

## 第三編 鐵道線路の撰定

### 第一章 地形上よりの線路の撰定

(Location of Railway Line Affecting to Topography)

#### 第一節 線路敷設の目的

線路撰定にあたり敷設の目的がいづれにあるか，而して之に適應したる線路の建設をなさねばならぬ，その目的とするところは(1) 軍事上，(2) 行政上，(3) 経済上の線路敷設である。

軍事上必要なる線路にありては，大都市を連絡し，且つ地の利を占めたる最端距離にして尙輸送力の充分なると共に，装甲列車等重量車の運轉上强度充分なる線路であらねばならぬ。

又行政上必要なる線路はその地方の文化を進め，産業の發展を企圖すると共に，軍時にはその目的に應じ得る線路でなければならない。

次に經濟上の線路であるが，之は産業を開發しその地方を發展せしむる目的の下に敷設せんとする線路である故に，この事項を閑却してはその鐵道は意義を失ひ廢線となる。軍事上の線路と雖も大輸送を目的として大都市間を連絡する以上，平時に於ては都市の間の經濟的の線路であらねばならぬ。又行政上の線路と雖も

地方の産業發達を目的とする以上、經濟的に經營せらるゝ線路なるを要することは無論の事である。

鐵道の純益は貨客の運輸收入から、之に要する營業費と建設費の利息等を差引たるものなれば、鐵道を敷設せんとせばその關係を調査して計畫せねばならない。

$$P = E - (I + O) \dots \dots \dots \quad (1)$$

$P$ =利益金

$E$ =全收入

$O$ =營業費

$I$ =資金の利息

即ち  $P$  を大ならしむる爲めに  $E$  を増すか又は  $O$  を減じ、或ひは  $I$  を減ずるにある。

$E$  はその土地の状況、人口の多寡、物資の豊富なるや否やで異り、線路の撰定の宜しきに叶ひたらんにはその數を増大することが出来る。

$O$  は線路の勾配と、急曲線の有無に因ること大なれば線路敷設に最も留意しなければならない。

$I$  は建設費の利息である故に建設費の小なることを要す。一般に建設費と運輸費とは相容ざるもので、運輸費を減少せしめるとする線路を作らんとせば建設費の増大するは免れない。従つてこれが利息の増大するは已むを得ないことであるが、建設費を可成少額に止めて然も運輸費の少き ( $I + O$ ) を最少に止むる様な線

路は望むところである。

收入を大ならしむるに、貨客量を増加せしむる様な地點を擇びて線路を通過せしむることは必要である。之がために線路の延長を増加し、建設費を増加し、運轉費の増加も已むを得ぬことで、此間の收支勘定によつて決定せねばならない。

## 第二節 線路踏査 (Reconnaissance)

線路の種類定まる時は實地測量を行ふ、測量は三段とし、第1は踏査、第2は豫測、第3は實測である。

踏査をなすに第一に必要なるは地圖である。參謀本部の  $\frac{1}{50,000}$  又は  $\frac{1}{25,000}$  の地圖を可とし、それに圖上の線路撰定をなす。然るときは線路の方向は勿論、又等高線に沿つて線路の勾配を知り得らるるから、現場について果してその通りの線路が設置し得らるや否やを調査するのである。

従つてこの踏査には望遠鏡(Field Glass)、稜鏡羅針儀(Prismatic Compass)、氣壓計 (Barometer)、水準器 (Level)、歩程計 (Pedimeter)の携帶を要する。望遠鏡によつて遠距離を視察し、稜鏡羅針儀によつて方向を知り、氣壓計によつて場所の高低を知る。この氣壓計は二個を備へ一は出發地點に置きて測定し、他は現場に携帶して測定するのであるが、出發する時は二者の差を測り最後に之を訂正しなければならない。而して各地に於ける時刻、溫度、壓力を測定し、同時に又出發地點に於ても同様測定し、計算によつ

て各地點の高さを知るのである。水準器の内ハンドレベルは二點の短距離に於ける高低の差を測定し、水準双眼鏡 (Binocular level) は水準器を双眼鏡に取り付けたるもので遠距離高低観察に用ふる。歩程計は歩側によつて距離を知るために歩足の數を知るものである。\*

踏査に依つて最も大事なのは線路が通過する地域の面積の廣い狭いの調査である。その地域内に線路の帶が何本敷設せらるゝか、その帶の數の多き程線路の敷設が容易の箇所であるからである。先づ甲地乙地の鐵道敷設の起點終點が定めらるゝときは、その間の面積の中に於けるありとあらゆる帶なる線路を調査しなければならない。此の間に A, B, C 等の線路が存在する時は各々の線路を調査すると共に、A より途中分れて B に合する線路、又は B より C に至る線路等色々の組合せ線路をも調査することが必要である。

一つの渓谷に沿ひて線路を敷設して、途中隧道によりて隣の渓谷に移りてよき線路を見出すことが屢々ある。

之等は圖上撰定によつて澤山の線路を入れ、地圖の高低線に依つて縦断面圖を作り之れを現場に於いて調査して、果して圖面の通り線路が敷設し得らるゝか、又圖面上の線路を如何程に變更を要するや、圖面と現場とを比較して決定すべきである。線路の調査に當つては通過地點を調べることが必要にして、大河川あると

\* 摘著鐵道線路撰定及建設 p. 35.

きはその横断箇所、洪水位を調査し、又隧道の入口、出口、又道路との交叉地點等を知ることが大切である。次に踏査に於て必要なるは地質を調査することである。地滑りを起す地層なるや、又斷層が存在するや否や、地滑り地層に於ては降雨の際水の浸潤によりて線路は押し出され、斷層が存在するとき其處に隧道等を設くる時は崩壊せらるゝは免れない。又は平坦の地でもそれが地滑りの跡なるや、又沼澤の跡なるや又は泥濘地なるや否や、調査し置くことは最も必要な事である。若し地滑の跡なるとき、切取りをなすときは線路は崩壊し、又それが沼澤の跡又は泥濘地にあつてはその上に築堤をなす場合、土砂は何程にても埋没せらるが故に線路を他方に廻さねばならない。

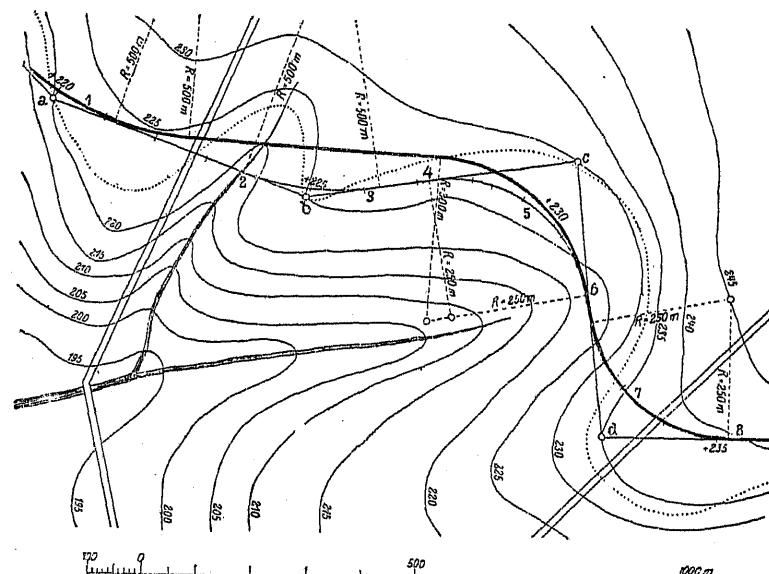
#### 圖上線路撰定 (Paper Location)

平坦地に於ては單に踏査によりて線路を設定し得るも、山岳多き地方に於ては踏査のみにて、適當なる線路を見出すこと困難である。故に豫め圖面上に線路を撰定して、之を實地に付き見較ぶるのである。圖面は參謀本部測量の高低測量の入つた圖面を可とする。是のなきときは有り合せの圖面により、又は實地に就て調製するを要する。飛行機寫真測量による圖面は圖上線路撰定に用ひて有效である。

圖上に線路を設定せんとするには其線路の性質により、初め計畫せられたる勾配によりて、此の圖面中に線路が如何に挿入せらるゝかを見るのである。先づ初めに線路が通過せなければならぬ

い二點を撰みて其間に線路を入れる。今與へられたる勾配を  $I$  とし距離を  $l$  とし高さを  $h$  とするときは  $l = \frac{h}{I}$  である。此の  $l$  が  $h$  なる高低線の中に挿入せられて充分の距離があるか、又は所定の曲線によつて廻り得られるかを調べ、順次先に及ぼして目的地點迄延長する。

第1圖に於て高低線は 5m 每である、是に 10‰ 線路を挿入せんとするに  $l=500m$  である。初め點線にて示す如く通過地點を大



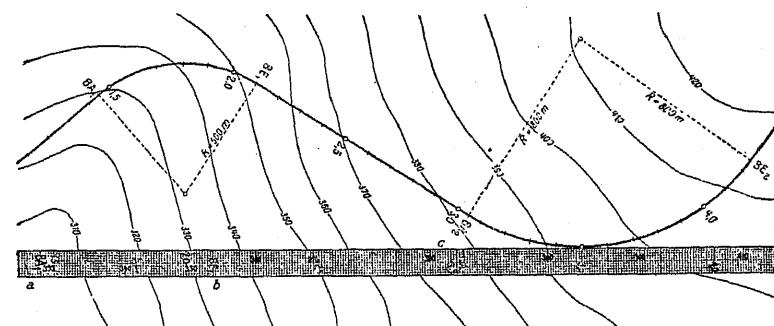
第 1 圖

體定め 100m 又は幾分長くコンパスにて測り、起點  $a(+220)$  より始めて 5 回にて +225m 線に達する點  $b$  を求む。同様に 5 回にて +230m 線に  $c$ 、更に 5 回にして 235m に達する點  $d$  を求めて

順次同様の方法により目的地迄達し此點を適當なる曲線にて結び合せるのである。斯くして出來たる線路は唯勾配のみに重きを置きて出來たる線路であるから地形に適當したる線路であるが、尚線路の性質により直線の方向、偏倚角度の減少、曲線の半径に就て所定の勾配の範圍に於て夫々修正が加へられるのである。之は次に述べる所の縦断面圖を作りてこれと對照して決定する。國有鐵道に於ては曲線の半径を限定して餘り多様にならざる様になしてある。

曲線半径 (m) 120, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1400, 1600 の 15 種であるが勿論特殊箇所には其場所に適當なるものを用ふるは當然である。

縦断面圖の作製には設置せる線路に沿ひて線路長を測ると共に其處の高さを縦断面圖に記入す。之には第2圖にて示す如く方眼



第 2 圖

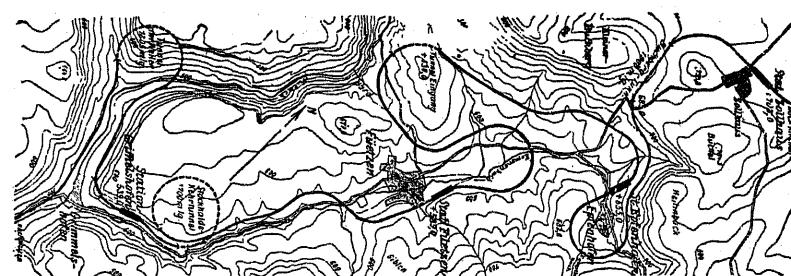
紙を用ひて線路に宛て測るを可とする。斯く距離及び地面高が記入せられたるときは之に線路の基面線を入れる。

それには細き絲を張り地表面に沿ひ如何なる勾配が最も適當なるか色々に試みて適當なる勾配線を見出すをよしとす。勿論初めは標準勾配が入れられる様に線路は撰んであるが、尙この勾配以内で最も適當なる線路を撰ぶのである。盛土と切取とが平均せらるゝ様な線路で、又線路中の建造物に依つて加減が加へられなければならない。大なる切取とか又河の底を切り取る様な縦断面は避けねばならぬ。これと共に餘り高き築堤又は高き橋梁等はよろしくない。」

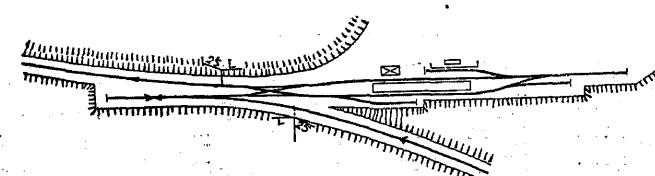
線路を圖上に於て設定するに大切なことは線路が通過せねばならない地點を知ることである、例へば貨客の集散する市街地又は貨物の搬出入に便利なる道路寄の地である。又地勢上より分水嶺又は架橋地點等が前もつて決定せられてゐなければならぬから線路の位置は大體定つて来る。これに反して到底通れない地點も自から定つてゐるからこれ等は如何にして迂廻せしむるか其の地點を見出さなければならない。

斯して主要の通過地點が決定したなら次は、此定まりたる地點間に第二の通過地點を定め、之等を結び合せたる點が一つの線路となる譯で、此の撰定は全く地勢に合致したもので其巧拙は工事の難易の岐るゝ處である。又高き分水嶺を通過の場合は或る高さまでは迂廻線を用ひて順次登り最後に上り得られざるに至りて隧道を設く。迂廻のためには馬蹄形曲線、又はループ線を用ひる。

ループ線とは線路が圓形を描きて上り、その上を再び線路がのり越す様な線路をいふ。更に尙一度その線路の上を通過するときはスパイラル曲線と云ふ。この三つの線路は一般にはループ線と稱せられてゐる。第3圖はループ線の線路を示したるものである。之等の方法より尙簡単なる方法として、折り返し線即ちスイッチバック線(Switch Backs)を用ふ。これは線路が上りて行き詰り點に至りて分岐器によつて折り返し又更に高く上るのであるが、分岐器の設置の箇所及列車のとゞまる部分は水平又は緩勾配になすを要する。運輸量の少く速度も要しないところに用ひらる。折り返し個所には本線にありては多くは停車場を設置する。又急



第3圖



第4圖

勾配線にて途中に停車場の設置困難なることあり。斯るときは本線より分れて水平線を設け、列車は此線に入り折り返して停車場

に入りて停車し然る後に再び勾配線に出発するのである。斯る停車場をスイッチバック停車場と稱する。第4圖は右方より25%にて上り來りて水平の折返線に入り、折り返して停車場に入りて、更に25%線に上るスイッチバック停車場の例である。

### 第三節 線路豫測 (Preliminary Survey)

豫測は踏査により略々線路建設に適當なりと認められたる幾本かの線路に就きて、尙詳しく述べる。豫測は線路の状態を知悉せんとする測量である。従つて線路の勾配、距離、曲線を知るのみならず停車場、橋梁、隧道等の建造物、土工、用地の數量に至るまで調査して比較線との優劣を明にする爲めに行ふのである。(測量を爲すに當りては豫め關係官廳に對して相當の手續をなし實施の際には時日を指定して關係市町村役場へ豫報を要す)

豫測は中心測量、水準測量、平面測量及び横断面測量に分つ。此内横断面測量は唯地盤の變化の甚しき箇處にのみ行ふものである。

測量組の編成に際しては、次の人数を以つてする。

#### 測量主任

中心測量組	水準測量組	平面測量組	横断面測量組
トランジット手一人	水準手一人	平面測量手一人	ハンドレベル手一人
測距手先手一人	桿手一人	測距夫二人	測距夫二人
同後手一人	測距手二人	オフセット手二人	桿手一人
器械夫一人			
杭・運搬夫一人			
雜木伐採夫若干		(手は其仕事に) (熟達せる者)	

側量主任は全員を統ぶると共に線路の撰定、通過地點を指示す。

之がためには線路撰定の重要な所は主任自ら視距測量によりて桿手を伴ひ地形を測りて、主要部分だけ略圖を作り圖上の撰定によりて通過地點を見出して之をトランジット組に示すものである。トランジット組は與へられたる通過地點及び線路の方向によりて方向抗を打ちて線路の方向を定め、距離を測定して二つの主線間には曲線を挿入す。豫測々量の場合は距離抗は普通20米なるも或る程度迄省略して40米毎に又は100米毎に設置する。豫測にありては多くはトランジット手は主任を兼ねて線路の撰定全部を統轄する。

### 第四節 線路實測 (Location Survey)

踏査により數多の線路が得られ、豫測により之等線路中より最良のものが擇ばれ、更に實測によりて線路を測量して之によりて設計し、土積を計算して工費を調べて工事に着手するのである。勿論豫測に續いて實測を行ふ際には其の測量の一部は直ちに實測々量に役立つものであるが、高低のある所では線路の通過地點は假令僅少偏倚するも、建設費に於て多額の相違が出来るものなれば調査の上にも充分調査を重ね、此のために精密なる地形測量を行ふのが普通である。

地形測量は平板測量と支距測量との二つによりて行はる。

初めに本線の通過すべきと考へらるゝ處を撰み直線を設置して、之を基線として更に之より枝線を出して視距測量と平板測量

によりて地形を測る。家屋等にて混雜せる附近は平板測量のみによりて現場に於て直ちに紙上に記入するものである。地形測量圖は又近時飛行機上の寫真によりて調製せらる。

### 視距測量 (Stadia Survey)

測量の方法 主任は隊員に測量の進路範囲を示し、出發點を定め小杭を打ち更に進みて第二第三の主測點を定む。主測點間の距離は器械にて必要の精度に觀測をなすに困難を感じざる範囲内に於てなるべく大なるを有利となし通例  $200\sim250^m$  とする。又此間に補助測點を岐出して測量をなす場合もある。

器械を出發點に据へて器の高さを測定する。次に水平角の  $0^\circ0'$  を磁針に合せて第二の主測點の位置を測角する。次て桿手の立てたる尺桿上に略器の高さと等しき高さに中央の横絲を向け、下方側距絲を米突の目盛線に一致せしめ、上下測距絲間の挾距を讀む。次に中央絲を以て尺桿の器高と等しき高さを視準して堅角を讀む。然れども障害物のため器高と等しき高さを視準し能はざるときは特に其視準高さを記帳す。桿讀及び堅角に對して望遠鏡を反轉して更に一回の觀測を行ひ兩者の平均をとる。主測點間を測定するときは一般の地形測量に移るに先ち尺桿を視準して桿讀、水平角、堅角の順序に觀測して記帳す。此間平面圖手は器の傍に平板を据へて其地點を圖面中に記入す。斯くて家屋、河川、道路、池沼等と共に等高線を描くに必要な勾配變換點を觀測する。

次に器械を第二點に移して第一點に於けるものと同様に觀測を

行ふ。尙主測點間は正確を要するものなれば距離及び高低を正確ならしむる爲めに、特に測尺又はレベルによつて測定することあり。

測定距離  $D$  は器械の上下横絲間に挟まる間隔  $l$  へ器械の定數  $K$  を乘ずるによりて得らる。而して  $K$  の値は計算に便ならしむる爲めに 100 と爲す如く測量絲を調製し置くを可しとする。

斯くて觀測したときは次の公式によりて計算する。

$$\text{水平距離 } D = C \cos \alpha + Kl \cos^2 \alpha \quad \dots\dots(1)$$

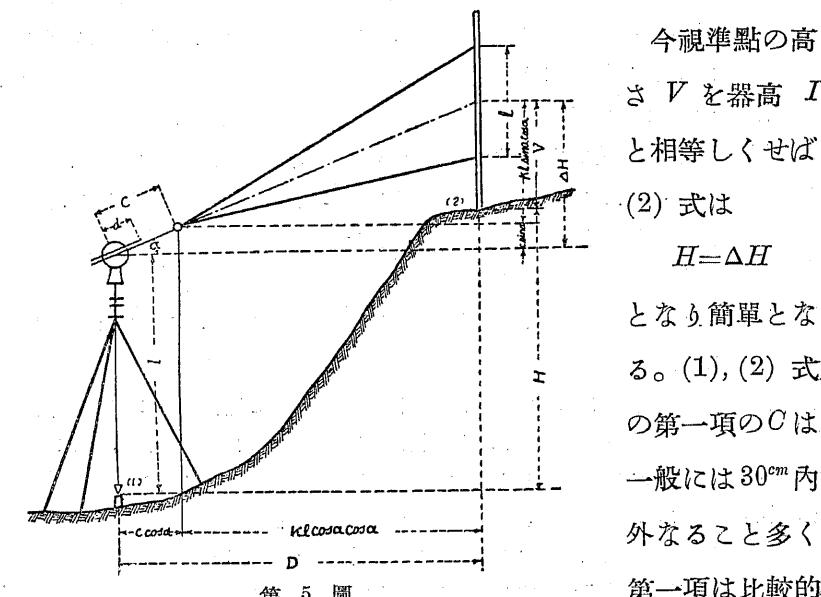
$$\text{高低差 } H = \Delta H + I - V = C \sin \alpha + Kl \sin \alpha \cos \alpha + I - V \quad \dots\dots(2)$$

$l$ =桿讀數,  $\alpha$ =堅角,  $I$ =器高,

$\Delta H$ =トランジット軸の中心と尺桿の視準との高低差,

$V$ =中央絲にて視準した尺桿の高さ,

$C$ =加定數と稱して器械毎に夫々異なる數値。



小なる數となるを以て特に精密を要する場合の外は之を省略するも大なる相違がない。

野帳面は次の如く記載するを可しとす。

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
主測點	器高	桿讀	水平角	視準高	豎角	水平距離	高低差	標高	備考
							(イ) (ロ)	(イ) (ハ)	

- 第一欄 主測點には番號よりは寧ろ桿讀を逐次加算したるものを用ふれば之に依りて原點よりの距離を推測し得て便なり。
- 第二欄 器高には器械据付後其地點より望遠鏡軸中心迄の高さを記す。之を測るには豫め器械の三脚の一に望遠鏡軸中心より計りて  $1^m$  より  $1.0^m$  位までの目盛を施し置くときは鍾の尖端を其地點に接する迄下垂し、然る後之を目盛に合せて其の器械高を知るを得べし。
- 第三欄 桿讀は器械の上下測距線の尺桿上に挿みし讀數を記す。即ち中央絲が大略器高と等しき尺桿の高さに合する如くして下方測距線を最近の目盛線に合してより上方測距線に至る長さを讀むを便とする。
- 第四欄 水平角には通例北を以て  $0^{\circ}0'$  としたる右廻り角度を記す。
- 第五欄 視準高は一般に視準點の高さを器高と相等しくすれば公式 (2) に於て  $I-V=0$  從て  $\Delta H=H$  となり高低差の算出簡単となるを以て通例此の法に依る。從て一般には視準點の高さを記入するの要なし。
- 第六欄 豊角は豎圈にて読みたる角度を記す。通例仰角を (+)，俯角を (-) とす。
- 第七欄 水平距離は公式 (1) に依り桿讀數と豎角との關係より算出したる水平距離を記す。
- 第八欄 高低差 (イ) には公式 (2) に依り桿讀數と豎角との關係より算出したる高低差  $\Delta H$  を記す。(ロ) には第五欄に記入したものにより (イ) に影響すべき高低の差を記す。即ち公式 (2) に於ける  $(I-V)$  の値を記す。
- 第九欄 標高には第八欄より算出したる其の點の標高を記す。
- 第十欄 (イ) には磁針により方位角を記し第四欄の水平角を検するに用ふ。(ロ) には該地點の位置を知るに便なる地形等を記すに用ふ。

(記帳例)

4月10日

主測點	器高	桿讀	水平角	視準高	豎角	水平距離	高低差	標高	備考
26+03	4.55	989	$92^{\circ}-50'$		$+0^{\circ}-4'50''$	989	$+1.53$	270.44	道路の側
35+92	4.50	475	$88^{\circ}-58'$	5.5	$-1^{\circ}-54'0''$	475	$+15.72$	271.97	川の右岸堤上
40+67								286.69	山の裾の角

(鐵道省測量心得による)

斯くして地形平面圖を作製す。縮尺は  $\frac{1}{2,500}$  を可しとなす。之は圖上にて線路の通過地點を探すので主に山岳地帶に於て行ふ。

此圖面の上にて線路の圖上撰定を行ふ。之は踏査の處にて述べたる通りなるも尙次の事項を必要とする。

(1) 地形の起伏ある處にては平面圖上に適當と思はる通過地點をとり、圖上の高低線より横断面を作り、是に適宜の高さに施工基面を入れ切取り、又は築堤面を書きて切取り、又は築堤が餘り大ならず且つ法面が餘り長からずして適當の長に納まるや否やを檢し、尙前後の地點を同様に檢し之等の中心點を平面圖に記入して、適當なる曲線又は直線にて之等諸點に近き點を通過する線路を圖上に插入するのである。

(2) 線路は地形と合致するを要するは既に述べたる處なるも、山岳地帶に於て山の裾が出はいりして色々の曲線を形成して居るが、線路は之等曲線と一致するを要す。從つて線路の設置に當つては圖面の上にて色々の曲線定規をあてゝ見て地形と合致せる半徑を見出し之を圖面に插入し、同様に隣接地帶の曲線を書き

此間を直線又は曲線を以て連結する。從來一般には直線を設置して然る後に其間を曲線にて連絡したが、斯くては線路は直線に支配せられて地形に適當なる曲線を入れること困難なる故に、先づ初めに困難とする處の曲線を設置して、容易なる直線を後になすのである。殊に山麓を迂廻する際に曲線を先になし直線を後になすは直線は多くは前後の平坦なる廣き場所にあるが故に何れに移設するも大なる相違を來さない故である。此方法は線路を設定するに最も大切な事項である。

(3) 縦断面圖の作製に當りて勾配は地形に順應して餘計の切取と築堤なきを要すると共に其量はなるべく同じく、切取より得たる土坪は流用土として直に盛土に用ひらるゝ様になすは前に述べたる通りであるが、併し此運搬距離には限度ありて、遠くなるときは切取りは附近に捨て盛土は近きに求むる方却て可なることがある。之が爲めに次に述ぶる土工調節曲線によるを便とする。

(4) 停車場の間隔は  $5\sim 8^{km}$  となし停車場は水平區間又は  $3.5\%$  以内の勾配に置くを要し、其長さは線路の等級によりて異なるも驛端の轉轍器先端より、車の手入換の關係上簡易線にては  $10^m$ 、普通線路では  $60^m$  は保たしむるを要する。故に停車場の總延長は次の如くなる。

$$\begin{aligned} \text{總延長} &= 2 \times (10 \text{ 又は } 60^m) + 2 \times (\text{亘線延長}) + \text{有效延長} \\ &= (20 \text{ 又は } 120^m) + 120^m + (80 \sim 460^m) \end{aligned}$$

前記する處は地勢に應じたる線路の撰定にして之より縦断面圖

を作製して、更に列車運轉の難易を研究して一部宛の變更を要するのである。

斯くして出來上りたる紙上線路を現場に移し植へるのであるが、地形測量に用ひたる基線は現場に存在するが故に、先づ紙上にて設定せられた線路と基線とのなす角を圖上で測りて之を現場の基線より測り、又紙上と同一距離を測定して新線路を設置して、距離杭と曲線杭を打ち込み、更に縦断面、横断面圖を現場に付きて測量作製するのである。

圖面は鐵道省にては線路設計に用ふるものは平面圖は  $\frac{1}{2,500}$  にして、縦断面圖は横  $\frac{1}{2,500}$  縦  $\frac{1}{400}$  である。卷尾 244 頁 93 圖は平面圖にして 245 頁 94 圖は鐵道省にて定むる縦断面圖の模範圖である。

地方鐵道の線路實測圖は平面圖縮尺は  $\frac{1}{25,000}$  以上となし線路の左右 200 米以内の地勢を明にし其他附近の市街、村落、社寺、名勝、舊蹟、公園、道路、鐵道、軌道、山岳、河川（氾濫地域を記載すること）運河、港灣、要塞地等を記し府、縣、郡、市、町、村の境界及方位を示す。又縦断面圖は縮尺の長さは平面圖と同一にして高さは  $\frac{1}{2,000}$  以上とし中心線地面及び施工基面の高低並築堤の高及切取の深を 200 米毎に記し隧道の長さ、橋梁、溝橋の徑間及徑間數、桁の種類及材質、停車場、停留場及信號所の名稱及中心料程、重要な踏切道並線路の勾配を記入するを要す。又線路が他の鐵道又は軌道と交叉連絡又は接近するときは其鐵道又は軌道の前後各 1 料間の中心線及び高低の關係を明になし、又線路が市街地を通過し又は之に接近するときは別に縮尺  $\frac{1}{2,500}$  の平面圖及縮尺長  $\frac{1}{2,500}$  高さ  $\frac{1}{400}$  の縦断面圖を要する。

