

山岳トンネルにおける岩判定への遠隔臨場および切羽 AI 評価システムの適用

(株)奥村組 正会員○尾迫 一樹 塩貝 悟 山田 昂平
正会員 倉田 桂政 正会員 平井 崇
正会員 今泉 克彦 正会員 浜田 元

1. はじめに

山岳トンネル工事では、支保パターン選定などのため、岩判定検査が実施される。岩判定検査は、通常、受発注者などがともに現地立会し実施するが、山岳トンネルは山間部に位置することが多いため、現地への移動に長時間を要することが少なくない。地山性状の変化が著しいトンネルではその検査回数は多くなる。そのため、現地立会と同様の検査環境を整えたうえで検査者の移動を含めた拘束時間を短縮し、生産性の向上を図ることが課題である。一方、熟練技術者が減少する中で、岩判定精度の確保・向上が課題である。本稿では、これらの課題解決の取り組みとして、岩判定に遠隔臨場と切羽 AI 評価システムを適用し試行したので報告する。

2. 岩判定への遠隔臨場の適用

(1) 遠隔臨場の環境整備

遠隔臨場システムの機器構成を表-1 に示す。トンネル坑内では、映像・音声データの高速での安定的な通信が得られ難い。そこで、目標通信速度を 10Mbps 以上と設定して事前の通信試験を行い、無線マルチホップ中継技術を有するメッシュ Wi-Fi を選定した。切羽の映像や音声を共有するコミュニケーション媒体には、汎用性の高い Web 会議ツールを選定した。遠隔臨場による岩判定の状況を写真-1 に示す。遠隔臨場者の視認性を高め、岩判定の検査精度低下を防ぐため、LED 照明 (480W) 3 基を追加設置して切羽照度を 200Lx 程度とし、PTZ カメラを併設して遠隔の岩判定者が自ら操作することで観察したいポイントを確認する方式とした。また、切羽の湧水状況を確認しやすくするため、サーマルカメラを併設した。

(2) 遠隔臨場の結果

坑内でのメッシュ Wi-Fi のルーター設置位置と通信速度の計測例を表-2 に示す。トンネル延長方向へ 50~140m 間隔でサテライトルーター (子機) を設置することにより、電波が乱反射しやすい坑内で、かつ無線通信を阻害する多数の設備があっても、通信速度 10Mbps 以上を確保できている。

現場立会と遠隔臨場での同一技術者による岩判定から、両方の判定結果の合致率の一例を表-3 に示す。ここで、合致率は、現地立会での判定結果を正とし整理している。なお、岩判定は、トンネル地山等級マニュアル (試行案) ¹⁾ に沿って実施している。また、表-3 の岩判定において、技術者は、まず、遠隔臨場で切羽を採点し、その後、現場立会で切羽を採点している。表-3 から、合致率は、(E) では 53% と低いが、他の 8 項目では 70% 以上と比較的高く、遠隔臨場において現場の臨場感が一定程度確保できたと判断される。なお、(E) の合致率が低い理由として、映像の解像度、映像への影の映り込みなどが考えられる。

表-1 遠隔臨場システムの機器構成

分類	仕様・性能	
坑内通信設備	無線メッシュWi-Fi (picoCELA)	
iPadカメラ	画素数	1200万画素
PTZカメラ	画素数	210万画素(HD)
	ズーム倍率	光学21倍ズーム
サーマルカメラ	画素数	4800画素
映像・音声媒体	Web会議システム(Zoom)	



写真-1 遠隔臨場による岩判定

表-2 メッシュ Wi-Fi ルーター位置と通信速度

親機・子機設置箇所 および設備等の位置		坑口からの 距離(m)	通信速度 (Mbps)	
			上り	下り
親機	トンネル側壁	48	52.3	83.1
子機(No.1)	トンネル側壁	160	42.3	72.0
子機(No.2)	覆工養生台車	275	29.0	34.1
(子機の設置なし) セントル		308	35.2	34.1
子機(No.3)	シート台車	330	21.3	22.2
子機(No.4)	トンネル側壁	465	17.5	19.1
子機(No.5)	電源台車	585	17.2	19.0
(子機の設置なし) 切羽		667	14.0	14.1

表-3 切羽評価区分の合致率

観察項目	評価区分(採点)の乖離				
	-1以下	-1	合致	+1	+1以上
(A) 切羽の状態	0	13	70	17	0
(B) 素掘面の状態	0	17	73	10	0
(C) 圧縮強度	0	3	97	0	0
(D) 風化変質	0	0	87	13	0
(E) 割れ目の頻度	0	43	53	3	0
(F) 割れ目の状態	0	20	73	7	0
(G) 割れ目の形態	0	3	87	10	0
(H) 湧水	0	13	87	0	0
(I) 水による劣化	0	0	100	0	0

