

山口大学大学院 学生会員 長野康彦
 山口大学大学院理工学研究科 正会員 進士正人
 山口県 正会員 阿部雅昭

1. はじめに

山岳トンネルの施工では、支保パターンの変更や補助工法の選択や決定は現場技術者の経験的判断に大きくゆだねられている。そのため、経験の少ない技術者でも、補助工法の選定などの判断をしなければならない場合も多い。既往の研究では、トンネル切羽観察記録を用いて、補助工法採用の必要性の判断を支援する研究が行われている。しかし、その研究で提案された式は、計算過程が若干複雑なためリアルタイムに利用するには困難であった¹⁾²⁾。

本研究では、データ入力を簡素化すると同時に、切羽観察記録帳を直接入力可能なノートパソコンに組み込んだ。そして、ノートパソコンに構築した電子切羽観察記録帳を使って、補助工法の必要性の有無の議論をする判定システムを作成した。そして、このシステムを実際のトンネルの切羽観察記録に適用し、切羽評価点および補助工法採用確率との関係を分析した。

2. 切羽で活用するためのパソコンの選択

切羽観察記録を記入する環境はトンネル坑内を想定しているため、観察者は電源の供給がなく、そのうえ立って作業を行う必要がある。そこで、ペンで直接パソコン上のディスプレイ上に入力できる「タブレット PC」に着目した。このタブレット PC は、ディスプレイ上にペンを使って直接データを入力できる上に、ディスプレイを上たたむ事も可能で、キーボードを使わないので防じん性が高く、加えて作業の邪魔にならず、操作も簡易となるためトンネル坑内での作業に適している。

3. 切羽観察記録表の電子化と補助工法採用確率の算出手順

タブレット PC を利用した切羽観察記録表の電子化のために、カード型データベースソフトである File Maker を用いた。このソフトは、ユーザー自身が容易にデータベースの入力画面を構築でき、カスタマイズも即座におこなえる。またカード型の表示レイアウトを自由にユーザーが編集でき、用途に応じたデータベースの作成・表示ができる特徴がある。このソフトを使って切羽観察記録表の形式をタブレット PC 上にレイアウトを作った。また、補助工法採用確率システムの計算ルーチンも組み込み、採用確率を画面上に表示するレイアウトも別途作成し、切羽評価点と合せて表示できるようにした。

補助工法採用確率の算出は、図-1 に示す手順で行った。まず“評価区分値の入力および岩石グループの決定”の際は、File Maker のレイアウト表示をボタン化し、タブレット PC の機能であるペン入力で、区分値の選択・入力を簡易にできるようにした。そして、評価区分値より切羽天端部・左右肩部の評価点を決定した。その評価点を用いて加重平均値を算出し、補助工法採用確率選定式¹⁾²⁾により補助工法採用確率および切羽評価点を算出した。

4. 現場での適用と補助工法採用確率システムの検証

小郡トンネルにおいてタブレット PC を試行し、その汎用性を検証した。トンネル切羽面で実際に切羽観察記録を記

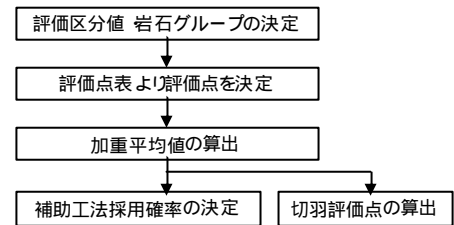


図-1 採用確立算出の手順



図-2 FileMaker による作成レイアウト

入し、また技術者にアンケートを実施した。いくつかの試行意見の中で、現場では“切羽評価点”の表示も有効であるという結果を得たため、切羽評価点の計算も行い、補助工法採用確率と合せてそれらの結果を表示させるシステムとした。現場試行を踏まえた最終レイアウトを図-2に示す。

