

III-126 N A T M基本設計パターンの選択方法に関する提案～硬岩地山N A T Mを対象として

九州大学工学部 正 員 ○ 相川 明
九州大学工学部 正 員 榑木 武
佐藤工業株式会社 正 員 三角衡一郎

0. はじめに

本研究は硬岩地山N A T Mに関して、以下の条件を備えた事前設計システムを提案するものである。

- ① 事前調査で入手可能な説明変数のみを用いる。
- ② 標準断面以外のトンネルにも適用可能である。
- ③ 設計パターンの信頼性が得られる。
- ④ 判断が容易で簡便である。

1. 事前設計システムの考え方

提案する事前設計システムは基本設計と細部設計の2段階より構成される。基本設計とは、設計上重要な支保部材の仕様を決定するものである。ここでは、一次吹付厚の仕様と鋼製支保工の有無を判別モデルにより決定し基本設計パターンを選択する。

また細部設計とは、選択された基本設計パターン別に、トンネルの形状や地山条件により、支保部材の細部にわたる設計を行うものである。このように2段階システムを考える理由は、各支保部材の設計内容が相互に関係している点を考慮するためである。

今回は基本設計の選択方法について述べる。すなわち土被り厚・弾性波速度・亀裂・断面積の4指標で、一次吹付厚と鋼製支保工の判別モデルを作成し、その組合せで設計パターンを選択する。モデルは事前調査の関数として定義するので、基本設計の信頼性や設計変更時の代替案も同時に得ることができる。

2. 基本設計パターンの提案

事前設計で決定する支保の設計内容は表-1のとおりである。基本設計では一次吹付厚5cm, 10cm, 15cmの3タイプと鋼製支保工の有無の2タイプを重要な設計項目として決定し、基本設計パターンを選択する。これら2項目の組合せは6組存在するが、施工実績がほとんどない2組を除外し、結局表-2に示す4組を基本設計パターンとして提案する。

3. 説明変数の抽出とそのカテゴリー

事前調査項目のうち、できる限り客観的に評価でき、しかも支保の選定に関して寄与率が高い4変数を文献1を参考にして抽出した。表-3に採用した説明変数とそのカテゴリー区分を示す。なお亀裂状態は「多い」「少ない」の定性的な表現であるが、これはR Q Dなどの定量的データが少なく、また事前に精度良く推定することが困難なので、ここでは特に亀裂が多く脆弱な地山のみを「多い」とする。

表-1 事前設計項目

①. 一次吹付厚(cm)	⑤. 金網の有無・種類
②. 二次覆工厚(cm)	⑥. ロックボルトパターン
③. インパートの有無・厚さ	⑦. ロックボルト長さ・径
④. 防水シートの有無・種類	⑧. 鋼製支保工の有無・規格

表-2 基本設計パターン

支保パターン	1次吹付厚	鋼製支保工	サンプル数
パターン A	5 cm	なし	20
パターン B	10 cm	なし	35
パターン C	10 cm	あり	26
パターン D	15 cm	あり	14

表-3 説明変数と外的基準

外的基準	一次吹付厚3群判別	鋼製支保工2群判別
	① 吹付厚5cm [51] ② 吹付厚10cm [58] ③ 吹付厚15cm [54]	① 鋼支保なし[47] ② 鋼支保あり[35]
土被り厚(m)	① ~ 25 [10] ② 25 ~ 100 [81] ③ 100 ~ [72]	① ~ 50 [21] ② 50 ~ 100 [30] ③ 100 ~ [81]
弾性波速度(km/s)	① ~ 3.5 [58] ② 3.5 ~ 4.5 [62] ③ 4.5 ~ [43]	① ~ 3.5 [23] ② 3.5 ~ 4.5 [31] ③ 4.5 ~ [28]
亀 裂	① 多 い [80] ② 少 ない [83]	① 多 い [41] ② 少 ない [41]
内空断面積(m ²)	① 45未満 [70] ② 45以上 [93]	① 45未満 [36] ② 45以上 [46]

