

切羽観察表の評価手法に関する考察

独立行政法人土木研究所 正会員 真下 英人 砂金 伸治

同 正会員 ○遠藤 拓雄 木谷 努

1. 目的

山岳トンネルの施工時の安全性向上や建設コスト縮減を図るためには、地山状態に応じた適切な支保構造の選定が重要である。現在の道路トンネルの施工時においては、通常の場合は切羽の観察や断面の変位を計測し、それに基づいて事前調査で得られた地山等級を見直し、支保パターンを選定している。しかし、その支保パターンの選定そのものが過去の経験や実績に負うところが大きく、合理的な支保構造の選定のためには、掘削時の切羽観察や計測データをさらに活用した客観性の高い地山の評価法の確立が必要である。

本研究では、NATMでの施工実績が増えつつある実態を踏まえ、既往の道路トンネルの施工時に得られた切羽観察表のデータを収集し、切羽観察表を評点法(加重平均法)を用いて評価する際の観察項目に対する重み係数を収集したデータから数量化Ⅱ類によって算定した。さらに得られた重み係数を用い切羽観察表の評価点を求め、岩質毎の支保パターンとの関連性の検討を行った。

2. 研究方法

本研究ではNATMにより施工された50本の道路トンネルにおいて、約5400断面の観察表を収集し、それらを岩質毎に分類した。岩質に関しては、道路トンネル技術基準（構造編）・同解説¹⁾の分類を参考に、硬質岩、中硬質岩・軟岩（塊状）、中硬質岩（層状）、軟質岩（層状）の4種類で分類した。表-1にこれらのデータの内訳を示す。また、表-2に切羽観察表に示された観察項目を示す²⁾。実際の施工では表-2に示した観察項目に対して評価点としてそれぞれ1～4の4段階で評価されている。その評価点は、1は地山特性が相対的に良好な場合、4は相対的に良好でない場合を意味する。本研究では、まず評点法（加重平均法）により各切羽観察表を点数化し、支保パターンを決定する場合に、各観察項目に対し与えるべき重み係数を算定した。次に、この重み係数を観察項目の評価点に乘じ、得られた点数を断面毎で合計する。この合計点を100で除することで得られた断面毎の点数を「重み付き評価点」と定義し、この重み付き評価点について岩質毎に支保パターンとの関連性を検討した。なお重み係数の算定は、少数データによる予備分析の結果、定性的な傾向を定量化できる手法である数量化Ⅱ類が適当であると判断したため、図-1に示すフローに従い数量化Ⅱ類による分析結果を用いた。

3. 研究結果

(1) 岩質毎の切羽観察項目の重み係数

表-3に岩質毎に観察項目の重み係数の算定結果を示す。全体の傾向としては湧水の影響が比較的小さいことが挙げられるが、それ以外には全体としての傾向は見られなかった。中硬質岩・軟質岩（塊状）では、どの観察項目も比較的均一で、特に重みが大きい項目を抽出することはできなかった。硬質岩では割目の間隔が、中硬質岩（層状）では素堀面の状態が、軟質岩（層状）では風化変質がそれぞれ重みの大きい項目となった。

表-1 岩質毎のデータ内訳

岩質・支保パターン	B	CI	CII	DI	DII	合計
硬質岩	8	141	815	446	0	1410
中硬質岩・軟岩(塊状)	0	126	533	930	448	2037
中硬質岩(層状)	0	11	242	251	668	1172
軟質岩(層状)	0	61	387	289	92	829
計						5448

表-2 切羽観察表の観察項目

面としての情報	切羽の状態	素堀面の状態	
岩石の情報	風化変質	岩の強度	
割目の情報	割目の間隔	割目の状態	割目の形態
水の情報	湧水	水による劣化	

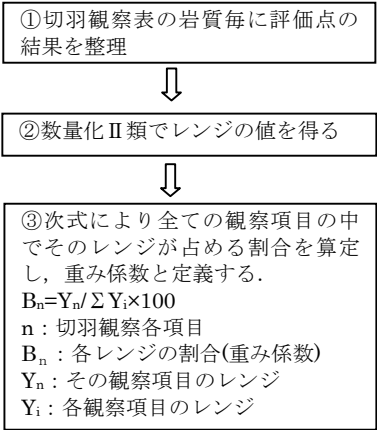


図-1 重み係数算定フロー

キーワード トンネル, 切羽観察, 評点法, 数量化Ⅱ類

連絡先 〒305-0821 茨城県つくば市南原 1-6 （独）土木研究所 基礎道路技術研究グループ（トンネル）

TEL 029-879-6791

(2) 重み付き評価点による支保パターンの割合

重み付き評価点による支保パターンの割合について、岩質毎に図-2～5に示す。グラフ内の数値は重み付き評価点内の各支保パターンの割合を示し、グラフ下部の表は各支保パターンの断面数を示す。

