

## 第六章 地下探査法

### 第16節 試錐法

試錐 (Boring, Bohrung, Sondage) の方法を大別すると衝撃式と廻轉式の二者がある。前者はマニラ又はワイヤ・ロオプの先にピットを附し之に相當の重量を加へて落下しつゝ、岩盤に打撃を加へつゝ廻轉し乍ら之を粉末状にして圓形に穿孔する方法、後者はロッドの先に金剛石錐冠の如きものを附したコオア・テウブを附し廻轉して、削磨作用によつて岩石を錐心としてくり抜き穿孔する方法である。更に最近この兩者を併用し得る新装置も考案されて來た。

#### 1) 衝撃式

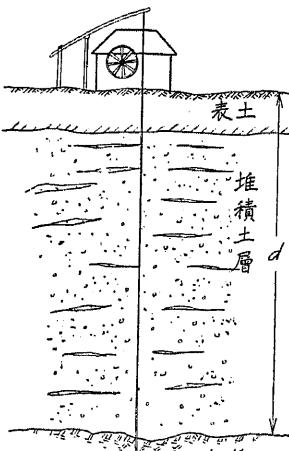
衝撃式 (Percussion system) は廻轉式に比して進行率大きく從つて工費は安いが次のやうな缺點がある。即ちロオプの先にピット(Bit)——俗に鑿先とも云ふ——を附して落下するので掘進の深さに限度がある。先づ 300m 位の所である。夫れは試錐孔の水の摩擦抵抗で落下速度が減じられ衝撃の効果が薄くなること並にロオプが餘り長くなると操作に困難になり特に抵抗のためロオプの引上げに非常な力が要ることになるからである。從つて非常に深い試錐では後述するが如く廻轉式の特殊な方法を用ひねばならぬ。次の欠點は標本が粉末状態 (普通之れ錐粉と稱す) となるため岩質の

鑑定、又は断層とか層序とか地質構造の推定には不利である。

從つて衝撃式は専ら鑿泉・石油井(之れも 300m 以下)の如き目的には最も適してゐる。土木工事用としては採石又は切取の大發破用の爆薬填充孔の如きか、地質調査としても橋梁・堤防其の他の構造物基礎調査の場合のみに利用出来る。即ち第 676 圖に示すが如く上部は冲積層其他の表土で蔽はれてゐる場合その岩盤の深さ (d) を探査するのを目的としたものである、但しこの場合に於ても試錐孔の方向は垂直にしか出來ないが堤防の基礎で断層を發見しやう等といふ時は困るのである (第五章第 11 節第 655 圖参照)。

この衝撃式には(a) 上總掘(b) 掘綱の二種がある。

a) 上總掘 上總掘試錐は先端にピット (刃の附いた鐵管) を取付けた竹桿を、ピットの先端が孔底より 30~40cm 上に止まる様に搖桿に結び付けて搖桿の彈性を利用して竹桿に上下の振

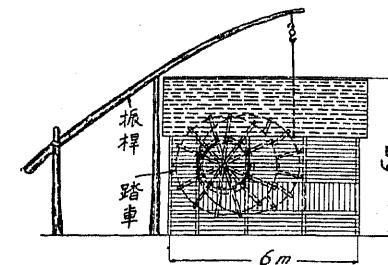


第 676 圖  
衝撃式の利用は基礎岩盤の探査に止まる

動を與へビットの衝撃に依つて錐鑿する方法である。

用地は先づ 50坪位を取つて此の中に第 677 圖の如き 5m×6m 位の小屋掛を設け、これに搖桿・踏車を取附ける。用地内には其他掘整した錐粉・粘土・材料置場等を適當に選ぶ。

搖桿は約 25°の角度に傾けて小屋の屋根上に其の先端が恰度錐孔の真上に来る様に取付け、錐孔には其の上方の崩れ易い地層には孔壁として八角戸樋を埋設し、孔口には木製の蓋を施し誤つて小道具を落すのを防ぐ。



第 667 圖 上總掘小屋掛側面

竹桿は孟宋竹を長さ 6~7m 位に切断して 2~3cm 位の幅に割り、之を割接ぎ或は釣接ぎにして數十乃至百mの長さに連接し、其の先端にピット (爪刃)(第 678 圖) を結びつけて踏車に捲取つて踏車の廻轉によつて錐の捲却し或は錐粉の取出しを行ふ。掘進中は地層の變化に應じ若し硬い岩石に打當ればピットを第 673 圖の如きバチ鑿又は十字鑿に取替へなければならない。

作業はピットの先端が孔底より 30~40cm 上方に在る様に麻繩で竹桿の上方を搖桿の先端に吊し、之に把手を取付けて、粘土質では約 60cm、砂礫層では約 20cm の範囲に上下運動を與へる。掘進中は常に把手を廻轉して錐孔を正圓に掘鑿する。人夫は孔の深さに應じて 5~6 人を要する。作業中は錐孔内に常に水を充し錐粉は鉢管の際は掘進と共に管内に入る。

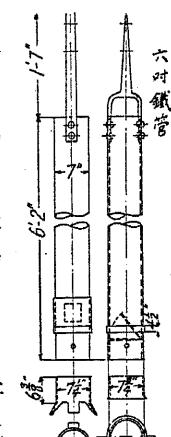
適當の深さを掘進して搖桿の運動が重くなるときは、直に竹桿を捲揚げて亞鉛板製の圓筒 (サンド・ポンプ) (第 679 圖) に依つて錐粉を浚渫する。掘進中及び終業後は必ず濃厚なる粘土液を錐孔に充しておいて孔壁が崩壊するのを防がなければならない。尚孔壁の崩壊を防ぐには竹の節を抜いて竹製ケエシング或は戸樋状に作った木製ケエシングを埋設する。

作業中小道具を錐孔内に落したり爪刃の一部が折損して孔底に残る事が屢々あるが、此のときは各種の釣・鉄・三叉摺等を使つて沈著且つ氣永に之を取り揚げなければならない。

作業中は常に孔内に水を充し適當の深さまで掘進して搖桿の運動が重くなるときは、直ちに竹桿を捲揚げてサンドポンプに依つて錐粉を浚渫する。

上總掘は礫を殆ど含まない土又は砂の表土層の錐鑿のみに適用して 30m の深さまで錐鑿することが出来る。極めて好條件の場合に限つて 100m 位まで掘進し得ることがある。土石のある場合は非常に時間がかかる。硬い岩盤の場合は大體に於て進行率悪く先づ使用不可能と見て差支へない。

b) 綱掘 之は強力な衝撃式試錐法で動力を用ひ單時間に掘進出来る。上總掘に對しこの種のものを綱掘 (Rope boring) 又は俗に機械掘と云つてゐる。この方法はワイヤ又はマニラ・ロープ



第 678 圖 上總掘  
標本採取工具

第 679 圖 上總掘  
標本採取工具

オブの先に第630圖に示す如きビット其他の工具を附し落下による衝撃と廻轉とを與へつゝ圓形の穿孔をなすもので、孔徑は普通の機械掘では 200~250 mm 位を普通としてゐるが、石油井戸の如きは 300~500 mm 位までのものまで可能な強力な方法もある。普通にロオブ・ボウリングでは 100 mm 孔徑で孔深 200 m, 孔徑を 500 mm にして最深 300 m 止まりで之以上は一般に不可能である（但し石油井の場合は特別である）。

掘撃法を簡単に述べれば普通にはビットに重量用としてオガア・システムを附し、更に之にロオブ・ソケットでロオブと組び付け之だけの重量落による衝撃、廻轉を與へつゝ掘進するのである。更に最近の考案としては急衝撃式用としてジャアを附することが多い。之はビットの自由落下で孔底を勢よく強く衝撃させるためのもので、この場合はジャアとロオブ・ソケットの間をシンカア・バーで組び付ける。このジャアを用ひる方法によつて衝撃式の機械掘は一段の進歩を遂げ、進行率大にして工費は安くなり今日漸く上總掘を驅逐する兆がある。岩盤の場合は上總掘では極めて遅く高價になる。近時機械掘が温泉掘鑿や鑿井に進出したのはこのためである。

ビットは普通の一文字鑿（チゼル）を大きく長くしたロツク・ビット（之は岩石専用）、又十文字鑿（クロス・ビット）（之は孔を圓形にする場合又は斜層の時又は曲つた孔を修正するに用ゐる）等を使用する（第681圖）。

