

第四章 地質調査

1 地質調査の意義

土木工事と地質學と結び付いたのは古くはない、アルプスの長隧道掘鑿に先立ち地質學者に鑑定を依頼したのが、恐らくは兩者の關係が結ばれた最初であつたらう。然し其の時にも技術者と、地質學者との、完全なる融和が望めなかつた。否或る重要なる點に就きては、兩者相對立して争つたのは有名である。其の後海外に於て重大なる工事には皆地質學者が關係して居るが、未だ土木地質學の技術は完成せられず、地質に對して設計又は工事方法を誤つた爲に、失敗せる實例に乏しくない。

又反對に失敗はしなかつたにしても、吾々技術者の立場から見れば、必要以上に時間と勞力とを費し、廣範圍なる地質調査を行ひながら直に設計及び施工に役立つたのは、其の僅かの部ではなかつたかの感を懐かしむるが如き實例もある。要するに瘁い所へ直に手が届くやうに、吾々の要求する急所に觸れて斷案を下すまでには、土木地質學は發達して居ない。我國に於て土木技術と地質學との關係を結ぶに至つた最初は恐らく丹那隧道工事であらう。

然も同隧道工事こそ地質學者の側にも、土木技術者の側にも、從來の彼等の技術は如何に土木地質學と縁遠いものであつたかを痛感せしめたのである。極端に云へば丹那隧道工事により日本に始めて土木地質學が生れたのである。

斯くの如く土木地質學は未だ幼稚の域にあるのであるから、吾々土木技術者は其の地質に就き未知の領域を全部地質學者によつて、解決され得るものと、期待してはならない。吾々は他の専門技術者を正しく評價する事に努めなければならぬ。其の爲には正統地質學の初歩位心得て居て、同時に過去の地質學の目的と其の進歩の過程をも知つた方が良い。

2 地質學の理解

従来應用地質學は、主として鑛山に關係せるものであつて、良質の鑛石を多量に探求するを目的とした。従つて岩石及び鑛物の質の研究と、其の存在する場所を發見する事に力を盡し、鑛床學として、立派な體系を備ふる一科の學問が發達したが、地盤の強度、廣く云へば地盤の物性に關する研究は未だ發達して居ない。正統地質學の主要目的とする所は、地殼の構造を知るにある。即ち現在の状態を觀察して、過去の歴史を推定し、將來の進化を卜する所にある。吾々の知らんとする所は地盤に人工を加へ工事する時、如何なる變化を生ずるかにあつて、基礎の岩盤の質は酸性であつても鹽基性であつても、古生層であらうが第三紀層であらうが地盤は異動せず一定以上の支持力さへ有すれば、吾々の關する所でない。花崗岩の風化したる「眞砂」も、火山噴出物が海底に沈積して出來たと云はるゝ「しらす」も切取の法勾配に關する限りは、吾々は殆んど同じく取扱つて宜しいのである。小砂泥土の沈積せる軟弱地盤も、泥炭地も築堤の沈下に關する限り、殆んど同じ現象を呈する。

吾々は地層なり、岩盤なりの成因を知らんとするのは吾々の線路と是等の地盤は如何なる交渉を持つかを確むる爲めで、其の分布状態を知る必要の範圍を出でないのである。吾々は山を切り取る時、如何なる法勾配にすれば、其の形を保ち得るかを知らんと欲する。隧道を掘る時如何なる土壓が支堡工又は覆工に來るか、如何なる掘鑿方法が可能であるかを知らんとする。軟弱地盤に於ては盛土が沈下するか否か、沈下するとせば其の築堤を如何なる形にし、餘盛の量を如何に見積る可きかを知らんと欲する。橋梁等重要建造物の基礎を如何なる深さに、如何なる大きさに、設置すべきか、又其の根掘をするのに、如何なる方法が可能であり、且經濟的であるかを知らんとする。以上の諸事項にも増して、線路は安定であるや否や、地入り又は地盤の匍行が起りつゝあるや、將來其の虞れあるや否やを知らんと欲する。

地質構造が何であり如何なる時代に如何なる現象により生じたるかは、吾々の關する所でない。地質學者は工事の經驗を持たないから、吾々の發する是等の疑問に對して、直に解答を與ふる事は出來ない。其の解決は吾々土木技術者自身が過去の經驗によつて、之を行ふのである。

地質學者を煩はすのは地形及び地盤構造の正確の知識を吾々に供給する事である。此の知識に基き過去に遭遇せる各種の工事に其の類似を求めて判斷するのは吾々の仕事である。

地質學は、現在の進歩の程度では、現象の大要を説明する學問であつて、之を數字に表はして解釋する域には達して居ない。換言すれば地質學的知識によつて直に「寸法を定むる」事は現在出來ない。この「寸法を定むる」のは吾々土木技術者である。斯く云へばとて現在の地質學を決して低く評價するのではない。此の現象の説明のみでも、充分吾々の助けとなる。吾々の過去に於ける失敗並に不可思議と考へた事柄が、地質學者の説明により完全に理解され、斯る際に處する方法を案出し、再び失敗を繰返す事の無くなつた實例は乏しくない。

初學者は數字に表はし得ない學問、現象の説明のみに役立つ學問を、とかく輕んずる弊があるが、古來の土木技術は、現象の解析に努力して、總て起り得る自然現象を豫知して、之に適當の對策を施す事に成功し、後世まで残る構造物を築き上げたのである。決して計算しなければ、判定を下し得ないと云ふが如き人々ではなかつた。現今に於ても、計算し得ないが、何か適當に判斷を下さなければならぬ場合が多いのである。即ち吾々は地形、地質其他の自然現象を觀察するに當り、觀方、考へ方、現象の分析方法等、地質學者から、其の手段を教はる機會が甚だ多い。

一般に地質學者の得意とする處は、地表に露出する一部を觀て、全部を推測する事である。斷片を捕つて、完き全部を推定する事である。それ故に少きデータから多くを想像して組み立てる結果、時には獨斷に陥り、あり得る數多の推測

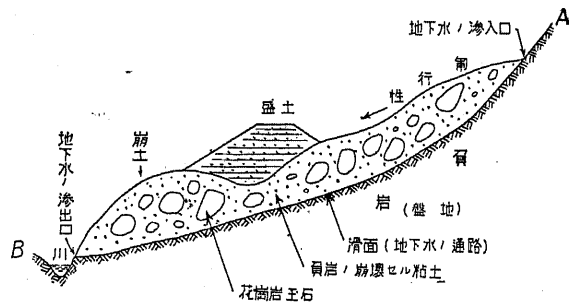
中から、確固たる理由なくして或る一つを選ぶ結果、往々にして全く事實に反する結論に到達する事がある。彼の有名なる丹那盆地成因に関する論争の如きは、其の著しき事例である。餘り少きデータから、見事なる想像説の組み立てを急ぐため失敗するのである。

然し之は地質學者のみならず一般科學者の陥り易き一種の誘惑である。吾々技術者は知り判断すると同時に、直に行動するやうに命ぜらるゝのである。時に完き知識を缺く場合にも、運命の神の指導に従ひ、切り抜ける様に實行を強ひらるのである。それ故に如何に美はしく、如何に其の組み立てが莊麗であつても想像説に従つて行動する事は出来ない。技術者の片足は常に現實の大地の上に立て居なければならぬ。以上地質學者の性質を説明して、少しく岐路に入つた觀があるが、要するに土木技術者が、地質學者と協力するに當りて、各自の學問及び技術の建前を、充分理解して居なければならぬ。

