

関西大学大学院 学生員 ○畠中 与一 関西大学工学部 正会員 楠見 晴重
 関西大学工学部 正会員 西田 一彦 関西電力総合技術研究所 正会員 西方卯佐男
 ニュージェック 正会員 中村 真

1.はじめに 近年、山岳トンネルをはじめとする岩盤を対象とした建設現場において、従来にも増して比抵抗トモグラフィー、電気探査比抵抗法、及び電磁探査法が多く用いられるようになってきた。これらの測定結果から地山の比抵抗分布を知ることにより、地山の地質や地質構造を推定することが可能となってきた。しかし、岩盤内に多く存在する不連続面が、比抵抗値に及ぼす影響に関しては、未解明な部分が多く残されている。本研究は、単一の人工及び自然な不連続面を有する岩石供試体の不連続面内に、湿潤させた濾紙を用いて一定の飽和度に保ちながら、岩石実質部分の飽和度を変化させ、飽和度と比抵抗値の関係について検討した。また、不連続面を含む、あるいは含まない岩石供試体の有効間隙率と比抵抗値との関係についても検討した。さらに不連続面の傾斜角が比抵抗値に与える影響についても考慮し、これらのことより、岩石供試体の比抵抗値に影響を与える不連続面性状について明らかにしようとした。

2.実験方法

実験に用いた岩石供試体は宮津花崗岩で直径50mm、高さ100mmの円柱に成形し、有効間隙率は0.012、コア軸に対する不連続面の角度は、人工不連続面は 0° 、 35° 、 45° 、 60° 、 90° の5通り、自然な不連続面は 38° 、 52° 、 75° の3通りである。比抵抗の測定は、岩石実質部分を96時間以上真空脱気し、完全飽和の状態にしてから測定を行った。比抵抗の測定には、図-1に示すようなGS式比抵抗測定装置¹⁾を用いた。電極配置は C_1 、 C_2 を電流電極、 P_1 、 P_2 を電位電極として岩石供試体の左右に銅メッシュシートと0.1Nの硫酸銅溶液を含んだ濾紙を挟んでGS法によって測定を行った。また、岩石供試体の不連続部分には水を保有するために水を含んだ濾紙を5通りの枚数($n=2, 5, 10, 20, 30$)で比抵抗測定を行った。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。

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

ただし、 ρ ：比抵抗値、 A ：供試体の断面積

I ：電流、 V ：電圧、 L ：電位電極間の長さ

3.比抵抗と飽和度、間隙との関係

図-2は、岩石供試体の比抵抗値と飽和度の関係を示したものである。この図より飽和度が減少するにつれて、比抵抗値は増加するという傾向がみられ、この傾向は、濾紙の枚数によって、飽和度に対する比抵抗変化は大きく異なることが認められた。すなわち、不連続面内に挟んでいる濾紙の枚数が増えると、比抵抗値は大きくなる傾向がみられた。これら比抵抗値と飽和度の関係は、次式に示す指数関数に近似した。

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

ただし、 Sr ：飽和度 A ：係数 B ：指数

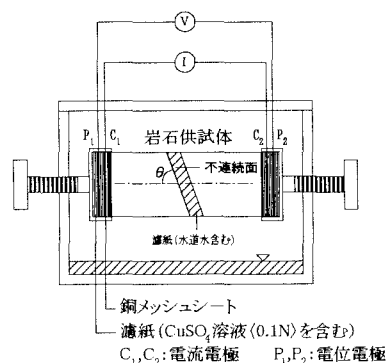


図-1 比抵抗測定図 (GS 式)

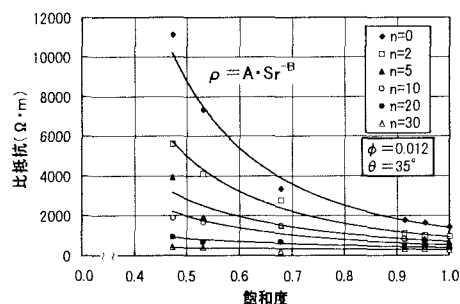


図-2 比抵抗値と飽和度の関係

Yoichi HATAKENAKA, Harushige KUSUMI, Kazuhiko NISHIDA, Usao NISHIKATA, Makoto NAKAMURA

