

山岳トンネル切羽の岩盤判定に AI を用いた検証事例

UIC コンサルタント株式会社 ○岡谷 実治子, 鬼村 雅和
 五大開発株式会社 荒木 光一
 国土交通省 中国地方整備局 山陰西部国道事務所 重谷 隆太

1. はじめに

山岳トンネル工事では、トンネル掘削時に切羽の地質状況を評価するために切羽観察を実施している。この切羽観察は、切羽近傍で技術者が目視で確認する事が中心であり、その精度、定量化や安全性が観察時の課題となっている。近年は建設 DX の推進や安全性を解決するため、遠隔臨場で切羽観察を実施する取り組みが行われている。しかし、遠隔臨場で行う場合、ディスプレイに映る画像で岩盤を判定するため、現地で直接切羽を確認するよりも情報量が減り、誤認識等から過大・過小施工が生じてしまう可能性がある。

そこで、本稿では遠隔臨場により低下した判定者に対する情報量を補完するために、切羽写真と切羽観察データシートを用いた岩盤判定 AI 技術の有効性を検証する。

2. 学習データセット(教師データ)の作成

今回の学習ならびに判定には、トンネル施工者から日々提出される切羽記録写真を用いた。岩盤判定は左肩・中央・右肩の箇所毎に判定するため、岩盤判定 AI も同様に画像を分割して行った(図-1)。ただし、分割した画像サイズでは AI で扱うには大きく、また、この分割だけでは学習データ数としては少ないため、左肩・中央・右肩に分割した画像をさらに分割した画像(以降、分割画像と呼ぶ)で岩盤判定を行った。また、学習データとして用いる分割画像を増加させるため、左肩・中央・右肩の各画像を、図-2のように分割画像の範囲を示すウィンドウをスライドし重複させながら分割画像を作成した¹⁾。

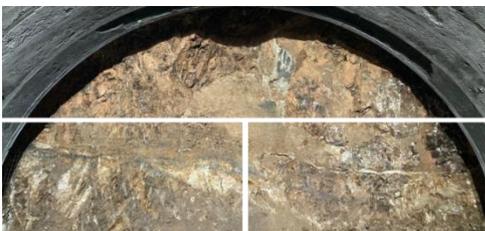


図-1 左肩・中央・右肩への分割

ウィンドウの半分スライド

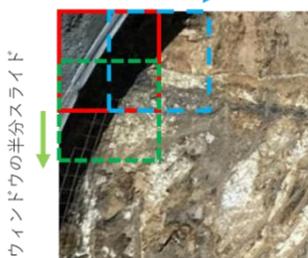


図-2 分割画像を作成するウィンドウとスライド

3. 岩盤判定に用いるプログラムの作成

岩盤判定は、切羽を構成する岩石名と8つの観察項目を判定するため、以下の計9つの AI を作成した。

なお、教師データにはなく、AI にとって未知となる情報に対しては『判定不能』とし、判定を地質技術者へ促す結果を出すようにプログラムを構築した。

○作成した岩盤判定 AI

- A. 圧縮強度判定 AI B. 風化変質判定 AI
- C. 割目間隔判定 AI D. 割目状態判定 AI
- E. 走向傾斜判定 (走向がトンネル軸と直角) AI
- F. 走向傾斜判定 (走向がトンネル軸と平行) AI
- G. 湧水量判定 AI H. 劣化判定 AI I. 岩石名判定 AI

4. AI による岩盤判定検証

今回の岩盤判定 AI による検証は、山口県の山陰道におけるトンネル施工現場にて、支保パターン変化時に行う岩盤判定(第2~4回)で実施した。

(1) 第2回岩盤判定における検証結果(坑口から140m)

図-3に切羽写真を示す。表-1より、岩盤判定 AI の加重平均点は、現場にいた技術者の平均値と約1点の差である。各観察項目は、現場にいた技術者と半分以上一致した。岩石名の判定結果は凝灰岩であり実際の岩種と一致した。



図-3 坑口から140mの切羽写真

表-1 技術者と岩盤判定 AI の評価点比較(第2回)

判定者		A	B	C	D	H,I	評価点計	加重平均点
		圧縮強度	風化変質	割目間隔	割目状態	湧水劣化		
技術者1 (国土交通省)	右肩	18	13	11	14	0	56	38
	中央	12	7	6	7	0	32	
	左肩	12	7	6	7	0	32	
技術者2 (国土交通省)	右肩	12	7	6	7	0	32	32
	中央	12	7	6	7	0	32	
	左肩	12	7	6	7	0	32	
技術者3 (国土交通省)	右肩	24	7	6	7	0	44	39
	中央	18	7	6	7	0	38	
	左肩	18	7	6	7	0	38	
技術者4 (施工業者)	右肩	18	7	6	7	1	39	39
	中央	18	7	6	7	1	39	
	左肩	18	7	6	7	1	39	
技術者5 (施工業者)	右肩	18	7	6	7	0	38	38
	中央	18	7	6	7	0	38	
	左肩	18	7	6	7	0	38	
岩盤判定AI	右肩	18	7	0	14	0	39	40
	中央	18	7	6	7	0	38	
	左肩	18	13	0	14	0	45	

