

物理探査の土木工事への応用

三 輪 正 房

1. 序 最近における土木工事は土木工学の進歩と機械技術の導入とにより工事規模の増大、工事分野の拡大などが特に著しい。従って従来推定あるいは試錐による局部的調査にては甚だ不十分であり、広範に亘る精密なる調査を行なうためには、物理探査の併用と土木地質的、水理地質的見地に基づく総括とを必要とするにいたった。

山口県の瀬戸内海沿岸地帯は地形的に工場建設適地としての諸条件を具備している。従って近年各地に大工場の建設が漸増し、これに伴い港湾の増築浚渫埋立などによる工場用地の造成あるいは塩田干拓地などの転用、さらに工業用水導入のための堰堤隧道の築設などが逐次実施されている。これらの工事現場は多くの場合険峻なる山岳地帯や起伏の多い海岸地帯あるいは広大なる干拓地などにして従来余り調査の対象にされなかったが、この種土木工事に対しどのような調査法が適しているか、また、どのような結果がえられたかを逐次記載する。但し測定および実験は多くの場合関係官庁会社の技術員の御協力を戴いた。

Ⅱ 電気探査法による光製鉄所構内における切取り山体の地質構造の推定について。

1. 要旨 山口県の瀬戸内海沿岸地帯には海岸埋立てのため、可成り大規模な山体の切取り工事が行なわれているが、その内岩国・徳山・下関などの山体はいづれも花崗岩の風化帯または砂質粘土地帯にして工事施行は容易であるが、光製鉄所構内における山体の岩石は硬質にして難工事が予想せられるので、電気探査法によって山体内部の地質構造の推定を行ない、工事施行計画の参考に供しようとするものである。

光製鉄所は島田川河口左岸一帯の平坦地並びにその北東部に発達する丘陵性山体の一部を包含する広大なる地域を占めている。今回その敷地内山体の西端部にある標高 35m 余の二山体の切取り工事が予定された。

一般に山体の切取り工事における工費の多寡は排除する土石量よりも硬軟の度合がより影響することはよく知られている。岩石の硬軟はその種類にもよるが主として風化作用割目などの度合によって変化する。又含水率もほぼ同様な傾向を示すものである。

また岩石の比抵抗は一般に大なるも含水率の増加に伴い比抵抗は漸減する。従って電気探査法によって地下における比抵抗の分布状態を求めることにより構成岩石の硬軟の度合を推定することができる。

地下を構成せる岩石の賦存状態の推定には試錐の施行が最も確実であるが、本地域の如く地質構造の複雑なる場合には試錐結果の信頼範囲が狭小となり広範囲に亘る調査は甚だ困難となる。然るに電気探査法は広範に亘る地下構造の推定を短期間に行なうことが出来る。ただし地下における比抵抗の分布と岩石硬軟の度合との関連には他の要因も包含されているため一義的な推定は、甚だ危険にして必ず試錐による再検と土木地質的見解とにより推定すべきである。

2. 地質および地質構造 本地域には海蝕段丘が標高 25m 以上に可成り広く認められる。

従って山体の上部は洪積層に属する瀬海性堆積物で、上部より小礫混り赤褐色砂層 1～5m、灰黄色砂質粘土層 1～2m、小礫混り淡褐色砂層 2～4m、灰白色粗砂層 1m 余、巨礫混り礫岩 1～2m の 5 層よりなる。各層共固結度微弱にしてブルトラーにて排除しうる程度である。

基盤岩は古生層に属する雲母片岩類とこれを貫入せる片状花崗岩類とよりなる。雲母片岩類は

てどの程度推定しえられるかが本調査の主目的であったため調査範囲に比し測点数少なく詳細なる地下構造の推定は少々困難であったが、概略的傾向は充分把握しえたものと思う。即ち西山は硬質の雲母片岩により被覆されているが、山体の中心部には軟質の片状花崗岩がドーム状に可成り広範囲に発達することが推定される。また中央部断層以北の雲母片岩は南部のものに比し可成り軟質なることが予想せられる。さらに南山は主として軟質の片状花崗岩よりなるも西側尾根沿いのものは可成り硬質である。また東側斜面は雲母片岩よりなるも一般に軟質である。なお本調査は昭和33年10月学生実習として5日間を要したもので、調査直後切取り工事が実施され今年中に西山山体の切取りが完了する見込みであり、工事経過と調査結果とが可成り類似していることが次第に判明している。従って両者の全般的比較検討については、工事完了後に再び記載する予定である。

