

33 i-Construction 等

岩盤検査準備作業における3次元設計データの利活用

島根県土木施工管理技士会
カナツ技建工業株式会社

現場代理人

岩崎 佳介[○] 坪内 規之 池田 靖司

1. はじめに

工事概要

- (1) 工事名：出雲湖陵道路東神西第2高架橋
下部外第4工事
- (2) 発注者：中国地方整備局 松江国道事務所
- (3) 工事場所：島根県出雲市東神西町地内
- (4) 工期：令和1年7月9日
～令和2年9月30日

本工事は、中国地方整備局松江国道事務所が管轄する山陰自動車道出雲～仁摩間(総延長32.7km)のうち、出雲・湖陵道路事業に属し、東神西第2高架橋(仮称)鳥取側橋台部およびそれに至る工事用道路を施工する工事である。

国土交通省が推進する『ICTの全面的な活用』に関する種々の取組により、建設業におけるICT施工は着実に普及している。3次元設計データの作成・利活用が一般的になりつつある中で、それらを単なる立体計画図面として扱うだけでなく、施工や管理業務の省力化・円滑化につながる利用方法を検討・提案することは、生産性向上の観点から重要である。本論では公共工事における岩盤検査に着目し、その測量や掘削といった事前準備作業の省力化・円滑化、安全性向上を目的として上記工事にて試行した3次元岩盤線データ(詳細は次節で説明する)作成およびICT建設機械による岩盤線掘削に関する取組をまとめた。

2. 岩盤検査準備作業と今回の取り組み

【従来の岩盤検査準備】

一般的な岩盤検査の事前準備としては、まずTS等を用いて特定の測点での計画横断面図両端の位置を示し、赤白ポール等の目印となるものを立てる。重機オペレータは両端の目印を見通しながら、該当横断上を掘削し岩を露出させ、残った土砂をスコップやエアコンプレッサー等で清掃し、横断面箇所の変化点位置を測量、図面上にプロットすることで実測岩線を取得する。岩盤検査準備作業の従来手法フローを図-1に示す。

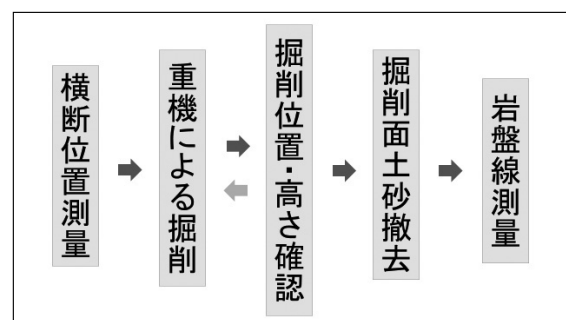


図-1 岩盤検査準備従来手法フロー

【従来手法の問題点】

事前に土性変化面が予想される切土作業に際しては、重機オペレータが横断上の赤白ポールおよび小段等の指標物を目安として、およその深度まで掘削を行うのが一般的だが、設計切土法面を考慮しながら岩盤線掘削作業を効率よく行うことは容易でないことに加え、掘削位置が横断線上から

ずれ、手戻りが生じるといった事態は熟練オペレータでも起こりうる。また、山切りを伴う土工は高低差の大きな地形や急峻地形の場合が多く、切土作業に先立って重機が登頂するためのパイロット道路が必要となるが、パイロット道路施工時に岩盤が露出する場合には、その時点で検査を受けなければならない、検査や検査準備、測量回数が増え作業工数が増加する。さらに、着手直後など周囲に基準高の目印となるものがないときには、必要に応じて測量を行いオペレータに高さを伝えなければならない、斜面での測量作業は平地よりも時間を要し、滑落リスクを伴うものである。
【今回の取り組み】

以上の問題点に対して、本工事では作業効率化、掘削位置の明確化、安全性の向上を目指し、マシンガイダンス搭載バックホウによる岩盤線の掘削を実施した。ICT施工の実施にあたっては、ICT建設機械に搭載可能な形式の3次元岩盤線データ（以下本文中では『3D岩線データ』と略称する）が必要なため、本論ではその作成手法についても説明する。本手法の岩盤検査準備フローを図-2に示す。本工事はICT活用工事（施工者希望I型、ICT土工）であり、ICT施工に関するシステムは国土交通省中国地方整備局発行の『ICT活用工事（土工）の手引き』に準拠している。次節以降、使用した機械やソフトウェアについて具体的に示した後、3D岩線データ作成の手順とICT建機による掘削作業について説明する。

