

講 座

UDC 625.1

鉄道建設技術講座 I

正員 桑原 彌 寿 雄*

はしがき ここには、建設すべき線路の始終点が決定し（すなわち建設予定線が調査の上決定され）たものとして、その実施に当つて、計画から測量、設計を主として、施工に至るまでの鉄道建設作業体系の概略と、中堅建設技術者として特に注意すべき事項、並びに実際作業上必要かつ便利な要領を述べることにする。従つて、あまり細部にわたる事項や深い専門的事項は紙数に制限があるから、それぞれ当該専門の文献を参照せられたい。なお本講についての一般的に詳細な内容は、土木学会にて監修刊行中途の土木工学叢書中の拙著「鉄道建設工学」に盛つて遠からず出版される予定である。

1. 鉄道建設作業の内容

鉄道建設作業の内容を系統的に列記すれば次のようになる。

- (1) 線路規格及び経過地の決定と線路の概略選定
 - i) 輸送要請の研究（略経済調査）と線路規格の決定
 - ii) 図上研究（Paper Location）と比較路線（経過地）の選定
 - iii) 現地踏査による規格、経過地及び既設線よりの分岐方法の検討、並びに測量計画（区域、分割、測量方法、時期、測量隊の編成及び基地）の樹立
- (2) 地形測量（2500分の1地形図の作製）
 - i) 基点測量（トラバース、または三角測量）
 - ii) 水準測量（B.M. 水準測量、時には独立作業）
 - iii) 平面測量（主として平板、時にはスタヂア、支距測量）
 - iv) スタヂア測量（等高線措画）
 - v) 要所測量（要所設計用平面及び横断測量）
- (3) 図上選定及び概略予算の算定。
 - i) 図上選定（地形図上の線路位置と縦断面図とを関連選定する）
 - ii) 概略予算の算定（同上図上で主要建造物の概略設計をなし、予算を概算して比較研究する）
- (4) 実測（中心測量）
 - i) 選点
 - ii) 中心線設置（曲線設置を含む）
 - iii) 平面測量（普通500分の1）
 - iv) 縦横面測量（普通横2500分の1、縦400分の1）

- v) 横断面測量（普通100分の1）
- vi) 要所測量（主として横断面、時には基盤目の測量）
- (5) 線路建造物の設計、予算の算定及び施工者決定
 - i) 建造物の設計及び線路位置の選定
 - ii) 設計協議（河川、道路、電線、用水等管理者及び地元）
- (6) 施工準備
 - i) 改測（実測後の些少の図上変更を現地確定）
 - ii) 用地測量（中杭設置及び丈量）
 - iii) 用地賣収または借地
 - iv) 施工基地の建設（宿舍設備、事務所、倉庫）
 - v) 通信線、動力線、運搬路の建設
- (7) 路盤工事の施行
 - i) 路盤中心の再検討（中心位置及び縦断面）
 - ii) 設計測量（特に通水路と主要建造物の細部取付）
 - iii) 設計協議再確認
 - iv) 設計変更手続
 - v) 建造物中心位置設定測量
 - vi) 同上引照点測量
 - vii) 遺形及び型枠、鉄筋、根掘り、検査（数量及び寸法、地質）
 - viii) 現場施行監督（土工、掘鑿、コンクリート、杭打止等）
 - ix) 諸届書類及び関係箇所連絡
 - x) 記録、報告の作製及び監督員、施行者の一般監督
 - xi) 部分及び竣工検査
- (8) 開業関係工事の設計施行
 - i) 軌道工事（材料蒐集、集積、配置の計画、施行）
 - ii) 架橋工事（架設計画、段取り及び施工）
 - iii) 運転設備（駅構内配線、機関車、転車台等）
 - iv) 通信保安設備（通信、閉塞関係、信号及び保安）
 - v) 駅舎設備（客貨取扱設備の建築）
 - vi) 宿舍設備（建物、水道、電灯等）
- (9) 試運転及び開業
 - i) 試運転
 - ii) 開業式
 - iii) 決算（総工費）
 - iv) 記録、報告の作製