サンプルは錐粉となるためベエラア又はサンド・ポンプで取上げる。前者は下端のバルブにより後者はピストンにより真空にして錐粉を吸上げるのである。（第682圖）

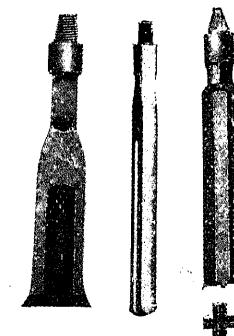
## 2) 廻轉式

廻轉式（Rotary system）の特徴は岩石の固體サンプルを錐心（Core）（第683圖）としてくり抜いて來ることである、即ち穿孔の目的を達すると同時に完全な地質標本の採取によつて地下構造を探究することが出来る譯である。この方法を次の如く類別して説明しやう。

a) 金剛石試錐 b) カリックス試錐



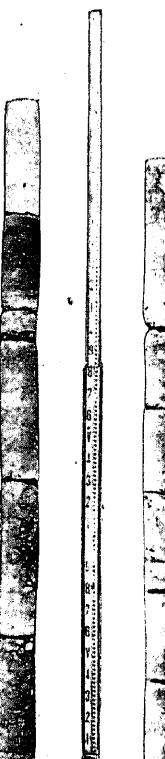
第680圖  
衝擊式ロ  
オブ・  
ボウリン  
グの機構



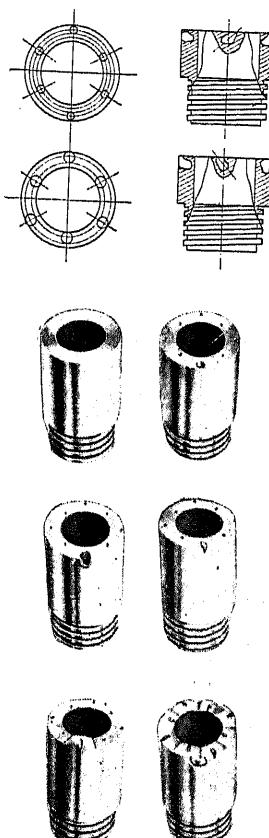
第681圖  
衝擊式ロ  
オブ・ボウ  
リング用ビット



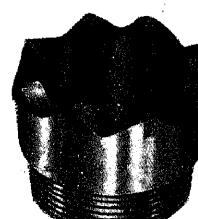
第682圖  
錐粉取上用  
サンド・ポンプ



第683圖  
廻轉式試錐の錐心



第684圖  
金剛石錐冠

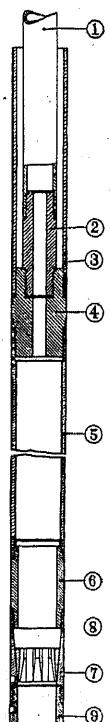


第685圖  
メタル・クラウン

## a) 金剛石試錐 金剛石試錐

（Diamond boring）は錐冠（Crown）と稱する徑 45~100mm の軟鐵管の先端に 第684圖に示す如く數個（普通 1 個 1~2.5 カラット）の黒金剛石（Black diamond）→普通南米產一を植えつけ之れを錐桿（Boring rod）の先に附し廻轉せしめ岩石を圓筒状（錐心）にくり抜き（第683圖），第685圖に示す錐心管（Gore tube）（5）の中に漸次にくり込み Core shell（7）によつて支へつゝ掘進する。圖中 Sediment tube（3）は錐粉を集めて掘進の邪魔になるのを防ぐ（第685圖）。

最近黒金剛石は漸次產出額減少しカラット當りの價格が高くなりつゝあるので之に代るべきものとして特殊合金が發明され始めた。外國では Salamite, Thoran, Wiedia 等の如き特殊合金が以前から出來てゐたが、我が國でも最近ヤマト・メタル又は



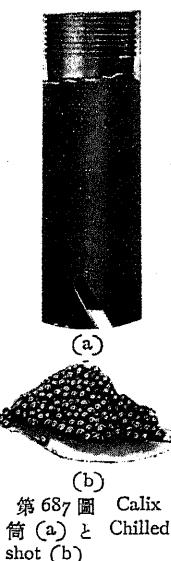
- (1) Boring rod (錐桿)
- (2) Rod coupling
- (3) Sediment tube
- (4) Core tube & sediment tube coupling
- (5) Core tube (錐心管)
- (6) Core breaker coupling
- (7) Core shell
- (8) Core breaker ring
- (9) Crown (錐冠)

この特殊合金を植え付けた錐冠（第686圖）を使用して居り通稱之をメタル・クラウン（Metal crown）といつて居る。此の如くして今日ではこの種の廻轉式試錐には最早

黒金剛石は使用してゐないが習慣上この舊稱を用ひてゐる。

## b) カリックス試錐

カリックス（Calix）式は北米 Ingersoll Co.



第687圖 Calix 筒(a)と Chilled shot(b)

の特許で錐冠の代りに第687圖に示す如くスロットの付いた硬鐵管とチルド・ショット(Chilled shot)とを以て岩石を削磨し錐心をくり抜いて行く試錐法である。チルド・ショットは第688圖に示す如く洗水(Flash water)供給用の唧筒と連結したゴムホース(右方)を通じ、洗用ホース(左方)からの水と特製コック(上端)により連絡して一諸になり錐桿(中央)を通してカリックス管に到達するやうにする。

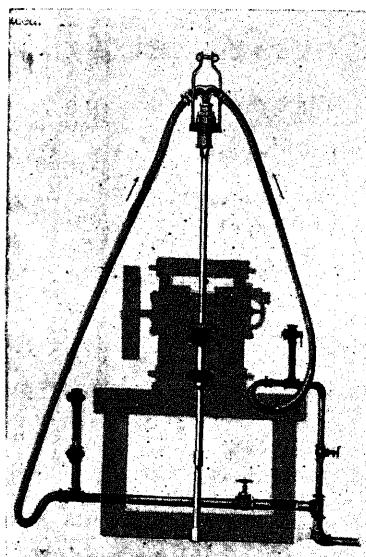
下端の岩盤とカリックス管との間に達したショット(Z)は茲でカリックス管(H)の廻轉と共に岩石を削磨し、第689圖(a)に示すが如く錐心管(D)の中心にくり込まれて行く。錐心管内に納まつた錐心の採取法は第689圖(b)に示すが如く錐桿内を通して小砂利を壓入し錐心管と錐心との間に挿入する。斯くして置いて錐桿を引上げる時は錐心はこの小砂利と錐心管との摩擦力のためよく止まり引上げられて来る。

#### c) 金剛石試錐とカリックス試錐との比較

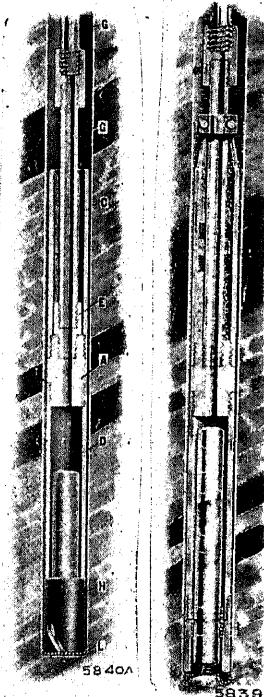
金剛石試錐は穿孔する方向を上下・水平・傾斜任意の方向に、100~300mに達する孔を速に穿孔して完全な錐心を得られる利點がある。併し作業中誤

つて錐冠を孔の中に取落した場合は必ず落した金剛石を取出さねばならぬ。若しその儘掘進すると孔底に残された金剛石のため錐冠を損する虞れがある。若しそれが不可能の場合は其の孔の掘進を全然放棄しなければならないことが往々ある。

カリックス試錐はチルド・ショットと岩石との間の磨耗で錐鑿する爲、孔径が大きくなるのに比して採取される錐心の径小さく動力を餘分に必要とする。又錐鑿の方向は略々鉛直に近いものに限られ傾斜角度は最大45°以上傾ける事



第688圖 チルド・ショットの供給法



第689圖 チルド・ショットの削磨作用 (a) 錐心の採取法 (b)

- D. Boing rod (錐桿)
- C. Sediment tube
- E. A: Sediment tube
- D. Core tube (錐心管)
- H. Calix tube (カリックス管)
- L. Chilled shot

錐鑿する爲、孔径が大きくなるのに比して採取される錐心の径小さく動力を餘分に必要とする。又錐鑿の方向は略々鉛直に近いものに限られ傾斜角度は最大45°以上傾ける事

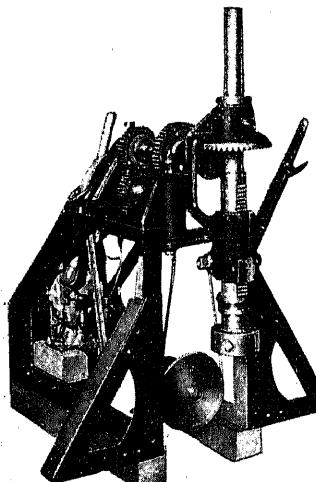
は出來ない。

以上の比較を表にすれば次の第10表如し。

第10表 金剛石及びカリックス試錐法の比較

	口 径	方 向	費 用	機 械 の 取 扱	錐 冠 の 製 作 法	目 的
金剛石	小	上下縦横自在	高價	丁重なるを要す	熟練者を要す	地質調査
カリックス	大	鉛直乃至傾斜45°	廉	少し位粗く取扱つてもよい	素人にて可	地質調査及び整泉

併しカリックスではカリックス筒其他を錐桿に取付けたまゝ途中から取落しても、其儘にして再びカリックス管を取付けて夫れを削磨して切り取り掘進を續けることが出来る。従つて此の方法では前者より少々位亂暴に取扱つても危氣はない。



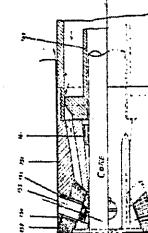
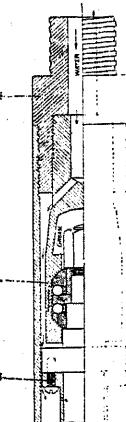
第690圖 ヤマト式混凝土供試體採取機

