

西松建設（株）正会員 清水弘史

山口大学大学院理工学研究科 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

1. はじめに

山岳トンネルの施工では、切羽状態によって支保パターンを決定するだけでなく、必要に応じて補助工法の選定もしなければならない。それにも関わらず補助工法の選択には明確な判断基準がなく、技術者の経験的判断に大きく左右される傾向がある。そこで、既往の研究として、これまでトンネル切羽観察記録表をデータベース化しその分析をし、補助工法の採用確率を算出する方法が提案された。

本研究では、まずトンネル切羽観察記録表¹⁾をインターネット化し、世界中どここの現場でも切羽観察ページから切羽評価点や補助工法採用確率を自動的に算出できる IT システムを構築した。そして、種々提案されている補助工法採用確率算出式を再検討し、その適用性を明確化した。

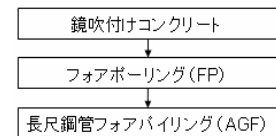


図-1 一般的な補助工法の採用順序

2. インターネット化の仕組み

HTML, PHP, JavaScript 等の開発言語を組み合わせ、トンネル切羽観察表のインターネット化を行なった。まず、HTML [hyper text markup language] を使い Web ページの基礎を記述した。そして PHP [Hypertext Preprocessor] により web ページ上で画像のアップロード・表示できるようにした。その上で JavaScript により切羽観察シートの評価区分を入力し、切羽評価点・補助工法採用確率を計算し、その評価結果を表示できるようにした。インターネット上での情報の流れのイメージ図を図-2 に示す。



図-2 インターネット上での情報の流れ

トンネル切羽観察表のスクリーンショット。表には切羽の状態（全断面、半断面、片断面）と、評価区分（A, B, C, D, E）が記載されている。また、補助工法の採用確率（%）も表示されている。

図-3 トンネル切羽観察表

このようにトンネル切羽観察記録表をインターネット化したことにより、インターネットに接続されていれば世界のどこからでもトンネル切羽観察記録表にデータを入力でき、そのトンネル切羽の切羽評価点・補助工法採用確率が自動的に算出できるようになった。図-3 は、実際に表示されるホームページ上でのトンネル切羽観察記録表の一例である。

3. 補助工法採用確率算出式の検討

図-1 に示すように補助工法は切羽の状態に対応して段階的により補強効果が高い工法が採用される。しかし、インターネット化され、種々のデータの入力を試行したところ、これまでの研究で用いられた算出式では採用順序の逆転が見られるケースが生じた。そこで、鏡吹付けコンクリートの採用確率算出式を再度見直すことにした。過去に鏡吹付けコンクリート採用確率算出式について研究された論文より算出式²⁾³⁾⁴⁾を以下に示す。

馬詰が提案する算出式（以下算出式（馬詰）と呼ぶ）：鏡吹付けコンクリート採用確率（%）

$$y = a \times x_1^{2)}$$

ここで、 a ：各岩石グループの定数、 x_1 ：鏡吹付けコンクリート評価点（点）²⁾

堀が提案する算出式（以下算出式（堀）と呼ぶ）：鏡吹付けコンクリート採用確率（%）

$$y=100/1+ae^{-bx_2} \quad 3)$$

ここで、 $a \cdot b$ ：各岩石グループの定数、 x_2 ：鏡吹付けコンクリート評価点（点）³⁾

榎田が提案する算出式（以下算出式（榎田）と呼ぶ）：鏡吹付けコンクリート採用確率（％）

$$y=100/1+ae^{-bx_3} \quad 4)$$

ここで、 $a \cdot b$ ：各岩石グループの定数、 x_3 ：数量化理論により切羽評

点から分析されたカテゴリースコア⁴⁾

図-4 に、実際のトンネルの切羽観察記録による 3 種類の鏡吹付けコンクリート採用確率と AGF・FP 採用確率との関係を示す。この図から分かるように、一般に鏡吹付けコンクリートの採用確率の方が AGF・FP の採用確率より高いと考えられているものの、たとえば算出式（堀）は 272 データ中全データ AGF・FP 採用確率が高く、この事例でも採用順序が逆転してしまう。また、算出式（馬詰）においては 272 データ中 22 データしか鏡吹付けコンクリート採用確率が上回らず、採用順序が逆転する。算出式（榎田）は 272 データ中 200 データ、約 74% 鏡吹付けコンクリート採用確率が高く、3 つの算出式の中でもっとも妥当な評価となった。

