

N A T M設計のパターン化について

九州大学 工学部 学生員〇三角 衡一郎

九州大学 工学部 正 員 橋木 武

九州大学 工学部 正 員 相川 明

九州大学 工学部 MOHAMED TATISH

1. はじめに

本研究の目的は、トンネル技術者の設計に関する経験を分析により定式化し、N A T M設計をパターン化するものである。著者らは先に、文献1)2)において事前調査項目を説明変数とし、施工実績を再現する研究を行った。その結果、各支保部材において定式化した予測、判別式の精度は良く、現状の施工実績を再現する意味においては成果が得られた。しかし、支保パターンを得るには支保部材ごとに予測、判別しなければならぬため、どのような支保パターンが存在するのか明瞭でなく、支保パターンを総括的にみることはできなかった。そこで本稿では、地山の対象を硬岩地山に限定するが、支保に関する施工実績の類型化を行う方法を取り入れ、説明変数の抽出とカテゴリー区分を見直し、また判別の際に確率的な概念を導入した。これにより、事前調査項目の内容で、簡単に的確な支保パターンを与える実用性の高い設計システムが可能になると考える。

2. 分析方法

本研究の分析の手順は図-1の分析のフローに示す通りである。まず、最近施工された硬岩地山におけるN A T Mトンネルの施工実績とそその地点に関する調査項目のデータを工事誌・文献等から102サンプル収集した。次に説明変数の抽出を行った。抽出する判断規準としては文献1)2)の分析において寄与率の高い変数であり事前調査項目の内容であること、また説明変数の数はできる限り少なくなるようにした。その結果、主な説明変数として土被り厚・弾性波速度・亀裂・内空断面積の4項目が抽出できた。次に、支保に関する施工実績の類型化を行った。表-1に示すのが

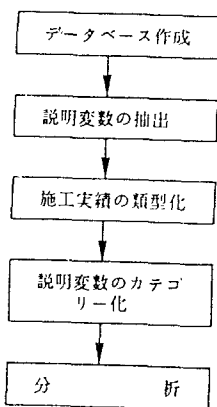


図-1 分析のフロー

保パターンである。施工実績を類型化した結果、1

表-1 施工実績の類型化

支保パターン	主 な 設 計 項 目			
	1次吹付厚	鋼製支保工	ロックボルト	インバート
パターンA	5cm	なし	*なし	なし
パターンB	5cm	なし	*あり	なし
パターンC	10cm	なし	あり	なし
パターンD	10cm	あり	あり	**
パターンE	15cm	あり	あり	**

* ロックボルトの有無判別を行い、なしならパターンAを選択する。

** インバートの有無判別を行う。

表-2 説明変数と外的規準のカテゴリー化

説明変数	外 的 規 準			
	1次吹付厚3群判別			鋼製支保工の2群判別
	①5cm	②10cm	③15cm	①なし ②あり
土被り厚(m)	①25以下 ②100以下 ③～			①25以下 ②100以下 ③～
弾性波(km/s)	①3.5以下 ②4.5以下 ③～			①3.5以下 ②4.5以下 ③～
亀 裂	①多い ②少ない			①多い ②少ない
内空断面積(m2)	①45未満 ②45以上			①45未満 ②45以上

次吹付厚5cmの鋼製支保工のあるパターン、1次吹付厚15cmで鋼製支保工のないパターンは収集データ中にはほとんどなかったため代表的なパターンからは除外した。表中で*、**印となっているものは後に判別分析を行うものとする。表により1次吹付厚と鋼製支保工を判別するのみで支保パターンが得られるようになっている。次に、説明変数のカテゴリー化を行った。各説明変数の値に対して、分析の対象となる支保部材の頻度分布を作成した。これによって、説明変数の寄与の仕方を確認するとともに、最適なカテゴリー化を図った。なお、明らかに設計者の判断ミスと思われるデータを除外した。表-2に示すのが頻度分布に基づいてカテゴリー化を行った説明変数である。次に、これらのデータを用いて、1次吹付厚と鋼製支保工の2項目について数量化理論第Ⅱ類を適用して分析を行った。すなわち、1次吹付厚は5cm、10cm、15cmの3群判別であり、鋼製支保工は有無の2群判別である。さらに分析で得られた判別規準値によって、1次吹付厚、鋼製支保工の2項目そ

