

土木學會第1回年次學術講演會講演

(土木一般之部 No. 3)

鉄道線路の建造物基礎に應用せる電氣地質調査に就て

(Electrical Prospecting of the Foundation Ground of)
Various Structures on the Railway Line.

荻村龍城*

昭和11年4月以來、鉄道省に於ては豫ねてより同省官房研究所に於て研究中の電氣地質調査法を試験的に施行し主として建設橋梁地點の基礎調査に試みて居る。以下その概略を記述する。

1. 調査原理 電氣地質調査法は土壤、岩石等が夫々略定まつた電氣抵抗を持ち、その値は互に相當の差異を有して居ると云ふ事實から出發し地表上から地下層の電氣抵抗を求め、之に據つてその地質を判断するものであつて種々の方法があるが、茲に述べるものは單一電極式大地比抵抗法とも稱す可き方法である。図-1に示す如く調査地點に中心電極と稱する一電極 C を接地せしめて電流 I を地中に流すと電流線は C より大体放射状に分散し、地表面にはそれに依つて電位を生ずる。地表面上、C よりの一放射線を y 軸とし、C より距離を y として y 軸上 y 點の電位 V_y と $2y$ 點の電位 V_{2y} とによつて

$$4\pi y \frac{V_y - V_{2y}}{I}, \quad \text{但し } \pi \text{ は円周率}$$

なる値を求めて之を ka とする。 ka は一種の見掛けの大地比抵抗であつて、地下の状態が均一な場合はその比抵抗値を示し y に對して不変であるが、電氣抵抗を異にする地層より成る時は y と共に變化する。その變化は地下構造を或る程度まで表現するものであつて、図-1の右に示す如く ka と y との曲線を畫くと ab 部分に最上層の比抵抗を示し、bc 部分の如く曲線が上昇する場合は第2層が高抵抗を有することを表はし、cd 部分の如く降下する場合は更に下層に低抵抗の地質が存在することを意味する。依つて豫め地質比抵抗の大きさを識つて居れば曲線を一見して大略の地下構造は推測される。しかし地層の厚さ、地層の比抵抗値等は曲線に直接現れて居らぬから、之等を求める爲には特にその判定方法を考究せねばならぬ。

2. 判定方法 種々の判定方法が考究されて居るが筆者等が採用して居るものは次の如き方法である。 ka y 曲線の示す上昇又は降下の曲線變化は各地層境界面の條件による影響であると考へ境界面と ka との關係を吟味する。それには最も簡単な境界面の條件即ち図-2に示す如き唯一つの境界面があつて比抵抗 k_1, k_2 なる地層を境し、その深さが d である場合を想像すると ka は次式によつて求められる。

$$ka = k_1 + 4k_1 \sum_{n=1}^{\infty} K^n \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2nd}{y}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{4 + \left(\frac{2nd}{y}\right)^2}} \right\}, \quad \text{但し } K = \frac{k_2}{k_1} - 1 \frac{k_2}{k_1} + 1$$

この場合 ka は y の外に境界面の條件を爲す k_1, k_2, d に支配されるが ka は k_1 に比例し、又 d は單獨に存

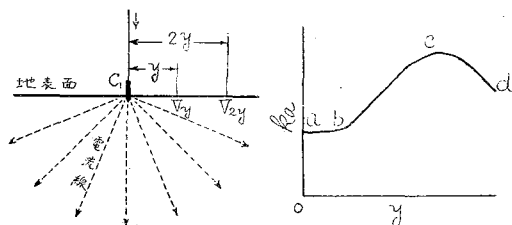


図-1.