地質的障害は地形により豫知し得る場合が多い。地形の觀察は、鐵道線路選定を始め總ての土木工事を施行するに當つて、吾々技術者の最初に必ず爲さなければならぬ仕事であるから、之によつて或る程度まで吾々も地質状態を推定し得る。

3 地盤の動く所

鐵道線路には、地盤の動く場所程厄介至極のものはない。橋梁、隧道、石垣等總て疊築する建造物を斯る地盤の上に造れば、少しの動きによつても直ちに龜裂が生じて、甚だしくなれば破壊する。又切取、盛土を施せば時に力の釣ひを破り、安定を失



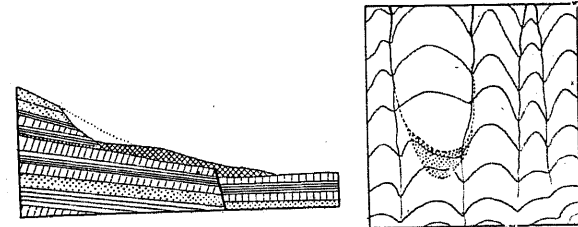
第1圖 久慈線 30 哩 60 鎮附近の盛土の滑出沈下箇所

し地盤の動きを促進せしめ、遂に崩壊する事がある。(久慈線の例) 出來得る限り動く地盤を避けなければならぬが、他の關係で之を避け難き時は、已むを得ず動く事を承知の上、方法を講じて其處を通過するのであるが、不用意に此の動く地盤に工事を施す時は、取返しのつかぬ失敗に終る事が多いから、其の發見に努めなければならぬ。幸に動く地盤は特殊の地形をして居るので、注意すれば容易に發見し得る。

4 地氾及び山崩跡

山崩又は地氾り地域地形は、五萬分の一の地圖を注意して觀察すれば、特殊の地形をして居るの

で發見し得る。本間不二男氏は信濃地方一帶の山崩れの起つて居る數多の土地の特徴として、等高線が「貝



縱断面圖

平面圖

第2圖 地層面に沿ふて起つた地氾り断面

(氾り出した地塊は攪亂されて層を亂す場合多し)

殻を臥せたが如き形」をして居る事を舉げて居らるゝ。圖に示す如く、貝殻の蝶番のある頭部が地氾り地區の高所であり、それより上は急傾斜をなして居る。断面を示せば第2圖の様である。

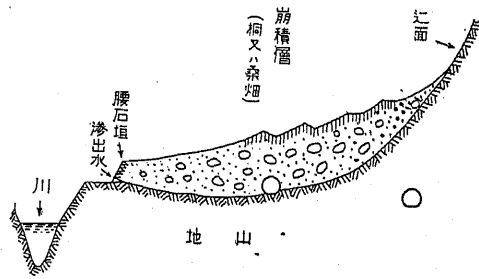
一度地氾りが起つて破壊された地盤は安定性を失ふので、其の後其の箇所に連續的に數回相次いで地氾りが起るから、實際には斯る單一の類型的のものは必ずしも多からず、山腹の斜面に沿ひて、幾回も重なつて地氾りが起る結果、山腹には幾つもの急斜面と平坦な臺地とが造られる。然して其の臺地は、後に説明する河段丘海岸段丘の如く、規則正しきものでなく、全く不規則なる等高線の粗密の度を示す地形となる。

地氾り區域では、地氾りは連續的に起るも、前の地氾りと後の地氾りととの間に



第3圖 典型的崩錐（坂根隧道附近）岩質（石英粗面岩）

可成り時間があり、其の結果生じた平坦の段地は、山間部の平地少き地方に於ては、耕地及び住宅地として貴重なる地面となるので、つひ山崩れの災害の歴史が忘れられて、何時とはなしに此處に家が建ち田が作られ



第4圖 匍行性崩積層

て、部落が出来る、暫くして又地切りが生じて、水田に龜裂が入り、家屋が崩壊し、甚だしき時は一部落全滅の悲惨事が起る。斯る急激なる事故が発生しない迄も、緩慢に地盤が匍行して居る事があり、家の壁、石垣等に其の影響が現はれて居るのを容易に發見する事がある。

山崩の起因には色々あるが、後に説く如き地質的諸弱點が極端になつた結果暴風雨、霖雨等の天候の異状によりて誘導されて自然に起る。渡邊理學士は山崩れを次の如く分類して居る。

山崩の分類

1. 自然的原因に基づく山崩

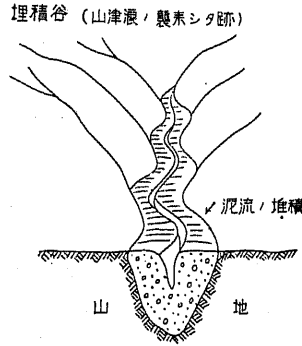
運動の速度	型式	種類
山崩行 (Land creep) 連続的緩慢運動	ナホ 引 (Land creep proper)	風化表土層又は舊山崩堆積層
	押出 (Talus glacier)	岩屑堆積層 (扇狀地)
	山津浪 (Mud avalanch) 泥流 (Mud flow)	谷間又は低地を押し出す泥なだれ (含水崩土一降雨時又は雪解季) 含水せる火山噴出物
山崩 (Land slides) 突然的急速運動	土 (Earth slips) 石 (Rock slips) 層 (Mass slips)	傾斜せる岩盤上を這る風化表土層 傾斜せる主節理上を這る岩塊 傾斜せる層面上を這る岩塊
	土崩 (Earth falls) 石崩 (Rock falls)	風化表土層又は變質せる腐朽岩の崩壊又は陥没 節理多き岩石の崩壊、石灰洞の陥落

2. 人為的原因に基づく山崩

型式	作用	人為作業	種類
押出	匍行運動の促進	切取作業 隧道掘鑿	匍行性表土又は崩土層 (岩屑層扇狀地) 泥土層、山津浪 (泥濁の停滞層)
滑出	支持力の喪失	切取作業 隧道掘鑿	傾斜層面上の地層、傾斜主節理面上の岩塊、傾斜岩盤上の表土、岩屑又は砂礫層段丘
		石材掘鑿	傾斜層面上の地層、傾斜主節理面上の岩塊
	過重作用	築堤荷重	傾斜岩盤上の表土、岩屑及び砂礫層
		建造物荷重	傾斜岩盤上の表土、岩屑又は砂礫層 傾斜層面上の地層、傾斜主節理上の岩塊
崩壊	衝擊作用	切取作業 隧道掘鑿	脆弱なる厚き風化表土層、節理多き岩層、風化せる集塊岩又は火山岩滓層、蛇紋岩
陥落	弛緩作業	隧道掘鑿	砂礫層 (段丘) 斷層帯
		採掘作業	廣域に亘る地中の空隙