(2) 第3回岩盤判定における検証結果(坑口から178m)

図-4に、切羽写真を示す。表-2より、岩盤判定 AI の加重平均点は、全技術者より低い点数となった。この点数の差は、技術者の主観的な評価範囲と岩盤判定 AI の評価範囲が異なったためであると考えられる。各観察項目は、現場にいた技術者と半分以上一致した。岩石名の判定結果は凝灰岩であり実際の岩種と一致した。



図-4 坑口から 178m の切羽写真

表-2 技術者と岩盤判定 AI の評価点比較(第3回)

判定者	A B C D H,I					評価点計	加重平均点	
	圧縮強度	風化変質	割目間隔	割目状態	湧水劣化			
技術者1 (国土交通省)	右層	12	7	6	7	1	33	遠隔 現場
	中央	12	7	6	7	1	33	
	左層	12	7	6	7	1	33	
技術者2 (国土交通省)	右層	12	7	6	7	0	32	
	中央	6	0	0	7	0	13	
	左層	12	7	6	7	0	32	
技術者3 (国土交通省)	右層	12	7	6	7	0	32	
	中央	12	0	0	7	0	19	
	左層	12	7	6	7	0	32	
技術者4 (施工業者)	右層	12	7	6	7	0	32	
	中央	6	7	0	0	0	13	
	左層	12	13	6	14	0	45	
技術者5 (施工業者)	右層	12	7	6	7	0	32	
	中央	6	0	0	7	0	13	
	左層	12	13	6	7	0	38	
岩盤判定AI	右層	12	0	0	7	0	19	
	中央	12	0	6	0	0	18	
	左層	12	0	6	0	0	18	

(3) 第4回岩盤判定における検証結果(坑口から230m)

図-5に、切羽写真を示す。表-3より岩盤判定 AI の加重平均点は、技術者の加重平均点と類似する点数となった。この際、国土交通省の技術者3は現地に臨場して岩盤判定を行っており、その評価点数は32点となり、AI の判定により近い結果となっている。各観察項目は、現場にいた技術者と半分以上異なる結果となった。



図-5 坑口から 230m の切羽写真

表-3 技術者と岩盤判定 AI の評価点比較(第4回)

判定者	A B C D H,I					評価点計	加重平均点	
	圧縮強度	風化変質	割目間隔	割目状態	湧水劣化			
技術者1 (国土交通省)	右層	12	7	6	7	0	32	遠隔 現場
	中央	6	7	0	0	0	13	
	左層	12	7	0	7	0	26	
技術者2 (国土交通省)	右層	12	7	0	7	0	26	
	中央	6	13	0	7	0	26	
	左層	12	7	0	7	0	26	
技術者3 (国土交通省)	右層	12	13	6	14	0	45	
	中央	6	7	0	7	0	20	
	左層	12	13	6	14	0	45	
技術者4 (施工業者)	右層	12	13	6	7	0	38	
	中央	6	7	6	7	0	26	
	左層	6	7	0	0	0	13	
技術者5 (施工業者)	右層	6	7	6	7	0	26	
	中央	12	13	0	7	0	32	
	左層	6	7	0	7	0	20	
岩盤判定AI	右層	18	13	6	7	0	44	
	中央	12	0	6	7	0	25	
	左層	12	0	6	7	0	25	

5. まとめ

今回実施した検証より、次に挙げる問題点が明らかとなったため、今後の検討課題とする。

(1) 切羽写真と切羽観察データシートの対応

今回 AI に学習させた教師データは、施工者から提供された切羽観察データシートであるため、安全側に考慮された学習データが蓄積していると考えられる。

今後は、図-6の切羽全体のスケッチ画像のように、地質技術者が中立の立場で判断した画像データを用いることで、教師データの品質が向上するため、AI の判定精度が上昇するまでの期間は、教師データとして与えていく必要がある。

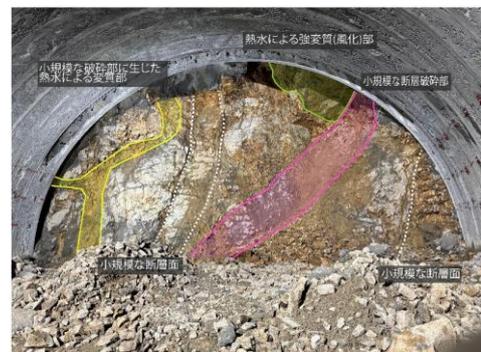


図-6 切羽全体のスケッチ例

(2) 圧縮強度・走向傾斜の判定項目について

実際に岩片を叩いて評価する圧縮強度や、奥行方向の情報を含む走向傾斜については画像による判定では限界があるため、針貫入試験値で得られる実測強度や、3次元データ等を学習データとして用いる必要がある。

6. 謝辞

本検証を行うにあたり、施工者である佐藤工業(株)より、データの提供と様々な協力を賜った。ここに深謝致します。

《引用・参考文献》

- 1) 荒木光一, 藤田達大, 鬼村雅和, 山縣宏紀; 2022年7月「深層学習によるボーリングコア画像からの岩種区分判定の基礎検討」第57回地盤工学研究発表