2. 輸送の要請と線路の規格

(1) 自然との調節 鉄道線路は事情が許せば、始終点及び所要の経過地点を直線水平で結ぶことが理想的ではあるが、山あり谷あり凹凸の天然の地形では経

* 元国有鉄道技師、前盛岡工事事務所長

済的には、大抵の場合これは不可能である。そこでやむを得ず曲線勾配を用いて、できうる限り天然の地形、地質、気象等に適合して、工事量をなるべく少なくしてなおかつなるべく直線平坦の理想に近づけようとするところに、路線位置の撰定、線路の設計の苦心が存するのである。この自然との調和と云うことが他の土木建設工学と同様に鉄道の建設工学が一般工学と異なる一大眼目なのである。

(2) 線路の規格と鉄道建設規定 この工事量を減ずるために、勾配、曲線を用うことは鉄道線路の輸送能力を制限するものであるから、これはその輸送の要請乃至は線路の使命を現在将来とも果し得る範囲内であり、なおかつ、保守、運営費をあわせ考えて安いものでなければならぬ。この許し得る範囲にある目安を与えるものが線路の規格である。

線路の規格は、鉄道では特に車輛が全国到る所に入可能なが必要であるから細かい点まで定めた統一ある規格が必要であつてこれを規定したものが鉄道建設規定である。この規格は、大ざっぱに線路の使命、利用の要請に応じて甲(特別甲線を含む)乙、丙の三線路種別乃至は等級が定められて、それぞれ規格が異なっている。なお、さらにこの下級なものに簡易線があつて別にその建設規定が定められている。なおこの規定は将来の簡易な広軌を予想して作られたものである。

(3) 建設規定の内容と規格決定の注意 鉄道建設規定の意義と内容については日本鉄道技術協会(J.R.E.A.)から、同解説が出版されているから是非参照されたい。この建設規定の概要は、線路等級別に機関車の大きさすなわち牽引出力を決定する設計荷重(甲線 K.S. 18, 乙線 K.S. 15, 丙線 K.S. 12) 軌道の負担から軌条の太さ(50 kg/m, 37 kg/m, 30 kg/m), 道床厚, 路盤の巾(4800 mm, 4500 mm, 4200 mm)等や、速度及び牽引力を制限する勾配及び曲線半径の最小限度(10%, 25%, 35%: 400m, 300 m, 250 m, 200 m) 列車の最大延長を制する停車場本線の有効長や建造物の設計に必要な建築限界(基本巾 3800 mm, 高 4300 mm 等)や乗降場の寸法(線路中心より, 1560 mm, 暫定 1400 mm, 高 760 mm等)が定めてある。

この規格の決定に対しては、輸送能力や速度その他の要請が現在並びに将来ともに満たし得るよう考えておかねば、線路の本質的なもの例えば最急勾配とか停車場の緩急配区間の長さとか、駅間距離(予定中間駅を含む)とか云うものは、後で全然路線を造り替えなければ輸送能力が足りなくなる恐れがあるから、これ等と後で作り替えの困難な下部構造の強さとか隧道の断面とかだけは、たとえ現在の輸送要請が少なく工費

節約の必要があつても将来の増加が予想される場合には、上級の規格にしておかなければならない。

また規格は工費に大差が無ければ、級の保守運営費を考へてできるだけ上等にしておかねばならないが、要請に対してあまり不経済にならぬようするとともに全線を通じて一貫していないと無駄になる。場合によると全線一率とせず例へば峠の勾配区間だけ急勾配を用いて補助機関車を使用する等線路をある区間で分けて考えることも必要でこれも一つの貫性である。なお建設規定は最小限度を示したものであるから、必要のない限り最小限のものをみだりに使つてはならないのはもちろんである。

(4) 輸送の要請と経済調査 その線路の建設が決定したからには、事前の調査によつて、採択に當つてその線路の使命と概略の輸送要請が明らかにされているはずである。従つておのおの甲線でやるか丙線でやるか線路の等級くらいは見当がつくわけであるが、建設の実施に當つては建設の責任者はもう一度この差を検討し、さらに同じ線路等級としても、どの規格を採用したどの区間で分けて異なつた規格を適用するかを再考する必要がある。

