

(54) トンネル切羽観察に基づく地山評価方法の検討

佐藤工業株式会社中央技術研究所 正会員 ○ 西野治彦 篠川俊夫
正会員 矢田 敬

Rock Masses Assessment Based on Face Observation

Haruhiko NISHINO, Sato Kogyo Co., Ltd.
Toshio SINOKAWA, Sato Kogyo Co., Ltd.
Kei YADA, Sato Kogyo Co., Ltd.

Abstract

An application of the RMR value proposed by Bieniawski in assessing rock masses, which value is one of the typical value to numerize the state of rock masses mainly used in South Afrika where rock masses have stable geological structure, is investigated. The fracture zone and the overburden, which are hardly considered in the current method to compute RMR value, are focused in this study to apply RMR value in Japan where rock masses have complicated geological structure.

A tunnel was chosen for this study. The RMR value was estimated by the use of conventional method. It could not be said to be the best index but was applicable to select supports and to predict ultimate displacements. Moreover, the use of the fracture zone and the overburden were found to give more precise estimation to select supports and to predict ultimate displacement.

1. はじめに

トンネル工事における施工管理はこれまで現場技術者の個人的な経験や勘による判断を中心として行われてきた傾向が強いが、情報化施工の発達に伴ない計測や観察を重視した客観的な施工管理方法が要求されるようになってきた。そのため、著者らは海外の代表的な地山評価指標の1つであるBieniawskiのRMR¹⁾により地山状況を数量化し、これにより客観的な施工管理を行なう方法について検討を行なってきた²⁾。しかし、RMRは南アフリカ等の地質構造の安定した硬岩を対象として提案された地山評価指標であり、地質構造の複雑な我が国における適用性については未だ検討の余地があるものと考えられる。本報告では、我が国のあるトンネルを対象とし、RMRの適用性について検討を行なうとともに、RMRにおいて考慮されていない破碎帯や土被り等の項目が最終変位量や支保選定に及ぼす影響についても検討を行なう。

2. RMRを構成する各項目の評点方法

対象としたトンネルは全線において新第三紀層の流紋岩で構成され、岩石そのものは堅硬であるがかなり節理が発達しており、所々にひん岩の貫入や破碎帯の存在が認められる。また、湧水については一部の断面を除いてあまり認められない。本トンネルの各内空変位計測断面において切羽観察を行ないRMRの算定を行なった。RMRは、表-1に示すように、6項目の評点の合計値である。これら各項目の評点のう

表-1 RMRを構成する各項目

各項目	評点	各項目	評点
①岩石強度	R1	④節理の状態	R4
②RQD	R2	⑤湧水状態	R5
③節理の間隔	R3	⑥節理の方向性	R6
RMR = R1+R2+R3+R4+R5+R6			

ち、岩石強度については、原位置においてずりを供試体としたポイントロード試験の結果から求めている。RQDについては、各切羽においてボーリングコアの採取を行なうことが困難なため、単位体積内割れ目数からRQDを推定して評点を求めている。RMRを構成する各項目のうちRQD以外の5項目については、切羽観察や原位置における簡易試験により比較的容易に評点を求めることができるが、RQDについては評点の判定が難しい。

3. RMRを構成する各項目と最終変位量との関係

RMRを構成する各項目が最終変位量に及ぼす影響について検討を行なう。RMRを構成する各項目の評点と最終変位量との重回帰分析の結果を図-1に示す。ここで、影響度とは各項目と最終変位量との偏相関係数であり、各支保パターンは表-2に示すとおりである。RMRを構成する各項目の重回帰式から求めた最終変位量の予測値は、実測値と高い相関を示していることから、最終変位量はRMRを構成する各項目によってかなり支配されているものと考えられる。特に、本トンネルでは岩石強度と節理の方向性の最終変位量に及ぼす影響度が大きく、RQDの最終変位量に及ぼす影響度はかなり小さくなっているのが認められる。次に、トンネル軸方向の各断面毎にRMRを構成する各項目と最終変位量との対応性を検討するため、トンネル軸方向における各項目の評点および最終変位量の変動状況を図-2に示す。個々の項目について最終変位量との関係を明確に対応つけることは難しいが、RMRについては値が大きくなるほど最終変位量が小さくなる傾向が顕著に表れている。