4-1. 小郡トンネルにおける補助工法採用確率システムの分析

小郡トンネルにおける施工開始からすべての切羽観察記録を用いて、補助工法採用確率システムの検証を行った。図-3に小郡トンネルでの検証結果を示す。一般に補助工法は図-4に示すように切羽の状態に応じて段階的に採用され、補助工法の規模が大がかりになる。AGF・FPの採用確率が高い坑口部分は、実際に、坑口から52.1mの範囲ではFPが実施されており対応がとられていることが分かる。また、数箇所AGF・FPの採用確率が高い場所があるが、これは一時的に地山状態が劣化した箇所で実際には補助工法を採用しないで施工されていることも分かる。

次に、鏡吹き付けコンクリートの採用確率とAGF・FPの採用確率との関係を図-5に示す。この図より小郡トンネルでは、鏡吹き付けコンクリートの採用確率は最高で50%程度であり、30%を超えると、AGF・FP採用確率が急激に高くなることが分かる。

また、切羽評価点と2種類の補助工法の間を図-6に示す。切羽評価点小さくなるとAGF・FPの採用確率の値が急激に高くなることが分かる。この原因として、岩石グループ2の「中硬質・軟質岩(塊状)」の岩石グループの評価点の項目で“割目間隔”の項目が大きく評価されているため、小郡トンネルではAGF・FPの採用確率の値が上昇する傾向を有し実際の現場の判断とよく一致することが分かった。

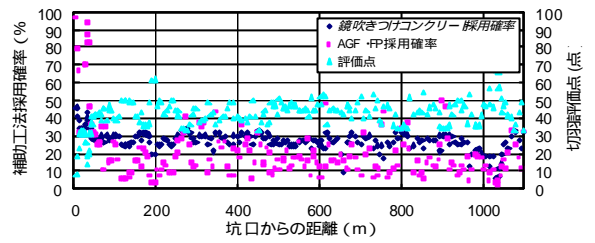


図-3 小郡トンネルにおける採用確率と切羽評価点

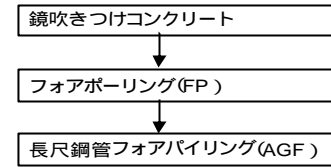


図-4 一般的に補助工法の採用順序

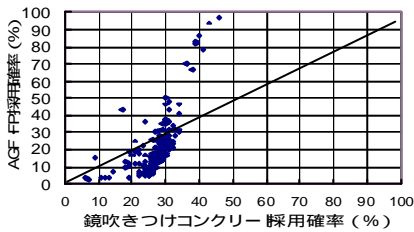


図-5 小郡トンネルにおける補助工法採用確率の関係

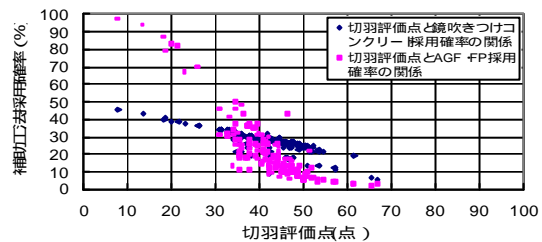


図-6 切羽評価点と補助切羽評工法採用確率の関係

5. まとめ

本研究は、タブレット PC を用いて切羽観察記録表と補助工法採用確率システムの電子化を行った。電子化した切羽観察記録表に基づき補助工法採用確率を PC で計算・表示させ、トンネル切羽を見ながら切羽評価点や補助工法の必要性の有無が議論する基礎システムができた。また、現場適用により、判定に必要なとされる資料や切羽面の評価判断基準が分かり、それを元にレイアウトの変更および追加項目の決定を行うと同時に小郡トンネルのデータを分析した。

6. 今後の課題

これまでの切羽観察記録を電子化させ、web 上のデータベースサーバーに集積し、過去の施工実績との対比ができるようにし、トンネル施工を円滑に進めるための情報を提供できるシステムにまで完成度を高めていきたい。また、タブレット PC をさらに小型 (PDA 等) のものに変更できれば、さらに作業効率を上げることが出来ると思う。

参考文献

- 1) 馬詰祥代：切羽観察結果に基づく鏡吹き付けコンクリートの定量的な選定手法の検討，pp.8-12
- 2) 平谷龍一：切羽観察記録を援用したトンネル先受工選定方法の開発,pp.12-19