

大 阪 大 学 大 学 院 正 会 員 松 井 保
大 阪 大 学 大 学 院 正 会 員 谷 本 親 伯
大 阪 大 学 大 学 院 学 生 会 員 朴 美 京
大 阪 大 学 工 学 部 学 生 会 員 ○ 内 田 美 範

1.はじめに

近年、新しい地盤調査技術として、比抵抗高密度探査がトンネルをはじめ地すべりなどの事前地盤調査において実施されるケースが増加している¹⁾。筆者らは、比抵抗に基づいて地盤性状をより正確に把握するため、地盤や岩盤物性が比抵抗に影響を及ぼす要因やそのメカニズムについて研究を進めている^{2) 3) 4)}。

一般に、地盤の比抵抗に影響を及ぼす要因としては、地盤材料の種類、間隙率、地下水の比抵抗、温度、水の飽和度、風化及び変質に伴う粘土含有量などが挙げられる^{3) 4)}。その中で、実際の岩石の風化の度合いを測定する地盤評価手法として、粘土含有量と比抵抗との関係を明らかにする研究の必要性が高まっている。しかし、実際の岩石の風化の度合いや粘土含有量を測定する事および、同程度に風化している岩石を複数個用意することは必ずしも容易ではない。

このような問題点を解消するため、本研究では、実際の風化岩石の代わりに粘土を含有した寒天供試体を用いた試験を行い、粘土含有量と比抵抗との関係を考察する。

2.試験材料

試験材料としては寒天、粘土及び蒸留水を用いた。本研究で用いた寒天は、市販されている工業用寒天である。寒天の物性の特徴としては、加熱により溶解し、冷やすことで凝固してゲルになり、凝固点は40℃前後で、固まったゲルの融点は、80℃以上といった熱可逆性の性質を持っている⁵⁾。これにより、供試体内の粘土含有量の調整および、粘土が均一に拡散している状態の平均的な人工風化岩としての寒天供試体が作製できる。また、ろ過を行った寒天の比抵抗は蒸留水と寒天の混合割合によって、400Ω・m程度になる。

また、本研究で用いた粘土は、モノモリロナイトであり、その物性値は、表-1に示す。

3.試験方法

本研究では、まず、寒天のろ過を行う。次に、ろ過した寒天、粘土、蒸留水をビーカーでよくかき混ぜ、約80℃になるまで湯煎する。湯煎後、ビーカーからモールドに移し替え、乾燥防止のためラッピングする。ラッピングした後、モールドを冷蔵庫に入れ、約3℃まで12時間冷却する。冷却後、冷蔵庫から取り出し、寒天供試体を成型する。成型後すぐに、比抵抗を測定する。

本研究で用いた寒天供試体のモールドは、図-1に示すように、アクリル製であり、その両端面に配

表-1 モンモリロナイトの物性値

砂質 (%)	シルト (%)	粘土 (%)	ρ_s (g/cm ³)	W_L (%)	W_P (%)	I_P	活性度	
							<5μm	<2μm
2.3	13.6	84.1	2.49	530	40.5	490	5.8	6.0

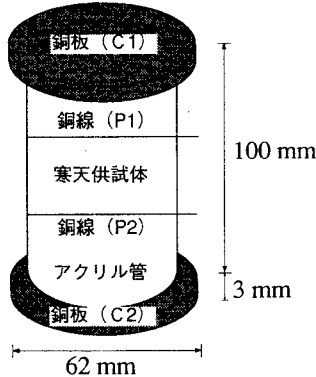


図-1 寒天供試体のモールド

置された銅板の電極 (C1、C2)、およびモールドの長さ方向に等分の位置に差し込まれた二本の銅線の電位電極 (P1、P2) で構成されている。

寒天供試体の比抵抗は、式 (1) より算出した。

$$R_o = \frac{S \Delta V}{\ell I} \tag{1}$$

ここに、 R_o は寒天供試体の比抵抗 (Ω・m)、 S は寒天供試体の断面積 (m²)、 ℓ は電位差測定区間の長さ (m)、 I は寒天供試体中の軸方向に平行な電流 (A)、 ΔV は測定区間の軸方向の電位 (v) である。

4.測定結果及び考察

図-2 に、試験対象とした寒天供試体の寒天割合と粘土含有量の関係を示す。寒天と蒸留水の混合割合は 1.1%、1.6%および 1.85%の 3 種類であり、粘土含有量は 0%から 16%まで適宜変化させる。

図-3 は、寒天と蒸留水の混合割合が 1.1%、1.6%および 1.85%の 3 種類それぞれの供試体についての粘土含有量と比抵抗の対数との関係を示している。粘土含有量が 0%の寒天供試体の比抵抗は 355 Ω・m、285 Ω・mおよび 245 Ω・mで、寒天と蒸留水の混合割合を調節することにより寒天供試体の比抵抗をコントロールすることができる。3 種類の寒天と蒸留水の混合割合とも、粘土含有量が増加するにつれ比抵抗は減少し、比抵抗の減少量も徐々に小さくなる。これは、比抵抗と電解質物質は反比例の関係があり、粘土含有量と電解質物質の量はほぼ比例

するので、比抵抗と粘土含有量はほぼ反比例の関係となるためと考えられる。また、粘土含有量が1%の場合、3種類の寒天と蒸留水の混合割合の供試体の比抵抗はすべてほぼ $65 \Omega \cdot \text{m}$ となり、それ以上の粘土含有量になると、ほぼ同一の減少傾向を示している。