4. RMRとRMR´

RMRを構成する各項目の中から、RQDを除いた5項目における評点の合計値をRMR´とし、RMRとの比較を行なう。RMRおよびRMR´と最終変位量との関係をそれぞれ図-3および図-4に示す。RMR、RMR´ともに最終変位量との相関が高く、両者とも適切に地山状況を数量化しているものと考えられる。また、両者の相関係数にほとんど差異は認められない。したがって、本トンネルにおいては、RQDを考慮しないRMR´によってRMRとほぼ同様の地山評価ができるものと考えられる。

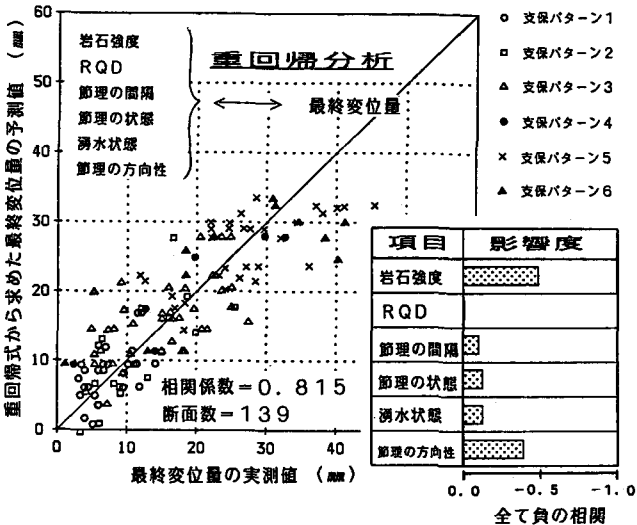


図-1 RMRを構成する各項目と最終変位量の重回帰分析

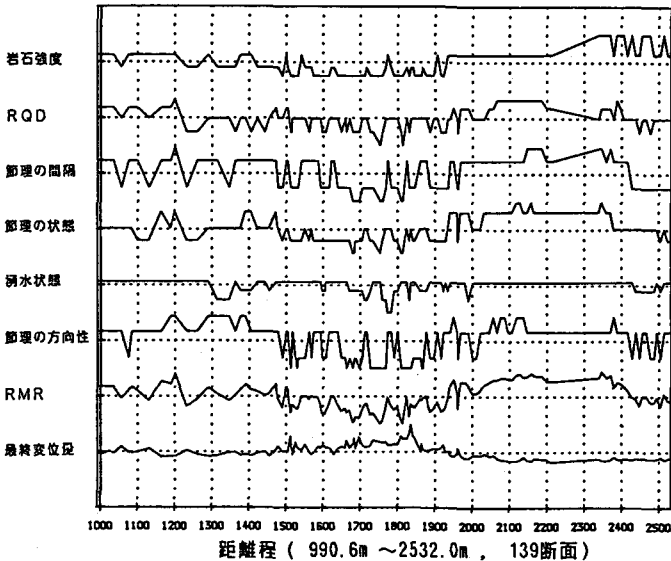


図-2 RMRを構成する各項目のトンネル軸方向の変動状況

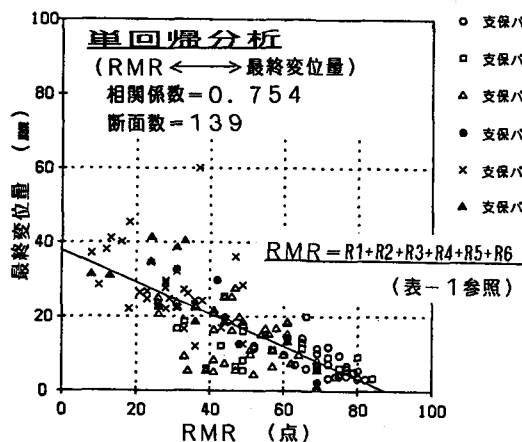


図-3 RMRと最終変位量の関係

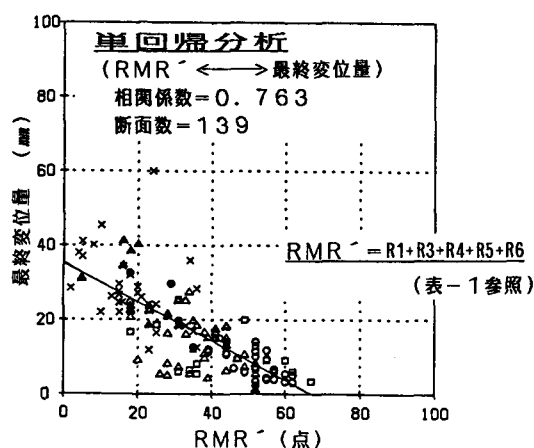


図-4 RMR'と最終変位量の関係

5. RMRを構成する各項目と支保パターンとの関係

RMRを構成する各項目の評点と実際に施工された支保パターンとの関係について分析を行ない、各項目の支保選定に及ぼす影響について検討を行なう。本トンネルにおいて施工された6つの支保パターン（支保パターン1～6）の断面数および支保メンバーを表-2に示す。支保パターン1が最も軽易な支保パターンであり、番号が大きくなるほど重厚な支保パターンとなっている。ここで、支保パターン6については主として拡幅断面付近の補強パターンとして用いられているものであり、必ずしも地山評価の最も悪い断面で用いられているものではない。