

関西大学大学院理工学研究科 学生員 ○山本 龍

関西大学環境都市工学部 フェロー 楠見 晴重

1. はじめに

我が国の道路は、高度経済成長期に急ピッチで整備されてきた。建設された膨大な数の吹付け法面は、現在劣化が進んでおり、これらの吹付け法面の安定性・耐久性を、効率良く把握・評価する必要がある。吹付け法面の安定性に関わる問題は、背面地山の風化や変動が大きく影響するため、物理探査を用いる方法がとられている。本研究は、弾性波探査と電気探査に着目し、原位置で得られた弾性波探査分布・比抵抗分布を間隙率分布・飽和度分布に変換するシステム^{1) 2)}を用い、より正確に地盤評価を行なうものである。

2. 調査箇所

本研究の解析対象は、京都府福知山市三和町大身地区、国道9号沿いの切土法面で、国道9号線の南側に隣接した、長さ200数十m、高さ約50mの比較的大規模な吹付け法面(A地区)と自然斜面(B地区)の2地点である。地質は、中生代三畳紀～ジュラ紀の丹波層群にあり、主に砂岩層、砂岩頁岩互層、一部緑色岩(玄武岩質溶岩)より構成される。図-1は、調査箇所地点を示している。

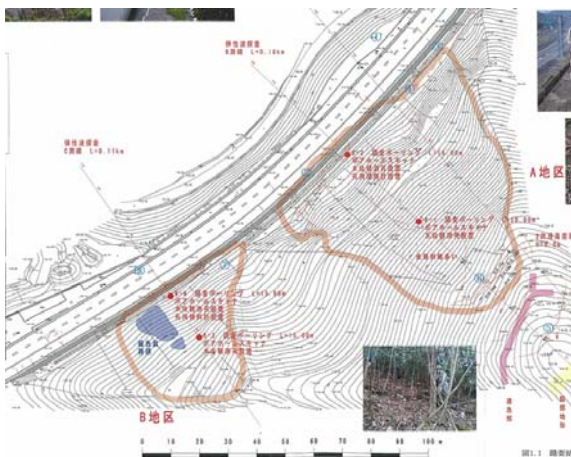


図-1 調査箇所地点

3. 変換解析

3.1 解析概要

弾性波速度と比抵抗は、間隙率と飽和度をパラメータとして関係付けることができる。この関係を利用し、原位置で行なわれた弾性波速度と比抵抗を間隙率と飽和度に変換するシステムを用いた。以下に、変換解析の概要を述べる。

弾性波速度については式(1)に示す Wyllie の式が、比抵抗については式(2)に示す Archie らの式が一般に知られている。

$$\frac{1}{V_p} = \frac{(1-\phi)}{V_m} + \frac{\phi \cdot Sr}{V_f} + \frac{\phi \cdot (1-Sr)}{V_a} \quad (1)$$

$$\rho = a \cdot \rho_w \cdot \phi^{-m} \cdot Sr^{-n} \quad (2)$$

ここで、 V_p : 岩盤の弾性波速度、 V_m : 岩石実質部の弾性波速度、 V_f : 間隙水の弾性波速度、 V_a : 間隙空気の弾性波速度、 ϕ : 間隙率、 Sr : 飽和度、 ρ : 岩盤実質部の比抵抗値、 a, m, n : 地質の違いによる係数である。Archie らの式については、最近の研究によれば、この式は砂層ではよく適合するが、岩盤であまりよく適合しないとされているので、本システムでは式(3)の並列回路モデルを採用するものとした。

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{F \cdot \rho_w} + \frac{1}{\rho_c} + \frac{1}{\rho_0} \quad (3)$$

ここで、 F : 地層比抵抗($a \cdot \phi^{-m} \cdot Sr^{-n}$)、 ρ_c : 粘土等による間隙中の伝導性粒子の比抵抗、 ρ_0 : 岩石実質部の比抵抗である。式(1)および式(3)は、間隙率 ϕ と飽和度 Sr を変換して、図-2に示すような、ひとつの岩盤要素(小要素に分割したセル)について、それぞれ次の連立した方程式として表される。

$$V_p = f(\phi, Sr) \quad (4)$$

$$\rho = g(\phi, Sr) \quad (5)$$

したがって、地山の比抵抗と弾性波とが既知であれば、式(4)と式(5)から逆解析(最適化手法)により、未知の間隙率と飽和度を求めることができる。

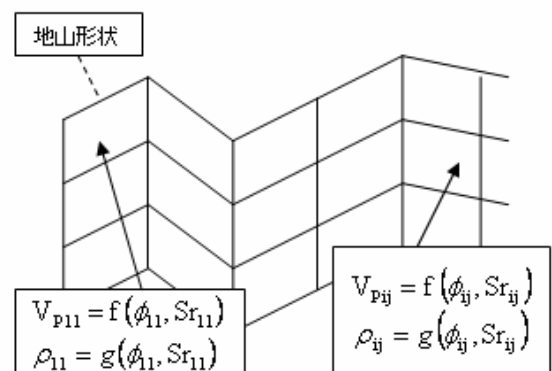


図-2 変換解析における岩盤要素のイメージ

3.2 解析結果

表-1 は解析に用いた各物性値、図-3 は A 地区現場写真、図-4 は A 地区の弾性波探査分布図・比抵抗分布図、図-5 は解析結果である間隙率と飽和度、図-6 は B 地区現場写真、図-7 は B 地区の弾性波探査分布図・比抵抗分布図、図-8 は解析結果である間隙率と飽和度を示している。