以上の如きことになるが最近ではメタル・クラウンが發達して比較的廉く錐冠が出来且つ製作も之ならば容易であるから兩者の相異も段々歎くなりつゝある。

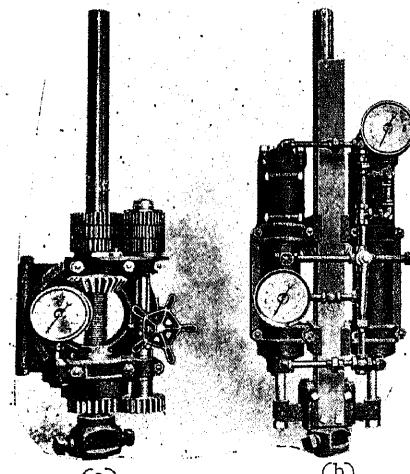
例へば第690圖の如く最近ヤマト工作所で製作した試錐機は専ら既成混凝土建造物から徑100mmの供試體を採取するものであるが、現場の状況により例へば隧道の拱・側壁等の如く上向又は水平の方向に錐冠を向ける時はメタル・クラウンを用ひ、橋脚・橋臺の如き下向の際はチルド・ショットを用ひてゐるものである。

#### d) 廻轉式鑿井専用試錐

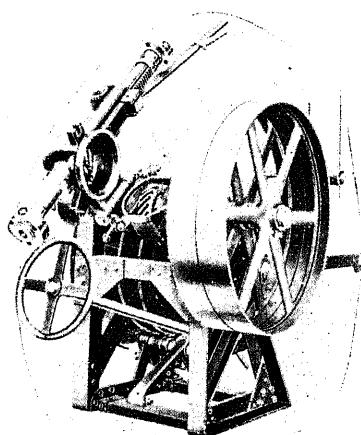
尙前兩者の外に第691圖に示すが如き歯車付錐冠が考案され、本式の如きは錐心採取用の爲中央部を削り残す装置にしてあるが之は餘り成功しない。歯車がすぐ磨滅する上に茲に錐粉が填つて歯車の廻轉が悪くなる。且孔徑の割に錐心が極めて小さいのが欠點である。従つてこの装置は廻轉式鑿井専用としても少し工夫が欲しいものである。元來この歯車式は石油井で衝擊式が不可能になつた深井で使用するものを模倣したので、この方では全然錐心を採取しないやうに中央部を開けて



第691圖 T.N.式歯車付錐冠



第692圖 機械給進 (a) 螺旋給進 (b) 水圧給進

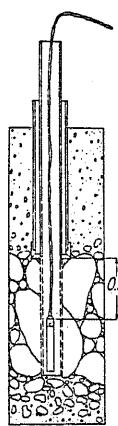


第 693 圖 手送給進

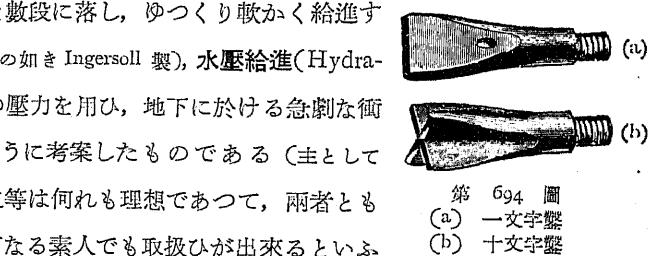
なく歯車が三箇三角形に對立してゐるので非常に能率がいゝ。  
e) 給進法の比較 衝擊式ならば唯ビットを孔底に落させて行けばいいのであるが、廻轉式であると錐桿を廻轉しつゝ掘進させなければならぬ。この給進(Feed)には次の二種がある。

(イ) 機械給進 機械給進(Mechanical feed)には第 692 圖(a)に示すが如き螺旋給進と同圖(b)の如き水壓給進の二者がある。何れにしても給進は非常に難しく特に金剛石試錐では餘りに劇しく送り込むと錐冠から金剛石を落すことがある。又他のメタル・クラウン又はカリックス管でも玉石に當るとか龜裂があつたりすると錐冠其のものを落すことが往々ある。そのため地下の状況に應じ給進を自動的に調節するため考案されたものがこの機械給進である。螺旋給進(Screw feed)にあつてはディフェンシャル・スクリュウで廻轉速度を數段に落し、ゆつくり軟かく給進することを目的とし(主としてカリックスの如き Ingersoll 製), 水壓給進(Hydraulic feed)では給進は専ら水壓圓筒の壓力を用ひ、地下に於ける急劇な衝動があつても全て之を吸收出来るやうに考案したものである(主として Bravc 型其他の Sullivan 製)。併し乍ら之等は何れも理想であつて、兩者とも壓力計を附し之を觀測して居れば如何なる素人でも取扱ひが出来るといふことになつてはゐるが、實地では仲々夫れ程甘く行かない。結局之は感覺の鋭い外人特に何事にも機械化を喜ぶ米人に適した方法であらう。

(ロ) 手送給進 前者の欠陥を補ふものに手送給進(Hand feed)がある(第 693 圖)。之はハンドルがラックとピニオンにより直接錐桿に連結してゐるもので、直接に錐冠と地下の状況との關係を手の感覺によつて銳敏に感じ得るものである。従つて給進のため障害を蒙ること少く、特に感覺の鋭い日本人には此の式が最も適してゐる。瑞典のクレリアス(Craelius)型試錐機は此の式を採用してゐる。これに反して機械的給進法は理論的には巧に出來てゐるが小さい故障は直ちに感知出来ず又高價でもあるが、唯併し非常に孔深が大きくなると手送給進では力及ばず、どうしても機械力を使用しなければならぬことになる。探鑽作業の如く 300~1000 m にも孔深が及ぶやうな際は機械給進によらねばならぬが、普通の土木工事の如く最深 100m 位のボウリングは手送給進に限るものと思はれる。



第 695 圖 試錐孔内の玉石爆破法

第 694 圖  
(a) 一文字鑿  
(b) 十文字鑿

## 3) 衝擊廻轉併用式

以上述べた如く衝擊・廻轉兩式には各特徴があり使用目的・地質状態に應じて夫々使ひ別けをすべきであるが、衝擊式のみでどしどし進行して行くのもいゝが途中で錐心を採取して見たくなつても機械の性質上夫れは全然不可能のことになる。特に廻轉式の場合であつて極く短い區間などに衝擊式を併用しなければならぬことが往々ある。例へば岩盤内でも斷層角礫の如き

はコア・ドリルは困難である、就中廻轉式で掘進を開始する場合岩盤に達する前表土又は堆積層内を掘鑽する時は衝擊式で行くことがある。

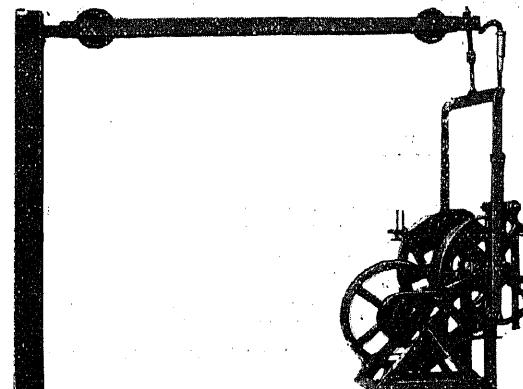
第 694 圖 の如き一文字鑿又は十文字鑿を先に附した錐桿にロオプを結び、このロオプを錐桿引上用の捲揚器に巻き付けてロオプを人力にて引張りつゝ一定の高さから落下させ衝撃を與へ掘進する。一文字鑿(Chisel)は専ら粘土・砂礫層の掘鑽に適し、十文字鑿(Cross bit)は専ら礫層に使用する。

若し大玉石に遇した際は第 695 圖に示すが如く一度金剛石錐冠其他で穿孔し、その中にダイナマイトを挿入し電氣發破で粉碎し再びビットで衝撃しつゝ掘進する。

併し乍ら此の如きは全く幼稚の域を脱せぬ。従つて衝擊・廻轉併用試錐機の考案は夙に現場員の間に望まれたものである。15,6 年前から獨乙では種々工夫されたものがあり相當の能率を納めたものもあるやうであるが、我が國には未だ入つて來てゐなかつたやうである。最近第 696 圖に示す如きヤマト工作所製作の併用式が完成した。筆者は未だ使用したことがないが型錄の説明に依るとこの機構は仲々巧妙に出來てゐるやうである。廻轉式はクレリアス式の手送給進の普通の型であるが、衝擊式の方はロオプを欠張りドラムに捲き付け、之を機に取り付けて滑車を経て試錐機に付したストロオク用横軸と連絡したものである。

## エンパイア試錐機(Empire or Banka drill)

砂金等の砂礫礫床の探鑽に用ひられる試錐機で、切込刃を付けた鐵管の下端は孔底に達し、地表に於て其上端に臺を取付け此臺上に試錐夫が乗り、土砂層にはオウジャアを、硬き地層にはビットを錐桿の下端に取付け、鐵管内に下し孔底に達せしめ、其上端を回轉乃至上下して穿孔する(第 697 圖)。上記鐵管は地表で人力乃至馬力で回轉せられる。即ち鐵管は臺並に試錐夫の體重により上より押され乍ら回轉せられるので穿孔に伴つて沈下し孔壁の崩壊を防ぐ。孔



