

# 連送式索道の荷重牽引力算定法 (第1報)

教授 加藤 誠平・大学院学生 呉 順昭  
助手 丸山 正和・ " 小泉 栄吉

Seihei KATO, Masakazu MARUYAMA, Shuenn-Chao WU  
und Eikichi KOIZUMI:

## Berechnung der Last-zugwirkung in der Umlaufseilbahnen (I)

### I. 緒 言

最近における林業用索道の顕著なる傾向は連送式索道(複線・複軌・多支間・多荷重・連送・循環式)の普及であるが、この種の比較的長距離の索道を設計する際にしばしば問題になるのは、(1) 重力式自動運転の能否(動力の要否)と、(2) 重力式自動運転の場合に可能な上げ荷(上方作業地で使用する集材機・鋼索・各種作業器材・食糧等)の限度を予め判定することである。運転に伴って生ずる諸抵抗に打ち克つて順調な運材を可能ならしめる牽引力として重力だけでは不足の場合には、所要出力を算定して動力機を備える必要があるが、ここでは問題を上記の2点にしばって検討してみる。

### II. 曳索張力と荷重牽引力

重力式自動運転の場合、図-1 に示すように、上部制動溝車において、

$T_1$ : 実搬器側(主索側) 曳索張力

$T_2$ : 空搬器側(返り線側) 曳索張力

$R_0$ : 溝車の軸摩擦抵抗

とすれば、自動運転可能の条件は

$$T_1 > T_2 + R_0 \dots \dots \dots (1)$$

である。通常  $R_0$  は  $T_1$ ,  $T_2$  に比べて極めて小さい値であるから、 $(T_1 - T_2)$  が非常に小さくない限り近似的に

$$T_1 > T_2 \dots \dots \dots (2)$$

が満足されればよい。曳索張力  $T_1$ ,  $T_2$  の算定法については既にいろいろの公式が用いられているが、林業索道の場合に適する概算式として加藤は次式を提示した<sup>1)</sup>。

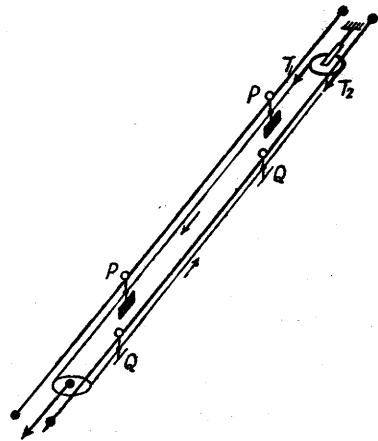


図-1 複線連送式索道

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= T_0 + T_P - T_{R_1} + T_{a_1} \\ T_2 &= T_0 + T_Q + T_{R_2} - T_{a_2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

ここに  $T_0$ : 基礎張力,  $T_P, T_Q$ : 搬器荷重による張力 (荷重牽引力),  
 $T_{R_1}, T_{R_2}$ : 運転抵抗,  $T_{a_1}, T_{a_2}$ : 制動減速抵抗

自動運転または上げ荷の算定の場合には, 一応制動を行わぬものと考えて,  $T_{a_1} = T_{a_2} = 0$  と置けば, (3) 式は

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= T_0 + T_P - T_{R_1} \\ T_2 &= T_0 + T_Q + T_{R_2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)'$$

となる。上式中  $T_0$  は曳索基礎張力で, 曳索の緊張に重量  $G$  の重錘を用いる調整式緊張装置の場合には  $T_0 = \frac{G}{2}$  であり, 固定式緊張装置の場合には相隣る搬器間の曳索の適正索張り (二つの搬器を支点とする索と考え, その中央垂下比を適正に想定する) を決めてその張力を算定すれば, 比較的正確な値が得られるし, 作設の際に現実基礎張力を計算値に合せて調整することも可能である。 $T_P$  は実搬器の重力の走行方向の分力によつて与えられる張力,  $T_Q$  は空搬器のそれで, これは荷重牽引力の集積である。この大きさは搬器の移動に伴つて変化するから正確な値の算定が相当困難であることから, 搬器荷重  $P, Q$  に設計荷重 (搬器重量 + 積載荷重 + 衝撃荷重 + 曳索重量) を用いて

$$T_P = \sum P \sin \alpha, \quad T_Q = \sum Q \sin \alpha \dots\dots\dots (4)$$

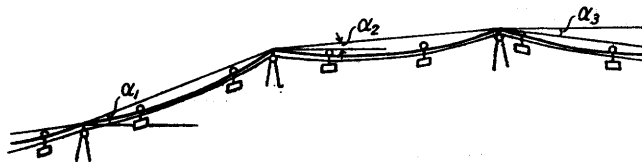


図-2 多支間索道

但し  $\alpha$ : 支間傾斜角

の概算式を提示した (図-2 参照) ののであるが, この式は支柱間隔が短く荷重比 (搬器荷重と索自重の比率) が小さい鉱工業用索道やスキーリフトなどの場合には誤差が少いが, 筆者等が最近設計に参与した 10 カ所ほどの林業索道では, 上式の値と実際値との間に相当大きな誤差があり得ること, 従つてこの概算式で自動運転や上げ荷の関係を正確に推定するのは困難であることが知れた。 $T_{R_1}, T_{R_2}$  は運転抵抗による張力であつて, 運転抵抗は搬器の軌索上の走行抵抗  $R_i$ , 曳索の曳索受滑車またはローラー上の抵抗  $R_{ii}$  及び上下の曳索受け緊張溝車の抵抗  $R_{iii}$  などの総合である。更に走行抵抗  $R_i$  は軌索と搬器車輪の間の転動抵抗, 搬器車輪の軸摩擦, 空気抵抗, 軌索の曲げや振動などに起因する抵抗などの総和であつて, この種の抵抗に相応する走行抵抗係数 (搬器荷重を  $P$  とするとき  $R_i/P$  の値) は一般に走行速度  $v$  の函数  $a + bv + cv^2$  で示される。しかし循環式索道では走行速度が余り速くない (通常 1.0~2.5 m/sec) から  $v$  の影響は

