

AI を活用したトンネル切羽の地質評価と肌落ち予測支援による災害防止に関する研究開発⑤ ー切羽画像から肌落ち予測の教師データについてー

基礎地盤コンサルタンツ (株) 正会員 ○三木 茂 (株) 安藤ハザマ 正会員 辰巳 順一
 (一財) 先端建設技術センター 正会員 吉川 正 鹿島建設 (株) 正会員 白鷺 卓
 (一財) 先端建設技術センター 正会員 山本 拓治 清水建設 (株) 正会員 上岡 真也
 (一財) 先端建設技術センター 非会員 近藤 一寿 戸田建設 (株) 正会員 辻川 泰人
 東洋大学 正会員 曾根真理 日本システムウェア (株) 正会員 野村 貴律

1. はじめに

肌落ちの予測は、切羽作業の安全性確保のため重要であるが、現場作業員および技術者により経験的に行われてきた。さらなる安全性確保、コソク作業の自動化に際して、AI による自動予測が期待されている。しかし、AI の教師データとなる肌落ちデータの収集とデータ数が問題となる。そこで、切羽写真の活用が考えられるが、切羽写真から予測した肌落ち箇所の妥当性が課題となる。ここでは、切羽写真から地質技術者が指摘した肌落ち予測と実際に発生した肌落ちの比較検証を行った結果を報告する。

2. 対象トンネルと肌落ち状況

対象トンネルは、延長約 2km の自動車専用トンネルであり、地質は花崗閃緑岩である。約 432m の区間において吹付剥落のモニタリングを行った結果、約 235m の区間で、35 切羽 56 箇所で見吹き後の剥落が観察された。なお、モニタリング区間において、肌落ち予測に用いた切羽写真数は 78 であり、剥落が発生した 35 切羽の切羽写真も含まれる。剥落が生じた切羽の地山区分は、CI (6 切羽)、CII (18 切羽)、DI 以上 (11 切羽) であった。剥落した吹付片は、地山岩塊と一体であったことから、切羽の肌落ちとみなし比較検証を行った。

3. 比較検証方法

対象トンネルでは、2 人 (A, B) の地質技術者が、切羽写真から肌落ちが予測される箇所の教師画像の抽出を行っていた。2 人の地質技術者は、実際の切羽観察行っておらず、写真での予測であり、肌落ちが発生した場所は知らされていない。肌落ち予測の比較検証は、吹付剥落箇所から切羽写真上での剥落箇所の同定、2 人の地質技術者の肌落ち予測箇所との比較

の手順で行った (図-1)。また、予測位置の比較は、①肌落ち発生箇所と予測箇所が概ね一致、②類似箇所を予測、③無関係な箇所を予測、④予測無し of 基準で行った。図-1 の例では、技術者 A は肌落ち発生箇所と類似箇所を予測し、技術者 B は類似箇所を予測していたが、発生箇所は予測していなかったことになる。また、肌落ちが発生した箇所、地質技術者が肌落ちを予測した箇所について要因パターン分けを行った。なお、肌落ち発生箇所が、切羽写真においてズリで隠れていた 1 切羽 1 箇所については、比較検討から除外した。

● 吹付剥落箇所の把握



● 教師データとの比較

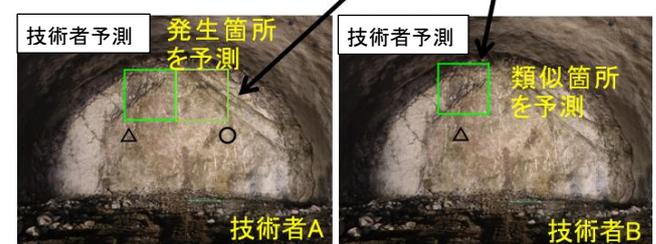


図-1 肌落ち予測の比較方法

表-1 地質技術者の箇所別肌落ち予測結果

技術者	A	B	A or B	
①発生箇所と一致	9	5	11	29
②類似箇所を予測	16	12	18	
③無関係な箇所を予測	21	26	26	26
④予測せず	9	12	0	

キーワード AI トンネル 肌落ち 切羽観察写真

連絡先 136-8577 東京都江東区亀戸 1-5-7 (錦糸町プライムタワー) 基礎地盤コンサルタンツ (株) TEL 03-6861-8873

4. 結果

表-1 に技術者の肌落ち箇所別の予測結果を示す。技術者 A, B のどちらかが肌落ち箇所を予測できた割合は 11/55, 類似箇所の予測を含めると 29/55 となる。