第 696 圖 ヤマト式ニニアサル試錐機

第 697 圖  
エンパイア試錐機



第698圖 鋼鐵製試錐檣

底の岩屑の掃除には砂ポンプを用ひる。穿孔の徑は 60~100 mm で深さは 30 m 程度が實用限界である。平均一日穿孔行程 9~15 m である。

#### 4) 設備一般及び特殊孔内作業

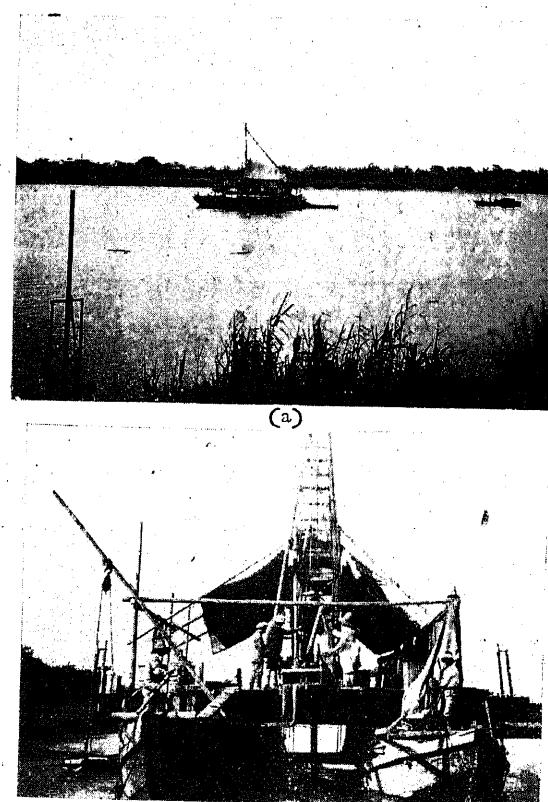
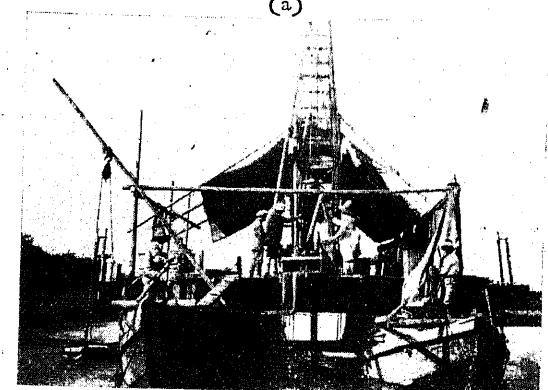
a) 檣 試錐には孔外設備として檣は必ず必要であるが、衝擊式の場合であると掘鑿用具の落下の高さは孔深に比例して大きくするを要し、又廻轉式の場合であると錐桿の出入に便ならしめるため孔深が大きくなる程錐桿を 3 本繼・4 本繼とする（普通錐桿一本の長さは 3 m）。

従つて孔深の少い時は一般には檣は高さ 5~10 m 程度のものでもいいが、孔深が大きくなるに従つて 15~20 m 以上にも及ぶことがある。此の如き場合は木製よりも鐵製の方が却つて安價につくことがある（第 698 圖）。

#### b) 足場

陸上では特に足場を組む必要もないが尤も錐桿の取りは必ず其の他のため地表孔口より、約 3 m の高さ（錐桿一本）の個所に檣の中段に足場を組んで板を敷き作業場にするのは普通である。唯之が水中の作業であると少し面倒になる。第 699 圖 (a) の如く河の真中の場合では同圖に示す如く舟を二艘並べてこの上に足場を組んで檣を立てる。この際舟は必ず河床に碇着し又中央の孔口から打ち込んだ基礎鐵管は絶対に動かぬやうにすることが大切である。

c) 崩壊防護法 衝擊式でも廻轉式でも地表近くの表土を掘鑿した後更に掘進する前には崩壊防護用の鐵管を打込んで置くのを普通とする。之を基礎鐵管（Stand or

第699圖 (a)  
水中試錐の舟足場第699圖 (b)  
水中試錐の舟足場

drive pipe) と稱しモンキイで打込むため堅牢の良質鐵管を使用し且打撃に耐えるやうアウト・サイド・ソケットとしてある。

尙孔奥で斷層其他のため岩盤内に崩壊性軟弱個所のある時は保護鐵管（Casing tube）を挿入する。之は掘鑿した孔径よりも一段少い徑のもので挿入に便のため織目はフラッシュ・ジョイントにしてあり且相當の強度を必要とするため最上級の引抜鋼管を使用する。孔深が大きくなり且諸所に崩壊性の地質がある場合は第 700 圖の如く數段に恰も筒の皮のやうに之を挿入することがある。この方法は専ら金剛石試錐に使用するものである（第 700 圖）。

次に龜裂があつて水が逃げてしまふためとか或ひは又節理が非常に發達してゐるため崩壊して掘進困難の場合はセメント注入（Cementation）を施工するが。之には特に壓力を加へる裝置は必要としない。普通の洗水と同様に試錐機附屬の唧筒により注入する。

第三紀層を掘鑿する石油井の如きは、脆弱な砂層の崩壊とその透水性のため採取石油中に水が混するのを妨ぐため粘土注入（Clay injection）を行つてゐる。之れは獨り石油井のみならず後述するが如き軟弱土質標本採取の場合には極めて有效な施

工法である。

#### 5) 軟弱錐心採取法

以上述べたのは大體硬い岩盤内の穿孔とその標本の採取の場合に就いて述べたものであるが、地質が軟弱で孔壁が崩壊して掘進出来ぬやうな場合は前項に述べた如くケイシング・テウブを使用しつゝ周到に掘進する。併し乍ら斯くして掘進は出来るが錐心も壊れて完全な固體標本は採取出来ぬことが多い。此の如き場合には第 701 圖の如き二重錐心管（Double core tube）を使用する。例へば頁岩・石炭・石膏・硫黃の如き礫床の場合である。之はこの圖に示すが如くボオル・ペアリングに依つて掘進用の錐冠の廻轉と錐心保持用の錐心管との縫が全然切れてゐるものである。

此の如きは専ら岩石の場合であるが近來土質調査が盛んになり軟弱土質の供試體の採取が必要になつて來たが、之を試錐機によつて採取する方法を我々は試みてゐる。

現在の所では地下 30 m 位のものまでならば採取可能である。詳細は便宜上第九章第 27 節で述べてあるが、三重錐心管（Triple core tube）、二重錐心管（Double core tube）の實施使用には成功してゐる（第 897~899 圖参照）。

第700圖  
ケイシング・  
テウブ第701圖  
軟石用二重錐心管

### 6) 使用目的と試錐法の選擇

先づ試錐の目的は穿孔専門と地質調査の二つに分れる。

#### a) 穿孔専門

(イ) 鹿泉 100m 以下であれば上総掘で差支へないがそれ以上であるとロオプ式の所謂機械掘でないと不可能である。今日温泉掘鑿は大抵 300m 以上である故機械掘を採用してゐる。一面又上総掘では時間がかかるつて仕方がない。一日の進行 1m ならばいゝ方である。機械掘ならば尠くとも一日 3m 位は掘進出来る。

(ロ) 石油井 井深 500m 位までのロオプ式の装置はある。之以上であると回轉式の歯車錐冠を用ふる。今日 2,000m 位の深さまで錐進可能の機械が發達してゐる。

(ハ) 注入孔 セメント注入孔の穿孔は深い場合は鑿岩機の長尺ものを使用するが高圧注入の深い孔は大抵試錐機を使用する。目的から云ふと勿論衝擊式でもいゝが龜裂や断層の位置或ひは割目状態を精確に知るためにには勿論回轉式でなければならぬ。隧道の坑奥に注入する場合は水平の注入孔を必要とするから勿論金剛石試錐でなければ駄目である。

(＝) 爆破孔 採石又は大切取で大爆破をやる際は特殊の衝擊式 (Churn drill) を使用してゐる。

(ホ) 排氣・排水孔 鎌山又は隧道で換氣用堅坑の代りに大口径の排氣孔を山頂から掘鑿することがある。之は勿論衝擊式では口径に制限があり回轉式でなければ掘れないからカリックスのやうな強力なものを使用する。坑内の排水孔は水平又は上向であるから金剛石試錐が最もいゝ。

#### b) 地質調査

(イ) 探鑿 金属鑿床の探鑿ならば採取標本は粉末でも分析すればいゝが今日大抵金剛石試錐を採用してゐる。尤も坑内で使用するのは上下水平自在である意味で回轉式でなければ駄目である。炭田では地質構造の探究が目的であるから勿論回轉式で、特に石炭層の錐心は二重錐心管を使用しなければ採取出来ない。

(ロ) 岩盤調査 橋臺・橋脚の基礎調査の如き單に表土からの岩盤の深さだけを知りたい場合は上総掘でも差支へないが(第 676 圖参照)、進行率が非常に悪いから若し河原ならばエンパイヤ・ドリルを使用した方が餘程能率がいゝ。然るに建築他の基礎のやうな場合地盤の支持力を見やうといふ時は、後述するやうに土質調査の要があるから是非とも錐心採取を目的としなければならぬ。

(ハ) 地質調査 堤防の岩盤調査では從來は唯單に表土の被りを見る意味で大抵衝擊式で岩盤まで到達すれば止めてゐるやうであるが、之は非常な間違ひで堤防の場合は表土の厚さよりも岩盤の地質構造例へば断層の有無若し有れば断層角礫の厚さ、地層の傾斜等を知る必要がある。そのた

