

講 座

UDC 625.1

鉄道建設技術講座 (II)

正員 桑原 彌 寿 雄*

第1章 図上研究及踏査と鉄道線路選定の概念

(8) 現地踏査の心得 図上で研究した路線が果して現地にそのとおりに設定し得るか、また現地の経済的情勢が図上と資料で想像したとおりにあるか、またその路線の能力及び位置が開発上充分であるかどうか、また比較線の図上できめかねる優劣などを現地について確かめ、かつ認識を深めるのが踏査の目的である。場合によれば図上研究とこの踏査のみによつて工事数量の概数を算出して概略予算を組み、また略経済調査をなして大体の判決を下すことが可能である(拙著: 路線測量—オーム社刊 p. 54 参照)。踏査の方法は全線にわたつて歩行して行うことが最良であつて、かつ往復して地形、景観を前後から見ると完全に頭に収まるもので、ことに勾配は上り下り両方見ないと、はつきり感じがつかみにくい。急ぐ場合で、自動車を用いる時でもできれば片道は歩行すべきである。自動車の場合特に上り勾配は感じないで、下り勾配が急に感ずるから注意を要する。急ぐ場合に道が相当よければ自転車を用いると、随時とどめて観察できるのと、勾配を鋭敏に感ずるので有効である。同様雪国では冬期スキーを用いるのは、勾配もよくわかり、また防雪の設計上必要でもある。

踏査の際の携行機材は一般の旅行用のほかに、上記の自転車またはスキーに、要所及び全景パノラマ撮影のため写真機が必要であり、また双眼鏡やバロメーター、またさらに詳しく調べる時にはポケット・コンパス、歩度計、巻尺等を用意すべきである。

現地で踏査する際には、上記のごとく路線位置撰定の要領で述べた諸点を注意して観察、判定を下すとともに、雨量、流量、洪水位、地質及び表土の深さ、土質、計画あるいは施行中の他の工事との関連、停車場位置の経済的良否及び広さ等や機関車用あるいは飲料用水の有無、雪国では雪の降り方、積雪量及び雪崩の工合等を照査して設計に備え、さらに工事材料(土取場土捨場を含む)の数量、運搬の便否、単価、労務者の賃金、宿舎の有無、食糧の豊乏、電灯電力の有無等、

* 元国有鉄道技師、前盛岡工事事務所長

工事(測量を含む)を便ならしめるように施行や予算に関係ある事項を調べておく。

5. 地形、地質及び気象に関する注意

(1) 土木と地形、地質 我々が土木を用いて天然の地形を変更しある目的に利用しようとするならば、この天然の地形は地殻を構成する岩石と、その風化帯及び水による浸蝕、運搬、堆積の作用と堆積物とより成つていて、一応釣合安定を保つているものであるから、この安定を破つて人工の釣合の状態に移すことになるのである。このさい我々の問題は、地盤の質がその安定の変化、すなわち地形の変更に固いか軟いかと云う、所要エネルギーの問題と、その地形の変更が新たな釣合の範囲内に終るかと云う安定度の問題との2つに帰着する。

そこで我々は必ずしも正確な岩石の名称を判定できなくても(必要があつて正確な地質学的な智識を知りたい場合には、専門家の踏査判定とボーリング等の地質調査によることとして)、一応その岩質、土質の土木工事並びに保守に当つての地質的力学的性質がわかれればよいわけであつて、このために一般地質学の分類とは異なつた岩質、土質の分類をなし、かつ地形の観察によつてその安定度的見地よりの判断を下し得るわけである。

(2) 岩石の種類 しかし基礎の地質の智識も一応必要であるから、一応その概略を記述する。地殻は、内部の熔融状態の岩漿から直接変化した火成岩と、これが、水と空気により風化、分解、運搬、堆積して固化した水成岩(堆積岩)と、この2種の岩石の変化した変成岩との3種類の岩石と、これ等の分解または堆積して未だ固まらない風化帯や土壌類とよくなる。

