

Ⅲ-A 361

種々な岩石の比抵抗値に及ぼす飽和度の影響

関西大学工学部 正会員 楠見 晴重、西田 一彦

関西大学大学院 学生員 ○島中 与一

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、岩盤を対象とした調査として物理探査法が従来にも増してよく用いられるようになってきた。しかし、これら探査法から得られる物性値は、P,S 波速度や比抵抗値であるが、特に比抵抗値については、岩盤の物性値との関係について弾性波速度に比べ未解明な部分が多く残されている。本研究では、6種類の岩種を用いて種々な不飽和状態下の比抵抗を測定し、岩石の比抵抗値と飽和度、有効間隙率の関係について検討するとともに、これらの要素を含んだ実験式を提案することを試みた。

2.供試体および実験方法

実験に用いた岩石供試体は、表-1に示す6種類の硬岩を用いた。それぞれの岩石の有効間隙率はこの表に示すとおりであり、各岩石は硬岩の部類に属するものである。各岩石の供試体は、直径 50mm、高さ 100mm の円柱に成形している。図-1は比抵抗の測定方法を示したものである。比抵抗を測定するときには、測定中供試体の飽和度が変化しないように図のようなサンプルホルダーに入れて行い、電極配置は4極法ウェンナー配置とした。電極は幅 6 mm の銅を供試体の4カ所に巻付けた。このとき接地抵抗の影響を除去するために、供試体と電極間に導電性ポリマーを塗布している。実験は、同種類の岩石供試体すべてを水中に入れて同時に 96 時間真空脱法を行った後、室内に放置して、適当な時間間隔で電流、電圧を測定した。このとき同時に P,S 波速度もパルス透過法で測定した。なお比抵抗は式(1)によって求めた。

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

ただし、 ρ : 比抵抗、 A : 供試体の断面積

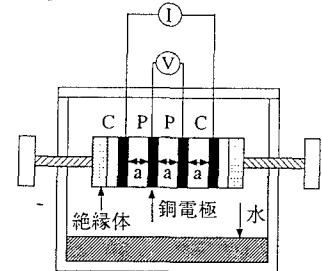
I : 電流、 V : 電圧、 L : 電位電極間の長さ

3.不飽和状態下にある岩石の比抵抗特性

図-2、3は、有効間隙率がほぼ同じ各岩石供試体の比抵抗と飽和度との関係について示したものである。図-2は有効間隙率が約 1.07%前後であり、図-3は有効間隙率が約 0.55%前後の各岩石供試体を示している。これらの図より、各岩石供試体の比抵抗と飽和度との関係は飽和度が減少すると比抵抗は大きくなっており、飽和度に対する比抵抗の増加割合は、ほぼ同じ有効間隙率を示す岩石でも各願主のよって異なっている。特に有効間隙率が小さい岩石供試体ほど、飽和度に対する比抵抗の変化は大きいことが認められる。これら比抵抗と飽和度との関係は次式に示す指数関数として表すことができる。

表-1 使用岩石供試体

岩種	本数	有効間隙率
流紋岩Ⅰ	8	0.83～3.03
流紋岩Ⅱ	10	0.48～1.11
花崗岩	10	0.81～3.16
チャート	8	0.57～3.30
頁岩	8	0.46～2.24
ひん岩	8	0.54～1.11



C : 電流電極 P : 電位電極
図-1 比抵抗測定装置

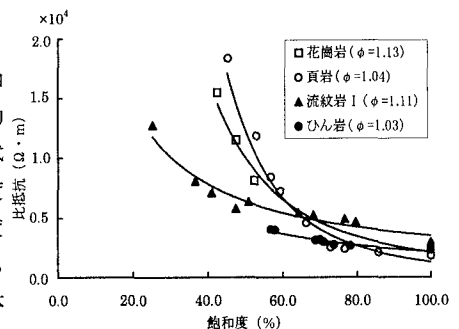


図-2 飽和度と比抵抗の関係

キーワード : 比抵抗、岩石供試体、不飽和、間隙率、ウェンナー法、

〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 TEL,FAX 06-368-0837

$$\rho = A \cdot Sr^B \quad \cdots \cdots (2)$$

ただし、 Sr ：飽和度、 A ：係数、 B ：指数

表-2は、図-2、3の各岩石の比抵抗と飽和度との関係を式(2)に近似した結果を示したものである。これより、各岩石供試体の相関係数はかなり高い値を示していることから、式(2)の有効性が認められた。図-4は、流紋岩Ⅰ、Ⅱ、花崗岩およびチャートにおける有効間隙率 ϕ と式(2)中の A 値との関係について示したものである。この図より、各岩石とも有効間隙率が大きくなると A 値は小さくなっており、特に有効間隙率の値が小さいところでは、 A 値の増加は著しい。そして有効間隙率が大きくなるにつれて、 A 値の減少の程度は低くなる傾向がみられる。しかし、これらの関係は各岩石によって異なるが、2種類の流紋岩に関しては、図-4より明らかなように、有効間隙率と A 値とは1つの曲線として表されるものと考えられる。これらのことより、有効間隙率と A 値との関係を次式によって近似することを試みた。