① 硬質岩 図-2

硬岩質においては DⅡが採用された断面は無かったが、全体的に重み付き評価点と支保パターンの相関関係は良好で、重み付き評価点が大きくなるにつれて支保パターンが重くなる傾向が見られる。また重み付き評価点が 3.1 以上になると 90%以上の割合で支保パターンは DⅠとなる傾向が見られる。

② 中硬質岩・軟質岩（塊状） 図-3

重み付き評価点が大きくなるにつれて、概ね支保パターンは重くなる傾向が見られる。ただし、DⅡは、重み付き評価点が大きくなるにつれて頻度が上がるが、重み付き評価点が 3.1 以上になると下がる傾向が見られた。また、重み付き評価点が 3.1 以上になると 70%以上の割合で支保パターンは DⅠとなる傾向が見られた。

③ 中硬質岩（層状） 図-4

重み付き評価点と支保パターンの相関関係は良好で、重み付き評価点が大きくなるにつれて支保パターンは重くなる傾向が見られる。また、重み付き評価点が 2.0 以下だと約 70%以上の割合で支保パターンは CⅡ、重み付き評価点が 3.1 以上になると 70%以上の割合で支保パターンが DⅡとなる傾向が見られた。

④ 軟質岩（層状） 図-5

他の岩質に比較してデータにばらつきが多く、重み付き評価点による支保パターンの割合に関する明確な相関関係を読みとることは出来なかった。しかし CⅠは重み付き評価点が概ね 2.0 以下の場合に、DⅡは重み付き評価点が概ね 2.6 以上の場合に採用される傾向が見られた。

3. まとめと今後の課題

本研究では、切羽観察表の観察項目に重みを付けることにより得られる評価点と支保パターンとの関連を検討した。その結果、軟質岩を除いては重み付き評価点が大きくなるほど支保パターンは重くなることがわかり、岩質によっては重み評価点を与えることにより、比較的高い精度で支保パターンの判別が可能となることがわかった。

今後は岩質だけでなく岩種における重み付き評価点の算定も行い、現場での試験施工を視野に入れて検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 道路トンネル技術基準（構造編）・同解説，日本道路協会，pp78～79，平成 15 年 11 月
- 2) 道路トンネル観察・計測指針，日本道路協会，pp23，平成 5 年 11 月

表-3 岩質毎の各切羽観察項目に対する重み係数

	切羽の状態	素掘面の状態	風化変質	岩の強度	割目の間隔	割目の状態	割目の形態	湧水	水による劣化
硬質岩	11	15	14	8	27	7	8	3	8
中硬質岩・軟質岩（塊状）	10	11	13	17	9	11	11	7	11
中硬質岩（層状）	9	36	9	5	7	10	14	5	5
軟質岩（層状）	16	8	26	13	6	3	6	9	13

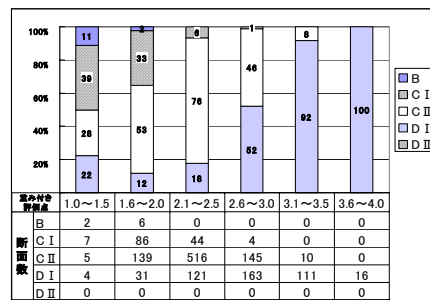


図-2 重み付き評価点による支保パターンの割合（硬質岩）

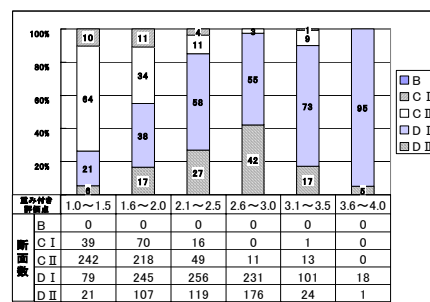


図-3 重み付き評価点による支保パターンの割合（中硬質岩・軟質岩（塊状））

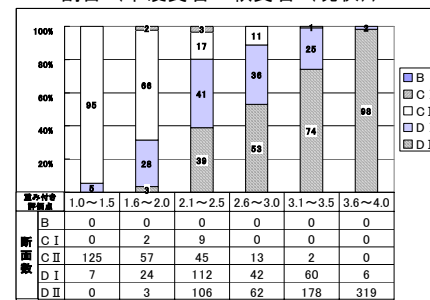


図-4 重み付き評価点による支保パターンの割合（中硬質岩（層状））

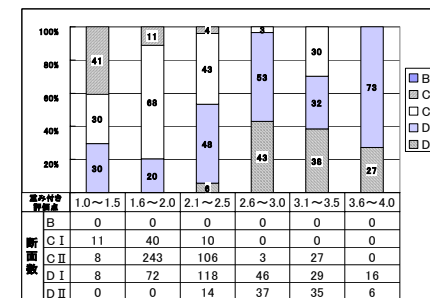


図-5 重み付き評価点による支保パターンの割合（軟質岩（層状））