(a) 火成岩は、地下深所でゆつくり固まつた深成岩と、火山活動により地上に噴出して急に固まつた火山岩と、この中間の半深成岩とに分れ、その鉱物学的の区別は、深成岩は組織が全部鉱物の結晶から成る完晶質であり、火成岩は斑晶と石基とより成る斑晶質である。また各酸性岩(SiO_2 66%以上)と中性岩と塩基性岩(SiO_2 52%以下)とに分れ、酸性の強いもの

表-1 火成岩分類表

進出状況 による分類	岩質		酸性岩類	中性岩類	塩基性岩類	現出状況
	主造岩鉱物	石英	石英+正長石+黒雲母+(角閃石)	石英+斜長石+黒雲母+(角閃石)	(石英)+(斜長石)+輝石+橄欖石	
深成岩	完晶質		花崗岩	閃緑岩	斑れい岩 斑 覆 岩	株 盤 整 盤
半深成岩	(完晶質) 斑晶質		花崗斑岩 閃緑斑岩	ふん岩	輝緑斑岩 斑 覆 岩	餅 盤 整 盤
(噴出岩) 火山岩	斑晶質 斑 質		石英粗面岩 玄武岩	石英安山岩	輝石安山岩 玄武岩	地表噴出 熔岩流

は白つばく、塩基性が強いものは黒つばいのが特徴である。

- (b) 水成岩 水成岩を成因によつて分類すると、水成堆積岩(水の作用)…頁岩, 砂岩, 礫岩, 硬砂岩, 珪岩, 粘板岩
火成碎屑岩(火山噴出物)…凝灰岩, 集塊岩, 白砂,
碎屑堆積岩(風成碎屑岩その他)…砂丘, 黄土,
ローム

化学堆積岩(沈澱岩)…石膏, 珪石, 褐鉄鈣
有機(堆積)岩(生物残骸)…石灰岩

等となるが、粒の大きさにより、粘土質, 砂質, 礫質等, また化学成分によつて石灰質, 珪質, 頁質(砂岩)等と分け、堆積の時代が古くなるほど固結の度が高まつてくる。

(c) 変成岩 熱や圧力によつて岩石の組織が変化したり、新鉱物ができたりして変つたものが変成岩であつてその種類は次の3つである。

- A 片麻岩 { 1. 正片麻岩—火成岩の変質(花崗片麻岩等)
2. 準片麻岩—水成岩(硬砂岩)の変質

B 結晶片岩類

1. 雲母片岩(千板岩もこの1種で粘板岩との中間物)
2. 緑泥片岩(主として輝緑岩より変化したもの)
3. 輝石片岩類(蛇紋岩: 塩基性火成岩の変化を含む)
4. 石墨片岩(炭質頁岩の変質)
5. 珪岩(主として砂岩類より変質したもの)

C 接触変質岩

1. ホルン, フェルス(粘板岩の熱または圧力により珪質に変化したもの)
2. 大理石(石灰岩の変質結晶したもの)

(d) 地質時代の概念 地球の歴史の初まりから、古生代以前には花崗岩, 斑礫岩等の深成岩と

粘板岩, 千板岩, 硬砂岩, 珪岩等の固い水成岩と、これ等の変質した片麻岩及び結晶片岩類及び蛇紋岩等があり、中生代となると深成岩のほか、石英斑岩, 輝緑岩, 玢岩, 橄欖岩等の半深成岩が多く、水成岩では砂岩, 礫岩, 輝緑凝灰岩, 石灰岩等がある。

新生代に入つては、第3紀に火山活動が非常に盛んであつて、石英粗面岩, 安山岩, 玄武岩等の火山岩が多く噴出し、また水成岩も凝灰岩, 砂岩, 頁岩等が広範囲に分布しており、日本の石炭もほとんどこの時代のものである。

第4紀に入つては、洪積層のロームや河段丘の堆積砂礫層や垂炭などがあり、次に現在の低平地に生成されつつある地質の最も軟弱な沖積層の現代に至つているが、火山活動はやや弱いが続いている。

