

III-129 切羽観察による地山評価への判別分析の適用

（株）銭高組 正会員 井田 隆久

1. はじめに

山岳トンネルの最終的な支保パターンは、施工時に於ける切羽観察により決定されている。施工段階における地山評価を、個人差なく簡便に行なう1方法として、切羽観察チェックリストの利用がある。筆者は先に、数量化Ⅰ類解析を用いて切羽観察要因の評価を行ない、その結果から計算される切羽評価点によって地山区分が行なえることを示した。¹⁾この場合には基準量として内空変位量を用いている。しかし、中硬岩・硬岩のトンネルで内空変位量が小さい場合、基準量として用いることはできない。

本論では、支保パターンを外的基準とした場合の多変量解析（判別分析）が地山区分に有効かどうかについて検討する。

2. 分析方法

判別目的は切羽観察データから地山区分を行なう（支保パターンを決める）ことであり、支保パターンを外的基準、切羽観察の各要因のカテゴリーランクを説明変数とする。外的基準、説明変数とともに質的な量である場合の多変量解析法としては、数量化解析Ⅱ類がある。しかし、数量化解析Ⅱ類の場合、カテゴリーランクのデータに欠損があれば解が得られない。そこで今回はカテゴリーランクをダミー変数として判別分析を利用することとした。²⁾

判別分析では、 p 個の変量にたいして

$$Z = a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_p X_p \quad \dots \textcircled{1}$$

の様な線形判別関数 Z をつくり、この Z 値によって判別する。手順としては、既施工区間の支保パターンを外的基準、チェックリストのカテゴリーランクを変数 x として判別分析を行なう。その結果、観測されている群のデータを最も良く判別するような係数 $a_1, a_2, \dots, a_p$ および各群における Z 値の重心が得られる。以後の切羽では、この判別係数とチェックリストのカテゴリーランクにより判別得点 Z を計算し、どの群（支保パターン）に所属するかを判別する。

表-1 Aトンネルの切羽観察チェックリスト

土 破 り	1160	m	総合判断	地山区分あるいはパターン区分の判定	
岩 質	B, B-E, B-C, C ₁ , C ₂ , D ₁ , D ₁ -I D ₂ =I, D ₂ P=I, D ₂ P ₂ =I			岩 石 形成地質時代	
特殊条件	断崖・断崖・復動性・土破り小 () m		重要構造	谷の直下・その他	
断崖地山の地山の状態と特徴					
① 切羽の状態	① 定	② 2. 断面から岩塊が抜け落ちる	③ 3. 断面の押し出しを生じる	④ 4. 断面が自立せず崩れ落ちる	⑤ 5. その他
② 断面の状態	① 1. 自立 (普通不整)	② 2. 断面がたつと少くみ崩れ落ちる (普通不整)	③ 3. 自立断面崩落後早期に支保する (重要構造)	④ 4. 崩落に先行して山を受けておく必要がある	⑤ 5.
③ 断面の強度	① 1. 2000kPa以上は出る	② 2. 1000kPa以上2000kPa未満は出る	③ 3. 2000kPa以上5000kPa未満は出る	④ 4. 5000kPa以上は出る	⑤ 5.
④ 風化変質	① 1. なし・健全	② 2. 色目に沿って変色強度が低下	③ 3. 全体に変色、強度相対的に低下	④ 4. 土砂状、粘土状変質、当初より未固結	⑤ 5.
⑤ 割目の頻度	① 1. 割目深さ 4cm以上	② 2. 1m以上20cm未満	③ 3. 20cm以上25cm未満	④ 4. 5cm以上40cm未満	⑤ 5.
⑥ 割目の状態	① 1. 断面の開口	② 2. 断面の開口	③ 3. 断面の開口	④ 4. 粘土をばさむ当初より未固結	⑤ 5.
⑦ 割目の形状	① 1. 断面の開口	② 2. 断面の開口	③ 3. 断面の開口	④ 4. 土砂状、薄片状当初より未固結	⑤ 5.
⑧ 湧水	① 1. なし・漏水程度	② 2. 漏水程度	③ 3. 漏水程度	④ 4. 全面湧水	⑤ 5.
⑨ 土破り	① 1. なし・ゆるみを生ず	② 2. ゆるみを生ず	③ 3. 軟 弱 化	④ 4. 崩壊・流出	⑤ 5.

