

トンネル切羽観察における支保選定と切羽観察項目の相関に関する考察

山口大学大学院 学生会員 ○谷増 唯

山口大学工学部 正会員 進士 正人

日本道路公団 正会員 関 茂和

1. はじめに

山岳トンネル工法において合理的な支保選定を行うことは、安全性や経済性の両面からきわめて重要なことである。そのため、現場計測や切羽観察がトンネル掘削と併せて実施される。一般に、現場計測では、最終的な計測結果が得られるには時間がかかるため、切羽観察結果が現在の地山状態を評価する判定材料として重視され、現場計測は支保量の妥当性の検証に用いられる傾向にある。日本道路公団が提案した切羽観察記録表(表-1)および切羽評価手法は、地山状態を定量的に評価するために試行導入され、現在ではこのシステムを用いてトンネル

を施工することが主流となりつつある¹⁾。この切羽評価手法の開発にあたっては、評価項目の二重評価を避け独立した評価項目を抽出し、各観察項目が独立していると仮定して単回帰分析を用い提案されている。しかし、独立している観察項目を抽出しているとしても、観察項目間にまったく関連性がないとはいえない。

本研究では、共分散構造分析を用いることによりこれまで試みられていなかった切羽観察記録における観察項目間の相互影響について分析する。そして、評価項目間の共分散量を最小とする構造モデルを提案し、従来の切羽評価手法との関連性を検討する。

2. 対象データ

本研究では、切羽観察結果の共分散分析結果と切羽評価手法で提案された配点表との比較を行うために、切羽評価手法が提案される際に用いられた切羽評価データと同一のデータを対象とする²⁾。すなわち、対象データは、切羽評価手法を用いて切羽観察、施工された、導入から1998年3月までの1年5ヶ月間の6561断面のうち、土被りや湧水・劣化による水の影響を除いた1318断面である。

3. AMOSを用いた共分散構造分析のモデル図³⁾

切羽観察結果の観察項目と選定された支保との因果関係を分析することを目的とし、AMOSによる共分散構造分析を行った。AMOSとは、パス図を書くことにより、自動的にプログラムを記述するソフトである。ここで、観察項目は総合的な岩盤強度に関する4項目の評価区分値を用い、選定支保は支保剛性を数値的に表す北陸方式を用いる²⁾。選定支保と北陸方式の関係を表-2に示す。AMOSによる共分散構造分析では、観察項目と支保選定との因果関係に関して背景にある因子(潜在変数と呼ばれる)を用いて説明する。そのモデル図を図-1に示す。図からわかるように、切羽評価手法では圧縮強度、風化変質、割れ目間隔、割れ目状態の4つの観察項目から支保を選定しているため、本研究で提案するモデルもそれに準ずることとした。ただし、AMOSによる共分散構造分析の特徴として、選定支保の背後に、圧縮強度と風化変質に関連する潜在変数、割れ目間隔と割れ目状態に関連する潜在変数を設定し、それぞれを地山強度指数、地山不連続指数と呼ぶ。図に示す個々の矢印は因果関係を示す。本研究では解析の結果得られるパラメータを標準化し、切羽評価手

