

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⑧ ー肌落ち災害と対策工の実態分析及びAIによる肌落ち予測への活用についてー

(財)先端建設技術センターフェロー ○山本拓治 正会員吉川正 (株)安藤・間フェロー 鈴木雅行
戸田建設(株)正会員 辻川泰人 清水建設(株)正会員 上岡真也 鹿島建設(株)正会員 白鷺卓 東洋大学正会員
曾根真理 (株)想画 正会員 田中統蔵 (財)先端建設技術センター 正会員 橋立健司 正会員 杉本翔平

1. はじめに

2011年に吉川ら¹⁾は、肌落ち死傷災害事例を収集し安全対策の提案をした。その後、2016年に厚生労働省では、「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン²⁾」を策定し、2018年に当該ガイドラインを改正²⁾している。

本報告は、AIによる山岳トンネルの肌落ち予測支援システムの構築のための第一歩として、2011年までの吉川らの収集データと日本トンネル専門工事業協会が2011年以降に実施されたアンケート結果^{3) 4)}やその他公開資料による肌落ち災害事例と共同研究実施中のゼネコン4社の2010年以降の詳細な肌落ち災害事例を統合し、整理・分析を行ったものである。

2. 肌落ち災害事例の分析

図-1は、収集した肌落ち災害事例135件を年ごとに集計した結果である。アンケート結果には国内のすべての事例が含まれているわけではないが、2013年以降は工事量の増加に伴い災害件数が増加していた。しかし、2016年12月にガイドラインが提示されて以降、切羽への立ち入り禁止や切羽監視責任者の専任、鏡吹付けコンクリートの徹底等の影響により災害は激減していることがわかる。図-2は切羽作業別の災害件数を分類したものである。切羽に近接した装薬作業や支保工作業の時に災害が多いことがわかる。また、実際の作業ではなく、装薬中、コンク中、切羽観察中やずり出し後、発破後、吹付作業中に切羽や作業を確認している人の災害も合計すると多いことがわかる。切羽に近接しない機械化や遠隔作業システムの開発や切羽状況や地質状況を遠隔で詳細に観察できるシステムの開発が必要であることがわかる。

図-3は肌落ちが発生した位置の高さと災害の件数を分類したものである。この図を見ると、死亡に至る災害ほど高いところからの落石により災害が発生しているため、身長より高い位置に関しては重点的に肌落ちの危険性を予測できるシステムが必要なことが分かった。図-4は、肌落ちの規模と災害件数を比較したものである。死亡災害は大きな規模の肌落ちにより発生