(4) 地形, 地質による工事の困難 地形地質によつて

- i) 隧道の場合には地下水の湧出, 断層による崩壊押し出し(例: 丹那, 深坂, 大釈迦)や、地熱または岩石の膨張によるもの(例: 宇佐美, 大野, 夜屋, 日振)等の困難があり、
- ii) 切り取りについては、崩壊跡や地亡地(例: 北陸線筒石, 名立)及び非凝集土質の崩壊等が問題であり、
- iii) 築堤や建造物の基礎として3ヶ月沼跡のような軟弱地盤(例: 札幌線)や支持力の不足な沖積層の沈下(例: 大阪駅)等があるが、隧道が最も地質的困難が多い。

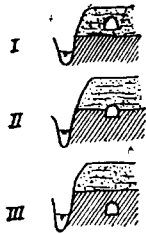
これ等の困難は岩石自体に起因するもの(例えば岩石の傾斜面に沿つて岩じりを起しやすい四国の大ボケ小ボケの地形)と、特殊の地形でその土質や岩石類が崩壊しやすいものが原因のものとなり、後者では地じりは蛇紋岩の風化帯(例: 深名線幌加内隧道)や第3紀層に多い(例: 北陸線の頸城層)。

切り取りでは土質で、花崗岩の風化帯の真砂(中国地方に多い)の法面の保守や、九州南部の白砂と称する半固結火山灰や関東ロームなど法面を立てて法尻に余裕を取つた方が雨裂(条痕)ができない点など注意すべきである。

(5) 特殊地形に対する注意

(a) 河段丘及び海岸段丘 これは川沿いまたは海岸にある台地で地形の沈降堆積と、上昇侵蝕の輪廻をくりかえしてきたもので、台地の上に大玉石、礫、砂等より成る凝集力のない堆積層が乗っているもの

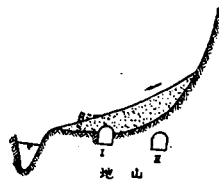
図-1 河段丘と切り取り及び隧道



で、その前後で谷を渡るためにここに隧道を設けざるを得ないことがある。この時は図-1のI, IIの位置は不可であつて、これは現地の状況に応じて下方または奥部のIIIの位置を撰ぶべきで、場合によつては土はむしろ切り取りとした方がよいことがある。

(b) 崖錐 溪谷の断崖の下に発達した崖錐は、上方は破碎岩塊や岩屑よりなり、下方は表面が粒子が細かく開拓されて畑となつていることが多いがこれはきわめて、緩漫に匍行しており、凝集力がないから、図-2-Iのような隧道は不可であつてIIのような、地山に入れる必要がある。この末端河岸に切り取りを作る場合は擁壁で押えて(これは崖よりの落石よけのためもある)、排水をよくしておかないと、部分的地這りを起して倒壊するおそれがある。

図-2 匍行性崩積層(崖錐)



(c) 山崩れ跡及び地這り これも匍行性があり再度地這りを起しやすいから、線路位置はできるだけこれをさげ、またその附近では、切り取り及び擁壁の設計、施行と排水に注意を要する。この地形上の特徴は上に馬蹄型の崩壊面の一部があり、下方は貝殻を伏せたように盛上つているが、断面は地這りの境目に力の釣合が破れて、円弧状の這り面を生じ、下方に盛れ上つた部分が対重となつているので、この下部を切取ると釣合いが破れてまた動き出す(例:東北本線、浅虫東方)のである(渡辺眞氏著:地質工学参照)。また地名に押し出しか、ゾーレとか崩れとか云う所はたいてい附近に地這りや山崩れのある所であるから注意を要する。

この山崩れや地這りは、基本的地質条件——例えば

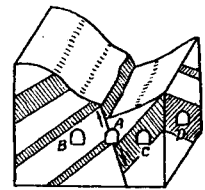
崖錐、河の側方侵蝕による河段丘や河岸の地這り、単斜層や節理等地層構造、第3紀層のような岩質または土質、あるいは温泉余土(火山岩の温泉作用による分解産物)や蛇紋岩等——の上に多くは雨とか、積雪または融雪、地震などの地象的条件や人為的の切り取り等の誘因が動機となつて起るものである。

