

切羽評価点に基づく補助工法選定システムにおける SVM 入力値の再検討

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○丸山健太
山口大学大学院理工学研究科 正会員 進士正人

1. はじめに

山岳トンネルの施工では、施工時に切羽安定性の向上を目指し、切羽状況に合わせて補助工法の採用が行われている。しかし、現実の補助工法の選定にあたっては明確な選定基準は乏しく、トンネル技術者の経験的判断にゆだねられている¹⁾。そのため、経験の浅い技術者であっても補助工法の選定を行わなければならない場合に困難が予想される。

この状況をサポートするため、切羽観察記録と採用された切羽補助工法との関係を統計解析し、切羽観察記録から補助工法の採用確率を提供する選定システムが提案されている¹⁾。しかし、その精度に関しては若干の問題点が指摘されていた。そこで、本研究ではさらなる精度向上を目指し、Support Vector Machine(以下、“SVM”と略称する)と呼ばれる学習システムを適用し、精度よい補助工法の採用・選定を行うシステムの開発を行った。また従来の研究でのSVMに対する入力値の再検討を行う。

2. 補助工法²⁾

補助工法とは、通常地山区分における支保に追加して、トンネル施工時に何らかの対策を講じなければ切羽の安定が保てず、安全に掘削できない場合などに、採用される補助的または特殊な工法である。

本研究では切羽安定対策の補助工法として最も採用頻度の高い、鏡吹付けコンクリート(以下“鏡吹付け”と略称する)と、コストは高い分、その効果も高いと言われているフォアポーリング(以下“FP”と略称する)を対象とした。

鏡吹付けは、掘削直後の鏡面に厚さ3~10cm程度コンクリート吹付けを実施する工法で、広く適用されている。FPは、掘削に先立ち切羽面から上半アーチ外周に長さ5m未満の鋼棒等を斜め前方に施工する工法である。天端の崩落や崩壊対策として適用され、特に不良地山に対する切羽天端の安定対策で適用されることが多い。

3. SVM

3. 1. SVM とは

SVMとは1960年代にVapnikらにより提案された2クラスのパターン認識手法である。SVMは訓練サンプルの中央を通る識別平面を学習により求めることで、高い汎化性能を有しているとされる。

3. 2. システムの流れ

本システムは図-1に示すように、岩種および補助工法ごとにSVMによる学習を行った。

切羽評価点は表-1と図-2の組み合わせで計18項目ある。

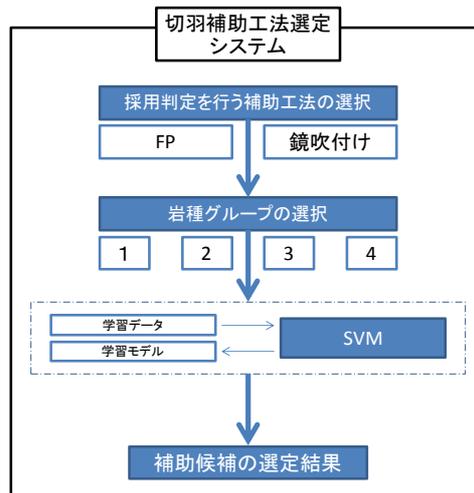


図-1 システムの流れ

表-1 切羽観察項目一覧

観察項目	内容
圧縮強度	岩石の硬さ
風化変質	風化や変質の程度
割目間隔	割目の間隔, RQD
割目状態	状態, 狭在物の有無と性状
湧水量・劣化	湧水の位置, 量・水による劣化

表-2 支保の数値化

支保パターン	入力値
B	1
C I	2
C II	3
D I	4
D II	5
D III	6

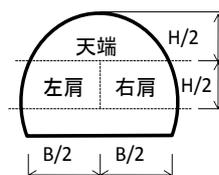


図-2 切羽の区分

キーワード SVM 切羽評価点 補助工法 切羽観察記録 鏡吹付けコンクリート フォアポーリング
連絡先 〒755-9611 山口県宇部市常盤台2丁目16-1 TEL 0836-85-9335

4. システム検証

4. 1. 学習用データの切羽観察記録

本研究では、1997年から2002年に旧日本道路公団により施工された道路トンネルのなかで切羽観察記録が収録された152本のトンネルの切羽観察記録27,388データを学習用データ³⁾とした。図-3に岩種ごとのデータ数の割合を示す。

4. 2. テストデータの切羽観察記録

SVMの有用性検討のために、硬質岩の地山で施工されたAトンネルの切羽観察記録を用いた。なお、Aトンネルは山口県が施工した道路トンネルで、学習用データとは全く異なるトンネルである。