流出	含水作用	切取作業	腐朽せる蛇紋岩及び温泉餘土の地肌露出
		森林伐木	地肌(表土層)の露出

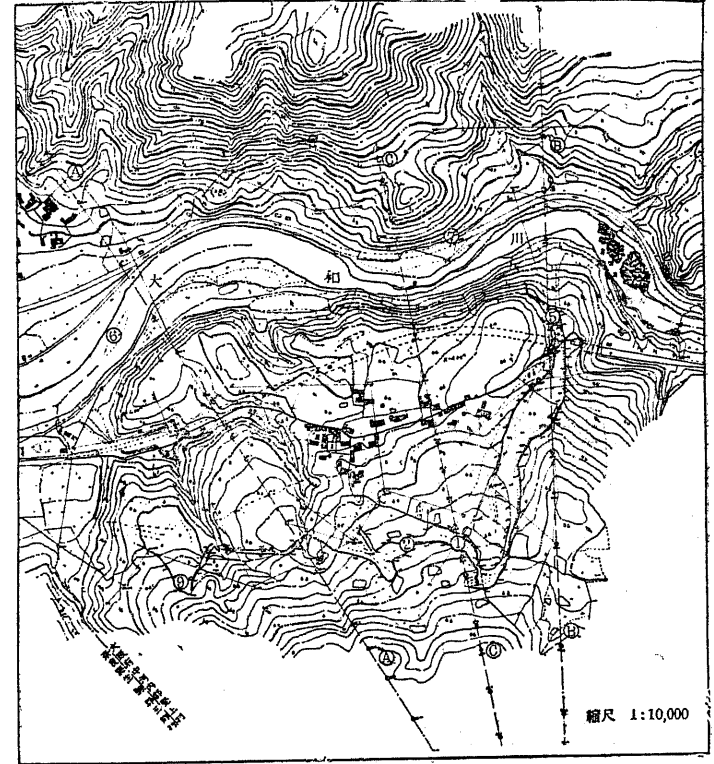
一般に、崩れ、押し、等の地名のある場所は山崩跡である。最初の山崩れに出會する事は稀であつて、多くは嘗て山崩が起り、一度山崩した堆積土が又山崩を起す。山崩の被害を防ぐには、山崩跡を避けるが最上策である。山崩により一度崩壊せる土砂は、其の後移動する様子がなくとも、其の安定たるや、幸じて保たれる場合が多いのであつて、僅かの土を除いた爲に其の安定が破られ、再び大規模の移動が起る例が多い。崩壊土砂中に、局部的には如何に堅固の岩石であつても、是等の間に柔き滑動し易き粘土其の他が介在する時は、此の土砂全體が弱き粘土であると同じやうな作用をする。換言すれば此の土砂の土壓の所謂「休息角」は弱き粘土其の他の休息角となり、時にこの休息角は零に近き價をとり飴の如きプラスチックの動き方をすることがある。土の休息角を基とする土壓理論は、局部的の土壓には合致しない場合が多いが、廣大なる山崩れ等が案外此の假定に合致するやうに考へられる。



第 5 圖

最近問題となつた、關西本線龜ノ瀬隧道附近峠部落一帯の山崩れに就いても、未だ手許に地質其の他の調査資料がないので、斷案を下すのは早計であり、筆者の想像も他日其の誤謬を指摘せらるゝかも知れないが、あの附近一帯は昔山崩を起した事のある土地であつて、若し現在の大和川が彼處で川床を侵蝕して居たならば、川床が掘らるゝに従つて崩れ、崩れた土砂を又水流が持ち運ぶと云ふ風に、山崩れが連続的に起つて居て、一見之を觀察する事が出来、隧道を掘鑿して鐵道を通すのを無謀と考へたであらう。

然るに大和川は下流の龜ノ瀬岩に堰かれて平素は寧ろ土砂を沈積する傾向があつたので、從來山崩れが起らなかつた。鐵道を通する時に、



第 6 圖

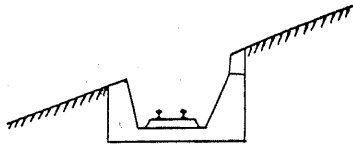
其の取除いた土砂が今少し多量であつたならば、其の爲に現在と同じ山崩れが誘導されたかも知れないが、其の量と場所とが安定を破る程でなかつたものと思はる。然し最近着手した鐵道の對岸の道路工事の切取が、下の根の押へを拂つた事となつたので、今度の滑動の誘因になつたものと考へらる。一旦滑動すれば惰性がつくので、切取つた土以上に隆起しなければ平衡状態となつて静止しない。何れにしても道路の切取が安定を破つたものと考へらるゝ。

地質構成が未だ明かに知れて居ないから確かではないが、龜ノ瀬附近一帯は崩壊土砂であつて、間に迂り易き粘土を夾んで居り、全體として休息角が小さかつたと考へらる、或は底に單傾斜の粘土層があり川の方に傾斜して居り、之が江

り面になつたと云ふ説もある。龜ノ瀬隧道に現はれた地質には、間に挟まれた悪質の粘土を認むる事が出来た。

地じりが起る時、其の根元が隆起するのは當然の事であつて、説明を要しない。

龜ノ瀬は僅かな原因で安定が破れた例であるが、之に反して滑動した地盤が僅かの事で、安定を保つた實例がある。北陸線能生驛の東方、白山隧道の西口附近は、建設當時地盤が動き切取に従つて押出して來、始末に終へず二割五分の緩傾斜に切つても尙止まなかつたが、線路の兩側に土留擁壁を造り、之を線路の下に於て鐵筋混凝土の基礎によつて連結し、山側の土を切取つて線路の海側に盛つた爲、滑動が止まり地盤安定し其の後異状がない。



第7圖

5 山津浪

山地の奥で山崩が起ると、其の崩土は急勾配の溪谷や澤を非常な勢で押流して來る事がある。それが特に豪雨の際であれば、一種の泥流となつて流下して來る。斯る山津浪の現象が谷川に屢々見られる。一度襲來した箇所には、後にも起るから、山津浪の形跡のある箇所は、充分其の谷の奥を踏査して「山崩れ」の状態を知つて置く必要がある。

山津浪のある澤の特徴は、其の出口に於ける本流の谷幅が広い場合は、小規模の扇狀地を形成して居り、其の奥に行つて見ると、崩壊し押流された土砂は谷の半を埋没して厚く堆積し、所謂埋積谷となつて居り、それを更に流れが深くV字形に侵蝕して居る事である。

山津浪の跡に工事するに當つて、特に注意すべき事柄は、其の本源の山崩が静止して、上流から押流す土砂の量が減じて居るや、或は絶えず小さき崩壊が續き多量の土砂が堆積し、豪雨を待つて下流に押流されんとする如き状態にあるやを判断する事である。山津浪再襲の虞さへなければ、山津浪跡は工事上左程恐るゝ

に及ばない。押流されて堆積した土砂の勾配は相當緩であり、迂り面となる可き軟き粘土は全部水流に洗ひ去られて、堅き角礫又は砂が互に噛み合つて居るので、匍行他二等の虞がない。勿論其の間を通して潜流となつて水が流れて居る。

山津浪のある澤を線路が横斷する時には注意を要する。橋梁で越すとすれば、次の山津浪で川床が隆起しても、支障なき程度に高くするを要する。橋臺橋脚の根入も充分にして置かなければならぬ。夫にも増して困難なるは、橋梁の延長を定むる事である。橋が短ければ押出さるゝ土砂は橋の袂の築堤に衝きかけ、之を崩壊せしむる。

山陽本線海田市附近で急行列車顛覆事故を起した(大正十五年九月)畑賀川の上流は埋積谷であつて、豪雨の爲め其の土砂を押流し此の橋の袂の築堤が土砂を交へた洪水に侵されて流出した。其處へ列車が突進したのである。畑賀川の上流地域には數箇所古い山崩の地形が認められ、過去に於て屢々山津浪の襲來した證據があつた。