(d) 扇状地及び山津波 扇状地は、山間の急流または沢が急に平地または台地に出てきて川勾配が急激に緩くなつて、そこに玉石、砂利、砂を堆積して、その形が扇を拡げたようになったもので、その広大な例は、黒部川の愛本橋の下方に数百km²に及ぶものがあるが、一般に現代にあるものは沖積扇と云われて小規模のものが多い。この扇状地が山の沢によるもので、崖錐の上に乗っているものがあるが、これは扇状錐とも云われる。

このような短い沢によるものでなく、相当の大きさの川の平地の出口にある扇状地で、玉石でなく角礫や岩塊を含んでいるものは、その奥に山津浪(山崩れによる押し出し)のあつた痕跡であつて、再度の山津浪のおそれがあるから、調べてみる必要がある(例:大東線、姫川)。またこんな山津浪のあつた谷は、埋積谷となつているので、ここに架ける橋梁の基礎は下方侵蝕のおそれがあるから注意を要する。

(e) 峠の断層地形 路線の検定に最も影響のある地形は分水嶺の峠であるが、両方からの単なる侵蝕によつてできた峠は大したことはないけれども、峠は断層でできたものが多く(その特徴は前後の谷がほぼ直線で両側に通つていることが多い)、工事に決定的困難を

図-3 断層線と隧道の方向



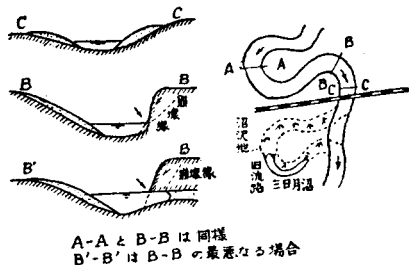
Aは絶対に不可(断層に平行)
B,Cは比較的可(断層に斜交)
Dは安全(断層に直角)

することがあるから注意を要する。これは図-3のようになるべく断層に直角に掘るようにし、やむを得ず平行に掘らなければならない時は断層の位置を左右に完全にさげなければならない。

(f) 蛇行河川と軟弱地盤 蛇行河川の橋梁の位置は、図-4のように3ヶ月沼等旧流路跡をさけてかつ側方侵蝕のおそれのない直線流路となつている部分を選ばねばならない。3ヶ月沼の跡の埋まつた所や浅海跡の低地の軟弱地盤に築堤すると一夜にして消えてしまう(幽霊地盤)ことがある(例:札沼線、輪島線)。やむを得ずこんな所をとる場合には両側に対重をおかねばならない(例:宇野線)。

大阪、東京等の沖積層はまだ生成後間がないので脱

図-4 蛇行せる河と横断箇所

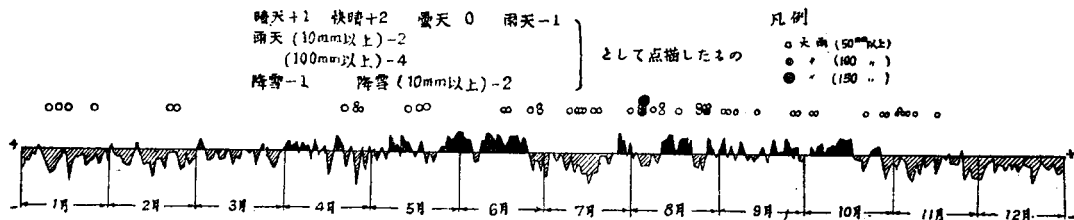


水、収縮、沈下する傾向があり、かつ大きな荷重に対しては急激沈下（例：大阪駅）をするから、あらかじめ十分な地質調査と準備を要する。

(6) 地質調査、踏査の注意 本格的な専門家の地質調査やボーリング、物理探査法等の必要のある場合はそれとして、我々が線路の選定や工事の設計施工に当って、現地を踏査する場合には、上記のような特殊地形に特に注意せねばならないのはもちろんで、さらに地形の観察と同時にその地質の概略を知ることが必要である。これには既述の地質一般の知識をもつて、基盤の岩石を切り取り等の新しい表面から採つてその組織を肉眼または拡大鏡によつて観察し、かつその現場の岩石の層序や地形をあわせ考へて判断するのが理想である。