表-1 切羽観察記録表の一部

観察項目	評価区分					
	1,000以上	1,000~500	500~250	250~100	100~30	30以下
A. 圧縮強度 (knf/cm ²)	一軸圧縮強度	40以上	40~20	20~10	10~4	4以下
	ポイントロード	40以上	40~20	20~10	10~4	4以下
	ハンマーの打撃による強度の目安	岩片を地面に置きハンマーで強打しても割れにくい	岩片を地面に置きハンマーで強打すれば割れる	岩片を手で持ってハンマーでたたいて割ることができる	両手で岩片をたたき合わせて部分的にでも割ることができる	力を込めれば、小さな岩片を指先で潰すことができる
	評価区分	1	2	3	4	5
B. 風化変質	風化の目安	概ね新鮮	割れ目沿いの風化変質	岩芯まで風化変質	砂状風化、未固結土	土砂状風化、未固結土
	熱水変質などの目安	変質は見られない	変質により割れ目に粘土を挟む	変質により岩芯まで強度低下	著しい変質により全体が土砂化、粘土化	著しい変質により全体が土砂化、粘土化
	評価区分	1	2	3	4	5
	割れ目の間隔	d<1m	1m<d<50cm	50cm<d<20cm	20cm<d<5cm	5cm<d
C. 割れ目間隔	RQD	80以上	80~50	50~30	40~10	20以下
	評価区分	1	2	3	4	5
	割れ目の開口度	割れ目は密着している	割れ目の一部が開口している(幅<1mm)	割れ目の多くが開口している(幅<1mm)	割れ目が開口している(幅1~5mm)	割れ目が開口し5mm以上の幅がある
	割れ目の開口度	割れ目は密着している	割れ目の一部が開口している(幅<1mm)	割れ目の多くが開口している(幅<1mm)	割れ目が開口している(幅1~5mm)	割れ目が開口し5mm以上の幅がある
D. 割れ目状態	割れ目の狭径物	なし	なし	なし	薄い粘土を挟む(幅<1mm)	厚い粘土を挟む(幅>1mm)
	割れ目の粗度(鏡面)	滑い	割れ目が平滑	一部に鏡面	よく磨かれた鏡面	よく磨かれた鏡面
	評価区分	1	2	3	4	5
	評価区分	1	2	3	4	5

表-2 選定支保と北陸方式の関係

選定支保	北陸方式
B-a	1
C -a	1.99
C -a	2.06
C -b	2.57
D -a	3.84
D -a	3.92

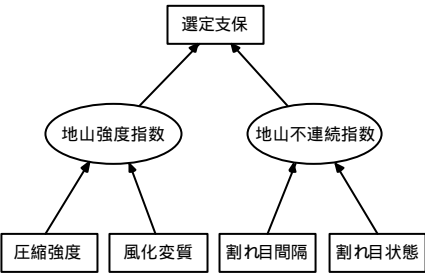


図-1 AMOSによるモデル図

キーワード 切羽観察結果、共分散構造分析、観察項目、支保選定

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1 山口大学工学部 トンネル工学研究室

法との影響度の比較を行う。

4. 切羽観察結果の共分散構造分析と考察

図 - 2 は、各岩石グループにおける切羽観察 4 項目が選定支保に及ぼす影響を切羽評価手法の配点表から比較したものである。図 - 3(a)は潜在変数である地山強度指数および地山不連続指数が選定支保におよぼす影響を百分率で示す。図 - 3(b)は切羽評価手法の観察項目である圧縮強度と風化変質の配点表の最高点を足し合わせたものを地山強度指数とし、同様に割れ目間隔と割れ目状態の配点表の最高点を足し合わせたものを地山不連続指数としてその割合を示す。

図 - 2 からわかるように、分析結果では、岩種グループである塊状硬質岩、中硬質岩軟質岩、層状軟質岩のそれぞれのグループは、配点表の重みに比べて相対的に圧縮強度の影響が大きい。このことから、これらの岩種グループにおける岩自体の強度は、支保選択に大きな影響を与えると評価される岩種グループであると考えられる。また、風化変質・割れ目状態の影響が少ない。これは、割れ目状態が岩の風化に着目したものであり、風化変質と割れ目状態が、比較的似た傾向を示すためである。また、塊状中硬質岩軟質岩、層状中硬質岩のグループにおいて、割れ目間隔の分析結果は配点表よりもその影響が大きく、全岩種と比較しても割れ目間隔の占める割合が相対的に大きい。図 - 3より、地山圧縮指数と地山不連続指数との関係性を評価すると、全岩種とも地山圧縮指数の影響が大きく、割れ目に起因する影響は小さい。地山圧縮指数と地山不連続指数の割合は、塊状中硬質岩軟質岩・層状中硬質岩において配点表の重みと同程度の割合を示す。

