

第三編 列車運轉上より考察せる線路撰定

(Location of Railway Line 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る事柄である。

(本編は初學者には建設編(第五編)の後に始むるを可しとす)

第一章 機關車 (Locomotive)

線路の撰定には其線路を運轉する機關車及び車輛を考察せねばならない。線路形状によりて機關車の種類は定まるからである。地勢上線路敷設に困難なる個所において地勢に順應したる線路を敷設して其線路に適應したる機關車を採用するを要すると共に機關車の種類によりて線路の形状を考慮するは線路の撰定に大切なる事柄である。以下線路と機關車との關係を知る爲めに先づ機關車に就て述ぶることとする。

第一節 機關車の種類 (Locomotives)

〔1〕 機關車は其使用する目的によりて其構造異り、旅客用、貨物用、急行列車用、混合列車用等の區別がある。又石炭及び水を自身に搭載するものと別に車輛を附屬して之に搭載するものの二種がある。前者は近距離用に用ひるタンクエンジンで後者は遠距離用に用ひるテンダーエンジンである。機關車は國に依りて構造異り英國式、米國式、大陸式がある。之等は各國柄により特有の點尠くないが世界を通じて設計は共通となり、益接近し來るの傾向を呈するに至つた。我國では以上三種のものを混用して居るが又日本製としては各國の長所をとりて新型を作つて居る。名稱は國々に依りて異にし、英國は四輪連結、六輪連結等の名稱を用ふるに米國では特殊の Pacific, Atlantic, Mogul, Consolidation 等の名稱を附して居る。之等は名稱簡單にして明瞭を缺くにより實際の形式を表示する車輪の配列によりて區別するを便利とする。Whyte 式によるときは前に導輪(Track wheel)一軸二輪、次に働輪(連結車)(Driving wheel)二軸四輪、後方に從輪(Trailing wheel)二軸四輪を有するものを 2-4-4 と稱するが様である。又歐洲大陸では連結車(働輪)の軸數と全車軸とを以て區別する方法を採る。Bruth 式にては前と同じ機關車を表

すに 2/5 なる符號を使用する。即ち全軸數五軸に對して働輪二軸を有するの意である。又新しき稱呼法として V.D.E.V. の稱呼法によるときは働輪軸の數を表すに A, B, C, D, …… を以て表はし導輪及び從輪の軸數は數字を以て表はす。A は働輪軸一個、B は二個、C は三個、D は四個……で其前後の導輪軸と從輪軸とは數字にて表す。前掲機關車は 1B2 である。

日本では四輪連結タンク機關車、六輪連結タンク機關車、マレット式複式四輪連結タンク機關車、アプト式六輪連結タンク機關車等の名稱を用ひ形式によりて數字を附してタンクエンジンは 3,000 迄テンダーエンジンは 3,000 以上の數字を附す。

例へば 4-6-2 形機關車を表はすに 8900 形と稱し 2-8-2 を表すに 9900 形となしたが機關車數の増すに従て益々混雜するため新調の機關車は名稱を變へて次の方法によることになつた。

- (1) 車軸の配置……………歐洲の稱呼による
- (2) 特種構造に對する名稱…二氣筒單式以外の機關車に對してのみ附す
- (3) 使用蒸氣の性質……………飽和又は過熱蒸氣の別にて後者のみ附す
- (4) 炭水車の有無

例 2Bタンク機關車、2Bテンダー機關車、1D1過熱テンダー機關車、2C1三氣筒過熱テンダー機關車、CCマレット過熱テンダー機關車等

電氣機關車及特種機關車の名稱は車軸の配置と特種構造に對する名稱によりて定む。

例へば 2CC2電氣機關車 EBアプト電氣機關車 B蓄電池機關車 1C1ディーゼル機關車
機關車の形式稱號は次の記號と數字による。

機關車の形式の記號

働輪數	2	3	4	5	6	7	8
蒸氣機關車	B	C	D	E	F	G	H
電氣 "	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH
蓄電池 "	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
タービン "	TB	TC	TD	TE	TF	TG	TH
内燃 "	DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH

蒸氣タンク機關車にありては前記の記號の次に種類によりて 10-49 テンダー機關車にありては 50-99 迄の數字を附し電氣機關車及特種機關車にありては、最大速度 65km/h 以下のものは 10-49 夫れ以上のものは 50-99 迄の數字を附し尙機關車の番號は此の數字の次に附するものである。

例 C.51.1, C.51.2, C.50.1……………

(2) 旅客列車用機關車

旅客用として今日一般に使用せらるゝものは American type, Atlantic type, Pacific type, Ten wheel type, Mallettype, Mogul type 等にて日本にて使用せらるるものは次の第一表のものである。

ナミミ = 世界最大、極用車、Pacific Railway、455km あり

第一表

LooOO	LooOOO	LooOOOO	Pacific type	American type	歐洲稱呼		日本稱呼	汽管及ストローク mm	常用汽壓 kg/cm ²	傳熱面積 m ²	火格子面積 m ²	運轉整備のとき機車重量 kg (T=1000)	同炭水車の重量 T	働輪上の重量 T	働輪徑 mm	國有鐵道昭和8年7月現在數	適要
					舊Brut式	V.I.D.E.V.式											
				4-4-0	2/4	2B	2Bテンダー機關車	408×559	11.3	80.3	1.33	34.07	24.8	23.34	1400	47	同種のものを含めて 214輛
				4-6-0	3/5	2C	2C過熱テンダー機關車	408×610	11.0	90.6	1.49	39.06	25.56	25.86	1370	34	
				4-6-2	3/6	2C1	2C1過熱テンダー機關車	470×610	12.7	88.4	1.63	45.57	30.5	27.77	1600	88	同種のものを含めて 214輛
				4-6-2	3/6	2C1	2C1過熱三氣筒過熱テンダー機關車	470×610	12.0	106.3	1.58	43.60	30.9	27.60	1600	27	
				4-6-0	3/5	2C	2C過熱テンダー機關車	470×610	13.0	129.5	1.86	51.42	29.12	37.89	1600	30	同種のものを含めて 214輛
				4-6-0	3/5	2C	2C過熱テンダー機關車	470×610	13.0	130.3	1.81	57.54	30.48	40.38	1600	24	
				2-6-0	3/4	1C	1C過熱テンダー機關車	470×610	14.0	167.8	2.53	65.30	49.0	40.26	1750	17	同種のものを含めて 214輛
				2-6-0	3/4	1C	1C過熱テンダー機關車	470×610	14.0	167.8	2.53	65.30	49.0	40.26	1750	17	
				2-6-0	3/4	1C	1C過熱テンダー機關車	470×610	13.0	110.9	1.63	48.88	34.50	41.46	1600	671	同種のものを含めて 214輛
				2-6-0	3/4	1C	1C過熱テンダー機關車	470×610	14.0	111.0	1.61	53.00	34.90	44.50	1600	154	

(3) 貨物列車用機關車

貨物用として用ひらるるものは Consolidation, Mikado, Decapod, Santa Fe, Mallet type 等にして Mallet type には 0-6-6-0, 2-6-6-2, 2-8-8-2, 0-10-0, 等の異なる形式がある。日本にて用ひらるるものは次の二表のものである。

第二表

形 状	名稱(米)	符 號	呼 稱		形 式 稱 號	汽 管 及 ス ト ロ ー ク mm	常 用 氣 壓 kg/cm ²	傳 熱 面 積 m ²	火 格 子 の 積 積 m ²	運 轉 整 備 の 時 車 重 kg (T=1000)	同 炭 水 車 重 T
			歐 洲 式	日 本 式							
△○○○○○	Consolidation type	2-8-0	4/5	ID	ID 過熱チンダー機關車	508×610	13.0	153.6	2.32	61.74	34.64
△○○○○○	Mikado type	2-8-2	4/6	ID1	ID1 過熱チンダー機關車	570×660	13.0	222.3	3.25	78.14	49.00
△○○○-○○○	Mallet type	0-6-6-0	6/6	C. C	C. C 過熱チンダー機關車	364×622	14.1	161.7		65.34	31.26

[4] 旅客貨物用機關車
第三表
△ 旅客貨物用機關車 △ 貨物用機關車 △ 兼用機關車 △ 多用途機關車 △ 居るものは次の三表のもので短距離の旅客又は貨物として用ひられる。

第三表

形 状	名稱(米)	符 號	呼 稱		形 式 稱 號	汽 管 及 ス ト ロ ー ク mm	常 用 氣 壓 kg/cm ²	傳 熱 面 積 m ²	火 格 子 の 積 積 m ²	運 轉 整 備 の 時 車 重 kg (T=1000)	同 炭 水 車 重 T
			歐 洲 式	日 本 式							
△○○○		2-4-2	2/4	1B1	1B1 タンク機關車	355×508	10.6	67.1	1.11	35.88	4.54
△○○○		4-4-2	2/5	2-B-1	2B1 タンク機關車	406×610	13.0	73.9	1.32	48.0	6.2
△○○○		0-6-0	3/3	C	C タンク機關車	340×500	13.0	58.3	1.0	30.54	3.8
△○○○		0-6-2	3/4	C1	C1 タンク機關車	406×610	12.5	84.4	1.31	49.97	7.8
△○○○	Prairie	2-6-2	3/5	1C1	1C1 過熱タンク機關車	400×610	14.0	13.3	1.30	50.00	5.5
△○○○○○		2-6-4	3/6	1C2	1C2 過熱タンク機關車	450×610	14.0	101.4	1.60	69.7	7.0
											3.0

18.98	1250	31	同	115輛
23.70	1520	49	同	135輛
30.54	1067	2	同	33輛
41.35	1250	62	同	389輛
32.00	1400	37	同	126輛
37.81	1520	—	—	—

軸輪上 重 T	軸輪 徑 mm	國有鐵道 昭和8年7 月現在數	備 考
53.44	1250	770	
58.79	1400	380	
65.34	1250	23	同種のものを 合計して 333輛

尙入換用として使用せらるるものは 0-6-0, の外に 0-4-0, 0-8-0 の如き種類がある。蒸氣の壓力は初め 160#/sq (11.2kg/cm²) 乃至 175#/sq (12.3kg/cm²) なりしが、今日にては 180#/sq (12.7kg/cm²) 乃至 200#/sq (14kg/cm²) が普通で 220#/sq (15.5kg/cm²) のものを使用し又近くに 230#/sq (16.9kg/cm²) のものさへ出て來た。

四個シリンダー機關車

普通の機關車はシリンダー二個を備ふるも四個を備ふるものが漸次出來て來た。多くは複式で二個を高壓となし二個を低壓とする。時としては此四個を高壓として全然單式となしあるものもある。複式は高壓蒸氣の利用上有利のもので蒸氣の膨脹力を利用することが出來、從て汽罐の負擔を軽減するものである。

過熱蒸氣の利用

汽罐に於て發生したる飽和蒸氣を過熱して其熱量を利用するのである。即ち煙管中に蒸氣管を通じて、蒸氣を過熱してシリンダーに送るので牽引力を 25% 増加し得ると云ふ。

第二章 機關車の牽引力 (Tractive Effort of Locomotive)

機關車には三つの主要部分がある。(1) 汽罐 (2) シリンダー (3) 軸輪である。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。其次は軸輪であるが、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からである。

第一節 シリンダー牽引力 (Cylinder Tractive Effort)

シリンダー内の仕事量(軸輪の一回轉に付き)は平均實効壓力×シリンダー面積×4ストローク(シリンダー二個の場合)にて表すことが出來る。

軸輪の仕事量=牽引力×軸輪圓周長

∴ πDT_c = pA × 4L

例 六輪連結タンク機関車の締切 $\frac{35}{100}$ にて一時間 24km 速度を有するときシリンダーの馬力を求む。

シリンダー径 $d=406\text{mm}$, 同面積 $1,295\text{cm}^2$, 個数 2

ストローク $L=600\text{mm}$, 汽圧 $P=11.2\text{kg/cm}^2$, 働輪径 $D=1200\text{mm}$

$$24\text{km/h} = \frac{24,000}{60} = 400\text{m/m}$$

$$n = \frac{400}{\pi \times 1.2\text{m}} = 106\text{回}$$

$$\text{シリンダー内實効平均壓力 } p = 11.2\text{kg} \times \frac{49}{100} = 5.49\text{kg}$$

$$\text{シリンダー IP} = 2 \times \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot A \cdot n}{7500 \times 60} = \frac{4 \times 5.49 \times 60 \times 1295 \times 106}{7500 \times 60} = 402$$

此表は比較的正確なるによりて機関車牽引力の計算に用ひて便利である。

第二節 粘着力 (Tractive Effort of Adhesion)

軌條と働輪との間の粘着力は速力に關係せず。只其間の状態によるのものである。夏期は摩擦係數 $f = \frac{1}{4}$ にて冬期は $f = \frac{1}{5}$, 砂を撒布して乾燥せるときは $f = \frac{1}{3}$ 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 $\frac{1}{10}$ にもなる。國有鐵道にては通常の場合

$\frac{1}{4.5} \sim \frac{1}{5}$ を採用し旅客機關車は $\frac{1}{4}$ 貨物機關車は $\frac{1}{4.5} \sim \frac{1}{5}$, 勾配用又は入換用機關車は $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{6}$ をとる。

機關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る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關車あり。シリンダーの直径 470mm ストローク 610mm にして働輪の直径 1600mm なり。今シリンダー内の最大實効壓力 12.7kg/cm^2 なるとき連結車輪上の重量幾何を要するか。

$$\text{總重量} = \frac{d^2 P l}{f D} = \frac{47 \times 47 \times 12.7 \times 61}{\frac{1}{4.5} \times 160} = 48,100\text{kg} = 48.1\text{T} \dots\dots\dots (4)$$

即ち働輪の重量は 48.1T を要するが一對の働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働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。此際六輪とすれば一軸 16 軸である。

第三節 汽 罐 (Boiler Tractive Effort)

汽罐に於ける蒸氣の發生量は機關車牽引力を支配するものにして火床の大き及び之が傳熱面積はシリンダーの大き働輪の重量と一致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焼の如何、又水の熱度を受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 $G\text{m}^2$ とし、石炭發熱量を 1kg 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るに非ず、石炭の燃焼率及び罐の構造によりて相違す。此率を E とするとき E は次の式によりて表すことが出来る。

$$E = \frac{1}{1 + B \left\{ 0.0012 + 3300 \left(\frac{G}{H} \right)^4 \right\}} \dots\dots\dots (5)$$

E = 罐の效率 B = 石炭の燃焼率(kg) G = 火床面積(m^2)

H = 傳熱面積(火の側面積過熱面積を含む(m^2))

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

今 C を以て 1kg の蒸氣を作る爲めに要する熱量とするときは

$$\text{罐の蒸發量} = \frac{B \cdot G \cdot W \cdot E}{C}\text{kg/h} \dots\dots\dots (6)$$

概して E = 60% 位で W は石炭により異なるも $6,500\text{kg カロリー/kg}$ である。飽和蒸氣の 1kg の全熱量及び温度は大體壓力に關せず 665kg カロリー 及び $190 \sim 200^\circ\text{C}$ 位である。飽和蒸氣に更に熱を加へて過熱蒸氣の 300°C 迄要する熱量は 60kg カロリー 位にして全熱量としては二者の合計と多少の餘裕を見込みて 730kg カロリー である。給水温度は普通 15°C なる故に 1kg の過熱蒸氣を作る爲めに要する熱量は $730 - 15 = 715\text{kg カロリー}$ 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關車の馬力を表すを以て蒸氣が最小使用量なるときは機關車の最大馬力を表すものである。此消費量は蒸氣の締切の程度、働輪の回轉數、蒸氣の加熱度によりて異なるも過熱蒸氣機關車に於て一指示馬力時當り最小 6.75kg である。

$$IP_{\text{max}} = \frac{\text{罐の蒸發量 kg/h}}{\text{一指示馬力時當り最小蒸氣使用量 kg/IP/h}} \dots\dots\dots (7)$$

(= 6.75kg)

(3) 式より

$$IP = \frac{TV}{270}$$
$$IP_{\text{max}} = \frac{T_m V_m}{270}, T_m = \frac{IP_{\text{max}} \times 270}{V_m}, V_m = \frac{IP_{\text{max}} \times 270}{T_m} \dots\dots\dots (8)$$

IP_{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 kg/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) 次の機關車の $IP_{\text{max}}, T_m, V_m$ を求む。

罐の蒸發量 = $5,000\text{kg/h}$, シリンダー径 $d = 47\text{cm}$, ストローク $l = 61\text{cm}$

働輪径 $D = 160\text{cm}$, 罐内壓力 $P = 13\text{kg/cm}^2$, シリンダー數 $N = 2$

$$I.H.P_{max} = \frac{5,000}{6.75} = 740$$

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

$$V_m = \frac{270 I.H.P_{max}}{T_m} = \frac{270 \times 740}{3120} = 64 \text{kg/h}$$

任意の速度に於ける指示馬力及指示牽引力

指示馬力 = $\frac{\text{罐の發熱量 (kg/h)}}{\text{—指示馬力時當り蒸氣消費量}}$

$$= \frac{I.H.P_{max} \times (\text{—指示馬力時當り最小蒸氣消費量} = 6.75 \text{kg})}{\text{—指示馬力時當り蒸氣消費量}} = I.H.P_{max} \times n \dots\dots (9)$$

n は Strahl 氏の實驗により次の式にて表すことが出来る。

$$\left. \begin{aligned} n &= 0.6 \left(2 - \frac{V}{V_m} \right) \frac{V}{V_m} + 0.4 && V < V_m \text{ の場合} \\ n &= \frac{1}{2} \left(3 - \frac{V}{V_m} \right) \sqrt{\frac{V}{V_m}} && V > V_m \text{ " } \end{aligned} \right\} \dots\dots (10)$$

$V_m = I.H.P_{max}$ を發生のときの速度 (km/h.) $V =$ 任意の速度 (km/h.)

$$I.H.P = I.H.P_{max} \cdot n, \quad I.H.P. = \frac{T \cdot V}{270}, \quad I.H.P_{max} = \frac{T_m V_m}{270}$$

$$\therefore I.H.P. = \frac{T_m V_m}{270} n = \frac{T \cdot V}{270}$$

$$\therefore T = T_m \left(\frac{V_m}{V} n \right) \quad \text{又は} \quad T = \frac{270 \times I.H.P_{max}}{V} n \dots\dots (11)$$

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 1.6m² H = 全熱傳面積 = 101.4m²

W = 石炭の發熱量 6,060kgkcal/h² (日本の石炭の平均)

C = 過熱蒸氣 1kg を作るに要する熱量 715kgkcal/h²

—指示馬力時當り最小蒸氣使用量 = 6.75

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

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

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

$$I.H.P_{max} = \frac{4206}{6.75} = 623 \text{ HP}$$

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 = 働輪徑 = 152

N = シリンダー數 = 2

$$T_m = \frac{pd^2lN}{D} = \frac{3.82 \times 45^2 \times 61}{152} \times \frac{2}{2} = 3,104 \text{ kg}$$

$$V_m = \frac{270 \times I.H.P_{max}}{T_m} = \frac{270 \times 623}{3,104} = 54.2 \text{ km/h}$$

次に 30km/h のときの牽引力を見出さんとす

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

$$T = \frac{270 \times I.H.P_{max}}{V} n = \frac{270 \times 623}{30} \times 0.88 = 4942 \text{ kg}$$

第四節 Strahl 氏の牽引力算定公式 (Strahl's Tractive Force Formula)

