

地山等級 _N におけるトンネル施工実績データの統計分析

鉄道総合技術研究所 ○ 正会員 川島 義和²⁾
鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 越智 修¹⁾
鉄道総合技術研究所 正会員 小島 芳之²⁾
鉄道総合技術研究所 正会員 岡野 法之²⁾

1．はじめに

山岳トンネルでは、いわゆる NATM による建設が主流であり、既に多くの施工実績が蓄積され、設計・施工法の確立がなされている。このような状況下において、安全で経済的なトンネル建設のため、更なる合理的な支保設計が望まれている。本報文では、北陸新幹線の一部区間（高崎～長野間）のトンネル施工実績に基づいて、該当する広範囲の地山等級 _N の観察・計測結果を統計的に分析することによって、2つのグループに細分類することを試みた結果について以下に述べる。

2．分析対象

該当区間の新幹線トンネルのD岩種およびE岩種の施工時の地山等級がI_N相当¹⁾と判断されたもののうち、土被りが2D以上を対象条件（10トンネル、250断面）とした。なお、地質は新第三紀に形成された頁岩、凝灰岩、凝灰角礫岩が主体である。

3．分析手法²⁾

地山等級 _N の切羽観察記録について、数量化 類により切羽観察記録の類似性に関する評価軸を決定し、その軸を用いてクラスター分析を行うことにより、2つの類似グループに分類した。そのグループは、地山等級 _N の細分化を目的として、「比較的良い地山」「比較的悪い地山」の2分類を想定した。

4．分析結果

（1）数量化 類による分析

数量化 類により、固有値、寄与率、相関係数を算出し、複数の軸のなかから採用する軸の選定を行った。採用した軸の各値を表1に示す。一般的には、相関係数0.5以上、累積寄与率50%以上が良いとされている。しかし、今回の分析では支保メンバーを属性重心とした場合、各軸のモードが異なるため相関係数0.5以上の軸NO.1を優先した。

表1 数量化 類分析結果

軸番号	NO.1
固有値	0.3639
寄与率（%）	36.9
累積寄与率（%）	36.9
相関係数	0.6073

（2）クラスター分析

数量化 類により算出した軸NO.1のサンプルデータを用いてクラスター分析を実施した結果を表2に示す。その結果、クラスターグループNO.1が比較的良い地山、クラスターグループNO.2が比較的悪い地山に対応する。

表2 クラスター分析結果

クラスター分析グループ		NO.1	NO.2
サンプルデータ	データ数	132	118
	割合（%）	52.8	47.2
鋼製支保工（H125）	有	100.0	100.0
	割合（%）	無	0.0
吹付厚	10cm	0.8	0.0
	割合（%）	12.5cm	81.8
	15cm	17.4	33.9
ロックボルト本数	少	24.2	18.6
	割合（%）	標準（14本）	51.5
1サイクル長	多	24.2	33.9
	割合（%）	1.0m	78.0
		1.2m	22.0

（3）切羽評価点の算出

クラスター分析結果に基づいて、式1により切羽評価点を算出した。

$$Y=100-(100/3) \cdot (b_1 \cdot X_1 + \cdots + b_9 \cdot X_9 - 1) \cdots \text{式1}$$

ここに、Y：クラスター分析による切羽評価点 b：重み係数
X：切羽観察評価コード（1～4）

鋼掛部
クラスターグループごとに採用した支保メンバー

キーワード 地山等級，観察・計測，統計分析

連絡先 1）〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町 6-50-1（横浜アイランドタワー） TEL 045-222-9082
 2）〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7266

クラスター分析による切羽評価点を図1に示す。その結果、地山等級 N を比較的良好地山と比較的悪い地山に2分類した場合、その境界点は約50点程度であることがわかった。また、再分類した切羽評価点を実績と比較した結果、的中率は60%となった。この評価点は地山等級 N を2分類する指標の一つと考えられ、施工段階における地山の評価手法に利用できるのではないかと考えられる。