れぞれについて、いずれの群に属するか判別され、これにより最終的に支保パターンを選択するものとする。また、鋼製支保工の規格、ロックボルトのパターン、長さ、径、ピッチ等の細部設計については、設計項目に関する頻度分布として示しており、これから選択するものとする。

3. 分析結果

表-3 分析結果

外的規準	1次吹付厚の3群判別	鋼製支保工の2群判別
>>>>>> 判別式の精度		
相関比(η^2)	0.73	0.51
誤判別率(%)	20.2	17.1
>>>>>> 判別規準値 (サンプルスコアの合計値と比較)		
1群/2群	-0.7	0.0
2群/3群	0.5	-
>>>>>> カテゴリースコア		
土被り厚(m)	1. 0.324 2. 0.201 3. -0.271	1. -0.368 2. -0.061 3. 0.308
弾性波速度(km/s)	1. 1.172 2. -0.418 3. -0.979	1. 1.285 2. -0.164 3. -0.874
亀裂	1. 0.204 2. -0.196	1. 0.491 2. -0.491
内空断面積(m ²)	1. -0.205 2. 0.155	1. -0.094 2. 0.074

表-3は数量化理論第Ⅱ類の分析結果である。分析結果として得られるものはモデルの精度を表す相関比、誤判別率と判別規準値、カテゴリースコア値である。各判別式を評価すれば次の通りである。

①1次吹付厚の3群判別：第1軸は3群を序列化するものでありよく判別されていた。一方、第2軸は1次吹付厚5cm、15cmと10cmとを判別するものであり、あまり判別力を持てなかった。すなわち、全モデルに対する第1軸の寄与率は85%以上であったため1軸の判別式のみを用いるものとした。また、サンプルスコア値に対する各群の分布状況について、5cm、15cmの群の標準偏差は0.3程度であるのに対し10cmの群の標準偏差は0.7と広く分布していた。これは設計者の判断に関する個人的なばらつきであると考えられる。

②鋼製支保工の2群判別：判別式は鋼製支保工の有無を判別するものであり、相関比は0.5以上、誤判別率は17.1%と非常に信頼性の高いモデルが完成したといえる。またサンプルスコア値に対する各群の分布状況について、平均値は判別規準値を中心に対称であり、標準偏差もほぼ等しかった。

4. 支保パターン選択方法

サンプルスコア値は各説明変数の反応したカテゴリースコア値の合計値として求められるものである。このサンプルスコア値と判別規準値と比較することによって、いずれの群に判別されるかを決定し、これによって支保パターンを選択するものとする。しかし、判別規準値の近傍では当然誤判別の可能性は高くなる。そこで、いずれかの群を判別する確率を判別確率として定義した。これにより、判別を行う際に判別確率も同時に得ることができる。判別確率の規準値としては、70%以上の判別確率をもって群判別を行ったものは正しく判別しているものと考え、これに従い支保パターン選択を行うが、どちらかが70%未満のものはそれぞれの判別確率を比較していずれかの支保パターンを選択するかの検討をする必要がある。

5. まとめ

本研究で提案した硬岩地山におけるトンネル支保部材に関する事前設計手順は①. 土被り厚、弾性波速度、亀裂、内空断面積の4項目の調査を行う。②. 調査結果を判別式に入力することによって1次吹付厚、鋼製支保工の判別を行う。③. ②の判別結果によって、支保パターンを選択する。以上の3ステップで構成されており、従来の地山分類表を用いる方法に比べると非常に簡単なシステムになっている。また、分析結果として①. 2項目の判別式とも、モデルの精度を表す相関比は0.5以上、誤判別率は20%程度であった。②. 判別項目に対する説明変数のカテゴリースコアの寄与の仕方が現実と矛盾を生じていない。これらの事を考えると十分に実用的であり、設計に供する事も可能であると考えられる。今後の課題として①. 軟岩地山の支保パターンも完成すること。②. 力学的な解析による裏付けを行うことが必要であると考えられる。

<参考文献>

1) 樗木、相川、三角：施工実績に基づくNATM設計の標準化について、土木学会第43回年次講演会概要集、1988

2) NOORAZAM MOHAMAD DAUD：NATM標準設計に関する研究、九州大学工学部土木工学科卒業論文、1988