

講座

土木計画における地形・地質情報の利用

4. 路線計画において留意すべき地形・地質情報（その2）

に 丹 わ 羽 とし 俊 ひこ 彦*

4.4 路線選定

4.4.1 鉄道の建設

鉄道が長距離・大量・高速に適した近代的陸上輸送機関として使われるようになってから、既に百年以上の歴史を有する。この鉄道を建設するための努力は、土木技術の大きな発展をもたらした。

我が国における鉄道建設の初期の時代にあつては、国内に早く線路網を完成しようとしたため、当時の技術では長工期を余儀なくされた長大トンネルを避けて線路が建設された。そのため急勾配、急曲線が多く使われ、その後の輸送量の増大とともに不便さが増してきた。大重量の貨物列車には補助機関車が必要であり、特急列車は急曲線では速度制限を強いられることになった。

そのため比較的早い時代から勾配の改良工事が進められ、東海道・山陽・東北・北陸などの主要幹線は10‰を標準とする現在の形に仕上がってきた。これらの大工事が進捗するに従い、土木工事と地形、地質との結びつきが学問的にも明確にされるようになった。特に丹那トンネルの難工事は、土木地質という名称が使用されるようになった最初のものといえる。

以下に地形、地質情報と鉄道建設との関連を実例も交えて述べていくことにしよう。ただし都市鉄道の建設におけるシールドトンネルについては本誌1977年5月号の講座「シールド工法と土質」に詳細に述べられているので、本文では割愛しておくことにする。

4.4.2 新幹線鉄道の路線計画

新幹線は大量、高速の都市間旅客輸送であるから、大都市間を直線で結んでいくのが理想の線形であるといえる。しかし現実の地形ではそうはいかない。

主たる区間を200 km/h以上の高速で走行するのであるから、駅間距離も在来線の5 km程度のものに比較して数

10 kmと長くなる。大都市内の駅をどこに設けるか、そのために大都市内をどのように通過するかを決定するためには、細部にわたる地形・地質的な情報が当初から必要となる。大都市域を離れると、今度はこの高速列車をどのように集落等の障害物を避けて走らせるかを20万分の1図程度を用いて広い区域について検討する。ルートに交じわる方向の大河川・山脈はルートの決定に重大な影響を与えることになるので、詳細なる地形・地質情報が要求される。

新幹線の場合は、特に緩勾配、大曲線半径で選定されるので、大都市駅周辺におけるわずかな変更もそれに伴う影響範囲が遠くにまで及ぶ。したがって、平面図も最初からかなり幅広く図化しておかないと不都合が生ずる。この点で航空測量は非常に有利である。

もうひとつ車両基地の問題がある。一編成450 mもの列車を多数滞留、整備するには広大な敷地が必要となる。本線に容易に接続でき、かつ周辺地域にあまり不便をかけることなくこの大面積を確保し、それが将来も地形・地質の面で保守に手間をくうことのないような所を選定するためには、詳細な検討が必要である。

4.4.3 在来線の路線計画

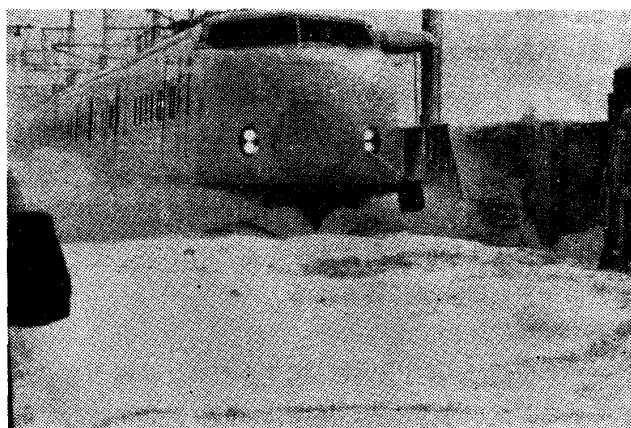
在来線の建設は、新線建設と改良の二つに大分けされる。我が国の現状では、新線が建設される地域は、都市高速鉄道は別として、地形的に厳しい条件の所が多いので、路線選定は慎重に行われる。

在来線の改良工事の種類は、線路増設、曲線または勾配改良、防災改良、停車場改良等に分類される。いずれの場

表一4.1 新幹線の規格

運 転 速 度	250 km/h
曲 線 半 径	4000 m 以上
勾 配	15 ‰ 以下
	10 km 間の平均勾配 12 ‰ 以下

*国鉄 鉄道技術研究所 防災研究室 室長



写真一4.4 積雪区間を疾走する東北新幹線

講 座

表—4.2 在 来 線 の 規 格

線路等級		1 級 線	2 級 線	3 級 線	4 級 線
最小曲線半径	本 線 路	800 m	600 m	400 m	300 m
	電 車 線				
最急勾配	本 線 路	10 ‰	10 ‰	20 ‰	25 ‰
	電 車 線	35 ‰			

合もおおむね現在運行している線路に近接して新線を建設することになるので、営業運転の安全を第一に念頭に置かねばならない。無造作に切り取りを行って地すべりを誘発して現在線に変状を発生させたりするような事態は絶対に避けなければならない。防災改良の場合は、既に変状が発生しているのが普通であるから、新たな線路の選定には特段の配慮が必要である。曲線や勾配改良は、建設当時の諸条件から今のルートが選定されたのであるから、その当時の経緯等も十分に調べてからとりかかることが大切である。線路増設工事は複線、複々線工事として現在の線路にほぼ平行することになるので、計画面で慎重な調査が必要となる。都市高速鉄道となると、更に詳細なデータが要求され、都市施設等に悪影響を与えぬような配慮も必要となる。