5. まとめ

切羽観察結果における観察項目と選定支保との因果関係を分析することを目的として、AMOS による共分散構造分析を行った。その上で、分析結果と切羽評価手法の配点表と比較し、以下の知見を得た。塊状硬質岩、中硬質岩軟質岩、層状軟質岩の各岩種グループでは、配点表の重みに比べて相対的に比較的圧縮強度の影響が大きく、風化変質並びに割れ目状態の影響が少ない。塊状中硬質岩軟質岩、層状中硬質岩の岩種グループにおいて割れ目間隔は配点表よりその影響が大きく評価されている。また全岩種と比較してみてもその割合は大きい。地山圧縮指数と地山不連続指数を比較すると全岩種とも、地山圧縮指数の影響の方が大きく、割れ目に起因する影響は小さい。地山圧縮指数と地山不連続指数の割合は、中硬質岩において配点表の重みと同程度の割合を示す。

今後は、支保パターン選定の評価点範囲と比較し今回の共分散構造分析結果の妥当性について研究を進めていく予定である。

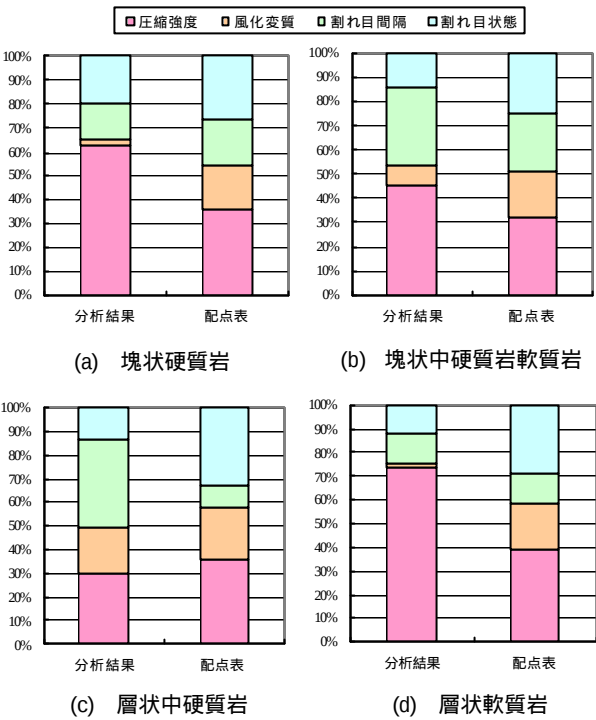


図-2 各岩種グループごとに比較した観察項目の影響度

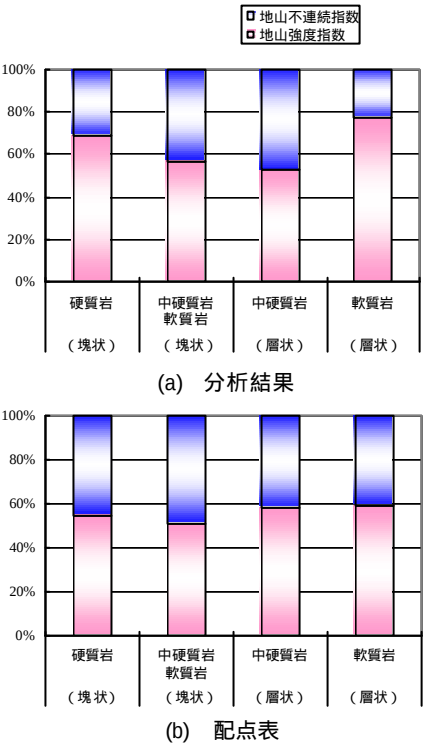


図-3 各岩種グループにおける地山強度指数と地山不連続指数の影響度

参考文献

1) 日本道路公団：設計要領第3集，トンネル，pp.86-89，平成9年10月
2) 赤木 渉 進士 正人 中川 浩二：山岳トンネル施工支援のための切羽評価法の適用性に関する研究，土木学会論文集 No.686/ -52 pp. 121-134，2001.9
3) 豊田 秀樹：共分散構造分析＜入門編＞ 朝倉書店