昭和四年十月に新潟縣西頸城郡に稀有の豪雨があり、北陸線の能生、梶屋敷間の多數の澤より山津浪が押出した。其の中の最も甚だしかつたのは、浦本地内の中間水路橋であつて、建設當時澤を切取



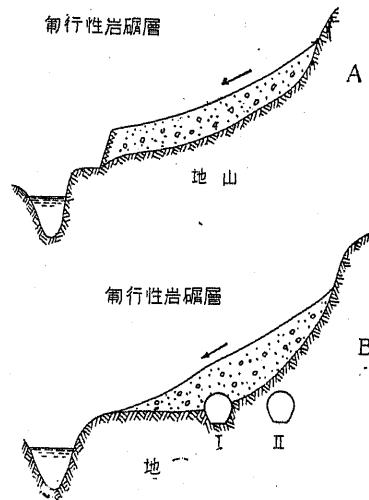
第8圖 八幡濱線 石久保附近海岸 匍行性崩積層 押出された縣道

る事となつたので、幅 18 呎の水路橋を線路の上に架し澤の水を線路の上に通したのであるが、其の澤から山津波が押し寄せ、水路橋から線路に土砂を押し線路を埋めた量は約 600 立坪に達した。

6 崖 錐

溪谷の兩岸又は海岸等にて、岩石屹立露出し斷崖をなして居る所では、風化作用の爲め、岩石の露頭は表面から脱落して、大小數多の岩礫が崖の麓に堆積して、特別の形を成して居る。之を崖錐と云ふ。發達したる崖錐は相當大規模で、檜杉等の樹木が繁茂し又段々畑として桑を植えたものもある。崖錐は風化して落ちた岩礫が順次に何等壓力を受くる事なく堆積したものである故、一般に緩慢ながら絶えず匍行しつつあると看做す可きものが多い。斯る崖錐に、特に其の下部を切取るか或は隧道を掘鑿して、鐵道線路を通すのは危険であつて、切取は崩壊し人工的山崩を起す虞れがあり隧道も掘鑿に中々困難であつて、掘鑿中屢々崩壊事故を起し、幸にして竣功しても覆工に偏壓を受くる爲め、又は隧道の一部が不規則に動く爲め、之に龜裂が入り改築修覆を餘儀なくする事がある。

崖錐は少し注意すれば、誰にでも發見し得る。其の特徴は、上に屹立した岩石の普通裸山があり、其の山腹斜面が途中で急に緩勾配の傾斜地に移り、其處には岩礫がごろごろして居るのが普通である。崖錐に繁茂せる樹木は杉檜等の如く深根性のものが多く、元來岩礫層には間隙が多い故水を透すので、多くの場合滲出水がある。



第 9 圖 崖錐と切取又は隧道

多くの溪谷には必ず崖錐がある。鐵道線路は崖錐を避けらるゝだけ避く可きであるが、崖錐が多いただけ夫だけ地形の関係上止むを得ず其處を通す事がある。崖錐の性質を十分に理解し豫め備ふる所あり、隧道は奥の地山に大部分通し、其の掘鑿及び切取土留等に適當の工事方法を考へ注意すれば取て恐るゝに及ばない所もある。

崖錐は普通に單なる山腹斜面に生じたものでなく、斷層崖下に生じた場合もある。斯る際崖錐の下奥深く地山の中に隧道の位置を定め、安全に掘鑿し得るものと想像すれば、其の地山は斷層に當り之に沿ひて隧道を掘鑿する事となり、反つて危険を増す結果となる事がある。斷層崖には注意を要する。

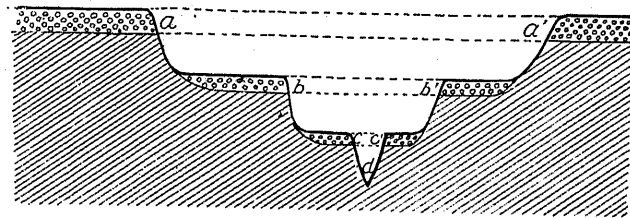
7 扇狀地

崖錐が谷合の兩側の山腹斜面から發達して一緒になつて緩傾斜の扇狀地を形成し居ることがある。これは普通の溪谷の崖錐と異り、非常に大規模のものである。又相對する山腹からのものが出會つて中に鞍形の地形をなす事がある。線路勾配を緩にするため、或は隧道の延長又は土工量を儉約するため、此の鞍形を目標けて、線路を通して反つて苦しんだ實例がある。花輪線の龍ヶ森隧道は其の適例である。

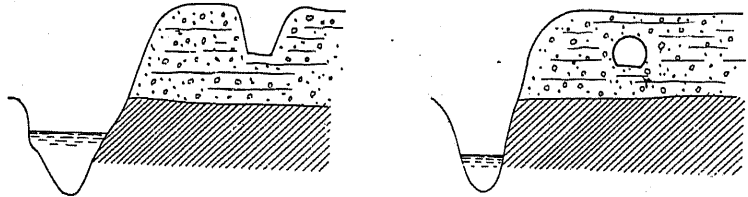
8 河段丘

川の兩岸に地表が平坦なる臺地となつて居る事が多い。之を河段丘と云ふ。時に二段三段に臺地を形成して居る事がある。臺地の平坦なる表面は昔嘗て河床であつたのである。地殻運動のため地盤が隆起して、河の勾配が急になり、侵蝕力を増した爲め、河床の一部に谷が出来て、舊河床が臺地となつたのも河段丘の出來た一つの原因である。又氣候の變化によつて、風化作用に強弱があり、或る時代には上流より多量の風化岩礫を運び來て堆積し、後風化が緩慢になり堆積が止んで、反對に河床を侵蝕する時代が來て、舊河床は臺地となつた事にもよる。

何れにしても河段丘の上部には砂礫の堆積があり下に地山がある。砂礫層は普



第10圖 河段丘の横断面



第11圖 河段丘と切取

通縮つて居らず、少しく大きな礫は箇々に扁平の側を水平に、少しく上流に向つて傾斜して重り合つて堆積し、明に河床であつた事を示して居る。

此の砂礫層の厚さを確むるを要する。砂礫層と地山の岩盤との境界面が厄介なのである。線路の勾配の関係上段丘を切取つたり或は之に隧道を穿つ場合が多い。切取や隧道の位置が此の境界面に來る時は危険である。

岩盤は不透水性であるので、此面から地下水が滲出し、切取は之を滑面として崩壊する危険がある。砂礫層に隧道を掘るのも困難であるが其の層は深くない故隧道が丁度此の境界面に當る場合が多い。之は又一層厄介である。

地山と砂礫層とは、土壓の條件が、全然異り且つ、境よりは多量の地下水湧出し、砂を流し地層を弛ませるので、土留に困難であり、支保工には局部的に強き土壓が働くので、其の安定を保ち難く突發的に崩壊する事がある。此の境面に隧道を掘鑿して、事故を起した實例は到る所にある。隧道を掘鑿するならば、其の全部が地山の中に入る様にす可きである。

