

大阪大学大学院 学生会員 ○西澤 亮総
 大阪大学大学院 正会員 谷本 親伯
 大阪大学大学院 正会員 川崎 了
 日本振興株式会社 舩屋 直

1. はじめに

これまで、岩石の比抵抗と工学的性質との関係については多くの論文が報告されているが、特に割れ目を有する岩石や岩盤の比抵抗特性に関して、は自然の岩石が均質でないという理由により明確にされていない。そこで、本研究では均質という条件を満たし、経済性、加工の容易さなどに優れていると考えられる寒天を供試体材料として新たに採用し、人工岩としての寒天供試体の作製方法に関する検討と寒天供試体中に作製した割れ目の性状と比抵抗の関係について調査を実施した。

2. 寒天供試体の作製

岩石の比抵抗は頁岩の示す $1\Omega \cdot m$ 程度のものから新鮮な火成岩の $10^6\Omega \cdot m$ 程度までと非常に幅広い範囲にある。本研究は、岩石を寒天に置き換えて岩石の比抵抗を評価するものであるため、供試体として用いる寒天も自然の岩石と同等の比抵抗を持つことが重要である。粉末状の寒天には、硫酸塩、鉄、鉛などの電解質が不純物として混入している。そこで、ろ過による寒天と電解質の分離によって寒天の比抵抗を調節した。その詳細は図1で示す通りである。すなわち、粉末状の寒天を蒸留水で搅拌させて、ろ紙を通過させる。ろ液として蒸留水とともにイオンが通過し、ろ紙の上にはイオンが取り除かれた未固結の寒天が残る。1回のろ過では寒天に含まれるイオンを完全に分離できないので、このフローを数回繰り返す。この操作において作製できる寒天供試体の比抵抗の最大値は、 $250\Omega \cdot m$ であった。なお、供試体は寒天と蒸留水の混合比2%で作製し、温度に関する試験条件を一定にするために、冷蔵庫内で十分冷却した4℃の供試体で測定した。一方、作製時に電解質を加えることで寒天の比抵抗は数 $\Omega \cdot m$ まで変化させることができる。すなわち、寒天を用いることで数 $\Omega \cdot m$ から $250\Omega \cdot m$ までの比抵抗を再現することができる。

次に、寒天の粉末と水の混合比を変えて寒天供試体を作製しその硬さについて調査した。硬い寒天は形状変化が小さいことは明らかであるので、寒天の硬さは型枠からはずした時の断面積の変化に注目した。なお、型枠からはずした供試体の断面積は、型枠をはずす前の体積と、型枠をはずしたときの高さから算出した。結果は、図2で示す通り

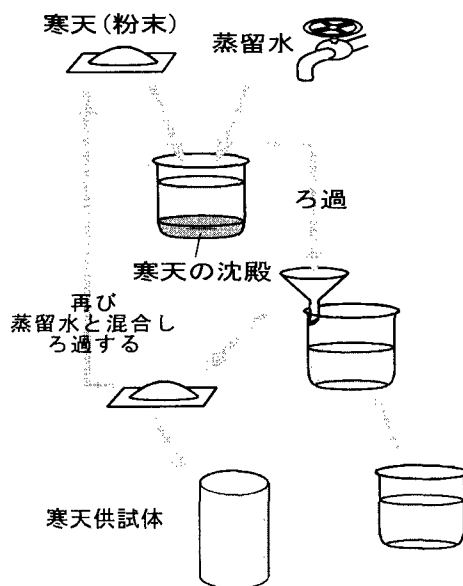


図1 寒天供試体作製フロー

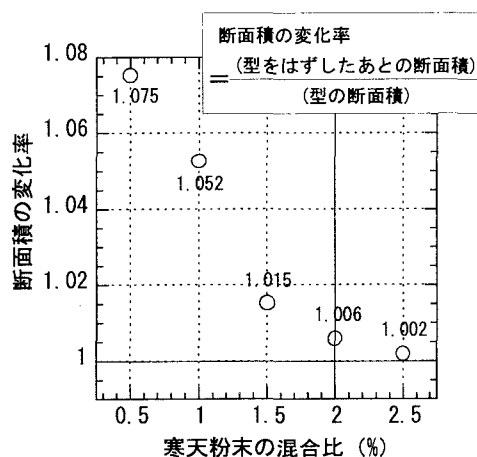


図2 寒天の形状変化

である。同図の縦軸は断面積の変化率であり、型枠をはずした時の断面積を型枠の断面積で除したものである。同図より、粉末状の寒天の混合比は寒天供試体の形状保持に影響を与え、混合比が高ければ形状変化が小さいことがわかる。寒天供試体の形状変化による比抵抗に対する影響を抑えるため、粉末状の寒天の混合比が高いものを供試体として用いる必要がある。しかし、一方で混合比の高い 2.5% の供試体は、沸騰した蒸留水に粉末状の寒天が均等に混合しなかった。よって、以下の実験では断面積変化が 0.6% である混合比 2% の寒天供試体を採用することにした。

