

関西大学工学部 正会員 楠見晴重
京都府 正会員 ○大道和永
関西大学工学部 正会員 西田一彦

1. はじめに 岩盤の比抵抗は、間隙水や温度変化、風化などにより値を左右され、探査結果によって地質構造を詳細に知るためには、様々な岩石供試体を用いた比抵抗特性と、その力学的・物理的特性との関係について調査を行う必要がある。そこで本研究では、実際の岩盤内の岩石が受ける応力を考慮し、一軸圧縮応力下における岩石供試体の見かけ比抵抗特性と、力学的・物理的特性との関係について検討を行った。

2. 供試体および実験装置 本実験に使用した供試体は、荻野凝灰岩および、白浜細粒砂岩の2種類で、表-1にそれら物理特性を示す。電極は、図-1に示すように厚さ6mmの銅板4枚を等間隔に巻き付けたものを使用した。電極と供試体の間には、銀を含む電導性ポリマーを塗布し密着性の向上、接地抵抗の低減を図った。防水性ポリマーは、供試体の湿潤のためのひずみゲージの短絡防止のために使用した。

3. 実験方法 実験に使用した供試体は、湿潤時間を調整し吸水率を変化させた。実験は、図-1に示す万能圧縮試験機によって軸方向に荷重を載荷させ、見かけ比抵抗測定装置により供試体に流れる電流値、電位差を計測した。なお電極はウェンナー配置とした。見かけ比抵抗は、載荷前から破壊後に応力を解放するまで荷重ごとに電流値、電位差を計測した。見かけ比抵抗の算出には式(1)を用いた。

$$\rho = S/I \cdot \Delta V/I \quad \dots \dots (1)$$

ここで、 ρ は供試体の見かけ比抵抗($\Omega \cdot m$)、 I は電流(A)、 ΔV は電位差(V)、 S は軸方向断面積(m^2)、 l は電位差測定区間(m)を表す。

4. 結果および考察 図-2は自然乾燥状態の凝灰岩の軸応力と見かけ比抵抗の関係を示したものである。載荷にともない見かけ比抵抗は増加する傾向が認められる。これは、応力の増加とともに供試体の間隙が閉塞することによって電気抵抗が高くなるものと考えられる。図-3は、吸水率9.83%に湿潤させた凝灰岩の軸応力と見かけ比抵抗の関係を示したものである。載荷にともない見かけ比抵抗は減少し特に載荷初期において急激に減少している。また載荷前の見かけ比抵抗 ρ_0 と破壊後応力解放を行い測定した見かけ比抵抗 ρ_a 。

表-1 岩石供試体の物理特性

	密度 (g/cm^3)	比重	含水比	飽和度 (%)	有効間隙率 (%)
荻野凝灰岩	1.76	1.76	0.0523	31.25	27.92
白浜細粒砂岩	2.27	2.32	0.0073	13.91	12.02

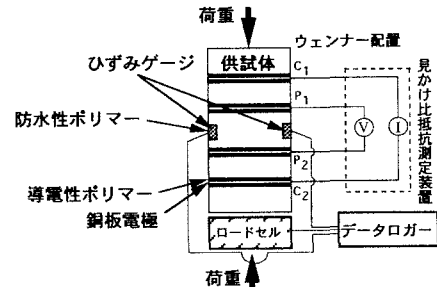


図-1 実験装置

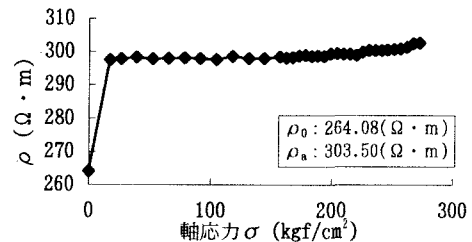


図-2 軸応力-見かけ比抵抗曲線
(凝灰岩・自然乾燥状態)

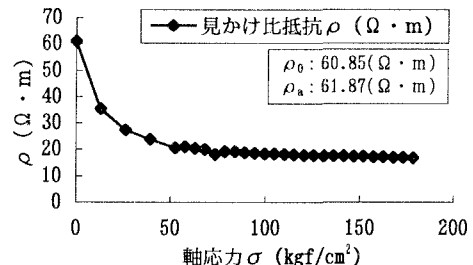


図-3 軸応力-見かけ比抵抗曲線
(凝灰岩・吸水率9.83%)

の値には差が少なく見かけ比抵抗は、ほぼ同じ値を示している。これらの湿潤させた岩石供試体の軸応力と見かけ比抵抗の関係は、他の砂岩、凝灰岩においても、吸水率の値にかかわらず同様の傾向が見られた。また、これらの関係は、非線形的な変化を示していることから式(2)に示すような双曲線式に近似させ、供試体ごとの比較を試みた。

$$(\rho_0 - \rho) / \rho_0 = \sigma / (b \cdot \sigma - a) \quad \dots \dots (2)$$