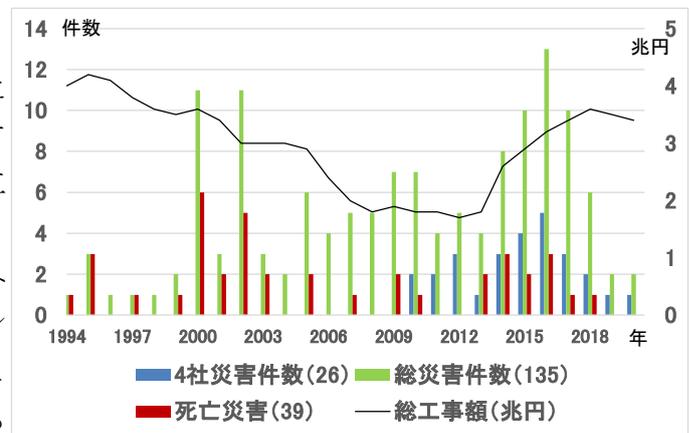


図-1 肌落ち災害件数

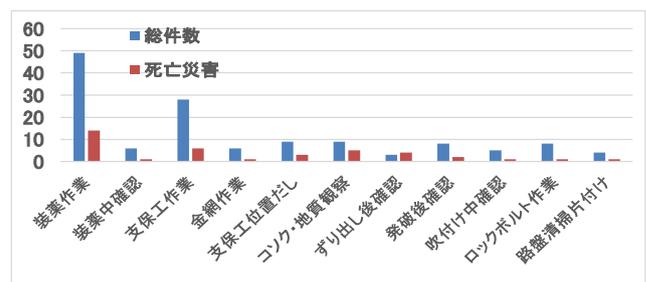


図-2 切羽作業別災害件数

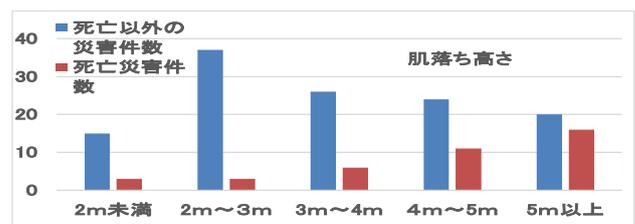


図-3 肌落ち高さ別災害件数

キーワード 山岳トンネル, 肌落ち, AI 技術

連絡先 〒112-0012 東京都文京区大塚 2-15-6 (一財) 先端建設技術センター TEL 03-3942-3991

し、死亡に至らない災害は、人頭大程度の岩塊が落下し骨折災害となっている例が多い。

3. 地質観察項目と災害との関係

AIによる肌落ち予測支援システムを構築するためには、肌落ちを発生させる岩種や湧水の状況、地質的な原因を推定し、教師データを作成して機械学習させる必要がある。図-5は岩種と災害件数の分類である。層状軟質岩や層状中硬岩の件数が比較的多いようであるが、塊状中硬岩も割れ目の影響により肌落ち災害が発生している。図-6は湧水の程度と災害件数の関係である。湧水なしの事例より、多少でも湧水がある地山で多くの災害が発生しているため、AIによる肌落ち評価に際しては、湧水の程度の評価も必要となることがわかる。図-7は切羽観察項目にある地質的な要因と災害件数を分類したものである。強度や風化変質、割れ目の状態、割れ目の方向性、湧水による劣化、割れ目の頻度が正しく評価できていなかった結果、肌落ち災害が発生したと報告されていた。したがって、教師データ作成の際には、これらの要因が画像等により評価できることが望まれる。

4. おわりにと対策工の実態分析

図-8は、災害後の再発防止案の件数を集計したものである。鏡吹付コンクリートの厚さが薄かったり強度が不足して肌落ちが発生した事例が最も多いが、地質の確認が不十分でコソクが徹底されていなかったり、浮石が存知されている例や地質情報が全作業員に共有化されていなかったとの事例もあった。AIによる肌落ち評価に際しては、評価結果をリアルタイムに作業員に伝えるための伝達技術が必要であり、今後研究開発を進めていく所存である。

なお、本報告は、国土交通省の建設技術研究開発助成制度（JPJ000094）並びに先端建設技術センター自主研究開発成果の一部である。

参考文献

- 1) 吉川直孝ら：トンネル切羽の肌落ちによる死傷災害の調査分析と安全対策の検討、土木学会論文集 F6 (安全問題) Vol67、No2、2011
- 2) 厚生労働省：山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインの改訂、基発 0118 第1号、平成30年1月18日
- 3) 日本トンネル専門工事業協会：トンネル工事における労働災害事例とその対策（平成31年3月）
- 4) 日本トンネル専門工事業協会：トンネル工事における肌落ち労働災害防止のハンドブックその2（平成24年3月）

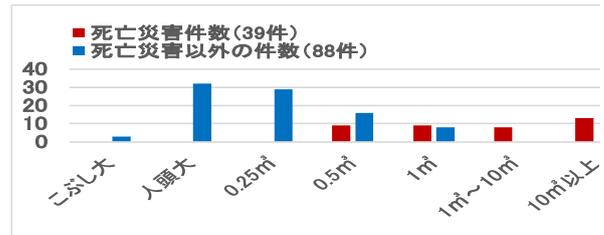


図-4 肌落ちの規模と災害件数

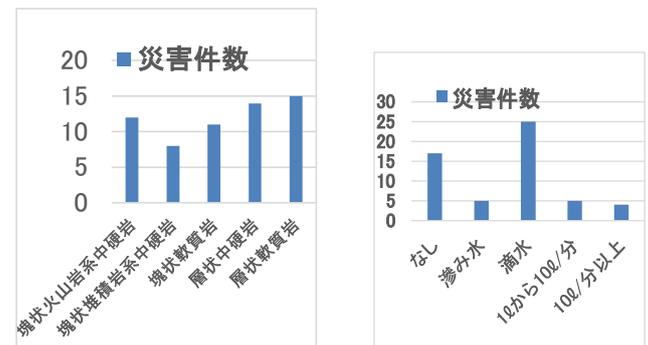


図-5 岩種と災害件数

図-6 湧水と災害件数



図-7 地質的な要因別災害件数

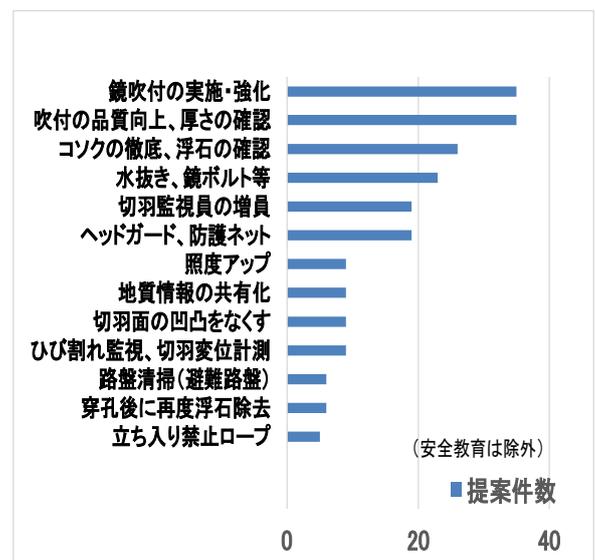


図-8 再発防止案の提案件数