

電気検層の実験的研究

熊本大学工学部 正会員 井上正康

まえがき

検層とは柱状図をつくるという意味の用語 *logging* に対応させられたものであつて、調査の場が坑井内ということが前提である。その種類としては放射能検層、音波検層、温度検層、水質検層などがあるが、最も広く使用されているのは電気検層とくにその中でも比抵抗法である。元来これは石油坑井において活用され発達してきた方法であるが、現在では探鉱・温泉・地熱ボーリング、地下水や基盤調査ボーリングにもその利用がいつるしく高まってきた。

石油坑井の深井戸の検層方法を浅井戸に適用するに当つて、種々留意すべき問題が考えられる。また異なる電極系によつてどのような見掛け比抵抗曲線がえられるかを調べておくことは、測定結果の解析に當つて必要なことである。ここに土木調査用浅井戸の電気検層に當つて考慮すべき2, 3の問題について行なつた研究結果を報告する。

実験方法

測定器としては横河電機製作所のL-10型大地比抵抗測定器を使用し、坑内水の比抵抗の測定は東邦電探製の井戸水電導度測定器を使用した。坑井模型は校庭に幅約90cm、深さ120cmのコンクリート槽を埋設し、この中に粘土に石灰10%（坑壁の崩壊を防ぐため）を混ぜてしめ固め、この槽の中心に直径7.5cmの坑井を穿孔した。電極は5アンペア用の方針棒で外径約5mmのリングを作り、15芯のビニール被覆線にはんだづけをしたもので一直線に下降するように絶縁テープで被覆したおもりをケーブルの先端に吊し、一定間隔の歩み（4cm）で下降させながら測定を行なつた。電極系は大別するとつぎの3種である。

(1) 2極法… 通常2つの電極 C_1, P_1 を坑井内に吊し P_2, C_2 は遠くはなして地表上に設置して比抵抗を測定する方法で

$$\rho = 4\pi a R$$

として求められ、この ρ は C_1, P_1 の中点の値を示すものとする。この方法はよく使用され、電極間隔 a が短い場合をショートノルマル、長い場合をロングノルマルと呼んでいる。

(2) 3極法… 坑井内に1つの電流電極と2つの電位電極（ C_1 と P_1, P_2 ）の計3極を下降して測定する方法で、各電極間隔が皆等しい等間隔3極法と C_1, P_1 が P_1, P_2 より短い C_1, P_1, P_2 と C_1, P_1 が P_1, P_2 より長い C_1, P_1, P_2 とがある。一般式として

$$\rho = 4\pi R \left\{ \frac{C_1 P_1 \times C_2 P_2}{C_1 P_2 - C_1 P_1} \right\}$$

で示される。とくに等間隔3極法では

$$\rho = 8\pi a R$$

で求められる。

(3) 等間隔4極法… 4つの電極とも全部坑井内に吊り下げて測定する方法で

$$P = 4\pi a R$$

で求められ、 P_1, P_2 の中点の値を示すものとする。

測定結果および考察

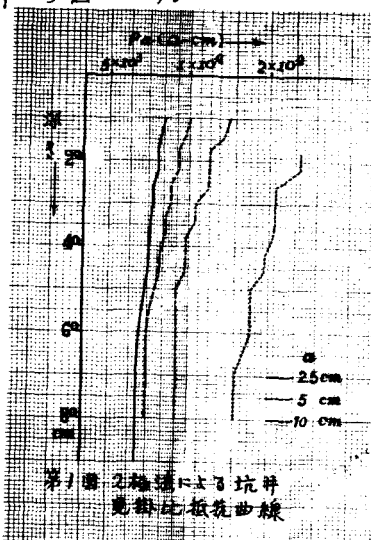
(1) 大気の影響

石油坑井のような深井戸では地表近くの検層は unnecessary 場合が多いが、せいぜい数10 m の坑井の検層に当っては大気の影響がどの程度まで及んでいるかを調べておくことは必要なことである。大気の影響だけを取り出して論ずる場合は、深い広い湖のような均質な条件のもとで実験を行なうことが必要であるが、実際には坑内水や坑壁の比抵抗のもとでの大気の影響ということになる。その結果はまとめて第1～3図に示す。

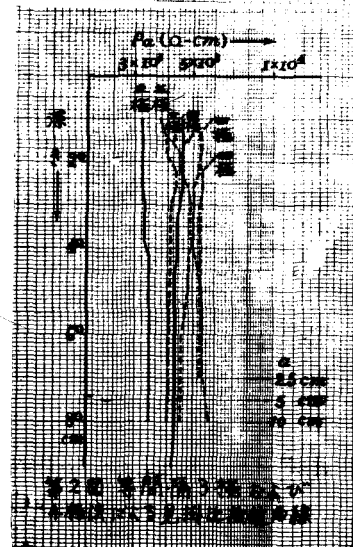
第1図は2極法の測定結果であつて、横軸に見掛比抵抗、縦軸に坑口表面からの深さまつて示した坑井見掛比抵抗曲線である。図からわかるように地表近くの見掛比抵抗が異常に高く現われ、この傾向は電極間隔が大きいほど顕著である。また比抵抗の値は深部に行くにしたがつて次第に小さくなるが、その収斂は遅くしたがつて大気の影響がかなり深所まで及んでいることが推測され、また見掛比抵抗が全体として高い値をとっている。