なお、寒天供試体を4等分して、4つの供試体を作製し、それぞれの供試体の比抵抗の測定を行った結果は、 $\pm 3\%$ ばらつく程度であり、寒天供試体内の粘土は十分拡散していると考えられる。

試験結果から、寒天供試体における粘土含有量と比抵抗の関係式として式(2)を提案する。

$$R_o = \frac{\alpha_{KC}}{(C_{CR} + \alpha_{RO})} + \alpha_{RC} \quad (2)$$

ここに、 R_o は粘土を含有した寒天供試体の比抵抗 ($\Omega \cdot \text{m}$)、 C_{CR} は粘土含有量 (%), α_{KC} は粘土の種類に関する定数、 α_{RC} は粘土の比抵抗に関する定数、 α_{RO} は寒天供試体自体 (粘土含有量 0%) の比抵抗に関する定数である。

図-4 は、測定データと式(2)による関係とを比較して示したものである。3種類の寒天と蒸留水の混合割合のそれぞれに対して、両者の相関係数は0.999以上で、高い相関を示しており、寒天供試体の粘土含有量と比抵抗の関係を良く表している。

5. まとめ

岩石の代わりに本研究で開発した粘土を含有する寒天供試体の比抵抗を測定することにより、人工風化岩の粘土含有量と比抵抗の関係を考察し、以下にまとめた。

- 1) 寒天供試体は、電解質物質の除去の量および寒天と蒸留水の混合割合を調節することにより、粘土を含有する寒天供試体の比抵抗をコントロールすることができ、粘土含有量も容易に調節できた。
- 2) 寒天と蒸留水の混合割合が1.1%、1.6%、1.85%の3種類の寒天供試体はすべて、粘土含有量が増加するにつれ比抵抗は減少し、比抵抗の減少量も徐々に小さくなった。
- 3) 寒天と蒸留水の混合割合が1.1%、1.6%、1.85%の3種類の寒天供試体は、1%程度以上の粘土含有量では寒天供試体の比抵抗は定量的にもほぼ同一の傾向になった。
- 4) 寒天供試体の粘土含有量と比抵抗の関係式を提案した。

参考文献:

- 1) 松井 保 (1995): 比抵抗高密度探査の地盤工学的ニーズと応用、物理探査、第48巻、第6号、pp.530-538.
- 2) 松井保・朴 三奎 (1996): 比抵抗と弾性波速度による山岳トンネル地山の定量的評価手法とその適用性、土木学会論文集、547、36、pp.117-125.
- 3) 朴三奎・松井保 (1998): 岩石比抵抗に関する基礎的研究、物理探査、第51巻、第3号、pp.201~209.
- 4) 朴 三奎・松井 保・朴 美京・藤原 寛 (1997): 土の比抵抗の温度依存性に関する研究、物理探査学会第97回学術講演会論文集、pp.296~300.
- 5) 西澤 亮純 (1999): 寒天供試体を用いた岩石の比抵抗に関する基礎的研究、大阪大学卒業論文(地球総合工学専攻)。

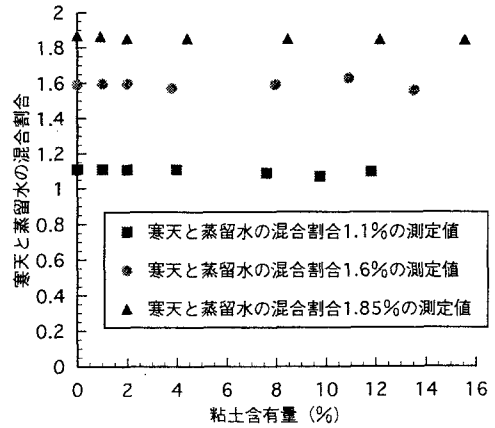


図-2 実験対象とした寒天供試体の粘土含有量と寒天と蒸留水の混合割合

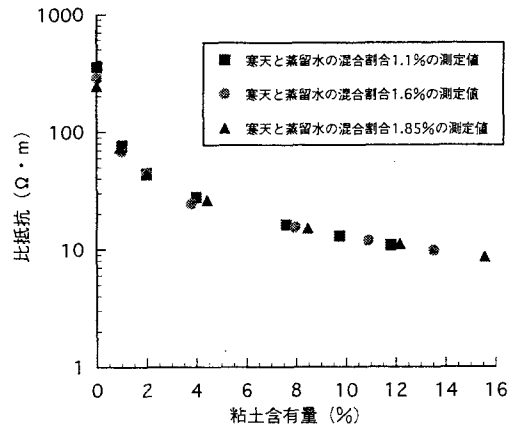


図-3 3種類の寒天と蒸留水の混合割合における粘土含有量と比抵抗の関係

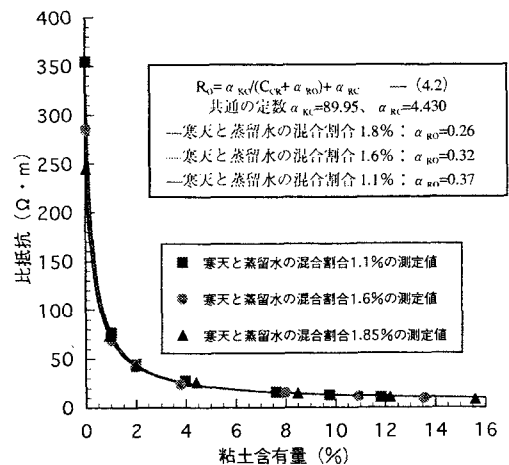


図-4 本研究で提案した関係式による粘土含有量と比抵抗の関係