

日本道路公団 試験研究所 道路研究部 正会員 赤木 渉  
 技術部 道路技術課 正会員 大津 敏郎  
 試験研究所 道路研究部 正会員 三谷 浩二

## 1. はじめに

JH日本道路公団(以下、JHという。)では、トンネル建設の安全性を確保しながら、一層の合理化、経済化を進めるために、切羽における地山の適正な評価と地山に合った支保工の選定を目的として、切羽観察手法と標準支保パターンの見直しを実施した。<sup>1)</sup>

従来もトンネル掘削時には切羽観察が行われ、変位量が小さい場合には支保を選定する際の指標として利用されてきたが、切羽観察の結果から切羽の評価点を算出した事例はあっても、必ずしも統一的、客観的に行われてきたとは言えない。

本報文は、JHが導入した新しい切羽観察手法と新標準支保パターンの施工データを整理分析することにより、算出された切羽評価点に基づく支保選定の目安について検討を行ったものである。

## 2. 新しい切羽観察表

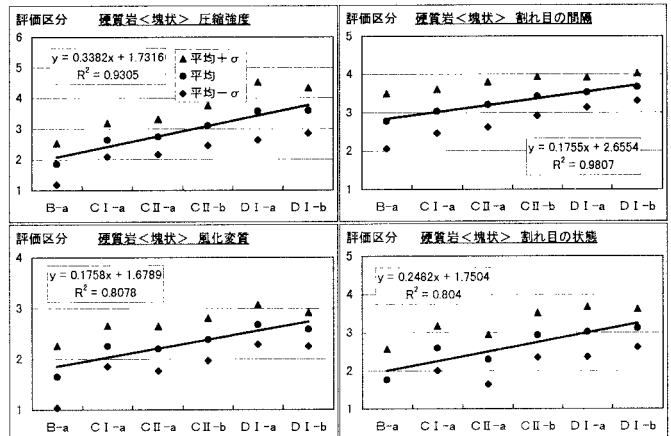
表-1 に新しい切羽観察表を示す。この表はJH試験研究所のデータベースに保存されている今までに施工されたトンネルの切羽観察結果と支保パターンとの関連性を統計分析し、支保の選定に関し影響度の強い観察項目を抽出して作成したものである。

## 3. 収集データの整理分析結果

整理分析の対象データは、平成8年11月の試行導入から平成10年3月までのも  
 図-1 観察項目の評価区分と支保パターンとの相関性(硬質岩塊状)のうちの、土被りが40m以上で、かつ湧水量と劣化に関する評価の補正を切り離して考えるために、それらの評価区分の値がともに「1」である1,318断面に限定して分析を行った。分析の方法は、各観察項目の評価区分と選定された支保パターンとの相関性を岩種グループごとにまとめた。その中から図-1に硬質岩塊状のものを示す。図-1は、縦軸に各観察項目の評価区分値を、横軸に各支保パターンを、それぞれ地山の評価が悪くなる方向にとっており、支保パターン別の平均的な評価区分の値を観察項目ごとに示している。図中に平均値を結ぶ線形の一次式と相関係数を示す。これより硬質岩・塊状では、評価区分の平均値と支保パターンとの相関性がいずれの観察項目でも高いことがわかる。

表-1 新しい切羽観察表

| 観察項目                        | 評価区分                    |                       |                           |                      |                          |                  |
|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------|------------------|
|                             | 100以上                   | 100~50                | 50~25                     | 25~10                | 10~3                     | 3以下              |
| A 軸圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> ) | 4以上                     | 4~2                   | 2~1                       | 1~0.4                | 0.4以下                    |                  |
| 圧縮強度の目安                     | 岩片を地面に置きハンマーで敲打しても割れにくい | 岩片を地面に置きハンマーで敲打すれば割れる | 岩片を手に持ってハンマーでたたいて割ることが出来る | 両手で岩片を部分的にでも割ることが出来る | 力を入れれば、小さな岩片を両手で割ることができる |                  |
| B 風化の目安                     | 風化が認められない               | 風化が認められる              | 風化が認められる                  | 風化が認められる             | 風化が認められる                 | 土砂状風化、全面が土砂状、崩壊化 |
| C 割れ目の間隔                    | d≧1m                    | 1m> d≧50cm            | 50cm> d≧20cm              | 20cm> d≧5cm          | 5cm> d                   |                  |
| D 割れ目の開口度                   | RQD 80以上                | 80~50                 | 60~30                     | 40~10                | 20以下                     |                  |
| E 割れ目の開口状態                  | 割れ目は密着している              | 割れ目の一部が開口している(幅<1mm)  | 割れ目の多くが開口している(幅<1mm)      | 割れ目が開口している(幅1~5mm)   | 割れ目が開口している(幅5mm以上)       |                  |
| F 湧水量                       | なし、湧水 1ℓ/分以下            | 湧水 1~20ℓ/分            | 湧水 20~100ℓ/分              | 全湧水 100ℓ/分以上         |                          |                  |
| G 劣化                        | なし                      | 軽微な劣化                 | 軽微な劣化                     | 軽微な劣化                | 劣化                       |                  |



キーワード：切羽評価点 切羽観察 地山分類 マルチ支保パターン

連絡先：〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1 TEL:042-791-1621 FAX:042-791-2380

4. 配点の検討

図-1の各グラフにおいて、平均値を結ぶ直線の傾きが急であるほど、評価区分の違い、すなわち切羽状況の良し悪しが敏感に支保パターンの選定に影響しているものと考えた。そこでその傾きを支保の選定に関する各観察項目の感度として捉え、4つの観察項目間での比率を算出し、全体を100点満点とした場合の最高点として整理した。硬質岩・塊状でのこれらの結果を表-2に示す。この作業を各岩種において行い、最低点を0点として最高点を評価区分数に応じておおよ等間隔に割り振って表-3の配点案を得た。