いずれの場合も、詳細な地形・地質の情報を収集して計画に活用しなければならない。

4.5 線路選定上考慮すべき地形地質的な諸条件

4.5.1 地形との関連

1) 路線選定の基本

線路の建設は地形と調和させることが大切であると昔から言われてきた。すなわち、地形、地質、気象等の自然条件の中で、直線・平たんという鉄道線路の理想に、できるだけ近い形に路線の位置を選ぶことが要点である。

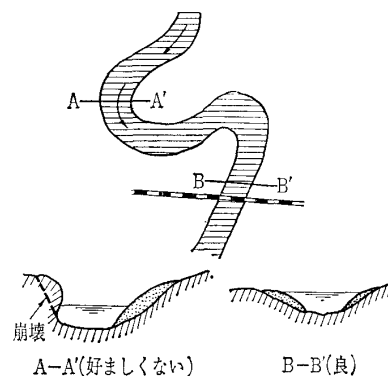
路線は開業後において災害等に対して安全で保守に手間を要することが少なく、かつ所要の高速度で走行できる路線でなければならない。

更に工事量を最小にすることのみにとらわれず、将来の運転方式、更には運営費をも考慮に入れて比較路線を検討する必要がある。

路線が起伏の大きい地帯を通過する場合、あるいは山脈を横断するルートをとらねばならぬ際に、まず第一に考えるのは川に沿って進むことである。すなわち水的作用によって浸食を受けた低い部分が谷であるから、まずこのルートについて検討するのが良い。谷の自然勾配が規格勾配より緩い場合は比較的容易にルートが描けるが、そうでない場合は十分な研究が必要となる。

2) 架橋位置の選定

橋梁の位置は、河川の狭い場所を直角に横断するのが原則である。河川の幅の狭い箇所は一般に浸食に対して抵抗の大きい箇所であり、また、流速も早いので堆積の心配も



図—4.7 架橋地点概念図

少ない。河川の屈曲部などでは、河岸が浸食されて橋台の裏が洗われる心配がある。流心の不安定な箇所では橋脚基礎等が洗掘される心配や、洪水時に運搬されてきた土砂の堆積によってけた下高の不足をきたす心配がある。そのような土砂の堆積は、河川勾配が急勾配から緩勾配に移る地点に生じやすく、逆に急流部の始まる付近では少ない。

新幹線の場合には、前後の関係から条件の良い位置ばかりを選定することは困難である。斜角がきつくなり、河川流量から定められる支間長から、設計スパンは長大スパンが要求されることになる。周辺の環境に対する配慮から鉄げたが使用できないとすると、自重の大きい PC けたを採用せざるを得ず、地質状況によっては基礎の設計が困難となる場合もある。このように架橋地点の選定は大切である。

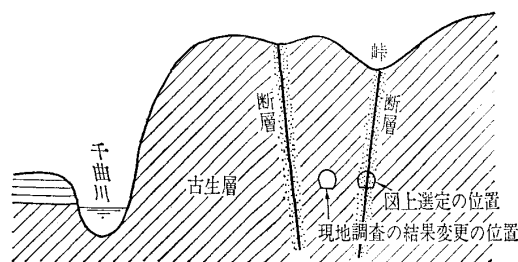
河川において、岸の状況が比較的安定している箇所は古い渡船場や、水神様の社、祠、古くからの集落等によって見当をつけられる場合がある。

橋梁の場合でも断層地形には注意が必要である。断層破碎帯の上に基礎が乗るようなことになると、設計には工夫を要するので、ボーリング等により十分な調査が必要である。

3) トンネル位置の選定

トンネルは前後の取付け勾配が緩く、延長が短く、できるだけ直線であることが基本である。そして、両坑口の位置が地形的に良好であることが望ましい。

坑口は地盤の安定した山の鼻を選ぶのが良い。そこは浸食に対して残ったところであるから、施工も容易であり、積雪地帯でも吹きだまりや雪崩がなくて保守上も有利とな



図—4.8 小海線樋沢付近横断略図

る。

このほか、崖錐地形や海岸・河岸段丘といった、厚い堆積物を持つ地形の中には、トンネルとして飛びこまないほうが良い。

峠の地形には注意する必要がある。峠は断層であることが多く、また、断層でなくても軟弱層が堆積していたり地下水が集中していたりすることがあるから、十分の調査が必要である。

一般的にはトンネルの路線中心線は、地形図の等高線にできるだけ直交する方向で選定するのが良い。悪い地質があったとしても通過する区間延長が短くなることも考えられ、また、土圧が大きくあったとしても左右が比較的均等で、偏圧のおそれが少ないからである。

長大トンネルとなると工期を短縮するため、中間に作業坑を設けることも考慮に入れて路線を選定する。

作業坑は横坑が望ましいが、地形により斜坑となり、斜坑長も 800m 以上にもなるとたて坑を考えざるを得ない。

作業坑は地形・地質の良好な箇所へ設け、特に湧水に対しては特段の配慮が必要である。たて坑は谷部に設けられることが多く、結果として断層または谷川に近づくことになり、特に入念な調査が必要である。