めに先づ固体標本即ち錐心を取る必要があるから金剛石試錐でなければならぬ。之は又他の意味でも必要である、即ち第五章第 10 節で述べたやうに断層を発見したり地層の傾斜を確認するためには水平傾斜自在でなければならぬからである(第 655 圖参照)。此の如く試錐法の選択を誤つたため工事を半途にて中止した例が多々ある。第五章に掲げた鬼怒川堤防の如き好適例である。又同じ意味に於て隧道位置の地質調査の如きも回轉式試錐を施行することが必要である。

(ニ) 土質調査 建造物の基礎地盤の支持力の検査とか隧道の土壓の推定、切取盛土の限界高及び法勾配の決定とかには、是非ともその土の自然状態の標本を採取して第八章に述べるが如き土質試験を行はなければならない。そのためには勿論回轉式試錐機を使用し二重又は三重錐心管の助を借りて錐心を採取しなければならない。

以上を總括するに今日上総掘の如きは最早時代遅れで機械掘を採用すること、又衝擊式は専ら温泉・給水其他の穿孔専門の場合で苟しくも地質調査を目的とする際は、岩盤であらうと軟弱土質であらうと全て錐心が採取出来なければ效果はない。従つて回轉式の方が衝擊式に比して遙かに利用率が大きい譯である。

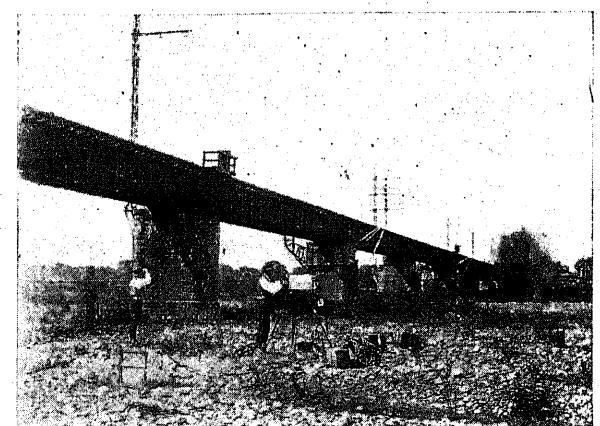
## 第 17 節 地球物理學的地下探査法

### 1) 彈性波式地下探査法

地上或は地中の一点で地盤に衝撃を與へると地盤は震動を起して縦波・横波の彈性波が上下四方へ傳播する。彈性波 (Elastic wave) は地質に依つて傳播速度を異にし、又地盤が硬さの異なる數個の地層から成るときは波は直接或は反射屈折して各種の経路  $S$  を辿つて傳播する。故に震源點から適當の距離  $d$  の位置に地震計を据へて、震動の初發から最初の彈性波が地震計に感知されるまでの時間 (走時)  $T$  を記録すれば彈性波の速度  $V$  が求まり、之と地盤を構成する岩石の比重  $\rho$ 、弾性率  $E$ 、ボアソン比  $\sigma$  の間には

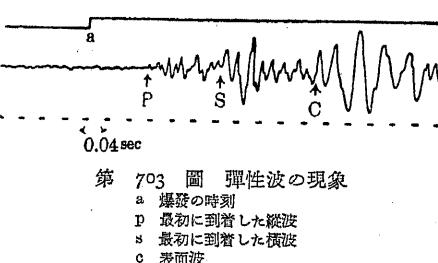
$$V = \psi(\rho, E, \sigma), \quad T = \phi(S, d, V)$$

の関係があるから、之等の方程式を解く事によつて各地層の位置と其の彈性的性質を識る事が出来る。此の如き地質調査を彈性波式地下探査法 (Seismic prospecting) といふ。



第 702 圖 彈性波式地下探査法による中央線  
多摩川橋梁の基礎調査

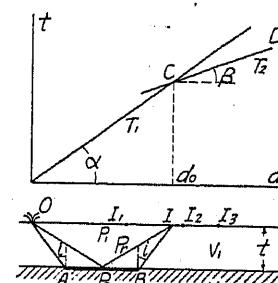
a) 觀測法 地盤に衝撃を與へるには地中又は水中にダイナマイトを埋設して爆發する方法(第702圖)と地上に重錘を落下して震動を起す方法がある。地殻の一點に震動を與へると縦波(Longitudinal wave)と横波(Transversal wave)が彈性波となつて上下四方に傳播する。その速度は縦波の方が大きいから最初に器械に表はれる波は縦波である。此の彈性波を觀測するには普通地震計の倍率を機械的に擴大した微動計(Mechanical seismograph)を使用するか、或はマイクロホン及び電流計を用ひて地動を電氣的に擴大する電氣地震計(Electric seismograph)を使用してゐるが、最近東大地震學教室の波江野理學士の考案に成るラヂオ地震計を使用すれば觀測は更に簡単となつて能率がよい。ラヂオ地震計(Radio seismograph)の原理は、地動に依つて高周波電流に變化を起し、此の變化を增幅して地動と同じやうに變化する電流を取り出し、これを動コイルオッショグラフを使って光學的にロオルフィルム上に記録するものである。フィルムの上には、ダイナマイトに電線を捲きつけて置いて爆發に依つて電流を切つた時間 $a$ と地盤の上下動・水平動及び時間を記録せしめる(第703圖)。Pは震源地から最初に傳播した縦波でこれを通常位相(Phase)と稱へる。S及びCは横波及び表面波の相であつて、縦波・横波・表面波等が爆發點から觀測點まで到着するに要した時間は此の記録上に示された $a$ と各位相との間隔を測りこれを一番下の時間のscaleで測つて求める事が出来る。此の時間を走時(Travelling time)といふ。爆發點よりの距離と走時の關係を圖示したもの走時曲線(Time distance curve)といふ。尚爆發の時刻を記録するのに無線装置を使用すれば器械の移動が容易となる。又爆發點からの距離は火薬の爆發の際に發する音波を觀測して算出する事も出来る。



第703圖 弹性波の現象  
a 爆發の時刻  
p 最初に到着した縦波  
s 最初に到着した横波  
c 表面波

走時(Travelling time)といふ。爆發點よりの距離と走時の關係を圖示したもの走時曲線(Time distance curve)といふ。尚爆發の時刻を記録するのに無線装置を使用すれば器械の移動が容易となる。又爆發點からの距離は火薬の爆發の際に發する音波を觀測して算出する事も出来る。

b) 計算法 一例として硬い水平地盤の上に厚さ $t$ の軟い地層が乗つてゐる場合を説明すると、第704圖に於て地上の一點Oで衝撃を與へI點で觀測する。震動は凡ゆる方向に傳はるから、 $P_1$ の如く直接土層を通つて傳はるもの、 $P_2$ の如く一度底面で反射して傳はるもの、 $P_3$ の如く下の地層に臨界角 $i$ を以つて屈折し硬い地層を進行して又臨界角 $i$ で上層に出てI點に傳はるものとの三種類である。此の屈折波は勿論或る距離以上離れた點で始めて認められ先の點では屈折波が最も早く表はれる。各経路に依る波の速度及び爆發點OからI點に達するまでの時間を夫々 $V_1$ ,  $T_1$ ,  $V_2$ ,  $T_2$ ,  $V_3$ ,  $T_3$ とすれば



第704圖 弹性波の反射状態  
V<sub>1</sub> > V<sub>2</sub>

$$T_1 = \frac{d}{V_1} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

$$T_2 = 2t \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1 V_2} + \frac{d}{V_2} \quad (t \text{ が震動波の波長に比して相當大きい場合})$$

$$= \frac{2t}{V_1} + \frac{d}{V_2} \quad (t \text{ が小さい場合}) \dots \dots \dots \quad (2)$$

$$T_r = \frac{\sqrt{d^2 + 4t^2}}{V_1} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

茲に  $T_1$  は常に  $T_r$  より小さいが、 $T_1$  と  $T_2$  は  $t \cdot d$  及び  $V_1 \cdot V_2$  の大きさの關係により、IとOとの距離が近い場合は  $T_1 < T_2$  となつて  $P_1$  が初動となり、遠い場合は  $P_2$  が初動となる。

若し  $d=d_0$  に於て  $T_1=T_2$  とすれば

$$\frac{d_0}{V_1} = 2t \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1 V_2} + \frac{d_0}{V_2} \quad \therefore t = \frac{d_0}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

此の式で  $V_1 \cdot V_2 \cdot d_0$  を知れば  $t$  の計算が出来る。故に地上に  $I_1, I_2, \dots$  の點を適當に選んで爆發し夫々に對する時間  $T_1, T_2, \dots$  を測定し、之を第693圖上部の如き距離  $d$  を横軸に、走時  $t$  を縦軸にとつて描いた走時( $t$ )曲線に記入すれば二個の直線

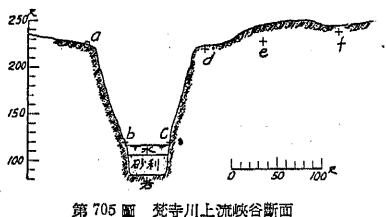
$$T_1 = \cot \alpha, \quad T_2 = \cot \beta$$

に依つて二つの経路OI及びOABIを通る波の速度が與へられ、二直線の交點によつて  $T_1=T_2$  の點の距離  $d_0$  が求められる。然るときは(1)及び(2)式から  $t$  の値從つて地層の位置を求める事が出来る。水平な地層が一つ以上多數ある場合若くは之等が或る角度に傾いてゐる場合も略々同様の取扱ひに依つて地層の位置を求める事が出来る。

又彈性波の速度と地質的彈性的數値との關係式

$$V_e = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-\sigma}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}} \quad (\text{縦波})$$

$$V_t = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1}{2(1+\alpha)}} \quad (\text{横波})$$