5. 支保選定の目安

表-3の配点を用いて分析対象断面を採点し、岩種グループごと、支保パターンごとに分類して、平均点と1σの幅を求めた(図-2)。図中には、各支保パターンと新切羽評価点との概略的な関係について帯を用いて図示している。これは、上下の支保の関係を検討しながら、各支保の平均点を含みつつ5点刻みで示したものであり、各支保パターンの点数幅を10~15点として、上下の支保と重複せざるを得ない区間も考慮して帯の端部を三角形にして示した。図-2は、新切羽評価点法に基づく支保選定の一般的な傾向を示すものであるが、あくまでも目安であると解釈し、個々の現場で支保を選定する際には現場技術者の判断が重要である。

6. まとめと今後の課題

本論文では、新しく導入された切羽観察手法により得られた施工データを分析し、各観察項目の評価区分と支保パターンとの関連性から、新しい切羽観察表に対応する評価点の配点を行った。さらに、その配点を用いて各切羽を採点し、切羽評価点の頻度分布から岩種グループ、支保パターンごとに整理して概略的に支保選定の目安を示した。この結果は、切羽評価点と支保との関連について一般的な傾向を示したものであり、個々の現場においては、地山状況や計測工の結果等から地山の特質を考慮して用いる必要がある。

今後の課題として、より支保の選定と結びついた切羽観察手法を確立する必要がある、同時にそれを多くのトンネルで統一的、客観的に実施することが求められる。

また、湧水量と劣化の評価に基づく新切羽評価点への補正点数、変位量と新切羽評価点との関係から選定された支保パターンの妥当性についての検討が必要である。

表-2 観察項目間の配点の検討(硬質岩塊状)

| 硬質岩・塊状 | 図-1の線形の傾き | 比率(%)  | 最高点 |
|--------|-----------|--------|-----|
| 圧縮強度   | 0.3382    | 36.07  | 36  |
| 風化変質   | 0.1758    | 18.75  | 19  |
| 割れ目の間隔 | 0.1755    | 18.71  | 19  |
| 割れ目の状態 | 0.2482    | 26.47  | 26  |
| 合計     |           | 100.00 | 100 |

表-3 新切羽評価点の配点案

| 評価区分  |             | 1  | 2  | 3  | 4  | 5 | 6 |
|-------|-------------|----|----|----|----|---|---|
| 圧縮強度  | 塊状 硬質岩      | 36 | 29 | 22 | 14 | 7 | 0 |
|       | 塊状 中硬質岩・軟質岩 | 32 | 26 | 19 | 13 | 6 | 0 |
|       | 層状 中硬質岩     | 36 | 29 | 22 | 14 | 7 | 0 |
|       | 層状 軟質岩      | 39 | 31 | 24 | 16 | 8 | 0 |
| 評価区分  |             | 1  | 2  | 3  | 4  |   |   |
| 風化変質  | 塊状 硬質岩      | 19 | 12 | 6  | 0  |   |   |
|       | 塊状 中硬質岩・軟質岩 | 19 | 13 | 6  | 0  |   |   |
|       | 層状 中硬質岩     | 22 | 15 | 7  | 0  |   |   |
|       | 層状 軟質岩      | 20 | 13 | 7  | 0  |   |   |
| 評価区分  |             | 1  | 2  | 3  | 4  | 5 |   |
| 割れ目間隔 | 塊状 硬質岩      | 19 | 14 | 9  | 5  | 0 |   |
|       | 塊状 中硬質岩・軟質岩 | 24 | 18 | 12 | 6  | 0 |   |
|       | 層状 中硬質岩     | 9  | 7  | 4  | 2  | 0 |   |
|       | 層状 軟質岩      | 12 | 9  | 6  | 3  | 0 |   |
| 評価区分  |             | 1  | 2  | 3  | 4  | 5 |   |
| 割れ目状態 | 塊状 硬質岩      | 26 | 20 | 13 | 7  | 0 |   |
|       | 塊状 中硬質岩・軟質岩 | 25 | 19 | 12 | 6  | 0 |   |
|       | 層状 中硬質岩     | 33 | 25 | 16 | 8  | 0 |   |
|       | 層状 軟質岩      | 29 | 22 | 14 | 7  | 0 |   |

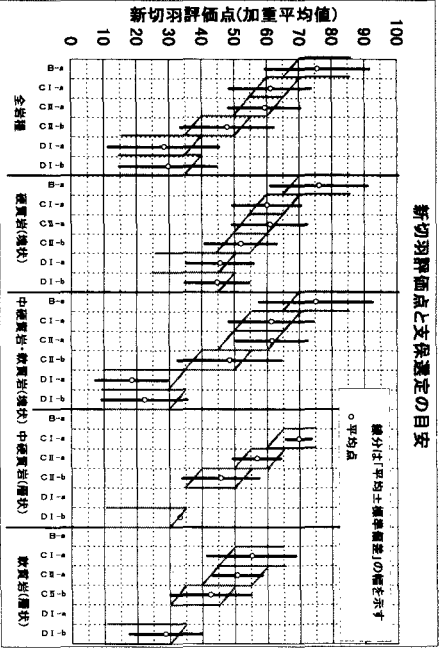


図-2 新切羽評価点による支保パターンの目安

<sup>1</sup> 吉塚守・三谷浩二・中田雅博：トンネル支保のマルチ化に関する研究、トンネル工学研究論文・報告集 第7巻、pp. 147-152、1997