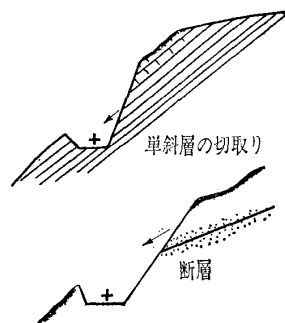
4) 地すべり地形

路線選定上、最も注意しなければならない地形のひとつである。山地が切り取り等に起因してその平衡をなくして地すべりを起こす場合と、既に一度大崩壊を起こし、は(匍)行性地すべりとなっている場合がある。

前者についていえば、これら山地はかろうじて平衡を保っているのであるから、切り取り等がいかなる影響を及ぼすかを検討する必要がある。

後者については、選定段階で極力避けることが望ましい。在来線等との関連でどうしても避けられぬ場合は適当な対策が必要である。すなわち、積極的に斜面の排水を行い、上部を切り取って重量を軽くし、押さえ盛土や擁壁で安定をはかる等が行われる。この地形は比較的容易に地形図から読み取れるものである。

地すべりではないが、斜面の崩落や落石についてもここでまとめておく。これは成層岩の成層面、あるいは火成岩



図—4.9 斜面の崩落

の節理面、あるいは岩体を横切る断層面が斜面の傾斜方向と同じ方向に傾斜している所に発生しやすい。もっとも不安定な場所では切り取り直後にすべり落ちることがある。地震の際に堆積岩地方ではこの種の崩落がしばしば発生する。関東大震災の際に横須賀線、房総線の第三紀層、頁岩砂岩の互層の切り取りにおいてこの種の崩落が非常に多く発生したといわれる。

5) 地形と線路防災

地形と路線の位置との関係で忘れてはならないことは、防災との関連である。線路の基盤高と高潮あるいは洪水位との関連、自然斜面よりの土砂崩壊に対し、斜面と線路との離れ等を検討する必要がある。

大量の土砂岩石が水とともに急勾配の溪谷を押し流されてくる、いわゆる土石流は、線路にじんだ大損害を与える。したがって、このような土石流の襲来した形跡のある箇所では十分その上流域を踏査しておく必要がある。

積雪地帯では雪崩、吹きだまりが列車運行に大きな影響を与える。積雪深は地形との関連が非常に強い。雪崩も発生する箇所はある程度に限られる傾向があるから、地形データーから予測できる。吹きだまりの発生も地形・風向で定まってくるので、このデーターの収集も忘れてはならない。

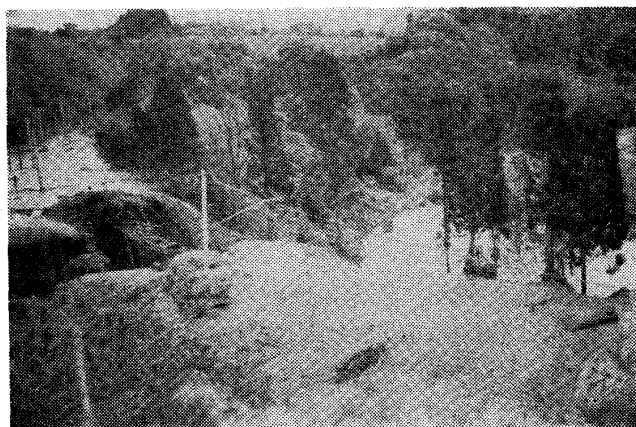
4.5.2 地質構造との関連

地質構造だけを地形と切り離して述べることは少し無理であるが、やや施工の検討への色合いが濃いという程度に理解していただきたいと思う。紙面の関係もあり、トンネルと軟弱地盤の二つの問題に絞って簡単にまとめることにする。

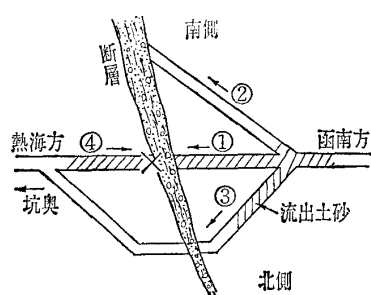
1) トンネルの建設

トンネルの計画、設計、施工では地質の影響が特に大きい。我が国においては一般に地質構造が複雑であり、鉄道トンネルはその中を線状に抜けて行くので、地質状態をできるだけ正確に把握しておきたいけれども、実際はなかなか困難である。

地質条件として最も注意をはらうべきものは断層の存在



写真—4.5 土石流で埋められた信越本線



図—4.10 丹那西口 4 950 フィート付近略図

である。トンネル工事において断層にぶつかり、初めてともいえる大事故を発生したのは丹那西口 4 950 フィート付近であった。

図—4.10のように掘削を進めてきたが、①部分の導坑は、後で分かったのであるが、断層破碎帯および粘土層に突入し、強大な土圧から支保工は押しつぶされ、縫返しを繰り返すこと、この30フィートの区間だけで実に一年を要した。このため南側にう(迂)回坑②を掘進したけれどもこれも湧水のため断念せざるを得なかった。次に北側にう回坑③の掘進を試み、激しい湧水はあったが断層帯の地質が比較的良かったためか、無事通り抜けることができた。その後逆方向に導坑④を縫返し中、大音響とともに大崩壊が発生し、本坑および北側う回坑が埋没し、坑奥に作業中の16名が地下水の充満により溺死してしまった。ここには大きな断層が存在し、厚い粘土層と破碎帯があって、地下水を遮断していたため大事故となったものである。