RMRを構成する各項目における各支保パターン毎の評点の平均値および分布状況を図-5に示す。軽易な支保パターンを施工した断面ほどRMRを構成する各項目の評点が高くなっている傾向が認められることから、RMRを構成する各項目は支保選定における判断基準として適しているものと考えられる。次に、RMRおよびRMR'と支保パターンとの関係を図-6に示す。図-5と同様に、軽易な支保パターンを施工した断面ほどRMRおよびRMR'が大きくなっている傾向が認められ、RMRおよびRMR'も支保選定における判断基準として適切な指標であるものと考えられる。なお、支保パターン6を施工した断面では各項目とも比較的高い評点を示しているのが認められるが、前述のような支保パターン6の特殊性によるものと考えられる。また、支保パターン4を施工した断面でもいくつかの項目が高い評点を示しているが、支保パターン4の断面数が7断面とかなり少ないこと等によるものと考えられる。

表-2 各支保パターンの支保メンバー

支保パターン	断面数	吹付厚	ロックボルト	H鋼, ラス網
支保パターン1	27	8cm	D22, 8本, L=2.0m, P=1.5m	
支保パターン2	18	14cm	D22, 10本, L=2.0m, P=1.2m	ラス網
支保パターン3	42	14cm	D22, 12本, L=3.0m, P=1.2m	ラス網
支保パターン4	7	14cm	D22, 16本, L=3.0m, P=1.0m	ラス網
支保パターン5	33	20cm	D22, 16本, L=3.0m, P=1.0m + 増ボルト (適宜)	ラス網
支保パターン6	12	20cm	D22, 16本, L=3.0m, P=1.0m	H-100+ラス網

