

大平山トンネルにおける電気探査について

京都大学 吉住永三郎 菅野 強

鹿島建設 佐藤忠五郎 渋谷長美 西浦勝亀

1. 緒 言

土木関係の地下構造の電気探査について筆者らは数回にわたって発表した。今回の報告では、山陽新幹線大平山トンネルの電気探査について

(1) 地表測定法による全体から見た概略的な解釈法

(2) ボーリング孔測定法による局所的な解釈法

について説明する。

電気探査における測定結果の処理は (a)電気的定数による地下構造の解析表現と (b)電気的解析図から目的の土木定数への解釈とに分けられる。

大平山トンネル(図-1参照)における探査目的は帯水破碎帯であり、前述(1)については地表測定法によって得られた測定結果から帯水破碎帯を推定する全体から見た概略的な解釈法を説明し、(2)については余り適切な例題ではないがボーリング孔測定法による局所的な解釈法について、異方性の解析法をも加味して説明する。

2. 地表測定法

地表測定法における測定結果の表示法には色色の方法が世界の各国において採用されているがいずれも理論的根拠はない。表示法の

問題についてはアナログシミュレータによる結果処理法に関連した表示法を研

究開発しているが、この報告では概略的な解釈法の立場から従来の表示法を採用した。

図-2, 3は地表に沿って移動する電極配置の中心に表示するいわゆる比抵抗曲線である。

図-4, 5は両側のそれぞれの2個の電極配置の中心を結ぶ直線を底辺にした直角2等辺3角形の頂点に表示するいわゆるRT表示による立体比抵抗分布である。

2. 1 比抵抗曲線

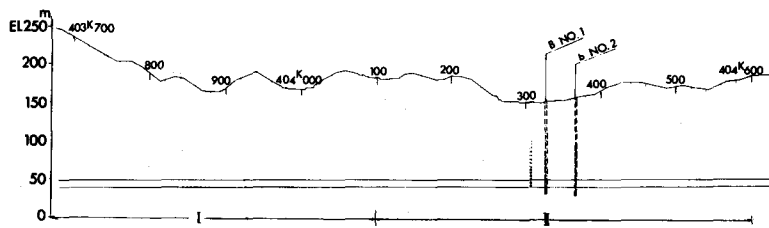


図-1 探査断面図

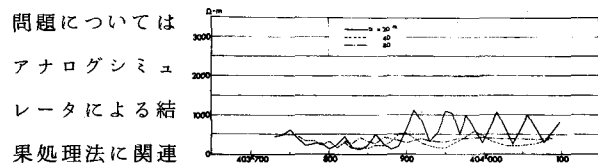
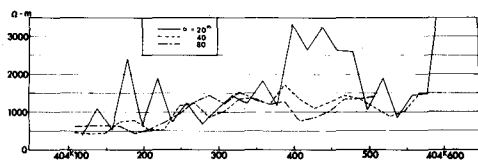
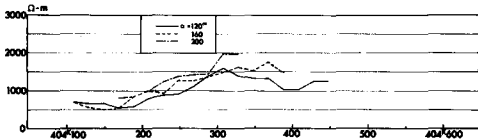


図-2 比抵抗曲線(測線I)



(a) $a = 20 \cdot 40 \cdot 80 \text{ m}$



(b) $a = 120 \cdot 160 \cdot 200 \text{ m}$

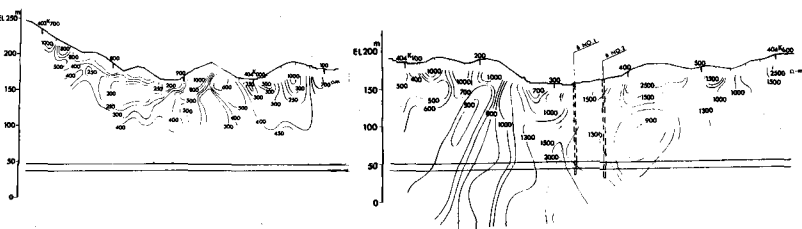
図-3 比抵抗曲線(測線II)

