

株式会社エイトコンサルタント 非会員 柳原一宏

株式会社アイエステー 正会員 木村隆俊

株式会社エイトコンサルタント 非会員 藤原康正

1.はじめに

近年トンネルや地すべり地の調査において、地山弾性波探査と地山電気探査(高密度電気探査)が併用実施される機会が多くなっている。そして、間隙率によりこの2つの物理探査を関連づけ、地山比抵抗値を定量的に評価することが試みられている¹⁾。本論文は、岩盤良好度と地層係数を用いることにより地山電気探査の結果から地山状態をより簡易に評価できる可能性があることを提案するものである。

2.地質状況

本論文の対象地は、第三紀泥岩地域、第三紀礫岩・砂岩地域、御荷鉾緑色岩地域、三郡変成岩地域である。

2-1.第三紀泥岩地域

調査地には新第三系中新統に属する砂岩及び泥岩の互層により構成されている。そして、泥岩は極めて軟化している。泥岩の一軸圧縮強度は 1kgf/cm^2 程度である。

2-2.第三紀礫岩・砂岩地域

調査地は第三系始新統～中新統に属する礫岩で構成され、礫岩中に泥岩及び砂岩が挟在する。比較的硬質な部位も多いが、礫～岩片状を示す部位も多い。柱状コアとして採取された試料の一軸圧縮強度は礫岩部で $300 \sim 500\text{kgf/cm}^2$ 程度、砂岩部で $700 \sim 1100\text{kgf/cm}^2$ 程度を示す(表層付近の風化の進行した部位を除く)。

2-3.御荷鉾緑色岩地域

調査地は、御荷鉾緑色岩の分布域に当たり、チャート、枕状溶岩、ハイアロクラスタイトなどからなっている。緑色岩は、地すべりの影響に加え構造運動のため地下深部にまで破砕が及んでいる場合が多く、調査ボーリングにおいても破砕・変質を受け、白色・細粒状を呈する部位が随所に認められる。

2-4.三郡変成岩地域

調査地は、再結晶及び変状組織の弱い硬質な砂質片岩を主体とし、一軸圧縮強度は $100 \sim 900\text{kgf/cm}^2$ 程度である。そして、破砕や変質等の影響の弱い岩体である。

3.調査結果の比較(弾性波探査と地山電気探査)

調査結果を比較するため、地山の亀裂状態を示す指標のひとつで弾性波速度から導かれる岩盤良好度と、地山の空隙率を示す指標のひとつで比抵抗値から導かれる地層係数を用いた。

一般に、岩盤良好度の増加は地山を構成する岩盤中における亀裂の分布の減少を示し、地層係数の増加は地山における空隙(亀裂を含む)の減少を示す。このため、両者は正の相関関係となることが考えられる。

ここでは、第三紀泥岩、第三紀礫岩・砂岩、御荷鉾緑色岩の岩盤良好度と地層係数を算出し、相関グラフを作成した。また、劣化地盤に対する事例として、グラフ中には硬質な亀裂性岩盤(三郡変成岩地域)での調査結果を併記した。調査結果とグラフを次頁に示し、そこから読み取れることがらを示す。

- 1) 泥岩の地層係数は1未満を示す。すなわち、地山は、地下水よりも良伝導体にある。
- 2) 第三紀礫岩・砂岩及び御荷鉾緑色岩では $1 \leq \text{地層係数} < 10$ となっている。そして、地層係数は10未満エリアで、岩盤良好度に対し負の相関を示し(図3-1中の斜線)、相関係数が $r^2=0.8609$ とその相関性が強い。
- 3) 三郡変成岩の地層係数は10以上を示す。地層係数が10を超える範囲では、岩盤良好度の増加に対し、地層係数は増加するかあるいは一定の範囲の値を示す。

4.考察

1) 泥岩は著しく風化が進行し、極めて脆弱な状況にある。このため、岩盤を構成する一部もしくは全体が粘土化する事によりコロイド化したり、鉄イオンなどの遊離によって比抵抗値の低下を招いたと考えられる。

2) 地層係数が 10 未満にあることは、地山が脆弱な状態にあることを示す。

地山中の亀裂が発達してくると、岩盤良好度は低下するが、地山中の亀裂が更に発達し密着している状態となると、岩盤良好度は見かけ上は上昇する。

比抵抗値は亀裂の発達とともに低下するものと考えられる。それは、亀裂の発達とともに、礫や岩片間を満たす間隙水が増加するからである。このようなことから両者は負の相関を示す。