* 鉄道大臣官房研究所勤務 (昭和12年4月11日講演)

在せずして y と相対的の値として式中にあるから k_a/k_1 を縦軸に取り、 y/d を横軸に取つてその関係を求めると k_2/k_1 のみに依つて定まる無数の曲線が畫かれ上式の總ての條件が一葉の図面に表はされるのである。この曲線群を 図-3 の如く對數方眼紙に畫き之を一つの標準曲線とする。この標準曲線に據れば斯かる單一境界面の k_1, k_2, d の總てが未知數であつても k_a と y との関係が得られればそれ等の總てが求められるのである。 k_1, k_2, d の何れも未知數の kay 曲線を標準曲線と同じ大いさの對數方眼紙に畫くとその曲線の形狀は標準曲線の何れかに一致するのである。それは對數方眼紙の性質として縦軸に於て $\log k_a$ 、横軸に於て

$\log y$ として表はされた kay 曲線は、縦横軸に夫々 $\log k_a/k_1 = \log k_a - \log k_1$ 、 $\log y/d = \log y - \log d$ として表はされた標準曲線と縦横に $\log k_1$ 、 $\log d$ だけ移動するのみで曲線形狀には變りがない爲、重ね合す事が出来るからである。斯くの如く標準曲線の何れかに重ね合す事が出来れば、それが一致した曲線に依つて k_2/k_1 が求められ、同

時に曲線位置の移動に依つて k_1, d が求められるのである。

之は單一境界面の判定方法であるが、二つ以上の境界面の場合に於ても各境界面の影響を表はす曲線部分に多少の補足的處置を加へると之に上記の標準曲線を適用して各境界面の條件を求めることが或る程度まで許されるのである。斯くして地層の厚さ、地層の比抵抗値を求めたならば、その比抵抗値より地質を推定して判定を終るのである。電氣的曲線から地下構造を判定するには主として以上の原理に基くのであるが、外に調査現場に於ける觀察又は簡単な測定に依つて得た種々の材料を吟味して之を補ふ事も重要である。

3. 測定方法 測定法は要約すれば、調査地點に接地した中心電極より流出する大地電流 I と y 軸上の電位 V_y を測定すれば良いのであるが實際の橋梁地點の場合に例を取つて説明すれば次の如くである。普通橋梁の基礎調査として必要なる深さは約 30 m であるから、この深さを調査の限度として測定の規模を決定して居る。先づ調査せんとする橋梁豫定線上に間隔約 20 m を以て全區間に互り調査の中心點を決定する。之は之等の各中心點に於て調査を行ひその結果を接ぎ合せて全區間の地層断面図を求めんが爲である。調査中心點の一つに中心電極を接地して電流 I を大地に流しその値を測定する。實際上、中心電極のみでは電流は流れぬから單に地電流を流す目的で一つの補助電極を接地して之と中心電極とを結線してその間に電圧を與へるのである。この補助電極を

圖-2.

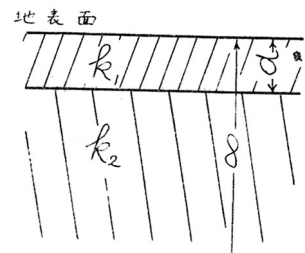
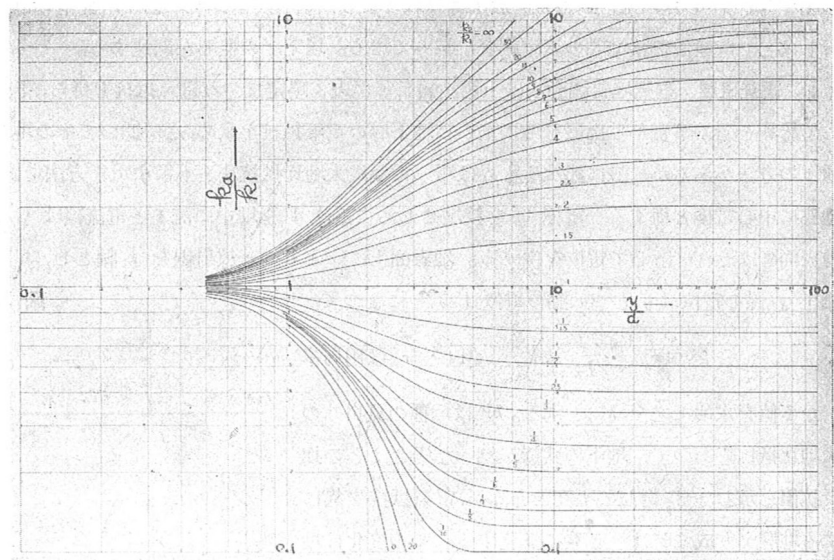


圖-3.