この厳しい経験から、トンネル技術者達は断層に対して次のようなことを知った。

a) 工地上からは落差の大きさよりも破碎帯の厚さと方向が大切であって、十分調査する必要がある。b) 断層は粘土層の厚さと破碎帯の位置、および発達程度が工事に対して重要な意味を持つ。c) 断層の厚さは落差に比例せず、また、同一断層においても、その延長内において厚さは不同であり、また、多少曲線状をなす。一つの明りょうなる断層線も調査完全なる場合は比較的通過が楽である。d) 断層と直交する場合は落盤または湧水を伴う崩壊の危険がある。斜交または平行に近い場合は偏圧または土圧強大となる。e) 断層よりの湧水は崩壊を伴い危険であるが、地質と地下水圧によって湧水量に限度がある。f) 断層は単独に存在することは少なく、副断層を伴い、幅広い断層群を形成していることが多い。

トンネル工事で注意しなければならない地質条件としては、このほかにも膨張性の地山、被圧地下水を有する地層、固結度の低い砂礫層、層理の発達した岩石、温泉地帯の地熱、ガス、花崗岩の風化したまさ、等があげられる。これらについても、予想される場合には適切な調査を実施して、掘削工法の面で対策を講ずるか、あるいは必要によって地山改良工法を併用する等について検討することが、事故を

防ぎ工程を順調に進める要点となる。

2) 軟弱地盤

低地区間で問題となるのは軟弱地盤である。築堤の沈下、構造物の基礎の設計に重大な影響を与えること

になり、詳細なデータが要求される。これらの軟弱地盤は沖積平野内の後背湿地帯、三角州地帯、おぼれ谷、沼沢地跡等の地形に見られる。軟弱粘土、ピート、シルト、緩い細砂層等からなり、強度が低く圧縮性の高い土層からなっている。強度が小さいために破壊しやすく、圧縮性が高いため沈下しやすい。

表—4.3 にこのあたりの目安をまとめてあるように、強度のみでなく軟弱層の厚さも関係することになる。すなわち圧縮性がそれほど高くない地盤であっても、層厚が大きくなれば地盤全体としての圧密沈下量は大きくなる。

東海道新幹線 515 km を地質的に分類すると表—4.4 のようになる。東海道新幹線は既に市街地化の進んだ地帯を多く通過せざるを得なかったため、路線選定は市街地、集落、神社、墓地等を避けて、できるだけ空地となっている所を通過せざるを得なかった。その結果「空地は地盤が悪い」(池田俊雄博士)と言われるとおり、軟弱地盤上に築堤あるいは高架橋を建設することになった所が多い。

築堤の場合はサンドパイル等による地盤改良を行い、高架橋も基礎構造を特殊な工夫をこらして設計されたが、それでも築堤の沈下あるいは高架橋の振動の周辺への波及等の問題が生じ、軌道整備の周期を良好な箇所に比べて短くする原因となっている。また、これらの軟弱地盤は地震時においてはその強度が著しく低下することも予想され、その対策工も必要となっている。

在来線の改良工事で最も気をつけなければならないのは、この軟弱地盤上に現在の線路が建設されている場合である。古い時代に建設された線路は軟弱地盤の処理はしてないのが普通である。複線工事で、低盛土だからと安易に腹付け盛土を施工すると、現在線に変位が生じ運転に支障することもあるし、構造物の基礎杭打ちの施工によっても築堤が移動することがある。

いずれにしても軟弱地盤は十分に調査してその通過の対

表—4.4 東海道新幹線地質別延長(町田富士夫による)

地 質	概略延長 (km)	比 率 (%)
沖 積 層 地 域	320	62
洪 積 層 地 域	125	24
第 三 紀 層 地 域	45	9
古 生 層 地 域	25	5
計	515	100

策を確立しておかなければならない。もしその対策が非常に工費ならびに工期を要するものであれば、そのような地盤は避けるのが賢明である。

なお、都市高速鉄道が最近出会うことが多くなっている埋立地、造成地等の人工地盤については、自然地盤と異なる性状を示すことがあるから特段の注意が必要と思われる。

4.6 線路選定に必要となる地形地質情報の入手

4.6.1 既存の地形図

路線選定に際し、まず調達するのは国土地理院発行の地形図である。鉄道で良く使用されるのは20万分の1、5万分の1、2.5万分の1の縮尺のものである。

新幹線計画のように数百キロ単位で計画を進める場合は20万分の1の図面から始める。新幹線の場合は駅間距離も長く、かつ曲線半径も大きくなっているのでこの程度の縮尺の図面でおおよその通過地点を検討してから詳細な計画に入っていく。在来線の計画では5万分の1が便利であるが、一区間(5 km 程度)の線増工事では2.5万分の1も使用される。これらの地形図は正確に、かなり詳細に地形を描写しているので、多くの地形に関する情報が得られるほかに、地表の状態や、その内部の地質や土質の状態を推定することもできる。

地形図からまず低地であるか、台地であるか、山地であるかが知れる。山地についていえば、第三紀層は比較的細かい複雑な凹凸をなすが、全般的に平らであり、古生層では荒削りで凹凸の比高が大きい。

堆積岩のしゅう(褶)曲地形では水系の排列が走行に対して規則的である。火山岩地形では水系の排列が不規則であり、独立した地形区域を作っている。

底地部は一般に沖積層よりなることが多く、地耐力も小さいのが普通である。台地にあがると洪積層であることが多く、締まった砂礫、ロームなどから構成されているから、地耐力の点では心配は少なくなる。

