

計測データ分析による岩石毎の挙動特性

A BEHAVIOR STUDY OF ROCK MASSES BY THE MEASUREMENT DATA ANALYSIS

佐藤 淳*・佐野信夫**・中田雅博**

Jun SATO, Nobuo SANO, Masahiro NAKATA

The NATM data base built by Tunnel Section of JH Research Institute contains 6,500 measurement data of tunnel sections, and will achieve over 10,000 data by the end of 1995 fiscal year. Several analyses have been carried out at the period that an appropriate data stock was built, and in which materials surrounding tunnels were classified into hard rock, semi-hard rock and soft rock, and the behavior of those were considered. This paper presents the behavior of granite, slate and mudstone shale tunnels as results of analyses and tries to evaluate the tunnel face observation reports.

Keywords: tunnel, measurment, data-base, analysis, construction

1. はじめに

JH日本道路公団試験研究所トンネル研究室のNATMデータベースは、現在約6,500断面のトンネルの計測データを蓄積しており、平成7年度末には10,000断面を越える予定である。計測データの分析は、データ数のまとまった段階で逐次実施してきている。これらのデータ分析において、区分の方法に議論の余地は残るものの対象岩石を硬質岩、中硬質岩、軟質岩に分類し、その挙動特性について検討している。

本論文は、これら3岩種の代表岩石であり、データ数も多い花崗岩、粘板岩、泥岩頁岩について、その挙動特性について報告するものであり、併せて切羽の評価法である切羽観察記録の項目、記述内容についても評価するものである。なお、本データベースは、泥岩と頁岩を同一に分類している。

2. 計測データの概要とデータの絞り込み条件

今回の分析に使用したデータは、昭和58年から平成3年に発生した計測データであり、総数約6,500断面のうち、データの質を揃える目的で表-1に示すような絞り込みを行っている。これらの結果、対象岩石別のデータ数は、表-2に示すとおりである。

* (財) 高速道路技術センター 建設技術部 技術第二課

** 日本道路公団 試験研究所 トンネル研究室

表-1 データ絞り込み条件

岩石名	花崗岩、粘板岩、泥岩頁岩
一掘進長	0.5～2.5m
初期値切羽距離	0～5.0m

表-3 一掘進長区分

記号	一掘進長区分
A	$L > 2\text{ m}$
B	$1.5\text{ m} < L \leq 2\text{ m}$
CⅠ	$1.2\text{ m} < L \leq 1.5\text{ m}$
CⅡ	$1.0\text{ m} < L \leq 1.2\text{ m}$
DⅠ	$L = 1.0\text{ m}$
DⅡ	$L < 1.0\text{ m}$

表-2 岩石別データ数(最大)

項目によりデータ数変動			
岩石名	花崗岩	粘板岩	泥岩頁岩
データ数	516	623	405

3. 計測データ分析からの挙動傾向

3.1 内空変位量の分布状況からの挙動傾向

図-1～3に花崗岩、粘板岩、泥岩頁岩の内空変位量の頻度分布図を示す。図中のB～DⅡは、一掘進長を表しており、区分は表-3のとおりである。なお、B～DⅠまでは、JHの標準支保パターンとも連動している。

図-1は、花崗岩であり、ほとんどが10mm以下の変位量であり、変位量が小さい硬質岩の特性を表している。しかし、一掘進長DⅠのものが全体の4割を占め、硬質岩でも支保量の多いものが多い傾向になっている。

図-2の粘板岩は、変位量が50mmを超えるものが18%と多く、他の中硬質岩に分類した安山岩、礫岩等に比較し、異なった変位分布となっている。一掘進長はB～DⅡの全体的に分布し、地山状況が硬質なものから軟質なものまで広範囲であり、これは中硬質岩の特徴と思われる。図-3の泥岩頁岩は、変位量が50mmを超えるものが30%と非常に多く、一掘進長もCⅡ～DⅡがほとんどである。支保パターンもほとんどが鋼アーチ支保工を使用しており、これは、泥岩が変位量が多く、収束が遅いためであり軟質岩の特徴がでていると思われる。

