

発破のための削孔データを用いた切羽面の前方地山予測

山口大学大学院創成科学研究科 学生会員 ○宮仲美玖
 株式会社 安藤・間 正会員 河邊信之
 山口大学大学院創成科学研究科 正会員 森本真吾 進士正人

1. はじめに

トンネル施工において、地山の地質調査は施工の安全性や効率性を確保するために必要不可欠である。しかし、計画・設計段階における地質調査では地山状況をすべて詳細に把握することは不可能であるため、トンネル施工中に前方探査を行うケースが増えている。現在、切羽前方探査で最も用いられる削孔検層システムは、長尺削孔検層システムである。

本研究はより簡便な探査法として施工サイクルに合わせて発破装薬のために実施する短尺削孔を削孔検層システムとして利用し、そのシステムの適用性を検証したものである。

2. 短尺削孔検層システムの概要

削孔検層システムにおける長尺削孔と短尺削孔の特徴を表-1に示す。ここで、どちらも取得可能な削孔データは同じである(表-2参照)。ここで提案する短尺削孔検層システムは、通常の削孔機械(ドリルジャンボ)データを活用して次の掘削切羽断面の地山状態を直接的かつ面的に判定するシステムである。

3. 統計分析手法と使用データ概要

3.1 統計分析手法と予測対象

統計分析手法として遺伝的プログラミングを用いた。遺伝的プログラミングとは、得られた回帰式によって目的変数を予測する非線形回帰分析手法である。回帰式の目的変数(予測対象)を天端、右肩、左肩の評価点とし、説明変数を表-2に示す。ここで、切羽評価点は切羽を評価する指標であり、切羽の状態を割れ目や湧水に関する項目から点数付けしたものである。切羽評価点は低いほど切羽状態は良好であるといえる。

3.2 遺伝的プログラミングに用いるデータの概要

キーワード 切羽前方探査, 削孔検層, 統計解析, 切羽評価点

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16番1号 山口大学大学院創成科学研究科 進士研究室

TEL0836-85-9332

表-1 長尺削孔と短尺削孔の特徴

	長尺削孔	短尺削孔
水平掘削長	約30m	約1~2m
削孔数(1断面)	1~3	多数
調査実施時期	掘削作業休止時	掘削作業中(切羽毎)

表-2 削孔データの概要

地山パラメータ	単位	概要
穿孔速度	cm/s	単位時間当たりのフィード前進長
打撃圧	MPa	打撃の作動圧力
回転圧	MPa	ドリフタ油圧モータの作動圧力
フィード圧	MPa	通常油圧シリンダの作動圧力

S トンネルの主な岩種は粘板岩で、長さ約 1493m 二車線道路トンネルである。本研究では、3983 本(38 断面)の短尺削孔データを用いて統計解析を行った。

4. 分析結果と考察

4.1 切羽評価点の予測

図-1に示すように、トレーニングデータ区間をそれぞれ変更した4ケースから得られる式(1)~(4)(式は省く)を用いて、トレーニングデータ区間前方の切羽評価点の予測を行った。以下に、予測方法を述べる。①回帰式に実データを当てはめ、各発破孔の切羽評価点を算出②得られた切羽評価点を天端、右肩、左肩毎に平均化③平均した切羽評価点を以下の式に当てはめ、これを予測切羽評価点とする。

$$\text{切羽評価点} = (\text{右肩} + \text{左肩} + \text{天端} \times 2) / 4 \quad (2)$$

次に、予測精度について決定係数 R^2 と平均二乗誤差 RMSE を用いて評価を行った。 R^2 は回帰モデルによって観測切羽評価点との一致度を表しており、RMSE は予測切羽評価点の観測切羽評価点との乖離度を表す。ここで、 R^2 は 1 に近いほど、RMSE は 0 に近いほど精度が良いといえる。