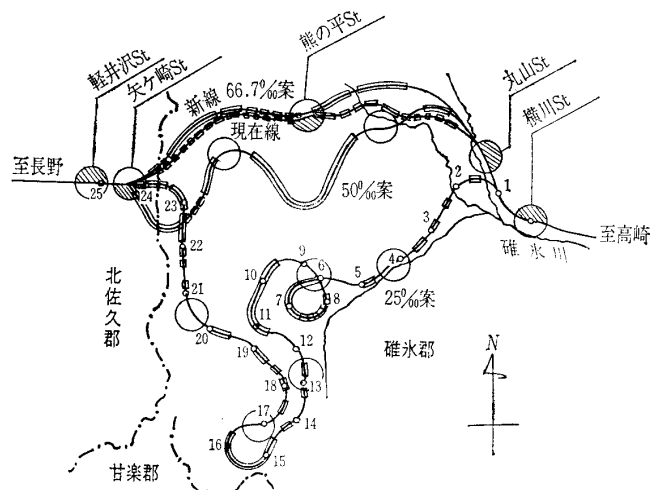
前節で述べた断層地形、地すべり地形、崖錐、段丘等の路線選定上注意すべき箇所は、これらの地形図を詳細に検討することにより予知することは可能である。

ペーパーロケーション(図上選定)は与えられた線路規格により、図上に駐車場の位置、河川の横断箇所、主要道路との交差関係、文化財、学校公園等の社会的施設、地形から雪崩等の防災面を考慮し、先に述べた地形、地質の不良箇所を考慮して平面線形を記入し、これに沿って縦断面図を作製して自然地形と路盤基準面高との関係を明確にし、トンネルや橋梁の構造物について施工上も考慮して記入していく。

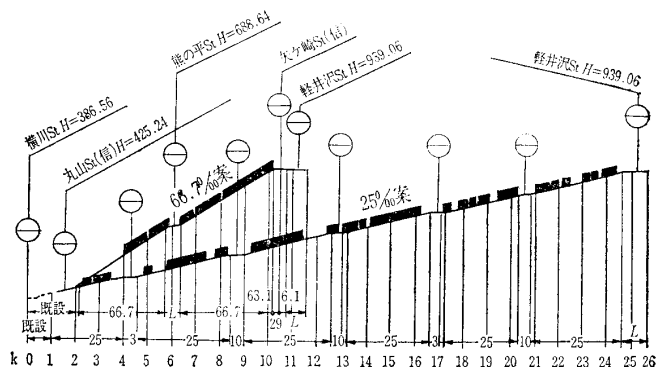
不具合のある場合は再度平面形を移動して同様の作業を繰り返す。このようにして比較路線を絞ってから、現地踏査を実施し、更に詳細な検討に入っていく。

4.6.2 航空写真の撮影とその図化

各案ルート平面図



線路縦断略図



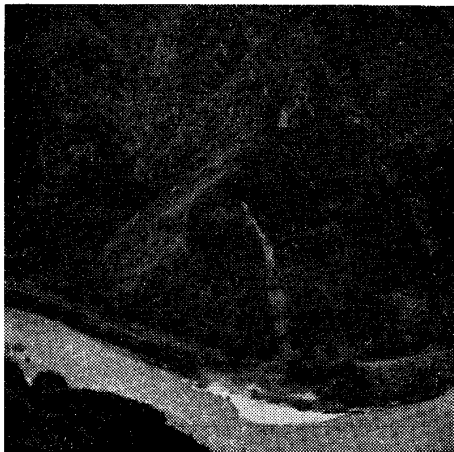
図—4.11 信越本線横川～軽井沢間改良計画路線案

既存の地形図上で画かれた路線に沿って、更に細かい地形図を作製することになる。現在ではこの作業はほとんど航空写真測量によっている。現地において無用のトラブルを起こすことなく、かつ広い範囲の図化が正確に、短期間で作られることもあって、ますます多く使用されるようになっている。

航空測量によって我々は通常は2500分の1のものを作製して使用している。この程度のものになると図化機の発達により細かい等高線等も記入されているので、検討には十分の精度がある。新幹線の場合には2500分の1では長さが長くなり過ぎて不便になるので、まず1万分の1の図化をする場合もある。これは距離を目測するのに割合容易な利点もあって使いやすい図面であると思う。しかし、これらの図面も、あくまでも人間によって作製されたものであるから、等高線が比較的均一な勾配をもった斜面であるように画かれたりするから、詳細については現地を踏査し、必要によっては補測する必要も生ずる。

もう一つ航空写真は非常に大きな利点を持っている。それは精密な航空カメラで撮影された画面には、地上に見られるあらゆる情報がすべて写しとられているということで

講 座



写真—4.6 高山本線 52 k 6 000 m 付近左側の斜写真

ある。通常60%のラップ率で撮影されている2枚の写真をステレオで観察することにより、図面上では表現されていない細かい凹凸や植生の分布等から、地層、地質の境界等も判読できる。しかし、これらの垂直写真では急な斜面を観察することはなかなか難しい。営業を開始した場合、自然斜面よりの土砂の流入や雪崩によって線路が災害を受けることは多い。

斜面が問題となりそうな場合には、ヘリコプター等を利用する斜写真の活用も有効である。斜面を直接、最も観察しやすい向きに撮影した斜写真は、斜面のより細かい区分が可能となり、防護工の計画、将来の斜面管理に役立たせることができる。

