

関西大学大学院 学生員○奥田 善之
キンキ地質センター 正会員 畠中 与一
(株)ニュージェック 正会員 中村 真

関西大学工学部 正会員 楠見 晴重
関西電力総合技術研究所 正会員 西方卯佐男
関西大学工学部 正会員 西田 一彦

1. はじめに

本研究は、岩石供試体の比抵抗と飽和度、有効間隙率および体積含水率との関係について実験的検討を行い、比抵抗を与える一つの関係式を提案した。この室内試験で得られた結果から実際の岩盤評価への適用性について検討するために、既設トンネルの周辺の岩盤を対象として比抵抗特性と工学的な岩盤評価との関連性について考察を行った。

2. 供試体および実験方法

実験に用いた岩石供試体は、白川花崗岩(細粒・中粒)、流紋岩で直径 50 mm、高さ 100 mmの円柱に整形したものである。これらの岩石は、研究対象としている既設トンネル周辺の岩種であり、この付近から採取されたものである。比抵抗の測定は、岩石実質部分を 96 時間以上真空脱泡し、完全飽和状態にした後、GS 式比抵抗測定装置¹⁾を用いた。なお、比抵抗は測定した電位差、電流値に断面積、高さを用いて式(1)によって求めた。

$$\rho = V/I \cdot A/L \quad (1)$$

ここに、 ρ ：比抵抗， A ：供試体の断面積， I ：電流， V ：電圧， L ：電位電極間の長さ

3. 岩石コアの比抵抗特性

図-1は中粒花崗岩の比抵抗と飽和度の関係を示したものである。同図より、岩石の飽和度が減少するにしたがい、比抵抗は指数関数的に増加し、有効間隙率の違いによって比抵抗の値が大きく異なっている。また、有効間隙率が大きい岩石は飽和度の変化に対する比抵抗の変化が小さく、有効間隙率の小さい岩石は飽和度の変化に対する比抵抗の変化が大きいことが認められた。これら比抵抗と飽和度の関係は、次式に示す指数関数で表すことができた。

$$\rho = A \cdot S_r^{-B} \quad (2)$$

ここに、 ρ ：比抵抗， S_r ：飽和度，

A ：飽和状態の比抵抗(ρ_s)， B ：指数

図-2は白川花崗岩(中粒)における飽和度に有効間隙率を乗じた体積含水率と比抵抗の関係を示したものである。同図より、白川花崗岩(中粒)は、各岩石とも体積含水率が大きくなると比抵抗は高くなるという傾向がみられる。これは、白川花崗岩(細粒)および流紋岩においても同様の傾向を呈している。これら比抵抗と体積含水率の関係は、次式に示す指数関数で表すことができた。

$$\rho = c(S_r \cdot \phi)^{-d} = 17.0(S_r \cdot \phi)^{-1.42} \quad (3)$$

ϕ ：有効間隙率， $S_r \cdot \phi$ ：体積含水率， c ：係数， d ：指数

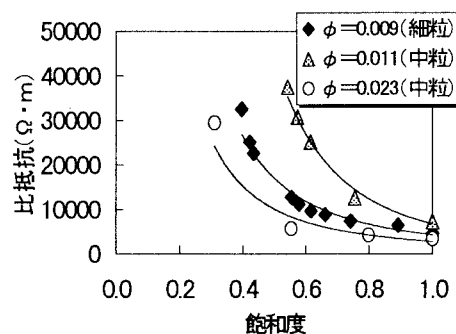


図-1 比抵抗と飽和度の関係(白川花崗岩)

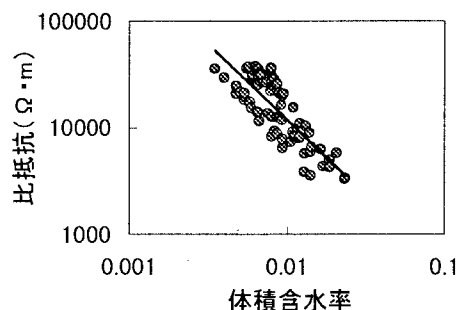


図-2 比抵抗と体積含水率の関係

4. 原位置岩盤への適用

現場の概要¹⁾は、高さ 2.2m、幅 2.0m、全長が約 2400m の既設トンネルで、周辺地質は中生代白亜紀に生成された流紋岩および白川花崗岩が主体となる。白川花崗岩は中粒および細粒から構成されている。既設トンネルの地質縦断面図を図-3 に示す。原位置岩盤への適用を検討するために、岩石採取地点の既設トンネル坑内において比抵抗測定を行った。トンネル掘削現場の比抵抗は、掘削切羽で電極間隔 20cm、4 極法 Wenner 配置の簡易比抵抗測定器を用いて測定した。