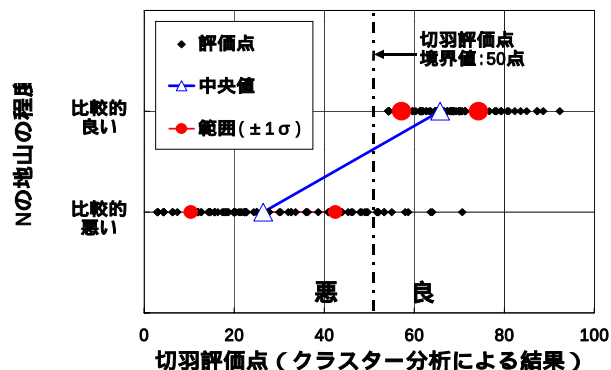


図1 クラスター分析による切羽評価点

5. 考察

(1) 地山等級 N の分類試案の作成

クラスター分析により分類した地山等級 N のグループごとの事前指標値、実施支保、変位計測値の実績を表3に示す。比較的良好地山と比較的悪い地山のグループは、評価点の大小、支保量の重み、計測値の大小に対応している。また、細分類された地山等級 N の支保パターンは、実際に採用されている別区間の新幹線トンネルの地山等級 N のローカル支保パターンとほぼ一致している。

(2) 見かけの変形係数

支保を含んだ地山剛性の評価の指標として、見かけの変形係数 Ea を算出した。2つのグループの境界である吹付厚12.5cmに着目し、ロックボルト量および1サイクル長の違いによる見かけの変形係数 Ea と土被り H の関係を図2に示す。この結果、見かけの変形係数は支保量（ロックボルト量）が少ない場合、1サイクル長に強く依存するが、支保量（ロックボルト量）を多くした場合、1サイクル長による違いは小さいことがわかる。よって、見かけの変形係数をファクターとした場合、地山等級 N を細分類した支保パターンでは、比較的良好地山においては、ロックボルト量を増やすことによって、その効果が顕著に期待できるが、比較的良好地山においては、ロックボルト量を増加させても、顕著な効果は期待できないと考えられる。

表3 クラスター分析による N の分類結果

項目		比較的良好地山	比較的不良地山
計画段階	地山強度比 G_n	3.0以上	3.0未満
	弾性波速度 V_p (km/s)	2.45以上	2.45未満
施工段階	最大内空変位(mm)	35未満	35以上
	天端沈下量(mm)	13未満	13以上
	切羽評価点	50以上	50未満
支保	1サイクル長	1.0~1.2	1.0
	吹付厚(mm)	125	125~150
	ロックボルト	標準量(3m*14)	標準量(3m*14)以上
	鋼製支保工	(H-125)	(H-125)

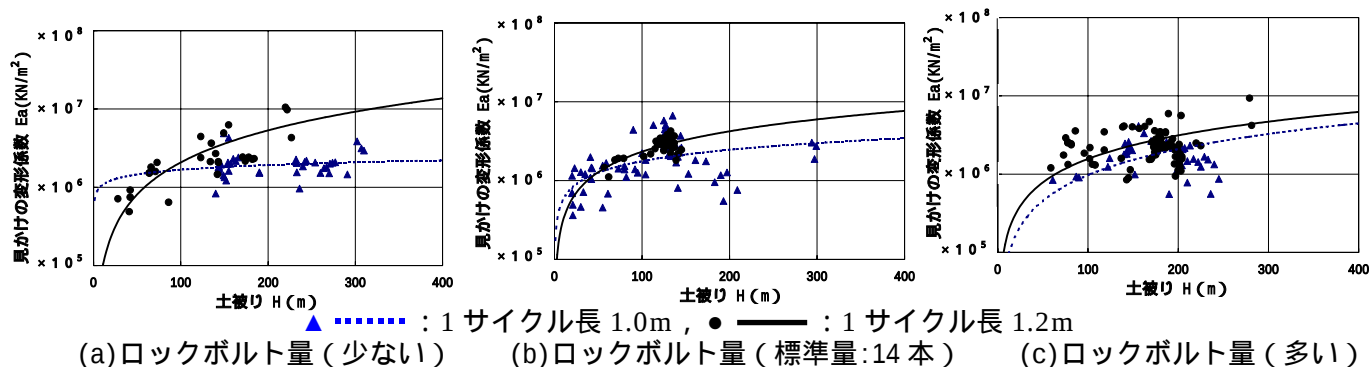


図2 見かけの変形係数と土被りの関係（吹付厚：12.5cm）

6. おわりに

本報文では、地山等級 N の細分類の可能性について、統計的な観点から検証して得られた知見を示した。現時点では即実用化できるものではなく、今後、多様な地質条件下でさらに計測データを蓄積・分析するとともに、数値解析的な検証が実用化に向けて必要と考えられる。

参考文献 1) 日本鉄道建設公団：NATM設計施工指針，1996.2

2) 菅 民郎：多変量解析の実践（下），現代数学社