このためには一応その線路を5万分の1図上で研究して、その線路の勢力範囲を客貨に分けて考え、現状の人口分布、産業の工合と未開発資源とを睨んで利用要請を推察する。なお責任者はまづ真先に現場を踏査してみ、その地方の情勢と地形による工事の難易、線路規格、大略の経過地、工事施工方法、分割区間等をざつと判断してみる必要がある。

輸送の要請量は、短絡線であればこの他に、この線を通過する客貨の量を加えなければならぬ。通過数量はこの線を距離的に見て通過する方が便利な範囲と運輸の系統をあわせ考へて算定する。また線内の旅客貨物の数量は、ほゞ予想される路線の経過地と停車場の位置について、まづ旅客は勢力範囲内の人口に類似線(理論的には勢力範囲の状況の類似した駅)の乗車回数を乗じて2倍する(●:旅客の場合発=着)。そして定期旅客は類似線の率を乗じて算出し、特殊旅客については類似した先例によつて算出し、これ等を合計する。貨物については、現在の産業による発着数量のほかに、未開発資源の予想産出量を加える。この場合鉱山は埋藏量と企業計画により査定し、林産は森林の蓄積量に1/30(民有林)乃至1/50(国有林)を乗じて年間の産出量の目安とする。

かくして出た数量に対して平均乗車料または予想輸送料と貨率を乗じて運輸収入を算出し屯秆当り(実験統計または計画による)運転費、駅務費その他から輸

送実費を推定して利益金を出し、投下資本（建設費）に対する利子及び減価償却費（通常40ヶ年の複利積立金による再生準備金）を差引いて経費を出し、利率を算定して採算の良否を判定するのが狭義の経済調査であるが、人口の分布、その他産業状態を調べまた未開発資料の量と開発可能量を出して輸送の要請量を出すことも経済調査の中である。

3. 図上研究及び5万分の1地図の読み方

(1) 図上研究 路線経過地の撰定に当つてはまづ図上においておよそ考え得る線路はことごとく取上げて検討し、候補線の経過地を決定するが2つ以上の線路の優劣がにわかには決定し難い線は引続いて踏査により、それでも決定し難い時は測量の結果により比較決定する。この当初に路線の経過地の位置を誤ると致命的損害となり、後で路線の狭い範囲内での選定や、まして線路の設計、施工の面などでいかに努力してみても、取りかえしのつかないほど莫大な工費や、経済的効果に損失をきたすことがあるから、慎重に初めに研究すべきである。

(2) 5万分の1地図の作り方 日本内地は全国に5万分の1の地図がつけられているがこれは標石を埋めた一等（一辺約80km）から三等（一辺約4km）までの三角点と、一等及び二等水準点のそれぞれの網が全国に張られており、この他にあらかじめ出された四等基準点とを利用して測板測図（平板）によつて前方及び後方交会法等の図解三角法によりまた時には多角（導線）測量（トラバース）や歩測を用いて重要な点の位置や高さをアリダードで出して地形地貌を画く。

等高線を画くにも、スタチアによつてペター面に標高点を出してその間をぬつてやるのではなく、峯線、谷線、最大傾斜線等の地性線や、山頂、鞍部等の地性点等の要点を押えて地形地貌をスケッチするのである。このため図上の点全部を歩いて書いたのではないので、谷間の地形が不正確であつたり、測点足下の斜面は急に、また谷の向いの斜面は緩かに画かれすぎるくせがあるから注意を要する。なお全体の感じを生かすために、細部を抹殺して地形を総描し、かつ空中より鳥瞰した場合と同様の実体感を出すために、山頂、山稜線は実際よりやや広く、谷は狭く誇張して書いてあるから注意を要する。

要するに5万分の1の地図は山の上から下へ向つて大きい所から細部を総描してあるので山の上の方が谷間より正確である。しかし我々の土木用の地形図は一般に谷底の平地の交通路を基点として山上へ向けて測量するのが普通であつて下から積み上げたもので、大体目的上精度が逆である。一般に5万分の1地図では