遠方電極と稱して居るが、此の電極はその接地位置が調査地點の電流に影響を與へぬ様に出来る限り調査地點より遠距離に接地せしめるのが良く、實際には 1.5~2 km の距離を取つて接地し各中心點の測定に共通に用ひて居る。大地電流の測定と同時に y 軸上の電位を測定するのであるが、y 軸は通常河川と並行の方向の放射線を取り、y = 300 m までの電位分布を測定する。この測定は地表上の一定點の電位を規準として之と y 軸上の測定點との間の電圧測定に依つて行ふのである。この規準點は中心點より約 400 m 以上の距離の地點に置き通常各中心點の測定に共用する。y = 300 m までの電位測定を行ふのは、深さ 30 m までの地質判定を行ふには y = 150 m までの k_{oy} 曲線が必要であり、従つて y = 300 m までの電位測定を必要とするからである。

測定器は乾電池 96 個を電源とする直流電源式であつて、地電流 10~1 000 ma を流し、直流電流計に依り之を測定し、電位測定は直流電圧計、分圧器、檢流計より成る簡略なる電位差計型測定器に依つて行ふ。測定範圍は 1~1 500 mv である。但し地中電流部分のみは廻轉切替装置に依つて交流に変へ成極作用等の影響を避けて居る。以上の測定は 2 名の測定者に依つて行はれるものである。

4. 調査成績 調査試験は昭和 11 年 4 月以來合計 11 地點に就て行つたがその中橋梁地點が 9 箇所である。以下之等の橋梁地點に於ける調査成績を述べる。

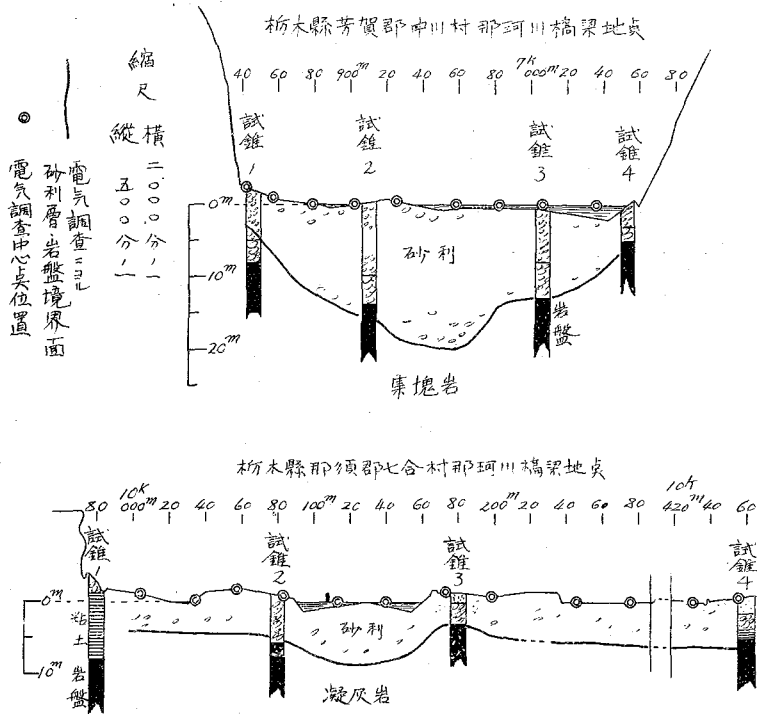
調査の従事員に就て云へば通常調査員 3 名が従事し、調査期間中 1 日 4 名の人夫を使役して居る。調査員中 1 名は調査全体を指揮し、他の 2 名は測定に従事する。前者は専門的技術の修得と熟練を必要とするが後者は特に技術熟練を要しない。