前記する所によりて機車關の牽引力を知ることを得たが夫は過熱蒸氣を用ふる場合に用ひらる。Strahl 氏の方法は何れにも用ひらるるが飽和蒸氣の場合に適合し唯前記と異なる點は罐の効率並に蒸發量を求めずして直に最大指示馬力を求めてあることである。即ち石炭から得る熱量を同一となし燃焼率を相當大となして居るが、飽和蒸氣機車は舊時代の設計に屬して火床の面積も小なる故石炭の投込み作業に支障を生ぜず大なる燃焼率を得る故に飽和蒸氣機車に適合したる牽引力を得るのである。

G = 火格子面積 (m²), H = 全傳熱面 (火の側) (m²), K = 常數

V_m = 最大馬力を表す速度 (km/h), d = シリンダー (複式なるときは低壓氣筒) の直徑 (cm),

l = ストローク (m), D = 働輪の徑 (m), P_m = シリンダー内に於ける蒸氣の平均有效壓力 (kg/cm²)

I.H.P_{max} = 最大指示馬力 (max indicator horse power)

n = V なる速度に於て發生し得べき馬力と最大馬力との比 (1 以下である)

T_m = V_m のときの牽引力, T = V のときの牽引力

$$I.H.P_{max} = KG \frac{1}{1 + 7 \frac{G}{H}} \left. \begin{aligned} K &= 370 \text{ 飽和單式} \\ &= 410 \text{ 飽和二氣筒複式} \\ &= 440 \text{ " 四 " } \\ &= 565 \text{ 過熱單式} \\ &= 613 \text{ 過熱四氣筒複式} \end{aligned} \right\} \dots\dots (12)$$

$$V_m = 270 \frac{I.H.P_{max}}{P_m \frac{d^2 l}{D}} \dots\dots \text{二氣筒單式及四氣筒複式}$$

$$V_m = 270 \frac{I.H.P_{max}}{\frac{1}{2} P_m \frac{d^2 l}{D}} \dots\dots \text{二氣筒複式} \dots\dots (13)$$

$$P_m = 3.6 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots \text{單式}$$

$$= 3.4 \text{ " } \dots\dots \text{複式}$$

$$\left. \begin{aligned} n &= 0.6 \left(2 - \frac{V}{V_m} \right) \frac{V}{V_m} + 0.4 && V < V_m \text{ のとき} \\ n &= \frac{1}{2} \left(3 - \frac{V}{V_m} \right) \sqrt{\frac{V}{V_m}} && V > V_m \text{ のとき} \end{aligned} \right\} \dots\dots (14)$$

$$T = \frac{270 \times IHP_{max}}{V} n \dots\dots\dots (15)$$

例 前例に於ける C-10形機関車を計算するときは次の通りである。

$$IHP_{max} = KG \frac{1}{1 + 7 \frac{G}{H}} = 565 \times 1.6 \frac{1}{1 + 7 \times \frac{1.6}{101.4}} = 814 \text{HP}$$

$$V_m = \frac{270 \times IHP_{max}}{P_m \frac{d^2 l}{D}} = \frac{270 \times 814}{3.6 \times \frac{45^2 \times 61}{150}} = 75.123 \text{km/h}$$

$$T_m = \frac{270 \times IHP_{max}}{V_m} = \frac{270 \times 814}{75.12} = 2923 \text{kg}$$

V = 30km/h のときの牽引力を求むるときは

$$n = 0.6 \left(2 - \frac{30}{73} \right) \frac{30}{73} + 0.4 = 0.79$$

$$T = \frac{270 \times 814}{30} \times 0.79 = 5,787 \text{kg}$$

前例と比して同じ機関車に於て相違を見るが本計算法は過熱蒸氣を用ふる場合に適合せず稍大なる結果を與ふるものである。

第五節 Kiesel 氏式の變形算定式

牽引力算定式に種々あり Kiesel 氏式も其一である。日本の機関車に應用するには幾分變形を要し次のものである。(業務研究資料第十七卷第二號)

$$T = \frac{N(P-a)M}{1 + \frac{NuM}{bG}} \dots\dots\dots (15')$$

T = 汽罐容量によりて制限せらるる牽引力 (kg)

P = 汽罐壓力 (kg/cm²)

u = 汽筒内に入る初壓力 (P-a) に於ける蒸氣の重量 (kg/cm³)

G = 火床面積 (m²)

N = 汽筒數

V = 運轉速度 (km/h)

$$M = \frac{d^2 l}{D}$$

d = 汽筒の直徑 (cm)

l = 唧子行程 (cm)

D = 働輪直徑 (cm)

a = 0.5 b = 58,400 過熱單式機

a = 1.0 b = 56,200 飽和單式機

Ex. C-51 形機関車

P = 13kg/cm², d = 52cm, l = 66cm, D = 175cm

G = 2.53m², N = 2, 働輪の軸數 = 3, 働輪上の重量 = 42.19 噸,

機関車全體の重量 = 110.5 噸

a = 0.5 b = 58,400 u = 5.16

V km/h \ T kg	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
粘着牽引力	10,550	10,550								
繼牽引力	15,230	10,690	8,230	6,690	5,640	4,870	4,290	3,830	3,460	3,150
最大指示牽引力	10,550	10,550	"	"	"	"	"	"	"	"

第六節 電氣機関車 (Electric Locomotive)

蒸氣機関車にありてはエナジーを自身に發生して列車を牽引するのであるが、電氣機関車は發電所で出來たエナジーを受け之を動かすのみの機關である故に蒸氣機関車にありては蒸氣を發生する所の汽罐に制限せらるるも電氣機関車は傳へられたエナジーで車輪を運轉する電動機に限度があるのみで、若し此電動機を澤山車の軸毎に備ふるときは何程にても力を出し得るので殊に速度速きときは能率を増し此方が經濟的になるのである。

電氣機関車は今尙發達の中途にあつて電動機のみならず又器械的部分も其通りで重心が餘り下方に下るために線路を傷める等も其一つである。電動機と車軸とはギヤーによつて運動を傳へ旅客列車用のものはギヤーの比 2.25 貨物用のものは 4.56 である。近來はギヤーのなきものさへ設計せらるるに至り従て大なる速度も出し得るに至つたのである。

第七節 電氣機関車の牽引力 (Tractive Force of Electric Locomotive)

T = 電氣機関車の全牽引力 (kg) T = 電動機一個の牽引力 (kg)

D = 働輪の直徑 (m) N = 電動機の數

V = 速度 (km/h)

l を機関車の一秒時の走行距離とせば仕事量は

$$\text{仕事量} = T \times l = \frac{T \times 1000V}{60 \times 60} \text{ (kg. m)} = \frac{T \times 1000V}{60 \times 60 \times 75} \text{ HP}$$

電動機の一秒時の仕事量を f ワットとすると馬力は $\frac{f}{746}$ なる故に

$$\frac{T \times 1000V}{60 \times 60 \times 75} = \frac{f}{746} \quad \therefore T = \frac{f \times 60 \times 60 \times 75}{746 \times 1000V} = \frac{0.3619f}{V}$$

能率 = μ , E = ボルト, i = アンペア とするときは

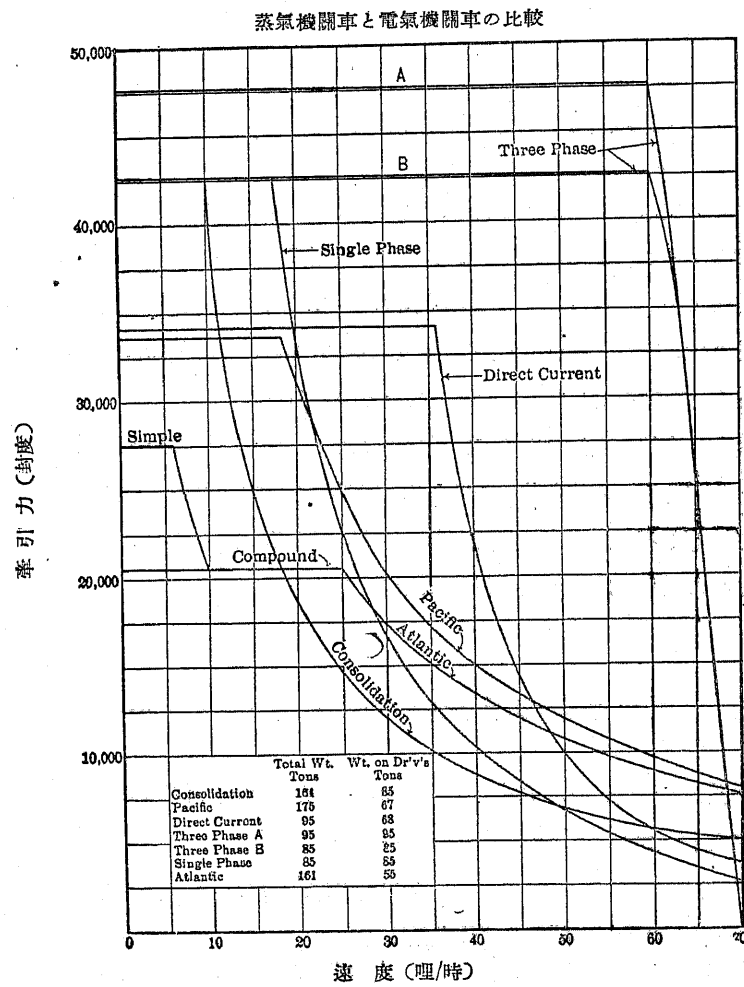
$$T = \frac{0.3619Ei\mu}{V}$$

故に電動機 N 個を有するときは全牽引力は次にて表し得る。

$$\bar{T} = \frac{0.3619Ei\mu N}{V} \text{ kg} \dots\dots\dots(18)$$

第八節 蒸気及電気機関車の牽引力比較

(Comparative Performance of Steam and Electric Locomotives)



第 43 圖

圖は蒸気機関車と電気機関車の牽引力の比較を示すもので米國の機関車の例である。圖中の表に示す通り蒸気機関車の働輪重量は全體の重量に比して小なるが交流を用ふる電気機関車は働輪と全重量とは同じく導輪從輪の如き死重を有しない。又蒸気機関車の牽引力は速力の増すに従て著しく下降するに對して電気機関車に於ては交流の分は 60mi/h の速力迄も變化がない。之が電気機関車の最も有利なる點である。(第四編第六章第五節参照)

第三章 列車の抵抗 (Train Resistance)

線路の輸送能力を定むるには列車の抵抗を知らなければならない。列車の抵抗は

- (1) 走行抵抗 (2) 發車抵抗 (3) 勾配抵抗 (4) 曲線抵抗 (5) 加速度抵抗
- (6) 制動機抵抗 の六種類に分つことが出来る。

第一節 走行抵抗 (Running Resistance)

平坦線直線上を運轉する場合の抵抗は器械抵抗と空氣抵抗とに分つことが出来る。

(1) 器械抵抗

(a) 器械部の摩擦による抵抗

機関車のピストン、主連桿、クロスヘッド、バルブ装置に於ける摩擦抵抗で又各部間隙に於ける撃衝は抵抗を増加す。従て機関車の大きさ重量、車輛の配列、單式複式等は抵抗を異にする。

客車及び貨車の抵抗は機関車に比して抵抗は小なるものであるが、尙車輛の種類、有蓋、無蓋又連結數によりて相違がある。

著者は此抵抗を種々の貨車に於て實測したが尙次に述ぶる色々の抵抗にも因ることは勿論である。10 両有蓋積載貨車に於ては平均 1.8kg/t なるに 12 両有蓋積荷のものは 1.9kg/t にして空車は 3.3kg/t で無蓋のものとなれば 2.7kg/t である。15 両有蓋積車にありては 2.5kg/t で無蓋貨車にありては 3kg/t である。

連結車輛に就て見るに 10 両有蓋二車連結のものは單車と殆んど同じく 1.9kg/t で 12 両無蓋貨車の二車は 2.5kg/t で單車に比して小に 15 両二車は 2.3kg/t で又稍小である。概して車の小なるものより大なるものは抵抗は大にして無蓋は有蓋より大に空車は積荷車より大に更に連結車に於ては二車連結車は單車より少き様に認めらる。(土木學會誌第十六卷 第八號)

(b) 車軸の軸頸に於ける摩擦抵抗

車軸と受金間の摩擦で油の狀態によりて異り出發の際に最も多く重量一噸に付き $7 \sim 9 \text{kg}$ ($15 \sim 20 \text{kg}$) なるも速度の増加によりて此間の溫度が高くなり油の廻り充分なると共に減じて 0.9kg (2kg) 位迄になる。此抵抗は氣温に關係し夏季 0.9kg (2kg) 位なれば冬期は増大して $1.8 \sim 2.7 \text{kg}$

(4~6*)位となり、最低温度に於ける抵抗は常時の温度に於ける抵抗の丁度倍位となる。

又前記實測に於ける積荷車の空車より一廂に對する抵抗の小なるは車軸上の重量の増加に伴ひて軸頸に於ける摩擦減少するに起因するものならんか。

(c) 車輪と軌條の間の抵抗

此抵抗は軌道の携みより車輪を引き上げるに要する力で砂利枕木の狀態、軌條の太さにより異なるものである。又車輛の軌條上を滑走のため抵抗を生じ、又機關車の左右にあるピストンの交互の運動は車輛の蛇行動を起し、左右軌條に交互に衝き當りて抵抗を大にするものである。此抵抗は速度に比例するものと考へらる。

(d) 列車の動搖による抵抗

速度の増加に伴ひ動搖が甚しくなりて其震動及び衝動は抵抗を増し其大きさは相當大なるものにて速度に比例又は夫れ以上と考へらる。

(2) 空氣の抵抗

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とによりて異なる。空氣抵抗は其性質上列車重量に直接關係のないものであるから單位重量當りとして表すことは一見不合理の觀あるも牽引重量を考へる上に於ては此形になして前記の器械抵抗と同じ様に取扱ふ方便利である。

米國の Prof. Goss の車輛の模型による實驗の結果によるときは無風中を運轉する場合に中間車輛に働く空氣抵抗を1とするときは前頭の機關車に對しては其10倍最後部が2.5倍で次位車輛の空氣抵抗は最も少く其割合は0.8位であつた。之は機關車に衝突したる風は車輛を避けて流れるからである。

此實驗によりて知る如く空氣の抵抗は長大なる列車に對しては其平均抵抗は減少するが單車運轉をなすものは可成り大なるものにて、之を減少する爲めには兩端の形狀は最も重要性を持つもので、此際は列車の形は流線形を可なりとし、後部の空氣の渦卷作用を減ずる爲めに後部を尖すことは必要條件としてある。尙同實驗によりて空氣抵抗は次式にて表すことが出来る。

機關車及テンダー A_L = 0.11V^2
貨物列車 A_G = (0.13+0.01C)V^2

A_L, A_G = 抵抗 #/T(2000*), V = 速度 mile/h C = 貨車數

旅客列車なるときはCを二倍にすることを要する。空氣抵抗は普通速度なるときは小なるも速度大なるときは大となりて牽引力の10~20%を消費するもので尙向風なるときは四倍にもなり側面よりの風も相當大なるものとなる。

前記五つの抵抗を見るに速度に無關係のもの又速度に比例するもの又速度の自乗に比例するもの三種に區別し得て速度に關係なきものは器械部抵抗の大部分又車軸軸頸に於ける摩擦にして、又速度に比例するものは車輪と軌條間の抵抗又列車の動搖によるもので速度の自乗に比例するも

のは空氣の抵抗である。故に之等を合せた全體の抵抗を表すときは次式にて表すことが出来る。

R = A + BV + CV^2

A, B, C, は定數である。此定數は機關車、旅客列車、貨物列車又は電車によりて相違がある故其各に付き公式を區別することを要す。而して列車走行に關する抵抗を表す式は今日迄極めて多く其内主なるものを擧ぐるときは次のものである。

(1) 國有鐵道運轉課公式

(a) 機關車走行抵抗

R_L = [9.3+0.047(n-1)V] W_D + (1.8+0.015V)W_T + 0.057V^2

R_L = 全機關車走行抵抗 (kg), n = 働輪數, W_D = 働輪上重量 (ton)

W_T = 導從輪及炭水車重量 (ton), V = 速度 (km/h)

(b) 客車の走行抵抗

R_p = 1.72+0.00061V^2

(ボギー客車の場合)

又は R_p = 2.07+0.00066V^2 (四輪又は六輪客車の場合)

(c) 貨車の走行抵抗

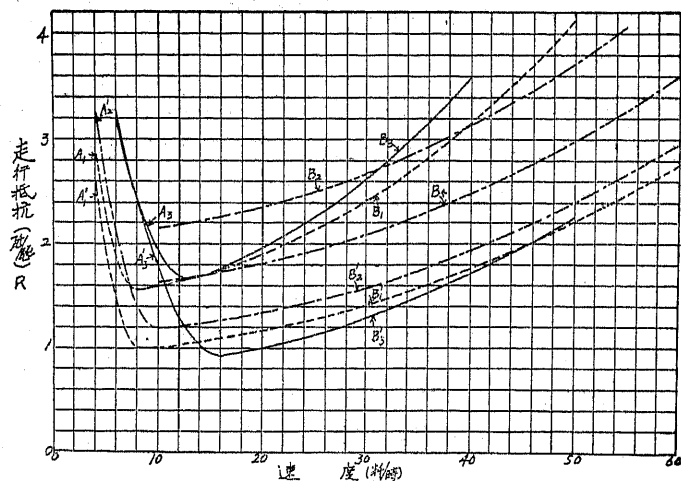
R_G = 2.07+0.00066V^2 R_G = 貨車走行抵抗 (kg/t)

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。

尙札幌鐵道局管内にて實測の結果は次の式を以て表すことを得た。

次式 A_1, A_1', A_2, A_3, A_1', は出發抵抗にして 10km/h 附近に於て最小となり、速度の増加と共に順次増大し、B_1, B_1', B_2, B_2', B_3, B_3', B_4 式にて表すものとなる。(業務研究資料 第十八卷第四十五號)

Table with columns for vehicle type (e.g., 空車, 積車), coefficient (A, B), and resistance formula (R = ...). Includes a title '走行抵抗實験'.



