

中部縦貫道坊方トンネルにおけるWEB会議システムを活用した遠隔切羽判定の適用について

下村 空¹

¹高山国道事務所 工務課 (〒506-0055 岐阜県高山市上岡本町7-425)

トンネル工事の施工にあたっては、これまでは適宜切羽判定委員会を開催し、トンネル切羽に受注者と発注者が参集して切羽の目視観察や計測結果に基づき地山等級の判定を行い、最適な支保パターンを決定し工事を進めている。高山国道事務所の中部縦貫道坊方トンネルにおいては、働き方改革、業務効率化等の観点から、WEB会議システムを活用した遠隔による切羽判定を行っており、事例紹介及び課題や対応方法などを報告するものである。

キーワード トンネル切羽判定、遠隔臨場、坑内Wi-Fi、トンネル工事DX

1. はじめに

山岳トンネルでは、一般的に調査、設計段階で把握できる地質情報に限界があるため、施工中に適切に地山状況の観察や計測管理を行い、切羽の状況や既施工区間の支保部材、周辺地山および周辺構造物の安全性を確認することが重要である。また、岩質区分や設計支保パターンの変化点においては、受発注者立会いのもと、切羽判定委員会を開催し、設計支保パターンの妥当性を評価し、実際の地山状況に見合った支保パターンへと修正していく。

この従来の切羽判定では、受発注者がトンネルの施工現場まで移動する必要があり、受注者による施工サイクルの調整や発注者の移動そのものが負担となっている。

さらに近年では、移動時間の短縮やコロナ禍による受発注者の接触機会の低減などを目的に遠隔臨場への取り組み事例が増えており、今後もそのニーズが高まると考えられる。

このような背景のもと遠隔臨場による切羽判定を令和3年度中部縦貫坊方トンネル工事にて試行し実用性の検証を行ったため、その効果などについて報告するものである。

2. 工事概要

令和3年度中部縦貫坊方トンネル工事は、高山清見道路のうち、岐阜県高山市丹生川町に位置するトンネル延長L=1,422mの工事である。

高山清見道路は、一般国道158号中部縦貫自動車道の一部であり、岐阜県高山市丹生川町坊方から同市清見町夏厩に至る延長24.7kmの道路である。高速アクセス性の向上（観光の周遊性向上）や並行する国道158号の市街地における交通渋滞の緩和、救急医療活動の支援などの効果が期待される自動車専用道路である。



図-1 工事概要

3. 従来の切羽判定における課題

(1) 現場までの移動時間

山岳トンネルは、発注者の事務所所在地から離れた山間部に位置することが多く、移動時間が大きな負担となるケースが多い。また、切羽判定においては、監督職員のほか、副所長や発注担当課長など複数人により月1〜2回のペースで実施することになるため、非常に多くの時間が費やされている。なお本工事においては、発注者の事務所からトンネルの現場までの移動に往復で1時間程度要している。

(2) 施工サイクルの調整

切羽判定を行う場合、通常は設計支保パターンと掘進状況等に基づき毎週木曜日に提出される週間工程表にて実施日の確認を行っているが、日々の掘進状況により予定通りの開催とならないことがある。これは日程変更が必要な場合のみならず、開催時間の変更が必要となる場合もある。それらの対応にあたっては受発注者ともにその他の予定との調整をおこなったうえでの対応となるため早めに作業を切り上げ、判定まで作業を休止する等トンネルの施工サイクルに影響が生じることがある。

切羽の状況によっては急遽切羽判定は必要となる場合もあり、その際の調整はなおのことである。

(3) 切羽における肌落ち災害のリスク

山岳トンネルにおける従来の切羽判定では、作業の性質上受発注者が切羽付近に立ち入り、切羽を目視にて確認することで地質等級を評価することになる。写真-1に示すとおり、受発注者が切羽直下に立ち入ることから、肌落ち災害のリスクが懸念される。