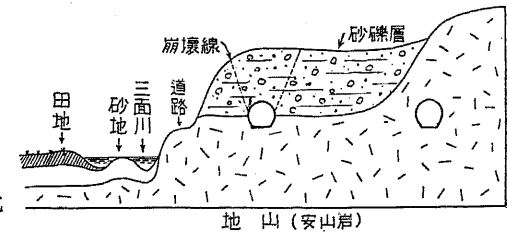
河段丘は解り易き地形であつて、少く注意すれば誰でも發見し得る。上部に河

床跡の砂礫層があるのが特徴である。

9 海岸段丘

海岸にも河段丘に似た段丘がある。矢張り地殻運動による土地の隆起及び、氣候の變化の爲に生じたもので、舊海濱堆積物である砂礫が相當厚く地山の上に乗つて居るのであつて、線路に対する障碍は河段丘の場合と同じ。

河段丘の如く、到る所にある譯でなく、東北地方及び北海道特に日本海方面に多い。



海岸段丘

第12圖 大平隧道横断面(羽越南線)

五能線の八森鯉ヶ澤間に於て

典型的海岸段丘を見る。段丘を切り地下水を多量に滲出せしめ、井戸及び水田の湧水問題を惹き起す事がある。

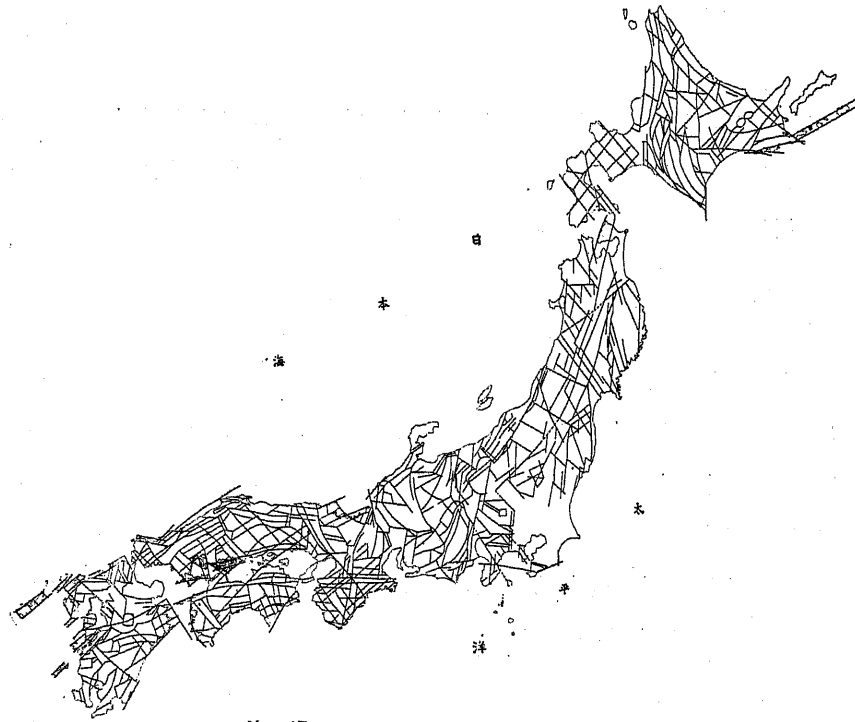
10 斷層

地殻中に割目が出来、其の割目に沿ひて地塊が移動する結果、地層に喰違を生ずる。之を斷層と云ふ、斷層の移動する滑面を斷層面と云ふ。斷層には移動しつた爲に破碎した、兩面の岩層の岩礫が存在する。之を斷層帯と云ふ。

又斷層面は滑動の際、摩擦によつて磨かれたので、一種の眞平の光澤のある面を成し、其の上に動いた方向を示す擦傷が屢々存在する。之を斷層鏡面と云ふ。吾々の俗に「油肌」と稱するものは、多く此の斷層鏡面である。

此の斷層帯と斷層鏡面との存在するのが、斷層の特徴である。斷層帯の厚さは、岩の硬軟、喰違を生ずる原動力の強弱、運動の緩急如何に由り、薄きは1寸内外より厚きは100尺以上に達する。

斷層は地下水又は温泉の通路となるので、岩礫は風化して一部は粘土に變じ他は此の粘土中に一種特別の礫として残つて居る。之を斷層角礫と云ふ。斷層角礫



第 13 圖 日本 斷 層 圖

は時に玉石となつて居るので、地質學者でさへ、之を昔の川床の跡であると主張し、斷層の存在に氣が着かなかつた實例がある。

物の割れた時に、其の割れ方を見るに、割目は單獨に存在しないで、並行の割目及び斜行の割目の群を爲す、斷層と云へば地殼の割目であるので、主要なる斷層には副斷層がある、群をなし一斷層系統として存在する場合が多い。

斷層には大小あり、其の性質は種々雜多であるが、何れも地殼の弱所であり、工事に障礙を與ふる地質的條件は、此の弱所に集ると云つて宜しいのであるから、斷層の存在を豫知する事は吾々土木技術者に必要である。

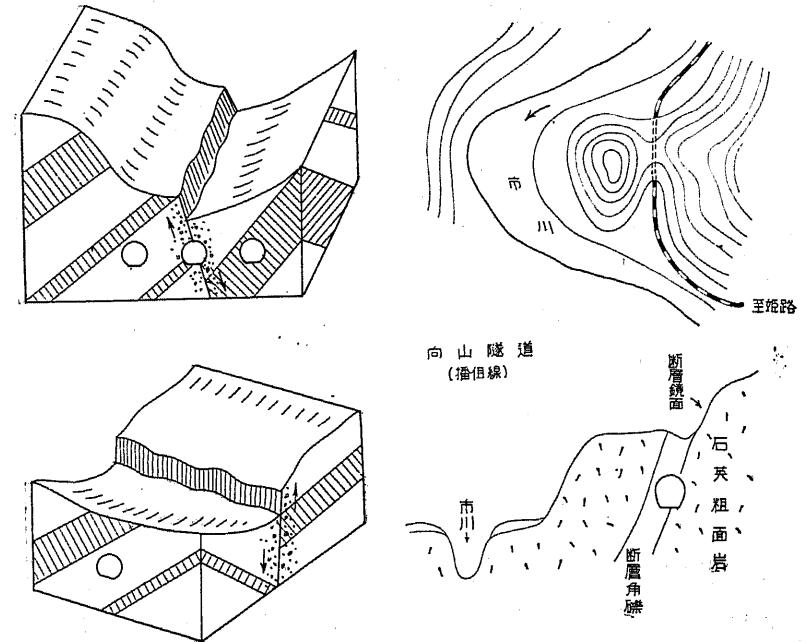
最大なる斷層は、或は斷層の文字を使用するのは穩當でないかも知れぬが、日本群島を亞細亞大陸より分つた原因となつたが如き、地殼運動の跡を示す地體構

造線である。之は百萬分の一或は四十萬分の一の日本帝國地質圖を見れば、特別に注意を惹くものであつて、静岡糸魚川線、長崎三角域を挟む線、四國を東西に走つて伊勢灣から天龍川に至る線等皆之に屬す。

斯の如き構造線の外に多數斷層がある。一般に地殼は無數の塊ブロックの集りである。恰も混凝土塊又は木塊を空伏したる鋪道の如く是等の塊は、互に動き得る。此の運動を地塊運動と云ふ。其の結果であるか或は原因であるかに付きて議論があるが、地震には多く地塊運動が伴ふ。