このように、3つの岩石によりそれぞれ異なった挙動を示すため、支保パターン(JHでは、B～DⅡ5パターン)も現在のように

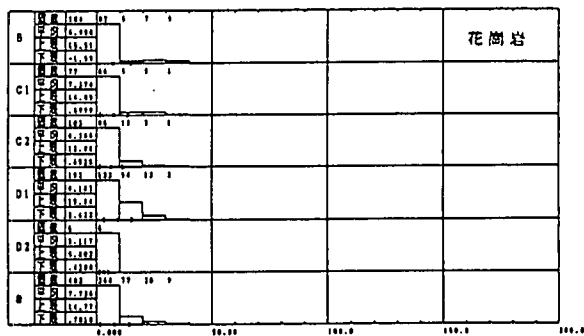


図-1 花崗岩内空変位量頻度分布図

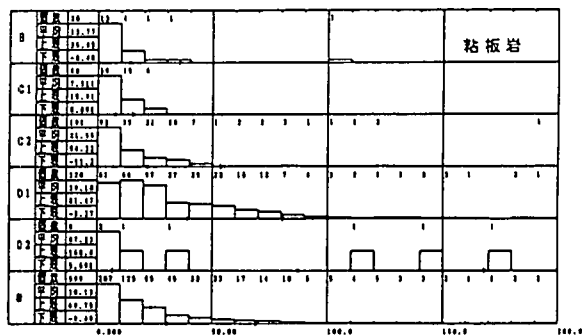


図-2 粘板岩内空変位量頻度分布図

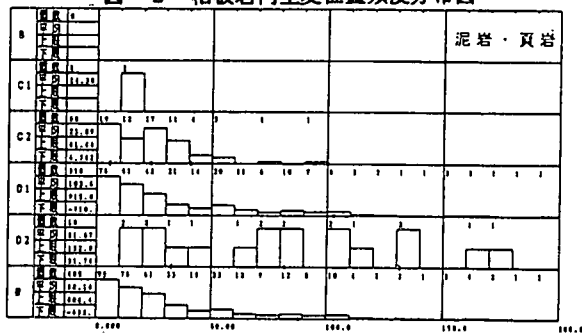


図-3 泥岩頁岩内空変位量頻度分布図

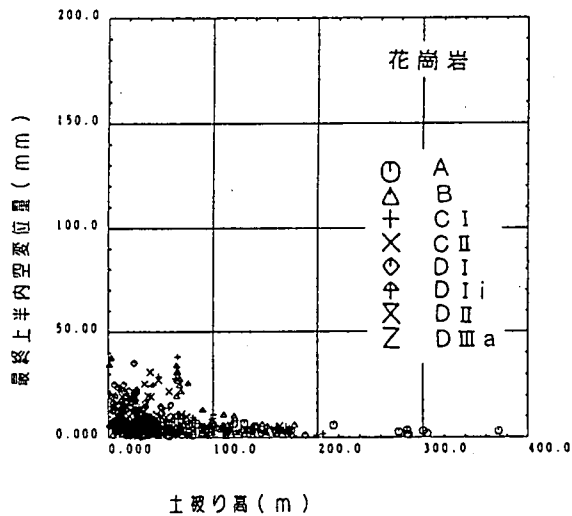
すべて同一ではなく、それぞれに適合したものを設定すべきと思われる。

3. 2 土被りと内空変位量の相関からの挙動傾向

図一4～6に土被りと内空変位量の相関図を示す。花崗岩は、変位量がすべて40mm以下で明確な相関は見いだせないが、右下がりの土被りが大きくなると変位が小さくなる傾向があるようである。これは、地山深部の花崗岩は、割れ目の少なく硬質なためと思われる。粘板岩では土被りが小さいところから大きいところまで変位が大きいのが発生しており傾向的なものはない。泥岩頁岩は、土被り60～120m程度で変位量が大きくなる傾向にある。

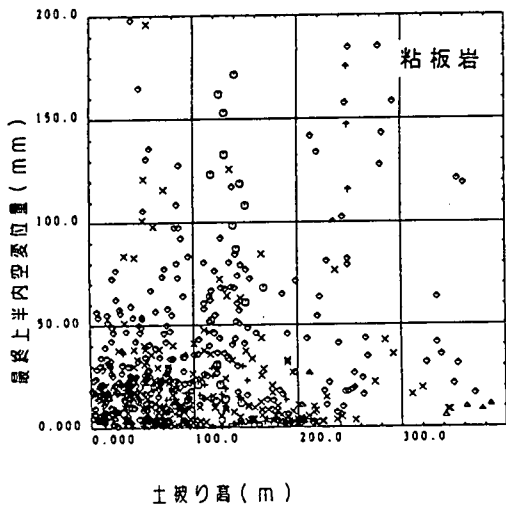
3. 3 地山強度比と内空変位量の相関からの挙動傾向

図一7～8に地山強度比と内空変位量の相関図を示す。花崗岩は、地山強度比が小さくても変位量は小さく傾向的なものを見いだせない。粘板岩は、地山強度比が大きい範囲に分布しており、30以下になると変位量が