それぞれの回帰式による切羽評価点の予測結果を

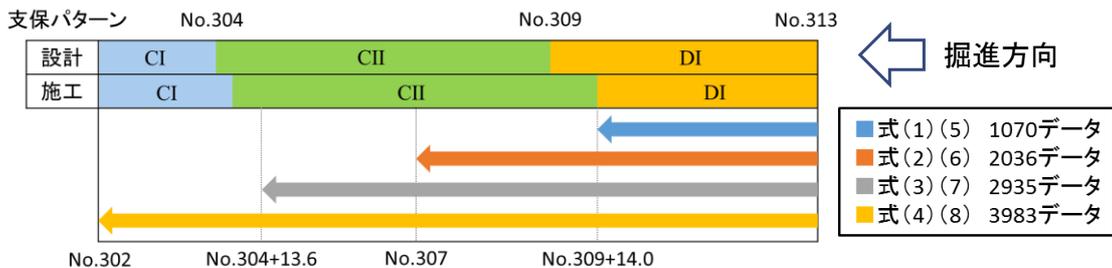


図-1 S トンネルの回帰式別データの詳細

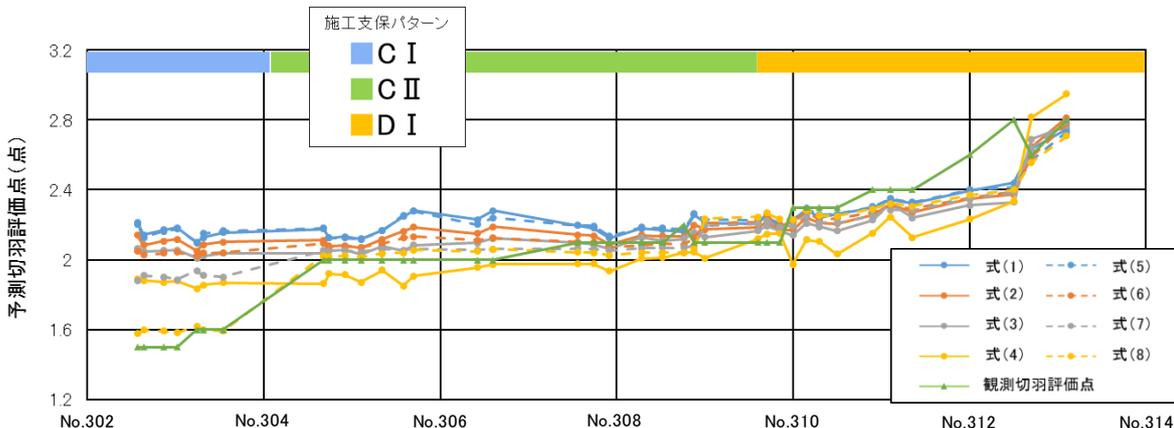


図-2 切羽評価点の予測

図-2, 精度評価を表-3 に示す。まず, 図-2 より No.304 +18.4~No.305+14.0 区間 (CIIパターン領域) において式 (1) ~ (3) の予測切羽評価点が徐々に低下し, 切羽状態が良好となってきていることを示す。このことから, 前方のCIパターンへの地山状況の変化を先取りしているといえる。しかし, No.304 以降 (CIパターン領域) においてどの予測切羽評価点も観測切羽評価点までを正確に表現することはできなかった。

4.2 掘進長を加味した切羽評価点の予測

CIパターン領域において予測切羽評価点が観測切羽評価点に沿わないことから, 設計段階における支保パターン毎の掘進長を説明変数に加えて予測精度の向上を図った。図-1 に示す4ケースに対応する式 (5) ~ (8) による切羽評価点の予測結果を図-2, 精度評価を表-3 に示す。図-2 より, No.304 以降 (CIパターン領域) において式 (7), (8) による予測切羽評価点が観測切羽評価点に近づいたこと, また, 表-3 からどの回帰式も掘進長加味前の回帰式より精度が高いことから, 予測精度は向上したといえる。

5. まとめと今後の課題

本研究では, 掘削区間が異なる削孔データ 4 ケースによる4つの回帰式を用いて前方の切羽評価点の

表-3 回帰式毎の精度評価

	式 (1)	式 (2)	式 (3)	式 (4)
R ²	0.196	0.347	0.454	0.570
RMSE	0.298	0.268	0.245	0.218
	式 (5)	式 (6)	式 (7)	式 (8)
R ²	0.201	0.480	0.682	0.897
RMSE	0.297	0.239	0.187	0.107

表-4 支保パターン毎の1掘進長

支保パターン	1掘進長 (m)
C I	1.5
C II	1.2
D I	1.0

予測を行った。また精度向上のため, 掘進長を説明変数に加えて再度切羽評価点の予測を行った。その結果, 予測切羽評価点は観測切羽評価点に近づき精度向上につながった。今後は, 必要データ数の更新時期等の検討を行いたい。

参考文献

- 1) ジェオフロンテ研究会：現場技術者のための切羽前方探査技術読本, pp. 29~32, 2012. 3.
- 2) 近畿地方整備局道路部道路工事課：トンネル地山等級判定マニュアル (試行案), 2006. 9.