第705圖 梵寺川上流峡谷断面

に於て各種の岩石は  $\sigma = \frac{1}{4}$ ,  $\rho = 2 \sim 3$  であるから上式から岩石の材料としての強弱を表はすに最も重要な彈性率  $E$  が求められる。

實例——本邦に於て彈性波式地下探査法を實地に應用して成功を収めたのは、東大地震學教室の波江野理學士が山形縣東田川郡の電氣事業組合から依頼されて梵字川上流峡谷河底の砂礫層の厚さを測つて、堰堤の位置選定の参考に資せんとしたものである。地形は第705圖に見る如く安山岩質集塊岩を侵蝕して出來たV字形の谷であつて、水面の幅13.4 m, 兩岸の高さ30 m, 頂上に於ける谷の幅33 mである。觀測法は河を挟んで2

點にラヂオ地震計を据へ b・c...f の爆発點から傳はる波を記録した。實測の結果砂利層の厚さは 6~7 m であることを認めた。

同氏は尙昭和 7 年 6 月鐵道省土質調査委員會の委嘱に依り中央線多摩川原の基礎調査を行つた。この地形は前例に反し幅員 400m 許りの浅い河原であつて、第 706 圖に示す如く實測の結果は第一層の厚さ 8.5 m, 第二層の厚さ 60 m と出たが、第一層は砂礫層、第二層は凝灰岩質砂岩でこの結果は以前鐵道省で行つたボウリングの結果と殆んど一致してゐる。

東大地震研究所では昭和5年5月鐵道省熱海建設事務所の委嘱を受けて丹那盆地の地下構造を探査するため、隧道坑内の爆破による弾性波を盆地内4個所に設置した微動地震計に記録せしめた。その結果集塊岩及び熔岩の互層内を傳ふ弾性波の速度に関するデータを得た。

## 2) 電氣抵抗式地下探查法

#### a) 探査法の主旨

a) 探査法の主旨 地質の固有抵抗は大略第11表の如くなつてゐる。此の如く表土と岩盤とでは固有抵抗の差は極めて著しい、特に結晶質の岩石 第11表 地質別電気抵抗表

第 II 表 地質別電氣抵抗表

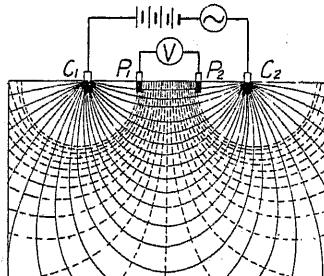
であると非常に抵抗が高い。従つて電気抵抗式地下探査法 (Electric resistivity prospecting) はこの著しい電気的固有抵抗の差を利用したもので、地中二個所に電極を埋設して電流を流し地表面から 2 點間の電位差と電流を測定して地盤の固有抵抗を求め、これより地下の構造を判定するものである。

### b) 現場の測定方法

調査地點の地表面の一直線上に 4 個の電極  $C_1 \cdot P_1 \cdot P_2$  及び  $C_2$  を等距離  $l$  の間隔に挿入する。次に  $C_1 \cdot C_2$  間に電圧を與へると電流  $I$  が第 707 圖の點の如く地中に流れ  $P_1 \cdot P_2$  間に電圧  $V$  を生ずる。電圧計と電流計を用ひて此の  $I$  と  $V$  を測定する。然る後  $l$  を順次變化して各間隔  $l_n$  に對する  $I_n$  と  $V_n$  を測定する(第 707 圖)。

### c) 測定結果の處理

c) 測定結果の處理 現場に於て測定した各間隔  $l$  に對する  $V$  と  $I$  から  $R = 2\pi l \frac{V}{I}$  ( $\pi$  は圓周率) を求め  $l$  に對して第 708 圖の如き曲線を畫く。曲線が (2) の如く  $l$  に對して一様なのは地質が均一であつて

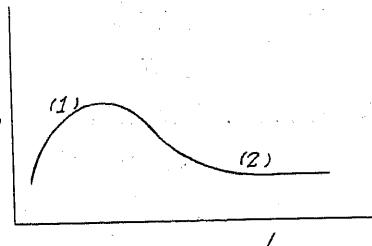


第 707 圖 電極の配置と測定法

$R = 2\pi l \frac{V}{I}$  は均一地質の固有抵抗を示す。地質が不均一の（異った地質が地層を形成する）場合は (i) の如く  $l$  に對して變化する。この曲線の形狀と  $2\pi l \frac{V}{I}$  の  $V$  値を見れば略ぼ地下の構造を推定する事が出来る。

併し各地層の厚さ及び固有抵抗値（それより判断して地質の種類）は上掲の如き曲線のみでは判定出来ない。其

第 708 圖 電氣抵抗・距離(深さ)曲線



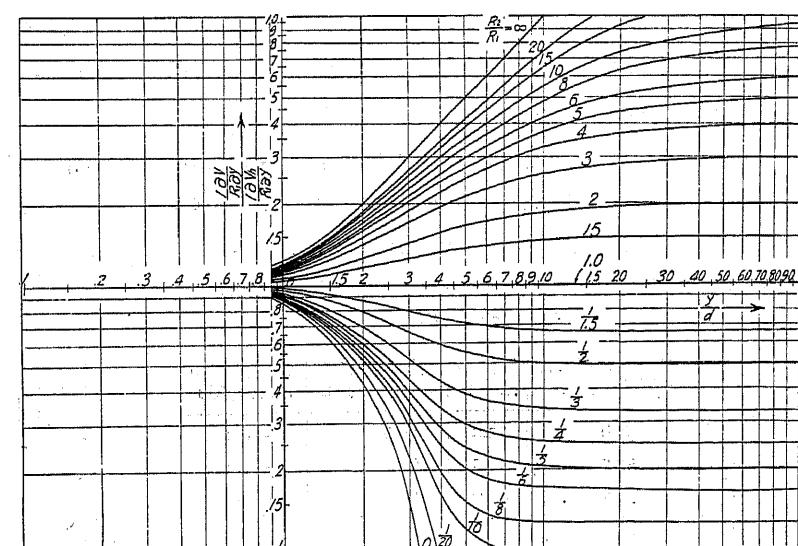
の爲豫め先づ第709圖の如き簡単な二層を考へ此の場合の  $2\pi l$   
 $\frac{V}{I}$  と  $l$  との関係を計算に依つて求め 第710圖の如き標準曲線  
 を書いておく。之を標準として實測の曲線と比較すれば、比較  
 的簡単な地下構造に於ては地層の厚さ及び固有抵抗（従つて地  
 質の類類）を判定することが出来る。

此の場合の固有抵抗と地層の深さとの関係は  
 $k_1 \cdot k_2 = \text{各地層の固有抵抗}, \quad d = \text{上層の厚さ} \quad \text{とすれば}$   
 $2\pi l \frac{V}{I} = k_1 + 4k_1 \sum_{n=1}^{n=\infty} K^n \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{2nd}{l} \right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{4 + \left( \frac{2nd}{l} \right)^2}} \right\}$

茲に  $K = \frac{k_2 - k_1}{k_2 + k_1}$  で與へられる。上式から二地層の電氣抵抗の比  $\frac{k_1}{k_2}$  を種々に變化し、

實例——鑛山では電氣探鑛は現今既早常識である。就中油田調査では非常に利

用されてゐる。費用の安いことゝ時間の早いことでボウリングは到底足元にも及びもつかない。今



第 710 圖

日漸次土木工事にも應用日に盛んなるの觀がある。

一體この種の地球物理學的地質調査の發祥の地は瑞典で、Swedish Geophysical Prospecting Co. Ltd. のやうなのが出來て居り、Stockholm・New York・Paris に實驗室と事務所を持つてゐる。三年程前鐵道省建設局ではこの會社に電氣地質調査を請負はせ中央線多摩川・山田線閉伊川・佐賀線筑後川・岩德線錦川等の橋脚の基礎調査を實施し成功を納めた。

次に實例として Swedish Geophysical Prospecting Co. が Canada で實施した結果を紹介しよう。

a) 1928 年の夏 British Columbia 電氣鐵道株式會社の建設工事で、Bridge River 附近の隧道工事に實施したものである。

第 711 圖は電氣地質調査を計畫した當時の工事進行狀態、地質は珪岩及び片岩の互層、兩坑門口は何れも腐朽せる安山岩。北坑門近くで閃綠岩の岩脈に出會つた。南坑門 372 m 附近で大湧水に出會し約 61 m の區間は埋め戻された。このため平面圖で示すやうに迂廻坑を掘進することに決したが、その迂廻地帶の地質調査のため電氣抵抗式地下探査法を應用した。

尚圖示する如く測定によつて得た電氣抵抗と實際掘鑿したものとを比較するに、岩質硬く湧水なき箇所は抵抗極めて高く之に反し岩質軟弱にして湧水多

き箇所は抵抗低く、電氣調査による推定と掘進による實際の結果とは非常に良く一致した。

斜のハッチの箇所は  $400 \text{ ohms m}^2/\text{m}$  以下の所で抵抗低く、水平ハッチの箇所は  $400 \sim 700 \text{ ohms m}^2/\text{m}$  の範囲の中位の抵抗の所で、黒ハッチの箇所は  $700 \text{ ohms m}^2/\text{m}$  の極めて

