

III-391 膨張性を示す泥岩の地山試料試験について

西松建設（株） 正会員○平田 篤夫
西松建設（株） 平岡 博明

はじめに

図1に示す地域は新第三紀の堆積岩（主として凝灰岩質の泥岩）が広く分布していて、糸魚川-静岡構造線の周縁部の活動の一部として、構造運動が活発で地滑りが多発するところである。当地域におけるトンネル工事では膨張性の強大な地圧が発生することが多い。

膨張性発生の原因については、粘土鉱物の吸水膨張、熱水作用等の化学変化、上載荷重等による岩盤の塑性変形、潜在応力の開放等が考えられている。その支配的な要因については特定されていないが、上記の要因が複合的に作用した結果、膨張性の押し出し地圧が発生するものと考えられる。

トンネル掘削にともなう地山の挙動は掘削方法や支保工の剛性等の施工方法ならびに地山自身の物性に依存するものといえる。前者については、内空相対変位等の測定を行ってそれらの結果から、FEM等の解析的な手法により地山の安定を検討することがよく行われている。

しかしながら、地山試料試験結果が積極的に施工管理に活用されているとは言い難いように思える。そこで、膨張性を示す軟岩地山の場合について、その物性値とトンネルの変形との関係について検討した。

地山試料試験による施工管理

地山の物性値はトンネルが位置する地域の地層の成因や構造運動の履歴を反映したものであり、地山試料試験結果には膨張性発生に関係する情報が含まれているものといえ、これを定量的に把握して施工することは重要である。これまで、試験結果が比較的重要視されなかったのは、試験が通常はトンネル掘削が数10m進行する毎に実施されるため、得られたデータと地山の挙動との間になんらかの関係があってもそれを確認することが容易でなく、また岩石の試験結果から岩盤の性格を推定することが困難なこと、さらに試験結果を得るまでに相当の時間を必要としていたことがその原因と考えられる。

仲野¹⁾はトンネル掘削によって空洞周辺に発生する応力に対して、岩盤の強度が十分でない場合、せん断破壊を生じて地山が塑性流動的に押し出してくるものと考えた。

また、上載荷重に対する地山の強さの比を地山強度比

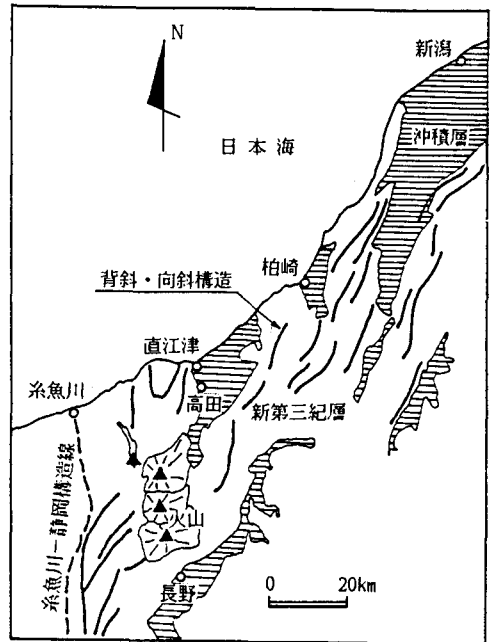


図1 新潟県南西部地域の地質概要

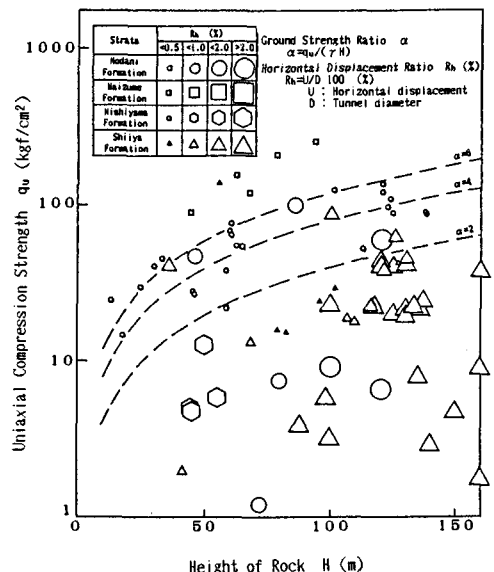


図2 一軸圧縮強度と土被り厚さに対するトンネル変位

という概念で整理し、この値が4以上であれば膨張性を示す場合は少なく、これが2以下の場合その可能性が高いとした。

図2は膨張性の程度を示す指標として水平方向の内空変位率(相対変位量/トンネル幅)をパラメータにとり、地山の強度(一軸圧縮強度)と土被り厚さとの関係を地層ごとに整理したものである。地山強度比2以下では、膨張性の地圧が原因と考えられる空洞の変形が多く生じている。ちなみに、地層による違いは明らかでない。従って、一軸圧縮強度が早期に得られれば切羽の進行にともなって変化する地山の強度を定量的に把握することができ、施工管理が比較的容易になると考えられる。