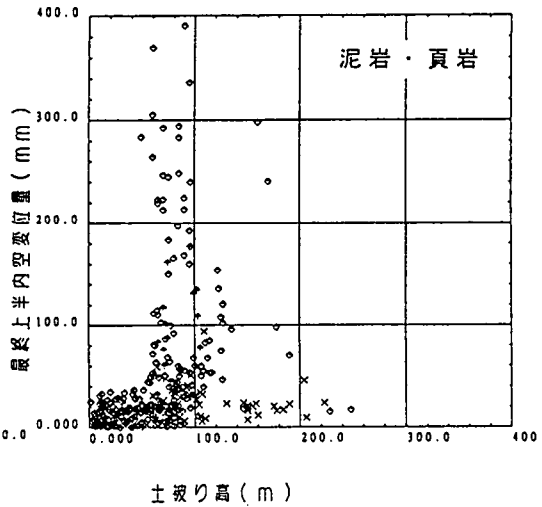
図数(516)

図一4 花崗岩土被りと内空変位量相関図



図数(623)

図一5 粘板岩土被りと内空変位量相関図



図数(356)

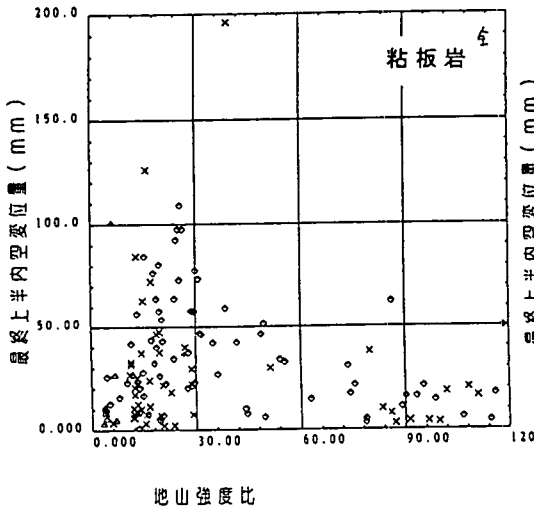
図一6 泥岩頁岩土被りと内空変位量相関図

きくなる傾向にある。

泥岩頁岩では、地山強度比5以下で変位量が大きくなる傾向にある。これは、泥岩の軟質岩としての均一性がでているためと思われる。地山強度比5以上で変位量50mm以下の領域は、妥当な支保量を実施している領域と思われ、地山強度比5以下で変位量が50mm以上の領域は、支保量が不足している領域と思われる。また、地山強度比5以下で変位量50mm以下の領域は、比較的適切な支保量を選定したものと過大な支保量を選定しているものが混在しており、計測の初期値設定の遅いものもあると思われる。

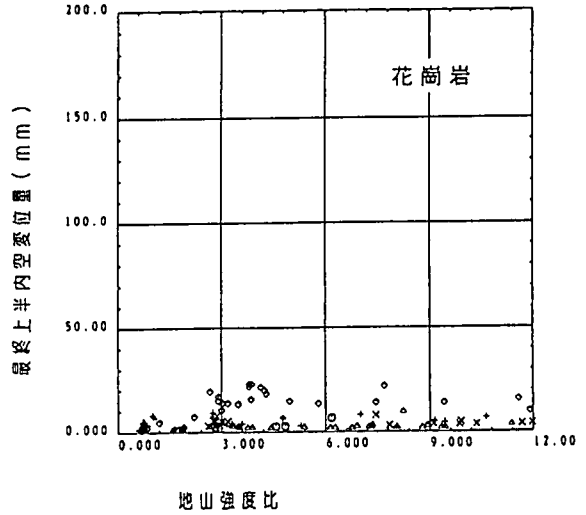
泥岩頁岩、特に泥岩については、これらの図より一軸圧縮強度より最大変位量の予測が可能と思われる。

地山強度比を算出する際の一軸圧縮強度は、事前調査段階の試験であり、供試体を作成するため、強度の高いものを選定している可能性が高い。このため切羽観察記録の一軸圧縮強度より仮の地山強度比を算出してみた。なお、強度は4段階に分類されており、50、200、1,000、2,000 kgf/cm²に仮定している。