ここで σ は軸応力、 a, b は定数を示している。 a, b の定数は、式(2)を式(3)に変形させ、図-4に示すように、縦軸に $\sigma \cdot \rho_0 / (\rho_0 - \rho)$ 、横軸に σ をとったときに定数 a, b が決定される。

$$\rho_0 \cdot \sigma / (\rho_0 - \rho) = b \cdot \sigma - a \quad \dots \dots (3)$$

図-5は、図-3の結果を式(2)に近似させた曲線と実測値とを示している。実測値と近似式は良好な一致を示している。 $1/a$ は、双曲線の初期接線であり、載荷初期の見かけ比抵抗の低下傾向を示している。 $1/b$ は、漸近線であり、載荷前から破壊寸前までの見かけ比抵抗の減少割合を示す指標となる。これらの $1/a$ と $1/b$ を用いて吸水率、一軸圧縮強度、弾性係数との比較を行った。図-6は、 $1/b$ と吸水率の関係を示したものである。この図より、供試体の吸水率にかかわらず湿潤させた供試体の見かけ比抵抗は載荷前から破壊直前で70~80%まで減少することを示している。図-7は供試体の一軸圧縮強度と $1/a$ の関係を示したものである。供試体の強度の高いものほど載荷初期における見かけ比抵抗の低下は大きくなるものと認められた。図-8は、弾性係数と $1/a$ の関係を示したものである。弾性係数が増加すると載荷初期における見かけ比抵抗の低下が大きいことが認められた。

5. 結論 湿潤状態における岩石の見かけ比抵抗は、吸水率の大きさにかかわらず軸応力を受けることにより70~80%減少し、軸応力と見かけ比抵抗の間には双曲線的な関係があることが示された。供試体の一軸圧縮強度と弾性係数は、載荷初期における見かけ比抵抗の低下の割合に関連することが判明した。

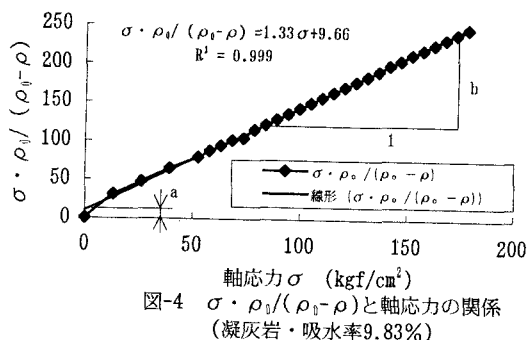


図-4 $\sigma \cdot \rho_0 / (\rho_0 - \rho)$ と軸応力の関係 (凝灰岩・吸水率9.83%)

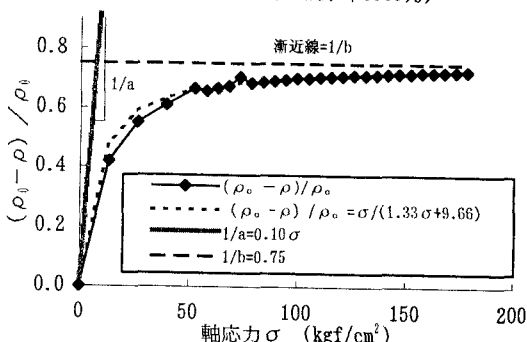


図-5 応力と $(\rho_0 - \rho) / \rho_0$ の関係と双曲線近似 (凝灰岩・吸水率9.83%)

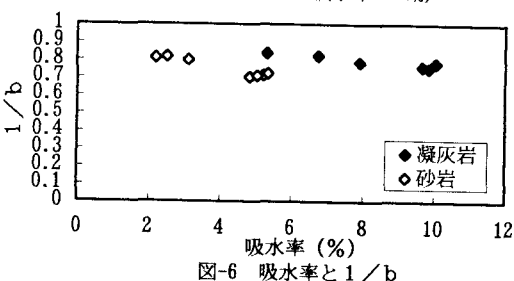


図-6 吸水率と $1/b$

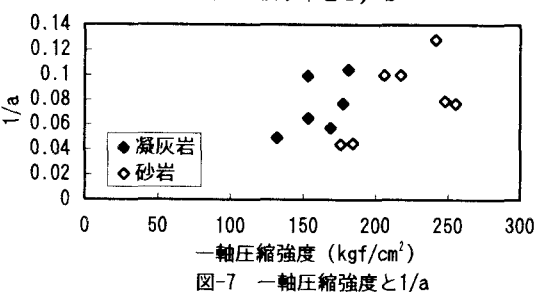


図-7 一軸圧縮強度と $1/a$

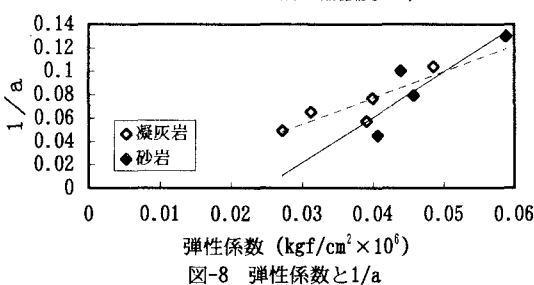


図-8 弾性係数と $1/a$