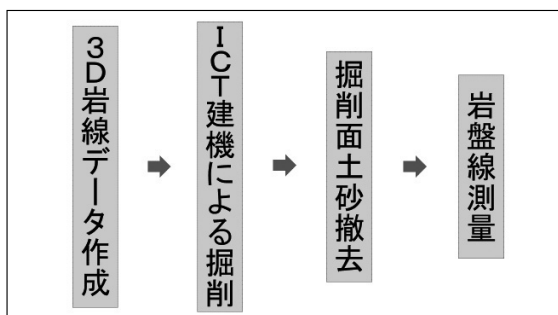


図-2 3D岩線データを用いた検査準備フロー

3. ICT施工システム概要

今回の取組はICT土工システムの枠組みで岩盤線掘削作業を行うものである。使用したソフトウェアおよび機械は以下の通りである。

3次元設計データ作成ソフトウェア：

EX-TREND武蔵 建設CAD（福井コンピュータホールディングス(株)）

マシンガイダンスシステム：X-53i（(株)トプコン）

使用建設機械：油圧ショベル320E（日本キャタピラー合同会社）

これらの機器に加えて、掘削面の基準高確認にはGNSSローバー（(株)トプコン）を使用した。

4. 3次元岩盤線データ作成

3D岩線データはICT土工で用いる3次元設計データと同様に①座標系入力、②工事基準点座標入力、③平面線形入力（線形計算書）、④縦断線形入力（縦断図）、⑤横断線形入力（横断図）の手順で作成する。①～④については3次元設計データと同様のため本論では説明を省略し、⑤横断線形入力（ここでは横断岩盤線入力）について詳述する。

ICT土工の3次元設計データ作成において、横断線形入力は勾配変化点入力と同義である。一方、岩盤線は土工設計横断と異なり曲線（曲率≠0）を有する可能性があるため、まず岩盤線を複数の線分で近似できるように折れ点を設定し、それらを結ぶことで近似推定岩盤線とする。設計横断図を一部拡大・加工したものを図-3に、そこから作成した軟岩1の近似推定岩盤線を図-4に示す。3D岩線データは重機オペレータが推定岩盤線の傾向と深度を確認するためのものであり、実際の岩盤線と推定岩盤線には差があることを踏まえると、近似推定岩盤線が図面上の推定岩盤線と正確に一致している必要はなく、今回はそれらの差が±300mm以内となるように作成している。なお、今回の取り組みでは近似推定岩盤線の作成に、3次元設計データ作成ソフトの自動変化点取

得機能を用いており、図面上の推定岩盤線両端を指定することで折れ点を自動算出した。

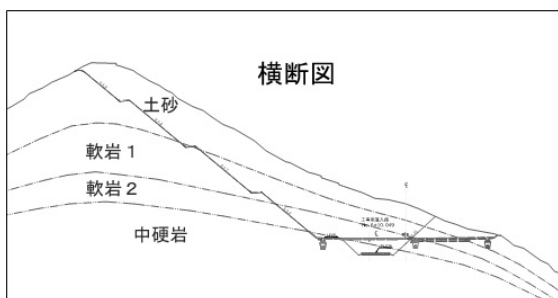


図-3 設計横断面図（一部加工・拡大表示）

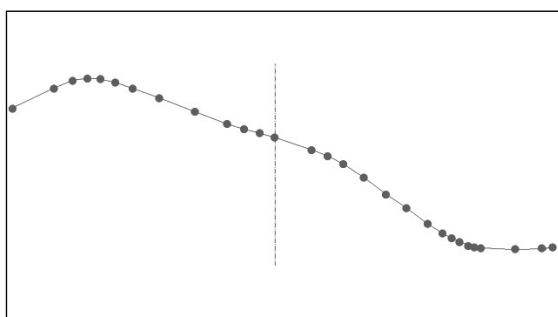


図-4 軟岩 1 の近似推定岩盤線

ICT土工で使用される3次元設計データは計画横断面間を線形補間することでその面形状を表現しており、任意測点での設計断面表示を可能にしている。一方、岩盤検査では基本的に該当測点上のみ掘削を行うことが望ましいため、あえて横断面間を補間せず、各横断の近似推定岩盤線を幅300mmの帯状データとして作成し、これを3D岩線データとして活用した。実際に作成した4測点での3D岩線データを図-5に示す。図中左下から右上に伸びる線は道路中心線であり、連なる4本の線が今回作成した推定岩盤線の3D岩線データである。