第44圖

[2] Hütte

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。

機關車抵抗

$$R_L = 2.7\sqrt{a} + 0.0015V^2$$

R_L = 機關車抵抗 (kg/t) a = 働輪軸數 V = 速度 (km/h)

今 $a = 3$ とせば

$$R_L = 4.67 + 0.0015V^2 \dots\dots\dots(23)$$

客貨車抵抗

$$R_G = 2.6 + 0.0003V^2 \dots\dots\dots(24)$$

R_G = 客貨車抵抗 (kg/t)

平均列車抵抗

$$R_r = \frac{W_L R_L + W_G R_G}{W_L + W_G}$$

R_r = 平均列車抵抗 (kg/t)、 W_L = 機關車重量 (t)、 W_G = 客貨車重量 (t)

今 $W_G = 4W_L$ とするときは

$$R_r = 3.01 + 0.00054V^2 \dots\dots\dots(25)$$

前記を英式に換算するときは

$$R_L \#/T = 10.475 + 0.0087V^2 \quad V = \text{速度 (mile/h)} \dots\dots\dots(23')$$

$$R_G \#/T = 5.82 + 0.00174V^2 \dots\dots\dots(24')$$

$$R_r \#/T = 6.8 + 0.0031V^2 \dots\dots\dots(25')$$

例 機關車の重量 $53.5T$ 客車の重量 $215T$ 速度 65km/h のとき R_r を求む。

$$\begin{aligned} R_r &= (4.67 + 0.0015 \times 65 \times 65) \times 53.5 + 215 \times (2.6 + 0.0003 \times 65 \times 65) \\ &= 589 + 832 \\ &= 1421\text{kg} \end{aligned}$$

[3] 米國鐵道技術協會公式 (軌間 $4'-8\frac{1}{2}''$)

列車重量と貨車數と溫度によりて抵抗を異らしめてある。

$$\left. \begin{aligned} R &= 2.2T + 122C \quad (\text{水平區間}) && 35^\circ\text{Fのとき} \\ R &= 3.0T + 137C \quad (\text{ " }) && 20 \sim 35^\circ\text{Fのとき} \\ R &= 4.0T + 153C \quad (\text{ " }) && 0 \sim 20^\circ\text{Fのとき} \\ R &= 5.4T + 171C \quad (\text{ " }) && 0^\circ \text{又は以下} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(26)$$

R = 全抵抗 (封度)、 T = 全列車重量 (噸)(2000封度)、 C = 列車中の客貨車數

[4] 米國イリノイ大學 Prof. Schmidt の實驗公式 (軌間 $4'-8\frac{1}{2}''$)

$$R_r = \left(1.5 + \frac{100}{W}\right) \left(1 + \frac{V}{100}\right) + \frac{V^2}{125\sqrt{W}} + \frac{8}{(V+0.7)^2} \dots\dots\dots(27)$$

R_r = 抵抗 #/T (2,000#) V = 速度 mile/h W = 平均貨車重量 噸 (2,000#)

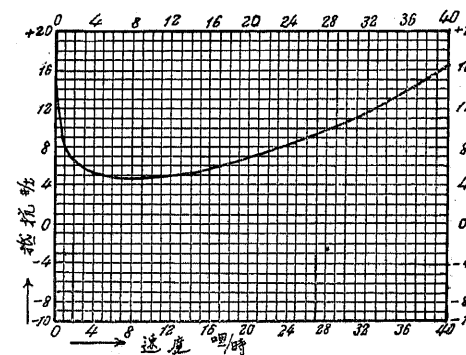
最終の項は只出發の際の緩速度の際に加ふ。此式は營業線に関する諸計算に用ひてよし。

無蓋貨車を用ふるときは凡ての速度に對して 1# を加ふ。狹軌に於ては出發の際を除きて其他の速度に於て 2# を加ふ。

[5] Wellington 氏公式 (Devised by S. L. Cluett) (軌間 $4'-8\frac{1}{2}''$)

$$\left. \begin{aligned} \text{積載列車 } R_r &= 3.5 + 0.0053V^2 + \frac{16}{(V+1)^2} \\ \text{空車列車 } R_r &= 5.0 + 0.007V^2 + \frac{8}{(V+1)^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(28)$$

V = 速度 mile/h R_r = 抵抗 #/T (2,000#)



第45圖

[6] Clark 氏公式 (軌間 $4'-8\frac{1}{2}''$) (英國)

$$R_r = 8 + \frac{V^2}{171} \dots\dots\dots(29)$$

$$R_r = 5.37 + 0.00445V^2 \dots\dots\dots(\text{後に訂正せしもの})$$

V = 速度 mile/h R_r = 全列車走行抵抗 #/T (2,240#)

$$R'_r = 6 + \frac{V^2}{240} \dots\dots\dots(30)$$

R'_r = 空車みの抵抗 #/T (2,240#)

第二節 出發抵抗 (Starting Resistance)

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くるもので車輛の重量一噸に付き 7-9kg (15-20#) 迄要するは前に述べた通りで、時によりては 14kg (30#) 迄達することがある。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圍に廻つて居るも静止するときには此油は欠乏するからである。

斯く發車の際に抵抗は増すけれども機關車が列車を牽引せんとするときには車輛は同時に動き始めるものでなく「ドロワー」に屬するスプリングは發車の際に何れも多少壓縮せられて居るから、機關車先づ動き前部の車輛より漸次に後部に向ひ後部の車輛が動き始めんとするときは機關車を始め他の車輛は加速度のために既に多少の隋力が付いて居る。此隋力は牽引力を助勢してシリンダーに要する力を軽減するものであるから、シリンダーに要する力は左程大でない。加之停車の際に壓縮せられたるバツプアーのスプリングの反撥力は發車の際に多少の牽引力を補助するから、發車の際に於ける抵抗は一噸に付き 5kg (10#) 位のものである。但しより勾配に於て停車した列車を引き出さんとするときは此スプリングの助勢すべきものがない。故に抵抗も多く普通 7kg として計算する。此抵抗は速度が 10km/h 位になりて最低となる故に前掲の走行抵抗の公式は一時間 10km/h 位の速力に達せざれば應用することが出来ない。

第三節 勾配抵抗 (Grade Resistance)

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

$\frac{BC}{AC}$ は勾配で $\frac{1}{N}$ 又は S% を以て表はすときは

1 噸に付きての抵抗は次の如くである。

$$R_r \text{ kg/t} = 1000 \text{ kg} \times \frac{1}{N} = 1000 \times S\%$$

$$= S \text{ kg} \dots \dots \dots (31)$$

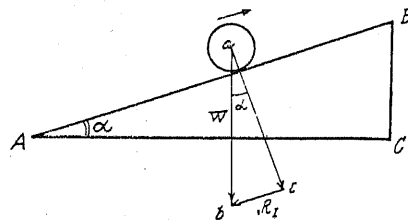
$$\text{又は } R_r \text{ \#/t} = 2240 \text{ \#} \times \frac{1}{N} = 2240 \times S\%$$

故に勾配抵抗は勾配 S にて表すことが出来る。即ち 10% 勾配の抵抗は 10kg である。

例 (1) 機關車重量 28^T テンダー 20^T 客貨車重量 140^T 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 シリンダーの數 2 個 働輪徑 1.64m のときシリンダー内の平均實効壓力を求む。

$$\text{總抵抗力} = W_L R_L + W_G R_G + (W_L + W_G) \times 1000 \times 10\%$$

$$= 48 \times (4.67 + 0.0015 \times 32 \times 32) + 140 \times (2.6 + 0.0008 \times 32 \times 32) + 188 \times 1000 \times 10\% = 298 + 407 + 1880 = 2585 \text{ kg}$$



第 46 圖

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

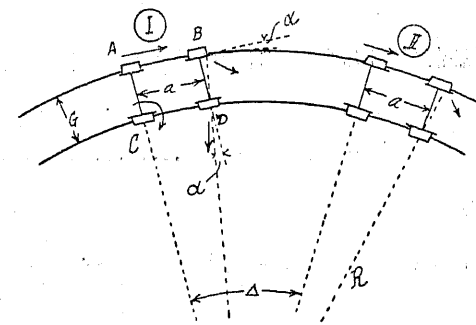
第四節 曲線抵抗 (Curve Resistance)

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振れ。
- (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條頭部との摩擦。
- (e) 不適當なる軌條の高度

前五項の内 (a) (d) (e) は小にして大部は (b) (c) に於けるものである。

(1) 曲線の抵抗式



第 47 圖

I-II 間を l、半径を R とし、此間の車の滑動を見るに今内側後輪 C を中心として回轉するとき外側後輪 A は曲線の方向に内側前輪 D は線路に直角に外側前輪 B は其間の方向に滑る。今 l なる間の滑りを計算するときは。

C の滑り = 0

A " = $\sum G \alpha = G \Delta$

D " = $\sum a \alpha = a \Delta$

B " = $\sum \sqrt{a^2 + G^2} \alpha = \sqrt{a^2 + G^2} \Delta$

$$\text{全滑動} = \Delta (G + a + \sqrt{a^2 + G^2}) = \frac{l}{R} (G + a + \sqrt{a^2 + G^2})$$

$$\therefore \text{滑動に依る仕事量} = \frac{W}{4} \times f \times \text{距離}, \quad \frac{W}{4} = \text{一車輪重量} \quad f = \text{摩擦係數}$$

$$= \frac{W}{4} f \frac{l}{R} (G + a + \sqrt{G^2 + a^2})$$

R' 封度を一噸 (2,000#) に對する曲線抵抗とするときは

$$R'_{c} l = \frac{2000}{4} f \frac{l}{R} (G + a + \sqrt{G^2 + a^2})$$

$$\therefore R'_{c} = \frac{500f(G+a+\sqrt{G^2+a^2})}{R} \text{ \#}/T$$

今米國法によりて半徑 R を弦 100 呎に對する中心角 D 度に置き換ふるときは

$$R = \frac{5730}{D}$$

$$R_{c} \text{ \#}/T = \frac{500f(G+a+\sqrt{G^2+a^2})D}{5730}$$

上記の外に尙前方外輪が車のフランジによりて外軌頭部の横面を押して車輪を滑動せしむる。

此壓力は車の固定軸の異なるに従つて多少の差あるも

$$R''_{c} = 0.4 + 0.04D \dots\dots\dots(32)$$

にて表さる故二つの抵抗を合するとき

$$R_{c} \text{ \#}/T (2,000\text{ \#}) = 0.4 + \left(\frac{500f(G+a+\sqrt{G^2+a^2})}{5730} + 0.04 \right) D \dots\dots\dots(33)$$

〔2〕 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事多し。

$$R_{c} \text{ \#}/T = \frac{400}{r-20} \quad r = \text{半徑 (m)} \dots\dots\dots(34)$$

之を英國式に換算するとき

$$R_{c} = \frac{44.54}{R} \text{ \#}/T \text{ (2240\text{ \#})} \quad R = \text{半徑 (鎖)} \dots\dots\dots(34')$$

(2) 國有鐵道運轉課使用のもの

$$R_{c} \text{ \#}/T = \frac{610}{r_m} \quad \text{列車全體として} \quad r_m = \text{半徑 (m)} \dots\dots\dots(35)$$

$$R_{c} \text{ \#}/T = \frac{1220}{r_m} \quad \text{機關車の場合} \dots\dots\dots(36)$$

〔3〕 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。

$$\text{換算勾配} = S\% + \frac{610}{L} \left(\frac{l_1}{r_1} + \frac{l_2}{r_2} + \frac{l_3}{r_3} + \dots \right) \dots\dots\dots(37)$$

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

第五節 加速度抵抗 (Acceleration Resistance)

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。或力とは機關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である。

〔1〕 加速力—加速度

\bar{F} = 加速力 (kg)、 W = 列車重量 (T)、 a = 加速度 m/sec./sec.

g = 重力加速度、 m = 質量

$$\bar{F}^{kg} = ma = \frac{W}{g} a$$

$$W = 1000Wkg$$

$$\bar{F} = \frac{1000W}{9.8} a = 102Wa$$

列車 1 廬に對する加速力を F とするとき

$$F^{kg} = \frac{\bar{F}}{W} = 102Wa$$

此式は列車の全部が直進する場合で車輪及車軸の廻轉運動に費さる力を加算するを要し、之は 5~6% 位のものである。

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

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

$$F^{kg}/T = 30\bar{a}$$

$$\bar{a} \text{ km/h/sec} = \frac{F}{30}$$

F = 加速力 (kg/T)

\bar{a} = 加速度 (km/h/sec)

〔2〕 距離—加速力—速度

$v = at$ t = 時 (sec), v = 速度 (m/sec), a = 加速度 m/sec/sec

$$L = \frac{at}{2} \times t = \frac{at^2}{2} \times \frac{a}{a} = \frac{v^2}{2a}, \quad L = \text{距離 (m)}, \quad V = \text{速度 (km/h)},$$

$$\bar{a} = \text{加速度 km/h/sec} \quad t = \frac{V}{\bar{a}}$$

$$L = \frac{\left(\frac{V \times 1000}{60 \times 60} \right)^2}{2 \times \bar{a} \times 1000} = 0.139 \frac{V^2}{\bar{a}} \dots\dots\dots(39)$$

$$\bar{F} = ma = \frac{W}{g} a = \frac{v^2 W}{2Lg}$$

$$v = \frac{1000}{60 \times 60} V \quad W^k = 1000W \text{ (kg)} \quad F^{kg} \text{ を 1 廬に對する抵抗とすときは}$$

$$F = \frac{1000}{2gL} \left(\frac{1000V}{60 \times 60} \right)^2 = 3.94 \frac{V^2}{L}$$

車輪及車軸の廻轉運動に費さる力 (6%) を加算するとき

$$\left. \begin{aligned} F_{kg/T} &= 4.2 \frac{V^2}{L} \\ L^m &= 4.2 \frac{V^2}{F} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(40)$$

之は静止の状態よりL米丈け進行して一時間にV軒の速度に達する迄に要する加速力を示すもので、今V₀よりV₁迄に至るとせばFの値は次の如くなる。

$$\left. \begin{aligned} F_{kg/T} &= 4.2 \frac{V_1^2 - V_0^2}{L} \\ L^m &= 4.2 \frac{V_1^2 - V_0^2}{F} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(41)$$

V₀, V₁ = 速度 (km/h), F = 加速力 (kg/T) L = 距離 (m)

$$\left. \begin{aligned} \text{又は } F_{\# / T} &= 79 \frac{V_1'^2 - V_0'^2}{L} \\ L^{ft} &= 79 \frac{V_1'^2 - V_0'^2}{F'} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(41')$$

F = 1噸 (2240)に對する抵抗 (#), V₀', V₁' = 速度 (mile/h), L = 距離 (ft)

(3) 時間—速度—加速力

$$\bar{F}^i = \frac{W}{g} a = \frac{W}{g} \frac{v_1 - v_0}{t}, v_1, t = \text{時間 (sec)}$$

$$F_{kg/T} = \frac{v_1 - v_0}{gt} = \frac{V_1 - V_0}{9.8t} \times \frac{1000}{60 \times 60} \quad V_1, V_0 = \text{速度 (km/h)}$$

廻轉運動に要する力 6% を加算するときは

$$F \cdot t = \frac{V_1 - V_0}{9.8} \frac{1000^2}{60 \times 60} \times 1.06 = 30 (V_1 - V_0)$$

$$\therefore t_{sec} = \frac{30(V_1 - V_0)}{F} \dots\dots\dots(42)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{t}^m &= \frac{0.5(V_1 - V_0)}{F}, \bar{t}^m = \text{時間 (分)} \\ F_{kg/T} &= \frac{0.5(V_1 - V_0)}{t} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(42')$$

$$\text{又は } t_{sec} = \frac{108(V_1' - V_0')}{F'}, V_1', V_0' = \text{速度 (mile/h)} \quad F' = \text{加速力 \# / T (2240\#)}$$

(4) 距離—時間—速度

$$L^m = \frac{(V_0 + V_1)}{2} \times \frac{1000}{60 \times 60} t = \frac{(V_0 + V_1)}{7.2} t_{(sec)} \dots\dots\dots(43)$$

例1.

機関車重量 = 127T, 出發せんとするとき機関車の後部ドロ—バーの牽引力 = 12165kg とするときは貨車 = 1000T, 出發抵抗 7kg/T なる時加速度を求む。

$$F = \frac{12165 - 1000 \times 7}{127 + 1000} = 4.58^{kg/T}$$

(38) 式より

$$\bar{a} = 4.58 \div 30 = 0.153 \text{ km/h / sec}$$

例2.

同列車にて速度 60km/h のとき機関車の後部のドロ—バー牽引力 4,320kg

抵抗 4.45kg/t なる時 \bar{a} を求む。

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

即ち列車は 60km/h の速度に達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。

例3. 列車が 40km/h より $\frac{1}{4}$ 分間に 48km/h に達せんとするとき

(1) 加速度抵抗 (2). 走行距離を求む

機関車重量 50T 客車重量 150T

$$(42)' \text{より 加速度抵抗 } F = 0.5 \times \frac{48 - 40}{\frac{1}{4}} = 16^{kg}$$

$$\begin{aligned} \text{普通走行抵抗 } R_r &= \frac{(4.67 + 0.0015 \times V^2)50 + (2.6 + 0.0008V^2) \times 150}{50 + 150} \\ &= 3.12 + 0.0006V^2 \quad (23, 24 \text{ 式より}) \end{aligned}$$

走行抵抗は速度によりて差異あるに依り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。

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

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

平均 = 4.29kg

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

加速度の計算に列車の走行抵抗を並算する場合には速度によりて牽引力及抵抗が異なる故に速度はなるべく範圍を小さく區分して計算せなければならぬ。又シリンダー内の壓力も車輪の回轉の數によりて異なる故に之亦速度の範圍を小にするを要する。故に精密に計算するとせばLは次の式を用ひねばならぬ。

$$L = 4.2 \int_{V_0}^{V_1} \frac{2Vdv}{F}$$

例4. 次の機関車が25輛 (一車平均10噸) を牽引して 40km/h の速度で25%を上り15km/hになるに何呎の長さなるか。

シリンダー徑 40cm 導輪重量 10T 働輪總重量 20T
シリンダーストローク 60cm 導輪直徑 75cm 働輪直徑 150cm
テンダー重量 20T 蒸氣の壓力 11kg/cm² 蒸氣締切 $\frac{40}{100}$

R = 平均抵抗力 (kg/T) T = 平均牽引力 (kg)

l = 距離 (m) W = 列車重量 (T)

$$T = W(R - F) \quad F = R - \frac{T}{W}$$

$$l = 4.2 \frac{V_1^2 - V_0^2}{F}$$

列車の速度を 5km 宛に區分して此速度に對する抵抗と牽引力を求む。

$$\begin{aligned} \text{列車抵抗力 (\# / T)} &= \frac{(10 + 20 + 20)R_L + 25 \times 10R_G}{10 + 20 + 20 + 25 \times 10} + \text{勾配抵抗} \\ &= 2.945 + 0.0005V^2 + 25 = 27.95 + 0.0005V^2 \end{aligned}$$

列車牽引力を 97 頁シリンダー内實効壓力より求むるときは次の表の通りである。

列車速度 V km/h	動輪回轉數 $\frac{V \times 1000}{D \pi \times 60}$	平均貨效壓力 P kg/cm ²	牽引力 $\frac{d^2 p l}{D}$	平均牽引力 T kg	重量一噸に對する牽引力 $\frac{T}{W}$ kg	抵抗力 $\frac{27.95 + 0.005 V^2}{1000}$	平均抵抗力 R kg	F kg $R - \frac{T}{W}$	L ^m $\frac{4.2 \frac{V_1^2 - V_0^2}{F}}{1}$
45	159	0.39 × 11 = 4.3	2757	2883	9.6	28.96	28.85	19.25	93
40	141	0.43 × 11 = 4.7	3008	3168	10.6	28.75	28.66	18.06	88
35	124	0.47 × 11 = 5.2	3328	3488	11.6	28.56	28.48	16.88	81
30	106	0.52 × 11 = 5.7	3648	3776	12.6	28.40	28.33	15.73	73
25	88	0.55 × 11 = 6.1	3904	4000	13.3	28.26	28.21	14.91	63
20	71	0.58 × 11 = 6.4	4096	4160	13.9	28.15	28.11	14.21	52
15	53	0.60 × 11 = 6.6	4224			28.06			計 450

即ち 450m の距離に至つて 15km の速力になる。若し 45km と 15km との平均にて直ちに計算するときはその距離は著しき相違を來たして 300m となる。

第六節 フレーキ抵抗 (Brake Resistance)

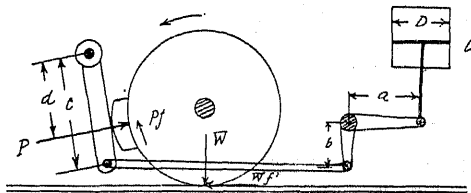
車輪の回轉を止むる爲めにはブレーキブロックとタイヤとの間の摩擦による。而して其摩擦は次の計算によりて知ることが出来る。

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

p はブレーキシリンダー内の壓力にて真空ブレーキの場合 10#/sq (7.7kg/cm²)