各地塊の境目、即ち鋪道の目地に相當するのが斷層である。濃美地震の根尾谷斷層、丹後地震の郷斷層、伊豆地震の丹那斷層等之である。此の地塊一箇の面積は 4~10 km² である。

故に一般に地球表面、特に日本は斷層の網で被はれて居ると云つても宜しい。



第 14 圖 斷層線と隧道の方向

第 15 圖 播但線向山隧道と斷層

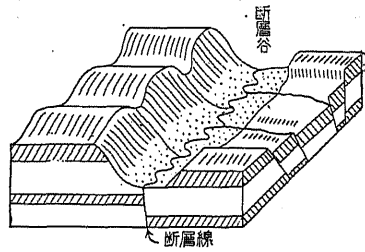
第 13 圖は京都大學教授本間氏の推定された主要斷層を示す。

斷層を地表に發見するのは容易でないが、地形を観察すれば或る程度までそれらしいと云ふ疑ひを懐き得る。

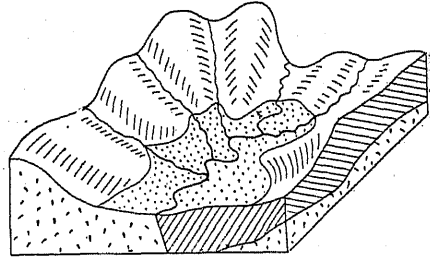
斷層帯は弱所である故、侵蝕作用は著しいから地表は谷又は凹地をなす。峠と云ふ地形の生じるのは、その箇所は特に弱線であるからである。單に普通の侵蝕谷が、互に相接觸して居る場合もあるが、斷層帯に相當する弱線であることが少くない。又溪谷と云ふ程深くはないが、山地又は臺地に於て、鞍狀の凹地が直線をなすか、又斯る鞍部と細長き低地又は盆地が連鎖的に一直線をなす事がある。是等は多くの場合斷層の所在を示す。丹那斷層を箱根街道から見れば、此の種のものとして容易に指摘し得る。

單に吾々が見ては、斷層帯谷と普通の侵蝕谷とを識別し難いが、

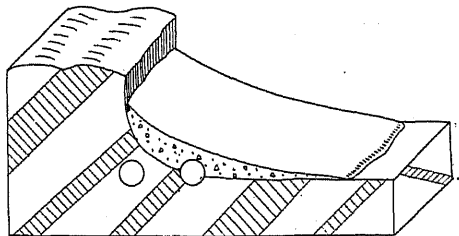
斷層谷では、水流系が直線的に發達し支流は之に直角に近き角度で入るのが特徴



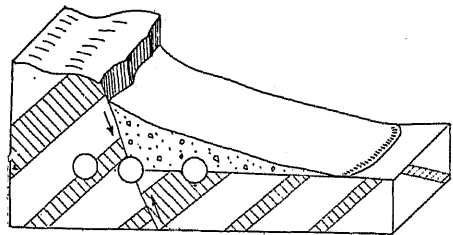
第 16 圖 断層谷



第 17 圖 侵蝕谷



第 18 圖 普通の崖錐と隧道



第 19 圖 断層崖錐と隧道

である。

斷層線は屢々斷崖をなして地上に現はる。之を斷層崖と云ふ。斷層の山麓部が、相當長さの直線をなして屹立し、其處に大きな崖錐が發達して居れば、斷層崖の疑がある。

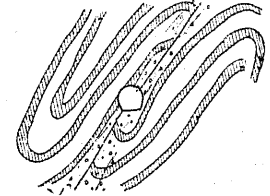
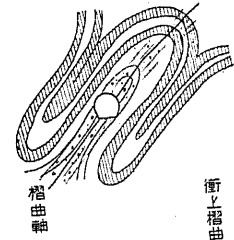
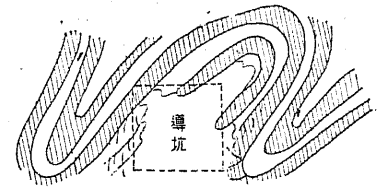
其他斷層帯、斷層鏡面及び直線を堺として左右の岩質は全く異なる等、斷層としての性質が、其の儘地表に現はれて居れば直に識別し得る。一般に相當厚さの表土が之を覆ひ、且つ草木が繁茂して居るので判明し難い。

11 山のもめ

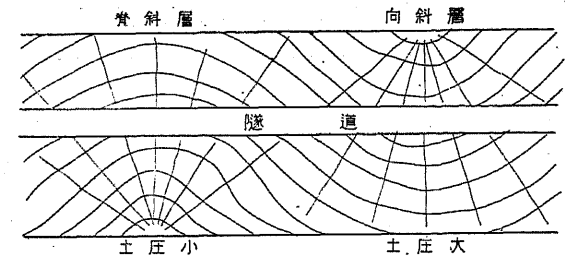
地層は所謂造山作用により横の壓力を受け、波狀に褶曲する事が多い。地質學者は褶曲作用等と、六ヶ敷き文字を使用するも、吾々は之を「山のもめ」と稱し到る所に見る現象である。

山がもめて居る所では地層の割目は放射狀に生

じ、之を二面として滑動する傾向がある故、之に隧道を掘鑿する場合、背斜層の時は土壓は小さいが、向斜層の時は土壓は大きい。「もめ」が甚だしくなると岩層が潰潰され破碎帯を生ず。之は斷層帯と同様の障碍を工事に起す。



第 20 圖 褶曲層と隧道



褶曲岩層に於ては割目は放射狀に生ずるを一般とす

第 21 圖

更に一層甚だしくなると地層の上下が轉倒して逆斷層を生ずる。

地層が揉める時働く強大なる壓力は熱に變化したり、地層中の或る成分即ち水、有機物等ははぼり出されて一箇所に集まるので、附近に變質岩が生じる。一般に變質地層は石墨化し非常に滑り易い。

山のもめた所には、斷層があるのと、此の變質岩があるので、吾々は常に油肌を發見するのである。揉めた山が工事に如何なる障礙を與ふるかは説明する迄もない。

12 單斜層及び節理

水成岩が單斜層で一方に下つて居る時、山腹の下部を切取るとは危険が多い。第三紀層の如き軟き粘土を含むものは勿論、古き岩石層でも滑る事がある。又下を川が常に侵蝕して居る所では多く山崩を起して居る。

單斜層から起る障礙を避くるには其の地層走向に線路を直角にすれば宜しい。隧道も偏壓を受くる事なく、切取の法勾配も立てる事が出来る。

水成岩の層理と同様、火成岩特に熔岩層の如きは、節理發達し之に沿ひ滑り、或は此處から脱落する傾向がある。又隧道では水が多量に湧出する。火成岩の節理は水成岩と異り、之を地表の觀測により推定し難いが、若し出來れば露頭で主節理面の走向、傾斜を測定して内都構造を推定すれば宜しい。

13 表土及び風化岩

新鮮なる岩質が其の儘、地表面に露出して居る事は少く、其の表面は表土又は風化岩によりて、被はれて居る。此の表土及び風化岩は切取及び隧道工事に對しては不安定であつて、屢々崩壊する。吾々は地表より淺い隧道を嫌ふのは大部分之に原因する。