地方鐵道に於ける線路の豫測圖は平面圖は縮尺  $\frac{1}{25,000}$  以上とし線路の經過地の地名及地勢停車場の位置及名稱並に 1 料毎に料程を記し方位を示し。縦断面圖は横を  $\frac{1}{25,000}$  以上高さを  $\frac{1}{2,000}$  以上となし中心線地面及施工基面の高低を示し隧道及橋梁の長、線路の勾配並に停車場の位置及名稱を記するを要する。

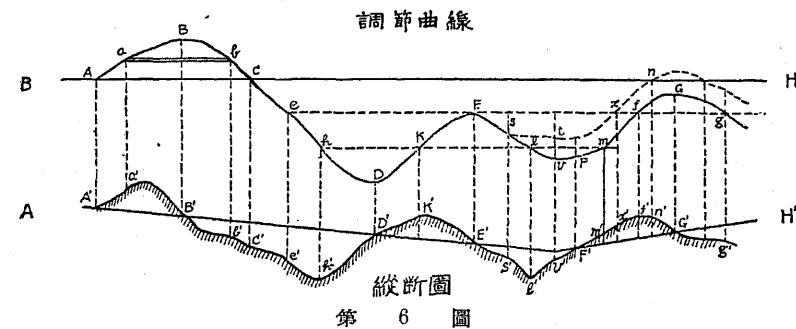
## 第五節 土工調節曲線 (Mass Curve)

線路縦断面圖を作製するに切取より生ずる土砂を以て盛土に流用し所謂流土になすは必要であることを述べたが、同時に其の運搬距離を考へねばならぬ。其の距離が長きに失するときは却て切取土砂は附近に捨て純切取になし、盛土は附近の土取場より運搬して純築堤になすは工費の上より渺くして済むことになる。

此の流土と純築堤との関係を見出すに調節曲線を作製して此れによりて二者の範囲を決定し同時に線路基面を色々に變更して工費を節減することが必要である。

6 圖の A は線路縦断面圖で横と縦と同縮尺を用ひたるもので、 $A'H'$  は施工基面線である。而して此間に於ける土工の數量は 20 頁表に掲ぐるもので、最右項に掲げたるものは始點より土工の切取盛土の差引和を示したるものである。此數量は各位置に於ける土質により土の増加率又は減少率を加算したるものである。斯くて得たる土工の總和を  $AH$  なる水平線の上下に (+)(-) によりて書きたるものは同圖 B に示したるもので、之が調節曲線である。

圖の B 調節曲線の上りは切取を示し下りは盛土にして其の頂點は切取と盛土の境點である。而して此の水平線 (Zero Line) の曲線を切る所例へば  $A-C$  の間に於いては切取と盛土とが平均して  $A'B'$  の切取は  $B'C'$  に埋められて剩餘なきを示すもので、



第 6 圖

若し  $a b$  の如き水平線にありては  $a'b'$  に於ける土工が平均するものである。

次に  $ab$  に沿ひて細き帶  $dx$  を書き  $a'$  に於ける土量  $dx$  を  $b'$  に運ぶとするとき距離は  $ab$  で其の積は  $ab \times dx$  の帶の面積にて表すことが出来る。同様に面積の  $ABC$  は  $A'$  と  $C'$  との間の土の運搬距離と土の量との相乗積の總和を示すものである。故に平均運搬距離は此の面積を土の運搬量にて除したもので、運搬量は頂點に於ける縦距にて知ることが出来る。

次に  $E$  に於て水平線を引くときに  $e, f, g$  を切る。然るときは  $C'-e'$  間は純築堤にして  $e'-D'$  は  $D'-E'$  の切取流土により、又  $E'-F'$  間は  $F'-f'$  より  $G'-g'$  は  $f'-G'$  よりの切取によりて埋築せらる。

$h k l m$  線は土砂運搬の他の方法を表すもので、 $C'-h'$  は他所よりの純築堤により、 $h'-k'$  は相平均し  $k'-l'$  及び  $l'-m'$  は各平均する。斯く  $eDE$  と  $EFF$  は  $e'$  と  $f'$  間の土の運搬を示し、二者

の合計面積は次の方法に於ける、 $hDK$  及び  $KEl$  及び  $lFm$  及び  $e'-h'$  の純築堤と  $m'-f'$  の純切取との合計面積に對するもので、之を比較するに前者の方の面積即ち土積と運搬距離の相乗積は大である。後者は面積は小なるも、純築堤と純切取土積が加つてゐる。故に何れか工費の安價の方を擇ばなければならぬ。

要するに土工費の大部分は運搬費なるによりて、調節曲線によりて面積を求め、流土純築堤の間の關係を明になし、其の安き方を探ると共に運搬距離を最小ならしめなければならぬ。

橋梁個所に於て土坪を要せざる處假令ば  $S'-V'$  に於て  $t'$  なる土坪を要せない。故に  $s-t$  は水平線である。他は前の實線  $vFmfGg$  と平行である。

位 置	土坪 〔切取+ 築堤-〕	土 質	收縮又は 増加率 %	收縮又は増 加率を加減 せる土積	調節曲線 縦 距
46+70					0
47	+ 195	粘 土	-10	+ 175	+ 175
48	+ 1792	" "	-10	+ 1613	+ 1788
+80	+ 614	" "	-10	+ 553	+ 2341
49	- 143			- 143	+ 2198
50	- 906			- 906	+ 1292
51	- 1985			- 1985	- 693
52	- 1721			- 1721	- 2414
+80	- 112			- 112	- 2526
53	+ 177	硬 岩	+60	+ 283	- 2243
+70	+ 180	" "	+60	+ 289	- 1954
54	- 52			- 52	- 2006
+42	- 71			- 71	- 2077
55	+ 276	粘 土	-10	+ 249	- 1828
56	+ 1242	" "	-10	+ 1118	- 710
57	+ 1302	" "	-10	+ 1172	- 462

## 第六節 線路建設概算書

線路の調査後は豫算の作製を要す。初めは概算書を作製するに止る。此作製には橋梁其他の建造物に於ては疊築の數量は概數を以て可となし普通有り觸れたる諸表により計算する。鐵道省にては橋梁は高さ徑間に應じて圖表を作製し置き之によつて數量を調査してゐる。

又特に設計をなさざるものに於ては次の標準によりて加入する。

川溝道路付用地は 1 粅に付き 1,000 平米

川溝付、踏切道及び道路付土工は 1 粅に付き 2,000 立米

土留石垣は 1 粅に付き 300 平米とする

勿論此三者共主要なるものは特に計算して之に加ふることを要する。而して之が工事種類の單價は其場所及び時代の單價によらなければならない。鐵道省にて定むる處のものは卷尾の(202)頁表である。

## 第七節 工 事 施 行

前記の建設概算書によりて線路の敷設免許を受け之が許可せられて敷設が確定したる後は、更に精細の設計圖を作り數量を調査して單價は現場に臨みて正確なる調査をして請負工事となし、又は直營にて施行す。直營は工事が困難にして竣工期日の判らな



$$P' = E.C. = \frac{km}{1,044.8} + 0.000291 R \theta = \frac{km}{1,044.8} + 178.1 = 1,222.9$$

尙今敷設したる曲線の正確なりや否やを見る爲めに正割の位置が曲線の中心にあるや否やを検す。

$$\text{正割} = R \left( \sec \frac{\theta}{2} - 1 \right) = 400 \times (1.025811 - 1) = 10.32$$

$$S\text{點} = 1,044.8 + \frac{\text{曲線長}}{2} = 1,183.9 \quad \text{即ち } 1,183.9 \text{ の處にて } IS \text{ が } 10.32 \text{ を要する。}$$

例 2. 切點  $P$  に据へたる器械が障害物のために先きの鐵杭を見ることが出来ない場合。

例へば  $P$  より前例の  $1,120$  杭が見へざる時は器械を  $1,080$  杭に移し  $1,100$  杭より  $\alpha = 1^{\circ}25'95$  の方向に  $20m$  の長さ  $1,120$  杭を打ち同様に前進す。尙障害物のために  $P$  より何れもの杭の位置を見ることが出来ざるときには  $S$  より曲線を打ち始め又は  $P$  より逆に打ち始むるのである。

例 3. 二直線の交點  $I$  に器械を据へること能はざる場合。二直線中の任意の點  $B$  及び  $C$  を連ねて  $\angle ICB$  及  $\angle IBC$  を測りて  $BC$  の長さを測り三角形の各邊の長さを計算して  $BP$ ,  $CP'$  を實地に測りて  $P$  及び  $P'$  を得。前記の通り杭を打ち込む。

### (B) 複心圓 (Compound Curve)

$R_l, R_s$  = 半徑

$I_l, I_s$  = 偏角

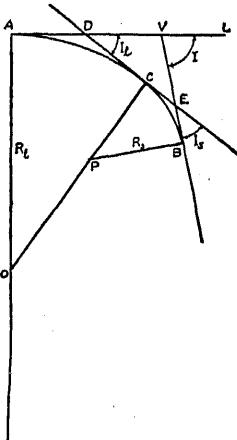
$T_l, T_s$  = 切線長

$R_l, R_s, I_l, I_s$  を知りて  $T_l, T_s$  を求む

$$T_l = AD = CD = R_l \tan \frac{1}{2} I_l$$

$$T_s = EB = CE = R_s \tan \frac{1}{2} I_s$$

$$DE = R_l \tan \frac{1}{2} I_l + R_s \tan \frac{1}{2} I_s$$



第 8 圖

$\triangle DVE$  に於て各角と一邊の長を知る故に  $DV, VE$  を知るこ

とが出来る。

$$\therefore AV = AD + DV.$$

$$VB = BE + VE.$$

故に切線の長さを知る故に前例によりて  $A$  より曲線を打ち始まり  $C$  に終り更に  $C$  より始めて  $B$  に終るのである。

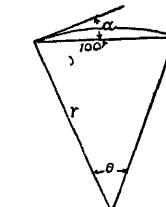
### 第二 角定曲線法 (Degree Curve)

曲線の弦  $100$  呎に對する中心角により曲線の大きさを表す法で米國に於て専ら用ひらる。

$$\theta_{(r)} = 2\alpha = 2 \times 1719 \frac{c}{r} = \frac{2 \times 1719 \times 100'}{r_{(r)}}$$

$$r_{(r)} = \frac{2 \times 1719 \times 100}{\theta_{(r)}}$$

$$1^{\circ} \text{ の曲線半徑} = \frac{2 \times 1719 \times 100}{60'} = 5730'$$



第 9 圖

曲線敷設の方法としては初め偏角を測り切線長を測定して  $100'$  弦を敷設するは前と同様である。此際  $\alpha$  は  $1^{\circ}$  の曲線に於て  $30'$ ,  $2^{\circ}$  の曲線に於ては  $1^{\circ}$  である。

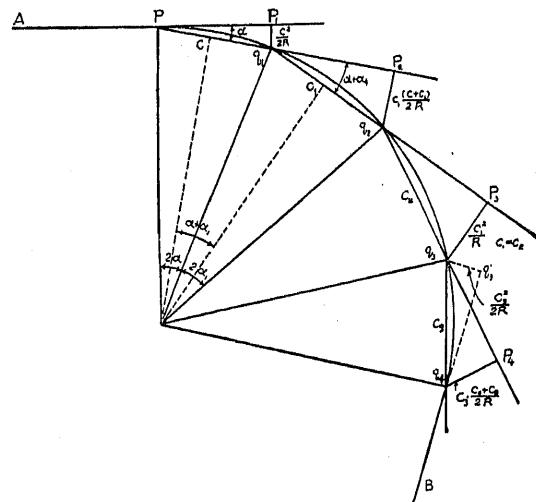
今角定曲線に於ける各角度に對する半徑を示せば次の様である。

曲線の角度	$30'$	$1^{\circ}$	$2^{\circ}$	$3^{\circ}$	$4^{\circ}$	$5^{\circ}$	$6^{\circ}$	$7^{\circ}$	$8^{\circ}$
曲線の半徑(鎌)	173.6	86.8	43.4	28.9	21.7	17.3	14.4	12.4	10.8
" (米)	3472	1736	868	578	434	346	288	248	216

$9^{\circ}$	$10^{\circ}$	$11^{\circ}$	$12^{\circ}$	$14^{\circ}$	$16^{\circ}$	$18^{\circ}$	$20^{\circ}$	$24^{\circ}$	$30^{\circ}$
9.6	8.7	7.9	7.2	6.2	5.4	4.8	4.3	3.6	2.9
192	174	158	144	124	108	96	86	72	58

### 第三 枝距法 (Offset Method)

器械を使用せずして單に見透しにより曲線を設置する方法で、曲線の通過地點を知るに便である。



第 10 圖

a)  $P$  より曲線を始め  $B$  に至るとするに枝距  $P_1q_1, P_2q_2, \dots$  を求む。

$$P_1q_1 = C \sin \alpha = \frac{C^2}{2R}$$

$$P_2q_2 = C_1 \sin(\alpha + \alpha_1) = C_1 (\sin \alpha \cos \alpha_1 + \cos \alpha \sin \alpha_1)$$

$$= C_1 \left( \frac{C}{2R} \sqrt{1 - \left( \frac{C_1}{2R} \right)^2} + \frac{C_1}{2R} \sqrt{1 - \left( \frac{C}{2R} \right)^2} \right)$$

$$\therefore C_1 \left( \frac{C_1 + C}{2R} \right)$$

次に  $C_1 = C_2$  とするときは  $P_3q_3 = \frac{C_1^2}{R}$

### 第四 正割 (Secant) によりて曲線の通過地點を知る法

曲線の通過地點を知らんとすることは度々起る問題で、線路を

測量して前後の二直線が定り此間に曲線を挿入して或る一點を通過せしめたいと云ふ場合に、其の曲線の半径を何程になせばよいかと云ふ問題が屢起る。勿論器械を用ゐない場合である。又線路が水のために破壊せられて應急のために假線を敷設するに災害個所を避けて曲線にて廻り此點を通過せしめたいと云ふ點がある。此際に前後の直線に對して何程の半径の曲線を挿入すれば此點を通過するかを決定せなければならぬ。從來は前述第三の方法が行はれてあつたが曲線の始點を色々に變へ、又半径も色々に變へて試みなければ容易に見出されない。此際には次の正割の方法による。著者は此の方法を實地に當りて考へ利便を得た。

直線  $A, B$  の交點  $I$  を求めて  $I$  より適當の長さに同長に直線の方向に  $a$  をとり  $b$  點を

定めて  $bb$  を二等分し  $c$  と

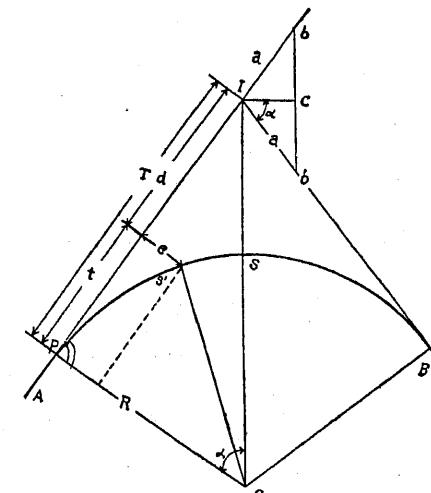
$I$  を結ぶ。然るとときは角  $\alpha$  を得。

此  $\alpha$  は中心の  $\alpha$  と同じ故に

$$IS = R \sec \alpha - R$$

$$= R \times \left( \frac{Ib}{Ic} - 1 \right)$$

此  $IS$  の長さによりて  $I$  より測り曲線の通過位置を大體知ることが出来る。故に  $R$  を色々に變じて思ふ處を通過せ



第 11 圖

しむる。尚半径の長さを正確に知らんとせば次の方法による。

若し通過せんとする地點が  $S'$  なるときは直線の方向に  $d$  を測り直角に  $e$  を測る。

$$T = R \tan \alpha = R \frac{eb}{Ie}, \quad t = T - d, \quad (R - e)^2 + t^2 = R^2,$$

$$R^2 - 2Re + e^2 + t^2 - R^2 = 0, \quad -2Re + e^2 + (R \tan \alpha - d)^2 = 0;$$

$$\tan^2 \alpha R^2 - 2R(e + d \tan \alpha) + e^2 + d^2 = 0$$

$\tan \alpha, e, d$  は現場にて知る故に此式より半径  $R$  を知ることが出来る。

$$R = \frac{(e + d \tan \alpha) \pm \sqrt{(e + d \tan \alpha)^2 - \tan^2 \alpha (e^2 + d^2)}}{\tan^2 \alpha}$$

$R$  の値に 2 つあるも大の方を探る。小の方は此弧の反対側にある  $S'$  の位置なるにより此問題には適合しない。

## 第九節 緩和曲線 (Transition Curve or Easement Curve)

(1) 曲線には外軌に高度  $h$  を附す。此  $h$  は直線に移る場合には漸次低減する。其低減して零迄に至る間に其高度に相當したる半径の曲線を挿入する。即ち高度  $h$  に對して曲線半径が  $R$  にして高度が 0 になれば其時の半径は無限大である。此半径  $R$  より順次増加して無限大に至る曲線を緩和曲線と云ふ。

(2) 其低減せしむる區間即ち緩和曲線の長さ、換言すると高度の倍數  $n$  は、國有鐵道規定では甲線は高度の 600 倍、乙線は 450 倍、丙線は 300 倍としてある。高度  $h$  は  $\frac{dv^2}{gr}$  にして  $d$  は軌間  $g$  は重力加速度  $v$  は速度  $r$  は半径である。

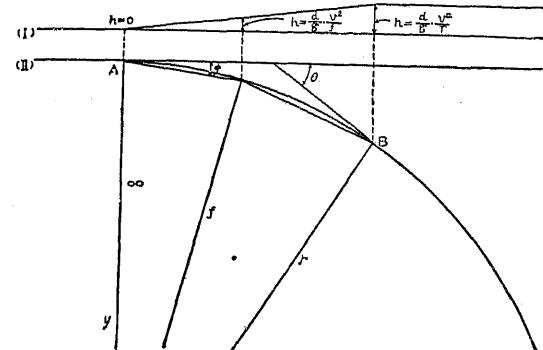
(3) 次圖の (I) は外軌の高度を表し (II) は緩和曲線の平面

圖である。A は始點にして B は終點である。而して此曲線は次式にて表し得る。

$$y = \frac{x^3}{6k}$$

$$k = n \frac{d}{g} v^2$$

この式は 3 次抛物線にして國有鐵道にて用ひるものなるも其の他双葉曲線 (Lemniscate) 又はクロソイド曲線 (or Crandall's Spiral)



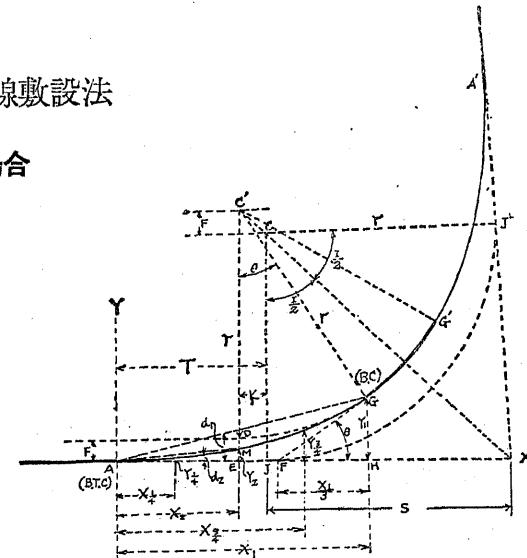
第 12 圖

が用ひられる。其の他の高次の抛物線も緩和曲線として用ひられ、又複心圓曲線が用ひらることがある、之は澤山の半径の複心圓を連續敷設して半径の無限大なる直線迄至るのである。

## 第十節 緩和曲線敷設法

### (1) 新設線路の場合

$AX, A'X$  は二つの直線にして  $JJ'$  は普通の圓曲線であるが、此間に緩和曲線を挿入せんとする。此際の圓曲線は  $GG'$  にして緩和曲線は此前後の  $AG$  及び  $G'A'$



第 13 圖

である。緩和曲線が3次抛物線なるときその性質として次の関係がある。

$$L = r \sin 2\theta \cos \theta \left(1 + \frac{1}{10} \tan^2 \theta\right)^* \quad L = \text{緩和曲線の長さ}$$

$$\tan \theta = \frac{nh}{2r}$$

$$F = r \left( \frac{1}{3} \sin 2\theta \sin \theta + \cos \theta - 1 \right)$$

$$K = F \tan \frac{I}{2}$$

$$X_1 = r \sin 2\theta \cos \theta, \quad X_2 = r (\sin 2\theta \cos \theta - \sin \theta)$$

$$Y_1 = \frac{r}{3} \sin 2\theta \sin \theta, \quad Y_2 = Y_1 \left( \frac{X_2}{X_1} \right)^3 \quad F, K, X, Y, \dots \text{圖上の距離}$$

$$\overline{FH} = \frac{1}{3} X_1$$

34頁第一表は  $r$  を  $1^m$  として

緩和曲線長  $n h$  に對して  $F, L, 橫距 X, 縱距 Y$  を算出したものである。故に曲線半徑  $r$  米, 軌條高度  $h$  粪なるときに各の値を見出さんとするときは先づ緩和曲線の長さ  $hn$  を  $r$  米即ち  $1000r$  粪にて除したる  $\frac{hn}{1000r}$  の値を求め、第一表に於て此値に近き  $l$  を求むる。然る時は之れに相當する  $\theta, f, x, y, x_2, y_2$  等の値を得らるゝに依り之に  $r$  を乗じて各所要の寸法を知ることを得。但し  $n$  の値は前記の甲種線路は 600 以上乙種は 450 以上丙種は 300 以上簡易線は 300 以上とする。

$$L = lr(\text{米}) \quad X_1 = x_1 r(\text{米}) \quad X_2 = x_2 r(\text{米}) \quad X_{\frac{1}{4}} = x_{\frac{1}{4}} r(\text{米}) \quad X_{\frac{3}{4}} = x_{\frac{3}{4}} r(\text{米})$$

$$F = fr(\text{米}) \quad Y_1 = y_1 r(\text{米}) \quad Y_2 = y_2 r(\text{米}) \quad Y_{\frac{1}{4}} = y_{\frac{1}{4}} r(\text{米}) \quad Y_{\frac{3}{4}} = y_{\frac{3}{4}} r(\text{米})$$

一般の場合にて  $AH$  を  $n$  等分して  $m$  番目の點の位置を求めんとせば

\* 拙著鐵道線路撰定及び建設 p. 68.

$$X_m = \frac{m}{n} X_1(\text{米}) \quad Y_m = \left( \frac{m}{n} \right)^3 Y_1(\text{米}) \quad \tan d_m = \left( \frac{m}{n} \right)^2 \frac{Y_1}{X_1}$$

$$\text{尚 } \overline{FH} = \frac{1}{3} X_1(\text{米}) \quad K = F \tan \frac{I}{2}(\text{米})$$

又  $G$  點及び  $D$  點の偏角  $d_1$  及  $d_2$  も第一表に示す通りである。

本法によりて緩和曲線を敷設せんとする時は、原點  $A$  は元の切點より  $(X_2 + K)$  だけ離す。次に曲線の兩切線を内方に  $F$  だけ移動せしめ、之れに切する圓曲線と原線との間に緩和曲線を敷設するものである。

$G$  點より先きは次の緩和曲線の始まり迄は單曲線を敷設するのである。

例 1. 曲線半徑 300(米), 軌條高度 115 粪,  $n=800$  なる場合に於ける緩和曲線の主要寸法を求む。

此の場合に在りては  $r=300, h=115, n=800$  故に前記の  $\frac{hn}{1000r} = \frac{115 \times 800}{1000 \times 300} = 0.30667$  故に次の第一表により之に近き  $l=0.305978$  を撰み  $\theta=9^\circ 0' 0''$  なるを知り次の如く主要寸法を求むることを得。

$$L = 0.305978 \times 300 = 91.793(\text{米}) \quad F = 0.0038019 \times 300 = 1.141(\text{米})$$

$$X_1 = 0.305212 \times 300 = 91.564(\text{米}) \quad Y_1 = 0.0161136 \times 300 = 4.834(\text{米})$$

$$X_2 = 0.148777 \times 300 = 44.633(\text{米}) \quad X_2 = 0.0018664 \times 300 = 0.560(\text{米})$$

$$X_{\frac{1}{4}} = 0.076303 \times 300 = 22.891(\text{米}) \quad Y_{\frac{1}{4}} = 0.0002518 \times 300 = 0.076(\text{米})$$

$$X_{\frac{3}{4}} = 0.228909 \times 300 = 68.673(\text{米}) \quad Y_{\frac{3}{4}} = 0.0067979 \times 300 = 2.039(\text{米})$$

$$\overline{FH} = \frac{1}{3} \times 91.564 = 30.521(\text{米})$$

例 2. 曲線半徑 1200 米, 軌條高度 35 粪なるとき前圖に示す  $F, X_1, Y_1, X_2, Y_2$  及緩和曲線長  $L$  を求む。但し  $n=800$  とす。

此の場合に在りては  $r=1200, h=35, n=800$  故に  $\frac{35 \times 800}{1000 \times 1200} = 0.02333$  故に次の第一表により  $l=0.023268$  を撰み  $\theta=0^\circ 40'$  たるを知り所要の寸法を算出すること次の如し。

$$\begin{aligned} L &= 0.023268 \times 1200 = 27.922(\text{米}) \\ X_1 &= 0.023267 \times 1200 = 27.920(\text{''}) \\ X_2 &= 0.011632 \times 1200 = 13.958(\text{''}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= 0.0000225 \times 1200 = 0.027(\text{米}) \\ Y_1 &= 0.0000902 \times 1200 = 0.108(\text{''}) \\ Y_2 &= 0.0000112 \times 1200 = 0.013(\text{''}) \end{aligned}$$

## (2) 既設線路の場合

線路改良の場合は既に曲線が敷設しある故に前のように線路を移すことが出来ない。斯る際には既設曲線  $R$  の両端に今迄より小なる曲線  $r$  を挿入し、此の小曲線に緩和曲線を挿入す。

$$Y_3 = R(1 - \cos \alpha)$$

$$y_3 = r(1 - \cos \alpha)$$

$$F = Y_3 - y_3 = (R - r)(1 - \cos \alpha) = (R - r) \operatorname{vers} \alpha$$

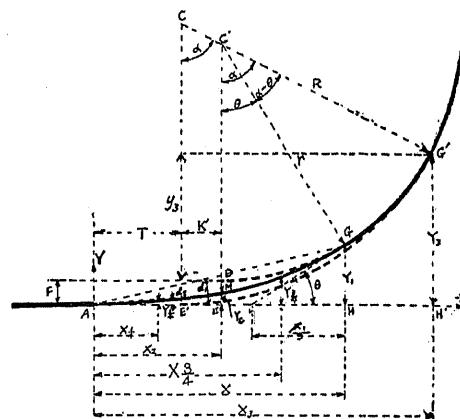
$$\therefore \operatorname{vers} \alpha = \frac{F}{R - r}$$

$$F = r \left( \frac{1}{3} \sin 2\theta \sin \theta + \cos \theta - 1 \right)$$

$$\therefore \operatorname{vers} \alpha = \frac{r \left( \frac{1}{3} \sin 2\theta \sin \theta + \cos \theta - 1 \right)}{R - r}$$

第三表にて  $\frac{\left( \frac{1}{3} \sin 2\theta \sin \theta + \cos \theta - 1 \right)}{R - r}$  を計算しある故に  $r$  を乗ずるによつて  $\operatorname{vers} \alpha$  を計算し得。此際使用すべき  $r$  は  $R$  より稍少く  $300^m$  のときは  $r = 300^m - 10^m$ ,  $400^m$  のときは  $r = 400^m - 15^m$ ,  $500^m$  のときは  $r = 500^m - 20^m$  として一般には次の式にて計算する。

$$r = R - \frac{1}{20}(R - 100)$$



第 14 圖

但し  $r$  は  $5^m$  の整數倍とする。斯る  $r$  により前述の場合と同じく  $\frac{hn}{1000r}$  を算出する。

第一表に於て此値に近き  $l$  を撰定し、之に相當する  $\theta, f, x_1, y_1, x_2, y_2$  等の値を求め、之に  $r$  を乗じて  $AG$  間の所要寸法を算出する。