谷底の地形は10中の8,9まで実際より高く表われているから、その高さは現地について確かめる必要がある場合が多い。このために峠の長大隧道の長さや前後の勾配は5万分の1の地形図の図上撰定のみでは決定することは危険であつて、全体一貫した水準測量を先行して川底の高さをついてに当るか、または少なくとも前後の平坦区間の終り同士を相対的に標高差を測る部分水準測量をすることが必要なのである。

(3) 地図の記号と措画の精度に対する注意 5万分の1の地図では、大縮尺のもののように必ずしもすべてのものが実物の縮尺大で表わしかねるので、例えば道路鉄道等の巾などは実際よりも大きく書いてあるために位置も変位して谷の広さなども窮屈に出ており谷間の道路沿いの人家の裏手に余裕があるかどうかなど図上のみでは判断が困難で踏査を是非必要とすることが多い。また前項からの説明によつてわかるとおり、図上撰定の場合に勾配のみならず、曲線についても最少半径は大体の程度がわかるだけであつて、例えば250mの半径では通ることが困難だが200mなら通れるなどと云うようなことをきめることは無理である。

措画の精度は、点の大きさは普通明視の距離で0.1mmが判別の限度とされているが、措画の誤差も考へて0.2mmを限度としている。すなわち5万分の1図上の点の位置の精度は、10mが限度で10m以内の線路位置の撰定をこの図上で論ずることは無理である。また水平曲線は計曲線（首曲線5本につき1本の太いもの）が1号0.2mmであるから、45°の傾斜までしか示し得ないのであつて、それ以上は、懸崖の印など補助記号を用いねばならない。なお紙の伸縮であるが、5万分の1地形図の紙質はガードリッチなどと同様最良質であるがそれでも±0.5%程度の伸縮があるので大気の乾湿により注意を要する。

(4) 地形、地質の図上判断 注意して地図を見れば地質時代と岩質により侵蝕に対する抵抗が違い、例えば第三紀層は比較的細かい複雑な凹凸をなすが、一般的には平らであり、古生層などは荒削りで凹凸の比高が大きい点などからある程度地質が想像される。また水成岩の褶曲地形では、水系の排列が、走向に対して規則的であり地性性が明確であるが、火山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つていることなどで比較的容易に判別し得る。断層に沿う谷はほとんど直線的であるのが特徴で、例えば川が曲つていても、その屈曲部の鞍部が直線上にあるのが普通である。分水嶺における断層の峠などは図上で明瞭に判別し得るが、この下の隧道は禁物である。

特殊な地形としては地入りや崩壊跡は水平曲線が乱

れていることに特徴がありまた地名に崩, 押出などの名が多い。また道路が川や海に沿わずに, わざわざ山の中を迂回したりなどしているのは, 崖とか地回りとか何か障害がある証拠であることが多い。

4. 路線位置撰定の要領及び現地踏査の心得

(1) 線路経過地点の撰定方針 路線の位置は直線平坦の原則を理想として, これと条件の相反する地形地質, 気象等自然の条件に適合することが最少作業量の路線となるわけである。しかしその上に, その敷設目的たる輸送の要請乃至は経過地や資源の開発に対して最大の経済効果を発揮するような路線でなければならず, 時にはそのために迂回寄道することもある。

すなわち鉄道の4大特徴たる安全, 確実, 迅速, 廉価な線路を選ばねばならないのであつて, 建設費のみならず運転費, 運輸費, 保守費が少なくなければならぬ。この自然との調和による工事量の最少に重点をおくか経済的の最大の効果を無視するかはその線路の使命あるいは敷設目的によつて異なるところであるが, これ等は目的に応じて線路比較測量あるいは経済調査をしてきめるべきである。なおこの際に建設費及び営業費は一般に延長に比例して増加するが, 工費の大きい長大な隧道や運転費の多くいる急勾配などがあると延長のみでは判断できないので, 後述のごとく線路抵抗の水平換算延長を出したり, スピードカーブをひいて, 運転費や輸送能力を比較してきめる必要がある場合がある。