図-3 は、飽和度 $S_r=1.0$ 時の比抵抗値である A 値と有効間隙率の関係を示したものである。ここで、不連続面を有する岩石供試体の有効間隙率 ϕ は、次式で求めた。

$$\phi = (W_2 - W_1 + W_4) / (W_2 - W_3 + W_4) \quad (2)$$

ただし、 W_1 ：岩石実質部分の乾燥重量

W_2 ：岩石実質部分の湿潤重量

W_3 ：岩石実質部分の水中重量

W_4 ：不連続面内の水の重量

また、インタクト供試体²⁾の A 値もプロットした。この

図から、有効間隙率が小さくなるにしがって A 値は大きくなる傾向がみられ、特に、有効間隙率の小さいところで

は著しく A 値が増加していることがわかる。また、不連続面を有する供試体とインタクト供試体の A 値と、式 (2) で示した有効間隙率との関係は、次式のような 1 つの関数として表すことが認められた。

$$A = \rho_s = m \cdot \phi^{-n} \quad (3)$$

ただし、 ρ_s ： $S_r=1.0$ 時の比抵抗値 m ：係数 n ：指数

4. 不連続面角度と比抵抗との関係

図-4 は、飽和度 $S_r=1.0$ における比抵抗値と不連続面の開口幅の関係を示したものである。ここで、開口幅とは、濾紙を不連続面に挟んだ状態で比抵抗の計測を行っている状態における、不連続面間の幅である。この図から、コア軸に対する不連続面の角度が小さい 0° 、 30° の供試体は、不連続面の開口幅の増加に伴って比抵抗値が水の比抵抗値に近づいていることがわかる。また、コア軸に対して 45° 、 60° 、 90° の不連続面を有する供試体の比抵抗値は、不連続面の開口幅が増加に伴って、一定値に近づいている。このことから、コア軸に対して大きな角度の不連続面を有する供試体の比抵抗値は、不連続面の開口幅よりも岩石実質部分の比抵抗値に支配されていることがわかる。

図-5 は、飽和度 $S_r=1.0$ における各供試体の比抵抗値とコア軸に対する不連続面の角度の関係を示したものである。岩石の比抵抗値は図-3 でも示したように有効間隙率に大きく支配されているが、式 (2) で示した有効間隙率が 0.030 ± 0.005 の岩石供試体では、供試体内に存在する単一の不連続面の角度が大きくなるにしたがって、比抵抗値は増加する傾向がみられた。

5. まとめ

単一の不連続面を有する岩石供試体の比抵抗値は、岩石実質部分の比抵抗値及び不連続面の開口幅、コア軸に対する角度に支配されていることが認められた。今後は、複数の不連続面を有する岩石供試体の比抵抗特性について、検討をする予定である。

参考文献

- 1) 千葉昭彦・熊田雅弘：花崗岩及び凝灰岩資料の比抵抗測定，物理探査，47-3，pp.161～172，1994.
- 2) 楠見晴重・畠中与一・西田一彦・西方卯佐男・中村真：種々な岩石の比抵抗値に及ぼす飽和度の影響，土木学会第 53 回年次学術講演概要集，III-A361，pp.718～719，1998.

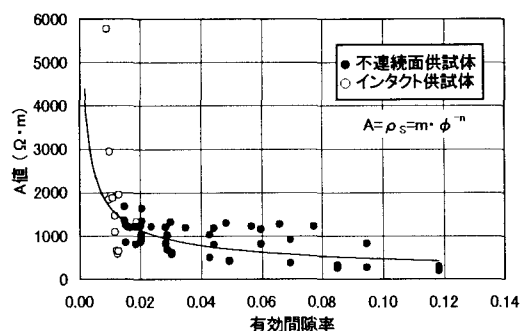


図-3 A 値と有効間隙率の関係

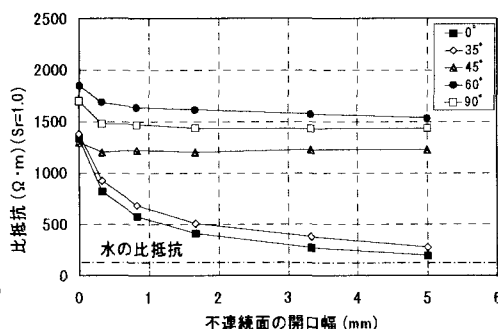


図-4 比抵抗値と不連続面の開口幅の関係

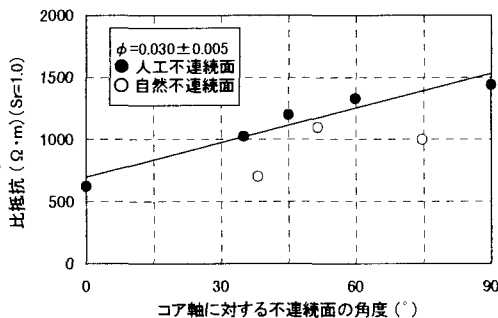


図-5 比抵抗値と不連続面の角度の関係