図-2は、図-1に示した探査断面図の測点403^K700から404^K100までの測線Ⅰにおいて電極間隔aが20・40・80mの場合における比抵抗曲線である。

図-3(a)と(b)は図-1の測点404^K100から404^K600までの測線Ⅱにおいて電極間隔aが20・40・80mと120・160・200mの場合における比抵抗曲線である。測線Ⅰの比抵抗曲線(図-2)と測線Ⅱの比抵抗曲線(図-3(a))とは3種類の同一の電極間隔で測定された曲線で測点404^K600の方向に進むにつれて比抵抗は上昇していく特徴を示し、地質的に花崗岩から片岩に移行する性質と対応している。測線Ⅰでは、特に測点403^K790から403^K900の区間において250Ω・mの極めて低い比抵抗の値を示し、測線Ⅱでは1000Ω・m程度の高い比抵抗の高い比抵抗の領域が広くあらわれ、良好な岩盤の領域に入ったことを示している。

2. 2 立体比抵抗分布

図-4は測線Ⅰにおける立体比抵抗分布である。地表近くには局部的に比抵抗の高い部分があるが、測点403^K790から403^K900



測点403^K790から403^K900までの間において 図-4 立体比抵抗分布(測線Ⅰ) 図-5 立体比抵抗分布(測線Ⅱ) は20mより深いところで極めて低い比抵抗の領域が現われている。深くなるにしたがって比抵抗分布は単調になっている。

図-5は測線Ⅱにおける立体比抵抗分布である。測線Ⅰに比べて比抵抗が高くなり、測点404^K300から404^K600までにおいては1500Ω・mを越える高い比抵抗を示す岩盤であることを示している。地形的に谷となっている苔谷川付近(測点404^K340付近)は、比抵抗の高い領域に属している。この場合も深くなるにしたがって比抵抗分布は単調である。トンネルの通過位置では1500Ω・mを超える高い比抵抗の領域である。

前述のように、探査目的は帯水破碎帯であり、一般に測定結果の処理は(a)電気的定数による解析表現と(b)この解析図からの帯水破碎帯の決定とであるが、大平山トンネルの探査例では、以上の説明のように測点403^K700から404^K100までと測定404^K100から404^K600まででは比抵抗値に関して約400Ω・mから約1000Ω・m程度の明確な変化が現われており、この変化を地質的に見れば、花崗岩と片岩とに対応している。このように、比抵抗についても地質的にいっても明確な変化が認められるような測定結果では、測定結果の処理は前述の(a)電気的定数による解析図のみで十分である。すなわち、この例では全体から概略的に見て測点403^K700から404^K100までの領域には帯水破碎帯の存在の可能性はあるが、測点404^K100から404^K600までの領域には帯水破碎帯の存在の可能性はないと推定できる。

3. ボーリング孔測定法

ボーリング孔を利用する探査法には、ボーリング孔と地表とに電極を配列する立体測定法と従来からのいわゆる電気検層法とがある。この報告ではまず、電気検層法による測定結果と地質柱状図との関係を説明する。

図-6, 7はそれぞれボーリングNo.1孔およびNo.2孔における電気検層測定結果である。

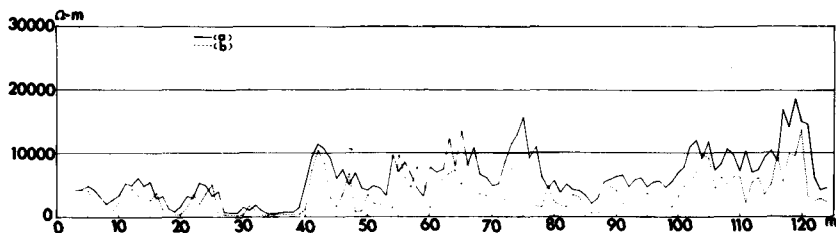


図-6 比抵抗曲線 (ボーリングNo.1孔)