しかし実際は時間の関係上、上記のような地質調査を広い範囲でやることは専門家にまかせ、我々はまづ既往の文献があればこれを利用して概略の知識を得、かつ踏査の場合は道路線路沿いにざつと通ることが多いので、切り取りを見たり、石垣の石とか河原の玉石の質を見て上流の地質の概略を推定するのが便宜である。この石垣、河原を見ることを、石垣地質学とか河原地質学とか称する。ただし上流の地質が蛇紋岩や第3紀層の場合は、遠い下流では砕けてとけて形がなくなり、その前後の岩石が石垣や河原にあるから注意を要する。なお隧道口や切り取りの表土及び風化帯の深さと、橋梁の基礎となる河原の礫の大きさや堆積土砂の深さを見当つけることは大切であつて、場合によっては*

図-5 檜木内線（下檜木内）晴雨図（昭.5~15 総括）



なお洪水の高さと降水量とは対比して相関関係を調べておくことは必要である。

北日本において厄介なのは雪であつて、これには降雪あるいは吹雪と、積雪と、雪崩れとの3つの被害がある。この降雪量及びその強度と風速（吹雪一吹溜りができる）や積雪量は測候所または簡易観測所の記録について十分に調べる必要がある。これによつて除雪

* 坪掘りして確かめることが必要である。

また断層地形は、断層崖、峠、鞍部、断層小塊等が図上及び現地で直線的排列をしていること、地形及び地層、地質の急変していることから推定し得るのである。

(7) 洪水及び気象の調査 線路は地形、地質のほかに、その上に起る天然現象たる気象の影響を受けることが多いのであつて、河沿いの線路や橋梁に対する洪水とか、山沿いの線路の雪崩れとかによる被害は致命的であるから、あらかじめ十分に調査しておかねばならない。

まづ洪水については、要所々々の平水位 (M.W.L.)、低水位 (L.W.L.)、洪水位 (F.L.)、過去の最高水位 (H.K.F.I.) 等を現地についてその起つた年月日ともに調べて、なおこれを図上に点描して相互のデータの食い違ひがないかを調べてみる必要がある。なおその洪水の被害、洗掘状況とともに浸水状況と範囲を調べて図示しておくべきである。

この洪水のもとをなすものは、雨であるからまづその基本の気象状況を調べておかねばならない。気象はその根本の地理的状況、すなわち緯度とか、日本海側か太平洋岸かと云うような位置とか、平地、山地、盆地または溪谷等の地形とかによつて左右されるが、温度、降水量及び強度、日照時、風向とかの基本事項と、その結果で気象、気候の型を調べておかねばならない。この基本のデータは各府県及び中央気象台から、気象年報がでているから、これを利用すべきである。この年報は県内 50 箇所前後の簡易観測所の結果の年間を取りまとめたものであるから、日付の記録は、各現地最寄りの簡易観測所(小学校に委託が多い)について調べれば 10~20 年等長年月の記録がある。

この気象データを利用するには、図-5 のように長年月の記録を評点累計（これは雨量の合計では降らない日が入らないので工合が悪い）して晴雨図を作り、できれば一つの線路の上、下流で2つ以上作つて対照すると、一見して気候、気象の型とその変化がわかる。また図示のようにある程度以上の大雨を点描すると何日頃に大雨洪水があるか、その気象の型が見当つく。

切り取りとか流雪溝とかの防雪設備設計上の問題がきまる。しかし雪の問題で決定的に大切なのは雪崩れであつて、これはその出る場所をその出る時期、大きさ及び状況とともに、他の雪の問題をその季節にスキーを用いて調査して、図上にその大きさ（巾乃至は量とともに落下の高さ）と対岸等及び範囲を入れて路線の選定に用いることは絶対に必要である。