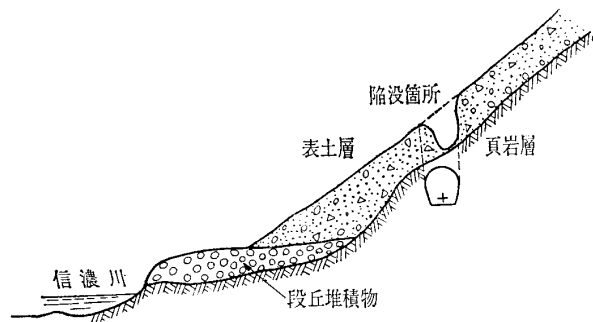
4.6.3 地質図と地質調査

現今では各種の地質図、地盤図が作られており、比較的容易に入手できるので路線通過地域の大雑把な地質構造のおおよその見当はつけられる。しかしその構造物の建設の可否により路線が決定されるような場合、あるいは所要の工期内に施工できるかどうかを具体的に検討するような場合には、現地で所要のデーターを入手するための調査が必要である。

鉄道建設において本格的に地質調査をとり入れて施工の計画をたてるようになったのも丹那トンネルである。幾つもの断層とそれに付随する悪い地質と大湧水に苦しめられ、更に丹那盆地外数箇所の漏水救済の必要が生じ、実に16年もの年月と67名もの殉職者を出して完成されたものである。

このトンネルの中心線上に存在する丹那盆地は、地形的に見て極めて特異性を有し、その成因いかんによってはトンネル工事にはなほだしき不安を伴うので数度にわたる調査が行われた。しかし当時は学者間に意見の一致を見なかった。すなわち浸食説と火口説に大別され、その他断層に原因する浸食説、破綻線を主とし多少の火山作用を認めた諸説等種々あった。

ボーリングは当時地下深いものは全くなく、500フィートのボーリングをすることは現在ほど簡単に考えられな



図—4.12 飯山線内の巻トンネルの工事中の崩壊

った。そこで外国人技師を招いてその技術を学び、丹那盆地のボーリングを開始した。初めての長大ボーリングであったので幾多の技術的困難を克服して4本のボーリングを終了した。この結果、盆地の成因が断層による陥没であることを知ったので、トンネルの残部の地質に関する根拠を得たことは大きな収穫であった。更にトンネルの掘進に伴い崩壊の重大事故も発生し、東西両口の地質も不良で変化きわまりなく、そのため外人技師を招いて技術を学び、坑内からの水平ボーリングを採用した。この作業はその後のトンネル掘進にはなくてはならぬ作業となり、地質の状況の把握、湧水の予測に大いに役立つことが実証されたのである。

調査技術の進歩に伴い、現今では非常に多くのデーターが入手できるようになっている。したがって所要のデーターをよく整理し、目的を明確にした調査、試験を行うようにしなければ、数多くの貴重なデーターが工事にはさっぱり生かせぬことになってしまう。中には将来の保守にあたって必要となるものがあるだろうし、トンネルや橋梁の根拠等、竣功後は永久に見ることができなくなる地質状況のデーターは正確に記録して管理者に引き継ぐことが望ましい。

4.6.4 周辺土木工事の資料収集

筆者は学生当時、最上武雄先生の土質力学の試験で「構造物の基礎の設計にあたり、調査すべき事項を述べよ（正確な記憶ではないが）」という問題が出された。我々は一生懸命に答案用紙が一杯になるくらい書いたところ、先生は「付近の似たような構造物を見に行く、と書いてあれば満点だ」と笑っておられた。実際、周辺の構造物を詳細に観察することは、地盤の強度等、構造物の設計に反映させられるような地質的なデーターの入手が可能になるのである。

筆者が常磐線の複線工事を担当したときだった。

踏査で線路に沿って歩いていたら、付近に建設された道路の築堤が2m近く下がり、まだ沈下がおさまらないということが分かった。更に土地の古老の話で、この区間では建設当時、会社が二つ三つ夜逃げしたという。いわゆる“おぼけ丁場”で築堤が一夜にしてなくなってしま

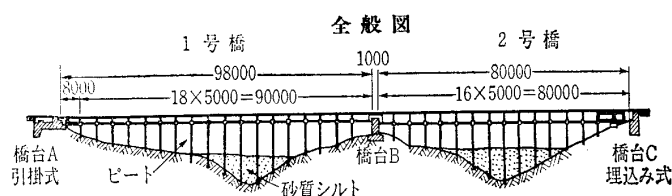


図-4.13. a 小高瀬高架橋全体図

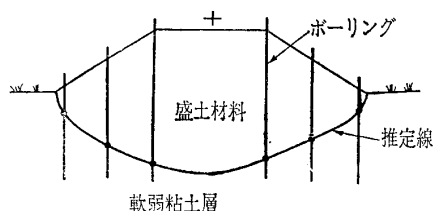


図-4.13. b 在来線の簡易調査ボーリングによる断面図

いうわけである。そうしてみると海岸に近く、おぼれ谷の地形とも見られるので、在来線に沿って、米軍下げの携帯用の簡易なボーリング ($\phi 27$ mm) を実施してみた。すると図-4.13bのような断面を有することが分かり、通常の盛土工法では新線はもちろん、在来線にまで悪影響を及ぼすことが想定された。そこで更に詳細な地質調査を実施の上、地形に合わせた高架橋構造で設計を行い、ここを通過することにした。