図-8, 9は地質柱状図である。

地表近くの帯水破砕帯の部分は比抵抗は低いが、

一般にボーリング孔の地質は硬岩で特にトンネ

ルの掘削にはそれ程問題があるとは思われない。

ボーリングNo.1孔における比抵抗曲線 (図-6) と地質柱状図 (図-8) を対比すると地表近くの破砕状黒色片岩からなる破砕帯では極めて低い比抵抗で、500Ω·m程度の値を示している。他の部分については地表近くの花崗岩が3000Ω·m、あとの黒色片岩は深さ50mおよび75mから100mまでは5000Ω·mであるが他の部分は7000Ω·m程度で、高い比抵抗を示している。トンネル通過位置の区間は高比抵抗の硬岩の岩盤に属している。

ボーリングNo.2孔では図-7と図-9に示されるように、同様に地表近くの破砕状黒色片岩からなる破砕帯において極めて低い比抵抗を示し、500Ω·m程度となっている。その他の黒色片岩の部分については、深さ110m付近で5000Ω·mの値を示すが、他の部分は7000Ω·mあるいは7000Ω·mより高い比抵抗のところとなっている。トンネルの通過位置の区間は高比抵抗の5000Ω·m程度以上の良好な岩盤となっている。

4. 異方性地下構造の測定法

異方性の大きさを表す、いわゆる異方係数 λ は、比抵抗の異なる層の互層を考え、層方向の全体としての比抵抗を ρ_l 、それと直角方向の全体としての比抵抗を ρ_t とすると一般に次のように定義されている。

$$\lambda = \sqrt{\frac{\rho_t}{\rho_l}} \quad (4.1)$$

この異方係数は、岩石鉱物の固有の物性としての異方性を表すも (No.1孔) (No.2孔) ので実験室で試料から測定されるものである。

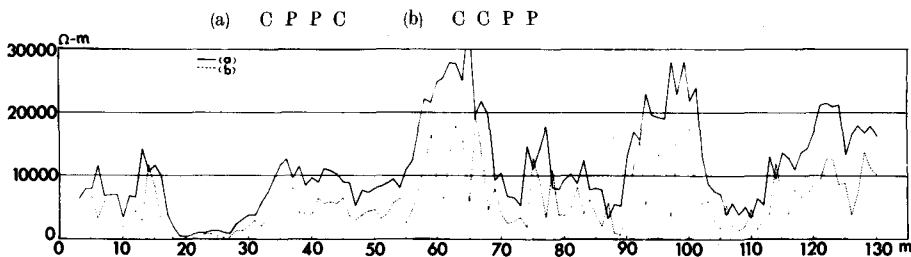


図-7 比抵抗曲線 (ボーリングNo.2孔)

(a) C P P C (b) C C P P

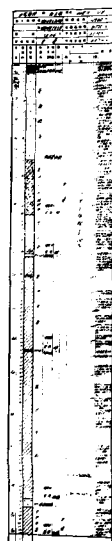


図-8
地質柱状図

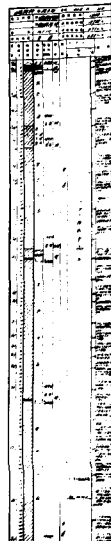


図-9
地質柱状図

各種電極配置における水平構造、垂直構造および異方性構造の比抵抗曲線の特長について、等間隔C P P C電極配置と等間隔C C P P電極配置を用いてアナログシミュレータにより研究した結果、現地での測定結果から

