

## 第Ⅲ部門

## 物理探査法による老朽化吹付け法面の工学的評価に関する研究

関西大学工学部	学生員	○広野 彩
関西大学環境都市工学部	フェロー	楠見 晴重
近畿地方整備局	正会員	山本 剛
(株)ニュージェック	正会員	中村 真

## 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<sup>1)</sup>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和歌山県国道42号線の3地点である。各地点の地質は四万十帯の田辺層群に属している。田辺層群は、田辺湾を取り巻くように広く分布するもので、音無川層群や牟婁層群を不整合に覆う地層群である。層厚1000mを超える泥岩・砂岩泥岩の互層・砂岩・礫岩からなる。なお、本研究で用いた各地点の地質は泥岩である。

## 3. 変換解析

## 3.1 解析概要

弾性波速度と比抵抗は、それぞれ飽和度と有効間隙率との関係を有することから、飽和度と有効間隙率をパラメータとして弾性波速度と比抵抗を関係付けることができる。この関係を利用して、原位置で行なわれた弾性波速度と比抵抗の探査結果を用いて、間隙率と体積含水率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<sup>2)</sup>の式が、比抵抗については式(2)に示すArchie<sup>3)</sup>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、 $\phi$ ：間隙率、 $Sr$ ：飽和度、 $\rho$ ：岩盤実質部の比抵抗値、 $a \cdot m \cdot n$ ：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、岩盤であり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( $a \cdot \phi^{-m} \cdot Sr^{-n}$ )、 $\rho_c$ ：粘土等による間隙中の伝導性粒子の比抵抗、 $\rho_0$ ：岩石実質部の比抵抗である。

式(1)および式(3)は、間隙率 $\phi$ と飽和度 $Sr$ を変換して、各岩盤要素(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。

## 3.2 解析結果

解析対象は、図-1に示すように、国道42号線に面した急斜面であり、コンクリート吹付け法面である。

解析に用いた各物性値は表-1に示すものであり、弾性波探査分布・比抵抗分布を図-2に示す。

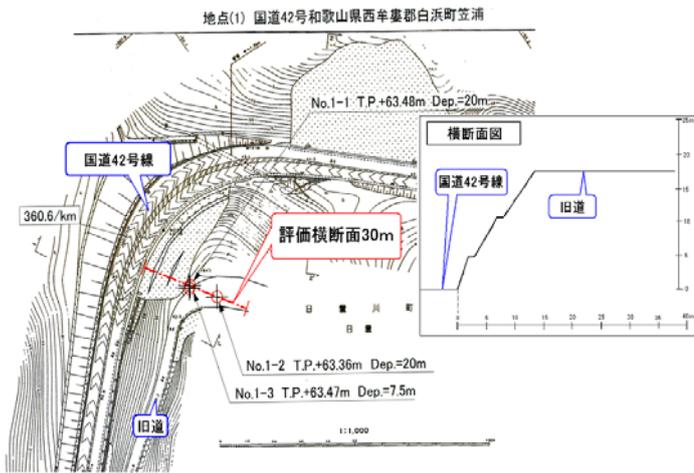


図-1 地点1の地形

表-1 変換解析に用いた物性値

岩種	泥岩
地層係数 F の係数 a	0.1
間隙率 $\phi$ の指数 m	1.2
飽和度 $S_r$ の指数 n	0.8
岩石実質部の弾性波速度 $V_m$ (m/sec)	5000
間隙水の弾性波速度 $V_f$ (m/sec)	1500
空気間隙の弾性波速度 $V_a$ (m/sec)	330
岩石実質部の比抵抗 $\rho_0$ ( $\Omega \cdot m$ )	10000
間隙水の比抵抗 $\rho_w$ ( $\Omega \cdot m$ )	50
伝導性粒子の比抵抗 $\rho_c$ ( $\Omega \cdot m$ )	3000

解析結果を図-3・4に示す。図-3の間隙率分布図に見られるように、斜面地形に沿って間隙率が小さくなっていくことがわかる。また、図-4の飽和度分布図により、地下10~15m付近に地下水の存在を予測することができる。

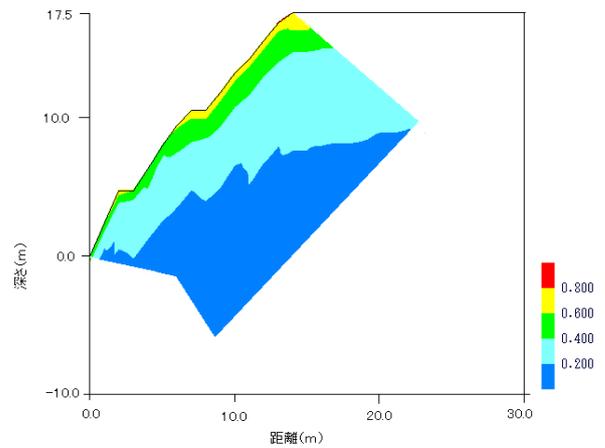


図-3 間隙率分布図

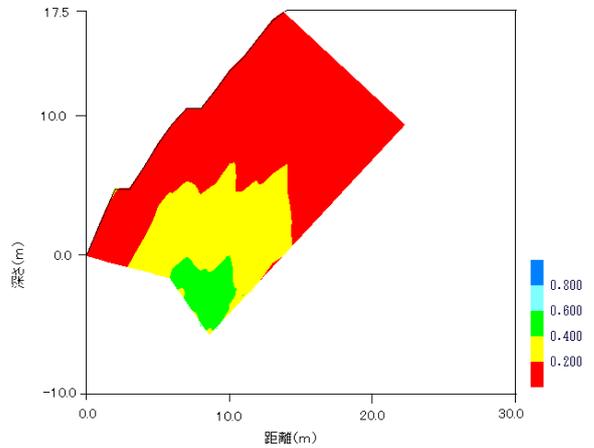


図-4 飽和度分布図

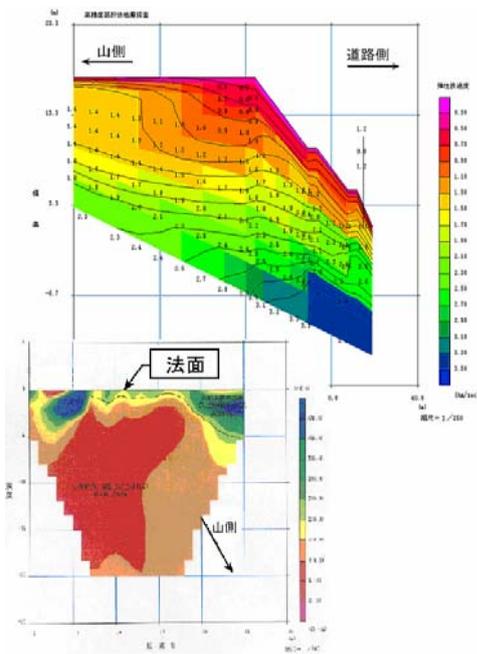


図-2 弾性波速度分布図(上)・比抵抗分布図(下)

#### 4. まとめ

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、吹付け法面の健全性の重要な評価指標になり得る。今後は、本手法の精度を上げるとともに、実用化を目指すことが課題である。

#### 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、関西大学博士学位論文、2003。
- 2)Wyllie,M.R.Gregory,A.R. and Gardner,L.W. : Elastic wave velocities in heterogeneous and porous media. Geophysics, 21(1),pp.41-70,1956.
- 3)Archie,G.E. : The Electrical Resistive Log as Aid in Determining Some Reservoir Characteristics, Trans.A.I.M.E. , Vol.146, pp.54-62.197