

Ⅲ-31

岩石の比抵抗値に関する基礎的実験

建設省土木研究所 ○ 正会員 松原 哲也
正会員 猪熊 明
正会員 石村 利明

1. はじめに

トンネルは地下深部に建設される線状の構造物で、建設にあたっては掘削予定地盤の事前調査を必要としている。事前調査手法としては主に弾性波探査法、ボーリング調査などが行われており、その結果に基づき掘削地山の岩盤分類・岩石強度等を想定し支保構造の設計が行われている。また、最近では比抵抗値を用いる電気探査法によるトンネルの事前調査の実施事例が増えており、地下水位、破碎帯などの推測がある程度できるようになっているが、岩盤分類に適用するためには多くの課題がある。本報告は、比抵抗値を用いる電気探査法の事前調査への適用性を検討するため、岩石のサンプルコアを用いた比抵抗値と岩石の物理的・力学的特性の関係の把握を目的としている。今回は昨年に実施されなかった範囲の一軸圧縮強度の岩石について実験を行い、昨年の結果とあわせて比抵抗値と岩石の物理的・力学的特性の関係を調査した結果を報告するものである。

表-1 供試体一覧

試料 No.	岩 石 名	年 代
1	凝灰岩(大谷)	新第三紀 中新世
2	普通輝石紫蘇輝石安山岩	第四紀 更新世
3	フブリナ石灰岩	古生代 二疊紀
4	凝灰質砂岩	新第三紀 中新世
5	泥岩	新第三紀 中新世

2. 実験方法

実験は、表-1に示す5岩種についてそれぞれ3個の供試体(直径 $\phi=30\text{mm}$ 、高さ $h=60\text{mm}$)について比抵抗値、超音波伝播速度(P波、S波)の測定、見掛け比重試験、吸水率及び有効間隙率試験及び一軸圧縮試験を行った。比抵抗値及び超音波伝播速度の測定は、水分飽和度を4種類(100%, 70%, 50%, 30%)、浸透水の比抵抗 $100\Omega\text{m}$ で行った。凝灰質砂岩及び泥岩については、それぞれ千葉県安房郡の高崎トンネル、茨城県水戸市の水戸トンネル建設現場より岩塊を採取、整形することにより供試体の作成を行った。比抵抗値の測定は、サンプルホルダーに供試体をはさみ、外側の2本の電流電極間で電流を流し、内側の電位電極で供試体の両側の電位差を測定する方法で行った。超音波伝播速度の測定は超音波パルス法により行った。測定方法はP波あるいはS波の発振子と受信子の間に供試体をはさみ、パルス波の到達時間をデジタルオシロスコープで読み取ることにより、超音波伝播速度を測定する方法とした。比抵抗値及び超音波伝播速度の測定は4段階の水分飽和度について測定を行うこととしたが、実験時の水分飽和度は供試体を強制乾燥させ乾燥重量の計測を行わないと求まらないため、所定の水分飽和度前後の状態では数回の測定を行い、強制乾燥後の実験時の水分飽和度を求め、所定計算により4段階の水分飽和度における比抵抗値及び超音波伝播速度を求める方法とした。

表-2 5年度実施供試体一覧

試料 No.	岩 石 名	年 代
1	凝灰岩	新第三紀 中新世
4	複雲母花崗岩	中生代 白亜紀
7-A	緑泥片岩(目に平行)	中生代 白亜紀
7-B	緑泥片岩(目に直交)	中生代 白亜紀
10	砂岩	古第三紀末～新第三紀
11	チャート	古生代 二疊紀
12	石灰岩	古生代 二疊紀
13-A	頁岩(目に平行)	古生代 二疊紀
13-B	頁岩(目に直交)	古生代 二疊紀
14	石英安山岩	新第三紀 中新世
15-A	流紋岩(目に平行)	新第三紀 中新世
15-B	流紋岩(目に直交)	新第三紀 中新世
16	カンラン石玄武岩	新第三紀 中新世
17-A	角閃石片麻岩(目に平行)	古生代
17-B	角閃石片麻岩(目に直交)	古生代
18	標準砂	—
19	マサ土	—
20	土丹	第四紀

3. 実験結果

3. 1 比抵抗値の測定

比抵抗値と水分飽和度の関係は、水分飽和度が下がるにしたがって比抵抗値は増加する傾向がみられた。増加の度合いは岩種によりかなりの差があり、比抵抗値の変化は飽和度が100%から30%に減少すると、凝灰質砂岩では約2.4倍となるが、輝石安山岩では24倍と大きな変化となった。スズリナ石灰岩は比抵抗値が200,000Ωm以上と他の岩石に比べてはるかに大きな値となった。これは、吸水率、有効間隙率及び粘土含有量が他の岩石に比べて極端に小さいことが原因の1つだと考えられる。