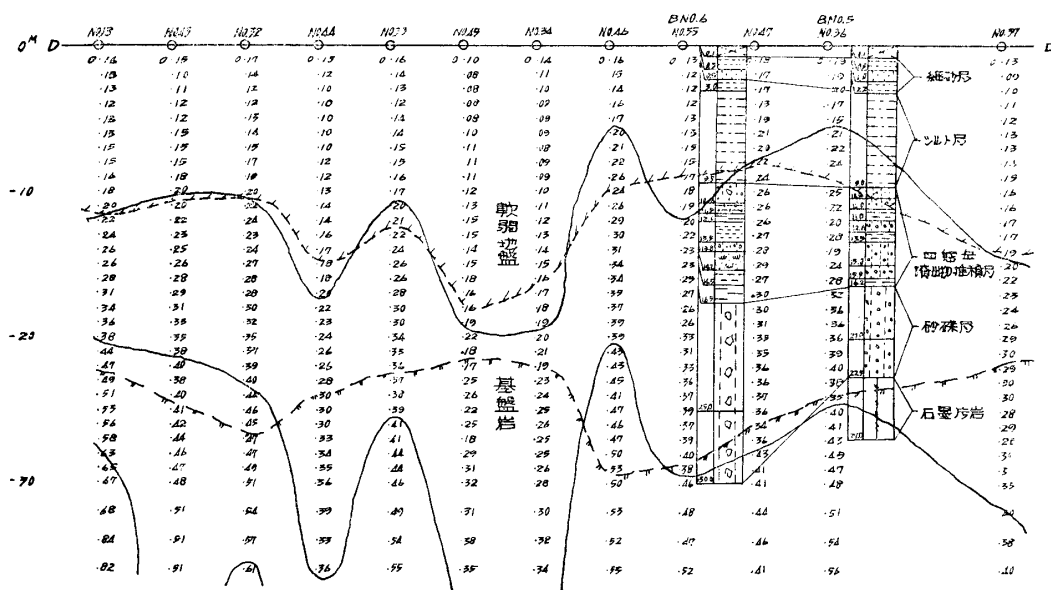
Ⅲ 海浜埋立地帯における地下構造並びに地下水調査について。

1. 要旨 最近山口県瀬戸内海沿岸地帯には新設される諸工場の建設用地として埋立地並びに塩田跡干拓地などが盛んに利用されている。一般に海浜埋立地帯における地下構造は単調なる如く考えられるが、実際には可成り複雑にして、これが河口に近接せる場合は特に著しい。このような地帯における地下構造特に地盤耐圧強度ならびに地下水などの詳細なる調査を行なう場合には電気探査法によって全般的に調査し、これに試錐して両者を比較検討することにより可成り広範囲に亘る地域も比較的容易に推定することが出来る。

現在迄に田布施町塩田跡、武田製薬徳山工場並びに保土ヶ谷化学南陽町工場建設予定地、阿知須干拓地外数地帯において調査したが、この程海浜埋立地の代表として保土ヶ谷化学南陽町工場建設予定地の調査結果について記載する。

2. 調査方法および結果 先づ全地域を電気探査法によって地下における比抵抗の分布状態を求め、その特殊示徴個所に数本の試錐を施行してその地域における比抵抗と地下組成との関連性を求め、さらに貫入試験、揚水試験など適宜行なえば地域全般に亘る地盤耐圧強度並びに地下水賦存状態などの推定を行なうことが出来る。

a 電気探査結果 保土ヶ谷化学南陽町工場建設予定地は福川塩田跡にして東西600m南北900m



第1,2図 S 1 : 6,000 R = KΩ-cm 地下比抵抗試錐等による推定地質断面図 断面 D-D'

総面積 45万 m^2 のほぼ短形を呈せる可成り広大なる範囲を占めている。但し電気探査は測点間隔 50~100m; 測線間隔 200m, 深度 60m, 測点総数 47点とする。