ここに、①②③：カテゴリー区分 []：サンプル数

4. 基本設計パターンの判別モデル

数量化理論第Ⅱ類により基本設計の判別モデルを作成した（表-4）。支保部材の仕様はカテゴリースコアの合計を判別規準値に照らして決定する。表中の相関比・誤判別率はモデルの精度を表し、相関比は1に近いほど、誤判別率は小さいほど良い。両モデルとも相関比は0.5以上、誤判別率は20%程度であり、信頼性の高いモデルである。

一次吹付厚のモデルは吹付厚5cm, 10cm, 15cmを序列化するものである。判別への寄与の高い説明変数は、①弾性波、②土被り厚、③亀裂、④断面積の順である。本モデルでは「亀裂が少なく弾性波速度が大きい地山に、土被りの厚い小トンネルを掘削する場合には、一次覆工は薄くてもよい」ことになる。これは自立性の高い地山ほど一次吹付厚を減らす意味を持ち、モデルが現実と矛盾しないといえる。

鋼製支保工のモデルでは、カテゴリースコアの合計値が正のときには「鋼製支保工あり」、負のときには「鋼製支保工なし」と判断する。説明変数の寄与率は高い方から、①弾性波、②亀裂、③土被り厚、④断面積の順である。本モデルでは「亀裂が多く弾性波が遅い地山に、厚い土被りの大断面のトンネルを施工する場合には鋼製支保工を用いるほうが良い」という判断を得る。これは、鋼製支保工が天端からの岩塊の崩落防止を一目的としていることに一致し、モデルの意味の妥当性を裏付けるものである。

表-4 基本設計の判別モデル

外的基準	1次吹付厚3群判別	鋼製支保工2群判別
判別モデルの精度		
相関比(η^2)	0.73	0.51
誤判別率(%)	20.2	17.1
判別規準値		
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	① -0.368
	② 0.201	② -0.061
	③ -0.271	③ 0.308
弾性波速度 (km/s)	① 1.172	① 1.285
	② -0.418	② -0.164
	③ -0.979	③ -0.874
亀 裂	① 0.204	① 0.491
	② -0.196	② -0.491
内空断面積 (m^2)	① -0.205	① -0.094
	② 0.155	② 0.074

5. 基本設計パターン選定の信頼性

最後に基本設計パターンを採択する場合の信頼性について検討を行う。これは先に提案した基本設計パターンが、2つの判別関数値に対して、どのように分布しているかを確率的に求め、これを基本設計パターンを採択する際の信頼性の指標として設定するものである。ここでは、各パターンに、2次元正規分布のあてはめを行い、各パターンの出現率が等しいと仮定してパターン選択確率を求めた。

図-1は横軸に一次吹付厚の判別関数を、縦軸に鋼支保の判別関数をクロスで表し、ある判別関数値で各基本設計パターンが選択された場合の、その判断の信頼性を示しているものである。

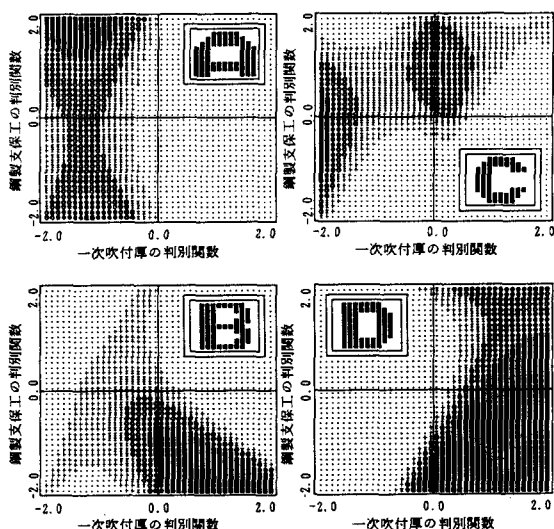


図-1 各基本設計パターンの選択確率
■: 90%以上, ●: 90-80, ○: 80-60, *: 60-40, +: 40-20

6. まとめ

本法は事前調査情報のうち、比較的入手しやすい4項目に限って利用するという簡単なものであるにもかかわらず、施工内容に十分付合する設計になっている。このことは基本設計を簡便化するものとして本システムを特徴づけることができる。

今後の課題は、基本設計パターンを選択する際に得られる信頼性に工費のような他の要因も同時に考慮できるシステムを作成することである。

<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, 第43回全国大会, 1988.