本格的な地質調査は専門家の手によって実施されるとしても、踏査の段階でも概略の地質は知ることができる。道路の切取りに見られる崖錐や断層破碎帯、付近の民家に多く見られる石垣の質から山の岩質の見当をつけ、田のあぜ道がうねっていることで軟弱地盤が予想され、畠や樹木の状態から斜面の安定度を判断する資料とし、雪崩の発生しやすい場所の話も聞くことができる。

前にも書いた「空地は地盤が悪い」ことを念頭に入れておくことは、踏査に当たっての大切な点であると思う。

4.7 実例—新幹線・阪神地区の路線選定—

新大阪から西へ向かう新幹線ルートは、大阪市内から阪神地区の市街地を抜けるルートと、六甲山系の通過が問題となった。

路線案は大別すると、六甲山系の北方を通過する背山案、六甲山系中央を東西に貫く中央案、六甲山系の南側を通過する表六甲案、海岸平地部を通過する海岸案等が考えられた。

中央案は、神戸駅設置が不能で、しかも有馬盆地を最長 23 km にも及ぶトンネルが必要で、地質も悪く、横坑や斜坑の適地がないため工期が長くなり不適となった。

海岸案は、都市区域や港湾地域の連続するなかを非常に高い高架橋で通過するので実現性に乏しいとされた。

背山案は、新大阪駅を出て、北東に伊丹市を通り、宝塚市、西宮市北部をトンネルで抜け、三木市、志方町等を経て姫路駅に至るものである。トンネルは数多いが最長 8 km ですむ上、地質は六甲花崗岩地帯を外れて古生層や安山岩を主として比較的良好なところを経由できる。しかし大神戸市の玄関となる駅が六甲山の裏側となり、この点で不利なルートとなった。

表六甲案は、新大阪から西進して大阪市内、阪神三市内のなるべく迷惑のかからぬ地域を選んで六甲山東部の上ヶ原台地に取り付き、地質による施工困難はあっても、六甲山南斜面の下をトンネルで抜け、神戸市内の適宜の箇所に駅を設け、再び六甲山系のトンネルに入って明石市北部に達するルートで、最終的にはこの案に決定されたのである。

六甲山系のルート選定に当たっては、これが比較的良く地質的に研究された山であり、文献も多く入手できた。

実際の施工法については新しく調査する必要はあったが、計画段階では既知の断層地帯、風化地帯をできるだけ避けることにした。

六甲トンネルは上ヶ原台地を入口とし、若干北へ回りこ

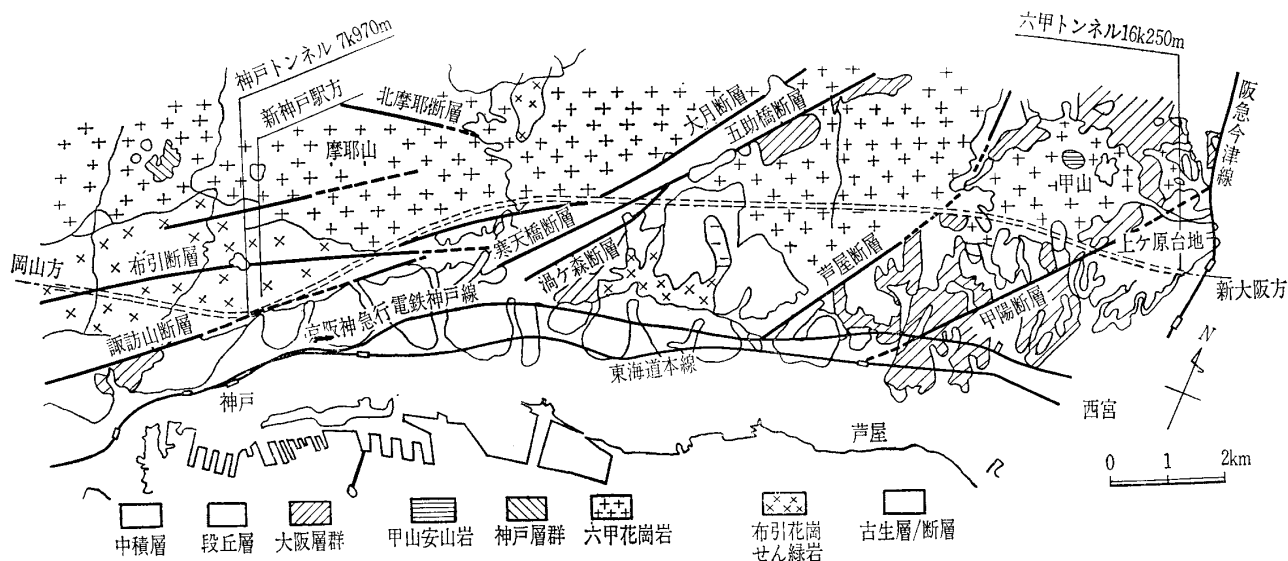


図-4.14 六甲トンネル地質平面図

講 座

んで甲陽園の盆地の北部を抜け、その後南西に進む。甲陽、芦屋、五助橋、大月、布引等の断層を考慮し、特に鶴甲地区の断層が集まって完全に破碎帯となっているところは、施工のための斜坑長の長さを限界までとって、ルートを一北へ寄せた。更に、六甲ケーブル直下をう回し、南下して布引付近に顔を出す。布引付近は新神戸駅設置の条件から、各種の案を引いたが、山麓の諏訪山断層の存在や密集した市街地の制約から待避線を割愛することにして、六甲・神戸両トンネルの坑口間 460m と列車長 400 m に対し前後 30 m の余裕のあるあかり区間を設けた。