3. 2 超音波伝播速度の測定

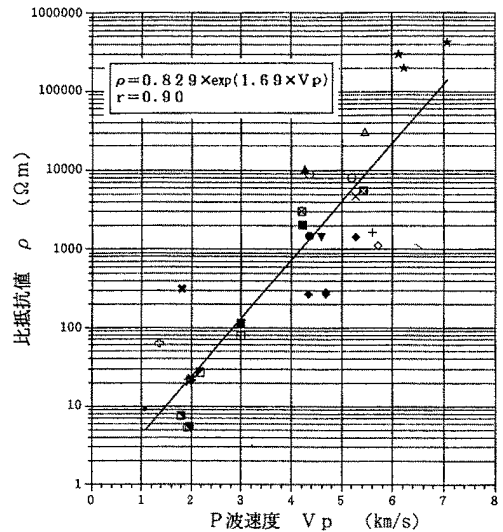
超音波伝播速度(P波、S波)の測定結果は、水分飽和度が変化しても比抵抗値ほどの大きな変化は示さず、水分飽和度が100%から50%にかけて伝播速度は減少し、50%以下になると伝播速度が上昇する傾向がみられた。P波の伝播速度は、凝灰質砂岩で1.5~2.0km/s、泥岩で1.3~2.0km/sと若干大きな変化がみられた。S波の測定結果に関しては、いずれの供試体においても大きな伝播速度の変化はみられない結果となった。

3. 3 比抵抗値と岩石の物理的・力学的特性の相関関係

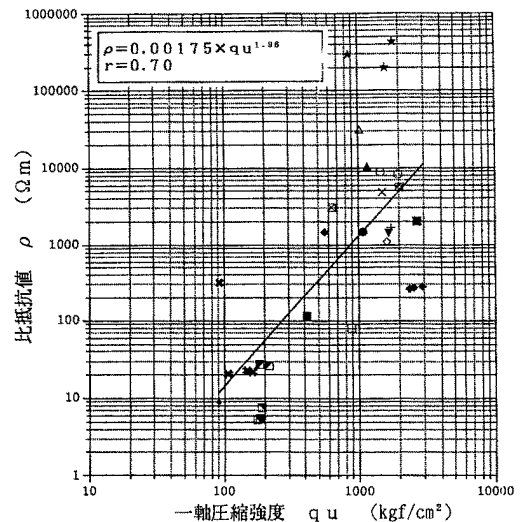
今回の実験の結果に5年度に実施した実験結果を含めて比抵抗値と超音波伝播速度(P波、S波)、一軸圧縮強度の相関関係を整理した。表-2に5年度に実施した岩石の一覧を示す。実験の結果、比抵抗値と超音波伝播速度、一軸圧縮強度の相関関係は比較的良好な関係がみられる結果となった(図-1)。また、比抵抗値と一軸圧縮強度の相関関係(相関係数0.70)は、超音波伝播速度と一軸圧縮強度の相関関係(相関係数0.87~0.90)と比較してやや劣る程度の結果となった。

4. 今後の課題

今後は、より多くの岩種についてデータの収集を行いとともに、比抵抗値と浸透水比抵抗値、水分飽和度等の関係を調査する事により電気探査の適用性を明確にするとともに、現場での電気探査実施結果と比較を行い運用する上での問題点を明らかにする必要があると考えられる。また、トンネルの事前調査で通常ボーリングが行われることが多いが、今回の試験結果を参照に、ボーリングデータを電気探査の評価に活用するか研究を進める予定である。



(a)比抵抗値と一軸圧縮強度の関数に因る



■ 凝灰岩	△ 石灰岩	▽ 砂岩(玄武岩)	◇ 凝灰岩(大谷)
● 凝灰質砂岩	◇ 頁岩(平行)	× 片麻岩(平行)	◆ 輝石安山岩
▲ 凝灰片岩(平行)	◇ 頁岩(直交)	+	片麻岩(直交)
◆ 凝灰片岩(直交)	◇ 石英安山岩	◇ 標準砂	★ 珪石石灰岩
□ 砂岩	○ 凝灰岩(平行)	※ マサ	◇ 砂質凝灰岩
○ チャート	■ 凝灰岩(直交)	● 土丹	

(b)比抵抗値と超音波伝播速度(P波)の関係

図-1 実験結果

(浸透水比抵抗100Ωm、水分飽和度100%)