キーワード 山岳トンネル, 岩判定, 遠隔臨場, AI, 切羽, 生産性向上

連絡先 〒545-8555 大阪府大阪市阿倍野区松崎町 2-2-2 (株)奥村組 西日本支社 土木技術部 TEL06-6625-3494

3. 切羽 AI 評価システムの適用

(1) システムの概要

切羽 AI 評価システム²⁾は、図-1 に示すとおり、タブレット PC、クラウド、事務所 PC などにより構成され、切羽評価のための専用アプリがインストールされている。本システムでは、タブレット PC を用いて、切羽の写真撮影、AI 学習モデル (CNN で作成) による観察項目ごとの採点、切羽観察簿に反映させるためのコメントの入力など、切羽評価のための一連の作業が行え、インターネット環境なし



図-1 AI 評価システムの概要

でも使用可能となっている。切羽写真や AI 学習モデルによる観察項目の採点は、タブレット PC からクラウドにアップロードすることで一元管理し、事務所 PC でアップロードデータの確認、編集、帳票出力が行える。

(2) 岩判定の試行結果

技術者と本システムによる切羽評価点の結果を図-2 に示す。AI 学習モデルは、トンネル掘削の進捗に伴って適宜作成、更新しており、同図中には各 Ver. のモデルを用いて採点した断面区間とモデル作成に使用した教師データをあわせて示している。図-2 から、切羽評価点は、AI 学習モデルの更新に伴い、技術者と本システムとの差異が小さくなっている。これは、教師データとして対象現場の切羽データ (各観察項目の採点と切羽写真) を使用し AI 学習モデルを更新したことで、各観察項目の正解率が向上したことによるもの³⁾と考えられる。本システムが岩判定の役割を一定程度担える可能性が示唆される。

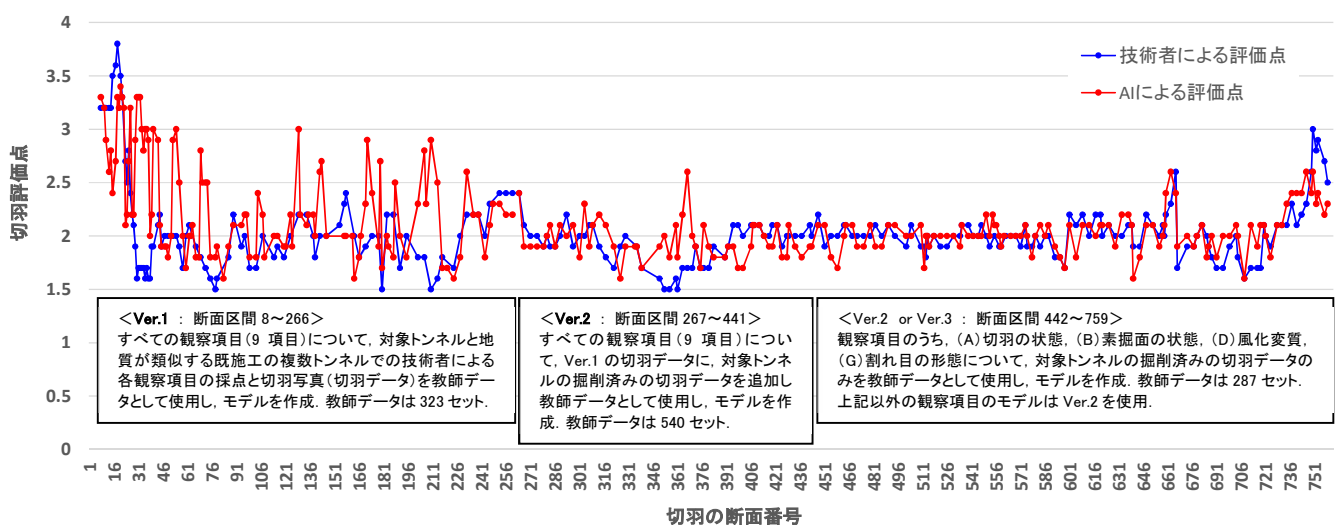


図-2 技術者と切羽 AI 評価システムによる切羽評価点の結果

4. おわりに

山岳トンネルの岩判定で遠隔臨場と切羽 AI 評価システムを試行し、生産性の向上や岩判定精度の確保・向上に寄与する可能性があることを確認した。日常管理で実用的に使用するには種々の課題が残されているものと想定されるが、今後も現場での試行を続け、技術レベルの向上を図りたい。

[参考文献]

- 1) 国土交通省近畿地方整備局：トンネル地山等級判定マニュアル (試行案)，2016.7
- 2) ㈱sMedio：切羽の AI 評価およびクラウドによるデータ共有システム，NETIS，2022.5.26
- 3) 今泉克彦ほか：AI を活用した切羽評価システムのトンネル現場での試行，令和 5 年度土木学会全国大会にて発表予定