L; ロックボルト長さ P; トンネル軸方向ピッチ

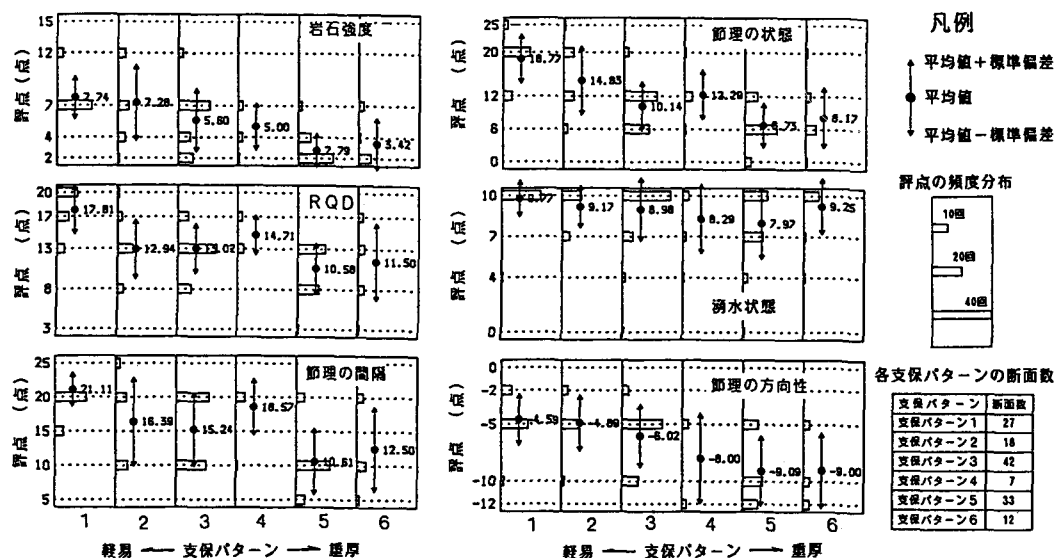


図-5 各支保パターンにおける評点の平均値および分布状況

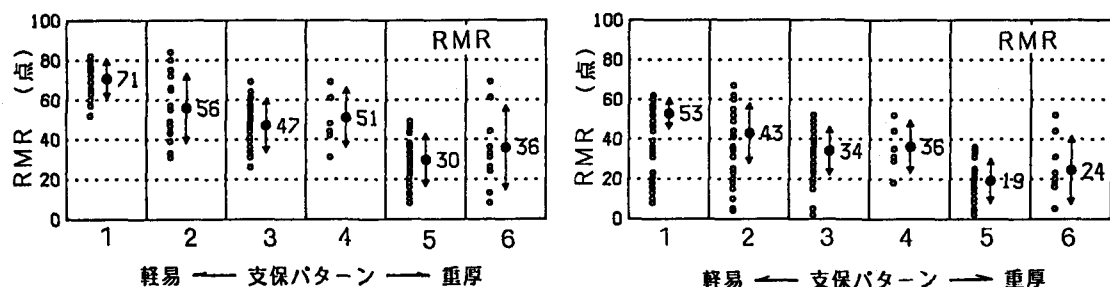


図-6 RMRおよびRMR'と支保パターンとの関係

6. RMRで考慮されていない項目

RMRでは考慮されていない項目の中にも、支保選定において重要な項目は多いものと考えられる。ここでは、特に、破碎帯の幅や位置、土被りに着目し、これらの項目と最終変位量や支保パターンとの関係について検討を行なう。破碎帯の幅と最終変位量との関係を図-7に、土被りと最終変位量との関係を図-8に示す。なお、破碎帯が認められない断面においては破碎帯の幅をゼロとしている。破碎帯の幅と最終変位量には正の相関が認められる。また、土被りと最終変位量にはかなり高い正の相関が認められることから、これらの項目も最終変位量に対して影響を及ぼしているものと考えられる。破碎帯の幅および土被りと支保パターンとの関係を図-9に示す。破碎帯の幅が小さいほど、また、土被りが小さいほど軽易な支保パターンが施工されている傾向が認められる。したがって、これらの項目も支保選定の判断材料になっているものと考えられる。さらに、破碎帯の位置が最終変位量に及ぼす影響について検討を行なうため、特に破碎帯の影響が大きいと考えられる支保パターン5、6を施工した断面を対象とし、破碎帯の位置と最終変位量との関係を図-10に示す。破碎帯が中心にあるよりも、左右の側壁付近にある場合の方が最終変位量が大きくなる傾向が多少認められる。以上の結果から、RMRにおいて考慮されていない破碎帯の幅や位置、土被り等の項目についても支保の選定を行なう際に着目すべき項目であると考えられる。