自働空氣ブレーキの場合 80#/sq (5.6kg/cm²)

蒸汽ブレーキ " 100#/sq (7.0kg/cm²)



第 48 圖

ブレーキブロックとタイヤとの間の摩擦係數(f)は速度によりて異なるが下表の通りである。

速度 V km/h	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	89	97
f	0.209	0.177	0.155	0.138	0.126	0.118	0.111	0.105	0.100	0.096	0.093	0.090

車輛と軌條間の摩擦係數

車輛が軌條上を回轉して走行するときは其間の摩擦係數(f)は種々の状態によりて異なり $\frac{1}{5}$ ~ $\frac{1}{4}$ なるも時によりて $\frac{1}{3}$ にも達し又不良なるときは $\frac{1}{10}$ に降るは前述の如くである。

fP ≤ f'W とす

$\frac{P}{W} = K$ となし P = KW

K は設計上次の標準による

機關車テンダー K = 0.75 P = 0.75W

客車 K = 0.8 P = 0.8W

貨車 K = 0.9 P = 0.9W

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

$R_b \text{ kg/t} = kf \times 1000$ (44)

$F \text{ kg} = \frac{4.2 \times V^2}{L}$ $L^m = \frac{4.2 \times V^2}{F}$

此際 F はブレーキの力にて V なる速力から停止迄働く力である。F に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ハブレーキをかけたときの速度に對する f による。

$L^m = \frac{4.2V^2}{R_r + R_c \pm R_i + Kf \times 1000}$ (45)

L = 距離 (m) V = 速度 (km/h) R_r, R_c, R_i 走行、曲線、勾配抵抗 (kg/T)

又は 摩擦力 (#) $R_b = \frac{f \cdot p}{W} = \frac{f \times K \cdot W \times 2240}{W} = Kf \times 2240$ (44')

$L^m = \frac{79V^2}{R_r + R_c \pm R_i + kf \times 2240}$, $V \text{ mte/h}$, R_r, R_c, R_i 抵抗 (#/T)(45')

例 次の場合に停車距離を求む。

機關車重量 30T (動輪 22T) テンダー 20T

客車 160T (内乗客及小荷物重量 20T)

線路 10% 下り 400m 曲線 速力 48km/h

機關車テンダー $0.75W = 0.75(22 + 20) = 31.5$

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

$R_r = \frac{50(4.67 + 0.0015 \times 48 \times 48) + 160 \times (2.6 + 0.0003 \times 48 \times 48)}{50 + 160} = \frac{406.3 + 526.6}{210}$

= 4.44kg

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

$$R_r = 1,000 \times 10\% = 100 \text{ kg}$$

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

$$L = \frac{4.2 \times 48 \times 48}{80.59 - 10 + 1.05 + 4.44} = 127 \text{ m}$$

第四章 貨車及客車 (Freight and Passenger Cars)

第一節 貨車 (Freight Car)

貨車の大きさは國狀によりて異つて英國は8噸乃至10噸で、獨乙に於けるものは10乃至15噸で15噸は多數を占む。米國に於けるものは1880年頃は10~15噸位のものが1913年以後のものは30~40噸である。勿論大なるもので石炭車の如き100噸以上のものも存在する。

日本に於けるものは始め6~7噸車で順次大となり、今日にては15噸車が普通のものとなり、6~7噸は殆ど跡を絶つに至つた。

自重1噸に對する積載量は6噸貨車に於て1.1噸が15噸貨車に於ては殆ど二倍迄に増加して居る。

貨車の小型は小量貨物に對しては便利で満載することも早く從て發送も早い譯であるが、大型だと満載する迄に小量貨物の澤山を待ち合せねばならない。從て發送迄に相當の時日を待つか又は半積

の儘發送する不便がある故に小型大型何れが採用せらるゝかは貨物の種類と數量に依りて自然に決定せらるべきもので、我國でも年々貨物數量の増加は大型を要求して大型のものの増加せしは統計の示す處である。大型貨車の利益を擧ぐると(1)大型貨車の用ひらる所は小數の貨車にて大量を運搬せらるゝ故に列車長も短かく列車數も少なくて足り從て線路の能率を高むることが出来る。(2)列車數を減ずる故に人件費を減少することが出来る。(3)車が大なる故に從て構造も堅牢になり修繕費も減少する。(4)輸送噸數に對し列車抵抗少い。(5)線路延長短くて足り設備費は小額にて済む。(6)操車費は貨車數の減ずるだけ小額となる。(7)貨車の噸數が増すに從て1噸當りの自重が少くなりて積載量に對する自重の割合は減じ貨車が同じ重量でも積載量は大なることとなる。

第二節 客車 (Passenger Car)

客車も小型四輪車より大型ボギー車に變り、又木製のものも漸次鐵製に變りつゝある。從て其

積載量	自重	自重1噸=對スル積載量
6	5.5	1.1
7	5.5	1.3
8	5.5	1.5
10	5.5	1.8
12	6.5	1.8
13	7.5	1.7
15	8.0	1.9

重量も増加して機關車牽引力も15%乃至20%増加するに至りたるは免れない。等級による客車の大きさと自重は次のものである。

客車

	乗車人數人	面積 □ ^m	自重 噸	一人當り面積 □ ^m	一人當り自重
三等車	80	33.7	24.40	.42	.31
二等車	50	30.5	24.20	.62	.48
一等車	36	30.7	23.20	.85	.64
二等寢臺車	30	23.9	27.50	.80	.92
一等 "	30	30.6	35.42	1.02	1.18

之に依ると三等客車が一人當りの面積が少く順次増し一等車は倍になる。更に一等寢臺車となると二倍半の面積を要する。又一人當りの自重にすると矢張り一等は三等の倍で一等寢臺は三倍となり等級の増すによつて著しく面積と自重が増加するを知ることが出来る。

第三節 空氣制動機 (Air Brake)

此發達は線路撰定に留意すべき事項となつた。此發達に依りて長大なる列車も下り勾配に於て自由に速力を減じ得ることが出来るため安全の程度を増して舊時より早き速力を出すことが出来る様になつた。從て列車の運轉時は出發より停止迄の平均時なるも停止は空氣制動機に依りて速になすことを得て運轉時の減少を來たすことが出来る。貨物列車に於ては1.0-1.3 km/h/sec 又客車に於ては1.5-2.5 km/h/sec の減速度が出来る様になつた。

第五章 列車 (Train)

第一節 列車の分類 (Classification of Trains)

旅客列車には急行と區間列車とあり。急行は或る限定せられたる驛に停車し終端驛間を運行するもので、區間列車は各驛に停止し驛間の運輸をなすものである。

貨物列車にも旅客列車と同様に急行と區間とあり。貨物種類によりて下の如く四種に分つこと

を得る。又貨物と旅客を同時に運行する混合列車あり。之は區間列車に準すべきものである。

貨物列車の種類

1. 急行貨物列車 (Quick despatch freight)
2. 定期貨物列車 (Time freight)
3. 徐行貨物列車 (Slow freight) 七段全線等
4. 區間貨物列車 (Local freight)

急行貨物列車は鮮魚果物等の類にて急送を要するもので、定期貨物列車は急送と云ふより或一定の時日の間の輸送を要するものにて商品又は雜貨の如きものである。

徐行貨物列車は主に原料品にして石炭、鑛石等の如く急送を要せざるものである。區間貨物列車は地方的貨物輸送で一日中に時間を定めて運轉するものである。

之等各種類は出發驛又は操車驛に於て組立てられる區間列車によりて操車驛に集められ一列車に組成せられて各指定の驛に向ふのである。

第二節 ドローバー牽引力 (Drawbar Pull)

機關車の指示牽引力より機關車に於て失はれたる抵抗を差引きたるもの即ち客貨車を牽引するに役立つみの牽引力を云ふのである。

水平直線……………ドローバー牽引力 = (指示牽引力) - (機關車走行抵抗)

$$\therefore \text{牽引重量} = \frac{\text{ドローバー牽引力}}{\text{客貨車1両當り抵抗}}$$

勾配線……………ドローバー牽引力 = 指示牽引力 - (機關車走行抵抗 + 機關車勾配抵抗)

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

指示牽引力。(11)式の例に準じて求む。

機關車走行抵抗。(20)式によりて速度 10^{km/h} の場合を求むるときは

$$R_L = [9.3 + 0.047(3 - 1) \times 10] \times 40.2 + (1.8 + 0.015 \times 10)(69.7 - 40.2) + 0.057 \times 10^2 = 475 \text{kg}$$

同方法により各速度に對して求む。同時に C 51 形 (重量 113.8^T) を擧ぐるときは次の表の通りである。

C 10 形 平 坦 線				C 51 形 平 坦 線		
速 度	指示牽引力	機 關 車 走行抵抗	ドローバ ー牽引力	指示牽引力	機 關 車 走行抵抗	ドローバ ー牽引力
km/h	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	8600	430	8200	9400	780	8600
5	8800	450	8300			
10	8700	480	8300	9400	570	8800
15	7700	500	7200			
20	6400	510	5900	9400	640	8700
25	5600	570	5000			

30	5000	610	4400	7200	720	6500	
35	4500	640	3900				
40	4100	690	3400	6000	810	5200	
45	3700	730	3000				
50	3400	780	2600	5100	910	4200	
55	3100	830	2300				……………(46)
60	2800	890	1900	4100	1020	3400	
65	2600	940	1700				
70	2400	1000	1400	3800	1140	2700	
75	2200	1060	1100				
80	2000	1130	900	3300	1280	2000	
85	1800	1200	600				
90	1700	1270	400	2900	1430	1500	
95	1500	1340	200				
100				2500	1590	900	

第三節 均衡速度 (Balancing Speed)

機關車の牽引力は速度によりて異なる。機關車が客貨車を牽引して機關車の指示牽引力と機關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ときの速度を云ふのである。

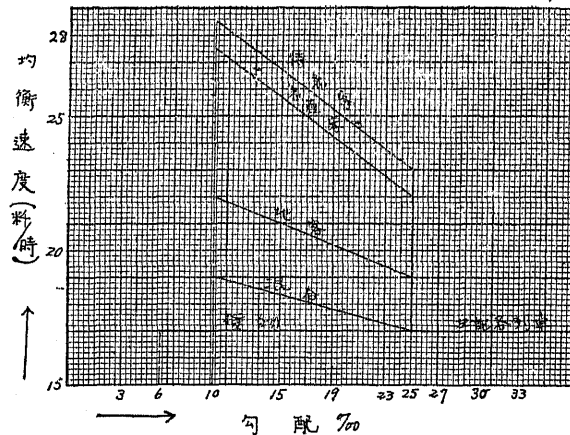
第四節 機關車の牽引定數 (Locomotive Rating)

機關車の牽引力は速度により定まる故に或區間の運轉時分が定まり其速度を知るときは牽引量は其機關車に付きて計算せらるゝ譯である。若し之より餘分の車數を牽引するときは速度は減退し全列車の運行を亂すことゝなる故に其區間の運轉時分に應じたる車數は限定せらるゝ譯である。之を牽引定數と云ふ。此牽引定數は旅客と貨物によりて異なる。貨物にも急送を要する貨物もあるが多くは經濟的に運行する主旨の下に、機關車が出來得る限り多數の貨車を牽引し列車數を減ずることを本位とする。併し緩速度に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牽引するときは線路の不良等の爲め空轉を起し、途中事故を生ずる。故に運轉の上より制限を附し、又旅客列車にありては列車を早く到着せしむる上より又限度を附することになる。國有鐵道に於て内規としてあるものは大體次の通りである。

上り勾配に於ける列車の速度

貨物列車は 6% より急なるとき又其他の列車は 25% より急のとき最小速度を 17^{km/h} となし、これより緩なる勾配は列車の種類によりて次圖の如く異ならしめ、尙 10% 以下(貨物は 6% 以下)

に至れば均衡速度何程をも出し得ることになつて居る。例へば特急客列車は25%にて23^{km/h}, 10%にて28.5^{km/h}, 先より以下は均衡速度迄出し得る。



第49圖

上り勾配に於ける牽引重量は機關車の牽引力に支配せらるゝが下り勾配に於ては制動力によりて制限せらるゝ。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輛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ゝなる。機關車の制動機は總重量の45~50%で客車に於ては60~80%である。故に客車數の増加する丈け制動力は大となるも貨車は30~35%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圍なるを要する。

第五節 勾配線の運輸量 (Tonnage of Traction on Various Grades)

標準勾配上の牽引量は其處を運轉する機關車のドーバー牽引力によりて定まり、此區間の運轉時間を知るときは運輸量を知ることが出来る。

$D =$ 水平直線に於けるドーバー牽引力 (kg), $S =$ 標準勾配 (%)

$R_g =$ 客貨車抵抗 (kg/t), $W_L =$ 機關車重量, $W_G =$ 客貨車重量

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

$W_G = \frac{D - S W_L}{S + R_g} \dots\dots\dots(47)$

運輸量 = $W_G \times$ (一日列車回數) $\dots\dots\dots(48)$

例 機關車 C-10形 (總重量 69.7 噸 働輪 40.2 噸) が混合列車を牽引して 25% の標準勾配線に於ける牽引數を求む。

混合列車最小速度は前記圖表によりて 17^{km/h} なるによりて

(46) によりて $D = 6680\text{kg}$,

(22) によりて $R_g = 2.07 + 0.00066 \times 17 \times 17 = 2.26$

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

同様な方法によりて各標準勾配各列車種類によりて牽引噸數を求むるときは次の通りである。

C-10形機關車標準牽引噸數

標準勾配 %	10	12	16	20	25	33
地方旅客	400 ^t	340 ^t	250 ^t	200 ^t	160 ^t	120 ^t
混合列車	440	375	285	225	180	120
貨物列車	490	415	300	240	180	120

.....(49)

(上記以外の勾配に於ける貨物列車噸數及び C-51形機關車の牽引噸數は第六章 第三節第51圖に擧ぐ)

第六節 機關車の牽引車輛數 (Number of Cars of the Train)

機關車の牽引すべき重量は前記の通りであるが、此噸數の車輛數を定むるに種々の方法がある。

- (1) 車數による方法 (2) 實際噸數による方法 (3) ドーバーの牽引力による方法 (4) 修正噸數による方法があるが、(1)の方法は車に異なりたる種類ありて一概に車數によることが出来ない。(2)は經濟的なる方法であるが列車抵抗は必ずしも重量にのみ比例するものでないことゝ又各車の重量を測定することは困難である。(3)は機關車のドーバーの牽引力に等しき抵抗を與ふる車輛列を求むることでは取扱上不便多く(4)は1噸當り列車の走行抵抗は積車のときより空車のときの方大なりとの論據の下に組成車輛の軸數によりて牽引噸數を定めたるものにて、例へば列車組成の場合空車のとき80軸の場合牽引噸數が1,200噸なりとせば實車60軸の場合同一機關車にて1,300噸又は1,400噸を牽引し得るとなすのである。

國有鐵道の車輛換算法は(1)の車數による方法に(2)の實際の噸數による方法の幾分を加味したるもので客貨車10噸を以て換算一輛となす。從つて換算輛數に10を乗するときは大體の列車噸數を知ることが得。

$$\left. \begin{array}{l} \text{客車の換算輛數} \left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{自重}}{10^t} \quad \text{空車} \\ \frac{\text{定員} \div 20^{\wedge} + \text{自重}}{10^t} \quad \text{積車} \end{array} \right. \\ \text{貨車の換算輛數} \left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{自重}}{10^t} \quad \text{空車} \\ \frac{\text{荷重} \times 0.7 + \text{自重}}{10^t} \quad \text{積車} \end{array} \right. \end{array} \right\} \dots\dots\dots(50)$$

標記定員 20 人の重量を 1 噸と、蓄電池一組の重量を 1.5 噸と看做す。タンク車水槽車炭車及

大貨物車等は常に満載の状態にあるを以て自重に標記荷重を加算せる重量とす。

積貨車の換算輛數を定むるに標記荷重を加算せざるは積車必ずしも貨切車に限らず積合車、代用車、緩急車となる場合あり、之等は標記荷重に達せざること多し。過去の統計によれば積載効率 60~70% である。故に一般的貨車の換算輛數は標記荷重の 70% とせられてある。地方によりて或は列車によりて過重の状態になることあり。最近の調査によるときは重要品積載量に屬する米、洋紙、木炭、木材、肥料、大豆、豆粕、砂利、鑛石、石灰、食鹽等は何れも積載効率 85—98% の間にある。

換算輛數表備考に無蓋貨車に石炭(煉炭を含む)を積載したる場合に限りて割増の定めがある。空車の一噸當りの走行抵抗は積車のときより事實大なる故に空貨車の換算輛數は多くの場合實際數量より稍大なるものとなしある。

第七節 列車速度 (Velocity of Train)

列車の速度に一定の限度ありて經濟的並に運轉に危険を及ぼさざる様に定めなければならない。國有鐵道では最小は貨物列車にて一時間 17km となしたるは既に述べたる通りである。又許容最大速度は旅客列車で安全の運行から決定せらるべきもので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て、鐵道省の現在の規定は次のものである。(同省運轉規定参照)

- (1) 組成種類による速度制限
 - (a) ボギー客車 95km/h
 - (b) 四輪客車又は四輪客車とボギー 75km/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
 - (d) 貨車又は貨車を連結したる客車 65km/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なる。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轉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	95km/h	65km/h
6	90	60
10	85	55
14	80	50
18	75	45

.....(51)

20	70	40
25	65	35
30	50	30
35	45	25

(3) 曲線に於ける速度制限速度

曲線半徑 (m)	線路分岐に附帶せる曲線	
	85km/h	65km/h
600	85	65
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

.....(52)

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。

(4) 發車の加速度

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す。

旅客列車	0.35 km/h / sec	電氣機關車旅客列車	0.5 km/h / sec
混合列車及貨物列車	0.15 km/h / sec	同 混合及貨物列車	0.3 km/h / sec

.....(53)

(5) 停車場通過速度

特別急行及急直旅客列車	複線	東海道山陽線	70km/h
		其の他線路	65km/h
單線轉轍器の曲線半徑による速度		地方旅客列車	50km/h
		混合及貨物列車	45km/h

(6) 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 *
------	--------	---------	----------

(7) 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	1.0 km/h / sec	混合及貨物列車	0.5 km/h / sec **
------	----------------	---------	-------------------

.....(54)

(8) 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。

(9) 隋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。

* 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れて居る。即ち旅客列車に於て 1.5 ~ 2.5km/h/sec 混合及貨物列車に於て 0.75km/h/sec が用ひられて居る。

第八節 經濟速度 (Economic Speed)

機關車の牽引力は速度の増加するに従つて減少するも、速度大なる時は列車回数を増加し得る故に其の間に最も經濟的な速度がある譯である。今各速度に對して牽引重量を擧げ輸送量を求むるときは次表にて示すものである。

C-10 形機關車 貨物列車重量 一線一日 20,000 噸

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
停車場間速度 km/h	牽引重量 噸	一日單線列車回数	列車行進毎の待合時間の割合	走行時間割合	一時間一列車の總噸 (單線運轉)	平均速度 km/h	一時間一列車の總噸 (複線)
10	3,878	5.16	0.107	0.893	34,631	8.93	38,780
15	3,243	6.17	0.128	0.872	42,418	13.08	48,645
17	2,955	6.76	0.140	0.860	43,202	—	—
20	2,532	7.83	0.164	0.836	42,335	16.72	50,640
22.5	2,271	—	—	—	—	—	51,098
25	2,016	9.91	0.206	0.794	40,018	19.85	50,400
30	1,654	12.09	0.254	0.746	37,017	22.38	49,620
35	1,354	14.77	0.308	0.692	32,794	24.22	47,390
40	1,086	18.41	0.388	0.617	26,803	24.68	43,440