表-2 判別係数一覧表

	Aトンネルの判別係数		Cトンネルの判別係数
	判別関数 1	判別関数 2	
切羽状態			-0.290
岩石強度	-0.802	1.526	-1.200
風化変質	1.940	1.610	3.467
割目頻度	-0.647	-1.213	0.889
割目状態	1.259	-0.372	-0.134
湧水			-1.878
土破り	-0.033	0.020	0.017
定数	-1.277	-5.408	0.358

表-3 判別空間における各群の重心

Aトンネル			Cトンネル	
支保	判別関数 1	判別関数 2	支保	判別関数 1
B	-2.500	-0.188	D1	0.597
C1	-1.345	0.283	C3	-0.738
C2	1.748	-1.051		
D1	2.769	1.302		

表-4 判別関数による判別実績

Aトンネル						Cトンネル			
判別実施	B	C1	C2	D1	合計	判別実施	D1	C3	計
B	5	2	0	0	7	D1	14	7	21
C1	5	11	1	0	17	C3	4	13	17
C2	0	0	12	0	12	合計	18	20	38
D1	0	0	2	5	7	的中率	71.05 %		
合計	10	13	15	5	43				
的中率	76.74 %								

3. 分析結果

A、C2トンネルのデータにより分析を行なった。それぞれのトンネルの主要地質は、

A：中世代の凝灰角礫岩

C：新第三紀の砂岩・泥岩

である。

Aトンネルの切羽観察チェックリストを表-1に示す。
(道路公団の仕様)

さらに、観察要因ではないが、昨年の実績では土被りが支保パターン決定の大きな要因であったことから、土被りを説明変数として加えた。

分析の結果得られた判別係数を表-2に示す。

観測断面における判別得点の分布を図-1、2に示す。
Cトンネルについては判別すべき群が2個であり判別関数が1個しか得られないため、x軸にはカテゴリーランクの単純和を100点満点に換算した切羽総合評価点をとった。

またこの判別空間における各群の重心を表-3に示す。

判別された支保と実際に施工した支保の個数比較および判別の中率を表-4に示す。的中率はいずれも70%以上となった。

以上から、

- ① Aトンネルでは、B、CⅠ、CⅡパターンは判別関数1によりほぼ判別されている。CⅡ、DⅠパターンは判別関数1ではうまく判別できないが判別関数2によりほぼ判別できる。
- ② Cトンネルでは判別得点によりやや判別できている。一方、総合評価点の軸ではあまり判別できていないと言えない。Cトンネルは機械掘削であり、もとの観察精度もやや低い。

4. おわりに

- ① 判別分析は、切羽観察記録から客観的に支保パターンを決める1つの有効な方法として利用できる。

今後の課題として、

- ② 岩種によっては、物理試験結果など切羽観察以外のデータについても評価要因として検討する必要がある。
- ③ 判別係数の値そのものについての評価が必要である。

また問題点として、この分析は、最初のデータベースとなる実施工が常に適切な判断の基に行なわれている、という前提に立っており、実施工において支保変更の遅れなどによりパターン選択が適切でない等の場合には分析の精度も悪くなる。

参考文献

- 1) 井田 他：亀裂性岩盤に挑むNATM永久覆工（その2. 計測編）、錢高組技報No.12、1988.3
- 2) 例えば、田中 豊他：パソコン統計解析ハンドブックⅡ多変量解析編、共立出版、1984.9

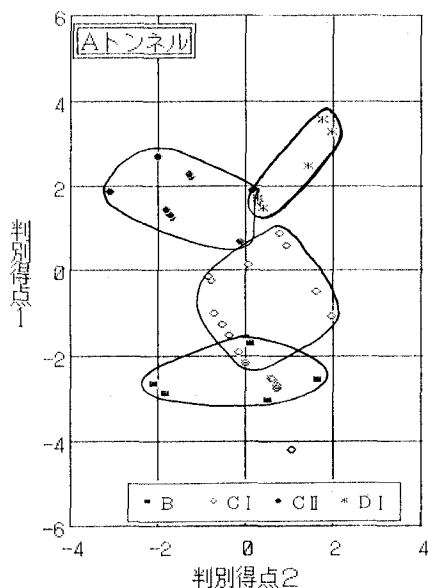


図-1 判別得点の分布 (Aトンネル)

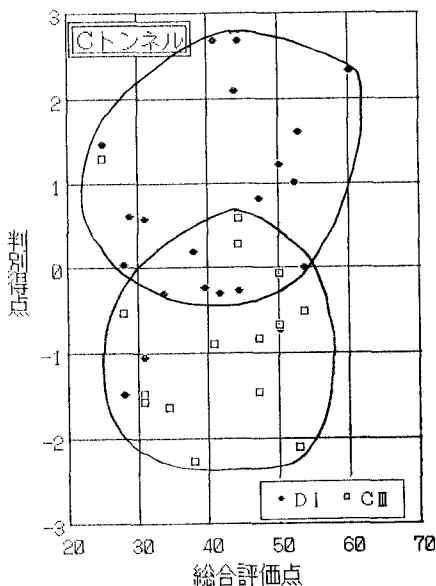


図-2 判別得点の分布 (Cトンネル)