$\alpha$  角を求むるには第三表により  $(R - r)$  に相當する値を撰み之に  $r$  を乗すれば  $\operatorname{vers} \alpha$  即ち  $1 - \cos \alpha$  を得。從て  $\alpha$  を定むることを得。

$$\begin{aligned} \text{倘 } Y_3 &= R \operatorname{vers} \alpha (\text{米}) & X_3 &= X_2 + r \sin \alpha (\text{米}) \\ K' &= (R - r) \sin \alpha (\text{''}) & T &= X_2 - (R - r) \sin \alpha (\text{''}) \\ \widehat{GG'} &= \pi \frac{r(\alpha - \theta)}{180} \text{ 等を得。} \end{aligned}$$

例 緩和曲線を用ひざる既設曲線軌道あり。其半径  $300$  米、軌條の高度  $115$  粪、今此處に  $n = 800$  とせる緩和曲線を敷設せんとすれば第 14 圖に示す  $L, F, X_1, Y_1, X_3, Y_3 \widehat{GG'}$  の値如何。

先づ第二表により  $R = 300$  に對する  $r = 290$  を知り、例 1 に示したると同様に

$$\frac{115 \times 800}{1000 \times 290} = 0.31724$$

故に第一表により  $l = 0.322002$  を撰み  $\theta = 9^\circ - 30'$  たるを知り

$$L = 0.322002 \times 290 = 93.381(\text{米}) \quad F = .0041970 \times 290 = 1.217(\text{米})$$

$$X_1 = 0.321108 \times 290 = 93.120(\text{''}) \quad Y_1 = .0179114 \times 290 = 5.194(\text{''})$$

を得。次に第三表により  $R - r = 10$ ,  $\theta = 9^\circ - 30'$  に對する値  $.0004197$  を  $290$  倍して  $\operatorname{vers} \alpha = .1217130$  從て  $\alpha = 28^\circ 33' 49''$ ,  $\sin \alpha = .4781342$

故に

$$Y_3 = 300 \operatorname{vers} \alpha = 36.514(\text{米})$$

$$X_3 = X_2 + r \sin \alpha = (.156055 + .47834) \times 290 = 183.915(\text{米})$$

$$\widehat{GG'} = 290 \times .3327228 = 96.490(\text{米})$$

$$K' = (R - r) \sin \alpha = 10 \times .4781342 = 4.781(\text{米})$$

## 継和曲線敷設法附表(第一表)

$\theta$	$l$	$f$	$x_1$	$y_1$	$x_2$	$y_2$	$x_1$	$y_1$	$x_4$	$y_4$	$d_1$	$d_2$
0°30'	.017452	.0000127	.017452	.0000508	.008725	.0000063	.004893	.0000008	.01398	.0000214	0°10'00"	0°02'35"
0°40'	.023268	.0000225	.023267	.0000902	.011632	.0000112	.005817	.0000014	.017451	.0000381	0°13'20"	0°03'20"
0°50'	.029082	.0000358	.029082	.0011410	.014538	.0000176	.007270	.0000022	.021811	.0000595	0°16'40"	0°04'10"
1°00'	.034895	.0000507	.034894	.0002030	.017442	.0000254	.008724	.0000032	.026171	.0000856	0°20'00"	0°04'59"
1°15'	.043630	.0000732	.043630	.0003172	.021794	.0000396	.010902	.0000050	.032707	.0001338	0°25'00"	0°06'15"
1°30'	.052322	.0011140	.052318	.0004567	.026141	.0000569	.013080	.0000071	.039239	.0001927	0°30'00"	0°07'30"
1°45'	.061077	.0016550	.061020	.0006214	.030482	.0000775	.015255	.0000097	.045765	.0002622	0°35'00"	0°08'44"
2°00'	.069723	.0002023	.069714	.0008115	.034815	.0001012	.017429	.0000127	.052280	.0003424	0°40'01"	0°09'59"
2°30'	.087089	.0003154	.087073	.0012672	.043453	.0001575	.021768	.0000198	.065305	.0005346	0°50'02"	0°12'28"
3°00'	.104414	.0004531	.104386	.0018236	.052050	.0002261	.026697	.0000285	.078260	.0007693	1°00'03"	0°14'56"
3°30'	.121687	.0006148	.121642	.0024890	.060593	.0003065	.030411	.0000388	.091232	.0010463	1°10'05"	0°17'23"
4°00'	.138902	.0008002	.138834	.0032361	.069077	.0003987	.034709	.0000506	.10426	.0013652	1°20'07"	0°19'50"
4°30'	.156049	.0010085	.155952	.0040912	.077493	.0005020	.038988	.0000639	.116964	.0017260	1°30'10"	0°22'16"
5°00'	.173119	.0012495	.172987	.0050428	.085831	.0006162	.043247	.0000788	.119740	.0021283	1°40'14"	0°24'41"
5°30'	.190106	.0014023	.189930	.0060961	.094084	.0007410	.047483	.0000953	.14248	.0025718	1°50'18"	0°27'04"
6°00'	.207002	.0017661	.206773	.0072442	.102244	.0008753	.051693	.0001132	.150	.0030561	2°00'28"	0°29'27"
6°30'	.223795	.0020503	.223505	.0084884	.110302	.0010203	.055376	.0001326	.167529	.0038510	2°10'30"	0°31'48"
7°00'	.240481	.0023738	.240119	.0098216	.118250	.0011739	.060030	.0001536	.180090	.0041460	2°20'37"	0°34'07"
7°30'	.257050	.0027058	.256605	.0112669	.124079	.0013353	.064151	.0001760	.19254	.0047507	2°30'46"	0°36'25"
8°00'	.273494	.0030552	.272955	.0127871	.138782	.0015056	.068239	.0001998	.204716	.0053946	2°40'56"	0°38'35"
8°30'	.289805	.0034210	.289160	.0144051	.141351	.0016827	.072290	.0002251	.216870	.0060772	2°51'07"	0°40'55"
9°00'	.305978	.0038019	.305212	.0161130	.148777	.0018664	.076303	.0002518	.228109	.00357979	3°01'20"	0°43'07"
9°30'	.322002	.0041970	.321103	.0179114	.156055	.0020560	.080276	.0002799	.240827	.0075564	3°11'34"	0°45'17"
10°00'	.337871	.00446049	.336824	.0197971	.163176	.0022509	.084206	.0003093	.252518	.0083519	3°21'49"	0°47'25"

大正十一年三月(米換算)官研設

(第二表)

$R$ (米)	$r$ (米)	$R-r$	10米	15米	20米	25米	30米	35米	備考
300	290	0°30'	.00000127	.00000085	.00000064	.00000051	.00000042	.00000036	
320	310	0°40'	.00000225	.00000150	.00000113	.00000090	.00000075	.00000064	
340	330	0°50'	.00000352	.00000235	.00000176	.00000141	.00000117	.00000101	
360	345	1°00'	.00000507	.00000338	.00000254	.00000203	.00000169	.00000145	
380	365	1°15'	.00000792	.00000528	.0000036	.00000317	.00000264	.00000226	
400	385	1°30'	.00001140	.00000760	.00000570	.00000456	.00000380	.00000326	
420	405	1°45'	.00001550	.00001033	.00000775	.00000620	.00000517	.00000443	
440	425	2°00'	.00002023	.00001349	.00001012	.00000809	.00000674	.00000578	
460	440	2°30'	.00003154	.00002103	.00001577	.00001262	.00001051	.00000901	
480		3°00'	.00004550	.00003020	.00002265	.00001812	.00001510	.00001294	
500	480	3°30'	.00006148	.00004099	.00003074	.00002459	.00002049	.00001557	
520	500	4°00'	.00008002	.00005335	.00004001	.00003201	.00002667	.00002286	
540	520	4°30'	.00010855	.00006523	.00005043	.00004034	.00003862	.00002881	
560	540	5°00'	.00012395	.00008263	.00006198	.00004958	.00004132	.00003541	
580	555	5°30'	.00014923	.00009499	.00007462	.00005969	.00004974	.00004264	
600	575	6°00'	.00017661	.00011774	.00008831	.00007664	.00005887	.00005046	
700	670	6°30'	.00020603	.00013735	.00012032	.00008241	.00006868	.00005587	
800	765	7°00'	.00023738	.00015825	.00011869	.00009495	.00007913	.00006782	
		7°30'	.00037058	.00018039	.00013529	.00010823	.00009019	.00007731	
		8°00'	.00030552	.00020368	.00015276	.00012221	.00010184	.00008729	
		8°30'	.00034210	.00022807	.00017105	.00013884	.00011403	.00009774	
		9°00'	.00038019	.00025346	.00019010	.00015208	.00012673	.00010863	
		9°30'	.00041970	.00027580	.00020385	.00016788	.00013990	.00011991	
		10°00'	.00046049	.00030699	.00023025	.00018420	.00015350	.00013157	

## 第一章 地形上よりの線路の撰定

る場合の値を除し夫れに 10 を乗じて求むることを得。  
本表以外の  $(R-r)$  に対する値は以て  $(R-r)=10$  な

## (3) 複心圓の場合

曲線が相接する場合に點  $B$  に於ては半径  $R_1, R_2$  に相當する高度の差に對して遞減することを要す。即ち  $h=h_1-h_2$ ,  $l=l_1-l_2$ ,  $F=F_1-F_2$  を計算して其間に緩和曲線を挿入する。即ち  $h_1$  より  $h_2$  の高さ迄に要する緩和曲線を挿入する譯である。前記直線も無限大の半径を有するこの特種の場合と見做し得る。

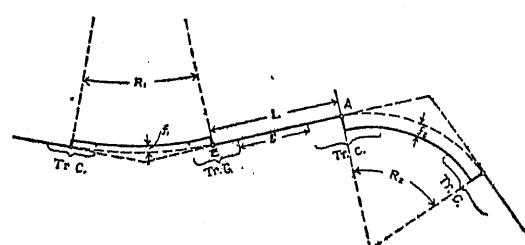
曲線が既設なるときは半径小なる曲線の終りより大なる曲線の方に其差支けを喰ひ込ましめる。鐵道省では高度の 300 倍となしである。

## (4) 反曲線の場合 (Reverse Curve)

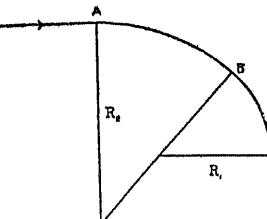
反曲線に於ては其中間には緩和曲線を入れるに必要なる直線は挿入せなければならぬ。尙列車を圓滑に走行せしめ得るために其中間へ直線、例へば  $b'$  を入れることを要す。

$$L = \frac{l_1 + l_2}{2} + b'$$

$b'$  の値は獨逸にては主要線路で 30<sup>m</sup> 枝線に於ては 10<sup>m</sup> と規定してあるが、1 列



第 16 圖



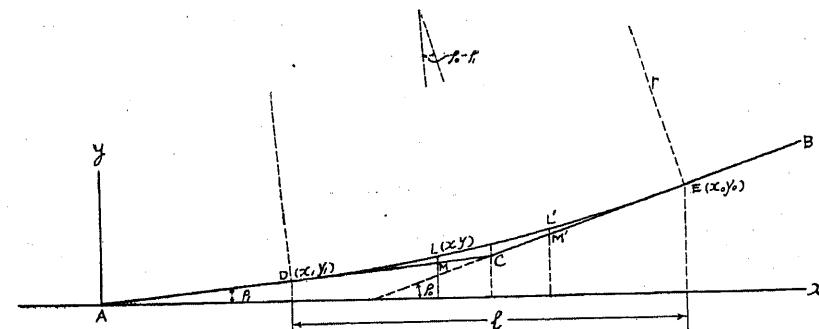
第 15 圖

車走行中前半と後半と傾きは異り急行列車になるときは動搖も烈しければ成るべく此長さは大なるを要す。國有鐵道では 10<sup>m</sup> 以上と規定してある。

## 第十一節 縱斷面曲線 (Vertical Curve)

勾配の變り目には急激の變化なき爲めに其の間に縦斷面曲線を入る其曲線には鐵道にては一般に次の抛物線曲線を入れることになつてゐる。

$$y = \frac{x^2}{2r} \quad \dots \dots \dots (1)$$



第 17 圖

$AC, CB$  は 2 つの勾配にして此間に  $DE$  なる曲線を挿入する。今  $x$  軸となす傾きを各  $\rho_1, \rho_0$  となし抛物線の頂點に於ける半径を 4,000<sup>m</sup> とするときは

$$l = (\rho_0 - \rho_1)r = (\rho_0 - \rho_1) \times 4,000 = \frac{\rho_0 - \rho_1}{20} \times 20 = \frac{\rho_0 - \rho_1}{\frac{5}{1,000}} \times 20 \dots (2)$$

$$\begin{aligned} LM &= y - y_1 - (x - x_1) \rho_1 = \frac{x^2}{2r} - \frac{x_1^2}{2r} - (x - x_1) \rho_1 \\ &= \frac{(x - x_1)^2}{2} \times \frac{1}{r} = \frac{(x - x_1)^2}{2} \cdot \frac{\rho_0 - \rho_1}{l} \end{aligned}$$

$X = x - x_1$ , とせば

$$LM = \frac{X^2}{2} \cdot \frac{\rho_0 - \rho_1}{l} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

若し  $X$  を 1 鎖とせば

$$LM = \frac{\rho_0 - \rho_1}{2l}$$

鐵道省に於て縦断面曲線敷設は次の方法によつてゐる。

(I) 隣接勾配線の交點が線路縦断面圖縦線 ( $20m$  每) 中に在る時は縦曲線の長 (米) は (2) 式により兩勾配の差を  $\frac{5}{1000}$  にて除したる商に最近の偶數を取り之に  $20$  を乗じたるものとする。

兩勾配の差は上向勾配を (+) 下向勾配を (-) とする。

次に (3) 式により各鎖に於ける縦距  $LM$  の値を求む。之を計算したものは第一表で  $a_1, a_2, a_3, \dots$  にてを表してある。

例 上向せる  $\frac{12.5}{1000}$  と下向せる  $\frac{20}{1000}$  なる兩勾配間に適用すべき縦曲線の長さ及び  $20m$  每の縦距を求む。

$$\frac{12.5}{1000} - \left( -\frac{20}{1000} \right) = \frac{32.5}{1000} \quad l = \frac{32.5}{1000} \times \frac{5}{1000} \times 20 = 130m$$

第一表の三欄は角度の差の  $25\sim35$  進を示してある。此の範囲内の曲線の長さは同一となし  $120m$  となしある。

次に表中の縦距は  $\frac{32}{1000}$  及び  $\frac{33}{1000}$  の場合の平均をとる。

$$a_1 = 54mm$$

$$a_2 = 217mm$$

$$a_3 = 488mm$$

(II) 隣接勾配線の交點が線路縦断面圖縦線 ( $20m$ ) の中央に在る時は縦曲線の長さ (米) は兩勾配の差を  $\frac{5}{1000}$  にて除したる商の最近の奇數を取り之に  $20$  を乗じたるものとなす。之を計算したもののは第二表である。

例 下向せる  $\frac{4}{1000}$  と下向せる  $\frac{25}{1000}$  なる兩勾配線間に適用すべき縦曲線の長さ及  $20m$  每に於ける縦距を求む。

$$\text{兩勾配の差は } \frac{-25}{1000} - \left( -\frac{4}{1000} \right) = -\frac{21}{1000}$$

$$\text{第二表第二欄によつて } l = 100m \quad a_1 = 42mm \quad a_2 = 170mm \quad a_3 = 263mm$$

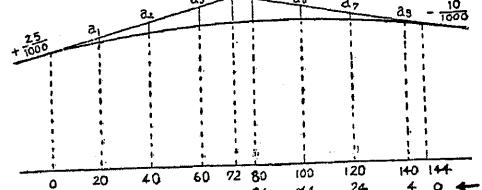
(III) 隣接勾配線の交點が線路縦断面の縦線 ( $20m$ ) の間に在る時は縦曲線の長さは兩勾配の差を  $\frac{5}{1000}$  にて除したる商に  $20$  を乗じたる積の最近の数にして曲線の一端は  $20$  米毎の縦線より起るものとす。

例 上向せる  $\frac{25}{1000}$  と下向せる  $\frac{10}{1000}$  との兩勾配線の交切點が圖の如く  $72m$  にある時縦曲線の長さ及び縦距を求む。

$$\frac{+25 - (-10)}{5} = \frac{+25 + 10}{5} = 7$$

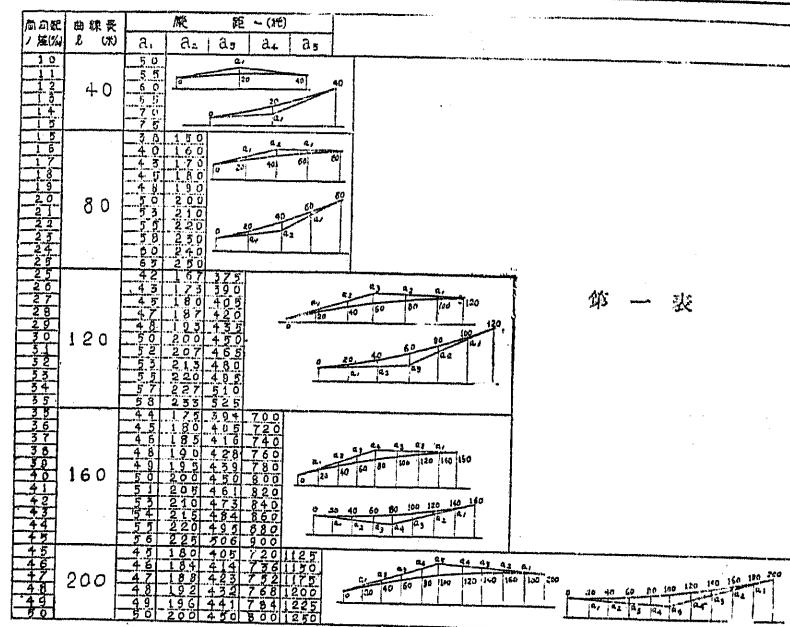
$$l = 20 \times 7 = 140$$

今  $l = 144m$  とするときは其左端を  $0$  米より起す。

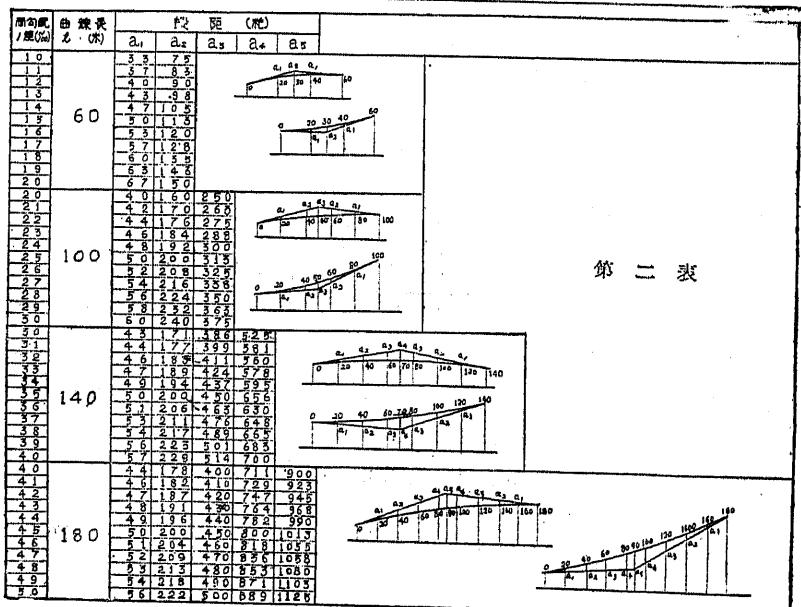


第 18 圖

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{35}{2 \times 144} \times 20^2 = 49mm & a_2 &= '' \times 40^2 = 194mm & a_3 &= '' \times 60^2 = 438mm \\ a_4 &= '' \times 72^2 = 630mm & a_5 &= '' \times 64^2 = 498mm & a_6 &= '' \times 44^2 = 235mm \\ a_7 &= '' \times 24^2 = 70mm & a_8 &= '' \times 4^2 = 2mm \end{aligned}$$



第一表



第二表

## 第二章 列車運轉上より考察せる線路撰定

(Location of Railway with Reference to Train Operation)

線路撰定に當りては從來調査基準を専ら建設費の上に置き精細の調査が行はれてあつたが、新設線路上を走る列車の運轉の難易及び運轉費に付きては等閑に附せられた傾向がある。建設費は初め一時の支出なるも運轉は毎日の仕事なる故に、僅少の費額の相違も累積して莫大なる額に嵩むが故に、運轉の上より考察して線路を撰定することは最も大切な事柄である。

### 第一節 機関車 (Locomotives)

機関車の名稱は日本にては (1) 車軸の配置により (2) 特種構造に對し (3) 使用蒸氣の性質によつて (4) 炭水車の有無によつて名稱を附してゐる。車軸の配列を表すに導輪には數字を附し動輪は ABCD によりて其數を表し、A は 1 軸、B は 2 軸、C は 3 軸である。又導輪軸及び從輪軸は數字にて表す。○-○○○-○ の配列なれば 1-C-1 である。導輪又は從輪なき場合は其數字を省略して C1 又は 1C とす。

前記車輪の配列の外に氣筒三個を有し過熱蒸氣にしてテンダーを附したる機関車なるときは之を呼ぶに 1D1、三氣筒、過熱、テンダー機関車と云ふ。尙機関車の形式を表すに便宜數字を用ひ、

第一表 旅客列車用機関車

名稱(米) 符號 whyte 式 名稱呼 歐洲呼 V. D. British E. V. 式 名稱呼 呼稱 形式 呼稱號	日本稱呼 形 式	常 用 汽 笛 及 ス ト ロ ー ク 形 式 mm	機 器 重 量 kg m²	傳 熱 子 面 積 m²	火 焰 面 積 m²	機 器 重 量 kg m²	同炭 水 車 重 量 T kg m²	軸 輪 上 の 重 量 T mm	輸 送 量 T mm	國有鐵 道昭和 8年7月 現在數	摘要 概要
American type	4-4-0	2/4	2B	2B-機關車	5500×406×559 11.3	80.3 1.33	34.07	24.8	23.34 1400	47	
	"	"	2B-過熱 機 關 車	5700×406×610 11.0	90.6 1.49	39.06	25.56	25.86 1370	34		同種類の もとの合 計して 224輛
Pacific type	4-6-2	3/6	2CI	2CI-過熱 機 關 車	6760×470×610 12.7	88.4 1.63	45.57	30.5	27.77 1600	88	
	"	"	2CI-三氣筒 過熱 機 關 車	B50 430×610 12.0	106.3 1.58	43.60	30.9	27.60 1600	27		
Ten wheel type	4-6-0	3/5	2C	2C-過熱 機 關 車	8900×470×610 12.0	152.9 2.53	64.03	40.34	39.59 1600	36	
	"	"	2C-過熱 機 關 車	C51 530×660 13.0	167.8 2.53	68.25	44.20	43.87 1750	289		
Mogul type	2-6-0	3/4	1C	1C-過熱 機 關 車	C53 450×660 14.0	220.5 3.25	80.98	49.0	46.27 1750	97	
	"	"	1C-過熱 機 關 車	C54 510×660 14.0	167.8 2.53	65.80	49.0	40.26 1750	17		同 445輛
Mallet type	0-6-0	0/6	6C	6C-過熱 機 關 車	8700×470×610 13.0	129.5 1.86	51.42	29.12	37.89 1600	30	
	"	"	6C-過熱 機 關 車	8850×470×610 13.0	130.3 1.81	57.54	30.48	40.38 1600	24		同 66輛

第二表 貨物列車用機関車

形狀 名稱(米) 符號 whyte 式 名稱呼 歐洲呼 V. D. British E. V. 式 名稱呼 呼稱 形式 呼稱號	日本稱呼 形 式	常 用 汽 笛 及 ス ト ロ ー ク 形 式 mm	汽笛及 トローケ 形式 稱號	常 用 氣 壓 mm	傳 熱 子 面 積 m²	火 焰 面 積 m²	機 器 重 量 kg m²	同炭 水 車 重 量 T kg m²	同 炭 水 車 重 量 T mm	軸 輪 上 重 量 T mm	軸 輪 徑 mm	周七 月 現 在 人數	摘要 概要
Consolidation type	2-8-0	4/5	1D	1D-過熱 機 關 車	9600×508×610 13.0	153.6 2.32	61.74	34.64	53.44 1250	770			
	"	"	1D-過熱 機 關 車	1D1-過熱 機 關 車	9800×570×660 新D50	13.0 222.3 3.25	78.14	49.00	58.79 1400	380		同種類の もとの合 計して 2同 33輛	
Mikado type	2-8-2	4/6	1D1	1D1-過熱 機 關 車	1760×340×500 C.C.	58.3 1.0	30.54 3.8	1.5	30.54 1067	2同			
	"	"	C.C-過熱 機 關 車	9750×364×622 14.1	161.7	65.34	31.26	65.34 1250	23		895輛		

第三表 旅客、貨物、入換用機関車

形狀 名稱(米) 符號 whyte 式 名稱呼 歐洲呼 V. D. British E. V. 式 名稱呼 呼稱 形式 呼稱號	日本稱呼 形 式	常 用 汽 笛 及 ス ト ロ ー ク 形 式 mm	汽笛及 トローケ 形式 稱號	常 用 氣 壓 mm	傳 熱 子 面 積 m²	火 焰 面 積 m²	機 器 重 量 kg m²	同炭 水 車 重 量 T kg m²	同 炭 水 車 重 量 T mm	軸 輪 上 重 量 T mm	軸 輪 徑 mm	周七 月 現 在 人數	摘要 概要	
L.O.O.O.	2-4-2	2/4	1B1	1B1-タンク 機 關 車	240×356×508 10.6	67.1 1.11	35.88	4.54	1.14 18.98	1250	31	同 115輛		
	"	"	2B1	2B1-タンク 機 關 車	1070×406×610 12.0	73.9 1.32	48.0	6.2	2.5	23.70 1520	49	同 135輛		
L.O.O.O.	0-6-0	0/3	C	C-タンク 機 關 車	1760×340×500	13.0	58.3 1.0	30.54	3.8	1.5	30.54 1067	2同	33輛	
	"	"	C1	C1-タンク 機 關 車	2500×406×610 12.5	84.4 1.31	49.97	7.8	1.9	41.35 1250	62	同 389輛		
Prairie L.O.O.O.	2-6-2	2/5	1C1	1C1-タンク 機 關 車	C12400×610 14.0	13.3 1.30	50.00	5.5	1.5	32.00 1400	37	同 126輛		
	"	"	1C2	1C2-タンク 機 關 車	C10450×610 14.0 101.4	16.0	69.7	7.0	3.0	37.81 1520	—			

て前記は 9900 形機関車と言ふ。此數字は機関車の數が増すに従つて混雜を招致するが故に、近來のものは動輪數の後に形式の數字を書し、次に同種類の番號を附することになつてゐる。例へば此機関車は C51 と稱し C515 は C51 形の第 5 號と云ふ意味を表すものである。

前表は各種機関車の大さ并に各國に於ける名稱を記したるもので 4-4-0 は導輪 4, 動輪 4, 従輪 0 を表し、2/4 は全軸 4 軸の内動軸 2 を表したものである。

## 第二節 機関車の牽引力 (Tractive Effort)

機関車には三つの主要部分がある。(1) 汽罐、(2) シリンダー(氣筒)、(3) 動輪である。汽罐は蒸氣を發生する源泉なるを以て一定時間に所定の蒸氣の發生を要する。次にシリンダーの直徑であるが之も大なるを要し、小なるときは充分の牽引力を出すことが出來ない。其次是動輪であるが、之は重量の大なるを要し、軽きときは軌條と車輪との間の粘着力少くて重き列車に對して空轉をなすを免れないからである。

### 第一 シリンダー牽引力

シリンダー内の仕事量(シリンダー二個のとき)= $p \times A \times 2L \times 2$

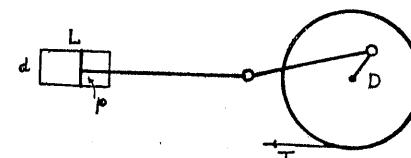
動輪の仕事量= $\pi DT_c$

$$\therefore \pi DT_c = pA \times 4L$$

$$T_c = \frac{4pAL}{\pi D} = \frac{pd^2L}{D}$$

之はシリンダーの數は 2 個の場

合なるも  $N$  個を有する場合は



第 19 圖

$$T_c = \frac{pd^2L}{D} \frac{N}{2} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$T_c$ =機関車の牽引力  $D$ =動輪の直徑  $A$ ,  $d$ =シリンダーの面積及び直徑  
 $L$ =ストローク  $p$ =シリンダー内蒸氣の平均實效壓力