(1) 速度

(2) 各速度に對する牽引重量

$$W_g = \frac{D}{R_g} \text{ 但し } \begin{matrix} D = \text{牽引力 (kg)} \\ R_g \text{ kg} = 2.07 + 0.00066V^2 \end{matrix}$$

(3) 一日貨物量 10,000 噸とし貨車重量を合せて 20,000 噸とするときの列車數

(4) 單線にて列車待合時間を列車の行進ひ毎に 30 分とするとき

$$\text{一日に對する割合} = \frac{\text{列車數} \times 5 \text{時}}{24}$$

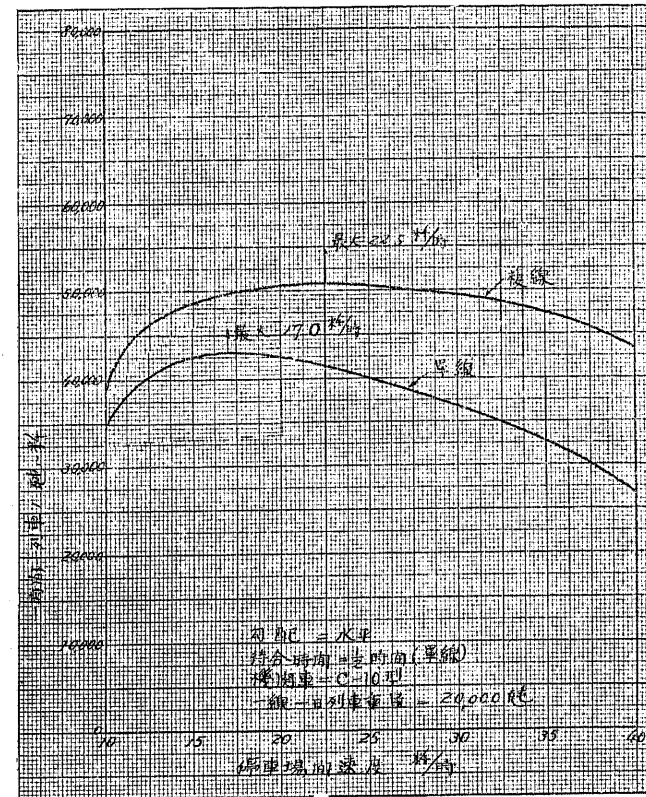
(5) 一日走行時間割合

(6) 一時間毎の列車噸 (1) × (2) × (5)

(7) 平均速度

(8) 複線の場合にて行進の爲め損する時間なきときの總噸である。

(6) と (8) 行とによりて次の如く曲線を畫くときは其最大値は單線 17km/h 複線の場合 22.5km/h なることを知る。



第 50 圖

第六章 勾配の撰定 (Choice of Grade)

第一節 勾配の分類 (Classification of Grades)

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。貨物の収入は貨物の噸數によるが運輸費は列車の數によつて長い列車も短い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多少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。即ち二列車を一列車一度で運搬出来れば其費用は半分になる譯で、それに収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尙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關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。

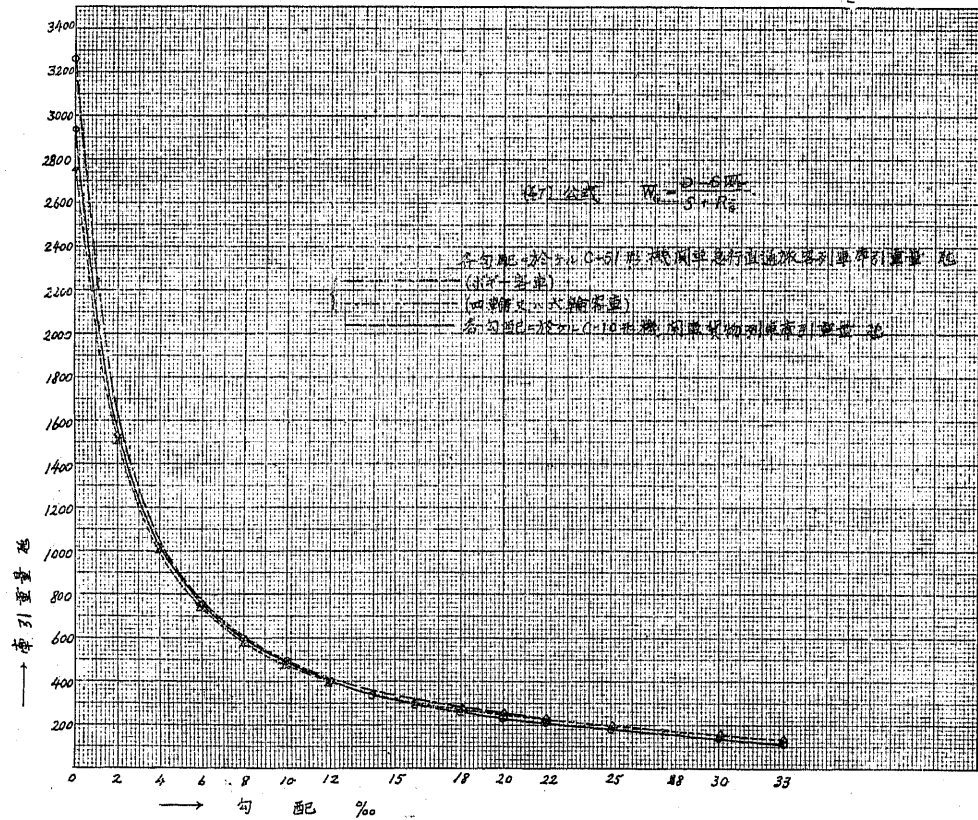
第二節 標準勾配又は制限勾配及び上り下り

(Ruling Grade (or Ruling Gradient), Rise and Fall)

標準勾配とは前節の第一の場合の様な列車の長さを制限する勾配を云ふのである。之は勾配と其長さに關係し一般には其區間の最急勾配であるが、又常に最急とばかり云ふことが出来ない。若し補助機關車を附して列車を押し上げる様な又は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て次の勾配が制限勾配である。列車の長さを制限せざる勾配は單に上り下りである。

第三節 標準勾配の撰定 (Choice of Ruling Grade)

(a) 標準勾配は又其區間を運轉する貨客の數によりて決定せらる。數量僅少にして機關車が容易に牽引をなし得る場合なれば緩勾配を要しないけれども若し其數多き場合には輸送量に於て又は運轉費用に於て其影響著しいのである。毎日定りたる貨物列車とか旅客列車等の爲には急勾配



第 51 圖

を用ふるも差支なきも石炭、鑛石、木材等の大量運輸に對し又は將來幹線となる見込があり、又は急行列車を運轉する様な線路にあつては其區間丈け急勾配を用ふるときは、列車を途中で切り離さなければならぬ様な場合が生ずるが旅客列車を途中で切る如きことは殆ど不可能である。此際補助機關車使用の方法もあるが出来るだけ同一の急勾配によるは經濟上よりも有益なるのみならず列車の運轉上よりも利便少なからざるものである。

標準勾配運輸量を算出するには前章第五節 (48) 式の通りである。貨物重量は (47) 式 $Wg = \frac{D-SW_L}{S+Rg}$ にて計算し得。故に將來の貨客量を知るときは是に該當する標準勾配を見出すことが出来る。前頁の圖表は C-51 形及び C-10 形機關車の各勾配に於て牽引し得る噸數、即ち一列車の輸送量 (貨車重量を含む) である。故に是に一日の列車回數を乗するとき全運輸量を知る譯である。

例 P = 一日片道輸送人員, G = 一日片道輸送噸, ポギー車定員 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 噸, 機關車の牽引効率 95%, 勾配 20% 機關車 C-10 のときの列車回數を求む。

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

牽引力は前圖によりて 20% に於ては 240 噸にして車數は 10 噸として 24 輛である。

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

(b) 標準勾配を如何に撰定するかは運轉費用と之を緩にするために要する建設費に對する經濟的問題となる。又貨物量大なるとき強大なる機關車を使用し或は特に補助機關車を備へて急勾配を押し上げるか是亦經濟上の問題となる。是等の事項に就ては第四編にて詳説するも尙考慮すべきは一區間の標準勾配を定むるに連接區間の制限をも考へて若し己むを得ず異りたるものを用ふる場合には機關車の種類、列車の解放、連結、組成に至る迄精密なる調査を必要とする。

(c) 制限勾配は大體は地勢によりて支配せられ其地勢中の急峻の所に就て研究すべきである。地勢によりて三つに區分することが出来て平坦線、緩勾配線、山線である。併し其間に何等の區別の標準はないが概して平坦線は勾配が 3% より 4% 迄なるも 10% 勾配でも距離が短小なれば惰力の利用によりて平坦線と同様に運轉することが出来るから此部類に入るのである。緩勾配線は平坦線と勾配線の間である。勾配線又は山線は大略 15% 以上のものであるが國有鐵道に於ては甲線 25%、特別線路 10%、乙線 25%、丙線及び簡易線は 35% と規定してある。(第二編第一章第五節参照)

地方鐵道にありては特に貨物量を考査して勾配を撰定することが必要で貨物量の少き所は急勾配を用ひたる方建設費を節減し得て鐵道の成立を容易ならしむる。地方鐵道敷設規定は最急は 33% 迄敷設し得らるゝこととなつてゐる。

外國に於ける例を見ると蒸氣鐵道でも隨分急なるものが存在する。

Schneeberg bahn (österreich)	40%
Reichenhall-Berchtesgaden (Bayern)	40
Brocken bahn (Hary) 1 ^m 軌間	45
Landquart-Davos (Schweiz) "	45
Rigi-Scheidech (") "	50
Duram-Guamote-Quito (Ecuador) 1.067 ^m 軌間	55
Chur-Aroso (Schweiz) 1 ^m 軌間	60
Ütilberg bahn (") 1.435 ^m "	70

蒸気鐵道は40%迄とし最急50%である。是等と雖も運輸量極めて少くして經濟上より極めて不經濟のものである。又保安上ブレーキの力より考慮して設計すべきものにして列車が或る規定以上の速力を出したるとき夫を止めることを得るや否や之が大事のことである。之が出来ざる場合には他の特殊の設備によらなければならない。電氣運轉になると便利で如何なる種類の鐵道にも適當して幹線に於て35%の所もあり市街鐵道に於ては115%の所も用ひられてゐる。

次に電氣鐵道の最急勾配を挙げれば次の如きものがある。

Türkheim-Dreilöhren (Elsasz)	100%
Straszen bahn in Augsburg	102
Pöstlingberg bahn bei Linz (1 ^m 軌間)	105
Straszen bahn in Remscheidt	108
Le Havre- St.Marie (France)	115

又特殊の設備(齒輪)によつて蒸氣運轉によりて急勾配を用ひある所は次の處である。

軌間 米	普通箇所		齒輪箇所		備考
	最急%	最急%	最急%	最急%	
Brünig bahn (Schweiz)	1.0	18	120		
Höllental bahn Freiburg Br-Neustadt 1888	1.435	25	55		
Harz bahn Blankenburg Tanne 1885	1.435	25	60		
Anden bahn (South America)	1.0	25	60-80		
Eisenerz-Vordernberg (österreich)	1.435	26	71		
Arica-La (Bolivia-chile)	1.0	32	60		
Furka bahn (Schweiz)	1.0	40	90		

日本の碓氷は電氣運轉で前後の勾配は25%で齒輪箇所は67% ($\frac{1}{15}$) である。

近代の登山鐵道として電氣運轉なれば普通箇所にて90%迄用ひられ齒輪を用ひて225%迄も用ひらるに至つた。

第四節 補助機關車勾配 (Pusher Grade)

線路が平地を走りて緩勾配で過ぐることに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關車を用ひて前

後を走行する列車の後押をなさしめて此勾配を突破せしむる。斯る勾配を補助機關車勾配と云ふ。

補助機關車勾配は前後の標準勾配を基として丁度其勾配を上る列車に更に補助機關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ことが大切である。

T = 本務機關車指示牽引力 (kg) W_L = 同重量 (t)

T' = 補助機關車 " " W'_L = " "

S = 標準勾配 % W_G = 貨車重量 (t)

S' = 補助機關車勾配 %

R_L = 機關車抵抗 (^{kg}/T), R_G = 貨物車抵抗 (^{kg}/T) とすれば本務機關車のみにて標準勾配に走行するとき其牽引力は

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

本務と補助機關車と連結して補助機關車勾配を上るときは

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

$$\therefore S' = \frac{T + T' - R_L (W_L + W'_L) - R_G W_G}{(W_L + W'_L + W_G)} \dots\dots\dots (55)$$

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

例. 機關車重量 48^T 牽引力 4,700^{kg} なるとき標準勾配 20% を速力 15^{km/h} にて走るとき同一機關車二臺を使用して補助機關車勾配を求むるに

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

$$R_G = 2.6 + 0.0008 \times 15 \times 15 = 2.7$$

$$4,700^{kg} = (48 + W_G) \times 20 + 5 \times 48 + 2.7 W_G \quad \therefore W_G = \frac{4,700 - 960 - 240}{20 + 2.7} = 154^T$$

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

即ち補助機關車勾配は32%である。

今迄述べ來つたのは貨物列車のみであつたが旅客列車に就きては調べる必要がある。旅客列車は車輛を澤山牽引すると云ふより速度を出さねばならない。此速力を出すことは牽引力を減ずる結果となるから或る所定の速度を出すには補助機關車を付けねばならない。故に補助機關車勾配を決定するには貨物列車と旅客列車の兩方より研究せねばならない事になる。

第五節 假定勾配 (Virtual Grade or Velocity Grade)

127.7(3)

機關車が列車を牽引して其速度を増加するときは機關車は走行抵抗、勾配又は曲線抵抗に對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。又之と反對に短距離の勾配にありては其麓に於ける列車の速力を利用するときに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。

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

勾配抵抗 R = 25kg

$$R + F = 25 - 7.44 = 17.56^{kg}$$

即ち 1 噸に付きて 17.56kg 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 25% の假定勾配である。

假定勾配を計算する速度頭 (Velocity head) を用ふるときは計算が容易である。

\bar{F} = 全抵抗 (kg), W = 全重量 (t), L = 距離 (m), v = 速度 (m/sec)

$$\text{仕事量 } \bar{F} \times L = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{W}{2g} v^2$$

$$\bar{F} = \frac{W}{2gL} v^2$$

$$W = 1000W \text{ kg}$$

F を 1 噸に對する抵抗とするとき

$$F^{kg/t} = \frac{v^2}{2gL} \times 1000$$

W を h 米高むるとするとき仕事量は Wh である。

$$Wh = \frac{W}{2g} v^2 \quad h = \frac{v^2}{2g} \quad \therefore F^{kg/t} = \frac{h \times 1000}{L}$$

h は Velocity head で v の代りに V^{km/h} を用ひ尙車輪の回轉のエネルギー (= $\frac{1}{2} \frac{W}{g} K^2 \omega^2$) に對し 6% を加算するときは

$$h^m = 0.0042 V^2 \dots\dots\dots (56)$$

$$F^{kg/t} = \frac{h \times 1000}{L} = \frac{4.2V^2}{L} \dots\dots\dots (57)$$

列車が始めに V₀ なる速度を有したるものが L なる距離を走行して V₁ なる速度となつたときは其假定勾配は次にて表し得。

$$F^{kg/t} = \frac{4.2(V_1^2 - V_0^2)}{L} = \frac{(h_1 - h_0) \times 1000}{L} \dots\dots\dots (58)$$

$$\therefore \text{假定勾配} = S - \frac{4.2(V_1^2 - V_0^2)}{L} = S - \frac{(h_1 - h_0) \times 1000}{L} \dots\dots\dots (59)$$

S = 勾配 (%), h₁, h₀ = Velocity head (m) L = 距離 (m)

例 (1) 機關車が停車場を出發して 1km を進行したるとき 50km/h となつた。此時の假定勾配を求む。
Velocity head = .0042 × 50 × 50 = 10.45 である。

$$\therefore F^{kg/t} = \frac{(10.45 - 0) \times 1000}{1000} = 10.45 \text{ 即ち假定勾配は } 10.45\% \text{ である。}$$

例 (2) 列車が 50km/h で 10% にかゝつたとき 300m の所にては何程の速度になるか。
10% 勾配にて 300m の所では 3m となる故に 50km/h に相當する Velocity head 10.45m より 3m を減じ 7.45m に相當する速度は

$$7.45m = .0042V^2 \quad \therefore V = 42.1 \text{ km/h}$$

例 (3) 6% の上り勾配で 600m で速度が 30km/h より 20km/h になつたとき其假定勾配は
h₀ = 0.0042 × 30 × 30 = 3.78m

$$h_1 = 0.0042 \times 20 \times 20 = 1.68m$$

$$\frac{1000 \times (1.68 - 3.78)}{600m} = \frac{-2.10m \times 1000}{600m} = -3.5$$

$$\therefore \text{假定勾配} = 6\% - 3.5\% = 2.5\%$$

第六節 惰力勾配 (Momentum Grade)

前述の如く急勾配も列車の速力によるエネルギーを利用して攀じ上ることが出来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擧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。ブロック信號の使用により停車を餘儀なくせられ又は事故の發生によりて一時列車が止められたるときは惰力は消滅して只機關車の力のみで上らなければならぬからである。故に止むを得ざる場合には機關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力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。

米國鐵道技術協會にて特に惰力勾配を用ふる場合を規定せるものは次の様である。

Momentum gradients, not exceeding that over which a locomotive loaded for the ruling gradient can handle its train in two parts if stalled for any reason in the sag, may be used to reduce construction cost without decreasing the train rating or the efficiency of the railway, and should be used where economy in construction cost is there by effected, except at points where train stops or reduced speed, below the limit necessary to operate the gradient, are likely to be necessary.

In the calculation of the length of momentum gradients the maximum speed of freight train at the bottom of the sag should not exceed the speed limit for such trains on the engine district under consideration, and the minimum speed at the top of the grade, where the velocity grade adjoins an ascending grade of any considerable length, should not be less than eleven miles per hour.

Where the top of the momentum gradient is at a summit, the minimum speed may be less than 11 miles per hour.