(2) 川勾配, 道路及び電線道の追求 路線位置撰定の具体的手法としては, まづ地形の制約があつて, 山地を通過し分水嶺を越えるために勾配線の必要な場合には, まづ水の作用によつて侵蝕を受けた部分すなわち谷が最も地面の勾配がゆるいわけであるから, 水について川を追求することが一番近道である。谷の自然勾配がある程度の長さにおつたつて急であると線路規格の最急勾配はこれよりやや急に定めねばならないがこの線路の規格の最急勾配よりも谷勾配が急な場合には, あらかじめ谷勾配の緩い部分も規格の勾配で山腹に沿つて高距をとつておくか, または行き詰つてから隧道などでループを作るか, あるいは谷の最上部で勾配がますます急な場合には長大な分水嶺隧道を穿たねばならないこともある。

川に沿う以外には既設の道路沿いに考えるのが常識的であり, 局部的には小隧道を用いて電線路や旧道に沿つて線路位置を選ぶことが工合のよいことがある。

(3) 土工の高さと橋梁及び隧道 線路は切取と盛土だけでなくとも全部流用できるようにすれば, 最も安くできるが, 土工の高さには数層の点からも安全の上からも制限がある。実際問題として崩捨場兼用の盛土や, 土取場兼用の切取などの例外を除き, 切取 15 m 盛土 10 m 程度以上の場合にはそれぞれ, 隧道または, 橋梁とした方が安全でかつ経済的なのが多い。

なお橋梁も板桁の場合, 橋脚の高さ 13 m くらいまでが安全で極限でも 22 m 程度までであるが, それ以上の場合には径間の大きな上路構桁を用いるか, 場合によれば橋脚を鋼櫓式にするとか橋型をアーチその他特殊なものとする必要がある。隧道の場合は, 逆に土被りが隧道の高さと同程度以下の場合には施工に困難する。

(4) 河川の横断 橋梁の位置については経済と安全を主眼とし, 不安定かつ高価な構造物である橋梁を短かくするために, 河川の狭い位置に選びかつ直角に横断することが理想的である。しかし河川の屈曲部などで側方侵蝕の恐れや底部侵蝕すなわち洪水時の洗掘の恐れある場所や, 河川勾配の凹折部で洪水のひけ時に堆積物を運搬してきて, 桁下の安全余裕高の無くなる恐れのある場所等の不安定な位置はさげなければならぬ。理想的な橋梁の位置は, 急勾配(一般に狭押部)のはじまつた位置が安定安全であり, また施工にも川廻しがきいて便利である。また平地で, こう云う地点を発見し難い平地川や乱流河川では, 在来の架橋点, 渡船場, 河岸の部落, 社祠(主として水神森)等の位置を探すとよい。

(5) 隧道(主として分水嶺)の位置選定 隧道の位置は前後の線路の勾配が緩く, しかも延長の短かいことが理想的であるが, 他に忘れてならないことは, 坑口及び内部の地形及び地質がよいことである。断層の峠の下を通らねばならない時は直下をさけることとぎりぎり谷をつめて, 谷底の堆積層を切取つて隧道を作ることはさけて, 坑口は常に山の鼻の固い所に選び, ことに大隧道では上りつめ得る最奥の点よりもやや手前で, 川渡りに桁下に余裕のある川の二股の鼻へ飛込むのが理想的である。その他山崩れや崖錐や河段丘などの凝集力のない地質の中などに隧道を選ばないようにすることなどももちろんのことである。

(6) 道路の横断 道路との交叉はでき得る限り, 立体交叉にすべきであるが, 金がかかるので平面交叉もやむを得ないこともある。しかし踏切番をつけるとなると, その費用も合わせて考えねばならない。立体交叉にするには, 堤防に平行する道路を避溢橋を利用するか, 隧道を延長して上を横断させるとか天然人為の地形をうまく利用せねばならない。平地でやむを得ず立体交叉する場合には, 道巾にもよるが一般に最急勾配と輸送量が違うから, 道路を上にした方がよいことが多い。

(7) その他経過地点に関する注意 経過地としては途中の地方の集散中心地に迂回, 立ちよつて停車場を設けることが迂回の程度にもよるが, 開発効果と運輸収入を増すことになる。途中で避けなければならないのは, 学校, 神社, 特に移転困難な基地や天然記念物, 碑等や, 指定名勝地や温泉の湯元などであり, また湯水問題を起しそうな台地の下の隧道等である。