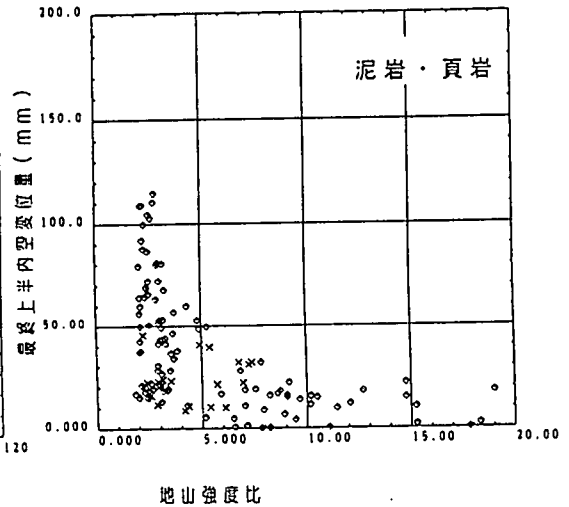
図数(263)

図一八 粘板岩地山強度比と内空変位量相関図



図数(155)

図一七 花崗岩地山強度比と内空変位量相関図



図数(160)

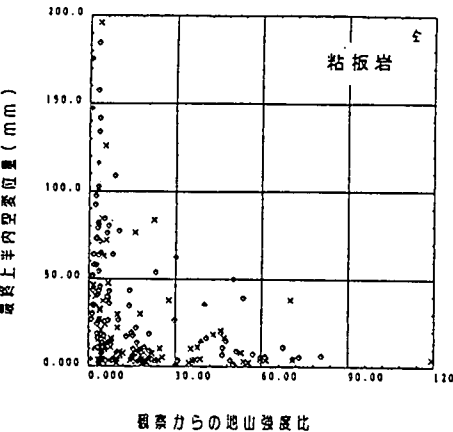
図一九 泥岩頁岩地山強度比と内空変位量相関図

3. 4 切羽観察記録からの地山強度比と内空変位量の相関からの挙動傾向

図一10、11に切羽観察記録からの地山強度比と内空変位量の相関図を示す。花崗岩については、相関がないため、省略する。

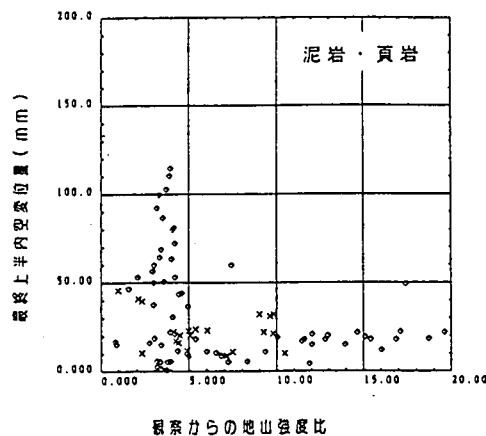
粘板岩は、泥岩に比較し地山強度比が大きい範囲に分布しているが、切羽観察記録の圧縮強度の方が試験値より小さく判定される傾向にあり、地山強度比6～12付近より変位量が大きくなる傾向にある。

泥岩は、切羽観察記録の圧縮強度の方が大きく判定される傾向であり、地山強度比5以下で変位量が大きくなる傾向が出ている。このように、切羽観察記録のような大まかな、4種類の区分でも、よい相関が得られるため、最大変位量の予測には、適用可能と思われる。このため、他の切羽観察記録と変位量について相関があるのか検討することとした。



図数(212)

図一10 粘板岩切羽観察地山強度比と内空変位量相関図



図数(109)

図一11 泥岩頁岩切羽観察地山強度比と内空変位量相関図

3. 5 その他切羽観察項目と内空変位量の相関

JHの切羽観察記録は、表一4に示すような9個の項目より切羽を評価している。このうち、内空変位量等、地山挙動等と相関があり、評価指標として有効なものがあるか分析を行った。紙面の都合上、図は、省略するが、粘板岩、泥岩頁岩では、圧縮強度のみ有効な切羽の評価指標になると思われる。その他の項目は、傾向的なものは見いだせず、項目、コード別の表現等に問題があると思われる。