第 711 圖 Bridge River 隧道の電氣地質調査

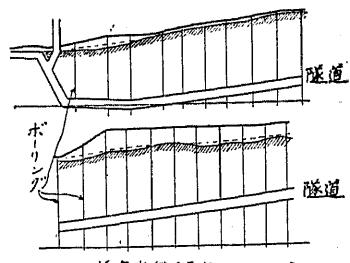
高い抵抗の所である。

b) 1929 年の春 Canada 政府の鐵道及水力省で、Saint-Laurent, Morrisburg, Ontario, Canada, の堤壩位置の岩盤の深さの調査に實施したもので、電氣調査後に行つたボウリングで如何にこの調査が有效であるかが證明された(第 712 圖)。

次に電氣調査とボウリングとの比較表を掲げよう(第 12 表)。

第 12 表

ボウリング孔番號	ボウリングによる岩盤の高さ	岩盤の深さ	電氣調査による岩盤の高さ	電氣調査の誤差(%)
1.	55.8	22.2	57.6	-8.2
2.	59.7	16.2	61.2	-9.3
3.	50.7	24.0	51.0	-1.2
4.	58.2	13.2	59.1	-6.8

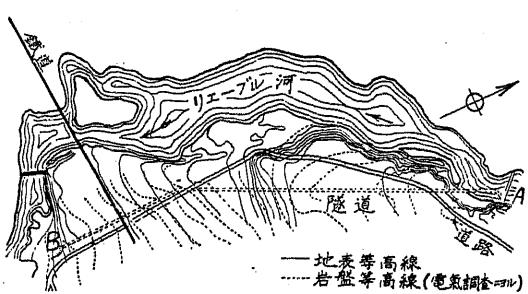


第 712 圖 Saint Leurent の電氣地質調査

① Léonardon et Schlumberger, Application de la prospection électrique à l'étude des projets de tunnels et de barrages, Annales des Ponts et Chaussées, 1932, pp. 271~289.

因に岩盤の地質は石灰岩・白雲岩・結晶片岩等で、それを氷成粘土が厚く被ふてゐるのでこの電氣抵抗は  $150 \sim 200 \text{ ohms}$  の程度に過ぎず、之に反し岩盤の抵抗はこの 9~10 倍に及んだので非常に判然と區別が出來た。

c) 1929 年前者と同様に長さ約 1,500 m の水路通過地帶 Lièvre River, Masson Quebec の岩盤の等高線を作るため電氣調査を行つた。地質は非

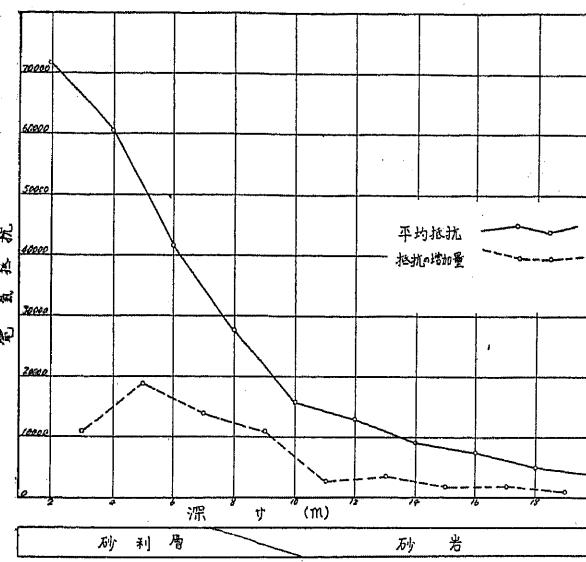


第 713 圖 Lièvre River の電氣地質調査

常に硬い寒武紀及び古生代の地層を第四紀の礫・砂・粘土の互層が被ふてゐるので、これも前者と同様に非常に表土と岩盤の抵抗の差が大きいので判然と區別することが出來た。尙後で 63 本のボウリングを施して調査結果を確めた(第 714 圖)。

この結果から推して見て如何電氣調査が有效であったが非常によく判る。

次に鐵道省に於ける實例を掲げて見る。



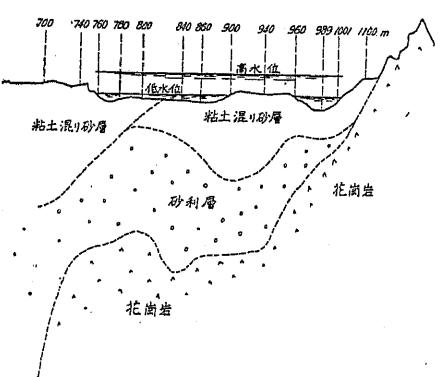
第 714 圖 中央線多摩川の電氣地質調査(深さ・抵抗曲線)

抗に餘り差異がなかつた爲、深さの推定には可成なり苦心したやうであるが、第 714 圖の深さに依る平均抵抗の増加率から判断して深さ 10 m までは砂利があつて、その下に第三紀の粘土層があることが認められた。

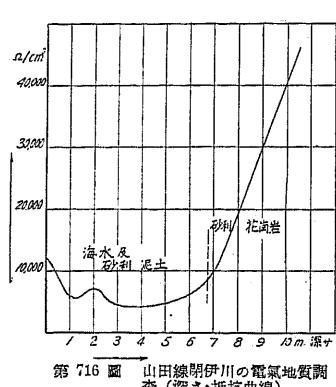
e) 山田線が宮古に入る直前に渡る下閉伊川の橋脚基礎地盤を調査するため、昭和 5 年 11 月同じくガデリニウス商會の請負で電氣抵抗式地質調査を行つた。現状は海岸から 100 m の河口で第 715 圖に見る如く花崗岩盤の上に砂利層が存在し更に其の上を粘土・砂の河底堆積物が被つてゐる。此の場合の深さ・抵抗曲線は第 716 圖の如く 6.7 m の深さまでは河

口堆積層の中に海水を含んでゐるため抵抗は  $500 \sim 600 \Omega/cm^2$  に低下してゐる。

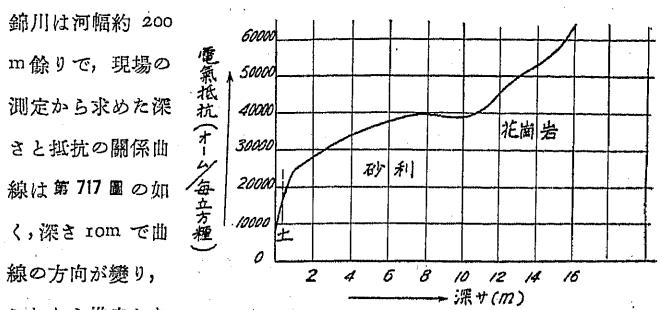
f) 岩德線錦川橋梁の基礎も同じくストックホルムのガデリウス商會の請負で電氣抵抗式地質調査を行つた。



第 715 圖 山田線閉伊川の電氣地質調査



第716圖 山田線開伊川の電気地質調査(深さ・抵抗曲線)



第717圖 岩德綫錦川電気地質調査(深さ・抵抗曲線)

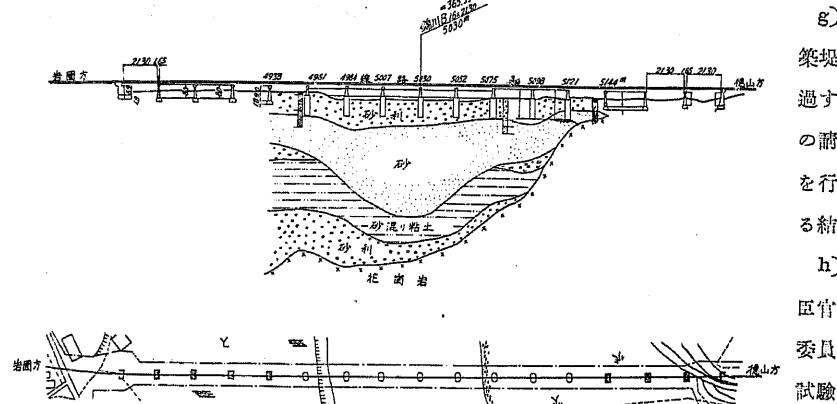
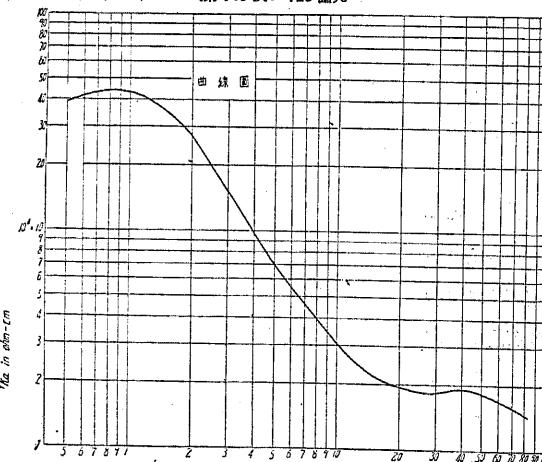
錦川は河幅約 200 m 餘りで、現場の測定から求めた深さと抵抗の関係曲線は第 717 圖の如く、深さ 10m で曲線の方向が變り、これから推定した