4. 3. 入力値の再検討

従来の研究では、図-2に示す切羽の区分ごとに切羽評価点をそのまま適用してきた。本研究ではSVMへの入力値の再検討を行い、天端及び両肩部の切羽評価点の平均と分散を入力値に採用した。なお、平均は式(1)に示すように天端を2倍とした。

$$\text{評価点平均(\%)} = (\text{右肩部} + \text{左肩部} + \text{天端} \times 2) / 4 \quad (1)$$

4. 4. 既往研究との比較

既往の研究の採用確率¹⁾を、50%以上で補助工法採用、50%未満で不採用と仮定した。比較には採用確率とSVMの結果を、式(2)より得られる識別率を用いた。また、より詳細を検討するために、トンネル全体、補助工法採用切羽のみ、補助工法不採用切羽のみの3パターンで識別率を算出した。

$$\text{識別率(\%)} = \frac{\text{正しく識別できたデータ数}}{\text{切羽観察記録データ数}} \times 100 \quad (2)$$

(a) 鏡吹付けコンクリート

図-4より、本研究のSVMの結果は、採用確立や切羽評価点のみを学習データに使用したSVMの結果と比較し、高い識別率が得られた。また、詳細を比較しても、採用状況を上手く識別できている。このことから、既往の研究よりもSVM適用の有用性が高いと考えられる。

(b) フォアポーリング

図-5の(2)から、本研究で適用した入力値の結果は、補助工法の有無に関わらず上手く識別できていることがわかる。既往の研究において補助工法が採用されている場合をうまく識別することができなかったが、新たに土被りや支保パターンを学習データに取り入れたことで、より補助工法と切羽観察記録の関係を明確にできたのではないかと考えられる。

5. 結論

SVMへの入力値に平均と分散を取り入れたことで、天端、右肩部および左肩部のばらつきをまとめることで、入力データに一貫性ができたのではないかと考えられる。今後はより多くの現場データに適用し本システムの汎用性を検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1)長野康彦, 清水弘史, 進士正人: トンネル補助工法選定支援システムのインターネット化とその適用, 平成21年土木学会中国支部学術講演会概要集, III-4, 2009.5
- 2)社団法人地盤工学会: 地盤工学実務シリーズ24 山岳トンネル工法の調査・察径から施工まで, pp.127~129, 131~132, 138~139, 2007.7.
- 3)榎田敦之, 関茂和, 進士正人, 中川浩二: 切羽観察結果に基づく鏡吹付けコンクリート工の採用特性, 土木学会トンネル工学報告集「報告I-15」第14巻, pp.95-100, 2004.11.

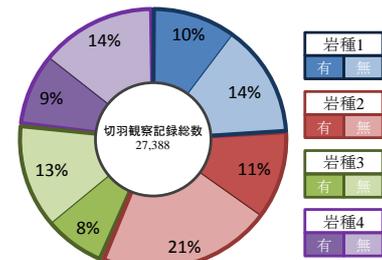
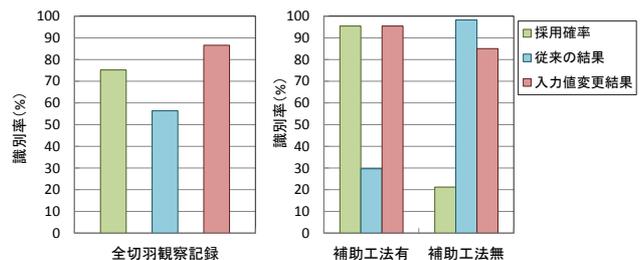
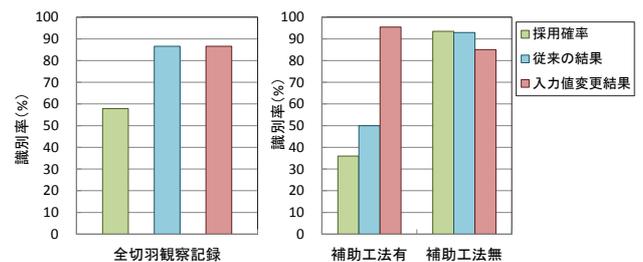


図-3 切羽観察記録のデータ割合



(1) トンネル全体 (2) 採用・不採用

図-4 鏡吹付けコンクリート識別結果



(1) トンネル全体 (2) 採用・不採用

図-5 フォアポーリング識別結果