布引より神戸トンネルに入る。途中丸山付近の衝上断層地帯を避けるためわずかに曲るほかはほぼ直線に近い形で車付近まで上り、神戸層、大阪層の洪積台地である神戸西部台地を伊川谷添いまでトンネルで抜け、以後西明石に向かうことにした。

このようにして 16.3 km の六甲トンネルのルートは、既存の地形地質データーを十分に活用して、工期の点から、北山、芦屋、鶴甲、摩耶、春日野等の斜坑を設けることも考慮して決定されたのである。8 km の神戸トンネルは、天王谷^{ひょうり}の斜坑を設けることにしたが、これも既存の地形、地質データーが十分に活用されたのである。

実際の施工に当たっての更に詳細なデーターを入手するため、新たにルート沿いの弾性波探査、岩盤ボーリングを実施し、ボーリング孔を利用して電気検層、孔底水压測定、深層弾性波試験を実施して十分注意しつつ施工を進めたけれども、幾つかの箇所では湧水や土砂の噴出に工事は難行した。しかし、六甲トンネル 16.3 km を約 4 か年の工期で完成させたことは、地形・地質の情報を十分に活用したルート選定があったからである。

4.7.1 新神戸駅

国際港都市神戸の玄関としての神戸駅は、地形・地質的に非常に難しい位置に選定された。

図-4.15は新神戸駅付近の地質図である。駅の北側には六甲山の花崗閃緑岩を基岩とする急斜面が迫っており、その南部に扇状地が開けている。扇状地の基部には、礫、砂、シルトからなるかなり締まった洪積層の大阪層群があり、

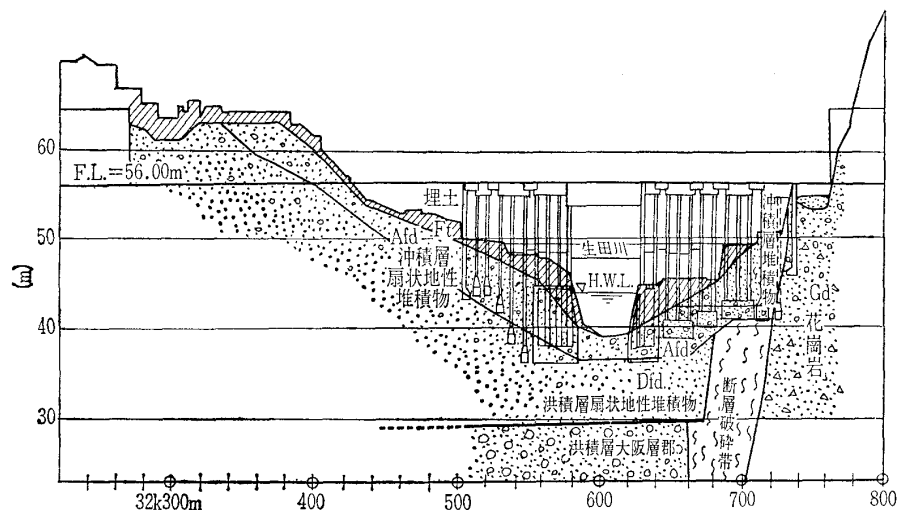


図-4.15 新神戸駅付近地質図

その上に生田川がもたらした沖積層の扇状地堆積物がのっている。六甲山麓に沿って諏訪山断層という比較的新しい地質年代に属する逆断層が東西方向に走っているため、複雑な地質構造となっている。この断層は六甲山系の衝上運動によって生成されたものであり、断層の周辺には大規模な破碎帯があり、断層粘土が生成されている。

生田川左岸では問題が少なく、構造物の基礎は主として砂礫からなる沖積層に支持することができた。しかし、生田川右岸では上記の断層帯が構造物の真下を斜に走ることになるので、構造物の設計に当たっては慎重な検討を重ね、特殊な基礎構造を採用した。また上部構造も、断層に起因する不同沈下と構造物内の相対変位に対応できるように、詳細な現地調査、現地試験のうえ各種構造物の組合わせにより決定された。

これらの悪条件を克服して、17 000 m² の駅前広場を有する新神戸駅は約 2 か年半の工期で完成されたのである。

参考文献

- 1) 渡辺 貫：土地地質学（工事編），工業雑誌社
- 2) 桑原弥寿雄：路線・鉄道測量，オーム社
- 3) 鉄道省熱海建設事務所：丹那隧道工事誌
- 4) 池田俊雄・室町忠彦：路線土質調査，山海堂
- 5) 広田孝一：鉄道地質学，鉄道工学会
- 6) 池田和彦・大島洋志：土地地質学入門，土木工学社
- 7) 国鉄大阪工務局：山陽新幹線新大阪・岡山間工事誌
- 8) 高山昭他：トンネル施工法，山海堂
- 9) 丹羽俊彦他：線路増設の設計施工，山海堂
- 10) 齊藤 徹：信越本線横川一軽井沢間の改良工事，土木学会誌，48-9
- 11) 高橋彦治：土木技術者のための地質学，鹿島出版会
- 12) 池田俊雄：地盤と構造物，鹿島出版会
- 13) 町田富士夫他：新幹線の計画と設計，山海堂