測定結果については、測線 D—D' における比抵抗の測定値と試錐とによる推定地質断面図を第 1 図に示し他の測線についての記載は省略した。

一般に地下における比抵抗は地下の組成物質の相異よりもそれに含有せられる地下水の塩分濃度によって変化する。従って電気探査法のみでは全般的傾向の推定は甚だ容易であるが、地下組成の詳細については試錐結果と比較しなければ判明し難い。

次に電気探査の解析上注意すべきことは、沖積層が粘土砂礫の互層よりなるため測定結果より求めた $pa-a$ 曲線は複雑にして、これが解析は直視法が簡便である。また一般的傾向として地層の変移帯において比抵抗の急減が屢々認められる。これは堆積過程の変化に伴う残留塩分の濃縮を生ずるためで地層区分の有力なる示徴である。

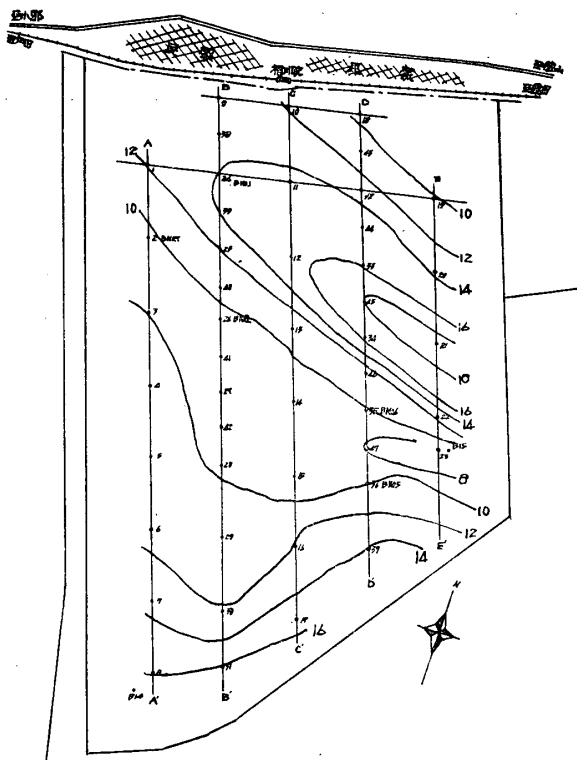
電気探査による比抵抗の分布状態より北部地帯の基盤は比較的良好なるも南部に至るに従い軟弱地盤の発達が著しい。また本地域の北西—南東を連ねる地帯が比較的高比抵抗を示しているのは、この地帯に地下水の賦存が予想せられるためである。さらに南西端に高比抵抗地帯が存在するがこれは調査前の試錐により確認されていた基盤岩の突出部を示すものである。なお電気探査測定点および試錐施行位置は第 2 図に示した。

2. 試錐調査 電気探査結果より推定せられる帯水層および軟弱地盤発達地帯を確認するため試錐 No. 1 ~ 7 を順次施行した。その口径は No. 1 ~ 6 迄 2" No. 7 は 8" とし深度は基盤岩を確認する迄掘さくすることとした。先づ試錐 No. 1 は軟弱地盤発達地帯（電気探査 No. 24）に、試錐 No. 2 は帯水層発達地帯（電気探査 No. 26）に施行した結果電気探査の推定と略々一致した傾向がえられた。さらに試錐 No. 3 は南西部の軟弱地帯に、No. 4 は北東部の良質地盤地帯に、No. 5, 6 は南西部の帯水層発達地帯に、最後の No. 7（口径 8"）は揚水試験用として北東部の帯水層発達地帯に掘さくした。以上の試錐結果より本地域における地下組成は上層部より細砂、微砂質粘土、四熊岳噴出物、砂礫、黒雲片岩よりなる基盤岩となっている。これら地層の相互関係の一部は第 1 図に記入した。