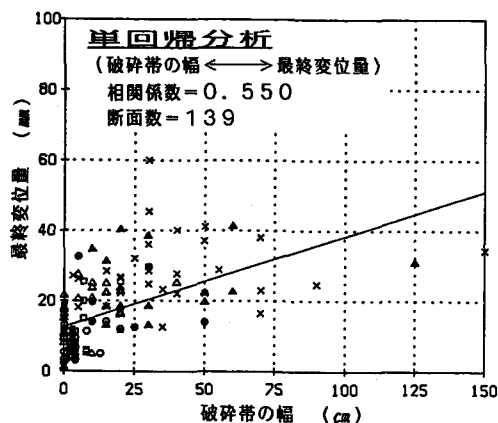


図-7 破碎帯の幅と最終変位量との関係

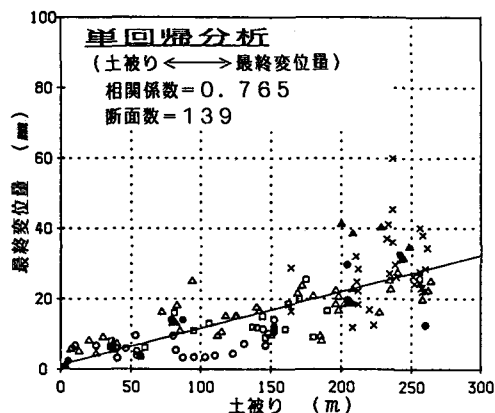


図-8 土被りと最終変位量との関係

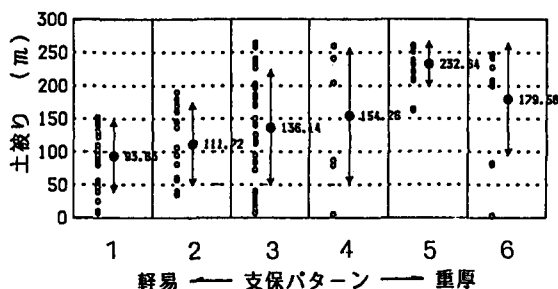
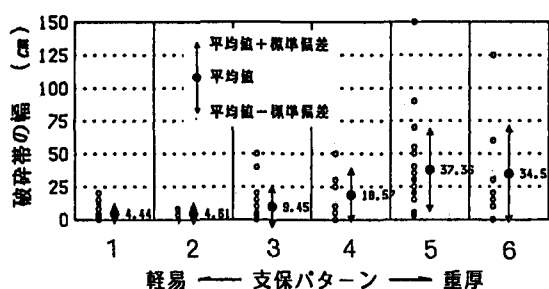
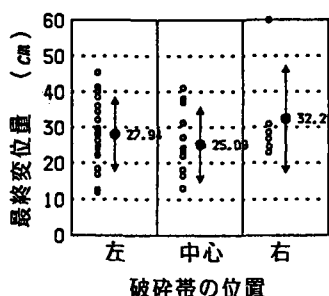
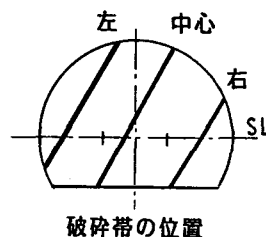


図-9 破碎帯の幅および土被りと支保パターンとの関係



平均値+標準偏差
平均値
平均値-標準偏差



破碎帯の位置

図-10 破碎帯の位置と最終変位量との関係

7. おわりに

あるトンネルにおいてRMRの適用性について検討を行なった結果、以下のことが分かった。

- ①RMRを構成する各項目は、最終変位量へ及ぼす影響が大きく、しかも、支保選定における判断基準としても適切な項目である。
- ②RMRによって、ある程度の確に地山状況を数量化することができる。
- ③RQDを考慮しないRMRによっても、RMRとほぼ同様の地山評価を行なうことができる。
- ④RMRの中では考慮されていない破碎帯の幅や位置、土被りも、最終変位量や支保選定に及ぼす影響が大きく、支保選定において着目すべき重要な項目である。

今後も多くのトンネル現場においてRMRの適用性を調べ、RMRに加えて各トンネルの様々な地山状況も考慮したより一般的な地山評価方法を確立していきたい。