

SVM を用いた切羽観察記録に基づく切羽補助工法選定

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○平拓洋
 東海旅客鉄道株式会社 正 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、補助工法の必要性の評価と採用が行われている。しかし、実際の補助工法の選定におい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、経験の浅い技術者が補助工法の選定を行う場合などに困難が予想される。この状況を支援するため、切羽観察記録と採用された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示する選定システムを、これまで著者らは提案した¹⁾。しかし、その予測精度に関しては若干の問題点が指摘されていた。本研究では、精度向上を目的としてSupport Vector Machine(以下、“SVM”と略称する)を適用し、その有用性の検討を行う。また、補助工法選定システムに適用するSVMへの入力項目を再検討し、現場データ適用による精度検証を行う。

2. 補助工法²⁾

補助工法とは、通常のトンネル施工時に支保工に追加して、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地山補強工法の総称である。

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工法(以下“鏡吹付け”と略称する)と、コストは高い分支保効果も高いとされるフォアポーリング工法(以下“FP”と略称する)を対象とした。

3. 補助工法選定システム

図-1に示すように、本研究では予めSVMにより学習モデルを作成する。作成した学習モデルに、補助工法の必要性を判定したい切羽評価点を入力することで、補助工法の必要性の有無を出力する。ここで、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。図-2に示すように、SVMは訓練サンプルの中央を通る(マージン最大化)ように識別平面を構築する。SVMでは、識別平面を構築する過程を学習と呼び、識別の基準となる識別平面を求めることで、学習に用いていないデータに対しても、高い汎化性能を有しているとされる。

4. SVM適用の有用性の検討

本研究では、表-1に示す切羽観察記録の天端部及び左右両肩部3ヶ所の圧縮強度、風化変質、割目間隔、割目状態、湧水量・劣化の5項目の評価点を入力値として、SVM適用の有用性の検討を行った。

4.1. 学習用データおよびテストデータの概要

本研究では、過去に施工された道路トンネルの中で、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とした。また、テストデータとして、硬質な地山に施工されたAトンネル、中硬質軟質な地山に施工されたBトンネルの切羽観察記録を用いた。

キーワード 切羽観察記録 切羽評価点 補助工法 鏡吹付けコンクリート フォアポーリング SVM

連絡先 〒755-9611 山口県宇部市常盤台2丁目16-1 TEL 0836-85-933

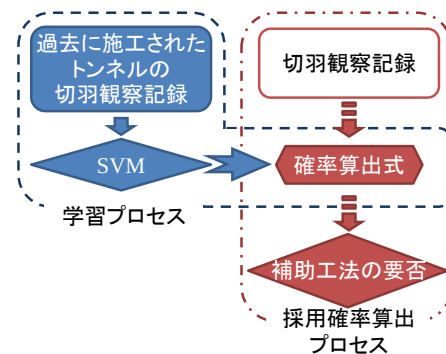


図-1 補助工法選定システム概略図

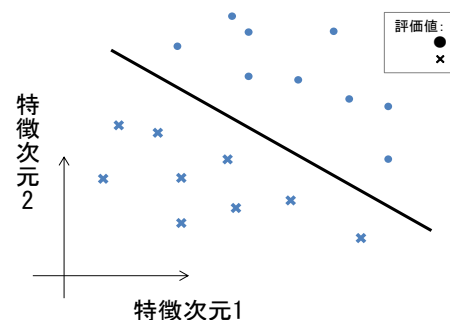


図-2 SVM 概略図

表-1 切羽観察項目及び評価位置

切羽評価位置	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・劣化	湧水の位置, 量・水による劣化

4.2. 識別率及び既往研究との比較

本研究では、SVMの結果を式(1)により識別率に換算し評価する。ここで、識別率とは、SVMの結果とテストデータの補助工法の採用状況との一致数の百分率であり、識別率によりSVMの汎用性を検証する。また、既往研究では採用確率を提案している。本研究との比較を行うために、採用確率が50%以上となった切羽は補助工法採用、50%未満となった切羽は補助工法不採用と判定されたと仮定し、同様に式(1)を用いて採用確率の結果から識別率の算出をする。

$$\text{識別率} = (\text{テストデータとSVMの結果の一致数} / \text{テストデータの数}) \times 100 \quad (1)$$