此式から貨物列車用機関車の如き牽引力を要するものは  $D$  を小とし、旅客列車の如き速力を要するものは  $D$  を大に爲す故に牽引力が減することが判る。

牽引力は此の式にて表すことが出来るが此式は蒸氣の損失もなく理論上より得たるものなるも實際には機械部の抵抗、車輪と軌條間の抵抗、空氣の抵抗等を控除したものが實際のものである。故に前記のものを汽筒牽引力又は指示牽引力 (Indicated horse power) と唱へ、IHP. にて表し指示牽引力より機関車の抵抗を差引きたる實際の牽引力をドローバー牽引力 (Draw bar pull) と稱して居る。

機関車の大きさを馬力にて表すときは次の通りである。

今  $T^{kg}$  なる牽引力にて  $V^{km/h}$  の速度にて列車を牽引するとき

$$\text{仕事量} = T \cdot V = TV \times 1000^{kg \cdot m}$$

$$\text{一秒當り仕事量} = \frac{TV \times 1000}{60 \times 60}$$

IHP. は  $75^{kg \cdot m/sec}$  なる故に

一秒間に  $\left(\frac{TV \times 1000}{60 \times 60}\right)$  の仕事をなす機関車の IHP. は  $\frac{TV \times 1000}{60 \times 60 \times 75}$  又は  $\frac{TV}{270}$  である。

$$\left. \begin{aligned} \text{IHP.} &= \frac{T \cdot V}{270} \\ T^{kg} &= \frac{270 \text{ IHP.}}{V^{km/h}} \\ V^{km/h} &= \frac{270 \text{ IHP.}}{T^{kg}} \end{aligned} \right\} \quad \dots \dots \dots (2)$$

## 第二 機関車動輪の粘着力

軌條と動輪との間の粘着力は速度に關係せず。只其間の狀態によるものである。而して牽引力は次式にて表さる。

$$\text{牽引力} = f \cdot W \quad \dots \dots \dots (3)$$

$W$ =動輪重 (kg)       $f$ =摩擦係数

夏期は摩擦係数  $f=0.25$  にて冬期は  $f=0.20$ , 砂を撒布して乾燥せるとときは  $f=0.33$  迄とすることを得る。併し車輪が滑走し始めたときは著しく減少して 0.10 にもなる。國有鐵道にては普通の場合 0.22~0.20 を採用し旅客機関車は 0.25 貨物機関車は 0.22~0.20, 勾配用又は入換用機関車は 0.20~0.17 をとる。

機関車の牽引力を決定する場合速度大なるときは次節の汽罐に支配せらるゝも速度小なる間は此粘着力に支配せらる。

例 六輪連結貨物列車用機関車あり。シリンダー 2 個直徑 470mm ストローク 610mm にして動輪の直徑 1600mm なり。今シリンダー内の最大實効壓力  $12.7 \text{kg/cm}^2$  なるとき動輪の重量幾何を要するか。(3)及び(1)式より

$$W = \frac{d^2 p L}{f D} = \frac{47 \times 47 \times 12.7 \times 61}{0.22 \times 160} = 48,100 \text{kg} = 48.1\text{t}$$

即ち動輪の重量は  $48.1\text{t}$  を要するが一對の動輪に多量の重量を負擔せしむるときは車輪は勿論線路に損害を及すこと大なれば二對又は二對以上の動輪を連結して其總重量にて粘着力を得なければならない。此際三軸六輪とすれば一軸大體 16 吨である。

## 第三 汽 罐

汽罐に於ける蒸氣の發生量は機関車牽引力を支配するものにして、火床の大さ及び之が傳熱面積はシリンダーの大さ動輪の重量

と相應しなければならない。

汽罐に於ける水の蒸氣に變るは燃料の種類及び燃燒の如何、又水の熱度を受ける面積又場所によりて異なる。今一時間に汽罐の火床 1 平方米當りに投入する石炭を  $B \text{kg}$  とし、火床の面積を  $G$  平方メートルとなし、石炭發熱量を  $1 \text{kg}$  に付き  $W \text{kg}$  カロリーとするときは

$$\text{總發熱量} = B \cdot G \cdot W \text{kg カロリー}$$

此熱量は全部利用せらるゝに非ず。石炭の燃燒率及び罐の構造によりて相違す。此の率を  $E$  とするときは  $E$  は次の式によりて表すことが出来る。

$$E = \frac{1}{1 + B \left\{ 0.0012 + 3300 \left( \frac{G}{H} \right)^4 \right\}} \quad \dots \dots \dots (4)$$

傳熱面積 (火の側面積過熱面積を含む ( $m^2$ ))

$$\therefore \text{蒸發に利用せらるゝ熱量} = B \cdot G \cdot W \cdot E \text{kg カロリー}$$

今  $C$  を以て  $1 \text{kg}$  の蒸氣を作る爲めに要する熱量とするときは

$$\text{罐の蒸發量} = \frac{B \cdot G \cdot W \cdot E}{C} \text{kg/h} \quad \dots \dots \dots (5)$$

概して  $E=60\%$  位で  $W$  は石炭により異なるも  $6,500 \text{kg}$  カロリー/ $\text{kg}$  である。飽和蒸氣の  $1 \text{kg}$  の全熱量及び溫度は大體壓力に關せず  $665 \text{kg}$  カロリー及び  $190\sim200^\circ\text{C}$  位である。飽和蒸氣に更に熱を加へて過熱蒸氣の  $300^\circ\text{C}$  達要する熱量は  $60 \text{kg}$  カロリー 位にして全熱量としては二者の合計と多少餘裕を見込みて  $780 \text{kg}$  カロリーである。

一指示馬力 時當り蒸氣消費量を以て前記の一時間の罐の蒸發量を除すときは其機関車の馬力を表すを以て、蒸氣が最小使用量なるときは機関車の最大馬力を表すものである。即ち (6) 式の分

母の最小のときこの値は最大である。此最小消費量は蒸氣の締切の程度、動輪の回轉數、蒸氣の加熱度によりて異なるも過熱蒸氣機関車に於て一指示馬力、時當り最小は  $6.75\text{kg}$  である。

$$\text{IHP}_{max} = \frac{\text{罐の蒸發量 } kg/h}{\text{一指示馬力時當り最小蒸氣使用量 } kg/IP/h (=6.75\text{kg})} \quad \dots \quad (6)$$

(2)式より

$$\text{IHP} = \frac{TV}{270}$$

$$\text{IHP}_{max} = \frac{T_m V_m}{270}, \quad T_m = \frac{\text{IHP}_{max} \times 270}{V_m}, \quad V_m = \frac{\text{IHP}_{max} \times 270}{T_m} \quad \dots \quad (7)$$

 $\text{IHP}_{max}$ =最大指示馬力 $T_m$ =最大指示馬力を發生のときの指示牽引力 ( $kg$ ) $V_m$ =最大指示馬力を發生のときの速度 ( $km/h$ )

最大指示馬力を發生の場合シリンダー内の壓力は罐内の壓力により次の様に減少する。

罐 内 壓 力 ( $kg/cm^2$ )	12.0	12.5	13.0	14.0
シリンダー内壓力 ( $kg/cm^2$ )	3.6	3.65	3.71	3.82

例 次の機関車の  $\text{IHP}_{max}$ ,  $T_m$ ,  $V_m$  を求む。罐の蒸發量 =  $5,000\text{kg}/h$ , シリンダー徑  $d = 47\text{cm}$ , ストローク  $l = 61\text{cm}$ 動輪徑  $D = 160\text{cm}$ , 罐内壓力  $P = 13\text{kg}/cm^2$ , シリンダー數  $N = 2$ 

$$\text{IHP}_{max} = \frac{5000}{6.75} = 740$$

$$T_m = \frac{pd^2IN}{2D} = \frac{3.71 \times 47 \times 47 \times 61 \times 2}{2 \times 160} = 3120\text{kg}$$

$$V_m = \frac{270 \text{ IHP}_{max}}{T_m} = \frac{270 \times 740}{3120} = 64\text{kg}/h$$

任意の速度に於ける指示馬力及指示牽引力

指示馬力 =  $\frac{\text{罐の發熱量 } (kg/h)}{\text{一指示馬力, 時當り蒸氣消費量}}$ , (6) 式によりて

$$= \frac{\text{IHP}_{max} \times (\text{一指示馬力, 時當り最小蒸氣消費量} = 6.75\text{kg})}{\text{一指示馬力, 時當り蒸氣消費量}}$$

$$= \text{IHP}_{max} \times n \quad \dots \quad (8)$$

(8) 式の  $n$  は Strahl 氏の實驗により次の式にて表はすことが出来る。

$$\left. \begin{aligned} n &= 0.6 \left( 2 - \frac{V}{V_m} \right) \frac{V}{V_m} + 0.4 & V < V_m \text{ の場合} \\ n &= \frac{1}{2} \left( 3 - \frac{V}{V_m} \right) \sqrt{\frac{V}{V_m}} & V > V_m \end{aligned} \right\} \quad \dots \quad (9)$$

 $V_m = \text{IHP}_{max}$  を發生のときの速度 ( $km/h$ )  $V$ =任意の速度 ( $km/h$ )

$$\text{IHP} = \text{IHP}_{max} n, \quad \text{IHP} = \frac{TV}{270}, \quad \text{IHP}_{max} = \frac{T_m V_m}{270}, \quad \therefore \quad \text{IHP} = \frac{T_m V_m}{270} n = \frac{T \cdot V}{270}$$

$$\therefore \quad T = \frac{T_m V_m}{V} n \text{ 又は } T = \frac{270 \times \text{IHP}_{max}}{V} n \quad \dots \quad (10)$$

例 C-10 形

1-C-2 過熱タンク機関車の牽引力を求む。

 $G$ =火床面積  $1.6\text{m}^2$   $H$ =全熱傳面積  $101.4\text{m}^2$  $W$ =石炭の發熱量  $6,060$  カロリー/ $kg$  (日本の石炭の平均) $C$ =過熱蒸氣  $1\text{kg}$  を作るに要する熱量  $715\text{kg}$  カロリー/ $kg$ 一指示馬力、時當り最小蒸氣使用量 =  $6.75$ 

$$B = \frac{\text{一時間消費石炭量}}{\text{火床面積 } (m^2)} = \frac{880}{1.6} = 550\text{kg}/m^2/h$$

$$E = \frac{1}{1 + 550 \left\{ 0.0012 + 3.300 \left( \frac{1.6}{101.4} \right)^4 \right\}} = 0.5640$$

$$\text{罐の蒸發量} = \frac{550 \times 1.6 \times 6060 \times 0.5640}{715} = 4206\text{kg}/h$$

$$\text{IHP}_{max} = \frac{4206}{6.75} = 623\text{HP}$$

$p$ =平均有效壓力=3.82

$d$ =シリンダー徑=45cm

$l$ =ストローク=61

$D$ =動輪徑=152

$N$ =シリンダー數=2

$$T_m = \frac{pd^2l}{D} \cdot \frac{N}{2} = \frac{3.82 \times 45^2 \times 61}{152} \times \frac{2}{2} = 3.104 \text{kg}$$

$$V_m = \frac{270 \times \text{IHP}_{max}}{T_m} = \frac{270 \times 623}{3.104} = 54.2 \text{km/h}$$

次に 30km/h のときの牽引力を見出さんとす。

$$n = 0.6 \left( 2 - \frac{30}{54} \right) \times \frac{30}{54} + 0.4 = 0.88$$

$$T = \frac{270 \times \text{IHP}_{max}}{V} n = \frac{270 \times 623}{30} \times 0.88 = 494.2 \text{kg}$$

### 第三節 列車の抵抗 (Train Resistance)

#### 第一 列車走行抵抗

平坦線上に運転する場合の抵抗で其抵抗は、第一は機関車器械部の摩擦による抵抗、及び車軸の軸頸に於ける摩擦抵抗である。第二は車輪と軌條との間の抵抗で車輪が軌條上を滑走する爲め抵抗を生じ、又車輌の蛇行運動は左右軌條に衝き當りて抵抗を生ず。此抵抗は速度に比例するものと考へられる。第三は列車の動搖による抵抗で速度に比例し又は夫れ以上と考へらるるもの。第四は空氣の抵抗で列車走行中の空氣に對する抵抗で車の形狀と列車の編成によりて異なり速度の2乗に比例するものである。

故に之等の速度に關係なきもの、速度に比例するもの、又速度の自乘に比例するものを合計するときは次式にて表はさる。

$$R = A + BV + CV^2$$

此實驗公式は數多ありて、其間に多少の相違がある。

##### (1) 國有鐵道に於て用ひらるもの

###### (a) 機關車走行抵抗

$$\bar{R}_L = [9.8 + 0.047(n-1)V]W_D + (1.8 + 0.015V)W_T + 0.057V^2 \dots (11)$$

$\bar{R}_L$ =全機關車走行抵抗 (kg),  $d$ =動輪軸數,  $W_D$ =動輪上重量 (t)

$W_T$ =導從輪及炭水車重量 (t).  $V$ =速度 (km/h)

###### (b) 客車の走行抵抗

$$R_p = 1.72 + 0.00061V^2 \quad (\text{ボギー客車の場合}) \\ \text{又は } R_p = 2.07 + 0.00066V^2 \quad (\text{四輪又は六輪客車の場合}) \quad \left. \right\} \dots (12)$$

$R_p$ =客車走行抵抗 (kg/t)

###### (c) 貨車の走行抵抗

$$R_G = 2.07 + 0.00066V^2 \dots (13)$$

$R_G$ =貨車走行抵抗 (kg/t)

本式は積車 75% 空車 25% の混成を豫想して定めたるもので若し空車が 25% 以上の場合は此式より増加を來たし未滿の場合は減少するものである。

##### (2) Hütte 氏公式

一米軌間に於ける抵抗にて我國の軌間に類似するによりて屢々用ひらる。

$$\text{機関車抵抗} \quad R_L = 2.7\sqrt{a} + 0.0015V^2$$

$R_L$ =機関車抵抗 (kg/t),  $a$ =動輪軸數,  $V$ =速度 (km/h)

今  $a=3$  とせば

$$R_L = 4.67 + 0.0015V^2 \dots (14)$$

$$\text{客貨車抵抗} \quad R_G = 2.6 + 0.0008V^2 \dots (15)$$

$$R_G = \text{客貨車抵抗 } (kg/t)$$

$$\text{平均列車抵抗 } R_r = \frac{W_L R_L + W_G R_G}{W_L + W_G}$$

$R_r = \text{平均列車抵抗 } (kg/t)$ ,  $W_L = \text{機関車重量 } (t)$ ,  $W_G = \text{客貨車重量 } (t)$

今  $W_G = 4 W_L$  とするときは

$$R_r = 3.01 + 0.00054 V^2 \dots \dots \dots (16)$$

### 第二 出發抵抗

静止せる車輛を動かさんとするときは比較的大なる抵抗を受けるもので車輛の重量一噸に付き  $7-9^{kg}$  ( $15-20^{lb}$ ) 必要する。時によりては倍數  $14^{kg}$  ( $30^{lb}$ ) 必要することがある。此の抵抗は主として車軸の油の欠乏するにより起るもので、運轉中は油は軸の周囲に廻つて居るも静止するときは此油は缺乏するからである。

### 第三 勾配抵抗

$$R_t = W \frac{bc}{ab} = W \frac{BC}{AB} = W \frac{BC}{AC}$$

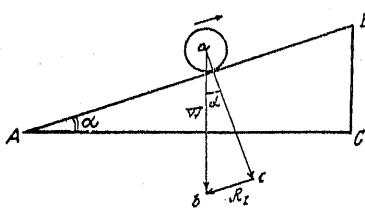
$\frac{BC}{AC}$  は勾配で  $\frac{1}{N}$  又は  $S\%$

を以て表はすときは 1 次に付きての抵抗は次の如くである。

$$R_t^{kg/t} = 1000^{kg} \times \frac{1}{N} = 1000 \times S\% = S^{kg} \dots \dots \dots (17)$$

故に勾配抵抗は勾配  $S$  にて表はすことが出来る。即ち  $10\%$  勾配の抵抗は  $10^{kg}$  である。

例 1. 機関車重量  $28t$  テンダー  $20t$  客貨車重量  $140t$  速度  $32km/h$  勾配  $10\%$  を上るとする。シリンダーの徑  $40.6cm$  ストローク  $60cm$  シリンダー



第 20 圖

の數 2 個側輪徑  $1.64m$  のときシリンダー内の平均實效壓力を求む。

$$\begin{aligned} \text{總抵抗力} &= W_L R_L + W_G R_G + (W_L + W_G) \times 1000 \times 10\%, \quad (14)(15) \text{ より} \\ &= 48 \times (4.67 + 0.0015 \times 32 \times 32) + 140 \times (2.6 + 0.0008 \times 32 \times 32) \\ &\quad + 188 \times 1000 \times 10\% = 298 + 407 + 1880 = 2585^{kg} \end{aligned}$$

$$T = \frac{d^2 p l}{D} = 2585^{kg} \quad p = \frac{2585^{kg} \times 164^{cm}}{40.6 \times 40.6 \times 60} = \frac{423.940}{98.902} = 4.3^{kg}$$

### 第四 曲線抵抗

車が曲線通過に當りて抵抗を受くる、其理由は次のものである。

- (a) 曲線通過に當り方向轉換の爲め車輪の垂直の捩れ。
- (b) 曲線内外兩軌條長の相違に對する車輪の滑走。
- (c) 前輪の方向轉換の爲めの軌條面に於ける横方轉滑り。
- (d) 走行中前輪フランジと外側軌頭部との摩擦。
- (e) 不適當なる軌條の高度。

前5項の内 (a)(d)(e) は小にして大部は (b)(c) に於けるものである。

#### (I) 曲線抵抗實驗式

(1) Röckl 氏公式 (一米軌間に於けるもの) 日本に於けるものは軌間類似するによりて此式を用ふること多し。

$$R_c^{kg/T} = \frac{400}{r - 20} \quad r = \text{半徑} (m) \dots \dots \dots (18)$$

之を英國式に換算するとき

$$R_c = \frac{44.54}{R} \# / t^{(2240\#)} \quad R = \text{半徑} \quad (\text{鎌}) \dots \dots \dots (18)'$$

(2) 國有鐵道運轉課使用のもの

$$R_c^{kg/T} = \frac{610}{r} \quad \text{列車全體として} \quad r = \text{半徑} (m) \dots \dots \dots (19)$$

$$R_c^{kg/T} = \frac{1220}{r} \quad \text{機関車のみの場合} \dots \dots \dots (20)$$

## (II) 換算勾配

曲線抵抗を勾配抵抗に合計して他の異りたる勾配と考へたるものにて例へば 10% 線路中に 400m の曲線存するときは  $10 + \frac{610}{400} = 11.5\%$  は換算勾配である。線路中に異りたる曲線の存するときは平均して次の如くなす。

$$\text{換算勾配} = S\% + \frac{610}{L} \left( \frac{l_1}{r_1} + \frac{l_2}{r_2} + \frac{l_3}{r_3} + \dots \right) \dots \dots (21)$$

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + \dots$$

## 第五 加速度抵抗

列車が速度を増さんとするときは或る力を要する。換言すれば速度を増す爲めに或抵抗に打ち勝たなければならない。之を加速度抵抗と云ふ。或力とは機関車の列車を牽引する力以外剩餘の力にして加速力と稱するもの。

## (I) 加速力

$$\bar{F} = \text{全列車加速力 } (kg), \quad W = \text{列車重量 } (t),$$

$$\alpha = \text{加速度 } m/sec./sec., \quad g = \text{重力加速度 } m/sec./sec. = 9.8$$

加速力 = 質量 × 加速度なる故に

$$\bar{F}^{kg} = \frac{1000 \times W}{g} \times \alpha = 102W\alpha$$

$F^{kg}$  を列車 1t に對する加速力とするときは

$$F = \frac{102W\alpha}{W} = 102\alpha$$

此式は列車が進行する場合である故に車輪の廻轉運動に費さる力を加算

するを要し之を 6% とするとき

$$F^{kg/T} = 102 \times 1.06 = 108\alpha$$

今  $\bar{\alpha}$  を加速度 ( $km/h/sec.$ ) とするときは  $\alpha = \frac{\bar{\alpha} \times 1000}{60 \times 60}$  なるによりて

$$F^{kg/t} = 30\bar{\alpha} \quad \text{又は} \quad \bar{\alpha}^{km/h/sec.} = \frac{F}{30} \dots \dots \dots (22)$$

例 1. 機関車重量 127t にして出發せんとするとき機関車の後部ドローバーの牽引力 12,165kg とするとき貨車 1000t, 出發抵抗 7kg/t なるとき加速度を求む。

$$F = \frac{12165 - 1000 \times 7}{127 + 1000} = 4.58$$

$$\bar{\alpha} = 4.58 \div 30 = 0.153^{km/h/sec.}$$

例 2. 同列車にて速度  $60^{km/h}$  のとき機関車の後部のドローバー牽引力 4,320kg 抵抗  $4.45^{kg/t}$  なるとき  $\bar{\alpha}$  を求む。

$$F = \frac{4320 - 4.45 \times 1000}{127 + 1000} = -0.12^{kg/T} \quad \bar{\alpha} = -0.004^{km/h/sec.}$$

即ち列車は  $60^{km/h}$  の速度にて走行することが出来ない。幾分夫よりは以下の速度に於て同一速度に走行しつゝある譯である。

## (II) 距離と加速度、加速力の關係

$$v = \alpha t,$$

$$v = \text{速度 } m/sec. \quad t = \text{時 } (sec.)$$

$$\alpha = \text{加速度 } m/sec/sec.$$

$$L = \frac{\alpha t}{2} \times t = \frac{\alpha t^2}{2} \times \frac{\alpha}{\alpha} = \frac{v^2}{2\alpha},$$

$$L = \text{距離 } (m), \quad V = \text{速度 } km/h,$$

$$\bar{\alpha} = \text{加速度 } km/h/sec.$$

$$\begin{aligned} \text{又は } L &= \frac{\left(\frac{V \times 1000}{60 \times 60}\right)^2}{2 \times \bar{\alpha} \times 1000} = 0.139 \frac{V^2}{\bar{\alpha}} \\ \bar{\alpha}t &= V \\ t &= \frac{V}{\bar{\alpha}} \end{aligned} \quad \left. \right\} \dots \dots \dots (23)$$

之は静止の状態より  $L$  米丈け進行して一時間  $V$  舶の速度に達する迄に要する加速力を示すものなるも今  $V_0$  より  $V_1$  遠に至るとせば  $F$  の値は次にて表はざる。

$$V_0 = \text{初速度 (km/h)}, \quad V_1 = L \text{ m} \text{ における速度 (km/h)}$$

### (III) 時間と速度、加速度との関係

$$\left. \begin{aligned} F^{kg/t} &= 30\bar{\alpha} & \bar{\alpha} &= \frac{V_1 - V_0}{t^{sec}} & t^{sec} &= \frac{\bar{t}^{min}}{60} \\ F^{kg/t} &= \frac{30(V_1 - V_0)}{t^{sec}} & \text{又は} & t^{sec} &= \frac{30(V_1 - V_0)}{F} \\ F^{kalt} &= \frac{0.5(V_1 - V_0)}{\bar{t}} & \text{又は} & \bar{t}^{min} &= \frac{0.5(V_1 - V_0)}{F} \end{aligned} \right\} \dots\dots(26)$$

#### (IV) 距離—時間—速度

$$L^m = \frac{V_0 + V_1}{2} \times \frac{1000t}{60 \times 60} = \frac{(V_0 + V_1)}{72} t \text{ sec} \quad \dots \dots \dots (27)$$

例 列車が  $40 \text{ km/h}$  より  $\frac{1}{4}$  分間に  $48 \text{ km/h}$  に達せんとするとき

- (1) 加速度抵抗 (2) 走行距離を求む。

機關車重量 50t. 客車重量 150t

$$(26) \text{ より加速度抵抗 } F = 0.5 \times \frac{48 - 40}{\frac{1}{4}} = 16 \text{ kg}$$

$$\text{普通走行抵抗 } R_r = \frac{(4.67 + 0.0015 \times V^2) 50 \times (2.6 + 0.00008 V^2) \times 150}{50 + 150} \\ = 3.12 + 0.0006 V^2 \quad (14, 15 \text{ 式より})$$

走行抵抗は速度によりて差異あるに依り精密の場合には成る可く速度の變化大ならざる程度に分ちて計算するを要する。

$$V=40^{km} \text{ のとき } R=(3.12+0.0006 \times 40 \times 40)=4.08^{km}$$

$$V=48^{km} \text{ のとき } R = (3.12 + 0.0006 \times 48 \times 48) = 4.50^{km}$$

平均=4.29<sup>k</sup>

$$L = 4.2 \times \frac{V_1^2 - V_0^2}{F} = 4.2 \times \frac{48 \times 48 - 40 \times 40}{16 + 4.29} = 4.2 \times \frac{2304 - 1600}{20.29} = 145.7m$$

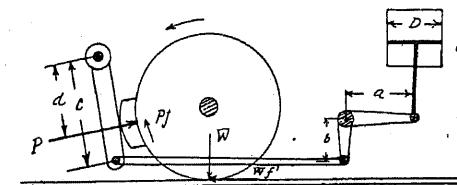
である。

## 第六 制 動 抵 抗

車輪の回転を止める爲めにはブレーキブロックを用ひて車輪との間の摩擦によりて停止せしむる。此間の摩擦はブロックの壓力  $P$  と摩擦係数  $f$  との乗數

である。而して歟力  $P$  は

$$P = \frac{p \times \frac{1}{4}\pi D^2 \times a \times c}{b \times d}$$



第 21 圖

ブレーキブロックと車輪との間の摩擦係数  $f$  は速度によりて異なる。次表の通りである。

速度 $V$ $km/h$	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	89	97
$f$	0.209	0.177	0.155	0.188	0.126	0.118	0.111	0.105	0.100	0.096	0.093	0.090

車輌と軌條間の摩擦係数

車輪が軌条上を回転して走行するときは其間の摩擦係数  $f'$  は

種々の状態によりて異なり 0.20~0.25 なるも時によりて 0.38 にも達し又不良なるときは 0.10 に降るは前述の如くである。

$fP \leq f'W$  とする。

$$\frac{P}{W} = K \text{ となすとき } P = KW$$

$K$  は設計上大體次の標準による。

テンダー機関車、機関車  $K=0.50$  以上、テンダー  $K=0.90$

タンク機関車(炭水半減)  $K=0.50$  以上

客車  $K=0.8$

貨車  $K=0.8$

$\bar{R}_b = Pf = KfW$ ,  $\bar{R}_b$  = ブレーキ全抵抗( $t$ ),  $R_b = 1$  隻に對する抵抗 ( $kg/t$ )

$$R_b^{kg/t} = Kf \times 1000 \quad \dots\dots\dots (28)$$

$$(24 \text{ 式より}) \quad L^m = \frac{4.2 \times V^2}{F}$$

此際  $F$  はブレーキの力にて  $V$  なる速度から停止迄働く力である。 $F$  はブレーキの力の外に線路の諸抵抗は含まれて居るは勿論である。

ブレーキブロックの平均摩擦力はブレーキをかけ始めたときの速度の  $f$  による。

$$L = \frac{4.2V^2}{R_r + R_c \pm R_1 + Kf \times 1000} \quad \dots\dots\dots (29)$$

$R_r, R_c, R_1$  ……走行、曲線、勾配抵抗 ( $kg/t$ )

$L$  = 距離 ( $m$ ),  $V$  = 速度 ( $km/h$ )

例 次の場合に停車距離を求む。但し客車は全部ブレーキ付きとす。(運転規則によりて客、貨物列車共車輛數に應じて或る限度のブレーキを要す

ることになつて居る。)

機関車重量  $30^T$  (側輪  $22^T$ ), テンダー  $20^T$ ,  $K=0.75$  とす。

客車  $160^T$  (内乗客及小荷物重量  $20^T$ )

