

## 地域性を考慮したトンネル切羽評価法の検討

山口大学大学院 学生会員 ○榎田敦之 元山口大学大学院 正会員 山田章裕  
山口大学工学部 正会員 進士正人 山口大学工学部 フェロー会員 中川浩二

## 1. 結論

山岳トンネルの標準工法であるNATMは、地山の状況に対応し、合理的な支保を施工することが求められている。

トンネル施工時に記録される切羽観察記録の代表的な形式は、日本道路公団が制定した。これに基づき、全国のトンネル施工データが多数蓄積されている。現在、公団が使用している切羽観察表は、従来の切羽観察（表-1参照）を改良したものである。これは地山状態を定性的に評価する従来の観察手法を改め、切羽状態をより定量的に評価できる切羽評価法を用いる点を特徴とする。一方、山口県内の山岳トンネルでは、現場毎にそれぞれ独自の切羽評価法を用いているのが現状である。これでは得られたデータに統一性が無く、今後の活用に問題が生じる。

そこで本研究では、過去山口県内で施工された山岳トンネル施工実績データを整理・分析し、各観察項目に重み付けした切羽評価手法の適用を試み、山口県の地山特性に即した、より定量的な切羽評価法について検討することを目的とする。

## 2. 切羽観察項目の重み比較

本研究で用いた山口県内のトンネル施工記録は、東部に分布する片岩地山の7トンネルが最も多く、総切羽枚数は2,702枚である。そこで本研究では片岩トンネル切羽観察記録に着目した。まず始めに表-1のC～F項目に、赤木ら<sup>3)</sup>の研究（以下「既往の研究」）の手法と同様に、支保剛性を横軸に、切羽評価区分値を縦軸にとった時の評価結果の分布からC～F項目における回帰直線の傾きを求めた。圧縮強度の結果を図-1に示す。回帰直線の傾きは各観察項目に対する寄与度の大きさを表わしている。この傾きに着目し、傾きの値が大きいほど大きな評価点を与えるように観察項目の寄与度を求めた。この各観察項目の最高点を表-2に示す。そこで、山口県内における片岩地山の特徴を把握するために、本研究で求めた山口県内の片岩地山の重みと、既往の研究に記載されている全国の層状軟質岩の重みを比較した結果を図-2に示す。この図から、山口県内の重みがどの項目も同程度の寄与度であるのに対し、全国の重みにはばらつきがある。これは、切羽観察表の記入方法など、従来の切羽観察様式特有の問題に起因するものと考えられる。

表-1 従来の切羽観察様式<sup>3)</sup>

|   |        | 1                                                  | 2                                      | 3                                  | 4                           |
|---|--------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| A | 切羽の状態  | 安定                                                 | 鏡面から岩塊が抜け落ちる                           | 鏡の押し出しを生じる                         | 鏡面は、自立せず崩れあるいは流出            |
| B | 素掘面の状態 | 自立                                                 | 時間がたつと緩み肌落ちする                          | 自立困難掘削早期に支保する                      | 掘削面に先行して山を受けておく必要がある        |
| C | 圧縮強度   | $\sigma_c \geq 1000 \text{ kgf/cm}^2$ ハンマー打撃ではおぼろげ | $1000 > \sigma_c \geq 200$ ハンマー打撃でくだける | $200 > \sigma_c \geq 50$ 軽い打撃でくだける | $50 > \sigma_c$ ハンマー刃先くい込む  |
| D | 風化変質   | なし、健全                                              | 岩目に沿って変色、強度やや低下                        | 全体に変色強度相当に低下                       | 土砂状粘土状破砕、当初より未固結            |
| E | 割れ目の頻度 | 間隔 $d \geq 1\text{m}$                              | $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$       | $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$  | $5\text{cm} > d$ 破砕、当初より未固結 |
| F | 割れ目の状態 | 密着                                                 | 部分的に開口                                 | 開口                                 | 粘土はさむ、当初より未固結               |
| G | 割れ目の形態 | ランダム方形                                             | 柱状                                     | 層状片状板状                             | 粘土状、細片状、当初より未固結             |
| H | 湧水     | なし、滲水程度                                            | 滴水程度                                   | 集中湧水                               | 前面湧水                        |
| I | 水による劣化 | なし                                                 | 緩みを生ず                                  | 軟弱化                                | 崩壊・流出                       |

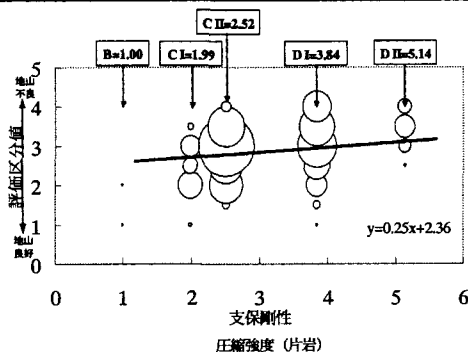


図-1 支保剛性と評価区分値の関係

表-2 各観察項目の最高点（片岩）

|        | 回帰直線の傾き | 比率(%) | 最高点 |
|--------|---------|-------|-----|
| 圧縮強度   | 0.25    | 24.1  | 24  |
| 風化変質   | 0.23    | 22.4  | 23  |
| 割れ目の頻度 | 0.24    | 23.2  | 23  |
| 割れ目の状態 | 0.32    | 30.3  | 30  |
| 合計     | 1.05    | 100   | 100 |