地山の強度は現位置で測定する方法によるものの方が比較的精度が高いといえるが、ジャッキ試験等は大掛かりであり、トンネルのような線状の構造物の場合、地質が変化することが予想されるため実用的でない。一般的に、供試体の強度が地山の強度を推定する重要な指標といえる。この場合も、現場で試験を実施するためには供試体の作製や設備の面で制約が多いことから、試験結果が得られるのは切羽がかなり進行してしまった後である場合が多い。

上記のことを考慮すると、切羽で地山の強度を簡便に判定することが重要である。そこで、現場でも手軽に使用することができるポケットペネトロメータを用いて針貫入抵抗を調べた。同時に一軸圧縮強度を測定し、その関係をみると図3に示すように、比較的よい相関関係が得られる。プロットしているのは泥岩試料と人工材料(セメント+粘土)で、実線は得られたデータによる回帰式である。同様な相関関係をもとめた例^{2), 3), 4), 5)}があるため同図にその回帰式(破線)を示すが、E)以外に大きな相違は認められない。E)は特に強大な地圧が発生したことで有名な鍋立山トンネルの場合である。これは図4に示すように粘土分の含有率が多くなるに従って延性的な挙動を示すようになり破壊強度が大きくなるため、同じ針貫入抵抗に対して一軸圧縮強度が大きく測定されることが原因の一つと考えられる。

まとめ

トンネル全長にわたって膨張性が顕著である場合は少なく、一般に断層付近等の地山の強度が低下する部分に膨張性の地圧が発生するものと考えれば、比較的精度は低くても地山の強度を日常の施工管理の範囲で定量的に把握することは重要である。

今後、一軸圧縮強度との相関が高いと考えられる指標を地山試料試験により明らかにして、地山強度比2付近の施工条件下にあるトンネルの膨張性発生をより精度よく推定することが必要と考える。

参考文献

- 1) 仲野良紀, 膨張性地山の実体, トンネルと地下, 第6巻, 第10号, 1975
- 2) 小島 他, 千葉県下における泥質軟岩の軟弱化要因, 第9回土質工学研究発表会講演集, 1974
- 3) 高橋 他, 明石海峡部の神戸層(軟岩)の強度特性その1, 第10回土質工学研究発表会講演集, 1975
- 4) 鉄道建設公団東京支社, 北越北線鍋立山坑内地質調査報告書, 1979
- 5) 岡田 他, 針貫入試験による軟弱な地山強度の推定, 土と基礎, 33-2, 1985

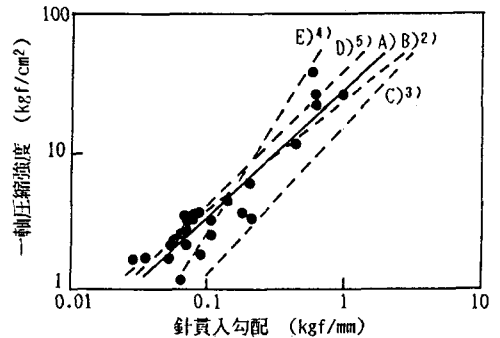


図3 針貫入勾配と一軸圧縮強度の関係

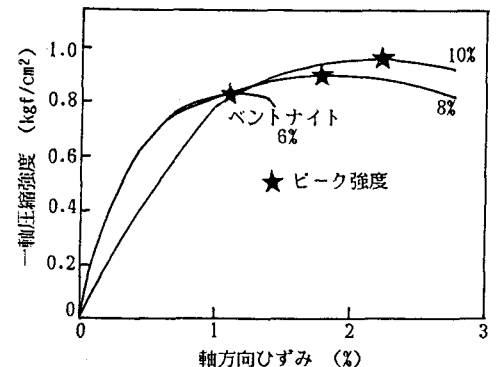


図4 ベントナイトモルタルの軸ひずみと一軸圧縮強度