表-2 は, 肌落ちが発生した切羽に対する予測結果である。肌落ちが発生する切羽を予測できた割合は 11/34, 類似箇所を含めると 25/34 となる。

一方, 予測なしに着目すると, 技術者 A, B とも予測していない場合があるが, 両技術者のいずれかが, 肌落ちを予測する結果となった。反面, 実際の肌落ちとは無関係な場所においても多くの予測を行っていることが明らかである。モニタリング区間全体においては, 技術者 A, B は, 78 切羽で肌落ちの予測を行っており, 予測の確度に技術者でバラツキはあるものの安全側に予測を行っているとは評価できる。

表-3 は, 肌落ちが発生した場所, 技術者 A, B が肌落ちを予測あるいは類似箇所を予測した場所について, 要因パターンの頻度を示したものである。例えば, 図-1 の例では, 肌落ちの位置がトンネル外周部であり, 割れ目にそった岩塊が抜け落ちた跡が見られることから, 要因パターンは a-b となる。

図-2 は, 要因パターンの頻度をレーダチャートで示したものである。実際に発生した肌落ちは, a トンネル外周部での発生が多く, b 割れ目に沿った岩塊の抜け落ち, f 風化変色が見られる部分などの特徴がある。一方, 技術者 A, B が肌落ちの予測において着目した点は, a トンネル外周部, b 割れ目に沿った岩塊の抜け落ち, f 風化変色などである。図-2 に示されるように, 実際の肌落ちと技術者の肌落ち予測の要因パターンが類似していること, 技術者間においても要因パターンが類似していることが明らかになった。このことから, 技術者の肌落ち予測は, 概ね妥当なものであると考えられる。

5. まとめ

AI の教師データとして技術者が予測した肌落ち箇所の妥当性を確認するため, 切羽写真から地質技術者が指摘した肌落ち予測と実際に発生した肌落ちの比較検証を行った。その結果, 技術者の予測の確度にバラツキはあるものの安全側に予測を行っていること, 複数の技術者が予測することで見落としを防止できることが明らかになった。一方, 肌落ちの要因パターンに着目すると, 実際の肌落ち箇所と技術者の予測箇所のパターンは類似しており, 技術者の予測は妥当なものだと判断できる。AI の教師データとして, 実際の肌落ち箇所の画像を用いることが理想ではあるが, データの取得および数量の確保が困難である。切羽写真から予測することは, 予測確度に課題は残るが, 多数の教師データを取得することができ, 安全側のデータで AI を学習させる利点がある。本報告は, 技術者が切羽写真より肌落ち予測を行い, 教師データとして用いることの妥当性を示すものとなる。

なお, 本報告は, 国土交通省建設技術研究開発助成並びに(一財)先端建設技術センター自主研究開発の成果の一部である。

表-2 地質技術者の切羽別肌落ち予測結果

技術者	A	B	A or B	
①発生箇所と一致	9	5	11	25
②類似箇所を予測	12	11	14	
③無関係な箇所を予測	7	11	9	9
④予測せず	6	7	0	

表-3 肌落ちの要因パターンの頻度

パターン	肌落ち箇所	技術者 A	技術者 B
a: トンネル外周部	28	16	15
b: 岩塊の抜け落ち跡	22	16	14
c: 割れ目に沿って切羽凸凹	16	3	2
d: 割れ目細かく入る	8	6	3
e: 割れ目に粘土・介在物	0	0	0
f: 周囲より風化変色, 風化変色著しい	23	11	4
g: 破碎帯, 破碎状, 土砂化	0	0	0
h: 滲水, 湧水あり	7	5	3
i: その他	2	0	0

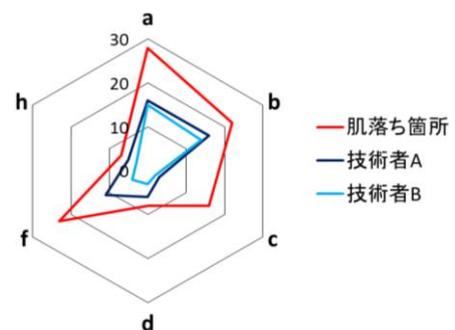


図-2 肌落ちの要因パターン