$$A = m \cdot \phi^n \quad \cdots \cdots (3)$$

ただし、 m ：係数、 n ：指数

図-5は、流紋岩Ⅰ、Ⅱ、花崗岩およびチャートにおける有効間隙率 ϕ と式(2)の指数 B 値との関係を示したものである。この図より、有効間隙率が大きくなるほど指数 B は増加しており、これらの関係は一次的な増加関係を呈しており、岩種ごとにその傾向は異なる。特に流紋岩Ⅰ、Ⅱにおいては、有効間隙率と A 値との関係では同じ関数として表すことができたが、ここでは図-5より明らかなように、異なった関数となることが認められる。この要因としては、指数 B 値の特性であると思われるが、今後さらに検討を要する。また、これらの関係は次式のように表すことができる。

$$B = r \cdot \phi + q \quad \cdots \cdots (4)$$

ただし、 r ：定数、 q ：係数

表-3は、各岩石供試体ごとに式(3)、式(4)に近似した結果をまとめたものである。この表より、式(3)に近似した結果、岩種によって係数、指数とも異なっている。式(4)に関しても同様なことがいえるが、流紋岩Ⅰ、Ⅱに関しての係数 r はほぼ同じ値を示しているのがわかる。

4.まとめ

本研究は、不飽和状態下にある岩石の比抵抗特性について主に実験的検討を行ったが、岩石の飽和度の変化に対して比抵抗は、岩種によらずこれらの変化傾向は指数関数として表されるが、それらの関数は岩種ごとに異なることが認められた。また同種の岩石で採取地が異なる供試体は、ほぼ類似した変化傾向を示すことが明らかとなったが、この点に関してはさらに検討する予定である。

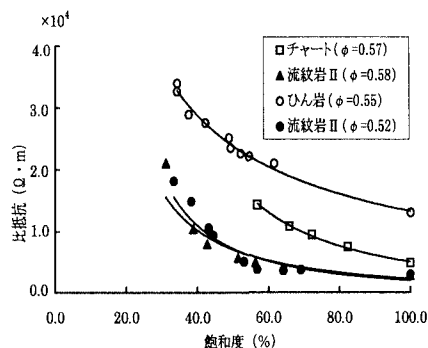


図-3 飽和度と比抵抗の関係

表-2 各岩石の ρ と Sr の関係

図-2の岩石	$\rho = A \cdot Sr^B$	図-3の岩石	$\rho = A \cdot Sr^B$
花崗岩 ($\phi=1.13$)	$\rho = 7.75 \times 107 \cdot Sr^{-2.29}$	チャート ($\phi=0.57$)	$\rho = 2.80 \times 107 \cdot Sr^{-1.87}$
頁岩 ($\phi=1.04$)	$\rho = 4.92 \times 109 \cdot Sr^{-3.30}$	流紋岩Ⅱ ($\phi=0.58$)	$\rho = 4.45 \times 106 \cdot Sr^{-1.65}$
流紋岩Ⅱ ($\phi=1.11$)	$\rho = 2.06 \times 105 \cdot Sr^{-0.89}$	ひん岩 ($\phi=0.55$)	$\rho = 6.45 \times 105 \cdot Sr^{-0.84}$
ひん岩 ($\phi=1.03$)	$\rho = 3.33 \times 105 \cdot Sr^{-1.10}$	流紋岩Ⅰ ($\phi=0.52$)	$\rho = 1.15 \times 107 \cdot Sr^{-1.88}$

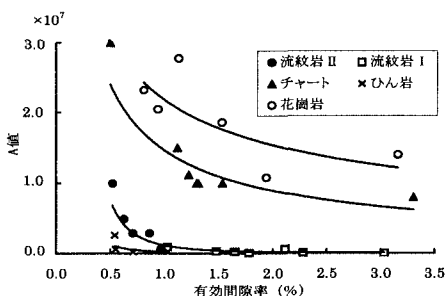


図-4 A値と有効間隙率の関係

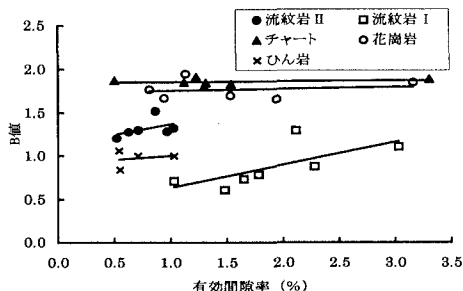


図-5 B値と有効間隙率の関係

表-3 図-4、5における近似式一覧

岩種	図-4の近似	図-5の近似
流紋岩Ⅰ	$A = 1.2 \times 106 \phi^{-2.26}$	$B = 0.26 \phi + 0.4$
流紋岩Ⅱ	$A = 1.2 \times 106 \phi^{-2.26}$	$B = 0.26 \phi + 1.1$
花崗岩	$A = 2.1 \times 107 \phi^{-0.35}$	$B = 0.001 \phi + 1.7$
チャート	$A = 1.9 \times 107 \phi^{-0.43}$	$B = 0.04 \phi + 1.9$