表-1 変換解析に用いた物性値

岩種	砂岩	砂岩頁岩互層	玄武岩
地層係数 F の係数 a	0.13	0.23	0.43
地層係数 F の間隙率 ϕ の指数 m	0.68	0.98	0.78
地層係数 F の飽和度 S_r の指数 n	0.8	2.1	1.1
岩石実質部の弾性波速度 V_m (m/sec)	6000	6000	6000
間隙水の弾性波速度 V_f (m/sec)	1500	1500	1500
空気間隙の弾性波速度 V_a (m/sec)	330	330	330
岩石実質部の比抵抗 ρ_0 ($\Omega \cdot m$)	8000	5000	8000
間隙水の比抵抗 ρ_w ($\Omega \cdot m$)	50	50	50
伝導性粒子の比抵抗 ρ_c ($\Omega \cdot m$)	2000	1500	2000



図-3 A 地区現場写真

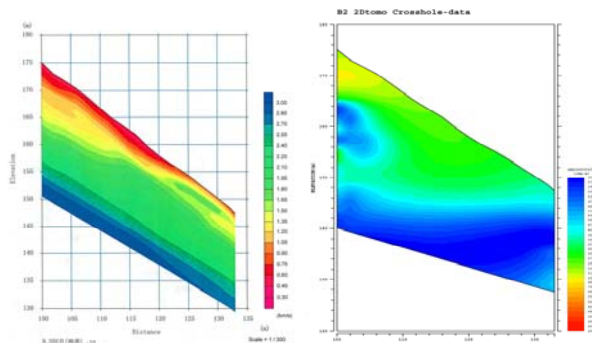


図-4 弾性波速度分布図(左)・比抵抗分布図(右)

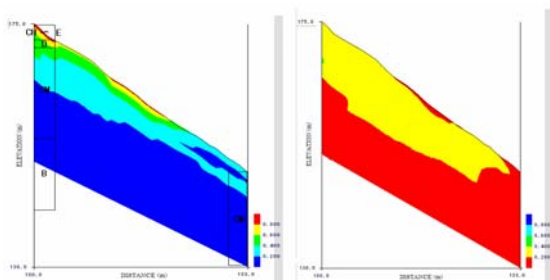


図-5 解析結果の間隙率(左)・飽和度(右)



図-6 B 地区現場写真

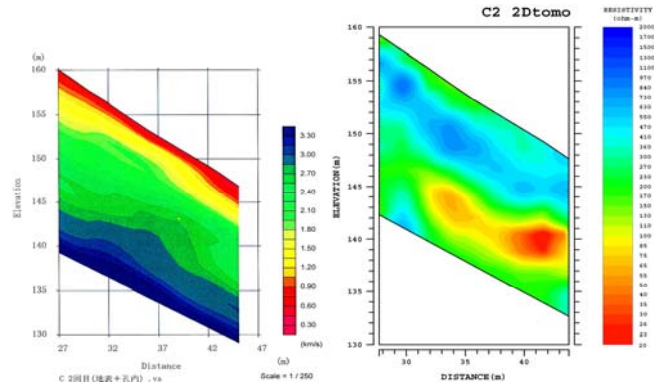


図-7 弾性波速度分布図(左)・比抵抗分布図(右)

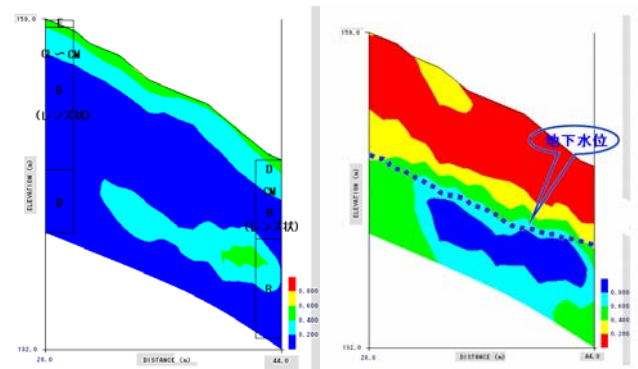


図-8 解析結果の間隙率(左)・飽和度(右)

4. まとめ

変換解析による間隙率から法面の地山の風化状況が予見でき、また飽和度からは地下水の存在が予測できた。本研究で用いた変換解析は、法面の物性値で判断できることから、単独の探査に比べて有用であり、老朽化法面の健全性の重要な評価指標になり得ることが認められた。

5. 参考文献

- 1) 中村 真：併用探査による地盤の工学的評価方法に関する研究, 2003.
- 2) 楠見 晴重・高橋 康隆・中村 真：比抵抗・弾性波速度の変換解析によるトンネル建設時の岩盤評価法, 土木学会論文集 F, Vol.62, No.4, pp.603-608, 2006, 10.