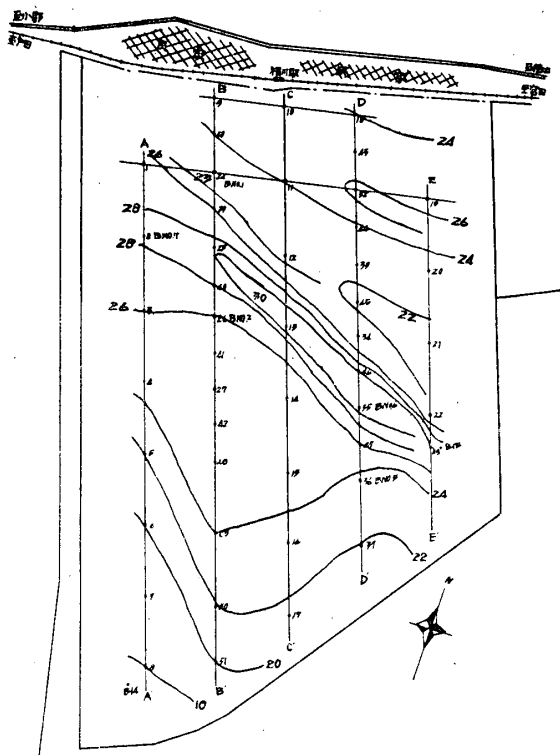
微砂質粘土層はゆわゆるシルトまたはヘドロと称せられ本地域における軟弱地盤を形成せるものである。その賦存状態は電気探査および試錐結果との比較により推定せられるが、第 2 図は軟弱地盤の上盤を等深度曲線にて表現したものである。四熊岳噴出物層は本地域の東北方にそびえる四熊岳の終末期的噴火により数次にわたり放出された角閃安山岩質火山灰火山弾などの堆積により形成されたもので火山灰質のものは硬質粘土、火山弾質のものは粘土混り砂礫層となり、これが耐圧強度は可成り良好である。火山灰質硬質粘土層は全域に賦存するも粗粒噴出物層は北東部のみに介在されている。下部砂礫層は所謂沖積期基底礫層と考えられるもので砂質地層は広範囲にわたり賦存するも礫層は可成り限定された地帯のみに賦存している。第 3 図は砂礫層の下部の等深度曲線を示したもので基盤岩の等深度曲線をも同時に表現せるものである。この結果より砂礫層は本地域の北西より南東に斜行して発達することが知られるとともに本地域の西方を南流する夜市川の旧河床を形成することが推定される。

3. 貫入試験 工場建設の設計に先立ち基礎地盤の調査の必要性はいう迄もないが、地盤の耐圧強度の不均一性についてはさらに注意を要するものである。一般に海浜埋立地の土層部にはいわゆるヘドロと称せられる微砂質粘土層の発達が著しく、これが分布も可成り不規則である。特に河口に近接せる地域の場合は地層の変化甚だしく局部的調査または試験結果によって全域を決定することは甚だ危険である。この危険を避けるために最近試みた方法について簡単に記載す