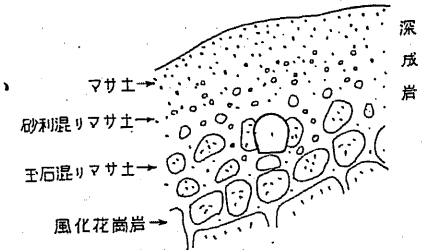
表土及び風化岩の發達の程度は岩質により異なる。第三紀層の風化したるもの程始末の悪いものはない。特に雪の深い所では、地下深所まで風化が及んで居り、全く軟質粘土又は砂層に化して居るので、暴風雨其他些少の事故が近因になつて崩

壊する。特に其の下の地層の傾斜の方向が悪ければ一層崩壊し易く、山崩及び地盤の崩行が生じて居る。

斯る地方に鐵道を通じて苦しむ實例は度々ある。北陸線筒石驛附近一帯、北海道の日本海方面の瀨柵線、羽幌線、留萌鐵道等其の主なるものである。切取は時に二三割に法を切らなければ保ち難く、土留擁壁は移動し、龜裂が入り、隧道は掘鑿後漸次膨脹して土壓が加はり、支保工を折損し、掘鑿斷面が收縮し、或は偏壓が加はり、苦心して覆土を疊築しても、後に龜裂を生じて修繕するやうな場合がある。

14 眞砂土

堅岩にして、風化作用の最も深く地中に及んで居るものは花崗岩が第一である。其の風化の最も進んだ地表近くは眞砂土となる。眞砂土は水には弱いが、工事が容易であつて、切取の法は立てる程保つと云ふ。シラスに似た性質を持つ。眞砂土の下は之に大玉石の混じたもの、其の下が眞砂土の少い風化岩となつて居る。斯る地質は中國地方に於て多く出會する。



第 22 圖

15 蛇紋岩

鐵道線路工事の一番苦手は蛇紋岩である。之は地殻構造線とも云ふ可き大斷層、糸魚川、静岡線、九州、四國、伊勢、天龍川のあの線の附近には必ず露出して居ると地質學者は説いて居る。

蛇紋岩にては滑り肌が無數に當初から存在するので、掘鑿すると同時に山が迂り始むる。迂り出さない迄も膨脹するので、擁壁や隧道には巨大なる土壓が加はり、隧道の斷面が收縮する。蛇紋岩のある所を線路は絶対に避けた方が宜しい。此のために失敗せる隧道が多い。

北海道雨龍線の幌加内隧道では、隧道を半分捨て、線路を変更した。伯備線谷田隧道では大崩壊した。最も苦心したのは房総線鴨川附近の峰岡隧道である。蛇紋岩の露頭がなかつたが、地中閃緑岩の境に發達して居、丁度此の部分で隧道が貫いたのである。峰岡隧道工事はたまたま大正 12 年の大震災にも関係があり。延長は短い珍しい難工事であつた。

幸に蛇紋岩は誰にでも直に識別出来るので、之を避け得る。其の光澤に富んだ油肌は、工事経験者には直に怖氣を起させるものである。

16 温泉餘土

火山地方で温泉の通つた跡、硫氣孔、噴氣孔であつた附近には、安山岩其他の火山岩が變質して、粘土となつたものが發見される。之は温泉餘土と云ふ。

之も工事に相當障得を與ふる地質であつて、切取掘鑿の直後は、切り放して置いても崩れる事がない。一見堅緻であり、掘鑿には時には火薬を要する事があるが、掘鑿を放置して日光にあてると凝集力を失つて灰の如くなり、雨にあてると泥状になる。掘鑿後時日が経過すると膨脹し始め、之を支ふる物に巨大なる土壓を及ぼす。丹那隧道を始め熱海線の諸隧道、最近は大糸線の大野隧道に於て此のために苦心して居る。火山に富む我國には温泉餘土は所々にある。

17 軟弱地盤

以上は主として切取、隧道の施工に關係のある地質であるが、次に地盤軟弱であり、建造物の基礎、及び築堤盛土の沈下に關係する地形地質を擧ぐる。

斯る地質は、概ね最近まで水底にあつたものが干上がった所に多い。微粒の泥砂が堆積成層し 80~95% の含水量があるもの、又は泥炭層と稱せらるゝ有機性軟質土が發達して居る事が多い。何れも非常に壓縮し易いものである爲め、此の地域に於ける盛土又は建造物は沈下する。特に泥炭層にては築堤盛土の沈下甚だしく、北海道には野地と稱し、沼・瀉・川等の沼澤地跡に泥炭層の發達せるものが多い。高さ 6m もある築堤が全く地中に潜つた實例がある。

又泥炭地の中には、水が強い酸性反應を呈し、多量の硫酸性酸化鐵及び遊離硫酸を含むため、混凝土を腐蝕せしむる事がある。

新しき沖積層に於ては、築堤及び建造物が極めて徐々に沈下し、其の率は年と共に減少するも、數十年に亘つて止まないものがある。東京の本所深川の如きは其の好適例であつて、越中島線を始として橋梁擁壁築堤の沈下せるものが多い。

軟弱地盤は前記東京附近の如き河川の沖積地、九州有明海の沿岸の如き沖積地並に、人工により埋立てた地方か、或は沼瀉河川の跡に多いのであるから、地形的にも特徴があり、容易に發見し得る。又測量中にも少し注意すれば、水準儀の水泡が觀測者の位置によつて動き、測桿を地中にさし込めば 9 尺位片手で容易に入る等軟弱地盤の疑は、少し経験があれば氣が付く。

軟弱地盤に於て、沈下の程度を豫想するのは中々困難である。其の量は基礎の形、廣さ等に關係し、未だ正確に地盤の支持力を推定するまでに、研究が進んで居ない。僅かに土質を調査し、其の土質に相當する他の場所の沈下の實積を參考として、推定する事が出来るのみである。泥炭層或は柔軟なる堆積層の發達するは次記の地形に多い。

河の蛇行跡

平地を流るゝ川は、決して最急勾配を取りて直線的には流れず、蛇の匍ふ様にうねりくねる。之を川の蛇行と云ふ。蛇行して甚しく彎曲すれば、何時か又出水の際切れて捷徑路を取りて流れる新しい河筋が出來、彎曲部は月形の沼となり、後乾上つて泥炭地となる。斯る所は川の蛇行の形から大抵推定出来る。石狩川・天鹽川・雨龍川の沿岸地方には隨所に見る。

舊河跡

昔人工を加へたが爲か或は自然に河筋が變更し、舊河筋は沼として残り後乾上がつた所も、亦地盤が悪い。線路が丘岡から川原へ出る時、岡と河原の境に斯る昔の川筋が多い。

海岸泥炭地

海岸地方で意外の所に泥炭地が発達して居り、鐵道線路が沈下して苦しんだ實例が多い。斯の如き地方も地形的、並に地質的に注意して觀察すれば、泥炭層の発達した所以が判明する。

海岸泥炭地の成因を次の二つに分け得る。一つは陸地が沈降した海岸であつて、山嘴や岡が岬となり、平地は入江となつたが、岬は波浪に侵蝕され、入江の口に砂洲が出来ると、海を閉ちこめて潟となし、茲に沼澤地を形成し、夫が漸次乾上つて現在では其處が田圃となつて居るが、其の地下には泥炭層が発達して居る。

鐵道線路は以前の岬で現在岡となつて居る所を切取り、此の田圃の上に築堤する時、之が沈下するのである。若狹灣から宍道湖に至る山陰地方には天の橋立を始として此の入江、潟、乾上つた所と、種々發達の段階にある地形を隨所に發見する事が出来る。