第2図は等間隔3極法および等間隔4極法による測定結果で、坑口から少しく深くなると見掛比抵抗の値がほぼ一定になり、これらの電極系では大気の坑井見掛比抵抗に及ぼす影響は地表近くに限られることが認められる。また絶縁物である大気に近い坑口附近では4極法および第1図の2極法の如く当然高い比抵抗の値をとるべきであるのに、等間隔3極法では地表に近いほど低い比抵抗の値をとるといふ一見矛盾したような結果を示している。この問題については模型地層構造についで理論計算を行なった結果、等間隔3極法および不等間隔3極法 $C_1P_1 \cdots P_2$ 配置では、実験結果のように不良導体に近い地表で低い比抵抗の値をとることが明らかになった。

第3図は不等間隔3極法の $C_1P_1 \cdots P_2$ 配置と $C_1 \cdots P_1P_2$ 配置との測定結果を示したものである。両者を比較すると曲線の様子が異なること(理論計算の結果あきうかにされる)、 $C_1 \cdots P_1P_2$ 配置の方が変化がいくさずしく大気の影響が深くまで及んでいることが認められる。また $C_1P_1 \cdots P_2$ 配置では $a = \overline{C_1P_1}$ と $b = \frac{1}{2}\overline{C_1P_1} + \overline{P_1P_2}$ の比が同じであれば a 自身が長いほど変化がいくさずしく深部まで及んでくること、 $C_1 \cdots P_1P_2$ 配置ではこの現象のほかに



第1図 2極法による坑井見掛比抵抗曲線



第2図 等間隔3極法および等間隔4極法による坑井見掛比抵抗曲線

さらに α が一定の場合 b が大きくなると比抵抗の
変化がわずしく深部まで及ぶことが認められる。

筆者が現場で行なった検層例の中で、地表近くに
現われた高い見掛け比抵抗帯の解釈に当って、柱状図
や附近の地質地形から考えでどうも判然とせず大気
の影響を推測したことがあったが、以上の考察でこ
の点明らかにすることができた。

(2) 不良導体地層と見掛け比抵抗曲線

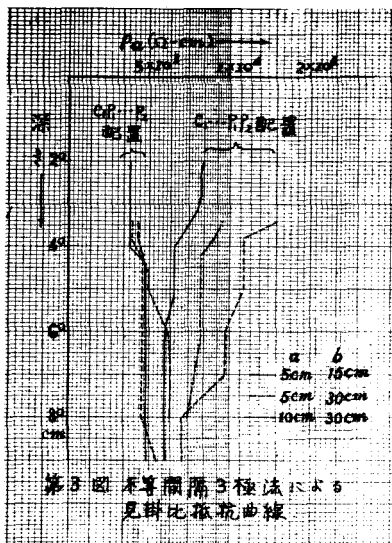
(1)の考察の結果、だいたい 50 cm の深さになると
大気の影響は僅少になるので、坑井径に近い塩化ビ
ニールパイプを深度 48 cm の個所に挿入して、これ
を不良導体の地層(厚さ 7.5 cm)と仮定して実験を
行なった。その結果は第 4～8 図に示す。

第 4 図は 2 極法の測定結果で電極の一方が不良
導体層に近づくとき見掛け比抵抗は増大し、 C_1P_1 の中点
が層の中央にきたとき最大値をとり上下ほぼ対称な山型(>)となり、曲線の立ちあがりの
様子でわかるように層の境界は明瞭には指示されない。また電極間隔が層の厚さにくらべ
てあまり大きくなると(層の厚さ以上) > 型が鈍化し層の影響は微弱になる。曲線が地表
近くでいづれも高い
値を示しているのは
大気の影響の故であ
る。

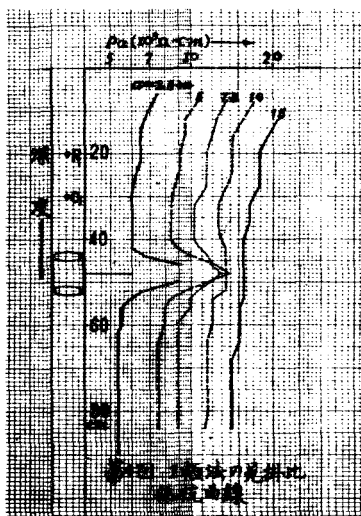
第 5 図は等間隔
3 極法の見掛け比抵抗
曲線で、 C_1 極が不良
導体の地層中に入ると急に高い値を示し
2 極法に似たピーク
(>)を生ずるが、層
を出るときにはその
変化が緩慢で 2 極法
のように上下対称で
はない。