第七節 長き隧道の勾配 (Grade in Tunnel)

隧道にて機關車の煙筒より出す水蒸氣は冷却して軌條面を潤して軌條と働輪間の摩擦を減ず。故に隧道の延長大にして換氣不充分のものにありては其區間の制限勾配よりは幾分の遞減を要するものである。

濕潤せる隧道内に於ける摩擦係數 (f_t) は普通 (f) の八割と見做されて居る。

$$f_t = .8f$$

$$\text{隧道外 } 1000 fW_1 = (W_L + W_G) (R_r + R_c + R_t)$$

隧道内 1000 ft $W_1 = (W_L + W_G) (R_r + R_{ct} + R_{it})$

R_{ct} = 隧道内に於ける曲線抵抗 W_1 = 側輪重量(t), $W_L W_G$ = 機関車, 貨車重量(t)

R_{it} = " 勾配抵抗 R_r, R_c, R_i = 隧道外の走行, 曲線, 勾配抵抗,

$$\frac{f_t}{f} = \frac{R_r + R_{ct} + R_{it}}{R_r + R_c + R_i}$$

$$R_{it} = \frac{f_t}{f} (R_r + R_c + R_i) - (R_r + R_{ct}) = 0.8 (R_r + R_c + R_i) - (R_r + R_{ct}) \dots (60)$$

隧道内勾配 $S_t \% = R_{it}$

此外に隧道内には空気抵抗あり。複線なるときは僅少なるときは1噸に付き 2.3~2.9% (5~6%) 存在す。併し急勾配にありては一般に速度小なる故に小なるものである。

例. 制限勾配 20% のとき隧道内の勾配を何程になすべきか。

但し隧道内に 300m 曲線あり。速度 = 10km/h

$$R_i = 20\%g$$

$$R_r = 3.01 + 0.00054 \times 10^2 = 3.06\%g$$

$$R_c = \frac{400}{300 - 20} = 1.4\%g \quad f_t = 0.8f$$

$$R_{it} = 0.8 (3.06 + 20) - (3.06 + 1.4) = 14\%$$

第八節 不均等なる上下貨物に對する勾配の撰定

(Adjustment of Grade for Unbalanced Traffics)

上り貨物下り貨物に於て著しく其數量を異にする場合には多き方は勾配を緩にするも少き方は急にしても差支がないのみならず却て之が爲め建設費を節減して鐵道として經濟上好状態となる。斯る場合は次のものである。

- (a) 線路が農産地より市場に向ふ場合、又は
- (b) 林産地より人口稠密なる都市へ向ふ場合、又は
- (c) 石炭地帯より都市又は輸出港に向ふ場合、
- (d) 線路が鑛山より製煉地に向ふ場合である。

斯る場合には不平均の貨物量を見積り同時に貨車の風袋と全重量との割合を知ることが必要となる。

W_L = 機関車重量, R_L = 同抵抗, R_G = 貨車抵抗

W_G = 貨物量大なる方の貨車全重量 = 貨車風袋 + 貨物量 = $D + G$

S = " の標準勾配

S' = 反對側の " "

n = " の全貨車に於ける風袋と貨物量大なる方の貨車全重量との比 = $\frac{D}{W_G}$

m = 貨物量の小なる方と大なる方の重量の比

貨物量大なる方の列車重量 = $W_L + W_G$

" 小なる方の " = $W_L + nW_G + m(1-n)W_G$

$\{W_L + nW_G + m(1-n)W_G\} S' + R_L W_L + R_G \{nW_G + m(1-n)W_G\}$

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

$$\therefore S' = \frac{(W_L + W_G) S + R_G W_G - R_L \{nW_G + m(1-n)W_G\}}{W_L + nW_G + m(1-n)W_G} \dots (61)$$

第七章 列車運轉上より線路縦断面撰定

(Profile with Reference to Train Operation)

線路の標準勾配が決定せらるゝも尙勾配の組合せの如何によりては制動機を用ふることに少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轉時間を短縮し尙運轉容易なる線路を得る事が出来る。夫れが爲めには次の曲線の作製を必要とする。

第一節 速度-距離曲線及び速度-時曲線

(Velocity—Distance Curve and Speed—Time Curve)

運轉する機関車の種類が定まるときは各勾配線上の速度と距離及び速度と時間の關係を曲線にて表し直ちに各勾配に於ける速度及時間の關係を知ることが出来る。

機関車が給氣運轉のときは水平線では加速力となり絶氣運轉のときは減速力となる。

F_0 = 水平線加速力 (kg/t), F_u = 上り勾配加速力 (kg/t), F_d = 下り勾配加速力 (kg/t)

F'_0 = " 減速力 " , F'_u = " " 減速力 " , F'_d = " " 減速力 "

D = ドロ-バ-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), R_L = 機関車抵抗 (kg)

[1] 給氣運轉加速力 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。

$$\text{水平線に於て} \quad F_0 = \frac{D - R_G W_G}{W_L + W_G}$$

$$\text{上り勾配に於て} \quad F_u = \frac{D - R_G W_G - W_L S - W_G S}{W_L + W_G} = F_0 - S$$

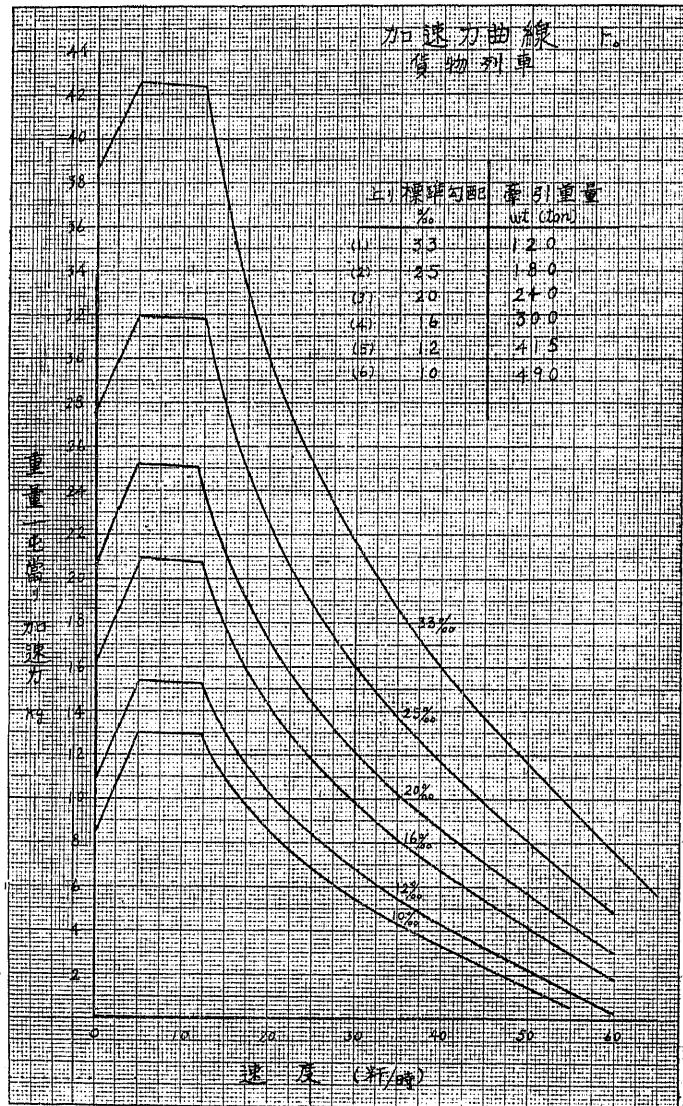
此の式にて S が大なるときは F_u は減速力となる

$$\text{下り勾配に於て} \quad F_d = \frac{D - R_G W_G + W_L S + W_G S}{W_L + W_G} = F_0 + S$$

.....(62)

〔2〕絶氣運轉減速力 機関車は絶氣なるによりて走行中の凡ての抵抗に打ち勝つためには自分の持ちたる速力を減退す。従つて減速力は凡ての抵抗を意味することとなる。

$$\left. \begin{aligned} \text{水平線に於て} \quad F'_0 &= \frac{\bar{R}_L + R_G W_G}{W_L + W_G} \\ \text{上り勾配に於て} \quad F'_a &= F'_0 + S \\ \text{下り勾配に於て} \quad F'_a &= F'_0 - S \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(63)$$



第 52 圖

(次頁参照)

〔3〕運轉時間 (42), (43) 式より
及運轉距離

$$\left. \begin{aligned} \text{運轉時間 (sec)} &= t = \frac{30}{F} (V_1 - V_0) \\ \text{運轉距離 (m)} &= L = \frac{(V_0 + V_1)}{7.2} t \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(64)$$

F = 加速力 (kg/t) V₀ = 始めの速度 (km/h), V₁ = 次の速度 (km/h), t = 時間 (sec)
L = 距離 (m)

〔4〕曲線の作製

(1) 給氣加速力曲線

前頁第52圖は機関車 C-10 形が貨物列車の標準重量を牽引したるとき生ずる加速力 (F₀ = $\frac{D - R_G W_G}{W_L + W_G}$) 曲線で次の如く見出さる。

例 標準勾配 33% の線路に於て速度 10km/h の時の F₀ を求む。
(49)より 標準重量 = W_G = 120^t (46)より D = 8300^{kg} (22)式より R_G = 2.07 + 0.00066 × 10²
= 2.14^{kg/t} W_L = 69.7^t
F₀ = $\frac{8300 - 2.14 \times 120}{69.7 + 120} = 42.4\text{kg/t}$

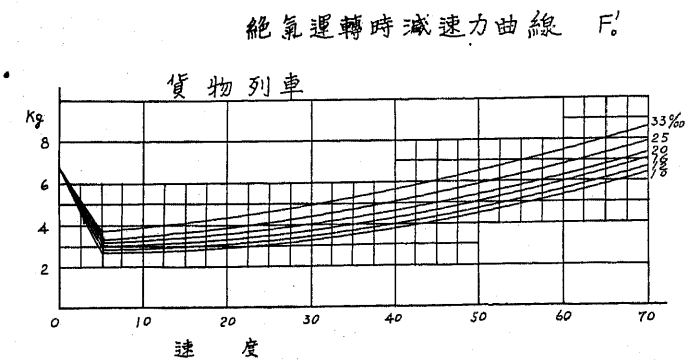
同様な方法によりて各速力と異りたる勾配に付きて求むるときは第52圖表を得る。

(2) 絶氣減速力曲線

次の圖表は C-10 形機関車が貨物列車の標準重量を牽引し絶氣の際に生ずる減速力 (63) 式 (F'₀ = $\frac{\bar{R}_L + R_G W_G}{W_L + W_G}$) 曲線で次の如く見出さる。

例 標準勾配 33% の線路に於て速度 10km/h の時の F'₀ を求む。
(49)より W_G = 120^t, (20)式より \bar{R}_L = 475, W_L = 69.7^t
R_G = 2.07 + 0.00066 × 10² = 2.14^{kg/t}
F'₀ = $\frac{475 + 2.14 \times 120}{69.7 + 120} = 3.86\text{kg/t}$

同様な方法によりて各速力と異りたる勾配に付きて求むるときは次の第53圖表を得る。



第 53 圖

(3) 速度-時曲線及び速度-距離曲線

標準勾配、機関車の種類、列車の種類異なるにより別々に作製すべきものにて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 噸 (49) の場合なりとす。

(64) 式より以下任意勾配に於ける速度 V_0 km/h より V_1 km/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によりて速度を細分するを要し以下 5 km/h 毎に計算する。

(a) 給氣運轉加速力の場合

速度 km/h	平均 速度 km/h	F_0 第(52)圖 より kg/t	-15% (下り勾配)				-3% (下り)		水 平	
			$t = \frac{30}{F_0 + 15} (V_1 - V_0)$	$L = \frac{V_0 + V_1}{7.2} t$	Σt	ΣL	Σt	ΣL	Σt	ΣL
			sec	m	sec	m	sec	m	sec	m
0	2.5	40.6	0	0	0	0	0	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	23.1	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	196.3
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 第(52)圖 より kg/t	+21% (上り勾配)				+25 (上り)		+30 (上り)	
			$t = \frac{30}{F_0 - 21} (V_1 - V_0)$	$L = \frac{V_0 + V_1}{7.2} t$	Σt	ΣL	Σt	ΣL	Σt	ΣL
			sec	m	sec	m	sec	m	sec	m
65	62.5	6.4	0	0	0	0	0	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	576.0	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	445.3
40	37.5	17.1	23.4	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 に於て				102.7	1230.3	65.8	816.5
25	22.5	27.3	$F_0 = 21$ となり速度に變化なし				25 km/h に於て $F_0 = 25$		87.5	982.3
20	17.5	32.8								
15	12.5	42.4								
10										

(c) 絶氣運轉の場合

速度 km/h	平均 速度 km/h	F_0 第(53)圖 より kg/t	-10% (下り勾配)				-15% (下り)		-23% (下り)	
			$t = \frac{30}{10 - F_0} (V_1 - V_0)$	$L = \frac{V_0 + V_1}{7.2} t$	Σt	ΣL	Σt	ΣL	Σt	ΣL
			sec	m	sec	m	sec	m	sec	m
0	2.5	5.3	0	0	0	0	0	0	0	0
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	13.3
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	332.3	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	825.3	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

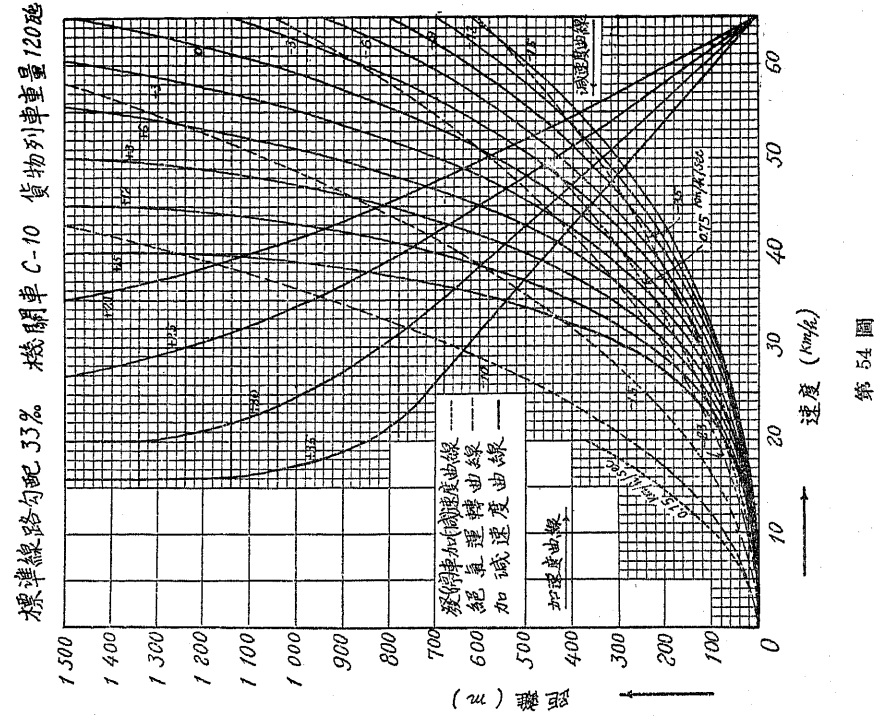
出發の際は 125 頁の内規によりて 15 km/h 迄は 0.15 km/h/sec の加速度にて走行するを要し停止の際には又規定減速度なるを要するにより其際の距離及び時間を求む。減速度は 0.75 km/h/sec とする。減速度は加速度曲線を畫きて反對の方より讀むによりて知ることが出来る。

(39) 式より $L = 0.139 \frac{V^2}{\bar{a}}$, $t = \frac{V}{\bar{a}}$

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	43	20
20	371	133	74	27
25			116	33
30			167	40
35			227	47
40			297	53
45			375	60
50			463	67

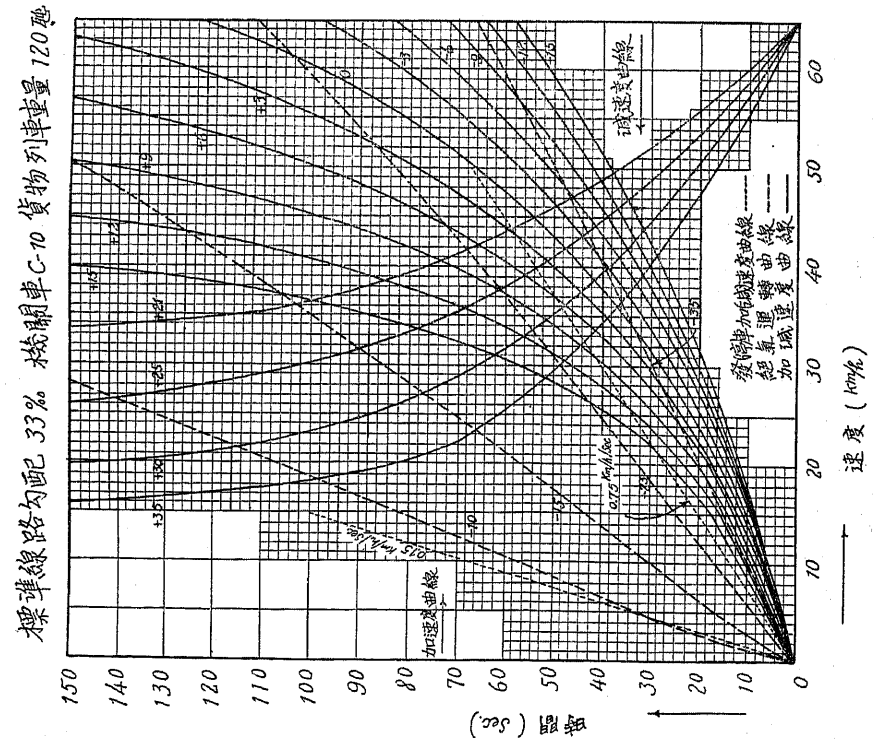
(e) 前記の四表より速度-距離曲線及び速度-時曲線を畫き加速度の場合は左より右に減速度の場合は右より左に向ひて作圖したものは第54圖及び第55圖である。曲線は加速度の場合は -15% ~ +15% 迄減速度は +21% ~ +35% の場合又絶氣運轉の場合は -10% ~ -35% 迄の勾

速度—距離曲線



第54圖

速度—時間曲線



第55圖

配、又發車停車加速度及び減速度の場合は 0.15 km/h/sec 、 0.75 km/h/sec の曲線を畫きたるも、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。而して其處の標準勾配と使用機關車によりて異ならしむるは勿論である。

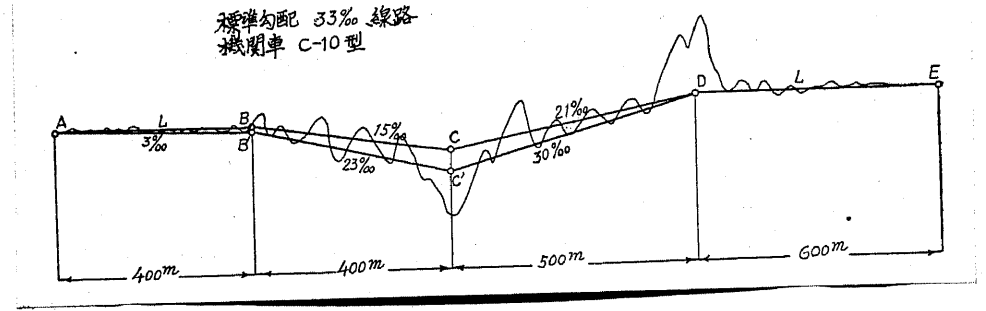
前記二曲線は實際に當りては餘り精確のものを要しない故に圖解法を用ふること屢である其方法にも色々あるも普通 Strahl 氏の方法を用ふる其方法は列車1速當りの加速力と列車速度との關係を用ひて直接に運轉時分に速度と距離の關係を圖式的に求むる方法である。

第二節 列車運轉上の線路縦断面圖の研究

(Profile from Train Operation)

前記の速度、距離時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來、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。

次の第56圖面に於て AB'C'DE なる縦断面を ABCDE に變更したるときにどれだけ運轉上利得するかを研究せんとする。



第56圖

(1) AB'C'DE 線路

機關車 C-10 形標準勾配 33% の線路とし之によりて計算したる前記速度、距離、時曲線を用ひ A を出發して E に停車する迄を研究せんとする。

(1) A を出發して運轉内規によりて速度 15 km/h になる迄は加速度 0.15 km/h/sec を保つとし 54圖 55圖により發車加速度 0.15 km/h/sec 曲線によつて $L=209 \text{ m}$ 、 $t=100 \text{ sec}$ なるを知る。

(2) 次に54圖表の (-3%) 加速度曲線に於て 15 km/h は距離 21 m にて出し得る速度で勾配の終點迄 $(400-209)=191 \text{ m}$ に於ける速度は、 $21+191=212 \text{ m}$ に相當する速度 37 km/h なる事を知る。之に要する時間は 55圖にて 24 sec である。