地層は第 718 圖の如く花崗岩盤の上に砂・砂利の互層が被つてゐる、

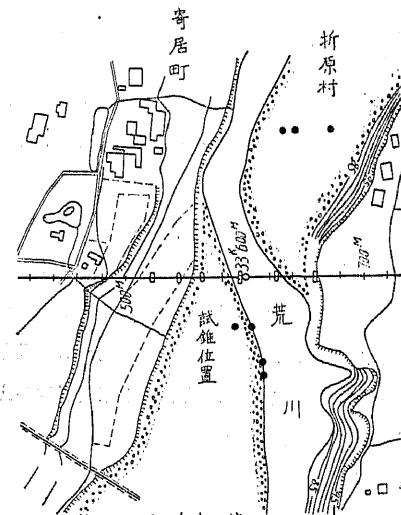
13m 附近で曲線が少し亂れてゐるのは多分地下水の影響であらう。

g) 倭佐賀線諸富の築堤が有明線の灣を通過する地點にも同商會の請負で電気地質調査を行ひ可成り信頼し得る結果を得た。

h) 最近では鐵道大臣官房研究所土質調査委員會が試験装置及び試験法を考案して電気抵抗式地下探査法を考

第718圖 岩德綫錦川電気地質調査  
案した。去る昭和 8 年 3 月には八高線荒川橋梁の地盤調査を行つて好結果を収めた(第 719 及び 720 圖)。

第720圖 八高線荒川の電気地質調査(深さ・抵抗曲線)



第719圖 八高線荒川の電気地質調査

以上述べた如く電気地質調査は隧道・堰堤・橋脚の地質調査にも實施されて成功を収めたが、次に掲げるが如き堰堤基礎の岩盤の透水度の調査にも利用した實例がある。<sup>1)</sup>

i) 佛國 Truiyère 河に建設される高さ 105 m、混凝土容積 450,000 m<sup>3</sup> の堤堰工事では、其の地質調査に電気的地下探査法が採用された。此の調査では地質構造の探査の外に同時に種々の深さの異なるボウリング孔内に電極を挿入して地中の透水度を測定した。第 721 圖及び第 722 圖は Sarrans 堰堤に於ける二つのボウリング孔 (No. 20 B, No. 19) の透水度及び電気抵抗の圖表を表はすもので、電気抵抗は 1m 每に點描し透水度は 5m 区間毎に調査した。No. 20 B ボウリング孔に於ては(第 721 圖)、抵抗は透水度が減るに従つて増加してゐる、13m, 14m の各深さに於て抵抗曲線が最低を示してゐる事は、一見して岩石の中に小さな割目のある事を證明するもので、40m の個所に於ける低點は明かに透水度の増加を示してゐる、即ち 0.16~1.12 l/m/min に及んでゐる、又 25m, 28m に於ては抵抗曲線は二個所の低點を持つてゐる、この事は 5m の區間僅かに透水度を増加してゐることを示してゐる。若しこの透水度が 1m 每に測定されたならば、25m 及び 28m の個所に於て吸水度の局部的に増加せるを見し得る事が出來やう。

No. 19 ボウリング孔に於ては(第 722 圖)、10m から 15m の間に於て二つの測定値に明かな喰違ひを観察する事が出来る、併し之に反して 23m の個所に於ける抵抗の増加は明らかに岩質が新鮮である事を示して

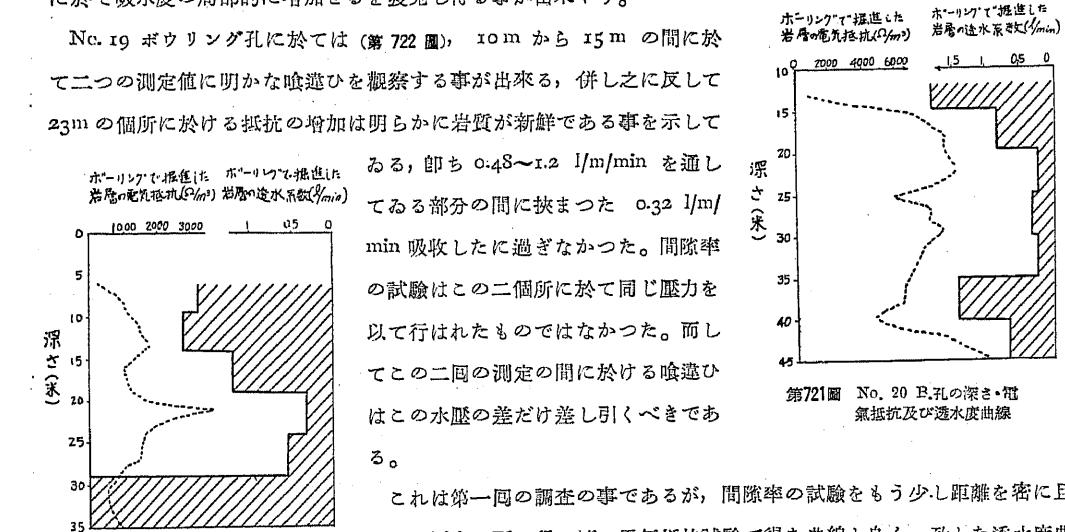
る、即ち 0.48~1.2 l/m/min を通じてゐる部分の間に挿まつた 0.32 l/m/min 吸收したに過ぎなかつた。間隙率の試験はこの二個所に於て同じ圧力を以て行はれたものではなかつた。而してこの二回の測定の間に於ける喰違ひはこの水圧の差だけ差し引くべきである。

これは第一回の調査の事であるが、間隙率の試験をもう少し距離を密に且つ一定圧力の下で行へば、電気抵抗試験で得た曲線と良く一致した透水度曲線を得る事が出来るのであらう。

### 3) 地下探査法の利點と兩式の比較

この種の地下探査法の最も有利な點は非常なる時間の經濟といふことである、ボウリングであると 10m 挖るためにはどうしても 10 日間は要するがこの方法だと僅か一時間位で済むことがある。從つて同時に費用も極めて安價に済むことになる。それからもう一つは同じ理由から非常に廣い區域

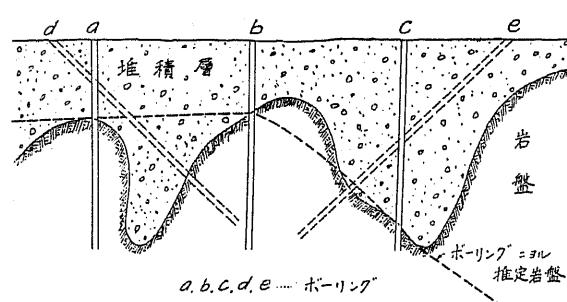
1) Lugeon et Schlumberger, Application des méthodes de prospection électrique à l'étude des fondations de hautes barrages et elles ouvrages annexes, Le Génie Civil, Tome CI-N 6, 1932, pp. 134~137.



第721圖 No. 20 B.孔の深さ・電気抵抗及び透水度曲線

の地質調査を短時間で加之安價に實施出来ることである、従つて近時歐米では堰堤の基礎調査の場合の如きは大抵この種の方法で豫備調査を行ひ、後で急所だけをボウリングでチェックするといふ方法に取つてゐる。

又ボウリングに比して遙かに有利な點は、第723圖に示すやうに基礎の岩盤に非常に凹凸のある場合この式で探査すれば大體の岩盤の形狀は判明するが、ボウリングであると極めて多くの孔數を要することになり時間と費用が莫大なものになつた上飽くまでも不精確である。而かもボウリングのみで推定した岩盤の形狀は事實と非常に縁の遠いものになつて來る、又ボウリングの方向を假令斜に施行しても偶然d號のやうな位置を執ればいゝが、e號のやうな場合だつたらば何にもなら



第723圖 地球物理學的地下探査法のボウリングより有利な理由

ない、要するに精確を望めば數を増すばかりで一向良い結果は得られないことになる(第723圖)。

次に兩式を比較するに彈性波式はその地質の彈性率即ち強度の差を知ることが出来るから、特に土木工事の如く岩質よりもその強度を知ることを必要とする場合は遙かに有利で

ある。その點電氣式の方は岩石の硬さよりも寧ろ化學的成分が影響するから利用率は減じて來る、現に北海道の谷地(泥炭地)で土質調査委員會で電氣式を實施した際地下に行くに従つて普通の場合と反対に固有抵抗が非常に少なくなつたことがある、之れは泥炭作用のため生じた硫酸其他の電解質の沈澱があつたためこの點一寸間違ひを生じ易いことがある。然るに鐵床の探鉛のやうな場合特に金屬鐵床のやうな場合では逆に電導率を利用するから電氣式の方が有利である。堰堤其他の基礎調査は彈性波式なら百發百中と云つてもいい。

#### 参考書

那須信治、地震計に依る地下探査法、岩波地質講座、昭和7年。

鐵道省土質調査委員會告報第一輯(昭和6年)、第二輯(昭和8年)、第三輯(昭和9年)。

Abrom, Grundriss der angewandte Geophysik, Berlin, 1927.

Geophysical prospecting, Trans. Am. Inst. of Min. Metal. Eng. 1928.

Eve & Key, Applied geophysics in researchung for minerals, New York, 1929.

Edye & Laby, The principles and practice of geophysical prospecting, Imperial Geophysical Experimental Survey, Cambridge, 1931.

Rothé, Les méthodes de prospection du sous-sol, Paris, 1930.

Heine, Elektrische Bodenforschung, ihre physikalischen Grundlagen und ihre praktische Anwendung, Berlin, 1928.

Schlumberger, Étude sur la Prospection électrique du Sous-sol, Paris, 1930.

Reich, Angewandte Geophysik für Bergleute und Geologen, 2 Teile, Leipzig, 1933.