また、近年では厚生労働省より「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止に係るガイドライン」が施行されるなど、切羽直下に立ち入らない施工管理手法の確立が強く望まれている。



写真-1 従来の岩質判定の状況

4. 現場実証について

(1) 発注者

基本的には発注者側が普段から使用しているTeamsまたはZoomの会議機能を用いて、受注者を招待しつつ、発注者は自席から会議に参加し、切羽判定をおこなった。切羽判定時の様子を写真-2に示す。



写真-2 WEBを用いた切羽判定の様子

(2) 受注者

当現場では基本的に現場代理人と担当技術者が切羽に向かいカメラ撮影しつつ、切羽状況の説明や天端、右肩、左肩の圧縮強度の確認を行い、監理技術者は現場事務所でPC操作を行っている。

カメラによる切羽映像を有線ケーブルと、Wi-Fi中継器により繋げた通信環境を用いてリアルタイムで共有することで、遠隔臨場により切羽判定を実施する仕組みを構築している。カメラは写真-3、4に示すように、切羽全体を撮影するための固定カメラ（約130万画素、パン角度340°、チルト角度100°）と割れ目間隔や風化度など地質状況を詳細に観察するためのウェアラブルカメラ（約1247万画素）の2種類を使用する。

またカメラ映像のほかに仮想空間上でA計測の内空変位測定とB計測のロックボルトの軸力の計測データを見える化し、切羽写真と統合表示にしたCIMも併せて共有した。



写真-3 全体撮影用固定カメラ



写真-4 詳細撮影用ウェアラブルカメラ

5. 現場実証によって得られた効果

(1) 移動時間の削減による生産性向上効果

課題で述べた通り、発注者事務所からトンネル現場までの移動に要していた1時間は不要となった。支保パターンを変更する場合など、切羽の状況によっては従来通りの立合いを行うべき時もあるため、すべてをWEBに置き換えることはしなかったが、これまで全25回の切羽判定のうち9回をWEBで実施しており、その際発注者は概ね3人で行っているため、延べ27時間の移動時間が削減でき、これをその他業務の時間に充てられることから生産性が向上したと言える。

(2) 施工サイクルの向上

WEBによる切羽判定の場合であっても施工サイクルの調整が全く不要になるものではないが、移動時間や離席が必要なくなったことにより、実施予定がスケジュールに組み込みやすくなった。その結果施工サイクルに従来より柔軟に対応しやすくなり、受注者から施工サイクルの調整が少なくなったと評価を得ている。

(3) 安全性の向上

WEBによる切羽判定のため当然のことだが、発注者が切羽付近に立ち入らず、切羽状態を評価することが可能となった。そのため、切羽からの肌落ちによる災害のリスクは低減され、安全性は大幅に向上した。

6. 今後の活用について

本工事では、遠隔臨場による切羽判定を試行することで、移動時間の削減による生産性向上効果や切羽付近への立ち入りをなくすことができ、安全性向上に対する効果を確認することができた。

一方で、Wi-Fi等インターネット環境、カメラ及び坑内変位などのデータを仮想空間上で見える化するシステムの導入にかかるコストは大きく、総額約650万円費用がかかった。今回は技術提案で実施されたが、受注者の

みの対応となると、大きな負担となる。

また、ハンマー打撃による圧縮強度の確認はWEBによる切羽判定の試行着手時は現場担当者等の説明で充分把握できると考えていたが、実際ハンマー打撃した時の様子や感触を口頭で伝えるには限界があり伝わりづらいつ感じられた。滲水など湧水の状況についても、カメラ画素数の影響により判断しづらい場合があるなど運用における課題も確認できた。

この現場で得た知識を他の現場でも応用し、活用できるよう、引き続き工夫を重ねていく所存である。

謝辞：本稿の執筆にあたり、ご協力いただきました株式会社安藤・間のご担当者様及び関係各位に感謝申し上げます。