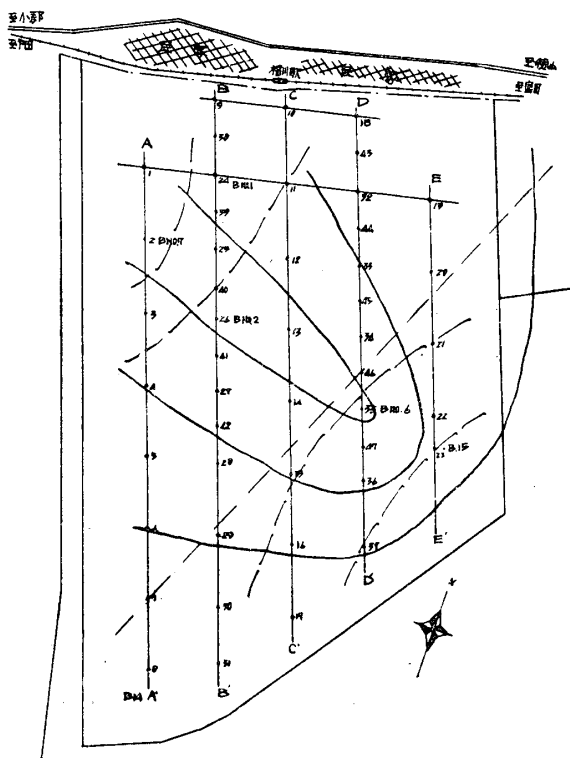
る。



第2図 S, 1 : 16,000
軟弱基盤の等深度曲線



第3図 S, 1 : 16,000
基盤岩の等深度曲線



第4図 S, 1 : 16,000
等揚水量及び等塩素量曲線

地盤の支持力の判定法として直接荷重試験によって地盤の限界支持力を算出し、これより適当たる地盤許容支持力の決定を行なっているが、本地域の如く軟弱地盤の分布が甚だしく変化するかあるいは硬軟地層の互層よりなる場合などには地層毎の各地耐力の推定を行なうとともに建造物に必要な地耐力を保持する地層迄の深度を知るためにも電気探査と貫入試験との併用は甚だ有効である。

貫入試験施行位置は第1図に記入せる試錐 No.1, 3, 4 の三地点である。この結果上部細砂層の許容支持力：5～10t/m²、微砂質粘土層：1 t/m²以下で全くの軟弱地盤、四熊岳噴出物層：20～50t/m²やや良好なる支持力、最下部砂礫層：50t/m²以上にして十分なる地耐力を示している。第2図に示した微砂質粘土層下部の等深度曲線は同時に許容支持力 20～30t/m² 以上の地盤の等深度曲線を指示しているものといえる。以上の結果より本地域における軟弱地盤は全般的に可成り発達するが、四熊岳噴出物および砂礫層の発達により良好なる地盤の存在することが知られた。

4. 揚水試験 電気探査および試錐結果より本地域には夜市川旧河床が潜在し多量の地下水の存在が予想せられた。第4図は試錐 No.1～7 よりの揚水量および塩分測定結果より画いた等揚水量および等塩分濃度曲線を示したものである。

次に試錐 No.7 より417 l/min の地下水の揚水を行ない、周辺試錐孔の水低降下を測定して下部帯水層の滲透係数を算出した。但し付近の地下水位は現地盤面より数 cm 高位を示しているので、被圧面地下水に適する算出式により下部砂礫層の滲透係数を求めた結果 0.11cm/sec がえられた。この値は砂礫層としてはやや小さく多少の細砂または粘土質物の混入が予想せられる。ただし本地域における砂礫の発達第3図よりも推定される如く可成り顕著である。従って本地域より可成り多量の地下水の取水が可能なることが予想せられるも工場敷地予定地よりの取水なるため地下水の取水による地盤沈下を最小に止めなければならない。即ち地下水の取水による地下水位の降下を軟弱地盤深度以下とすることは避けなければならない。また地下水取水による海水混入の防止にも一井より多量の取水は避くべきである。従って本地域より地下水の揚水を行なう場合には一井よりの揚水量を 400/min、揚水井間隔を 50m として地下水流動方向に沿って 10 本以上試錐して取水することが望ましい。従って本地域内における揚水量を 5,000t/day 以内に止めることが地下水取水による地盤沈下の防止上必要である。ただし揚水される地下水中に含有せられる塩素量は第4図より 300～700mg/l、総硬度 300P.P.M 内外、水温 17°C などが予想せられる。

3. 結言 一般に海浜埋立地には軟弱地盤が不規則に発達し、これが工場建設を甚だしく困難なるものとするが、本地域も夜市川の河口に近接せるため可成り複雑であることが知られた。また本地域の南東部に基盤岩の急激なる隆起地帯の存在が知られたが、この種潜頭隆起基盤の存在は山口県瀬戸内海沿岸地帯の調査には時折り遭遇することである。これは基盤の沈下する沈降海岸に見られる現象と思われる。

さらに夜市川の旧河床が本地域を北西より南東に流下し、多量の地下水の潜在が予想せられるも地下水取水による地盤沈下および海水混入のおそれがあるため地下水取水量を 1 日 5,000 t 内外に止めることが望ましいとしたが、帯水層の滲透係数も可成り大なる上旧河床に沿う砂礫層の発達も顕著なることから地下水の還元注入による循環利用を考慮すべきである。但し循環地下水の回収温度ならびに回収率などは地下組成により甚だしく相違するので、これが実施には十分の検討が必要である。

以 上