線路  $10\%$  下り  $400m$  曲線、速度  $48km/h$

機関車テンダー  $0.75W = 0.75(22+20) = 31.5$

客車  $0.8W = 0.80(160-20) = 112$

$$\therefore P = 31.5 + 112 = 143.5$$

$$W = 30 + 20 + 160 = 210$$

$$\frac{P}{W} = K = \frac{143.5}{210} = 0.683$$

$f = 0.118$  前表によると

$$R_r = \frac{50 \left( 4.67 + 0.0015 \times \frac{48}{2} \times \frac{48}{2} \right) + 160 \times (2.6 + 0.0003 \times \frac{48}{2} \times \frac{48}{2})}{50 + 160}$$

$$= \frac{276.7 + 443.7}{210} = 3.43kg$$

$$R_c = \frac{400}{400 - 20} = 1.05kg$$

$$R_1 = 1,000 \times 10\% = -10kg$$

$$R_b = 0.683 \times 0.118 \times 1,000 = 80.59kg$$

$$L = \frac{4.2 \times 48 \times 48}{80.59 - 10 + 1.05 + 3.43} = 129m$$

又全列車の制動機が完全に作用する迄に相當の時間を要し、非常制動に於ては旅客列車は 3 秒間、貨物列車は 7 秒を要する故に此空走時間を加算するを要する。故に前例にて旅客列車は  $\frac{48,000 \times 3\text{秒}}{60 \times 60} = 40m$  にして總延長 =  $129 + 40 = 169m$  である。

#### 第四節 勾配の分類 (Classification of Grades)

**第一 標準勾配又は制限勾配及び上り下り Ruling Grade (or Rolling Gradient), Rise and Fall.**

線路の勾配は其状態の如何によりて二つの異なる種類の影響を運輸上與ふるものである。第一は列車の長さを制限するもので、此勾配の如何によつて一定貨物量を運搬するに、列車の數を増さねばならぬ、斯く列車の長さを制限する勾配を標準又は制限勾配と云ふ。之は勾配と長さに關係し一般には其區間の最急勾配であるが又常に最急とのみ云ふことが出來ない。若し補助機関車を附して列車を押し上ぐる様な又惰力を利用する様な急勾配があるも其勾配は制限でなく次の急勾配が標準勾配である。貨物の收入は貨物の噸数によるが運輸費は列車の數によつて長い列車も短き列車も運轉費には餘り大なる相違はない。夫は運轉する石炭に相違あるも其他の操車費人件費等は同じであるからである。今假に二列車を一列車一度で運搬出來れば其費用は半分にもなる譯で、それに收入が同じとすれば鐵道の利得する所が倍になるわけである。故に斯く列車數の増減に及ぼす程度の勾配は多額の費用を投するも尚緩になすべきものである。

第二は列車の長さに制限を與へざる程度のもので、唯列車を何米高める爲に機関車が何程の力を要するかの運轉費に關する單一なる問題に過ぎない勾配で、之を上り下りと云ふのである。

#### 第二 補助機関車勾配 (Pusher Grade)

線路が平地を走りて緩勾配で過ぎることの出来る場合に、途中に一つ山脈が横たはつて居て急勾配でなければ越すことの出来ない場合に、前後の標準とする勾配で過ぎんとするには大なる隧道を開鑿するとか、又は非常の工費を要する場合には、此一ヶ所に急勾配を残して補助機関車を用ひて列車の後押をなさしめて、此勾配を突破せしむる。斯る勾配を補助機関車勾配と云ふ。

補助機関車勾配は前後の標準勾配を基として、丁度其勾配を上の列車に更に補助機関車一臺又は二臺を連結して最大能力を出して上るやうな勾配を撰むを要する。

$$T = \text{本務機関車指示牽引力 (kg)} \quad W_L = \text{同重量 (t)}$$

$$T' = \text{補助機関車} \quad " \quad " \quad W'_L = " \quad "$$

$$S = \text{標準勾配} \quad W_G = \text{貨車重量 (t)}$$

$$S' = \text{補助機関車勾配 (\%)} \quad R_G = \text{貨物車抵抗 (kg/t)}$$

とすれば本務機関車のみにて標準勾配を走行するとき其牽引力は

$$T = (W_L + W_G)S + R_L W_L + R_G W_G$$

本務と補助機関車と連結して補助機関車勾配を上るときは

$$T + T' = (W_L + W'_L + W_G)S' + R_L(W_L + W'_L) + R_G W_G$$

$$\therefore S' = \frac{T + T' - R_L(W_L + W'_L) - R_G W_G}{(W_L + W'_L + W_G)} \dots\dots\dots (30)$$

尚二臺連結する爲め幾分牽引力の低下を見込みて 5% 位減する必要がある。次の例で示す。

例 機関車重量 48t 牽引力 4,700kg なるとき、標準勾配 20% を速度 15km/h

にて走るとき、同一機関車二臺を使用して補助機関車勾配を求むるに

$$R_L = 4.67 + 0.0015 \times 15 \times 15 = 5^{\text{kg}}$$

$$R_G = 2.6 + 0.0003 \times 15 \times 15 = 2.7$$

$$4,700^{\text{kg}} = (48 + W_G) \times 20 + 5 \times 48 + 2.7 W_G$$

$$\therefore W_G = \frac{4,700 - 960 - 240}{20 + 2.7} = 154^{\text{kg}}$$

$$S' = \frac{.95 \times 4,700^{\text{kg}} \times 2 - 5 \times 2 \times 48 - 2.7 \times 154}{48 \times 2 + 154} = \frac{8,930 - 480 - 415.8}{250} = 32\%$$

即ち補助機関車勾配は 32% である。

### 第三 假定勾配 (Virtual Grade or Velocity Grade)

機関車が列車を牽引して其速度を増加するときは機関車は、走行抵抗、勾配又は曲線抵抗に対する外に加速度抵抗に相當する勾配を攀じ上りつゝあると同様である。斯る勾配を稱して假定勾配と稱す。又之と反対に短距離の勾配にありては其麓に於ける列車の速度を利用するときは容易に其勾配を越ゆることが出来る。即ち勾配が夫れだけ低減せられたるものと同じである。之を急なる勾配の假定勾配と云ふ。

例 1. 25% 線、長さ 2,000m とし列車が此勾配の下にて 60km/h の速度を有するものが此速度を利用して頂上にて 7.5km/h 迄なつたとするとき何程の勾配を上つたと同じきか。

$$F^{kg/T} = 4.2 \frac{V_1^2 - V_0^2}{l} = 4.2 \times \frac{7.5 \times 7.5 - 60 \times 60}{2,000} = -7.44^{\text{kg}}$$

$$\text{勾配抵抗 } R = 25^{\text{kg}} \quad R + F = 25 - 7.44 = 17.56^{\text{kg}}$$

即ち 1 段に付けて 17.56% なる抵抗は 25% 線に於ける抵抗力即ち牽引力にして丁度勾配 17.56% に相當したもので之は 25% の假定勾配である。

### 第四 惰力勾配 (Momentum Grade)

前述の如く急勾配も列車の速度によるエネルギーを利用して攀じ上ることが出來て緩なる假定勾配となる譯である。之を惰力勾配と云ふ。此の勾配は惰力が利用せらるゝ長さだけであるは勿論である。惰力の利用は曾ては線路の撰定に用ひられたるも標準勾配より急なる勾配を用ふることは考へものである。ブロック信号の使用により停車を餘儀なくせられ又は事故の発生により一時列車が止められたるときは、惰力は消滅して只機関車の力のみで上らなければならないからである。故に止むを得ざる場合には機関車の牽引力より考慮して速度を小にすれば上り得るか、又は事故は稀に起る故に斯る際は引き返して速度を附け得る地勢上の位置にあるかによりて決定すべきである。

### 第五節 列車速度 (Train Speed)

#### 第一、均衡速度 (Balancing Speed)

機関車の牽引力は速度によりて異なる。機関車が客貨車を牽引して機関車の指示牽引力と機関車及び客貨車の總抵抗とが等しきときの速度を均衡速度と云ふ。換言するときはドローバー牽引力と客貨車の總抵抗が一致したるときの速度を云ふのである。

#### 第二、上り勾配列車の速度

機関車の牽引力は速度を減ずるときは増加するものなるも一定の限度ありて餘り緩なるときは却て輸送力を減じ、又餘り多くを

牽引するときは空轉を起し途中事故を生ずる故に運転の上より制限を附しある。之は大體  $17\text{km/h}$  である。旅客列車にあつても列車を早く到着せしむる上より又限度を附してある。國有鐵道に於けるものは大體次の通り定めてある。

貨物列車は  $6\%$  より急なるときは最小速度を  $17\text{km/h}$  となし、其他の列車は  $25$

$\%$  より急のとき

同じく最小速度を  $17\text{km/h}$  となし、これより緩なる

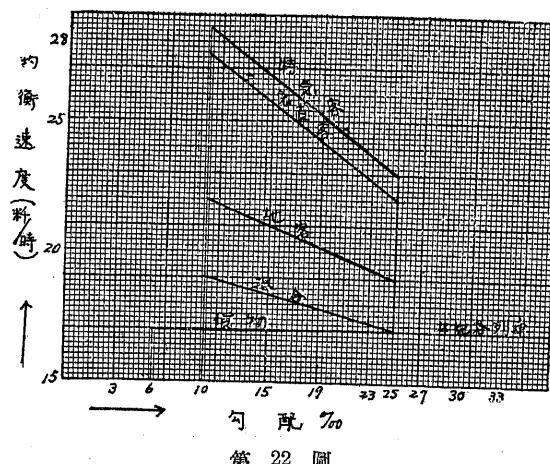
勾配は列車の種類によりて  $22$

圖の如く異ならしめ、 $10\%$  以下

に至れば均衡速度何程をも出し得ることになして居る。例へば特急客列車は  $25\%$  にて  $23\text{km/h}$ ,  $10\%$  にて  $28.5\text{km/h}$ , それより以下の勾配は均衡速度を出し得る。

### 第三 下り勾配列車の速度

速度は上り勾配にては一定の限度ありて經濟的なるを要すると共に、下り勾配にては特に運転に危険を生ぜざる様に許容速度を定めてある。夫れは線路の性質によりて異なるは勿論、制動車軸の割合、機關車の種類、車輛の状態によりて決定せらるべきであつ



第 22 圖

て、鐵道省の現在の規定は次の通りである。(同省運転規定参照)

#### (1) 列車の組成種類による速度制限

(a) ボギー客車  $95\text{km/h}$

(b) 四輪客車又は四輪客車とボギー  $75\text{km/h}$

(c) 前二つの列車に特に指定したる貨車を連結したるとき  $75\text{km/h}$

(d) 貨車又は貨車を連結したる客車  $65\text{km/h}$

#### (2) 下り勾配に於ける速度制限

速度制限は列車の種類によりて制動機を具備する數によりて異にする。旅客列車の如き連結軸數  $100$  に對して  $80$  以上を有するときは次の A の速度迄出し得るも、貨物列車の如き運転規定の第五條に定めある制動機の數なるときは B の速度による。

下り標準勾配	A	B
$2\%$ 以下	$95\text{km/h}$	$65\text{km/h}$
6	90	60
10	85	55
14	80	50
18	75	45
20	70	40
25	65	35
30	50	30
35	45	25

(31)

現在の旅客列車の如く殆んど全軸に制動機を有するものは、機關車の制動力の割合に比して客車の制動力が大であるが、貨物列車にありては此割合少くして貨車の連結輪數の増加に伴ひ列車總重量に對する制動機の力の割合は低下し結局貨車の數を制限することとなる。機關車の制動機は總重量の  $45\sim50\%$  で客車に於ては  $60\sim80\%$  である。故に客車數の増加するだけ制動力は大となるも、貨車は  $30\sim35\%$  なる故に連結車の多くなるに從て

制動力は減少する。國有鐵道に於ては停車に要する制動距離は下り勾配に於て  $800^m$  と規定しあるによりて其範囲なるを要する。

### (8) 曲線に於ける制限速度

曲線半径 (m)	線路分岐に附帶せる曲線	
600	85km/h	65km/h
500	80	60
450	75	55
400	70	55
350	65	50
300	60	50
250	55	45
200	50	45
175	45	40
150	40	35
125	35	30
100以下	30	25

(32)

上記の外運轉上の内規となしある事項は次のものである。

## 第四 発車の加速度

發車の加速度は列車速度が  $15km/h$  となる迄は次の如くなす。但し牽引力不足の爲め所定の加速度を與へ得ざる場合は此の限にあらず。

旅客列車	$0.35km/h/sec.$	電氣機關車旅客列車	$0.5km/h/sec.$
混合列車及貨物列車	$0.15\text{ "}$	電氣機關車混合及貨物列車	$0.3\text{ "}$

... (33)

## 第五 停車場通過速度

特別急行及急直行旅客列車 條線 東海道山陽線  $70km/h$

その他線路  $65\text{ "}$

單線轉轍器の曲線半径による速度 區間旅客列車  $50\text{ "}$

混合及貨物列車  $45\text{ "}$

## 第六 制動開始速度

停車場へ進入停止せんとするときは次の速度より制動機を用ふるを標準とす。

旅客列車  $60km/h$  混合及貨物列車  $45km/h*$

## 第七 制動の減速度

制動機は次の如き減速度を與ふるものとす。

旅客列車  $1.0km/h/sec.$ , 混合及貨物列車  $0.5km/h/sec.**$  ..... (34)

注意 (1)  $10\%$  以下の勾配に在りては下り勾配の制限速度に達する迄給氣す。

(2) 惯力をなるべく利用して制限速度及制動開始速度に達する様豫め絶氣すること。

## 第六節 勾配線の輸送量 (Tonnage of Traction on Grades)

### 第一 ドローバー牽引力 (Drawbar Pull)

機關車の指示牽引力より機關車の抵抗を差し引きたるもの即ち客貨車を牽引するに役立つのみの牽引力である。

水平線。

$$(\text{ドローバー牽引力}) = (\text{指示牽引力}) - (\text{機關車走行抵抗})$$

$$\text{牽引重量} = \frac{\text{ドローバー牽引力}}{\text{客貨車一廻り抵抗}}$$

勾配線。  $(\text{ドローバー牽引力}) = (\text{指示牽引力}) - (\text{機關車抵抗})$

$- (\text{機關車勾配抵抗})$

例 C-10 形機關車全重量  $69.7^T$  (動輪重量  $40.2^T$ ) 働輪軸數 3

\* 制動開始前の速度は絶氣によりて減じ  $60km/h$  及び  $45km/h$  に至り初めて制動する。

\*\* 制動機の發達によりて減速度は今日此制限より大きく取扱て居る。即ち旅客列車に於て  $1.5\sim 2.5km/h/sec.$  混合及貨物列車に於て  $0.75km/h/sec.$  が用ひられてゐる。

指示牽引力。(8)式及(10)式によりて求む。

機関車走行抵抗。(11)式によりて速度  $10 \text{ km/h}$  の場合を求むるときは

$$\bar{R}_L = [9.8 + 0.047(3-1) \times 10] \times 40.2 + (1.8 + 0.015 \times 10)(69.7 - 40.2) \\ + 0.057 \times 10^2 = 475 \text{ kg}$$

同方法により各速度に對して求む。次に C51 形 (重量  $113.8t$ ) を擧ぐるときは次の表の通りである。

C10 形 平 坦 線			C51 形 平 坦 數		
速 度	指示牽引力 $\text{kg}$	機 関 車 走行抵抗 $\text{kg/t}$	指 示 牽 引 力 $\text{kg}$	機 関 車 走行抵抗 $\text{kg/t}$	ド ロ ーバ ー牽引力 $\text{kg}$
0	8600	430	8200	9400	780
5	8800	450	8300	9400	8600
10	8700	480	8300	9400	570
15	7700	500	7200	9400	8800
20	6400	510	5900	9400	640
25	5600	570	5000	9400	8700
30	5000	610	4400	7200	720
35	4500	640	3900	7200	6500
40	4100	690	3400	6000	810
45	3700	730	3000	6000	5200
50	3400	780	2600	5100	910
55	3100	830	2300	5100	4200
60	2800	890	1900	4400	1020
65	2600	940	1700	4400	3400
70	2400	1000	1400	3800	1140
75	2200	1060	1100	3800	2700
80	2000	1130	900	3300	1280
85	1800	1200	600	3300	2000
90	1700	1270	400	2900	1430
95	1500	1340	200	2500	1500
100					900

## 第二 勾配線の輸送量

$D$ =水平線に於けるドローバー牽引力 ( $\text{kg}$ )

$S$ =制限勾配 (%)

$R_G$ =客貨車抵抗 ( $\text{kg/t}$ ),  $W_L$ =機関車重量 ( $t$ )

$W_G$ =客貨車重量 ( $t$ )

$$D = (W_L + W_G)S + W_G R_G$$

此式より  $W_G$  を求むるときは

$$W_G = \frac{D - SW_L}{S + R_G} \dots\dots (35)$$

例 機関車 C-10 形 (總重量  $69.7$  吨, 働輪  $40.2$  吨) が混合列車を牽引して  $25\%$  の制限勾配線に於ける牽引數を求む。

混合列車最小速度は 64 頁圖により  $17 \text{ km/h}$  なるにより前表より

$$D = 6,680 \text{ kg}$$

$$(18) \text{ 式により } R_G = 2.07 + 0.00066 \times 17 \times 17 = 2.26$$

$$W_G = \frac{6680 - 25 \times 69.7}{25 + 2.26} \doteq 180 \text{ t}$$

此の例の如き方法にて各制限勾配に對して牽引すべき客貨車重量を示すときは次頁36表又は23圖の實線の如きものにして、尙 C51形機関車に對して急行旅客列車に對する牽引重量を擧ぐるときは同圖點線にて示すものである。

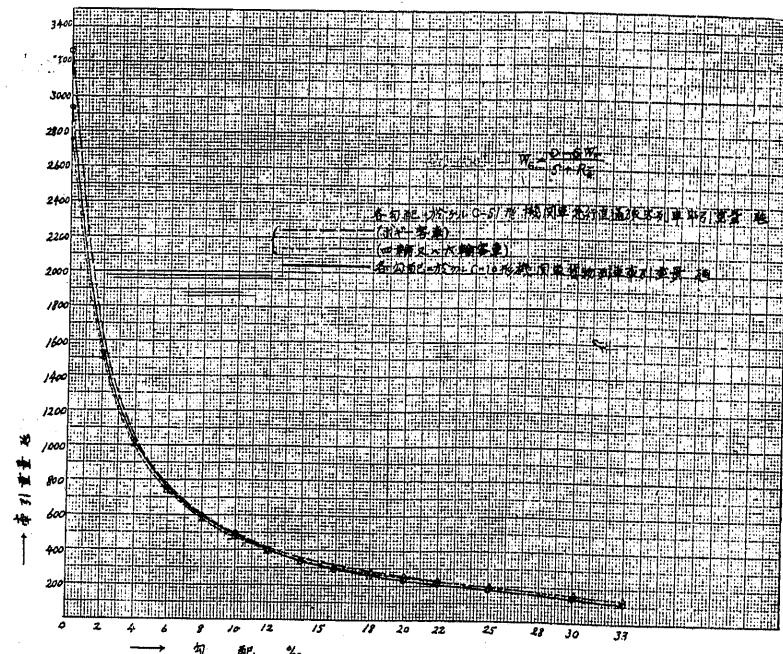
故に或線路の將來生じ来る貨客量を知るときは、其線路の制限勾配を假定して、列車回數を計算し失れが果して輸送し得らるゝや否やを調べて制限勾配を撰定するのである。

例  $P$ =一日片道輸送人員,  $G$ =一日片道輸送噸, ボギー車定員 60 人 (換算車輛數 3 輛) 座席利用率  $40\%$ , 貨車一輛當り積載噸數 4.5 吨, 機関車の牽引効率  $95\%$ , 勾配  $20\%$  機関車 C-10 のときの列車回數を求む。

$$\text{車輛數} = \frac{P}{60 \times 0.4} \times 3 + \frac{G}{4.5} \dots\dots (1)$$

牽引力は次圖又は次表によりて 20% に於ては 240 噸にして車數は 10 噸とするとき 24 輛である。

$$\therefore \text{列車回数} = (1) \times \frac{1}{24} \times \frac{1}{0.95}$$



第 23 圖

C-10 形機関車標準牽引能力

標準勾配%	10	12	16	20	25	33	.....(36)
列車種類	400 <sup>t</sup>	340 <sup>t</sup>	250 <sup>t</sup>	200 <sup>t</sup>	160 <sup>t</sup>	120 <sup>t</sup>	
地方旅客	400 <sup>t</sup>	340 <sup>t</sup>	250 <sup>t</sup>	200 <sup>t</sup>	160 <sup>t</sup>	120 <sup>t</sup>	
混合列車	440	375	285	225	180	120	
貨物列車	490	415	300	240	180	120	

## 第七節 列車運轉上より線路縱斷面撰定

(Profile from Train Operation)

線路の標準勾配が決定せらるゝも、尙勾配の上り下りに於て組合せの如何によりては制動機を用ふること渺く、下り勾配に於て得たる速度は直ちに惰力として上り勾配に利用せられ石炭の消費量を少くし運転時間を短縮し、運転容易なる線路を得る事が出来る。夫れがためには次の曲線の作製を必要とする。

### 第一 速度 距離曲線及び時間 距離曲線 (Velocity-distance Curve and Time-distance Curve)

運転する機関車の種類が定まるときは、勾配線上の或る距離に對する速度及び或る距離に達する迄の時間を曲線にて表し直ちに各勾配に於ける速度と時間とを知ることが出来る。

機関車が蒸氣を供給して水平線を走行するときは加速力となり、蒸氣を止め絶氣運転をなすときは減速力となる。

$F_0$ =水平線加速力 ( $kg/t$ ),  $F_0'$ =水平線減速力 ( $kg/t$ ),

$F_u$ =上り勾配 "  $F_u'$ =上り勾配 "

$F_d$ =下り勾配 "  $F_d'$ =下り勾配 "

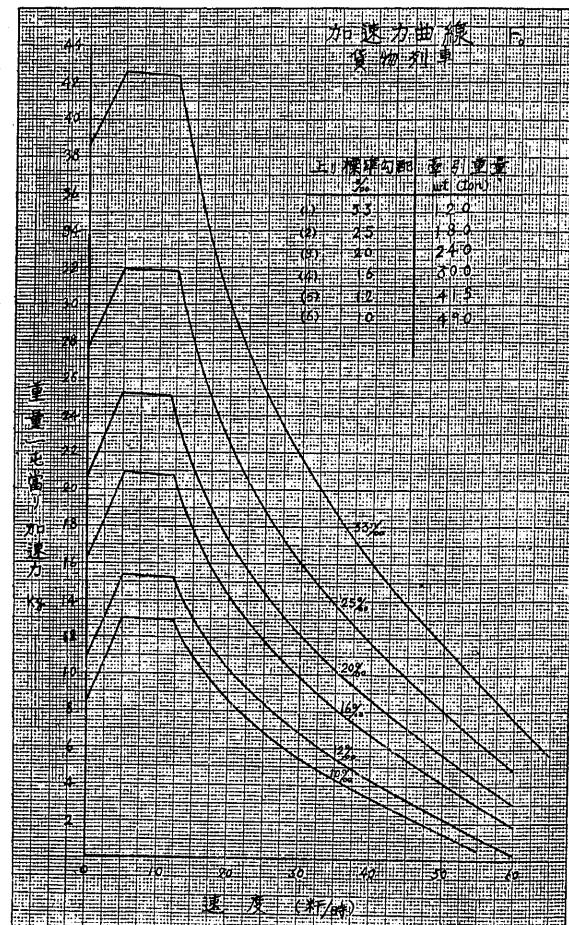
$D$ =ドローバー牽引力 ( $kg$ ),  $R_g$ =客貨車抵抗 ( $kg/t$ ),

$W_g$ =客貨車重量 ( $t$ ),  $W_L$ =機関車重量 ( $t$ ),

$\bar{R}_L$ =機関車抵抗 ( $kg$ )

#### (I) 紙氣運転加速力

機關車が列車を牽引して凡ての抵抗に打ち勝ち尙機関車の剩餘の牽引力は加速力となる。24圖は各標準勾配に於ける各速度に対する加速力を示すものにして算出方法は次の方法による。



第 24 圖

水平線にては.....

$$F_0(W_L + W_G) = D - R_G W_G \quad \therefore F_0 = \frac{D - R_G W_G}{W_L + W_G}$$

$$\text{上り勾配にては..... } F_u = \frac{D - R_G W_G - S(W_L + W_G)}{W_L + W_G} = F_0 - S \quad \cdots \cdots \cdots (37)$$

此式にて  $S$  が大なるときは  $F_u$  は減速力となる。

$$\text{下り勾配にては..... } F_d = \frac{D - R_G W_G + S(W_L + W_G)}{W_L + W_G} = F_0 + S$$

C-10 形機関車が貨物列車の標準重量を牽引したときに生ずる  $F_0$  を見出すには次の例による。斯くして 24 圖の各速度、各標準勾配に於ける  $F_0$  曲線を画くことが出来る。

例 標準勾配 33% の線路に於て速度 10km/h の時の  $F_0$  を求む。

$$(35) \text{ より 牽引重量 } W_G = 120t \quad (68 \text{ 頁表}) \text{ より } D = 8300kg$$

$$(13) \text{ 式より } R_G = 2.07 + 0.00066 \times 10^2 = 2.14kg/t, \quad W_L = 69.7t$$

$$(37) \text{ より } F_0 = \frac{8300 - 2.14 \times 120}{69.7 + 120} = 42.4kg/t$$

## (II) 絶氣運轉減速力

機関車は絶氣なるによつて走行中の凡ての抵抗に打ち勝つ爲めには自分の持ちたる速力を減退す。従つて此際減速力は凡ての抵抗を意味することとなる。

$$\left. \begin{array}{l} \text{水平線に於て..... } F'_0 = \frac{\bar{R}_L + R_G W_G}{W_L + W_G} \\ \text{上り勾配に於て..... } F'_u = F'_0 + S \\ \text{下り勾配に於て..... } F'_d = F'_0 - S \end{array} \right\} \cdots \cdots \cdots (38)$$

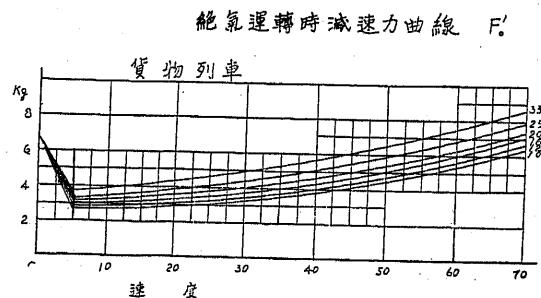
例 標準勾配 33% の線路に於て速度 10km/h の時の  $F'_0$  を求む。但し此勾配に於ける最大貨車の總重量は 120t である。 (11) (13) 式より

$$\bar{R}_L = 475, \quad W_L = 69.7t$$

$$R_G = 2.07 + 0.00066 \times 10^2 = 2.14 \text{ kg/t}$$

$$F'_0 = \frac{475 + 2.14 \times 120}{69.7 + 120} = 3.86 \text{ kg/t}$$

同様なる方法によりて各速度と異りたる勾配に付きて求むると  
きは次の第25圖表を得る。



第 25 圖

### (III) 時一距離曲線及び速度一距離曲線(Time-distance Curve and Speed-distance Curve)

標準勾配、機関車の種類の異なるにより別々に作製すべきものなるも、後説する如く機関車に關する限り大なる相違はない。以下論ずる處のものは標準勾配 33‰, C—10 形にて貨物列車牽引重量 120 頄 (36) の場合なりとす。(26)(27) 式より任意勾配に於ける速度  $V_0^{\text{km}/\text{h}}$  より  $V_1^{\text{km}/\text{h}}$  になる迄の運轉時間と距離とを求む。加速力は速度によりて相違あるが故に速度を細分するを要し  $5^{\text{km}/\text{h}}$  毎に計算する。表中の  $\Sigma L$ ,  $\Sigma t$  は始めよりの距離と時間との合計を擧げてある。

