

京都大学	正会員	谷本 親伯
同上	"	畠 昭治郎
憐大林組	"	吉岡 尚也
同上	"	藤原 紀夫

1. はじめに

地山中にトンネルが掘削されると、初期の応力状態が変化してトンネル周辺地山には変形が生じる。地山の状況に応じて適切な支保工が施こされた場合には、ある変形を生じて力学的な釣り合いが得られる。この力学的な平衡状態をモニタリングする手法としては、コンバージェンス計測が最も簡便で実用的である。ところで、トンネル切羽が2D進行するまでにコンバージェンスが収束した場合には、トンネル周辺地山の変形は弾性的であるが、そうでない場合は非弾性的であり、しかもコンバージェンスの収束状態から非弾性域の大きさを推定できることが谷本ら(1987 a),b)によって提案されている。

トンネルにおける当初設計は、地表踏査や弾性波探査等による調査結果を整理して、地山が等級に分類されることによってなされる。しかし、施工時には切羽での地質観察や計測を通して支保工規模を適宜修正していくべきである。そのため、個々のプロジェクトにおいて地山評価をどのように設定していけばよいのかということが話題になりつつある(例えば北川(1986))。その点、国外における岩盤分類は、トンネル掘削後の力学的挙動を考慮した評価になっているように思われる。

著者らは、支保工荷重の最小化が図られる許容変形量を念頭において、いろいろな地山に掘削されたトンネルにおける地質観察記録と計測結果を詳細に分析した。その結果として、切羽における地山評価に応じて支保工に作用する荷重の大きさと最終変形量を分類できたので、以下に報告する。

2. 支保工荷重の推定とその分類

トンネル切羽で地山を定量的に評価する方法としては、解析事例の豊富さを考慮するとバートンらのQインデックス(1974)が優れていると思われる。このQインデックスに応じて適切な支保工を建込めば、トンネルの施工がより合理的に行なえるはずである。ところで、支保工に作用する地圧の大きさは、切羽における地質観察からQインデックスがわかれば、図-1にプロットすることによって推定できる。

図-1における1から10までの事例は、地質観察記録に基づいてプロットしたものである。1は火山レキ凝灰岩で、2.35%の変形を生じた。2は凝灰岩で4.3%以上の変形を生じ逢い返しを行なった。3は凝灰角レキ岩で1.69%の変形を、4は輝緑凝灰岩で3.41%の変形を、5は石灰岩で0.72%の変形を生じた。6と7は粘板岩とチャートの互層でそれぞれ0.27%、0.24%の変形を生じた。8,9,10は泥岩でそれぞれ0.22%、0.14%、0.35%の変形を生じた。1から4については、大きな地圧が作用することが推察されるのに対し、実施面での内圧効果が小さかったために工事が難渋した。5から10については、図-1から推定される地圧に抵抗できるだけの支保工が建込まれたため、スムーズな施工がなされたところである。

図-1にプロットされた事例から、支保工に作用する荷重の大きさは太線で示した5つのカテゴリーに分類できるのではないかと思われる。これらの分類と最終変形量を関連づけしたものが表-1である。したがって、Qインデックスが例えば0.1~1であったとすれば、施工時には0.3~0.6 MPaに相当する内圧を与えておくと、最終的には0.3~1%の変形を生じて力学的な釣り合いの得られることがわかる。しかし、Qインデックスが0.05以下となるような地山では、作用する地圧が大きくなるため支保工が内圧効果をフルに発揮するような施工をしない限り、施工面でかなり難渋することが予想される。

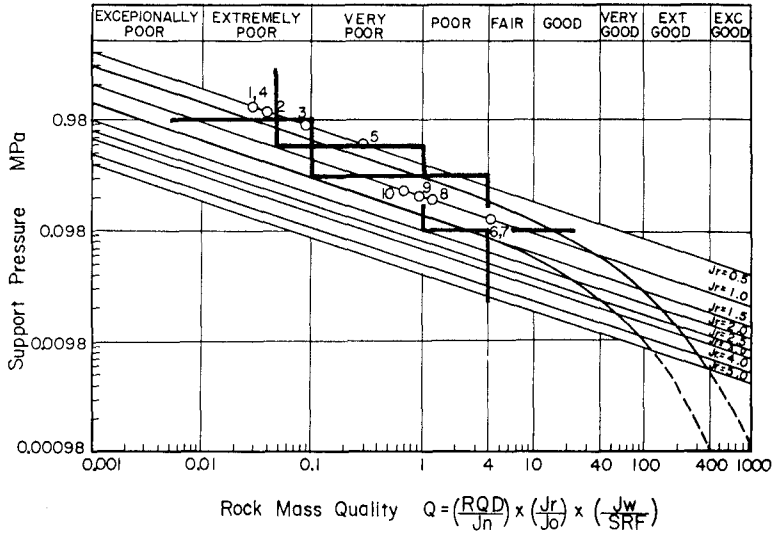


図-1 支保工荷重とその分類

表-1 Qインデックスに基づく支保工荷重と最終変形量

Class	Support Load	Barton's Q Index	Estimated Support Pressure P_i (MPa)	Observed Deformation $\Delta D / D$ (%)
I	Slight	over 4	less than 0.1	less than 0.05
II	Medium	1 - 4	0.1 - 0.3	0.05 - 0.3
III	Heavy	0.1 - 1	0.3 - 0.6	0.3 - 1
IV	Very Heavy	0.05 - 0.1	0.6 - 1	1 - 2
V	Extremely Heavy	less than 0.05	over 1	over 2

3. おわりに

コンバージェンス計測値はいろいろな情報をもたらしてくれる。しかしながら、コンバージェンス計測値のもつ意味を具体的に解釈することなくフィードバックしていたのでは、合理的な施工がなされているとは言い難い。それならば、切羽の地質環境から得られる情報をもっと定量的に評価し、支保工荷重の最小化を目指した施工を行なうことがトンネル工事の目的にも合致するように思われる。そこで、切羽の地質情報から支保工規模の大きさと最終変形量との関係をいくつかの事例に基いてまとめてみた。その結果として、切羽観察時にQインデックスを算出すれば、支保工規模の目安と、トンネルの力学的な釣り合いが得られる変形量を予測できることがわかった。

参考文献

1) Tanimoto, et al. (1987, a) : Relationship Between Deformation and Support Pressure in Tunnelling Through Overstressed Rocks, 6th Proc. of ISRM Congress, pp.1271~1274
 2) 谷本親伯 (1987, b) : 現位置岩盤強度とトンネルの支保工規模, 第7回岩の力学国内シンポジウム, pp.367~372
 3) 北川隆 (1987) : 岩盤分類と岩盤-支保相互作用解析, 第19岩盤力学に関するシンポジウム, pp.281~285
 4) Barton, et al. (1974) : Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support, Rock Mechanics, Vol.6, No.4, pp.189 ~ 236