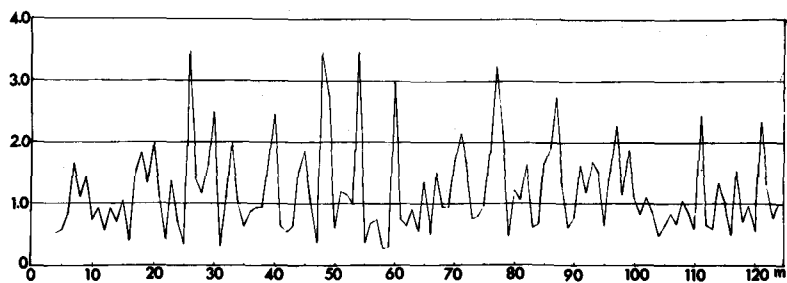


図-10 見掛異方係数曲線（ボーリング№1孔）

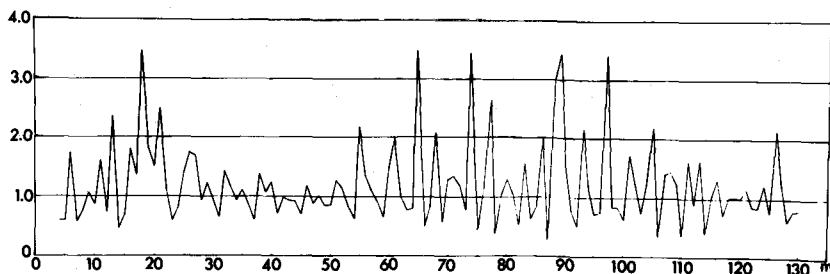


図-11 見掛異方係数曲線（ボーリング№2孔）

ら地山のままで直接地下構造の異方性を表現する「見掛異方係数 λ_a 」を考案した。すなわち、

$$\lambda_a = \frac{\rho_w}{\rho_E} \quad (4 \cdot 2)$$

である。 ρ_w は等間隔C P P C電極配置による比抵抗であり、 ρ_E は等間隔C C P P電極配置による比抵抗である。この見掛異方係数は、垂直方向に異方性のある構造の場合に大きな値を示し、水平方向に異方性のある構造には小さな値を示す特徴を有している。

図-10は(4・2)式により求められたボーリング№1孔における見掛異方係数曲線である。全体的に変化に富む曲線であり、岩盤に亀裂の多いことを示している。図-8の地質柱状図の記事(図では不鮮明であるが)の項に亀裂が多いことが記載されている。

図-11はボーリング№2孔における見掛異方係数曲線である。ボーリング№1孔と同様に岩盤に亀裂の多いことを示しているが、全体的には№1孔に比べてやや変化が小さくなっている。岩盤の状態は№1孔より№2孔の方向に進むにつれ良好になっていることを示している。

以上、ボーリング孔を利用する局所的な探査について、従来の電気検層法とともに見掛異方係数を用いた岩盤の亀裂の解析法を説明した。今後なお電極間隔と亀裂との関係など検討を進める予定であるが、異方性地下構造の地山のままで現地の探査法として紹介する次第である。

5. 結 言

電気探査における測定結果の処理(a)電気定数による地下構造の表現と(b)電氣的解析図から目的の土木定数への解釈とに分けられる。大平山トンネルにおける探査目的は帯水破砕帯であり、地表測定法によって得られた測定結果から帯水破砕帯を推定する全体から見た概略的な解析法を説明し、ボーリング孔測定法による局所的な解析法については、電気検層の他に異方性の解析法についても説明を行った。

参 考 文 献

- 1) 吉住, 菅野, 斉藤; 物理探鉱秋季講演予稿集, 昭和46年10月, 40~41頁

The Electrical Prospecting at the Ōhirayama Tunnel of the New Sanyo Line

Eizaburo YOSHIKUMI

Tsuyoshi SUGANO
(Kyoto University)

Chugoro SATOH

Takemi SHIBUYA

Katsuki NISHIURA
(Kajima Corporation)

For most rocks, faults and stratum near the earth's surface, conduction is electrolytic and the conducting medium is distributed in a complicated manner through the pores of the above-mentioned structures.

The resistivity of a water-bearing stratum depends on the amount of water and the way in which the water is distributed in the stratum. The electrical properties of a water-bearing stratum should be describable in the same terms as the electrical properties of an electrolyte.

In the present paper, the authors intend to explain the water-bearing zones and rocks by using

- (1) the reconnaissance surveyings with surface electrode arrangements,
- (2) the electrical well loggings,

in the case of the Ōhirayama Tunnel of the New Sanyo Line.