#### (a) 給氣運轉加速力の場合

速度 km/h	平均 速度 km/h	$F'_0$ kg/t	-15‰ (下り勾配)				-3‰(下り)				水 平	
			$t = \frac{30}{F'_0 + 15}(V_1 - V_0)$	$L = \frac{V_0 + V_1 t}{7.2}$	$\Sigma t$	$\Sigma L$						
0	2.5	40.6	sec 0	m 0	sec 0	m 0	sec 0	m 0	sec 0	m 0	0	0
5	7.5	42.5	2.7	1.9	2.7	1.9	3.4	2.3	3.7	2.6		
10	12.5	42.4	2.6	5.4	5.3	7.3	6.7	9.2	7.2	9.9		
15	17.5	32.8	2.6	9.0	7.9	16.3	10.0	20.6	10.7	22.1		
20	22.5	27.3	3.1	15.1	11.0	31.4	14.2	41.0	15.3	44.5		
25	27.5	28.1	3.5	21.9	14.5	53.3	19.1	71.6	20.8	78.9		
30	32.5	20.0	3.9	29.8	18.4	83.1	24.8	115.1	27.3	128.6		
35	37.5	17.1	4.3	38.8	22.7	121.9	31.3	173.8	34.8	196.4		
40	42.5	14.6	4.7	49.0	27.4	170.9	38.8	251.9	43.6	288.0		
45	47.5	12.4	5.1	60.2	32.5	231.1	47.3	352.2	53.9	409.6		
50	52.5	10.4	5.5	72.6	38.0	303.7	57.0	479.6	66.0	569.3		
55	57.5	8.4	5.9	86.0	43.9	389.7	68.2	642.6	80.4	779.3		
60	62.5	6.4	6.4	102.2	50.3	491.9	81.4	853.4	98.2	1063.6		
65			7.0	121.5	57.3	613.4	97.3	1129.4	121.6	1469.9		

#### (b) 給氣運轉減速力の場合

速度 km/h	平均 速度 km/h	$F'_0$ kg/t	+21‰ (上り勾配)				+25(上り)				+30(上り)	
			$t = \frac{30}{F'_0 - 21}(V_1 - V_0)$	$L = \frac{V_0 + V_1 t}{7.2}$	$\Sigma t$	$\Sigma L$						
65	62.5	6.4	sec 0	m 0	sec 0	m 0	sec 0	m 0	sec 0	m 0	0	0
60	57.5	8.4	10.3	178.8	10.3	178.8	8.1	140.6	6.4	111.1		
55	52.5	10.4	11.9	190.1	22.2	368.9	17.1	284.4	13.3	221.3		
50	47.5	12.4	14.2	207.1	36.4	576.4	27.4	434.6	21.0	333.6		
45	42.5	14.6	17.4	229.6	53.8	805.6	39.3	591.6	29.5	445.8		
40	37.5	17.1	28.4	276.3	77.2	1081.9	53.7	761.6	39.2	560.3		
35	32.5	20.0	38.5	401.0	115.7	1482.9	72.7	959.5	50.8	681.1		
30	27.5	23.1	31 km/h にて $F'_0 = 21$ となり 速度に變化なし						102.7	1230.3	65.8	816.5
25	22.5	27.3	$F'_0 = 25$ にて 速度に變化なし								87.5	982.3
20	17.5	32.8	$F'_0 = 25$ にて 速度に變化なし									
15	12.5	42.2	$F'_0 = 30$ にて 速度に變化なし									

## (c) 絶氣運轉の場合

速度 km/h	$\frac{2F_0}{\alpha}$ kg/t	$F_0'$ kg/t	-10% (下り勾配)				-15% (下り)		-35% (下り)	
			$t = \frac{20}{10-F_0'}(V_1-V_0)$	$L = \frac{V_0+V_1}{7.2}t$	$\Sigma t$	$\Sigma L$	$\Sigma t$	$\Sigma L$	$\Sigma t$	$\Sigma L$
0	2.5	5.3	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m
5	7.5	3.7	31.9	22.2	31.9	22.2	15.5	10.8	5.1	3.5
10	12.5	3.9	23.8	49.6	55.7	71.8	28.8	38.5	9.8	18.3
15	17.5	4.1	24.6	85.4	80.3	157.2	42.3	85.4	14.6	30.3
20	22.5	4.3	25.4	123.5	105.7	280.7	56.1	152.5	19.5	53.8
25	27.5	4.6	26.3	164.4	132.0	445.1	70.1	240.0	24.4	84.4
30	32.5	5.0	27.8	212.4	159.8	657.5	84.5	350.0	29.4	122.6
35	37.5	5.3	30.3	270.8	189.8	928.3	99.5	485.4	34.4	167.7
40	42.5	5.9	31.9	382.3	221.7	1260.6	115.0	646.9	39.4	220.5
45	47.5	6.1	34.9	412.0	256.6	1672.6	131.1	837.0	44.5	280.7
50	52.5	6.6	38.5	508.0	295.1	2180.6	148.0	1060.0	49.7	349.3
55	57.5	7.1	44.1	643.1	339.2	2823.7	165.8	1319.6	55.0	421.6
60	62.5	7.7	51.7	825.8	390.9	3649.5	184.8	1623.1	60.4	507.9
65			65.2	1131.9	456.1	4781.4	205.3	1979.0	65.9	603.4

## (d) 出發加速度及び停車ブレーキ減速度

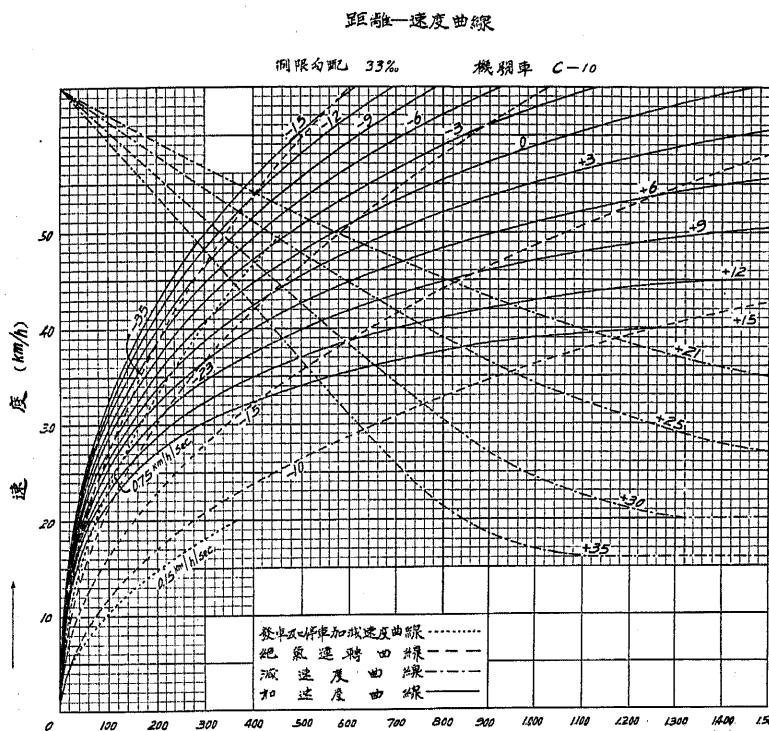
出發の際は 66 頁の内規によりて  $15 \text{ km/h}$  迄は  $0.15 \text{ km/h/sec}$  の加速度にて走行するを要し停止の際には又 67 頁規定減速度なるを要するにより其際の距離及び時間を探求する。減速度は  $0.75 \text{ km/h/sec}$ 。

速度 km/h	$\bar{a}=0.15 \text{ km/h/sec}$		$\bar{a}=0.75 \text{ km/h/sec}$	
	$L$	$t$	$L$	$t$
5	23	33	5	7
10	93	67	19	13
15	209	100	42	20
20	371	133	74	27
25			116	33
30			167	40
35			227	47
40			297	53
45			375	60
50			463	67

とする。減速度は加速度曲線を書き反対の方より讀むにより

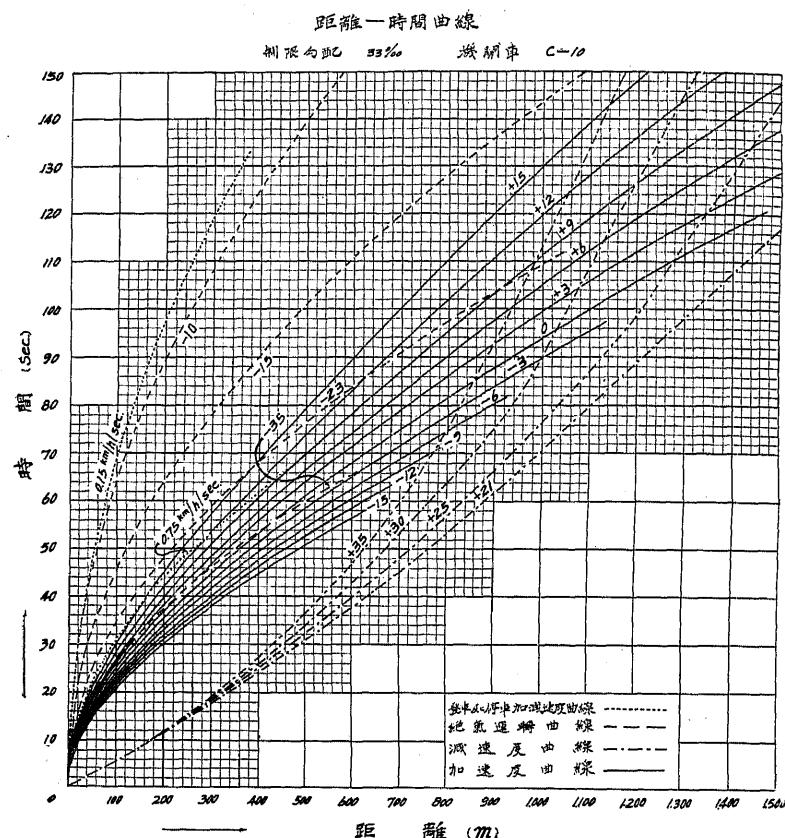
知ることが出来る。(23) 式より  $L=0.139 \frac{V^2}{\alpha}$ ,  $t=\frac{V}{\alpha}$  によりて  $L$  と  $t$  とを計算したるものは前表である。

(e) 前記四表より速度一距離曲線及び時一距離曲線を画く、26圖は速度一距離曲線で加速度の場合は下より上に、減速度の場



第 26 圖

合は上より下に向ひて作圖する。曲線は加速度の場合は  $-15\%$  ～  $+15\%$  迄、減速度は  $+21\%$  ～  $+35\%$  の場合又絶氣運轉の場合は  $-10\%$  ～  $-35\%$  迄の勾配、又發車加速度及び停車減速度の場合は



第 27 圖

$0.15 \text{ km/h/sec}$ ,  $0.75 \text{ km/h/sec}$ . の加速度曲線を書きたるも、減速度は反対の方より讀むによりて求めらる。之等の曲線は研究せんとする線路縦断面に於ける勾配に對して各畫かねばならない。27 圖は時一距離曲線である。而して此曲線は線路の制限勾配によりて異なり又使用機關車によりて異なるが機關車は何れの機關車に於ても

同一の曲線を使用しても大なる相違はない。

如何となれば之等の曲線は(37,38)式の加減速力  $F_0, F'_0$  より計算されてあるからである。 $F_0 = \frac{D - R_G W_G}{W_L + W_G}$ ,  $F'_0 = \frac{R_L + R_G W_G}{W_L + W_G}$  で前式で大機關車を用ひて假に  $D$  が 2 倍となりたるとき斯る機關車は重量  $W_L$  も大體 2 倍となる。又牽引せらるべき重量は(35)式の  $W_G = \frac{D - SW_L}{S + R_G}$  にて 2 倍となる故に  $F_0$  の値は殆んど一定値である。又後式に於ても  $F'_0$  は一定の値となる故に此  $F_0, F'_0$  を基としたる曲線も大體同様のものである故に制限勾配を同じければ前記の圖表を使用しても同じである。

又前記の圖表を作製するに圖解法を用ふること屢である。其方法にも色々あるも普通 Strahl 氏の方法を用ふる。其方法は卷尾 208 頁に掲ぐるもので圖表の作製に極めて便利である。

## 第八節 列車運轉上の線路縦断面圖の研究

前記の速度、時距離曲線より縦断面の各位置に於ける速度、給氣、絶氣の状態及び時間を知る事が出来、又惰力を利用し運轉上最も好都合の縦断面を撰定する事が出来る。

今 28 圖下段に於ける縦断面圖 ABCDE なる線路を研究せんとす。此の線路の制限勾配は 33‰ となし AE 間の勾配の良否を知らんとする。前記 26 及び 27 圖は 33‰ 制限勾配なれば直ちに使用し得る。

(1) A を發したる列車は運轉内規によつて急に速度を出し得られない。速度  $15 \text{ km/h}$  になる迄は加速度  $0.15 \text{ km/h/sec}$  位に據らなければならない。速度  $15 \text{ km/h}$  になる迄は加速度  $0.15 \text{ km/h/sec}$  曲線によつければならない故に 26 圖の發車加速度  $0.15 \text{ km/h/sec}$  曲線によつければならない。

縦距  $15\text{km/h}$  に對し横距  $L=210^m$  にて 27 圖によつて横距  $210^m$  は同曲線縦距  $t=100\text{sec.}$  なることを知る。

(2) 尚水平區間に於て此の先きの速度を見るに  $15\text{km/h}$  の速度は 26 圖の水平加速度 0 曲線に於て  $20^m$  の距離に於て得られ此先きの勾配の變り目迄  $(400-210)=190^m$  に於ける速度は  $(20+190)=210^m$  に於ては同曲線によつて  $36\text{km/h}$  なることが知らる。此時間は 27 圖によつて  $20^m$  と  $210^m$  との縦線に於て差が  $26\text{sec.}$  である。

(3) 次の勾配は  $-15\%$  である。此勾配にては 65 頁の運轉規則によつて  $49\text{km/h}$  より高速度を出さない様規定しある故に、いつまでも給氣することが出来ない、或る處にて絶氣するを要す。而して此の勾配の終點に於て夫れに達する様なる速度になすことを要する。先づ 26 圖の  $-15\%$  加速度曲線によつて前速度の  $36\text{km/h}$  は  $130^m$  の處にて得らるゝによつて今試みの計算により假に  $40^m$  を採り見るに  $(130+40)=170^m$  に於ける速度は  $40\text{km/h}$  となる。此際絶氣するとなす。次に  $-15\%$  の絶氣曲線によつて  $40\text{km/h}$  は  $640^m$  なるによつて勾配の終點迄  $(400-40^m)=360^m$  との合計  $(640+360)=1000^m$  に於ては  $49\text{km/h}$  となり丁度制限速度となる。所要時は 27 圖によつて前の方は  $-15\%$  加速度曲線の  $130^m$  と  $170^m$  との縦線間にて  $4\text{sec.}$  後の方は  $-15\%$  の絶氣曲線にて  $640^m$  と  $1000^m$  との縦線間にて  $30\text{sec.}$  であるを知る。

若し假に此勾配を急にして例へば  $23\%$  の如きときは此制限速

度は  $37\text{km/h}$  である。故に此勾配の初めに於て直に制限速度に達し夫よりは絶氣するのみならず直にブレーキを施して其制限速度内にて下らなければならぬ。従つて無用にエナージーを消費するのみならず下降によつて得るエナージーを次の勾配にて利用することも出來ない。故に良好の線路と云ふことが出來ない。此事は勾配を決定する尤も大切な事柄である。

尤も前の水平區間に於て早く絶氣して此勾配の初頭低速度にて且つ絶氣の儘にて下る方法もあるが、之とてもブレーキを用ひなければならないのみならず尚時間を多く要する。

(4) 次の勾配は  $+21\%$  にて延長  $500^m$  を有し麓に於ける前速度の  $49\text{km/h}$  は  $+21\%$  減速度曲線に於て  $620^m$  に相當し  $(620+500)=1120^m$  に於ては  $39.5\text{km/h}$  となり次の勾配に移る。此區間の時間は 27 圖によりて  $+21\%$  の減速度曲線に於て  $620^m$  と  $1120^m$  との縦線間の時間  $42\text{sec.}$  である。

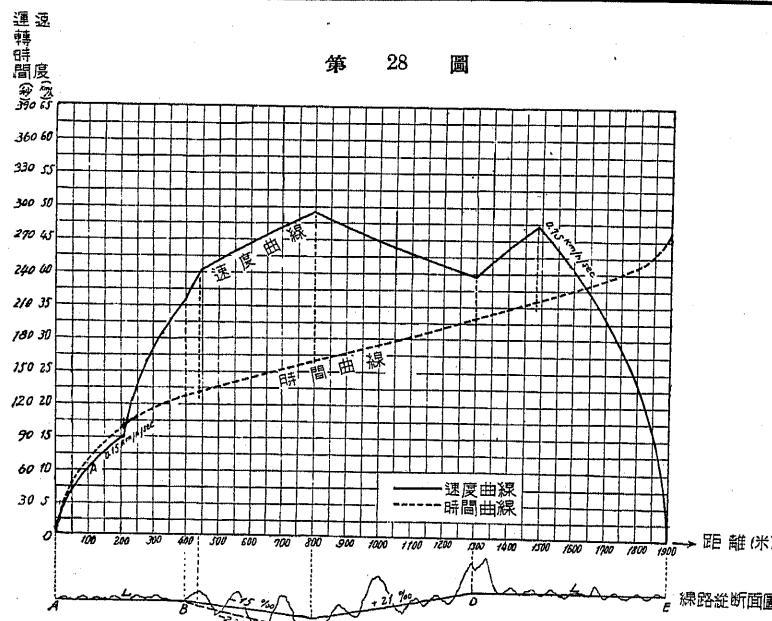
(5) 次は水平線延長は  $600^m$  にて列車は停車する際には急激の停止を避けて徐々に停止するを要し、67 頁の (34) の規定により  $0.75\text{km/h/sec.}$  の減速度にて停止するものとする。

$39.5\text{km/h}$  は水平加速度曲線にて  $270^m$  の距離に相當する。之より先は前述と同様に試みの計算の方法により求むるを便とす。即ち假に  $185^m$  進行したるとせば同曲線の  $(270+185)=455^m$  の處にて速度は  $47\text{km/h}$  となる。次に停車加減速度曲線の  $0.75\text{km/h/sec.}$  曲線にて  $47\text{km/h}$  は  $415^m$  の距離に相當し此兩距離の和は  $(185+415)$

=600mにして丁度此區間の長さである。故に初速度39.5km/hの列車は185m進行して47km/hとなり夫よりは制動によつて0.75km/h/sec.の減速度にて停車することとなる。此時間は27圖により前區間は16sec.にして後區間は63sec.である。

之を總計するときは次表にして之を圖示するときは28圖の通

區間	勾配%	初速度km/h	次速度km/h	距離m	時間sec
AB	水平	給氣	0	15	210
"	"	"	15	36	190
BC	-15	"	36	40	40
"	"	絶氣	40	49	360
CD	+21	給氣	49	39.5	500
DE	水平	"	39.5	47	185
"	"	絶氣	47	0	415
					281sec



りである。

尙縱断面の作製に當りて注意を要する事項を擧ぐるときは次のものがある。

(1) 列車が出發するに際して規定の加速度によらなければならぬ。從て停車場の前後は相當の距離が平地か又は緩勾配なるを可とす。急の上り勾配が存在するときは機関車は上ることのみにエネルギーを消費して速度を増すことが出來ない。從て運轉時間が延びるは免れない。

例 前記の標準勾配線路で停車場より25%で直に上の勾配あり列車が先づ規定の加速度によらざるとし 600m間に30km/hの速度に達せんとするときは此勾配を何程になすべきか。(92頁例2参照)

$$25\% - \frac{4.2V_1^2}{L} = 25\% - \frac{4.2 \times 30 \times 30}{600} = 25 - 6.3 = 18.7\%$$

(2) 惰力勾配を上りて次に下り勾配にかかりて制動を要する如き場合は、惰力勾配は頂上にて最小速度迄惰力が利用せらる長さを欲しい。

(3) 下り勾配にて許容速度を出すべき個所には其速度を許容すべき曲線の半径でなければならぬ 89 頁参照。

(4) 運轉上に關して給氣はなるべく繼續して行ひ絶氣運轉中に小許の給氣部分を挿まない様なるを要し、又給氣して速度を増すも直ちに制動を要す様なる場合は寧ろ絶氣の儘にて惰力によるを可とする。

停車場へ進入停止せんとするときは制限速度は旅客は60km/h 混

合及び貨物列車は  $45\text{km/h}$  と規定してあるは前に述べる通りなるも夫より大なる速度のときは絶氣によりて減じて丁度其速度に下りたるときに制動を開始する。尚下り勾配にて惰走のために速度増加する場合には二段又は三段制動となし第一回又は二回に於て其規定速度迄下し然る後に最後の制動をなすものである。

### 第九節 石炭の使用量 (Coal Consumption)

勾配の營業費に對する影響は保線費、修車費、燃料費なるも其主なるものは燃料費即ち石炭費である。石炭消費量に付きては圖解方法によりて求むることが出來て卷尾 215 頁に於て説明してある。今運轉中の石炭の使用量を計算より算出するときは次の通りである。す（國有鐵道建設規定解説 昭和 4 年 8 月 106 頁参照）

(1) 均衡速度にて給氣運轉中石炭燃燒量は一時間當り平均火床面積  $1\text{m}^2$  當り  $550\text{kg}$  である。（C—10 形機關車に於ては火床面積  $1.6 \times 550 = 880\text{kg}$ ）

(2) 絶氣運轉中の石炭燃燒量は制動の際の消費をも見込みて給氣の際の 7.5% である。

(3) 駛構内待合中の石炭使用量は構内の走行に要するものを見込みて給氣運轉中の 2.5% である。

(4) 點火用石炭及埋火用の石炭は前者は傳熱面積  $1\text{m}^2$  當り 4.2 斤位後者は (1) の場合の約 1.25% である。

列車走行中に於ける石炭消費量は次の方法にて計算することが

出来る。

例 (1) 今平坦線を C—10 機関車  $70t$  が貨車  $330t$  を牽引して停車場を出發して  $0 \rightarrow 10\text{km/h}$  に達する場合平均速度  $5\text{km/h}$  のときの余力は

$$(最大牽引力) - (列車抵抗) = 8,800 - 2,000 = 6,800\text{kg}$$

$$\text{加速度抵抗} = \frac{6800}{\text{列車重量}} = \frac{6800}{70+330} = 17\text{kg/t}$$

$$\text{所要時間 } t = \frac{0.5(V_1 - V_0)}{F} = \frac{0.5(10-0)}{17} = 0.29\text{分}$$

發車より  $10\text{km/h}$  に至る迄の石炭の燃燒率火床面積 1 平米に對して初めなれば 1 時間  $100\text{kg}$  とするときは石炭量は (217 頁の如く計算し得)

$$100 \times (\text{火床面積}) = 100 \times 1.6 = 160\text{kg/h}$$

$$\therefore t \text{ 分に對しては } \frac{160}{60 \text{ 分}} \times 0.29 = 0.77$$

(2) 次に  $10\text{km/h}$  より  $20\text{km/h}$  に達する迄の平均速度  $15\text{km/h}$  に對する加速力は  $(\text{牽引力}) - (\text{抵抗}) = 7700 - 1280 = 6470\text{kg}$

$$\text{加速度抵抗} = \frac{6470}{70+330} = 16.2\text{kg/t}$$

$$\text{所要時間 } t = \frac{0.5(20-10)}{16.2} = 0.31$$

燃燒率は前の場合は出發の際なれば 100 となせしも今は速度も出たる場合なれば其率を増して 350 とす然るとき 1 時間の石炭量は

$$350 \times 1.6 = 560\text{kg/h} \text{ にして此間に要する石炭量は}$$

$$\frac{560}{60} \times 0.31 = 2.9\text{kg}$$

(3) 次に  $20\text{km/h}$  より  $30\text{km/h}$  に達する迄の平均速度は  $25\text{km/h}$  にして加速力は  $5,600 - 1,390 = 4,210\text{kg}$

$$F = \frac{4,210}{70+330} = 10.5\text{kg/t}$$

$$\bar{t} = \frac{0.5(30-20)}{10.5} = 0.48$$

此際は燃焼率を最大に達し  $550\text{kg}$  とするときは  $550 \times 1.6 = 880\text{kg/h}$

$$\therefore \frac{880}{60} \times 0.48 = 7.04\text{kg}$$

(4) 次に  $30\text{km/h}$  より  $5\%$  勾配に差し懸りたるとする。今  $30\text{km/h}$  より  $40\text{km/h}$  に達する平均速度  $35\text{km/h}$  に對する加速力は

$$4,500 - 1,590 - (70 + 330) \times 5 = 910$$

$$F = \frac{910}{70 + 330} = 2.25 \quad \bar{t} = \frac{0.5(40-30)}{2.25} = 2.22$$

$$\frac{880}{60} \times 2.22 = 33\text{kg}$$

(5) 次に  $40\text{km/h}$  より  $43\text{km/h}$  迄上りたりとするとき平均速度は  $41.5\text{km/h}$  にして尙勾配は  $5\%$  とし此時の加速力は

$$3980 - 1760 - (70 + 330) \times 5 = 220$$

$$F = \frac{220}{70 + 330} = 0.55 \quad \bar{t} = \frac{0.5(43-40)}{0.55} = 2.78$$

$$\therefore \frac{880}{60} \times 2.78 = 40\text{kg}$$

(6)  $43\text{km/h}$  になるときは均衡速度となる。如何となれば

$$3860 - 1800 - (70 + 330) \times 5 = 0$$

此均衡速度  $43\text{km/h}$  による。勾配尙  $1\text{km}$  繼くとせば

$$\bar{t} = \frac{1\text{km}}{\frac{43}{60}} = \frac{60}{43} \text{ 分}, \text{ 石炭量} = \frac{880}{60} \times \frac{60}{43} = 20.5$$

(7) 次に此列車を絶氣して 1 分にて停車せしむるとせば

$$\frac{880}{60} \times 1 \times 7.5\% = 1.10\text{kg}$$

(8) 総石炭消費量 =  $0.77 + 2.9 + 7.04 + 33 + 40 + 20.5 + 1.10 = 105.31\text{kg}$ \*

\* 石炭使用量、業務研究資料第 20 卷第 3 號。

## 第十節 勾配線中の曲線 (Curves on Grades)

### 第一 勾配補整 (Curve Compensation)

曲線個所に於ては抵抗が増加する故に制限勾配中曲線を含む場合には夫れ支け勾配を緩にすることが必要である。然らざれば制限勾配は尙急なるものとなる。

今  $S_m$  を以て直線に於ける標準勾配とし曲線部分に於て之と同様なる勾配  $S$  を求めんとする。

$$R_c = \text{曲線抵抗} \text{ とすれば } S = S_m - R_c$$

例 標準勾配  $25\%$ , 半径  $300\text{m}$  のときの低減勾配を求む。

$$R_c = \frac{400}{300-20} = 1.4 \quad S = 25 - 1.4 = 23.6\%$$

實地に臨んで補整の割合は角定曲線の角度一度に付きて何程を遞減するかと云ふことにする。之は線路の状態、列車の編成及び遅速によりて異なるも概ね一度に付き  $0.3\sim0.5\%$  を遞減する。

今假に曲線  $1^\circ$  に付きて勾配  $0.35\%$  を補整するとせば

$$(25) \text{頁より 曲度 } \theta^\circ = \frac{5730}{R(\text{ft})} = \frac{1747}{R(\text{m})} \quad R = \text{半径}$$

$$\therefore \text{曲線補整} = \theta^\circ \times 0.35 = \frac{1747}{R} \times 0.35\% = \frac{612}{R}$$

$$\therefore \text{補整勾配 } G\% = \theta^\circ \times 0.35\% = G\% - \frac{612}{R}$$

國有鐵道にては曲線の補整として次の規定を設けてある。

$25\%$  より急なる勾配にして曲線を伴ふ場合には甲線、乙線、丙線の最急勾配の限度を超へざる様相當の曲線補整をなすことを要

す。

尙同建設局に於て曲線補整に付きて大體に定めたるものは次の如きものである。補整量を一々變へるは煩累に堪へないから之を均一ならしめ曲度  $1^{\circ}$  に付き  $0.35\%$  を遞減せしむることとしてある。此際注意として次のものがある。

(1) 勾配と曲線抵抗の和が最急勾配を超過せざるものには補整せず。

(2) 曲線に挟まれたる直線延長が  $100m$  以下なるとき兩隣の内何れか近き補整勾配に含有せしむる。

(3) 延長  $200m$  以下の曲線中に勾配の交點來るときは其何れか急なる補整勾配を以て該曲線全長に對する補整勾配とす。 $200m$  以上の曲線に於て二つの補整勾配の内一つが  $100m$  以下なるときは他の勾配によりて始終す。

(4) 緩和曲線は之に伴ふ曲線と等しく補整す。

曲線抵抗を補整せる勾配表

勾配	補整勾配		
	$R=200m$	$250m$	$300m$
35 %	32 %	33 %	〃
33	30	31	〃
30	27	28	〃
25	22	23	〃
22	19	20	〃
20	17	18	〃
18	15	16	〃
16	13	14	〃