図-3に既往研究との比較結果を示す。この図から明らかなように、鏡吹付けと比較して、FPではSVMの結果の方がより高い識別率が得られた。鏡吹付けに関しては、施工会社の方針により切羽の状況に関係なく行うケースもあるため、切羽評価と関係なく鏡吹付けが採用されていることも識別率に影響を与える原因と考えられる。この結果から、より切羽状況を評価して採用が検討されているFPについて、その精度を向上するための検討を行う。

5. SVM への入力項目の検討

本研究ではSVMへの入力に関して、先に述べた切羽観察記録の天端部及び左右両肩部3ヶ所の圧縮強度、風化変質、割目間隔、割目状態、湧水量・劣化の5項目の評価点を使用する方法と、3ヶ所の評価点の平均分散を使用する方法の2通りで行った。評価点または、評価点の平均分散を基本とし、土被り、評価点の合計、支保、一つ前の切羽でのFPの有無(以下“PFP”と略称する)の4項目の組み合わせを変化させて、SVMへの最適な入力項目を検討する。

図-4にAトンネルの切羽観察記録を評価した結果を示す。評価点を基本とした場合で93%、平均分散を基本とした場合で95%の識別率を示した。特に、入力項目に土被りやPFPが入っている場合に精度が高くなることがわかる。また、支保も少なからず精度に影響していると考えられる。次に、図-5にBトンネルにおける適用結果を示す。Bトンネルにおいては、平均分散を基本とした場合で97%の識別率を示した。また、土被り、評価点の合計、PFPも識別率に影響していると考えられる。

6. 結論・今後の課題

入力項目を再検討することで、Aトンネルでは約8~11%、Bトンネルでは、約13%の識別率の向上が確認できた。特に評価点以外の項目として、土被りや支保、PFPなどを組み合わせて、評価点などの基本項目に加えた場合に、高い識別率が得られることがわかった。特に、FPの場合は、切羽観察記録のデータ数を増やしていくことで、より精度を高めることができると考えている。しかし、適用現場がまだ少ないため、より多くの現場に適用し最適な入力項目のパターンについて、さらに分析する必要があると考えられる。また、人的な差の少ない内空変位計測結果などの数値データの計測結果を適用することで、より高い精度が得られると考えられる。

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・設計から施工まで, pp.127~129, 131~132, 138~139, 2007.7.

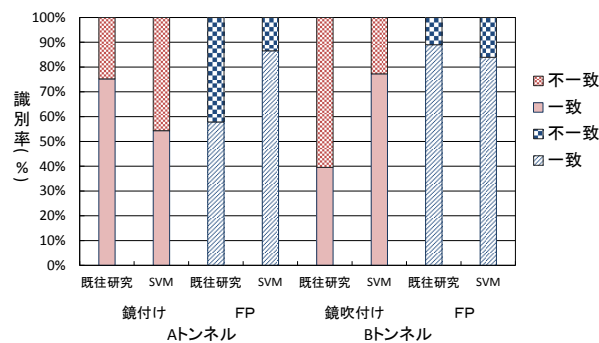


図-3 既往研究との比較

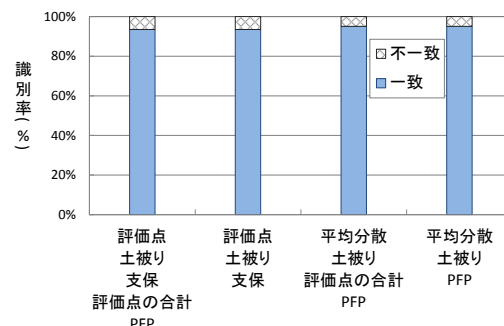


図-4 A トンネル適用結果

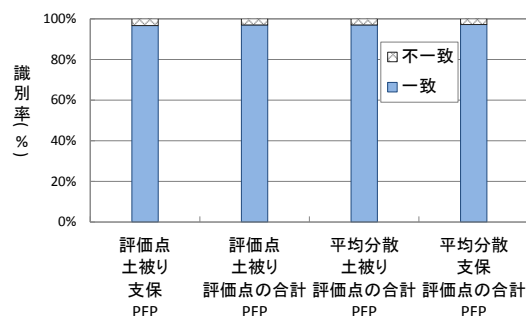


図-5 B トンネル適用結果