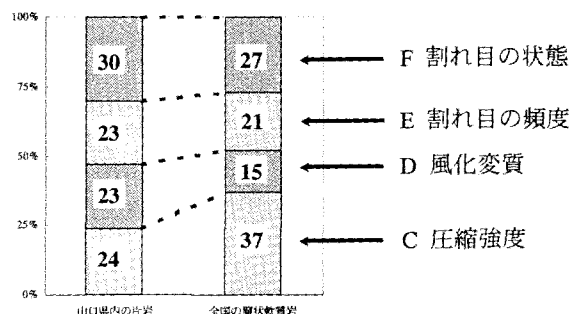


図-2 切羽観察項目重み比較

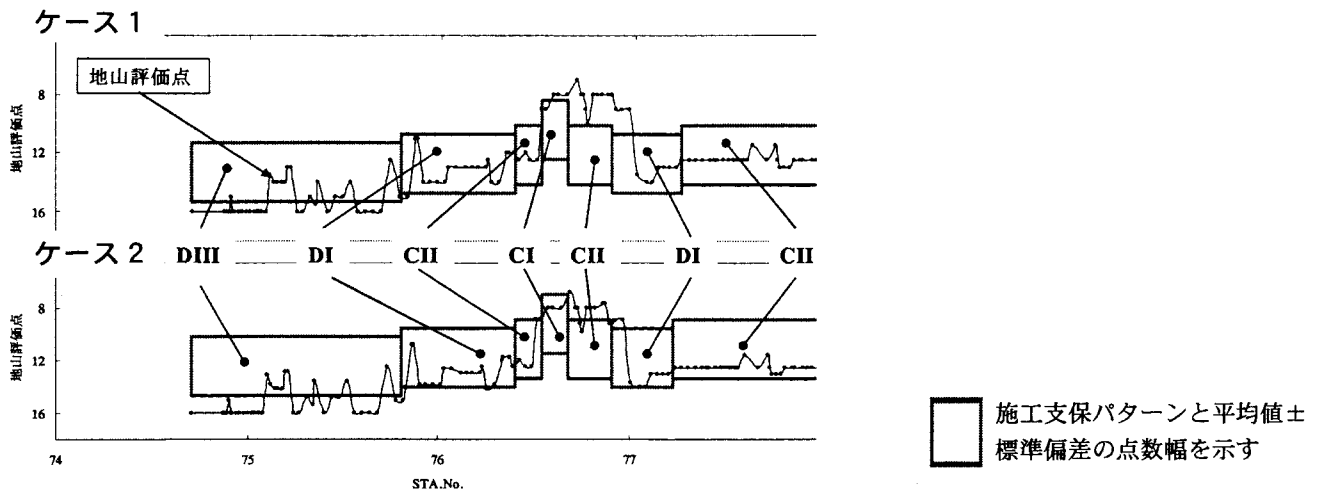


図-3 地山評価点と平均値と標準偏差の関係（富岡トンネル）

### 3. 切羽観察項目に重み付けした切羽評価手法の適用性について

#### (1) 重みの有無で切羽評価手法の適用性を検証した場合

各観察項目の重みの適用性を検証するために、以下の2ケースで検証した。

ケース1) 切羽観察項目C～Fの評価区分値に重みを用いずに単純加算したもの

ケース2) 切羽観察項目C～Fの評価区分値に山口県の重みを用いて加算したもの

この2ケースにおいて、まず地山評価点を算出した。次に、各支保パターンにおける地山評価点の平均およびその標準偏差を算出し、富岡トンネルに適用した事例の一部を図-3に示す。坑口部の支保パターンであるDIIIは、土被りや偏圧などの要因で支保パターンが決まることを考えると、図-3のSTA.No.74.7～75.8のように地山評価点が支保パターンと一致しないことは自明である。それ以降の地山評価点は、理想的な支保選定の目安の範囲内にうまく連動できており、地山の良し悪しの変化をうまく表現している。図-3から平均値±標準偏差の点数幅に収まるデータ数をケース1および2において比較し、データ数が多いほど地山評価に有効な方法であるとする、若干ではあるがケース2の重みを用いた評価法の方が多かった。また片岩地山であるその他6トンネルについて同様な比較をしたところ、全体的にケース2の方が若干多い傾向を示した。つまり切羽評価を行うにあたって、切羽観察項目に重み付けした切羽評価手法の適用性を確認することができた。

#### (2) 山口県および全国の重みで切羽評価手法の適用性を検証した場合

山口県および全国の重みを用いた切羽評価手法の適用性を検証するために、以下の2ケースで検証した。

ケース3) 切羽観察項目C～Fの評価区分値に山口県の重みを用いて加算したもの

ケース4) 切羽観察項目C～Fの評価区分値に全国の重みを用いて加算したもの

この2ケースにおいて、3(1)の手法と同様にしてケース3および4のデータ数を比較した結果、ケース3の方が若干多かった。つまり切羽観察項目に山口県の重み付けした切羽評価は有効な方法であると考えられる。

### 4. まとめ

以上のことをまとめると、今後山口県内の主岩種が片岩地山である場合、本研究で提案した切羽観察項目に重み付けした切羽評価法を用いれば、トンネル切羽を定量的に評価するのに有効であると考えられる。今後の課題としてはデータ数を増やすとともに、片岩はもちろん、他岩種においてもこの切羽評価法を用いて検証していきたい。

#### 参考文献

- 1) 土木学会：トンネル標準示方書〔山岳工法編〕・同解説
- 2) 赤木渉，佐野理，進士正人，西塚郎，中川浩二：山岳トンネル施工支援のための切羽評価法の適用性に関する研究，土木学会論文集，No.686／VI-52，pp121-134，2001.9
- 3) 高速道路技術センター：北陸自動車道上越～朝日間総合検討（昭和62年度）第三紀層泥岩地帯におけるNATMの計測管理検討委員会報告書（総括），pp.115，1988.