図-4 (a)、(b) は上口孔口からの簡易比抵抗測定結果、実績湧水量の変化を示している。実績湧水量はトンネル施工時に切羽の進行に伴って、上口側で測定した湧水の積算量を示す。同図より、簡易比抵抗結果は白川花崗岩(細粒)が分布しているトンネル中央部で低い値を示している。また、実績湧水量はトンネル上口孔口から約 1000m ～

1750m の区間では多量の湧水量が観測された。特に約 1000m の流紋岩と白川花崗岩(細粒)の境界付近から急激に上昇し、約 7000l/min の湧水量が観測された。また、流紋岩、白川花崗岩(中粒)、白川花崗岩(細粒)などの各岩種の境界で大きく湧水量が変化していることも認められた。ここでは、室内試験で得られた比抵抗と体積含水率の関係をを用い、トンネル坑内で測定した簡易比抵抗結果を体積含水率への変換を試みた。変換方法は式(3)の比抵抗に簡易比抵抗結果を用いて体積含水率を求めた。図-4 (c) は上述して求めた体積含水率のトンネルにおける変化を示している。図-4 (b)、(c) を比較すると、トンネル上口孔口から約 1000m の箇所では、湧水量が多量に観測されているが、比抵抗から変換した体積含水率は高い値を示していない。しかし、それ以外の箇所では体積含水率の急変箇所、すなわち透水層と不透水層の境界と湧水箇所が比較的良好に一致し、簡易比抵抗から変換した体積含水率の変化は湧水箇所とその地点における湧水量を推定できる可能性が示された。

5. まとめ

以上より、比抵抗と飽和度および体積含水率の関係は指数関数的に増加することがわかった。また、室内試験によって求めた比抵抗と体積含水率の関係をを用いて変換した体積含水率は、原位置での実績湧水量の変化と比較的良好に一致した。そして原位置で得られた比抵抗を提案式によって変換した体積含水率は、原位置における湧水箇所およびその地点の湧水量を推定できる可能性を示した。

参考文献

- 1) 千葉昭彦 他：花崗岩及び凝灰岩資料の比抵抗測定，物理探査，Vol.47 No.3，pp.161-172，1994.
- 2) 岸本修治 他：荒谷水力発電所の設計と施工，電力土木，No.277，pp.39-44，1998.

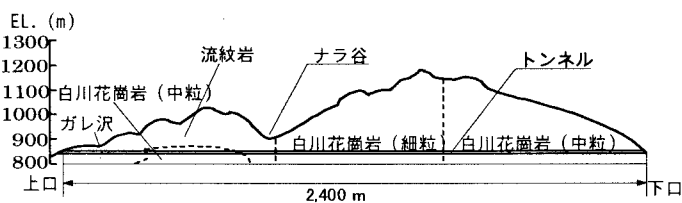
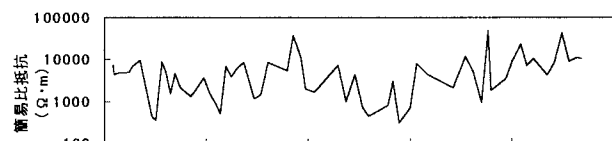
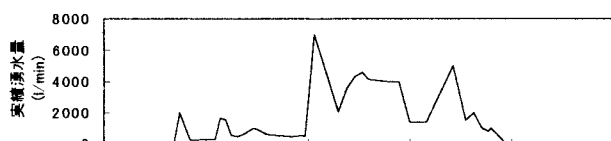


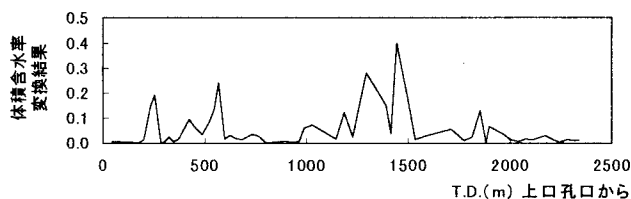
図-3 既設トンネル地質縦断面図



(a) 簡易比抵抗変化



(b) 実績湧水量変化



(c) 変換体積含水率変化

図-4 上口孔口からの種々の物性値