調査の所要時間、日數等に就て述べると 1 中心點に就ての調査は陸上に於ては約 2 時間、1 日 2 中心點を終了し得る。水上に於ては、流速、深淺等に依つて難易があるが 4~6 時間を費し 1 日 1 中心點を行ふのが常である。調査中心點は前述の如く約 20 m 間隔毎に定めるのであるから全區間を 20 m で除した數だけ生づるのであるが、之を上述の如く 1 日 2 箇所又は 1 箇所の調査の割合で進行するのである。此の所要日數の外に調査の準備作業、撤去作業及岩石露頭又は地層露出面に於ける地質比抵抗の實測等に合計約 3 日を費して居る。以上の合計日數に依つて現地に於ける調査は完了する譯であるがその總日數は成績に據ると次の數字となつて居る。現在統計の得られて居る 8 橋梁地點の平均調査區間は 251 m であり、この調査に行はれた平均調査中心點數は 11 箇所であるが、之に要した現地調査の平均總日數は 9.7 日である。之に調査員の現地までの往復日數、調査計畫、調査結果の整理等の所要日數を加算して平均約 1 ヶ月を以て調査を完成して居る。

調査費用に就て述べると調査員の旅費、滞在費がその大部を占めて居り、之等を除く作業費、機具材料の消耗費は小額のものであつて、上述の 251 m 區間の平均調査費を挙げると 92.13 円であり、その 54% は人夫賃、22% は電池、電線等の消耗費、その他は雜費である。この中には調査機具類の運送費を計上して居らぬが機具一式荷造り包装して總重量約 $\frac{1}{2}$ t、總容積約トラック $\frac{1}{2}$ 輛のものであるから、その運送費は餘り高額のものでは無い。

最後に本調査法に據つて判定された地質断面図と試錐結果とを比較した一二の例に就て述べる。図-4 の二つの断面図は長倉線に於ける二つの那珂川橋梁地點の調査結果であつて、比較的數多く行はれた試錐の結果と對照するに良い例として掲げたものである。上図は栃木縣芳賀郡中川村に於ける橋梁地點、下図は同縣那須郡七合村に於ける橋梁地點のものであつて、兩地點共上層は主として砂利、下層は集塊岩及凝灰岩の盤であり、その境界面は図の如きものであることが判定されて居る。之等を試錐の結果と比較して見ると地質に於て大体一致して居り、境界面の深さに於ては図の如く兩図共に左端の試錐點を除くと約 10% の差異を以て合致して居る。但し以上は上層の砂利の比抵抗約 80 000 g-cm であり、下層の岩盤は何れも 1 000~3 000 g-cm のものであつて、その差が極

図-4. 電気地質調査の判定結果と試錐結果の比較



めて大なる事と地層の構造が図の如く簡單であつた爲、判定が比較的容易に行はれた例であると云つて良い。この外試錐結果の判明した他の 4 橋梁地点に於ても大略試錐と一致した結果を得て居る。しかし乍ら本調査法の判定技術の難易は地層抵抗の差異の大小、構造の複雑さ、地形の変化の度合等に支配され、調査地點の夫々に依つて異なる可きものであるから以上の結果に據つて直ちに本調査法の信頼度を云々することは出来ぬが、唯、大なる誤り無く地下構造の概略は捉み得るものと云つて良いと思ふ。

以上の成績は本調査が未だ試験的である爲、その能力を充分に示して居らぬが、尙その數字が示す調査の簡易迅速性と調査費の低廉性は試錐等の調査法とは比較にならぬものであるから本方法を土木建築の基礎調査に應用して十分に効果を擧げ得るものと確信して居るのである。