3. 割れ目の性状と比抵抗に関する実験

ここでは、割れ目を有する岩石の比抵抗が割れ目の方向、幅の変化でどのような特性を示すかを実験的に調査する。実験で用いた供試体は、前述した寒天供試体である。供試体は寒天の粉末を蒸留水に対して重量比で 2% 混合し、内径 44mm、高さ 100mm の円管の型枠を用いて作製した。また、供試体は冷蔵庫で十分冷却することで温度を 4℃ にした。冷却後の供試体は比抵抗を測定した後、直ちに割れ目を入れ、再び比抵抗の測定を行った。比抵抗の測定装置は、McOHM21（応用地質(株)製）を用いた。供試体の比抵抗の測定状況については、図 3 で示す通りで電極間隔 L は 20mm として測定した。なお、供試体の割れ目の状況については図 4 で示す通りであり、ろ紙を挟むことで割れ目の幅を 0.22mm から 2.2mm まで調節した。ろ紙には一般の地下水と同等の比抵抗を示す食塩水を染み込ませることで比抵抗を調節した。ここでは $53\Omega \cdot m$ の食塩水を用いた。

図 5 は、縦と横のそれぞれの方向について割れ目の幅を変化させた時の比抵抗の変化をまとめたものである。縦軸は比抵抗の変化率を示し、横軸は割れ目の幅を表している。供試体は割れ目を有することにより比抵抗が低下することがわかる。また、割れ目の幅と比抵抗の変化率との関係は方向によって違いがあり、縦方向の割れ目を有する供試体は横方向に割れ目を有する供試体に比べて比抵抗の低下が著しいことがわかる。

4. まとめ

本研究で得られた知見をまとめると、次の通りである。

(1) 寒天の比抵抗は中に含まれる電解質の量を調節することで比抵抗のコントロールを容易に行うことができ、実際の岩石の比抵抗と関係づけることができた。均質性、水分保持力といった性質について調査した結果からも、寒天は岩石を模擬する人工岩として十分な性能を有していると判断された。

(2) 寒天供試体を用いて割れ目を有する岩石の比抵抗特性に関する実験を行った結果、比抵抗が割れ目の方向によって異なった傾向を示すことがわかった。

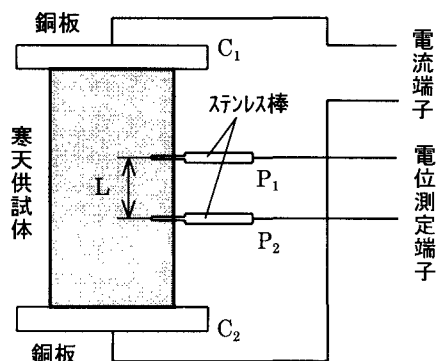


図 3 比抵抗測定状況

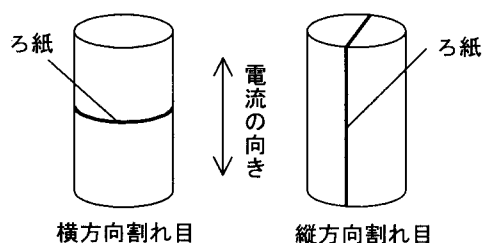


図 4 割れ目の性状

$$\text{比抵抗の変化率} = \frac{\text{割れ目を有する供試体の比抵抗}}{\text{割れ目を入れる前の比抵抗}}$$

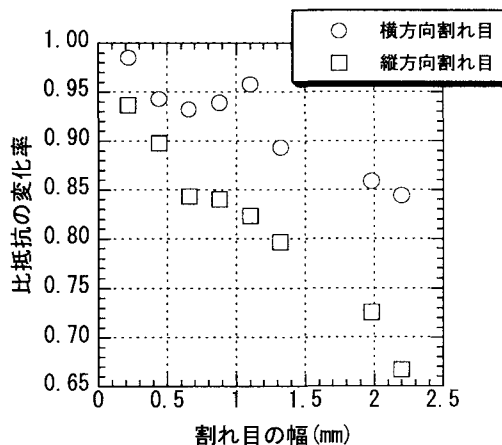


図 5 割目の性状と比抵抗の関係