補整勾配に對して曲線と勾配との組合せ

補整勾配	曲線と勾配との組合		
	$R=200m$	$250m$	$300m$
35 %	38 %	37 %	〃
33	36	35	〃
30	33	32	〃
25	28	27	〃
22	25	24	〃
20	23	22	〃
18	21	20	〃
16	19	18	〃

(5) 曲線半径  $700m$  及び之より緩なる曲線並に  $\frac{1}{100}$  より緩なる最高勾配線は補整せざるものとす。

(6) 縦断面圖作製には實際勾配の外最急勾配に補整なる頭字を冠したる勾配を併記す。勾配表には補整何分の一と記入するを便とする。

## 第二 下り勾配中の曲線半径の制限

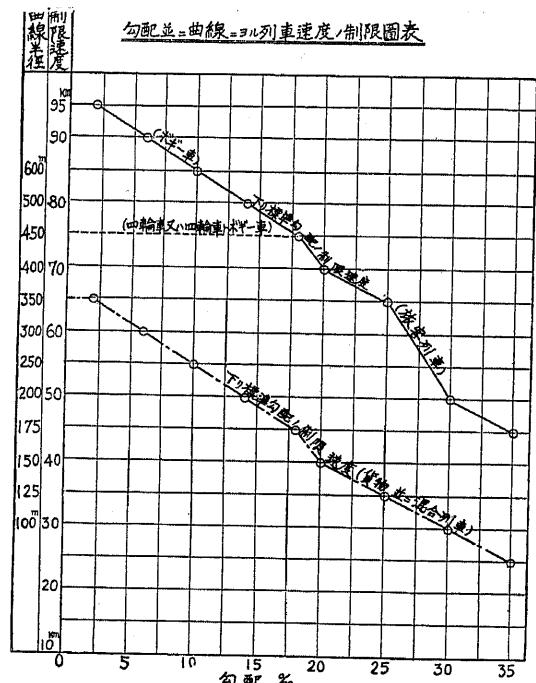
下り勾配に於ては安全に運行し得る上より餘り大なる速度を出すことが出來ない。又曲線個所に於ても速度に一定の限度あるは既に述べた通りである。故に線路撰定に當りて勾配上に曲線ある場合に勾配に於ける速度の制限が曲線のため更に制限せらるゝ如きは面白くない。必ずや一方の制限にのみ止むべきである。國有鐵道で勾配及び曲線に於ける速度の規定は次の 29 圖の通りである。

例をとり説明するに下り  $20\%$  に於てボギー列車最大速度は  $70 \text{ km/h}$  である。故に此所の通過列車は曲線中も同一速度にて走行し得なければならない。

即ち  $400m$  以上の半径を要する。殊に注意すべきは惰力を利用する勾配の下り込みにありて其處の曲線は其速度に應ずる半径であると共に是に連續せる上り勾配に於ける線路も是に應ずる半径なるを要する。而して其勾配の各位置に於ける速度は第 26 圖の速度距離曲線を作製し、之によりて知ることが出来る。

國有鐵道の規定速度は現時の機關車に對して制定したものにして將來制動機進歩し制限速度も増加するに至れば速度は曲線に

於て制限せらるゝことゝなる。故に勾配の下り込にある曲線半径は出来るだけ大になし置く必要がある。



第 29 圖

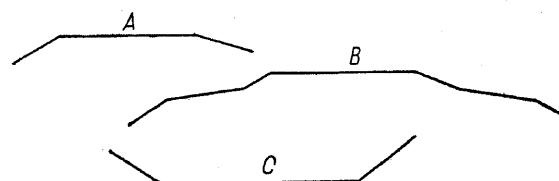
## 第十一節 停車場位置の撰定 (Location of station)

### 第一 停車場の位置

停車場は直線上に設置すると共に又勾配線中に置かない様にするは上巻に於て述べた通りである。停車場は水平に置き前後の勾

配は下り勾配を可とする。A 圖の様なれば到着列車はブレーキを要せないのみならず出發に際しても容易に速力を出し得るからである、併し此の前後の勾配は其區間の制限勾配は避けねばならない。停車場の入口に於ては列車は場内信號によりて時々停車を餘儀なくせらるゝ故に斯る際には前に述べた様に列車出發の際は勾配抵抗と出發抵抗とで出發出来ないことがある。故に出發に対する抵抗を差引きたる緩勾配を用ふるか又己むを得ず急勾配を作る場合には B 圖の如く其勾配の先きの處に緩勾配個所を設けて此處に列車を停車せしめなければならない。従つて場内信號は其處迄延ばす必要が生ずる。

又停車場より下り勾配にありては前にも述べた如く最端轉轍器より貨車の入替に要する距離  $60^m$  (簡易線は  $10^m$ ) だけは停車場と同一勾配になし置かなければならぬ。



第 30 圖

又停車場の前後に C 圖の如き上りの勾配は避くべきである。總ての到着列車に對してブレーキを要するのみならず、列車が出發しても規定の速度を出す迄に餘程の時間を要するから斯る勾配を避くべきは前にも述べた處である。地勢上止むを得ざる場合にありては停車場前後は出来るだけ緩勾配になす。

例1. 停車場前後が下り勾配で25%であるときに列車が停車しても差支へなき勾配を求む。

出發抵抗を $7 \text{kg/t}$ とするときは  $25 - 7 = 18\%$

例2. 標準勾配33%線路で停車場より直に上の勾配あり列車が400m間に $30 \text{km/h}$ の速度に達せんとするときは此勾配を何程になすべきか。

$15 \text{km/h}$ 迄は所定の加速力 $0.15 \text{km/h/s}$ にて走らねばならない之には26圖により $210 \text{m}$ を要す故に $400 - 210 = 190 \text{m}$ 迄に $30 \text{km/h}$ に達するを要す先づ試みに26圖12%加速力曲線をとり見るに $15 \text{km/h}$ は $30 \text{m}$ の處にて得られて $30 + 190 = 220 \text{m}$ にては $30 \text{km/h}$ の速度となる故に12%は求むる勾配である。

## 第十二節 線路の換算延長及延長率

(Equating Mileage and Ratio of Elongation)

線路の性質を知る爲め又は二つの線路を比較する爲めに同じ単位に換算することが必要である。此の爲めには線路の抵抗を之に相當する距離に換算する。之を線路の換算杆又は換算哩と云ふ。

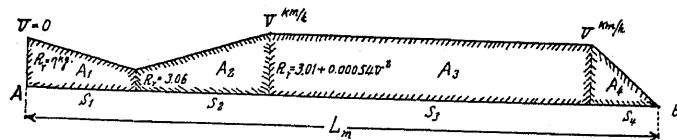
### 第一 線路の換算延長及び延長率

$$\text{線路の換算延長} = \frac{\text{線路延長} \times \text{平均抵抗}}{\text{水平, 直線に於ける列車抵抗}}$$

$$\text{線路の延長率} = \frac{\text{線路の換算延長}}{\text{線路の延長}} = \frac{\text{平均抵抗}}{\text{水平, 直線の列車抵抗}}$$

$$\text{水平, 直線の列車抵抗} (\text{kg/t}) = 3.01 + 0.00054 V^2$$

### 第二 線路の平均抵抗



第31圖

(1) 水平直線を走行する場合の抵抗に對する仕事量

(a) 列車が出發して加速度 $a \text{km/h/sec}$ を以て進行し最小抵抗なる $10 \text{km/h}$ 邊に達する迄に爲されたる仕事量 $A_1$ を見出さんとす。出發抵抗を $7 \text{kg/t}$ とする。

公式(16)より  $R_r \text{kg/t} = 3.01 + 0.00054 V^2$ ,  $V = 10 \text{km/h}$ ,  $a = \text{加速度} \text{km/h/sec}$   
 $V = \text{速度} \text{km/h}$

$$R_r \text{kg/t} = 3.01 + 0.00054 \times 10 \times 10 = 8.06$$

$$(28) \text{より } S_1 = 0.139 \frac{V^2}{a} = 0.139 \frac{10 \times 10}{a} = \frac{13.9}{a}$$

$$\text{仕事量 } A_1 \text{kg.m} = \frac{7 + 8.06}{2} S_1 = \frac{69.92}{a}$$

(b) 列車が $10 \text{km/h}$ の速度より同一加速度を以て $V \text{km/h}$ に達する迄の仕事量 $A_2$ は

$$\begin{aligned} S_2 &= 0.139 \frac{V^2 - 10^2}{a} \\ A_2 \text{kg.m} &= \frac{(3.01 + 0.00054 V^2) \times 0.139 (V^2 - 10^2)}{2a} \\ &= \frac{0.139 \times (6.07 V^2 - 6.07 \times 100 + 0.00054 V^4 - 0.00054 \times 100 V^2)}{2a} \\ &= \frac{0.0000875 V^4 + 0.4181 V^2 - 42.19}{a} \end{aligned}$$

(c) 次に $V \text{km/h}$ にて走行するときの仕事量 $A_3$

$$A_3 \text{kg.m} = (3.01 + 0.00054 V^2) S_3$$

(d) 次に走行しつゝある列車が停車場に近寄るとき減速度 $d \text{km/h/sec}$ にて $S_4$ にて停車するとき

$$S_4 = 0.139 \frac{V^2}{d}$$

此間の仕事量は既に有する惰力にて打ち勝ちたるものと假定して算入せず。

$$S_3 = L_m - (S_1 + S_2 + S_4) = L_m - \left\{ \frac{13.9}{a} + \frac{0.139(V^2 - 10^2)}{a} + 0.139 \frac{V^2}{d} \right\}$$

今  $d=5a$  とするときは

$$S_3 = L_m - \frac{0.167 V^2}{a}$$

$$\begin{aligned} \therefore A_1 + A_2 + A_3 &= (3.01 + 0.00054 V^2) \left( L_m - \frac{0.167 V^2}{a} \right) + \frac{69.92}{a} \\ &+ \frac{0.0000375 V^4 + 0.4181 V^2 - 42.19}{a} = (3.01 + 0.00054 V^2) L_m + \\ &\frac{1}{a} (27.78 - 0.0846 V^2 - 0.0000527 V^4) \end{aligned}$$

反対の方向に走行する列車も同一の結果を得る。

水平線上に於ける列車抵抗は毎噸に付き  $(3.01 + 0.00054 V^2)$  なれば之を勾配にて表すときは  $(3.01 + 0.00054 V^2)\%$  である。故に之より急なる下り勾配に於ては列車は惰力にて走行し得るが故に水平に對する仕事量はない譯である。

$\Sigma l_a$ ,  $\Sigma l_u$  を各  $(3.01 + 0.00054 V^2)\%$  より急なる下り及び上り勾配の合計延長とするときは上り勾配にて列車が反対の方向より來るときは仕事量は 0 なるによりて

$$\text{平均仕事量} = \frac{1}{2} (3.01 + 0.00054 V^2) (\Sigma l_a + \Sigma l_u) m \cdot kg$$

此仕事量は前記の  $A_1 + A_2 + A_3$  中に含まるによりて控除することを要する。

#### (2) 加速度による仕事量

靜止せる物體 (1 噸) に運動を與へて  $S_1 + S_2$  なる距離に  $V^{km/h}$

なる速度を出すとし、其力を  $F$  とするときは仕事量は

$$F \times (S_1 + S_2) \text{ である。}$$

$$(24) \text{ により } F(S_1 + S_2) = 4.2 V^2$$

#### (3) 上り勾配に於ける仕事量

上り勾配に於ける 1 施に對する抵抗  $R_1$  は  $1000 \frac{h}{l}$  にて表すことが出来る。

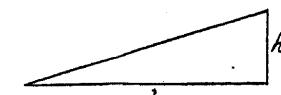
$$\text{故に仕事量} = R_1 l = 1000 h$$

今  $H_u$ ,  $H_a$  を以て各々上り下りの合計高とするときは

$$\Sigma R_1 l = 1000 H_u$$

反対より列車の來るときは

$$\Sigma R_1 l = 1000 H_a$$



第 32 圖

$$\therefore \text{列車每噸の勾配平均抵抗} = \frac{1}{2} \times 1000 (\Sigma H_u + \Sigma H_a)$$

今水平抵抗に相當する  $i = 3.01 + 0.00054 V^2 \%$  なる勾配より緩なる下り勾配の合計を  $\Sigma h'_a$  とし、上り合計を  $\Sigma h'_u$  とするときは

$$\text{平均} = \frac{1}{2} \times 1000 (\Sigma h'_a + \Sigma h'_u)$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{仕事量} &= \frac{1}{2} \times 1000 (\Sigma H_u + \Sigma H_a) - \frac{1}{2} \times 1000 (\Sigma h'_a + \Sigma h'_u) \\ &= 500 \times (\Sigma h_a + \Sigma h_u) \end{aligned}$$

$\Sigma h_a$ ,  $\Sigma h_u$  は各  $(3.01 + 0.00054 V^2)\%$  より急なる上り下りの勾配の合計高 ( $m$ )

#### (4) 曲線に於ける仕事量

$$\text{曲線抵抗 } R_c = \frac{610}{r} \quad (19) \text{ 式による}$$

$$\begin{aligned} \text{半径 } r \text{ 米の全圓に於ける毎噸に對する仕事量} &= \frac{610}{r} \times 2\pi r \\ &= 3832.752 \text{ m.kg} \end{aligned}$$

$$\text{故に角度一度に付き仕事量} = \frac{3832.752}{360} = 10.647 \text{ m.kg.}$$

下り勾配の曲線抵抗を加算せざるときは

$$R_c \text{ に對する仕事量} = \frac{1}{2} \times 10.647 = 5.323 \text{ (角度 } 1^\circ \text{ に付き)}$$

(但し上の如くするときは  $(3.01 + 0.00054 V^2) \%$  より緩なる勾配上に於ける抵抗の仕事量を半減することになり、理論上不合理なるも曲線抵抗は小なる故に誤差少し)

$$\therefore \text{曲線仕事量合計} = 5.323 \sum \theta \text{ m.kg}$$

$$(5) \text{ 総仕事量} = (1) + (2) + (3) + (4)$$

$n$ =中間停車場數,  $L_m$ =平均停車場距離,

$$L=\text{線路總延長}=(n+1)L_m$$

$a=0.2 \text{ km/h/sec}$  とするとき

$$\begin{aligned} \text{總仕事量} &= (3.01 + 0.00054 V^2)L + \frac{1}{0.2}(27.73 - 0.0846 V^2 - 0.0000527 V^4) \\ &\times (n+1) + 4.2 V^2(n+1) - \frac{1}{2}(3.01 + 0.00054 V^2)(\sum l_u + \sum l_d) \\ &+ 500 \times (\sum h_a + \sum h_u) + 5.323 \sum \theta \\ &= (3.01 + 0.00054 V^2)L + (138.65 + 3.777 V^2 - 0.0002685 V^4)(n+1) \\ &- \frac{1}{2}(3.01 + 0.00054 V^2)(\sum l_u + \sum l_d) + 500 \times (\sum h_a + \sum h_u) + 5.323 \sum \theta \end{aligned}$$

列車每噸の平均抵抗  $R = \frac{\text{總仕事量}}{\text{線路延長}}$

$$\begin{aligned} \therefore R^{kg/t} &= (3.01 + 0.00054 V^2) + \\ &\frac{(n+1)(138.65 + 3.777 V^2 - 0.0002685 V^4) - \frac{1}{2}(3.01 + 0.00054 V^2)}{L} \\ &\times \frac{(\sum l_u + \sum l_d) + 500(\sum h_a + \sum h_u) + 5.323 \sum \theta}{L} \end{aligned}$$

國有鐵道にて用ひて居るものは次の式で出發抵抗は  $10^{kg/t}$  とし走行抵抗は (16) 式を英式に換算して ( $R_{\text{英}}^{kg/t} = 6.8 + 0.0031 V^2$ ,  $V=mile/h$ ) 式により最小抵抗を  $5^{mille/h}$  の時となし、加速度  $a$  は  $0.18^{ft/sec/sec}$  となし又減速度  $d=1.4a$  となし曲線抵抗は

$$\left( R_c^{kg/t} = \frac{44.54}{R}, \quad R=\text{半徑鎖} \right) \text{ により計算したるものである。}$$

$$\begin{aligned} R^{kg/t} &= (6.8 + 0.0031 V^2) + \{(n+1)(239.02 + 49.977 V^2 - 0.0225 V^4 - 0.0225 V^6) \\ &- 5(6.8 + 0.0031 V^2)(\sum l_a + \sum l_u) + 1120(\sum h_a + \sum h_u) + 25.674 \sum \theta\} \div L \end{aligned}$$

$$V=mile/h$$

$$\sum l_a, \sum l_u, \sum h_a, \sum h_u = \text{呪}$$

今  $L, \sum l_a, \sum l_u$  を鎖にて表すときは

$$\begin{aligned} R^{kg/t} &= 6.8 + 0.0031 V^2 + \{(n+1)(4 + 0.76 V^2 - 0.00034 V^4) - (3.4 \\ &+ 0.0016 V^2)(\sum l_u + \sum l_d) + 16.97(\sum h_u + \sum h_d) + 0.39 \sum \theta\} \div L \end{aligned}$$

$$R=\text{列車平均抵抗}^{kg/t} \quad n=\text{中間停車場數}$$

$$\sum l_u = \frac{6.8 + 0.0031 V^2}{2240} \text{ より急なる上り勾配合計延長 (鎖)}$$

$$\sum h_u = " " " " " \text{ 高 (呪)}$$

$$\sum l_d = " " " " " \text{ 下り長 (鎖)}$$

$$\sum h_d = " " " " " \text{ 高 (呪)}$$

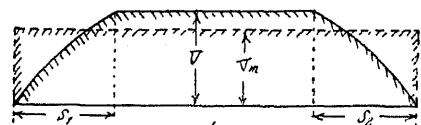
$$\sum \theta = \text{曲線合計角度}$$

$$L=\text{線路延長 (鎖)}$$

$$V=\text{列車の標準速度 (哩/時)}$$

### 第三 標準速度

線路の平均抵抗を見出さんとするときは線路の標準速度を見出すことを要し、其値は次式より求む。



第 33 圖

鐵道省の方法により加速度  $a=0.18$  呎/秒/秒 とし減速度  $1.4a$  となし、英式によりて算定する。

$L_m$  は停車場間の平均距離(呎),  $V$ =速度 哩/時

$$S_1 = \left( \frac{5280}{60 \times 60} \right)^2 \frac{V^2}{2a} = 1.0756 \times \frac{1}{0.18} V^2 = 5.976 V^2$$

$$S_2 = 1.0756 \times \frac{1}{0.18 \times 1.4} V^2 = 4.268 V^2$$

$$\frac{2}{3} \times (5.976 + 4.268) V^3 = 6.829 V^3$$

$$V_m = \{6.829 V^3 + (L_m - 10.244 V^2) V\} \div L_m = V - 3.415 \frac{V^3}{L_m}$$

全停車場間の平均距離を哩にて表はすときは

$$V^3 - \frac{5280 L_m}{3.415} V + \frac{5280}{3.415} V_m L_m = 0$$

$$V^3 - 1546 L_m V + 1546 V_m L_m = 0$$

此式より  $V$  の根を求む。

$$V = 2 \sqrt{\frac{1}{3} \times 1546 L_m} \cos\left(\frac{1}{3} \phi + 240^\circ\right)$$

$$\phi = \cos^{-1} \frac{\frac{1}{2} \times 1546 V_m L_m}{\frac{1}{3} \times 1546 L_m \sqrt{\frac{1}{3} \times 1546 L_m}}$$

又は

$$V = \frac{257.7 L_m}{V_m} - \sqrt{\left(\frac{257.7 L_m}{V_m}\right)^2 - 515.4 L_m}$$

$$L_m = \frac{L}{(N+1)}$$

$V_m$  は停車時間を除きたる列車の平均速度(哩/時)

新線にありては  $V_m$  は當該線と類似せる營業線の列車時間表により急行を除きたる各列車の上り下りの走行哩を各停車時間を除きたる運轉時間にて除したるもの。

#### 例 京都大津間

$$(1) \text{ 京都大津間停車場中心距離 } L = 9^m 77^{ch} = 797^m$$

$$(2) \text{ 平均運轉速度(停車時分を除く) } V_m = 14.^m 1$$

$$(3) \text{ 停車場平均距離 } L_m = \frac{L}{N+1} = \frac{9^m 77^{ch}}{3+1} = \frac{9.9625}{4} = 2.^m 5$$

$$(4) \text{ 標準速度 } V = 45.4 \sqrt{2.5} \cos\left(60^\circ + \frac{1}{3} \cos^{-1} 0.66 \frac{14.1}{\sqrt{2.5}}\right) \\ = 71.777 \cos 77^\circ 58' 52'' = 14.946 = 15^{miles/h}$$

$$(5) \text{ 限界勾配 } i = \frac{6.8 + 0.0081 \times 15 \times 15}{2240} = 0.003347 = \frac{1}{299}$$

$$(6) \text{ 限界勾配より急なる上下勾配の高の和} = \sum h_u + \sum h_d = 836.67 \text{ 呎}$$

$$(7) \quad " \quad " \quad \text{長の和} = \sum l_u + \sum l_d = 659.18^{ch}$$

$$(8) \text{ 曲線の角度の和} \quad \sum \theta = 1252^\circ 431$$

$$R = 6.8 + 0.0081 \times \overline{15}^2 + \{(3+1)(4+0.76 \times \overline{15}^2 - 0.000034 \times \overline{15}^4)$$

$$-(3.4 + 0.0016 \times \overline{15}^2) \times 659.18 \times 836.67 + 0.39 \times 1252.431\}$$

$$\div 791 = 23.607^*$$

$$E = \frac{23.607}{7.4975} = 3.1486 \quad L_e = 3.1486 \times 797 = 2509^{ch}$$

### 第三章 線路撰定上の經濟的考察 (Economic Studies of Railway Location)

線路の既に開通せる所にありては旅客貨物の數量及び其の増加量は容易に統計によりて知ることが出来て線路の増設其の他設備の改良擴張の計畫に資することができるが未開業の區間にありては貨物旅客の數量並に増加量は精確に算定することは容易のことではない。

#### 第一節 停車場の勢力範囲

(Station Circle with Regard to Volume of Traffic)

停車場の勢力範囲とは其の停車場に客貨物の集り来る地域の廣さであつて、其の地域は山脈河川及び道路の状態並に電車、軌道又は自動車等の交通機關の設備によりて影響を受くるものなるを以て交通の状態に従して其の範囲を定めて新に出来る停車場に近くて之を利用する範囲と距離が遠きため、依然として既設停車場又は次の新設の停車場の範囲に属するものなるかを區別することが大切である。之を明にする爲めには陸地測量部の五萬分の一地形圖に色別記入することが便利である。

#### 第二節 旅客數 (Passengers)

##### I. 新設區間の乗車人員

我國國有鐵道に於ける新設線路の旅客運輸量の調査方法は現存

線路に於けるものを各別々に統計より調査して曲線に表して公式を作り各線路特有の係数を見出し置き新設線路の場合は類似線路によりて運輸量を計算するのである。

##### 乗車人員

次圖は現存せる色々の線路に於ける停車場より都邑の中心に至る平均距離と乗車回数との割合にして此曲線は次式によりて表される。

$$T = k \times \frac{P}{L^n}$$

$T$  = 一年間の乗車

人員

$P$  = 停車場勢力範

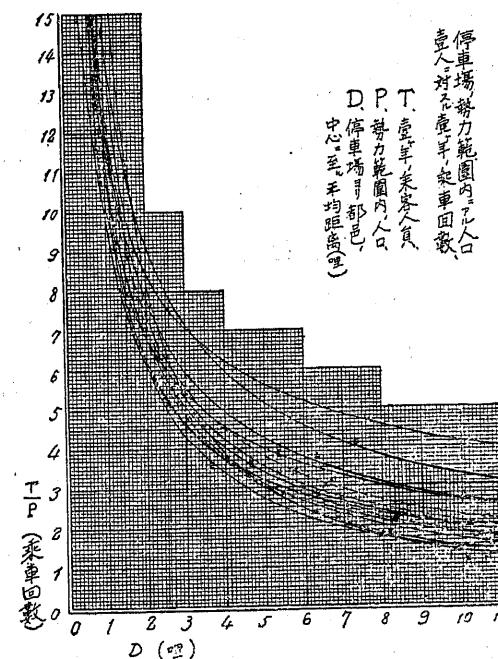
圍内の人口

$L$  = 停車場より都  
邑の中心に至る平均  
距離(杆)

$k, n$  = 定數

(距離  $L$  は 1.6 杆  
以上とし 1.6 杆以下  
のものは 1.6 杆に切  
り上ぐ)

尙  $P$  は各部落毎に



第 34 圖

分ち停車場迄の距離によりて各乗車人員を計算し之を總計するも

のとす。

$$\text{總乗車人員} = \sum k \frac{P}{L^n}$$

$k, n$  は各線に於ける特殊の係數にして既設線路の統計によりて求め其線路の状態によつて異なるも、 $k=10 \sim 20$  にして平均するときは大體 16 にして、 $n=0.5 \sim 1.0$  にして平均値は大體 0.7 である。

## II. 新設線路が既設線路に連絡するときに既設線路より新設線路に入り込む旅客數

先づ既設の線路に於て總乗車人員を調べ、此の内線内の乗車人員と他線よりの移乗した旅客數を調査して、此の割合を色々の線路にて知るのである。此割合によりて新線にありては線内の總乗車人員を調査して似寄りたる既設線路の割合を乘ずるときは移乗し来る人員を知ることが出来る。

$A_p$  = 接屬驛を除き線内各驛總車人員

$B_p$  = 接屬驛及線外より新線各驛に到着する人員

$$\frac{B_p}{A_p} = 0.4 \sim 0.6 \text{ 平均値は大體 0.5 である。}$$

## III. 特殊關係の旅客數

其の地方に名所舊蹟があり又温泉場とか海水浴場とかの遊覧地があり、又は神社佛閣のある爲め多數參詣者のある場合又工場、炭坑、礦山地帶である爲めに澤山の人の出入のある場所等は實地に當り其の交通運輸の詳細を調査して其の數量を前述の數に加算するを要する。

## 第三節 總乗車人糸 (Passenger-kilometer)

乗客一人一糸の乗車を一人糸とし、之を收入の基數とする旅客數は前述に依りて知ることを得たが次に乗車區間を調べねばならない。

新設驛より乗車人員又は接續驛及線路外より新線へ來る乗車人員は前記より知ることが出來たが、此の人數が何れの驛に降車するかを定めねばならない。之は各驛の乗車人員に比例するものとして按分比例によりて分つことにする。而して降車驛迄の距離を乗じて乗車人糸を計算するのである。

若し新線が兩端にて既設驛と接続するときは乗車數の割合は此の地方の交通狀態の實況に徴して定める。

### 例

今次の表にて  $A, B, C, D, E, F, G$  を新線中の驛とし、 $A$  及  $G$  を他の線路との接續驛、又  $A$  方面を上りとする。

各驛の乗車人員は勢力範圍内の人口により又接續驛  $A, G$  の乗車人員は  $\frac{B_p}{A_p}$  より求めて上欄に掲げる。此の際兩接續驛の乗車人員の割合は土地の交通狀態によりて定める。

此の各の數字を自驛外の乗車人員に按分して各驛に分配したる數は中央斜線の左右の數字で斜線の右は下り方面、左は上り方面である。

斯くして各驛間の通過を知るのであるが驛間の距離を知るときは全體の人糸を計算することが出來て第二表に示すものである。

$$\text{新驛全乗車人員} = 107,476 + 77,780 + 84,725 + 37,862 + 24,587 = 332,430$$

$$A \text{ 及 } G \text{ よりの移乗人員} = 382,430 \times \frac{B_p}{A_p} = 382,430 \times 0.7 = 232,700$$

232,700 を土地の状況によりて分つ。

$$A \text{ 駅} - 232,700 \times 85\% = 196,214$$

$$G \text{ 駅} - " \times 15\% = 36,819$$

各駅の乗車人員を自駅外の乗車人數に按分比例によりて分ちたるものは第一表である。

各駅間の距離は第二表にて示す。故に人數に距離を乗じて總乗車人糸を知ることが出来る。

第一表

乗車人員	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
	196 214	107 476	77 180	84 725	37 882	24 587	36 819
(A) ←	57 112	61 331	45 028	20 119	13 065	19 585	
46 066 ← (B) →	18 253	19 882	8 885	5 770	8 640		
31 294 17 141 ← (C) →	13 513	6 039	3 921	5 818			
34 581 18 941 ← (D) →	13 708	6 693	4 333	6 409			
14 081 7 713 ← (E) →	5 582	6 080	4 764	2 642			
8 919 4 886 ← (F) →	3 536	3 851	1 721	1 674			
13 666 7 686 ← (G) →	5 617	5 901	2 637	1 712			