電極間隔が大きくなると > 型の頂点が引き延されて平坦化するが、電極間隔が 10
cm になつてもなお層の存在の判定は可能である。

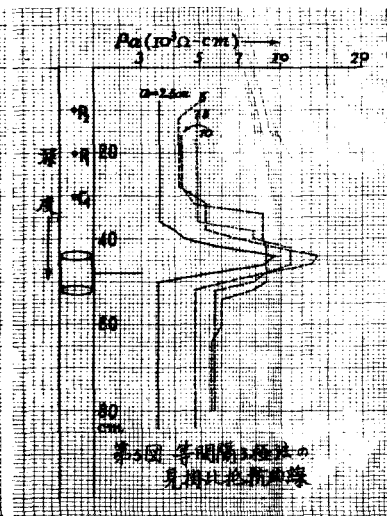
第 6 図は等間隔 4 極法による測定結果で、 C_1 極が層に入ると見掛け比抵抗曲線に変化が現
われ、その形はやや複雑な > 型となり、 P_1P_2 の中点がこの層の中央にきたとき対称的な >
型の中央のピークと一致する。このたの境界および層の厚さの推定が可能となるが、電極



第 3 図 3 等間隔 3 極法による
見掛け比抵抗曲線



第 4 図 2 極法の見掛け
比抵抗曲線



第 5 図 3 等間隔 3 極法
の見掛け比抵抗曲線

間隔が層の厚さ 7.5 cm
以上になると層の判定が
困難になる。

第7図は3極法の
 $C_1P_1 \cdots P_2$ 配置による測定
結果で、 C_1P_1 の中点が層
のほぼ中央にきたとき
最大値が現われ、2極法
に似たほぼ対称的なピーク
を示す。

第8図は $C_1 \cdots P_1P_2$ 配置
による不良導体の見掛け
抵抗曲線で、以上のいづ
れとも異なる不規則なS
型である。

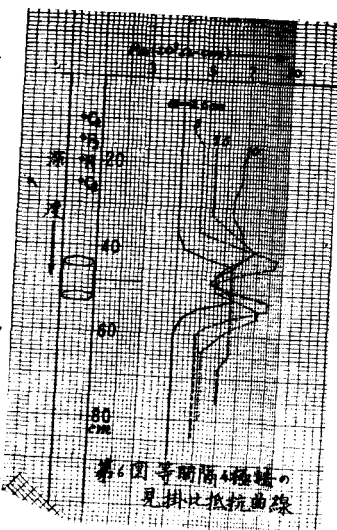
むすび

種々の因子が相互に影響を及ぼし合っているような
条件のもとで行なつた実験のために、さらに検討を要
する問題を残しているが、この実験で見出されたこと
を要約するとつぎの通りである。

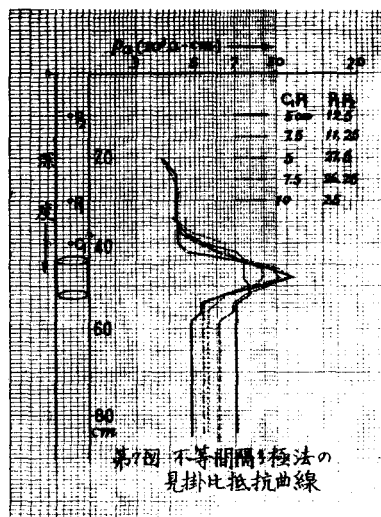
電気検層において見掛け抵抗に及ぼす大気の影響は、
電極間隔によつてかなり異なつてくることが確かめられ、
等間隔3極および4極法では電極系全長に等しい深度
になると大気の影響は僅少になり、不等間隔3極法
は1.5~2 倍の深さ、2極法では10 倍の深さになつ
てはじめて大気の影響が僅少になる。

模型地層構造の実験では、不良導体地層の存在を
判別するだけであれば、単純なピーク曲線を示す2極
法、等間隔3極法、 $C_1P_1 \cdots P_2$ 配置がすぐれ、層の境界
や厚さを判別する場合には等間隔4極法が良いように思われる。

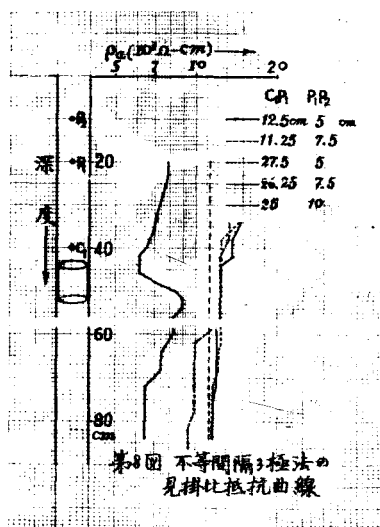
この実験は大見助手はじめ研究室の学生の協力のもとで進めてきたものであつて、残さ
れた問題についても、今後研究をまづけて行くつもりである。



第6図 等間隔4極法の
見掛け抵抗曲線



第7図 不等間隔3極法の
見掛け抵抗曲線



第8図 不等間隔3極法の
見掛け抵抗曲線