山陰線の工事の際、鳥取附近に於て寶木驛を中心として數箇所築堤が沈下し其の量約數千立方坪に達したるものあり。紀勢線にも斯る地形を見受ける。

他は離水海岸であつて、海底は上昇し海は遠淺となり磯波が海濱で打たず沖合で碎ける。波は其の部分の海底の砂を擾亂して、一部は沖に運び去るが、一部は前方の磯に打上げて其の處に海岸に平行した一帯の洲を作り、其の上部は遂に海面上に露出する。之を地形學では沿海洲と云ふ。

其の後沿海洲と陸地との間に潟が出来、沼澤地となり、洲は砂丘となり、砂丘列を造るに到る。臺灣の西南海岸、九十九里濱の如き斯る典型的な地形である。

日本の砂丘列には之に屬するものが多い。羽越線酒田附近に於て數箇所築堤が沈下した。

18 地質調査の必要

以上主として工事に障礙となり、難工事の原因となる如き地質を列挙したので

あるが、吾々は此の外に工事に難易を問はず、設計をなし工費豫算を計上するためにも地質を知る必要がある。

特に工事請負を投機事業ならしめざるためには、是非地質を明にして置かなければならぬ。即ち切取り箇所の地質の硬軟、橋臺橋脚の基礎の深さ及び、其の根掘方法を豫定するを要する。又大隧道にては一日の進行、土壓の程度、覆工の厚さを豫知する必要がある。

是等の判断は地上に現はれたる地層、岩石の露頭等により或る程度まで判断し得る。基礎及び切取の深さは淺い時には、地上より見える所と大差ないが、相當深くして、地質如何より工費に莫大の差額ある時、又其の設計の根本を變更する必要がある時は、之を確實にする爲め適當の手段を執らなければならぬ。

19 地質調査方法

地質調査方法の中にも簡單直明なるは壘掘である。少き工費を以て確實に知る事が出来る。餘り深くなき岩盤の位置を知るには、鐵棒で衝いて見るか、或は上總掘の鑿を下げて見ればよい。

深さ 10 m を越すか、或は途中の地質を明にする必要あれば、ボーリングによらなければならぬ。ボーリングをする以上はコアを引出し得るものが良い。但し此のコアを見て地質を判断するにも、技倆を要する。井戸屋任せにして置いたのでは間違ふ事がある。砂であるか、風化せる岩質であるか、大玉石であるか、岩盤であるか判断し兼ねる事がある。

ボーリング、壘掘りのみに依らず、附近一帯の地質構成を觀測して、得らるゝだけの資料から豫め想像し、尙疑問とする處を之によつて確むると云ふ如くに之を行へば、ボーリングのコアの判断を誤まる如き事は殆んどない。

總て一貫した考なしに、何處にでも、試に壘掘、又はボーリングす可きでない。必要以上に試掘するのは、技術者の耻辱である。之に反して試掘の費用と、時間を惜み、少き資料により大膽に想像して、地質断面圖を造るのも、亦無謀にして

之に依頼して工事するのは實に危険である。土木工事の経験のない地質學者中には、斯る人もあつたが、地形の成因等を學術的興味から、説く場合は斯る態度も差支へないが、工事を実施する時には、徒に技術者を混亂せしむるのみである。

20 ボーリング機械及び工費

ボーリングの機械及び其の方法、所要動力其の他を次に列挙する。

試錐機の種類及び其の特徴 (昭和七年十一月調)

製作所	代理店	機名	型式	機寸 幅×深	機重	動力	脚	筒高	単錐外徑 1本の長	筒外徑 1本の長	ビットの 種類	ビットの 外徑	試錐 方向	錐送り 方法	必要 人員	備 考
Swedish Diamond Drilling Co.	オデリク ダイヤモンド 商会	Cmelphis	A. B. 型	2×6 m	700 ^m	15.H.P.	運動 装置	43~50 ^m	43~142 ^m	76~156.5 ^m	鋼石又 代用品	45~144 ^m	任意の 方向	レベ ル	4人	ビットの外徑は、相 対的に手動によるレ ベルに正確に知る事 を得、試錐機は、 錐中ロケットの上下 運動のケレン、ク チ、口徑異なる九種 のケレン、口徑異なる 九種のケレン、口徑 異なる九種のケレン に適當なり。錐機は 其の値にて使用し得。 砂利、玉石層には不 適なり。錐機は、岩 盤には適當なり。
英國Sullivan machining Co.	新祥工 業社	Bravo	E	2×5 m	180	4.H.P.	動力に 直結	38~50 ^m	76~156.5 ^m	鋼石又 代用品	〃	任意の 方向	スク リ	4人	ビットの外徑は、相 対的に手動によるレ ベルに正確に知る事 を得、試錐機は、 錐中ロケットの上下 運動のケレン、ク チ、口徑異なる九種 のケレン、口徑異なる 九種のケレン、口徑 異なる九種のケレン に適當なり。錐機は 其の値にて使用し得。 砂利、玉石層には不 適なり。錐機は、岩 盤には適當なり。	
〃	〃	〃	〃	2×4 m	〃	手動	手動	〃	〃	〃	〃	〃	〃	4人	ビットの外徑は、相 対的に手動によるレ ベルに正確に知る事 を得、試錐機は、 錐中ロケットの上下 運動のケレン、ク チ、口徑異なる九種 のケレン、口徑異なる 九種のケレン、口徑 異なる九種のケレン に適當なり。錐機は 其の値にて使用し得。 砂利、玉石層には不 適なり。錐機は、岩 盤には適當なり。	
〃	〃	Diamond Drill	C	2×5 m	100~ 600 ^m	15.H.P.	運動 装置	〃	〃	〃	〃	〃	〃	水 壓	4人	ビットの外徑は、相 対的に手動によるレ ベルに正確に知る事 を得、試錐機は、 錐中ロケットの上下 運動のケレン、ク チ、口徑異なる九種 のケレン、口徑異なる 九種のケレン、口徑 異なる九種のケレン に適當なり。錐機は 其の値にて使用し得。 砂利、玉石層には不 適なり。錐機は、岩 盤には適當なり。
美國Herker Cable Co.	ヒーリ ンゲル 商会	Har ker	Ex- pert	2×6 m	150	4.H.P.	機械に 直結	43~63 ^m	43~63 ^m	鋼石又 代用品	〃	任意の 方向	パ ン ク リ ウ ン	3人	ビットの外徑は、相 対的に手動によるレ ベルに正確に知る事 を得、試錐機は、 錐中ロケットの上下 運動のケレン、ク チ、口徑異なる九種 のケレン、口徑異なる 九種のケレン、口徑 異なる九種のケレン に適當なり。錐機は 其の値にて使用し得。 砂利、玉石層には不 適なり。錐機は、岩 盤には適當なり。	
〃	〃	〃	〃	〃	〃	手動	手動 簡機	〃	〃	〃	〃	〃	〃	5人	ビットの外徑は、相 対的に手動によるレ ベルに正確に知る事 を得、試錐機は、 錐中ロケットの上下 運動のケレン、ク チ、口徑異なる九種 のケレン、口徑異なる 九種のケレン、口徑 異なる九種のケレン に適當なり。錐機は 其の値にて使用し得。 砂利、玉石層には不 適なり。錐機は、岩 盤には適當なり。	