これは、現在、JHの使用している切羽観察記録は、硬質岩を対象に作成されているためと思われる。しかし、花崗岩について、同様な分析を実施したが、明確な相関は見いだせず、硬質岩についても、項目、表現等を見直す必要があると思われる。

表一4 切羽観察記録観察項目一覧

切羽の状態	1.安定	2.斜面から岩塊が抜け落ちる	3.斜面の押し出しを生じる	4.斜面は自立せず崩れあるいは流出	5.その他
素堀面の状態	1.自立(管理不要)	2.時間がかつとゆるみ肌落ちする(後管理)	3.自立困難(掘削後早期に支保する(先管理))	4.掘削に先行して山を受けておく必要がある	5.
圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 1000 \text{ kgf/cm}^2$ -打撃はね返る	2. $1000 > \sigma_c \geq 200 \text{ kgf/cm}^2$ -打撃でくづける	3. $200 > \sigma_c \geq 50 \text{ kgf/cm}^2$ -打撃でくづける	4. $50 \text{ kgf/cm}^2 > \sigma_c$ -ハンマーで先食い込む	5.
風化変質	1.なし・健全	2.岩目に沿って変色、強度やや低下	3.全体に変色、強度相当に低下	4.土砂状、粘土状、硬砂、当初より未固結	5.
割れ目の精度	1.割れ目 $d \leq 1 \text{ mm}$ 割れ目なし	2. $1 \text{ mm} > d \geq 20 \text{ mm}$	3. $20 \text{ mm} > d \geq 5 \text{ cm}$	4. $5 \text{ cm} > d$ 硬砂、当初より未固結	5.
割れ目の状態	1.密着	2.部分的に開口	3.開口	4.粘土をばさむ、当初より未固結	5.
割れ目の形態	1.乱形	2.柱状	3.層状・片状、板状	4.土砂状、細片状、当初より未固結	5.
湧水	1.なし、浄水程度	2.漏水程度	3.液中湧水	4.全面湧水	5.
水による劣化	1.なし	2.ゆるみを生ず	3.軟弱化	4.崩壊・流出	5.

4. まとめ

今回の岩石別の挙動特性についてのデータ分析の結果をまとめると下記のとおりとなる。

- ①花崗岩は、変位量は小さいものの、DⅠ（一掘進長1m）のものが40%あり、割れ目、湧水により支保が多いものが選定されていると思われ、支保量では硬質岩のインタクトな岩の特性はあまりでていない。
- ②粘板岩は、B～DⅡ全体に分布し、硬質なものから軟質なものまであり、変位量が広い範囲に分布しており、中硬岩の特性ともいえ、事前設計段階では支保選定に注意を要する。
- ③泥岩は、ほとんどがCⅡ～DⅡであり、支保量でいえば、ほとんどが鋼アーチ支保工が設置しており、変位量が大きく、収束が遅い、軟質岩の特性がでていると思われる。
- ④3岩種は、おのおの異なった挙動をするため、支保パターンも別々に設定する必要があると思われる。
- ⑤土被りと変位量の相関は花崗岩、粘板岩は認められないが、泥岩では60～120mで大きくなる傾向にある。
- ⑥泥岩は、地山強度比と変位量に相関があり、地山強度比から最大変位量が予測できると思われる。また、粘板岩、泥岩では、切羽観察記録からの地山強度比でも相関があり、ポイント的な資料採取試験より切羽観察的な、マクロなものが切羽の評価には、適している。
- ⑦切羽観察記録の一軸圧縮強度は事前地質調査のものと比較すると粘板岩は低く、泥岩は、高く出る傾向にある。
- ⑧現在のJHの切羽観察記録は、観察項目、各コードごとの表現を修正する必要がある。

5. あとがき

今回の分析は、3岩種の全体の概略の挙動傾向を把握することを主目的に実施した。この目的は、ある程度達成されたと思われる。しかし、詳細な分析を行う場合、データの信頼性が問題となり、データを精査すると、初期値設定時期の遅れ、計測機器の設置方法等残された問題も多いと思われる。計測データの分析は、精度の高いデータをいかに蓄積するかが最も重要なことと思われる。

今後は、合理的な計測工の検討を行い、計測精度の向上を図ると共に、切羽観察記録の項目の検討、支保量の検討を行い、安全で経済的なトンネルの設計施工法を確立するため、各種基礎資料を整備していきたいと考えている。

6) 参考文献

- 1) 日本道路公団：施工管理基準集、トンネル施工管理要領、計測工編 1988.4