(3) 次の勾配の 23% にては規定制限速度は丁度 37 km/h なる故に是よりは絶氣しブレーキによつて同速度を保ちて下る。

是に要する時間は $\frac{400 \text{ m}}{\frac{37 \times 1000}{60 \times 60}} = 39 \text{ sec}$ である。

(この勾配の初速度が制限速度より大なるときは前區間にて豫め絶氣して丁度其速度にて到着

するを要す。之は前勾配の絶氣運轉曲線を畫くによりて知ることが出来る。

(4) 次の +30% 勾配は給氣して前速度の 37^{km/h} で上るに 54圖の+30% 減速度曲線に於て 37^{km/h} は 640^m の距離に相當する、頂上迄の距離は 500^m ある故に (640+500)=1140^m の位置の速度は同曲線によつて 22^{km/h} なるを知る。而して是に要する時間は 55 圖の同曲線によりて 69^{sec} である。

(5) 次は水平線路 600^m である。初速度 22^{km/h} にて出發し或速度となり夫よりブレーキによりて規定減速度 0.75^{km/h/sec} にて停車するとするに、54圖加速度水平曲線によりて 22^{km/h} は 60^m に相當する。是よりは試方法によりて求むるに、今假に 270^m 進行したりとする、然るときは速度は同曲線 (60+270)=330^m に相當する 42^{km/h} となる、此速度は 0.75^{km/h/sec} の發停車加減速度曲線によりて (600-270)=330^m にて停車するかを見るに、此の規定減速度ブレーキにて停車することを知る。

時間は55圖によりて前者は 30^{sec} を要し後者は 56^{sec} である。

(1) - (5)迄の距離及時間を合計するときは次の通りである。

勾配區間	勾配 %		初速度 ^{km/h}	次速度 ^{km/h}	距離 m	時間 sec
AB'	-3	給氣	0	15	209	100
"	"	"	15	37	191	24
BC'	-23	絶氣ブレーキ	37	37	400	39
C'D	+30	給氣	37	22	500	69
DE	水平	"	22	42	270	30
"	"	絶氣ブレーキ	42	0	330	56
						318 ^{sec}

(II) ABCDE線路

(1) Aを出發して速度 15^{km/h} になる迄は前と同様である。

$$t = 100^{sec}$$

$$L = 209^m$$

(2) 54 圖水平加速度曲線にて 15^{km/h} の速度は 22^m の距離にて得られ此先の勾配の變り目迄 (400-209)=191^m の速度は (22+191)=213^m に於ける同曲線の位置より 36^{km/h} である。此時間は第55圖表によりて 26^{sec} である。

(3) 次の勾配は (-15%) にて運轉制限速度は 49^{km/h} なるにより、其終點にて夫れに達する様絶氣するを要す。先づ 40^m の處まで進むとせば54圖(-15%)加速度曲線によりて前速度の36^{km/h} は130^m の處にて得らるるによりて (130+40)=170^m に於ける速度は 40^{km/h} となる。此際絶氣運轉となし之迄の所要時間は 55 圖で 4^{sec} である。次に (-15%) 絶氣曲線によりて 40^{km/h} は 640^m なるによりて勾配の終點迄 (400-40)=360^m との合計 (640+360)=1000^m に於ては 49^{km/h}

となり丁度制限速度となる。所要時間は55圖にて 30^{sec} である。

(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^{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^{km/h} となり次の勾配に移る。此時間 39^{sec} である。

(5) 次は水平線全延長 600^m にて列車は規定減速度 0.75^{km/h/sec} にて停止を要する。39.5^{km/h} は水平加速度曲線にて 270^m の距離に相當する。之より先は前と同様試方法にて求むる。假に 185^m 進行したるとせば同曲線の (270+185)=455^m の所にて速度は 47^{km/h} となる。次に停車加減速度 0.75^{km/h/sec} 曲線にて 47^{km/h} は 415^m の距離に相當し、此兩距離の和は (185+415)=600^m にて丁度此の區間の長さである。故に初速度 39.5^{km/h} の列車は 185^m 進行して 47^{km/h} となり。夫より制動により 0.75^{km/h/sec} の減速度にて停車する。其の時間は第55圖曲線によりて前區間は 16^{sec} にして後區間は 63^{sec} である。

是を總計するときは次の表にて表さる。

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	209	100
"	"	"	15	36	191	26
BC	-15	"	36	40	40	4
"	"	絶氣	40	49	360	30
CD	+21	給氣	49	39.5	500	39
DE	水平	"	39.5	47	185	16
"	"	絶氣	47	0	415	63
						278 ^{sec}

前述する處によつて AB'C'DE と變更縦斷 ABCDE を比較するに

(1) 前者は下り勾配に於て殆んど全區間ブレーキを要し、下りより得る惰力を利用すること少なきに反し後者は絶氣して自然運轉の儘に任し、全部惰力を利用し得る。

(2) 運轉時間に於ては前者が318秒に對し後者は278秒にて40秒短縮し得らる。即ち後者は速度の制限少き爲めに大なる速度にて下り、又上りに於ても惰力の利用によりて早き運轉をなし得る。

(3) ブレーキを使用する回数は前者の方多く従て餘分の車輛修繕費を要する譯である。

斯の如き方法によりて全線に亙り往復線路共に比較研究するときは運轉時間を少くし運轉に好適の線路を得るのみならず、石炭を節約し車輛修繕費の少き線路を得ることが出来る。尙最も大切なるは此の縦断面の研究によりて各勾配に於ける速度を知るが故に其處に存在する曲線半径が其速度に適應しあるやを知ることが出来る。

尙縦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ない。従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關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来ない。従て運轉時間が延びるは免れない。

- (2) 惰力勾配を上りて次に下り勾配にかゝ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る長きを欲しい。
- (3) 運轉上に関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、又給氣して速力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 45km/h と規定してある。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ものなるは前に述べたる通りなるも、尙下り勾配にて惰走の爲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。

第三節 石炭の使用量 (Coal Consumption)

勾配の營業費に対する影響は保線費、修車費、燃料費等なるも其主なるものは燃料費即ち石炭費である。統計に因るものは第四編に於て述ぶるも運轉中に於ける石炭使用量を擧ぐるときは次の通りである (國有鐵道建設規程解説 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焼量は一時間當り平均火床面積 1m² 當り 550kg である。
(C-10形機關車に於ては火床面積 1.6×550=880kg)
- (2) 絶氣運轉中の石炭燃焼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) 驛構内待合中の石炭使用量は構内の走行に要するものをも見込みて給氣運轉中の 2.5% である。
- (4) 點火用石炭及び埋火用の石炭は前者は傳熱面積 1m² 當り 4.2斤位後者は (1) の場合の約 1.25% である。

今前記の二線路の走行中のみの石炭の使用量を比較するときは次のものである。列車出發して規定速度 15km/h に達する迄の燃焼量は兩者同じとなし茲には其後の運轉中の消費量を比較するとせん。

AB'C'DE の場合

$$\begin{aligned} \text{給 氣} & (24+69+30) \times \frac{880\text{kg}}{60 \times 60} = 30\text{kg} \\ \text{絶 氣} & (39+56) \times \frac{7.5}{100} = 2\text{kg} \\ \text{合計} & 32\text{kg} \end{aligned}$$

ABCDE の場合

$$\begin{aligned} \text{給 氣} & (26+4+39+16) \times \frac{880}{60 \times 60} = 21\text{kg} \\ \text{絶 氣} & (30+63) \times \frac{7.5}{100} = 2\text{kg} \\ \text{合計} & 23\text{kg} \end{aligned}$$

即ち變更線路は前線路に比して石炭の消費量は約 2/3 にて足りて居る。尙石炭の消費量は各速度によりて異なる故に精密の計算には巻尾第六編添附表第一表(3)に示す通りの圖式計算法による。

第八章 曲線の撰定 (Choice of Curve)

國有鐵道に於ては線路の種類によりて最小半徑を定め甲線 300m、乙線 250m、丙線 200m、簡易線 160m、特別の線路は 400m となし、分岐に附帶するものは甲乙線 160m、丙線簡易線は 100m としてある。地方鐵道に於ては本線は軌間 1.067m 及 1.435m のものにありては 160m 以上、軌間 762mm のものにありては 100m 以上と規定してある (第五編建設規程参照)。獨逸國有鐵道にては幹線 300m (許可を得たる場合 180m) 地方線 100m、スイス聯邦鐵道では幹線 150m、地方線 100m 又米國に於ては 300 呎を用ひて居る處が可なり多い。

第一節 曲線の速力に及ぼす影響 (Effect of Curve to Velocity)

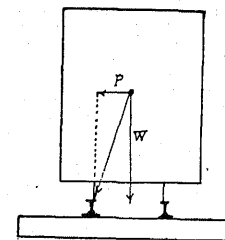
(1) 列車の速力は曲線半徑によりて左右せらる。従つて速力大なる急行列車を運轉する區間に於ては特に注意を拂ふべきことで小曲線は速度を出すことの出来ないのみならず脱線等の危険を伴ふものである。之は曲線を走る際に起る遠心力が列車に働く爲めである。併し半徑の割合程速度は減ぜられるものではない。

$$\begin{aligned} \text{遠心力 } P &= \frac{mv^2}{R} = \frac{Wv^2}{gR} \quad v = \text{速度 (m/sec)} \quad R = \text{半徑 (m)} \quad g = 9.82\text{m} \quad W = \text{重量} \\ v &= \frac{1000V}{60 \times 60}, \quad V = \text{速度 (km/h)} \\ P &= \frac{0.008V^2W}{R} \quad R = \frac{0.008W}{P} V^2 \dots\dots\dots (65) \end{aligned}$$

今半徑 400m 曲線で 50km/h の速力を出して居つたものが半分の 200m の曲線になりたりとてそれが半分に減るのでなく 35km/h の速力を出し得らるゝのである。

(2) 列車の顛倒

列車が速度の爲めに顛倒する限度は車輛の重力と遠心力の合力が一方の軌條の上に来つたときである。



第 57 圖

車の重心は機關車に於て軌條の上 1.7m となして計算するとき速力を見るに

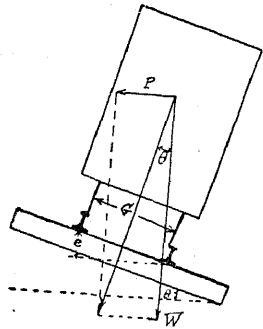
$$\begin{aligned} \frac{W}{P} &= \frac{1.7}{1.067 \times \frac{1}{2}} \quad P = .314W \text{ or } \frac{0.008WV^2}{R} \\ V &= \sqrt{\frac{.314R}{0.008}} = 6.3 \sqrt{R} \dots\dots\dots (66) \end{aligned}$$

即ち速力は半徑の平方を 6.3 倍したるものであるが實際に於ては列車の動揺のために又風力が

重なるときは夫れ前に顛倒するのである。列車が停車場内に進入するとき8番轉轍器に附帶する曲線100m半徑を通過するとき假令動搖がなくとも此式より63km/h以上出しあるときは顛倒する。實際にも房總線又は東海道線にて構内側線に列車が進入の際顛倒せる事故がある。

(3) 外軌條の高度

速度による遠心力の爲めに列車の顛倒を防止する爲めと車が傾斜して重量が兩方の軌條に平均させる爲めに外軌に高度を附することになつてゐる。(第二編軌條の高度参照)



第 85 圖

$$\text{高度 } e = \frac{G \cdot v^2}{Rg}$$

高度は速度の二乗によつて變る爲めに速度によつて大なる差異を生ずる。而して速度は列車の種類によりて一定しない。速度の緩なる貨物列車と快速力を要する急行列車とにより速度に相違があるから夫々相當なる高度を附けねばならぬが、それは不可能である。故に其線路に最も適當したる高度を附するより外はない。

最大は軌間の $\frac{1}{7}$ 迄と云つてゐる。1.435m の軌間にあつては 15~20mm (6~8") のものも存在する。國有鐵道 1.067m の軌間にあ

りては最大 115mm 迄と規定し車輛靜止のときは内側は $\frac{2}{3}$ 外側は $\frac{1}{3}$ の負擔となり、之より大なる高度にありては速度の小なる場合内側軌條が餘分なる重量を受けることとなるのみならず、列車の動搖によりて内側に顛倒し易き故、高度は或程度迄に止めて急行列車は速力を加減して走るることになつて居る。200m 曲線にありては 50km/h、300m にありては 60km/h、400m にありては 70km/h と制限してある

第二節 機關車及車輛車軸間の限度 (Limit of Wheel Base)

曲線に於ては車輪を圓滑に運轉し得せしむる爲めに軌間に擴度を附す。之は車輛の固定輪軸の長さに相當するだけのものであるが、擴度には一定の制限があつて夫れ以上になると車輪の輪底軌條との接觸する所が少なくなる爲め國有鐵道では 30mm を最大とする。故に固定輪軸の長さに制限が出来るわけである。(第二編軌間の擴度参照)

若し四輪車にて後軸が圓中心に向ふとき軸間を l とするときは 擴度 $S = \frac{(2l)^2}{8R} \therefore l = \sqrt{2RS}$

例. 半徑 250m, 擴度 30mm のとき通過し得る車輛の輪軸間の長さを求む。

$$l = \sqrt{2 \times 250 \times 0.03} = 3.9\text{m}$$

第三節 列車脱線に対する影響 (Danger of Operation on Curve)

列車脱線に對して曲線が如何に影響するか之を證すべき的確なる統計は得られないのであるが昭和二年度の國有鐵道事故の回數を見るに 1005 回で列車十萬哩毎に約一回の割合である。此事故の内列車の脱線は 164 回で事故數の 16% に當る。其内曲線部分に起りたるは統計を缺くも之を札鐵管内の同年度に起りたる脱線回數を調ぶるに 35 回である。其の内曲線個所の分は 13 回で直線の分は 10 回、構内の分は 12 回である。而して曲線に於ける脱線と云つても直接曲線が事故の原因となつて居るものはない。多くは他の原因である。勿論速度の餘り早くない關係もあるも適當の高度を附しある線路にありては曲線が事故の原因なりと云ふ確證は得られて居ない。列車走行中外側軌條が内側軌條(車輛の靜止したるとき)と同様の壓力を受くる迄走るとせば、規定速度より尙大になし得るは軌條の高度の項に於て述べた通りである。又内側軌條に護輪軌條を敷設するによりて或る程度迄は脱線を防止することが出来る。

第四節 列車長の制限 (Limit of Train Length)

曲線に於ける列車抵抗は列車表を制限せらるゝ譯であるが、前章に於て述べた通り曲線抵抗は勾配抵抗に比べて極めて少く 200m 曲線に於てさへ僅に $2.2^{km}/\pi$ で勾配で云ふとき 2.2% に相當する位で餘り重きをなすものでない。然し乍ら補助機關車を用ふるときに列車長が餘り長くなるときは後押機關車の爲めに列車の中央部は外側に押し出されんとする傾向がある。此ためには特に又一つの機關車を中央に差し挿む必要が起つて来る。従て機關車の牽引能率の低下は免れない。

第九章 勾配線中の曲線 (Curve on Grade)

第一節 曲線に於ける勾配補整

Curve Compensation (Grade of Uniform Resistance)

曲線個所に於ては抵抗が増加する故に制限勾配中に曲線を含む場合には夫れだ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勾配 S を求めんとする。

R_c = 曲線抵抗とすれば $S = S_m - R_c$

例. 標準勾配 25%, 半徑 300m 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 0.03~0.05% (百分率) を遞減する。

〔I〕 米國鐵道技術協會補整規定

之は實地に適合したる結果を集めて決定せるものである。

(1) 曲度 1° に付きて勾配 0.03% を補整する場合。

曲線の延長が最長列車の $\frac{1}{2}$ より小なるとき又は曲線が勾配の上り口より 20 呎以内の距離に始まるとき若しくは曲線が輸送力を制限する傾向の少きとき。

(2) 曲度 1° に付きて勾配 0.035% を補整する場合。

曲線の長さが最長列車の長さの半分乃至 $\frac{3}{4}$ の場合、又は曲線が上り勾配の 20~40 呎内に起る場合。

(3) 曲度 1° に付きて 0.04% を補整する場合。

列車が曲線中を常時緩速度にて運行する場合又は曲線長が最長列車の $\frac{3}{4}$ より長い場合、若しくは曲線高度が貨物列車に對して大き過ぎる場合、又は曲線が輸送力を制限する傾向ある場合。

(4) 1° に付き 0.05% を補整する場合。

地勢上勾配を緩くするため高さの損失ありても差支へなき場合である。

尙同協會の線路擧定經濟調査委員會は曲度一度に付きて勾配 0.035% を補整の必要ありと決めて居る。

今假に曲度 1° に付きて勾配 0.035% を補整するとせば

$$\text{曲度 } \theta = \frac{5730}{R(\text{ft})} = \frac{1747}{R(\text{m})} \quad R = \text{半徑}$$

$$\therefore \text{曲線補整 (勾配\%)} = \theta \times 0.35\% = \frac{1747}{R} \times 0.35\% = \frac{612}{R}$$

$$\therefore \text{補整勾配 } G\% - \theta \times 0.35\% = G\% - \frac{612}{R} \dots\dots\dots(67)$$

G% = 補整を要すべき勾配

〔II〕 國有鐵道補整規定

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° に付きて 0.035% を遞減せしむることとした。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。

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

(6) 縦斷面圖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。

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

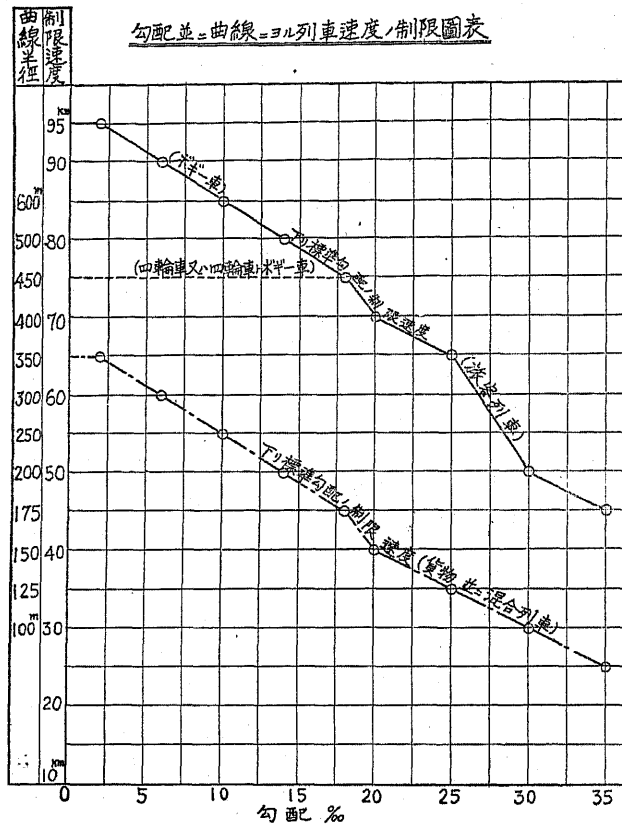
補整勾配	曲線と勾配との組合		
	R=200m	250m	300m
35%	38%	37%	〃
33	36	35	〃
30	33	32	〃
25	28	27	〃
22	25	24	〃
20	23	22	〃
18	21	20	〃
16	19	18	〃

第二節 下り勾配中の曲線半徑の制限

(Limit of Radius of Curve on Down Grade)

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来ない。又曲線個所に於ても速度に一定の限度があるは既に述べた通りである。故に線路擧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爲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 70km/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 以上の半徑を要する。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徑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徑なるを要する。而して其勾配の各位置に於ける速度は第 54 圖の減速度曲線を作製し、之によりて知ることが出来る。(此際曲線は旅客列車の減速度曲線なるは無論のことである)。