第二表

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
下り通過人員	196 214	200 532	190 293	109 371	72 061	44 882	
上り "	148 587	158 708	138 516	87 118	58 020	36 819	
計	344 801	359 240	308 809	196 489	130 081	81 701	
駅間距離	3.4	3.3	3.0	5.0	6.1	4.6	計
上り下り通過人糸	1,192,323	1,185,492	926,427	982,445	793,494	373,825	5,436,006

#### 第四節 貨物數 (Volume of Freights)

新設停車場勢力範囲は道路の状態と金融機關、倉庫其他の取引關係とによつて旅客の場合と必ずしも一致するものでないから特

に貨物に対する勢力範囲で調製することが必要である。

#### I. 主要貨物

主要貨物は今日迄車馬又は水運によつて運送せられたる數量を調査し、又既設鐵道の最寄の停車場より搬出搬入せられたる數量を調査して各品毎に出先行先を調べ次に町村勢によつて實地調査を定すべきである。次に之等の貨物は鐵道の開通によつて益々開發せられて鐵道の收入に甚大の影響を及すべきものである故に今後誘發せらるべき貨物に就ても精密に調査するを要する。

#### II. 普通貨物

普通貨物は前記の重要貨物を除き大なる日常生活に必要な雑貨類にして人口の數により取り扱ふを便とする。

我國々有鐵道に於て普通貨物量を停車場の勢力範囲内の人囗面数として色々の既設線路に付きて總計して調査したるものがある。

今新設線路に於ける重要貨物を除きたる一年間の到着する廻數を  $F_1$  となし發送貨物の廻數を  $F_2$  となし  $P$  を人口とするときは

$$F_1 = AP$$

$$F_2 = BP$$

A は線路の状態によつて變化し、多き處は 0.4 廻に達する處あるも少なる處は 0.1 の處もあり平均するときは大體 0.2 廻である。

B も大なる處 0.5 に達する處あり、小は 0.1 に充たざる處あり、平均するときは 0.15 である。

### III. 既設線路より新線路に到着する貨物

主要貨物は特に其種類に付きて行先又は他線よりの發送地を調査するが故に明に知ることが出来るが、普通貨物に就いては色々の既設線路よりの統計によつて、自線内各驛の總廻數と線外よりの到着廻數との比が調べられてあるによつて、普通貨物は線内各驛よりの到着廻數を知るときは、似寄りの線路の係數を乘じて求むることが出来る。

今  $A_g$  を以つて接續驛を除き線内各驛貨物總到着廻數となし、 $B_g$  を以て接續驛及線外よりの新線各驛に到着する廻數とするときは、 $\frac{B_g}{A_g}$  の比は大なるものは 1.0 以上に上るものあり、小なるものは 0.7 位のものあるも平均するときは大體 0.9 である。故に此數に前述の線内各驛の到着數を乗ずるとときは其驛の線外よりの貨物數量を知り得る。

### 第五節 貨物輸送廻糸 (Ton-kilometer)

1 廻 1 粧の輸送量を 1 廻糸と云ひ收入の基本とする。而して前述の貨物廻數が運ばるゝ距離を求むるには、主要貨物は品毎に其生産地消費地が判るによつて知ることを得るも、普通貨物の自驛より線内の各驛に向ての發送量は知ること困難なる故に、各驛の發送量に對して按分によつて分つ、只接續驛より線内各驛に至る量は各驛の到着全量と自線内よりの到着數は知られて居る故に、其差額丈が接續驛より到着する量である。若し接續驛が新線の兩

端にある場合は外線より入る貨物量は其二つの驛の大さ又は其附近の状態によつて適當に分割する。\*

### 第六節 新設線内を通過する貨客數

若し新設線路が二つの既設線路に對して近道の性質のものなるときは此の線路を通過する貨客の數は既成線により既成線各驛間に於ける旅客及び貨物發着驛別年報（鐵道省）により關係各驛別に輸送量を求め累計し將來の誘導量をも推定して定む。

### 第七節 新線の運輸收入

旅客一人糸の賃率は現時の賃金により一錢六厘とし之に前節に於て求めたる新設線路に於ける人糸數を乗ずるとときは新線に於ける旅客收入が得られる。

貨物一廻糸の賃率は現時の賃金により一錢九厘で之に前節に於て得たる新設線路の廻糸を乗ずるとときは貨物收入が得らる。

### 第八節 鐵道營業費 (Operating Expense)

鐵道の營業費は線路の性質、貨物の状態、管理の巧拙、經濟界の實況により極めて複雑にして一定の算式によりて律せんことは甚だ困難である。然れども既設線路の營業成績に照して概數を知る公式を編成することが出来る。即ち貨客の運搬量に直接關係を有するものと、然らざるものとに分ち、直接關係を有するものを更に(1)單に運輸量に關係するものと(2)線路の制限勾配の抵抗

\* 拙著鐵道線路の撰定及建設 P. 169, 170

力に關係するもの及び(3)線路の平均抵抗力に關係するものとに分ちて、數多の既設線路の之等の條件を入れたる式を作り最小自乗法にて最近似數を得る式を作るときは、次式となる本式は鐵道省建設に於て用ふる處のものである。

$$W = 6.88 + (0.008655 + 0.0000261 R_1 + 0.0000748 R_2) T$$

$$W = \text{一日一哩の營業費(圓)}, R_1 = \frac{\sum \left( 2240 i + \frac{44.5}{r} \right) l}{\sum l}$$

$i$ =各機關車區間に於ける線路の最急勾配

$l$ = " " 延長(哩)

$r$ =最急勾配上に於ける最小曲線半徑(鎌)

$R_2$ =平均抵抗  $\frac{44.5}{T^{22/04}}$  (97頁)

$T$ =一日一哩の平均通過運輸數量(貨物1噸哩の輸送費は人哩の輸送費に0.86を乗えたるものに同じければ、貨物噸數へ0.86を乗じたるものに乗車人哩を加へたるもの)

尙増加量に對する營業費は1人哩に付き9厘として計算す。

## 第四章 線路の形狀が營業費に及ぼす影響

(Effect of Operating Expense by Grade, Curve &c.)

### 第一節 列車糸の營業費

列車運轉費は列車の輕重によりて餘り相違がないから列車糸を単位として計算する方便利である。之は線路を改良して勾配を緩にしたり、又曲線を取り去つた場合に營業費の節約額を計算するに用ふる。一列車糸の營業費にても線路の狀況によりて差異あるは勿論で、東海道線の如き線路勾配の緩であり列車回數も多き所は營業費も小なるも中央線の如き勾配強く列車回數も少き所にありては營業費は大である。又年度によりて貨物の狀態、經濟界の狀況によりても相違がある。今大正元年以後の各年の列車糸と營業費及一列車糸の平均營業費を擧げれば次の様である。

國有鐵道							
年別	列車糸	營業費	一列車糸 營業費	年別	列車糸	營業費	一列車糸 營業費
大正元	86,876,237	47,960,456	0.55	大正12	138,816,609	246,702,755	1.78
2	92,861,110	51,520,590	0.56	13	149,155,875	250,961,781	1.68
3	97,322,597	54,626,342	0.56	14	152,162,181	244,388,693	1.61
4	95,462,746	52,824,035	0.55	昭和元	154,724,053	255,971,981	1.65
5	103,850,289	57,484,604	0.55	2	163,182,490	263,128,688	1.62
6	112,300,337	79,229,030	0.71	3	170,754,980	280,956,948	1.65
7	116,384,653	135,952,483	1.17	4	178,818,241	284,385,052	1.59
8	130,916,427	193,363,103	1.48	5	182,481,576	266,246,810	1.46
9	129,282,606	228,705,629	1.77	6	186,914,930	246,474,288	1.32
10	128,202,750	206,165,162	1.61	7	192,171,524	243,959,544	1.27
11	135,171,705	216,811,530	1.60				

前表によるに大正六年迄は列車料六十銭位にて平均値を保ちつゝありしが、大正九年同十二年に於ては一圓七十七銭に上り、大正十四年より昭和四年迄は一圓六十銭位の平均となり、夫れより下落し昭和七年は一圓三十銭迄下つて居る。

## 第二節 営業費の分類と割合

営業費は貨客の輸送に必要なる経費、並に線路其他の維持費を包含するもので次表の如く分類する。

鐵道営業費の一番多くを占むるものは運輸運轉費で其他は保線費、修車費、保電費及び總經費の順序である。運輸費と運轉費は貨客の輸送に直接必要なる費用で全費用の 60% 以上を占め、残り 40% が線路其他の維持に要する費用である。

	昭和二年度金額	百分率
1. 総 係 費	6,257.487	2.376
2. 保 線 費	47,719.761	18.138
3. 保 電 費	11,200.625	4.258
4. 修 車 費	27,506.358	10.453
5. 運 轉 費	78,795.857	29.944
6. 運 輸 費	91,653.597	34.834
	263,128.688	100.000

尚此費用を費目毎に細分して全體費用に對する割合を附したるもののは卷尾の (219) 頁表である。

## 第三節 勾配の営業費に及ぼす影響

営業費が勾配によつて異なるは無論のことである。急勾配には

機関車の牽引力に限度がある爲め、貨車の數は限定せられて列車數も増加し営業費に大なる影響を與ふるものなるが、茲では列車重量を制限せざる勾配に就て論ずる此勾配を 3 つの種類に別づ。

A 級。上り下りが相連つて居るが下り勾配の麓で制限以上の速度に達せず、しかも下り勾配で得たる速力は直に上り勾配に利用せらるゝ種類のもので平坦線と何等相違のないものである、只速力に變化がある位のものである。

B 級。下り勾配の前頭に於て蒸氣の供給を繰りて下降しブレーキを使用せざる程度のもので、又上り勾配に於て機関車は最大能力を出す迄に至らざるものである。

C 級。上り下りが一層急なる線路で上りに機関車は最大牽引力を用ひ、下りにも屢々ブレーキを使用しエナーデーの消失點ながらざるものである。斯く上り下りを A, B, C 三級に分つが尙列車の種類に依りて此階級は自ら相違を來たし、貨物列車で B 級なるものも旅客では A 級となり、又 C 級であるものも B 級となる場合もある。

此勾配が営業費に如何なる影響を及ぼかを述べよう。

A 級勾配は緩かなもので機関車の蒸氣使用に變化を與へず、力の消費量としては直線上を走行すると何等變らないものである。

B.C 級は営業費に影響がある。即ち高さ一米の上り下りに就て営業費の增加何程として計算するのである。今 3% の上り勾配 (1 斤に對して 3m の上り) の抵抗が丁度水平線上の走行抵抗と同

きものとし、石炭の消費量も同じと云ふ假定の下に計算する。

線路が勾配なる爲めに營業費に影響を及ぼすは次表左側の費目にして卷尾(219)頁の國有鐵道昭和二年度に於ける全營業費に對する之等費目の100分率は第1縦線に示すもので、此割合を大體水平直線に於ける割合と見ると、3‰勾配に於て影響する割合\*はB,C級に於て第2,第3縦線に示すものにして之を全體營業費の100分率の割合になすときは4,5縦線に示す通りにして、この合計したものはB,C級に於ける増加割合である。即ちB級に於ては約11%,C級に於ては12%の増加割合となる。

#### 3‰勾配に對する營業費増加割合

費 目	平均價 百分率	影響すべき割合		増加百分率	
		B級	C級	B級	C級
道床砂利	0.899	0%	7%	0	0.063
枕木	2.733	0	2.4	0	0.066
軌條及附屬品	0.808	1.7	7.	0.014	5.057
軌道修繕費	5.607	0.8	3.4	0.045	0.191
機關車修繕費	4.693	0.6	2.4	0.028	0.113
貨車及客車修繕費	4.060	0.3	1.2	0.012	0.049
同上修繕鐵道手雇傭人給其他	0.498	0.5	1.9	0.002	0.009
列車運轉に屬する燃料費	18.965	75	80.	10.474	11.172
				10.575	11.720
					12%とす

上表にて増加の大部を占むるのは石炭費にしてその割合は國有

\* 拙著鐵道路の撰定及建設 p. 181~186 (以下同じ)

鐵道全體に於ける使用石炭の運轉に要したる數量より算定したのである。尙異りたる勾配線路の石炭量を精確に求めんとするには(84)頁に述べたる方法にて算定することが出来る。

例 線路延長 13km, 1km當り上り下り平均 10m C級とし、列車回数一日 20回水平直線上の運輸費 1.40 とする。上り下りの爲めの増加費用を求む。

$$1.40 \times \frac{12}{100} \times \frac{10}{3} \times 13 \times 20 \text{回} \times 365 \text{日} = 53,144 \text{円}$$

#### 第四節 曲線の營業費に及ぼす影響

曲線通過に要するエナーデーは曲線の中心角度を廻る抵抗に打ち勝つのであつて、機關車の燃料も之が爲めに費される。曲線抵抗はWellington氏は列車一噸に付き曲線の一度毎に0.5封度及び直線抵抗を重量一噸に付き平均6封度として12°(半径7ch)の曲線に於ては兩方にて丁度直線抵抗の倍額と言つて居る。又米國鐵道技術協會の調査では曲線の一度毎に0.8封度とし、7°30' (半径11.5ch)の曲線に於て直線抵抗と等しとしてある。此抵抗は(19)式に掲ぐる曲線抵抗と一致する。今7°30'の曲線個所が直線個所に於ける抵抗の倍として營業費を計算する。7°30'曲線の一糠の長さに於ける中心角度は246°である。

今曲線のため營業費に影響を及ぼす費目は次表の左側に掲ぐるものにして第1縦線は全營業費に對する割合第2縦線は影響すべき割合、最終は全營業費に對する増加割合である。

## 曲線の營業費に及ぼす影響

費目	平均價 百分率	影響すべき割合 百分率	増加割合 百分率
道床砂利	0.899	20	0.180
枕木	2.733	20	0.547
軌條及附屬品	0.808	165	1.333
軌道修繕費	5.607	55	3.084
機関車修繕費	4.693	125	5.866
客車修繕費	2.126	50	1.063
貨車"	1.934	50	0.967
同上修繕鐵道手雇傭人給其他	0.498	89	0.443
機械修繕費	0.164	89	0.147
列車運轉燃料費其他	13.965	75	10.474
		24.104	24%とす

例 線路延長  $13km$  で曲線の角度は  $1km$  に付き平均  $64^\circ$  であるときに曲線による一年間の營業費增加を求む。

但し水平直線上の營業費  $1.40$  円とし列車回数 20 回とする。

$$1.40 \times 13km \times \frac{24}{100} \times \frac{1}{240^\circ} \times 64^\circ \times 20 \times 365 = 8,295$$

## 第五節 距離の營業費に及ぼす影響

鐵道敷設の目的は出来るだけ貨客を集めて出来得るだけ安き賃金にて運送することである。貨客を集めるために各都市に連絡して線路延長の延び、又勾配を上る爲め延長の増すは已むを得ない。併し線路撰定の不手際の爲めの延長の増加は避けなければならぬが、距離に要する費用は勾配緩なるときは大なるものではない。貨物運送に要する費用は發送又は到着の際に積卸のために要する

費用が多額を占めて、延長の爲めに増加する費用は僅少である。

而して今日の賃金制度は杆數に依るが故に收入の點より云ふときは却て好都合であるが、さりとて不必要的線路の延長は避くべく、輸送費を幾分にても高くするのみならず無駄なる通過時間を要する。

營業費は距離に比例して増加するが距離の増加の程度によりて異なる。之を三に分つ。

- A. 乗務員の給與に關係せざる距離の延長。
- B. 距離の増加して乗務員の給與の増加を要するも其間に停車場又は信號所の設置を必要とせざる延長。
- C. 乗務員の給與の増加は勿論其間に停車場又は信號所の設置を必要とする延長。

## 距離の營業費に及ぼす影響

種類	平均價 %	影響すべき場合			増加割合		
		A	B	C	A	B	C
軌條及附屬品	0.808	91	91	96	0.735	0.735	0.776
枕木	2.733	91	91	96	2.487	2.487	2.624
道床砂利	0.899	91	91	96	0.818	0.818	0.863
橋梁溝渠伏柵隧道	0.880	91	91	96	0.801	0.801	0.845
停車場費	0.489	0	0	100	0	0	0.489
軌道修繕費	5.607	91	91	96	5.102	5.102	5.383
除雪費	0.547	91	91	96	0.498	0.498	0.525
保線區費	1.175	0	0	10	0	0	0.118
看守費	0.517	100	100	100	0.517	0.517	0.517
他の保線費	0.207	91	91	96	0.188	0.188	0.199
通信修繕費	2.411	91	91	96	2.194	2.194	2.315

種類	平均價 %	影響すべき割合			増加割合		
		A	B	C	A	B	C
通信區費	0.377	0	0	10	0	0	0.038
機關車修繕費	4.693	60	60	80	2.816	2.816	3.754
客車	2.126	60	60	80	1.276	1.276	1.701
貨車	1.934	60	60	80	1.160	1.160	1.547
同上修繕修車	0.498	60	60	80	0.299	0.299	0.398
雇傭人給其他	5.539	0	50	50	0	2.770	2.770
同燃 料	13.965	75	75	95	10.473	10.473	13.267
機關車庫費	4.120	0	0	10	0	0	0.412
検車所費	1.744	0	0	10	0	0	0.174
列車費	4.670	0	50	50	0	2.335	2.335
驛務費	22.231	0	0	80	0	0	17.785
看手費	0.376	0	0	80	0	0	0.301
車掌監督費	0.342	0	0	10	0	0	0.034
列車電燈所費	0.545	0	50	50	0	0.273	0.273
					29.364	34.742	59.443

## 第六節 補助機関車の營業費に及ぼす影響

補助機関車の營業費は次の二つに分たる。

(1) 補助機関車及び之が運轉に必要なる設備の利子と補填金  
今機関車の價格を 100,000 圓として平均命數を 160 萬糸とせば  
1 走行糸に要する費用は 6.2 錢にして此價は機関車の增加額として積算すべきである。

(2) 補助機関車の運轉に必要なる費用

- (a) 軌道修繕費及運轉に必要なる費用。
- (b) 機関車の修繕費。

(c) 乗務員の給與。

(d) 機関車の燃料(入換に要する分を差引きたる概數90%)  
であつて牽引機関車一臺の運轉費に比べて次表の如く營業費の  
31% の增加になる。

## 補助機関車走行費用割合

費目	平均價率 百分率	影響すべき割合百分率	増加割合百分率
線路修繕費	11.947	50	5.974
機関車修繕費	4.693	100	4.693
列車運轉に屬する機関車乗務員の給與	5.539	100	5.539
列車運轉に屬する機関車庫費	4.120	50	2.060
列車運轉に屬する燃料其他費	13.965	90	12.569
合計			30.835

例 補助機関車の 1 往復の走行糸 20 粪にして列車數 10 回水平直線の營業費 1.40 なる時、一年間の増加費用は

$$1.40 \times \frac{31}{100} \times 20 \times 10 \times 365 = 31,682 \text{ 圓}$$

補助機関車の資本に対する補填金は一糸に付 6.2 錢とするときは

$$0.062 \times 20 \text{ 粪} \times 10 \times 365 = 4,526 \text{ 圓}$$

$$\text{全費用} = 31,682 + 4,526 = 36,208 \text{ 圓}$$

## 第七節 大形機関車の營業費に及ぼす影響

急勾配區間では機関車の牽引力に限度ある爲め其處の澤山の貨物に對して大形機関車を用ひて一度に引き上る場合に之が營業費に及ぼす影響を見んとする。

## 倍大の牽引力を有する機関車の列車運轉に要する增加費用割合

費目	平均價百分率	影響すべき割合	増加の割合
道床砂利	0.899	25%	0.225%
枕木	2.733	25	0.683
軌條及附屬品	0.808	25	0.202
軌道修繕費	5.607	25	1.402
諸車修繕費	9.852	20	1.970
列車運轉に關する燃料其他費	13.965	100	13.965
			18.447

即ち全營業費に對して 18% 餘の増加である。併しながら列車の種類によりて速度著しく大なるものがあり、又機関車の大さ増すに從つて乗務員數の増加を要するものあり、之等は割合を別に査定することを要する。

## 第八節 増加列車の營業費に及す影響

一列車糸の營業費は全列車糸で全營業費を除したるものである。故に其内には間接費を含むも運轉のみに要する費用は之より小額で済む譯である。又增加列車に對する營業費は其回数によりて相違あり、多きときは特に機関車を準備することを要し、從つて機関車の費用にも影響し軌道修繕費も増加するも回数少きときは有り合せ機関車にて足り又軌道修繕費にも左程影響を與へない。

今小數の場合を假定し軌道修繕費は 25% の増加として機関車は増發列車の爲めに特に豫備せざるものとなし修車費は自然の破損修繕費を差引きたる概數 93% となすときは次の割合となる。

## 増加列車の營業費に及す影響

種類	平均價 %	影響すべき割合	増加割合	種類	平均價 %	影響すべき割合	増加割合
軌條及同附屬品費	0.808	25	0.202	修車雇傭人給其他	0.498	93	0.463
枕木費	2.733	25	0.683	機関車乗務員の給與	5.586	100	5.539
砂利費	0.899	25	0.225	同燃料其他費	13.965	100	13.965
軌道修繕費	5.607	25	1.402	機関車庫費	4.120	0	0
通信 "	2.411	25	0.604	検車所費	1.744	50	0.872
機関車 "	4.693	93	4.364	列車費	4.670	100	4.670
客車 "	2.126	93	1.977	車掌監督費	0.342	50	0.171
貨車 "	1.934	93	1.799	列車電燈所費	0.545	75	0.409
							37.344

即ち増加列車に對する費用は 37% にて済む譯である。

## 第九節 長隧道の營業費に及す影響

短き隧道にありては普通線路と異なるなきも長大なる隧道に至れば保線費増加し營業費に影響する。

## 長隧道の營業費に及す影響

名稱	營業費に對する割合	影響すべき割合	増加割合
道床砂利	0.899%	30%	0.270%
枕木	2.733	—	—
軌條及び附屬品	0.808	300	2.424
軌道修繕費	5.607	100	5.607
隧道費	0.047	100	0.047
			8.348

尙通風の爲めに設備をなすものにありては之が運轉費を加算することを要する。

#### 第十節 水平直線上に於ける一列車糸の營業費

第一節に述べた營業費は勾配及び曲線を含む國有鐵道全體の1列車糸の營業費であつた、之が水平であつて尙且つ直線線路であつたならば何程の營業費になるかを見んとする。

今昭和二年度營業費卷尾(219)頁を見るに一列車糸の平均は<sup>1.62</sup>にて列車糸の總計は163,182,480列車糸で補助機關車の走行糸は7,412,553糸である。又線路の狀態は總營業糸の内一糸の上り下り平均は2.9米に當り又曲線の中心角度の偏倚は一糸に付て31°の割合となつて居る(此の線路の狀態は大正五年度のものを採りたるによりて幾分の相違あり)。斯る狀態にて一列車糸の營業費が<sup>1.62</sup>となる。故に若し線路が水平で且つ直線で上り下りもなく且つ曲線もなく補助機關車も用ひない時に一列車糸の營業費は幾分減少する譯である。

水平直線1列車糸の費用をXとするときは次の如く計算し得る。

今水平直線上に於ける平均抵抗は3%の勾配と同じとなし營業費も同様とする。而して3%の上りに要する增加費用は前述する如く營業費の12%増しであるから、上り下りの平均2.9米による增加費用は

$$X \times \frac{12}{100} \times \frac{1}{3^m} \times 2.^m9 \text{ である。}$$

又曲線に起因する增加費用は246°の中心角を廻る費用と直線一糸の費用と同様で曲線による營業費の増加は24%に當る。故に

$$X \times \frac{24}{100} \times \frac{1}{246^\circ} \times 31^\circ \text{ である。}$$

補助機關車を使用する增加費用は營業費の31%を増す。而して此年に用ひたるは7,412,553糸なれば

$$X \times \frac{31}{100} \times \frac{7,412,553}{163,182,490} \text{ である。}$$

之等を合計するときは

$$X + \frac{12}{100} X \times \frac{1}{3} \times 2.9 + \frac{24}{100} X \times \frac{1}{246} \times 31 + \frac{31}{100} X \times \frac{7,412,553}{163,182,490} = 1.62$$

$$\therefore X = 1.40$$

即ち全國の一般線路狀態にして一列車糸が<sup>1.62</sup>のものが水平直線區間であつたならば<sup>1.40</sup>となる。

#### 第十一節 緩勾配線と補助機關車勾配線の經濟比較

線路の形狀によりて營業費は各々異なるより同一貨物數量に對し機關車の牽引力より、異りたる2線路を實際に撰定して比較するを要す。今標準勾配25%線と12%線を撰定し25%にては補助機關車を要するとし12%線となすときは機關車一臺にて殆んど同數列車にて輸送し得ると之を比較し何れが有利なるかを知らんとす。線路の狀態を次の通りとする。

	A 線	B 線
標準勾配	25 %	12 %
線路延長	15.9km	11.4km
隧道延長	0.7km	4.2km
一上り下り利	16.0m	7.5m
一曲線の角度	41°00'	19°0
補助機関車	各列車に附する	なし
列車回数	95 回	98 回(假定)

營業費は今敷設せんとする地方の既設線路の營業費の割合によらなければならぬは勿論である。前節に於ては國有鐵道の營業費の割合に付て述べた。本節に於ては同割合を用ひて算出せんとする。

水平直線上に於ける一列車糸の營業費  $1.40^{\text{元}}$  とす。

#### A 線

##### (1) 水平直線上に於ける一年間の走行費用

$$1.40 \times 95 \times 15.9 \times 365 = 771,866 \text{ 圓}$$

##### (2) 昇降に基因する增加費用

$$\frac{12}{100} \times \frac{16}{2 \times 3} \times 771,866 = 246,997 \text{ 圓}$$

##### (3) 曲線に基因する增加費用

$$\frac{24}{100} \times \frac{41}{246} \times 771,866 = 30,875 \text{ 圓}$$

##### (4) 補機運轉に基因する增加費用

$$\frac{31}{100} \times 771,866 = 239,278 \text{ 圓}$$

##### (5) 同上補填金

$$0.062 \times 15.9 \times 95 \times 365 = 34,183 \text{ 圓}$$

#### (6) 隧道

$$\frac{8}{100} \times 1.40 \times 95 \times 0.7km \times 365 = 2,719 \text{ 圓}$$

#### (7) A 線の營業費年額合計

$$(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6) = 1,825,918 \text{ 圓}$$

#### B 線

##### (1) 水平直線上に於ける一年間の走行費用

$$1.40 \times 95 \times 15.9 \times 365 = 771,866 \text{ 圓} \quad \text{A 線費用}$$

##### (2) 距離短縮に基因する費用の減額

$$\frac{35}{100} \times 1.40 \times (15.9 - 11.4) \times 95 \times 365 = -76,458 \text{ 圓}$$

##### (3) 昇降に基因する增加費用

$$\frac{12}{100} \times \frac{7.5}{2 \times 3} \times \underbrace{1.4 \times 98 \times 11.4}_{570,889} \times 365 = 85,633 \text{ 圓}$$

##### (4) 曲線に基因する增加費用

$$\frac{24}{100} \times \frac{19^{\circ}}{246} \times 570,889 = 10,582 \text{ 圓}$$

##### (5) 増加列車に基因する增加費用

$$\frac{37}{100} \times 3 \times 11.4 \times 365 \times 1.40 = 6,466 \text{ 圓}$$

##### (6) 隧道の營業費に及ぼす影響

$$\frac{8}{100} \times 1.40 \times 95 \times 4.2 \times 365 = 16,311 \text{ 圓}$$

#### B 線の營業費年額合計

$$(1) - (2) + (3) + (4) + (5) + (6) = 814,400 \text{ 圓}$$

$$\text{B 線の A 線に對する経費の節約} \quad (\text{A 線}) - (\text{B 線}) = 511,518 \text{ 圓}$$

即ち新線建設の爲め一年間に利得する額は 511,518 圓である。併し又一方線路延長が減少せし爲め收入減を差引かなければならない。