要求精度を満たすために、オーバーラップ率や飛行高度、飛行速度等を試行錯誤しながらの独自の手法が必要となった。凹凸の激しい今回のような法面でも容易に測定できる技術開発が急がれる。



写真3 施工した法枠

4. CIMモデルの活用

CIMモデルの活用は一般的には、「測量・調査、設計、施工、維持管理・更新の各段階において、一連の建設生産・管理システム全体の効率化・高度化を図ることを目的とする」となっている。3次元データと各種データを結びつけて利活用した建設生産管理システムの品質確保、受発注者双方の生産性向上に大きく寄与することができる。

(1) 今回工事 CIMの概要

施工前の3次元設計データ作成時に地形や地質データ、法枠工の配筋等の構造、鉄筋挿入工の構造等の情報を組み込んだものを構築した。

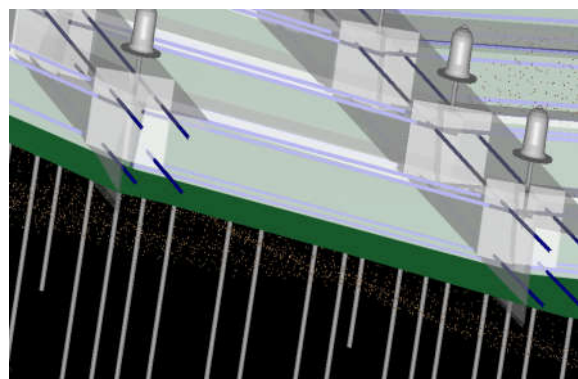


図4 CIMモデル

(2) CIMモデルの効果と考察

法枠工施工前にCIMモデルを作成することにより、凹凸部や折れ部で隣り合う鉄筋挿入工の干渉が無いかの事

前確認に用いたり、鉄筋の継手を同一箇所に配置しないようにする対策にも役立って。鉄筋の材料入荷においても、従来の方法では設計数量から経験と勘で割増を決め、材料を注文し、現場に入荷していた。CIMモデルを活用し鉄筋の継手位置の事前検討をすることで現場合わせが減少し、鉄筋の使用ロスも大幅に減少した。

今回工事のような急峻狭隘かつ長大な法面では、CIMモデルを活用することで、完成形の可視化が行え、現場従事者全員が同じイメージを共有することができた。また鉄筋の干渉や現場合わせといった現場作業での不具合及び工数を減らすことにより、生産性向上はもとより安全性の向上にも大きく役立った。

今回施工した法面は、法枠工（W=300mm）と鉄筋挿入工（L=5.0m）と小型で短尺な構造物であったため、既設構造物との干渉等は生じなかったが、2次元図面と3次元モデルを比較した時の不整合が生じやすい、長尺なアンカー工や形状が複雑な砂防堰堤等には大きなメリットが期待できる。

CIMモデルのデータは点群データの容量が非常に大きいので、ハイスペックなPCが必要となる。そのため、通常使用しているPCでも使用可能なCIMモデルの処理技術の開発やCIMモデル化する範囲の確定等が重要となる。

5. MR技術の活用

MRとはMixed Realityの略語で、複合現実と呼ばれており、現実世界に仮想モデルを映し出す技術である。バーチャルな設計図や3Dモデルと現実空間を同一空間上に重ね合わせるものである。

(1) 今回工事のMR技術の概要

今回使用したMR技術は鉄筋挿入工施工時、削孔機にセットした削孔ロッドを作業員が装着したMRデバイスに表示された半透明の円柱形ホログラムに合わせることで削孔機の据え付けを行う技術である。今回施工した鉄筋挿入工は法枠に直交方向に施工する必要があった。

(2) MR技術の効果と考察

通常は削孔機を操作するオペレーターと手元作業員の2～3人で行っていた作業が、この技術を活用することにより、機械オペレーターが1人でも削孔機を正確に据え付けることが可能となった。法面上での作業が減少することで、省人力化と安全性の向上が図れた。

今回使用したMRデバイスは炎天下や天候によっては、MRデバイスに表示される円柱形ホログラムが見づらくなるといった現象や雨天時等は使用できないといった課題があった。

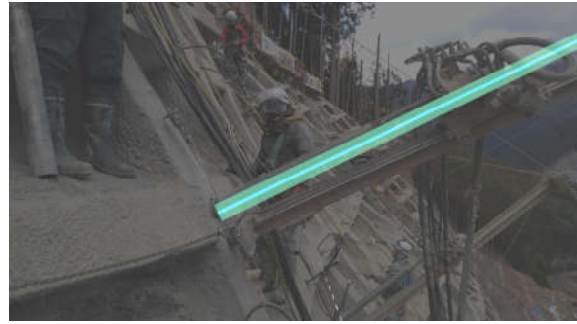


図-5 MRデバイス表示状況



写真4 MRデバイス装着状況

6. おわりに

今回工事では、法面工事においてICT法面やCIMモデル、MR技術等の活用を行った結果、種々の課題が見つかった。しかし、法面工事等の作業環境の厳しい現場こそ前述の最先端技術を活用するべきであると考えます。

砂防現場における法面工事は、作業の性質上どうしても手作業が多く存在し、平地での作業に比べて危険因子が多く、効率が悪いのが現状である。しかし今回様々な技術を活用して思うことは、「安全性が向上すれば施工性・生産性も向上する」ということである。従来からある技術と最先端の技術を組み合わせることで、現場に即した、より安全で施工性に優れた職場環境が構築できると考える。今後もさらなる向上心を持って現場の安全性及び生産性向上を進めていきたい。

謝辞：発注者の皆様をはじめ本論文を作成するにあたりご指導いただいた関係者各位に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 近畿地方整備局：土木工事施工管理基準及び規格値（案）（令和3年4月）
- 2) 国土交通省：3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）（令和3年3月）