3) 地層係数が 10 以上の範囲で、岩盤良好度の上昇に伴って地層係数が上昇するのは、地山を構成する岩石自体が緻密で、かつ、亀裂が少ない場合と考えられる。

すなわち、亀裂が減少するために、岩盤良好度が上昇し、かつ、間隙水も減少するため地層係数も上昇する。一方、地層係数が 10 以上の範囲で、岩盤良好度が上昇するのにも関わらず地層係数が 20 未満に留まるのは、地山の構成岩石自体が非常にルーズで、かつ、亀裂が少ない場合と考えられる。すなわち、亀裂が減少するために岩盤良好度は上昇するが、地山の構成岩石自体が非常にルーズなため、岩石自体の間隙率が高く、よって、一定以上には間隙水が減少しないためと考えられる。

表 3-1.試験結果一覧表

地 域	BV. No.	深 度 (G L-m)	地山比抵抗 ρr ($\Omega \cdot m$)	弾性波速度		地下水の 比抵抗値 ($\Omega \cdot m$)
				地山 Vpr (m/sec)	コア Vpc (m/sec)	
泥 岩	BV.1	8.6	7.5	1700	2096	40
	BV.1	20.5	7.5	1700	1892	
	BV.2	12.5	2.5	1700	1818	
	BV.2	21.0	7.5	1700	1911	
礫 岩	BV.1	28.4	400	1850	3720	61
	BV.1	43.3	400	1850	4860	
	BV.1	52.8	400	1800	3050	
砂 岩	BV.1	54.2	400	1800	4050	40
	BV.1	21.2	175	2100	2731	
御荷鉾 緑色岩	BV.1	33.3	125	2100	2567	
	BV.2	8.4	350	1200	2365	
	BV.2	37.0	225	2100	3351	

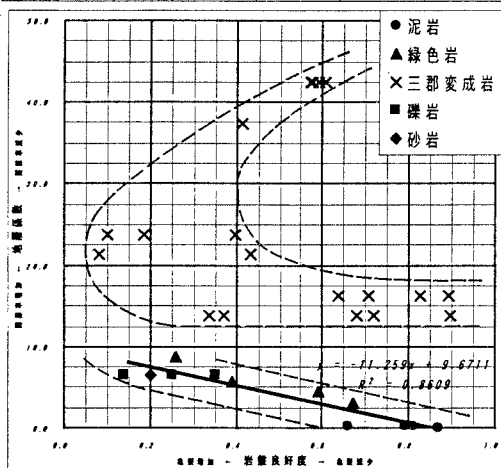


図 3-1.岩盤良好度-地層係数相関グラフ

5.結論

上記のような事柄から、地層係数が、以下に示す事柄を判断するひとつの指標になり得ると考えられる。ここでは、地山評価の指標のひとつであるトンネル調査における地山分類との対比を示す。

- 1) $20 \leq$ 地層係数の地山は、比較的劣化の小さな岩盤で構成されている。地山分類では C 級に対比される。
- 2) $10 \leq$ 地層係数 < 20 の地山は、部分的な破碎・変質等の影響は弱いが、地山の構成岩体自体の風化が進行しているか、あるいは岩体自体が本質的に極めてルーズである。地山分類では D I 級に対比される。
- 3) $1 \leq$ 地層係数 < 10 の地山は、風化・破碎等・変質などの影響により著しい亀裂の発達が進行している。地山分類では D II 級に対比される。
- 4) 地層係数 < 1 の地山は、風化・破碎・変質の影響を含め、全体が劣化し、多量の細粒分を生じている。地山分類では E 級に対比される。

6.今後の課題

- 今後の課題として、 1) 火成岩系のデータを追加する 2) 第三紀泥岩、第三紀礫岩・砂岩、御荷鉾緑色岩の硬質部のデータを追加する 3) 三郡変成岩の脆弱部のデータを追加する 4) 他の地層累帯のデータを追加する 5) 施工実績との対比を行う 6) 粘土中に含まれる金属イオン濃度の分析を行う 等が挙げられる。

※ 参考文献 1：例えば、地山比抵抗の定量的評価によるトンネル地山区分に関する研究；松井、藤原、朴：地盤学会 1996