第 59 圖

國有鐵道の規定速度は現時の機關車に對して制定したる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となる。故に勾配の下り込にある曲線半径は出来る丈け大になし置く必要がある。

第十章 停車場撰定 (Location of Station)

第一節 停車場位置 (Position of Station)

停車場の位置は都市を繁榮ならしむる地點でなければならない。之が爲には

(a) 都市の中心地點に近かよらしめねばならない。貨物に對する小運送費を減じて安價に供給する事を得ると共に製品も安く搬出し得る。又後説する如く都市人の乗車率を高め得て都市を繁榮ならしむると共に鐵道の収益を増加せしめ得る。

(b) 將來の貨客の増加に對して充分發展の餘地ある地點を撰ぶことを要す。乗降場及び貨物積

込場及び線路の増設は都市の繁榮と共に益々大なる地域を要するが故に豫め之に差支なき地點を撰び置かなければならない。

(c) 給炭給水の停車場にあつては水量水質に就て調査し機關車庫設置驛にありては煤煙のため都市の美觀を損せざる地點を撰ばねばならない。

(d) 操車場は貨車の分解組立に貨車の集る地點を撰ぶと共に従事員數も多數に上るが故に大都市附近を便とする。

第二節 列車運轉上よりの停車場位置

(Position of Station with Regard to Train Operation)

(a) 停車場は直線上に設置せねばならない。稀に曲線上で設けることあるも列車運轉上勘からざる不便を來たす。列車出發に際して乗務者間の合圖が見えないために事故を起す機會が多いのみならず貨車入換に不便である。又通過列車のある場合には停車場内と雖も外側軌條に高度を附するを要する。故に側線又は互り線の取付けに困るばかりでなく、普通列車は傾斜線路に於て發着せねばならない不便を生ずる。其他乗降擁壁と列車との開きが増すから紐育の高速鐵道の如き此不便を除く爲めに特別の器械的の設備をなす様な場合が生ずる。

國有鐵道にては停車場内乗降場に沿ふ曲線半径は甲種線路では 500m、乙種で 400m、丙種線路では 300m 簡易線 200m 以上と定め、乗降場の兩端は之より小でもよいとしてある。側線は 100m 以上とし車輛を制限してある場合には 80m 迄に縮少することが出来る。(第五編建設規程参照)

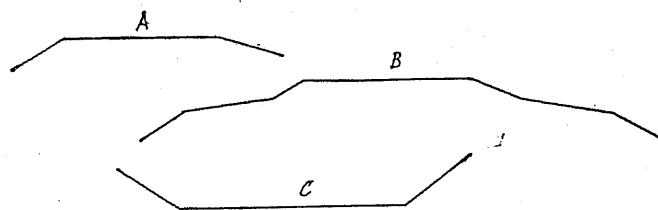
(b) 停車場は努めて勾配線中に置かない様に心掛けねばならない。國有鐵道の建築定規は 3.5% 迄になつてある。但し車輛の解結をなさざる本線路で列車の發着に支障ない場合は 10% 迄にし得ることになつて居る。3.5% は丁度列車の走行抵抗に等しき抵抗で下り勾配に向つては列車が動き始めると獨りで動き行く勾配である。又上りに向つては出發抵抗の外尙此勾配に打ち勝たなければならない。更に 10% の勾配に於ては車には常にブレーキを掛けて置かねば停車場構外へ車の逸出事故を起し易いから建設定規にも車の解結をなさざる又列車の發着にも支障なき場合に限ると限定せられて居る。故に之等の勾配は務めて避くべきである。

(c) 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に於てはブレーキを要せないので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。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になる。故に出發に對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の所に緩勾配箇所を設けて此處にて列車を停車せしめ

なければならない。従つて場内信號は其處迄延ばすを要す。

又停車場より下り勾配にありては最端轉轍器より貨車の入替に要する距離だけは停車場と同一勾配になし置かなければならぬ。之は手入替のとき車が逸走する懼あるからで國有鐵道は此距離を60mと規定し、簡易線で10mとしてある。

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力を出すことが出来る迄に餘程の時間を要するから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して列車出發の際出来るだけ早く速力を出さしむる様なきなければならない。



第60圖

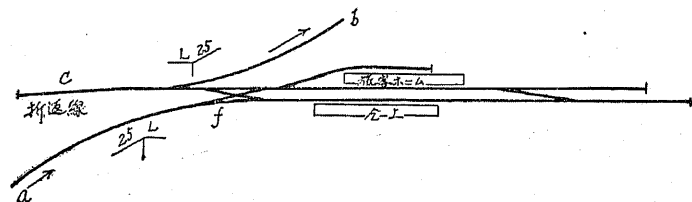
例1. 停車場前後が下り勾配で25%であるときに列車が停車しても差支へなき勾配を求む。

出發抵抗を 7 kg/T とするとき
 $25 - 7 = 18\%$

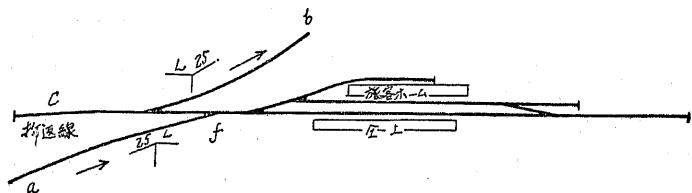
例2. 標準勾配で25%で停車場より直に上り勾配あり列車が600m間に30km/hの速力に達せんとするとき此勾配を何程になすべきか。

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

(d) 勾配線中に停車場を設くる場合には折返し停車場 (Switch Back Station) を設く。勾配線中より分れて停車場を設けて折返して本線に復するものである。



第61圖



第62圖

a—bは勾配線で其間に停車場を設けんとするときaより停車場に入りcなる折返線に引返し

て再びbなる勾配線に出るのである。此際ポイントは平坦又は緩勾配中に設くべきで、又f附近のポイントの付け方は往々第62圖の如く敷設するも第61圖の如くなすを要す。

第62圖に於てはbよりの列車が折返線に着きて停車場に入らんとする際にaより來る列車があるときは同時に停車場に入ることが出来ない。此時は何れか待合せねばならない。b列車はcに於て待ち合はせしむるか又はaよりの列車は勾配線中に止まらなければならない。折返線中に列車を止めるのは好ましくないと共に勾配線中に止むるは一層好まない。故に同時に停車場に入る様にせねばならぬ。之が爲めには第61圖を可とする。

第三節 停車場間の距離 (Distance between Stations)

停車場の位置は地勢により又は都市の位置によりて定まるも亦運轉上よりも考慮せなければならぬ。

[1] 單線々路に於ては停車場間の距離は列車の數と速力とによりて定まる。

x = 停車場間距離, t = 一日中列車運轉時間, n = 列車回數(一方向)

$V \text{ km/h}$ = 列車速度, a = 停車場列車停車時間

$$t = 2n \left(\frac{x}{V} + a \right)$$

$$\therefore x = \left(\frac{t}{2n} - a \right) V \dots\dots\dots(68)$$

例. $t = 15$ 時間, $V = 25 \text{ km/h}$, $n = 15$, $a = 10 \text{ m}$ or $\frac{1}{6} \text{ h}$,

$$x = \left(\frac{15}{2 \times 15} - \frac{1}{6} \right) \times 25 = 8.3 \text{ km}$$

[2] 複線に於ては急行列車進行のため區間列車は側線に入つて待合せねばならない。其停車場間の距離を求むるに、

x = 待機せしむべき停車場區間

V_p = 急行旅客列車の速度 km/h

V_g = 區間列車の "

t = x 區間を區間列車の通過時

Z = 急行列車が區間列車に遅れて出發時

$$x = V_g t = V_p (t - Z)$$

$$t = \frac{V_p Z}{V_p - V_g}, \quad x = \frac{V_p V_g}{V_p - V_g} Z \dots\dots\dots(69)$$

例. $V_p = 50 \text{ km/h}$, $V_g = 25 \text{ km/h}$, $Z = 40 \text{ m} = \frac{2}{3} \text{ h}$

$$x = \frac{50 \times 25}{50 - 25} \times \frac{2}{3} = 33.3 \text{ km}$$

[3] 給水給炭驛間の距離

給水給炭駅間の距離は機関車の貯水量貯炭量によるは勿論である。

x = 給炭駅の距離(km)

C = 機関車貯炭量(kg)

T = " 牽引力(")

A = 石炭使用量(kg/km) 普通 $A = 0.007T$ とす

S_m = 制限勾配(%)

S = 給炭駅間の昇り平均勾配(%)

$$x^{km} = \frac{C}{A} = \frac{C}{0.007T}$$

$$T = fW_1 \times 1,000 = W(R_r + S_m)$$

W = 列車總重量(T)

W_1 = 働輪重量(T)

R_r = 走行抵抗(kg/T)

$$T = W(R_r + S)$$

$$\therefore W = \frac{fW_1 \times 1000}{(R_r + S_m)}, \quad T = \frac{fW_1 \times 1000(R_r + S)}{(R_r + S_m)}$$

$$x = \frac{C}{0.007 \times T} = \frac{C}{0.007 \times fW_1 \times 1000} \times \frac{(R_r + S_m)}{(R_r + S)}$$

$$f = \frac{1}{7} \text{ とすれば } x = \frac{C}{W_1} \times \frac{(R_r + S_m)}{(R_r + S)} \dots \dots \dots (70)$$

例. $S_m = 25\%$, $S = 20\%$, $R_r = 3^{kg}$, $W_1 = 30^T$, $C = 3,000^{kg}$ とせば

$$x = \frac{3000}{30} \times \frac{3+25}{3+20} = 120^{km}$$

C の量は機関車によりてタンク機関車なるときは 0.3~18 延の變化がある。又石炭の使用量にも 1^{km} に付き 12~35^{kg} 迄の相違あるが故に給炭駅は近くに設くるを可とする。殊に降雪多き地方に於て各駅に給炭設備を設け置く必要がある。

[4] 給水駅距離

給水量、勾配の緩急、水の使用量によつて差異あるは勿論である。良質の石炭は 1^{kg} に付き水の 6.2 リットルを蒸發する。

C_w = 貯水量(リットル)

C = 貯炭量(kg)

$C_w = 8C$ 石炭より稍大なる割合をとる

$$\therefore x = \frac{C_w}{8W_1} \times \frac{(R_r + S_m)}{(R_r + S)} \dots \dots \dots (71)$$

例. $S_m = 25\%$, $S = 20\%$, $W_1 = 30^T$, $R_r = 3^{kg/T}$, $C_w = 10,000$ リットルなるときは

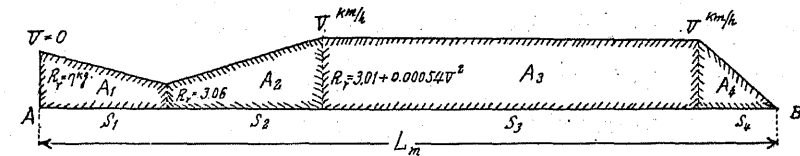
$$x^{km} = \frac{10,000 \times (3+25)}{8 \times 30(3+20)} = 49^{km}$$

第十一章 線路の平均抵抗及び換算料

(Mean Total Resistance and Equated Length)

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單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相當距離に換算する。之を線路の換算料又は換算理と云ふ。

第一節 線路の平均抵抗



第 63 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 $a^{km/h/sec}$ を以て進行し最小抵抗なる $10^{km/h}$ 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 $7^{kg/t}$ とする。

公式(25)より $R_r^{kg/t} = 3.01 + 0.00054V^2$, $V = 10^{km/h}$, $a = \text{加速度}^{km/h/sec}$. $V = \text{速度}^{km/h}$

$$= 3.01 + 0.00054 \times 10 \times 10 = 3.06$$

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

仕事量 $A_1^{kg \cdot m} = \frac{7+3.06}{2} S_1 = \frac{69.92}{a}$

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

$$S_2 = 0.139 \frac{V^2 - 10^2}{a}$$

$$A_2^{kg \cdot m} = \frac{(3.06 + 3.01 + 0.00054V^2)(V^2 - 10^2) \times 0.139}{2a}$$

$$= \frac{0.139 \times (6.07V^2 - 6.07 \times 100 + 0.00054V^4 - 0.00054 \times 100V^2)}{2a}$$

$$= \frac{0.0000375V^4 + 0.4181V^2 - 42.19}{a}$$

(c) 次に $V^{km/h}$ にて走行するときの仕事量 A_3

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

(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 $d^{km/h/sec}$ にて S_4 にて停車するとき

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

此間の仕事車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

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

$$\therefore A_1 + A_2 + A_3 = (3.01 + 0.00054V^2) \left(L_m - \frac{0.167V^2}{a} \right) + \frac{69.92}{a} + \frac{0.0000375V^4 + 0.4181V^2 - 42.19}{a} = (3.01 + 0.00054V^2) L_m - \frac{1}{a} \{ 27.73 - 0.0846V^2 - 0.0000527V^4 \}$$

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 $(3.01 + 0.00054V^2)$ ならば之を勾配にて表すときは $(3.01 + 0.00054V^2)\%$ 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。 $\sum l_a, \sum l_u$ を各 $(3.01 + 0.00054V^2)\%$ 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

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

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。

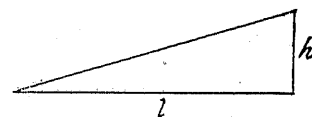
(2) 加速度による仕事量

静止せる物體 (1 噸) に運動を與へて $S_1 + S_2$ なる距離に $V^{km/h}$ なる速力を出すとし、其力を F とするときは仕事量は $F \times (S_1 + S_2)$ である。

$$(40) \text{によりて } F(S_1 + S_2) = 4.2V^2$$

(3) 上り勾配に於ける仕事量

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



第 64 圖

故に 仕事量 = $R_l l = 1000h$

今 H_u, H_a を以て各々上り下りの合計高とするときは

$$\sum R_l l = 1000H_u$$

反対より列車の來るときは

$$\sum R_l l = 1000H_a$$

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

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

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

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

$\sum h_a, \sum h_u$ は各 $(3.01 + 0.00054V^2)\%$ 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

$$\text{曲線抵抗 } R_c = \frac{610}{R'} \quad (35) \text{式による}$$

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

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

下り勾配の曲線抵抗を加算せざるときは

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

(但し上の如くするときは $(3.01 + 0.00054V^2)\%$ 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) 總仕事量 = (1) + (2) + (3) + (4)

n = 中間停車場數, L_m = 平均停車場距離, L = 線路總延長 = $(n+1)L_m$

$a = 0.2^{km/h/sec}$ とするとき

$$\begin{aligned} \text{總仕事量} &= (3.01 + 0.00054V^2)L + \frac{1}{0.2} \{ 27.73 - 0.0846V^2 - 0.0000527V^4 \} (n+1) \\ &+ 4.2V^2(n+1) - \frac{1}{2} (3.01 + 0.00054V^2) (\sum l_u + \sum l_a) + 500 \times (\sum h_a + \sum h_u) + 5.323 \sum \theta \\ &= (3.01 + 0.00054)V + (138.65 + 3.777V^2 - 0.0002635V^4)(n+1) \\ &- \frac{1}{2} (3.01 + 0.00054V^2) (\sum l_u + \sum l_a) + 500 \times (\sum h_a + \sum h_u) + 5.323 \sum \theta \end{aligned}$$

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

$$\therefore R^{kg/t} = (3.01 + 0.00054V^2) + \frac{(n+1)(138.65 + 3.777V^2 - 0.0002635V^4) - \frac{1}{2}(3.01 + 0.00054V^2)(\sum l_u + \sum l_a) + 500(\sum h_a + \sum h_u) + 5.323 \sum \theta}{L} \quad (72)$$

國有鐵道にて用ひ居るものは次の式で出發抵抗は $10^{kg/t}$ とし

走行抵抗は (25) 式により最小抵抗を $5^{mi/h}$ の時となし、加速度 a は $0.18^{mi/sec/sec}$ となし又減速度 $d = 1.4a$ となし曲線抵抗は (34) 式に準じて計算したるものである。

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

$V = \text{mile/h}$

$\sum l_a, \sum l, \sum h_a, \sum h_u = \text{呎}$

今 $L, \sum a, \sum l_u$ を鎖にて表すときは

$$R^{*T} = 6.8 + 0.0031V^2 + \{(n+1)(4 + 0.76V^2 - 0.00034V^4) - (3.4 + 0.0016V^2)(\sum l_u + \sum l_a)\} + 16.97(\sum h_u + \sum h_a) + 0.39\sum\theta \div L \dots\dots\dots(73)$$

R = 列車抵抗 (*^T)₍₂₄₀₎ n = 中間停車場數

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

$\sum h_u =$ " " " " 高 (呎)

$\sum l_a =$ " " 下り " " 長 (鎖)

$\sum h_a =$ " " " " 高 (呎)

$\sum\theta =$ 曲線合計角度

L = 線路延長 (鎖)

V = 列車の標準速度 (哩/時)

第二節 標準速度

線路の平均抵抗を見出さんとするときに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。

鐵道省の方法により加速度 a=0.18呎/秒/秒 とし減速度を 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)

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

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

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

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

全停車場間の平均距離を哩にて表はすときは

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

$$V^3 - 1546L_m V + 1546V_m L_m = 0 \dots\dots\dots(74)$$

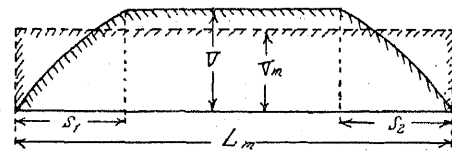
此式より V の根を求む。

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

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

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

V_m は停車時間を除きたる列車の平均速度(哩/時)



第 65 圖

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。

第三節 線路の換算哩及び延長率

(Equating Mileage and Ratio of Elongation)

$$L_e = \frac{L \times R}{R_r}, E = \frac{L_e}{L} = \frac{R}{R_r}, L_e = E \cdot L \dots\dots\dots(75)$$

$L_e =$ 線路の換算延長(鎖) 又は (km)

L = 線路の延長(鎖) 又は (km)

R = 平均抵抗(*^T) 又は (kg/t)

$R_r =$ 水平直線に於ける列車抵抗 = $(6.8 + 0.0031V^2)$ (*^T) 又は $(3.01 + 0.00054V^2)$ kg/t

E = 線路の延長率

例. 京都大津間

(1) 京都大津間停車場中心距離 $L = 9^m77^{ch} = 791^{ch}$

(2) 平均運轉速度 (停車時分を除く) $V_m = 14.3^m$

(3) 停車場平均距離 $L_m = \frac{L}{N+1} = \frac{9^m77^{ch}}{3+1} = \frac{9.9625}{4} = 2.5^m$

(4) 標準速度 $V = 454 \sqrt{2.5} \cos\left(60^\circ + \frac{1}{3} \cos^{-1} 0.66 \frac{14.1}{\sqrt{2.5}}\right) = 71.777 \cos 77^\circ 58' 52'' = 14.946 = 15^{m11e/n}$

(5) 限界勾配 $i = \frac{6.8 + 0.0031 \times 15 \times 15}{2240} = 0.003347 \doteq \frac{1}{299}$

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

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

(8) 曲線の角度の和 $\sum\theta = 1252.431$

$$R = 6.8 + 0.0031 \times 15^2 + \{(3+1)(4 + 0.76 \times 15^2 - 0.000034 \times 15^4) - (3.4 + 0.0016 \times 15^2) \times 659.18 + 836.67 + 0.39 \times 1252.431\} \div 791 = 23.607^*$$

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