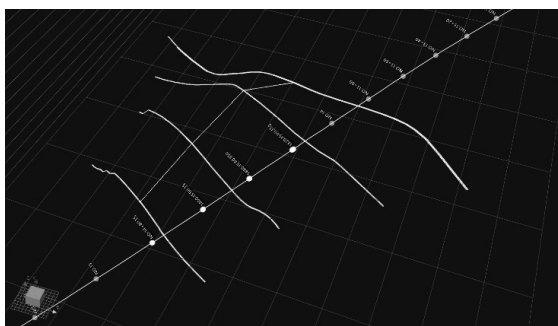


図-5 3次元岩盤線データ（4測点,軟岩1）

5. 3次元岩盤線データを用いたICT掘削

ICT土工の3次元設計データと3D岩線データをICT建機に搭載し、オペレータは重機内モニターに表示される設計法面と推定岩盤線を適時確認しながら掘削作業を行う。図-6に実際のICT建設機械内モニター確認状況を示す。



図-6 ICT建設機械内モニター確認状況

このような方法をとることで、オペレータは土工の設計法面および推定岩盤線位置の確認を重機内のモニター画面操作によって行い、掘削作業と推定岩盤線確認、設計法面確認をシームレスに行うことができるため、作業効率が向上する。また岩盤線掘削作業中に誤って設計法面を過掘りしてしまうリスクが減少することもメリットといえる。

6. 従来手法との作業工数比較

従来手法と本手法の作業工数比較結果を表-1に示す。表中の各作業時間は1測点あたりの実際の作業工数を記載している。ここで「3D岩線データ作成」と「各測点の測量計算」については、4測点分実施した時間から算出していることに注意されたい。本手法の実施によって、従来手法において岩盤検査を行うたびに実施していた「各測点

の位置出し、ポール設置」や「掘削位置・高さ確認」といった作業が不要になり、作業工数は1測点あたり2.5時間（約30%）減少した。なお掘削時間に関しては、従来手法に比べて本手法の方が短時間になる傾向（ $n_2 < n_1$ ）が認められたが、該当測点の現地盤や実際の岩盤線といった自然条件によって掘削量（作業量）が左右され、公平な比較ができないため比較対象から除外している。

表-1 1測点あたりの作業工数比較

従来手法		今回の手法	
各測点の測量計算	0.5 H	3D岩線データ作成	1 H
各測点の位置出し ポール設置	2 H		
掘削作業	(n_1) H	掘削作業	(n_2) H
掘削位置・高さ確認	1 H		
岩盤清掃	2 H	岩盤清掃	2 H
変化点測定 鋸打ち	2 H	変化点測定 鋸打ち	2 H
横断面作成	1 H	横断面作成	1 H
合計(掘削除く)	8.5 H	合計(掘削除く)	6 H

7. 取り組みの成果

今回の取り組みから得られた知見と実施にあたっての注意事項をそれぞれまとめ、以下に示す。

【得られた知見】

- ・3D岩線データ作成およびICT建設機械による掘削を行うことで、設計断面確認、推定岩盤線確認をモニター操作によって行うことができるため作業効率が上昇した。
- ・3D岩線データを带状に作成したことで、掘削位置が明確になり、掘削中のずれ防止につながった。
- ・各測点の位置出しや掘削位置確認作業が不要になり作業工数が減少しただけでなく、岩線掘削時に設計法面を過掘りするリスクが減少した。

- ・重機作業範囲周辺や掘削した法面付近への人の立入りが減少し、事故・災害リスクが減少した。

【施工にあたっての注意事項】

本論の取り組みではICT土工の実施を前提としているため、ICT施工要領に準ずるシステムと、それらを円滑に扱うことのできる技術者が必要である。技術者は3D岩線データ作成だけでなく、設計変更に合わせて3次元設計データの変更を行うことや、GNSS受信不良時の対応など、ICT施工を工程遅延なく進めるために重要な役割を担う。

8. 総括と今後の展望

本論では岩盤検査準備作業について試行した3D岩線データ作成とICT建設機械による岩盤線掘削の取り組みをまとめた。その結果、今回の手法は従来手法に比べて約30%の省力化につながるとともに、作業効率や安全性の観点から優位性が高いことを示した。

今回の取り組みを踏まえ、本論で示した3次元設計データの利活用手法は、既知の埋設物が存在する場合の掘削作業においても有効性が高いと考えられる。例えば市街地での掘削作業において、地下構造物や埋設管、埋設ケーブル類に関する3次元設計データを作成しICT建設機械を利用することで、丁張掛けが不要になるだけでなく、打合せ時間の短縮や現地人員の縮小といった省力化が見込まれ、埋設物破損防止による安全性の向上にも期待が持てる。

このような既存システムの応用と適用性に関する検討および有効性評価は、建設業における生産性向上技術の発展に資するものである。今後BIM/CIM普及に伴い、利用可能な3次元設計データの拡充が図られれば、土木工事において、さらなる省力化につながっていくと考えられる。

9. 謝辞

今回の取組に際し、有限会社土江重機 藤原幹男様には多大なご協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。