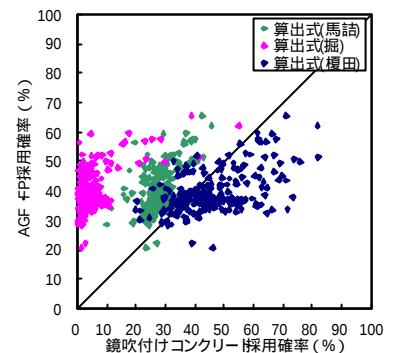


図-4 補助工法採用確率の関係

図-5 に、3 種類の算出式の切羽評価点と鏡吹付けコンクリート採用確率との関係を示す。この図から、切羽評価点が高く採用確率が低い程地山の状態が良好と考えられる。算出式（馬詰）は、切羽評価点が低い程採用確率は上昇するが、切羽評価点が 0 点に限りなく近くても採用確率が約 50% という結果となる。一方算出式（堀）は採用確率が全体的に低く、実際に鏡吹付けコンクリートが使用されている箇所でも 10% 未満と、採用順序とは適合しにくい結果となった。それに対し算出式（榎田）はデータにばらつきは大きいものの、切羽評価点が 50 点相当の C 程度の地山で採用確率が 50% 程度とほぼ妥当な評価といえる。

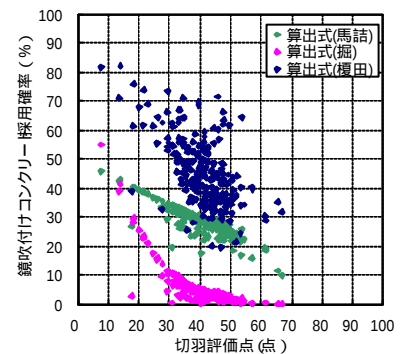


図-5 切羽評価点と鏡吹付けコンクリート採用確率の関係

以上のことから、本研究のインターネット化で提供する補助工法選定システムの鏡吹付けコンクリート採用確率算出式は算出式（榎田）を使用することにした。

4. 現場適用例

図-6 に掘削距離毎の補助工法採用確率と切羽評価点の現場適用例を示す。本トンネルでは鏡吹付けコンクリートは坑口付近にのみ施工されている。また、掘削開始から 100m 付近では AGF・FP 採用確率の数値が上昇している。実際にその付近では FP が実施されている。また、地山の状態が悪くなり切羽評価点が低くなった 1400m 前後から、両補助工法採用確率が上昇している。この付近では実際に鏡吹付けコンクリートが使用されているので実際の切羽状態と補助工法の対応がよく表現できている。

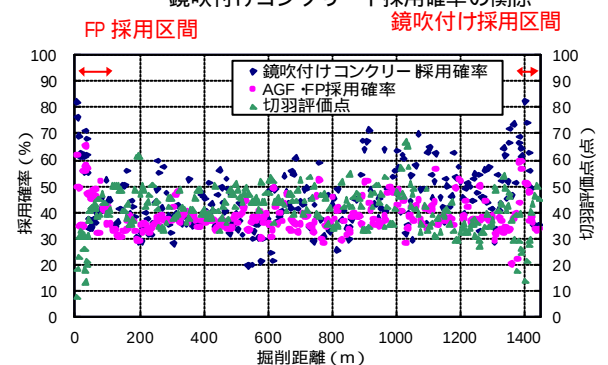


図-6 掘削距離毎の採用確率と切羽評価点の関係

5. まとめ

トンネル切羽観察記録表をインターネット化し、ホームページで提供することにより、そのページに必要

なデータを入力するだけで切羽評価点や補助工法採用確率を自動的に算出するシステムを構築した。現在、このシステムはホームページで公開されているので現在どこからでも入力ができる。また、ホームページの提供側は様々な条件のトンネル観察記録データを on-line で収集する事も可能で、今後の切羽観察記録のデータベース化と補助工法採用確率算出式の更なる改良も今後可能となると考えられる。

参考文献

- 1) 長野康彦「トンネル切羽観察記録表と補助工法採用確率システムの電子化とその現場適用」平成 19 年度山口大学卒業論文
- 2) 馬詰祥代「切羽観察結果に基づく鏡吹付けコンクリートの定量的な選定手法の提案」平成 16 年度山口大学卒業論文
- 3) 堀陽輔「山口県におけるトンネル切羽安定対策工選定手法」平成 17 年度山口大学卒業論文、
- 4) 榎田敦之「観察記録を用いた切羽安定対策工算定手法の提案」平成 16 年度山口大学大学院修士論文、