僅少で、抵抗係数は常数と見做して差支えないはずであるが、その実験値については未だ発表されたものがない。各支柱の曳索受け滑車（ローラー）の抵抗は主として滑車（ローラー）の軸摩擦と曳索の走行抵抗の和であつて、各曳索受滑車（ローラー）における曳索圧力に特定の抵抗係数を乗じて算出する方法<sup>2)</sup>もあるが、曳索圧力は搬器の走行に伴つて常に変化するから、その正確な算定は困難である。路線の上下両端の曳索受け緊張溝車の抵抗についてもほぼ同様のことがいえる。それ故現在のところ実際問題としては  $R_i$ ,  $R_{ii}$ ,  $R_{iii}$  などの総和を総合運転抵抗と考える便法が慣用されている。すなわちこの総合運転抵抗と被動体重量（搬器荷重と曳索重量の和）の比率を運転抵抗係数  $f$  として、この  $f$  に実用数値を用いて総合運転抵抗を算出する方法が慣用されている。例えば CERETTI<sup>3)</sup> は一般索道について軌索が新品の場合に  $f=0.025$ 、ある程度使用後には  $f=0.02$  の数値を与えているが、加藤は循環式林業索道に関し経験値に基いて  $f=0.03 \sim 0.05$  を採るべきことを提示したのである。これは林業索道は一般索道に比べて、(1) 荷重比（1個の搬器荷重と各支間内の軌索自重の比率）が大きいこと、(2) 輪圧張力比（搬器車輪1輪当りの荷重と軌索張力の比率）が大きいこと、(3) 中間支柱における軌索及び曳索の屈折角が大きいこと、(4) 曳索受け滑車（ローラー）に対する曳索圧力が大きいこと、(5) 実搬器側と空搬器側の曳索張力の差が大きいので制動溝車における曳索のスリップを防止するために曳索に相当強い基礎張力と大きな接触角を与える必要があることなどの要因を検討した結果である。すなわち多数の索道の作設ならびに観察の経験上、軌索の新旧よりもこれらの要因の程度如何によつて  $f$  の値が大幅に変化することが知れると共に、普通の運材条件に対して普通の注意を払つて設計された索道ならば、その路線の縦断形が良好な比較的短距離索道の場合には  $f=0.03$ 、縦断屈折が相当大きな比較的長距離の索道の場合には  $f=0.05$ 、中位の索道の場合には  $f=0.04$  程度の数字を用いるのが妥当のように考えられたからである。仮にこのことを是認するとすれば、運転抵抗による曳索張力は

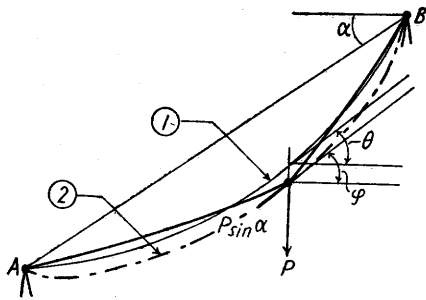
$$\left. \begin{aligned} T_{R1} &= f(\sum P + W') \\ T_{R2} &= f(\sum Q + W') \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5)$$

ただし  $f=0.03 \sim 0.05$ : 総合運転抵抗係数,  $\sum P$ : 実搬器総重量,

$\sum Q$ : 空搬器総重量,  $W'$ : 路線片側曳索重量

によつて算定しても、その近似性は余り悪くないはずである。よつて今ここに一番問題となるのは(4)式であることが明らかである。故にこれを実用価値を損ぜぬ範囲で改善すれば、目標とする自動運転及び上げ荷の計算は(3)'式で計算しても相当正確な結果が得られるものと思われる。

今図—3において  $AB$  を  $\alpha$  の傾斜角を持つ支間とし、走行中の搬器荷重  $P$  (または  $Q$ ) が架空索上の任意の位置に來た瞬間におけるその進行方向を  $\varphi$  とすれば、一般に  $\varphi \neq \alpha$  であるから前記(4)式には相当大きな誤差が出るのは当然である。それ故実際の索道設計に當つて荷重



図一三 ①原索曲線, ②軌跡曲線

牽引力の少々正確な値を知り度いときには、著者等はまず全路線に亘り軌索の原索線形を作図し、搬器の位置を色々に想定して、各搬器の位置で原索の傾斜角  $\theta$  を図上で計り、

$$T_P = \sum P \sin \theta, T_Q = \sum Q \sin \theta \dots\dots(6)$$

を用いて算定する方法を採ることもあるが、この方法は原理的には荷重軌跡曲線の線形が原索線形(拋物線)に等しいと仮定することに外ならない。しかもこの方法

は多支間多荷重の計算の場合、実際問題として繁に耐えないばかりでなく、角度  $\theta$  の図上測定は不正確を免れない。これに対して CZITARY<sup>4)</sup> は最初から拋物線の仮想軌道 (Gedachte feste Fahrbahn) を想定し、この拋物線軌道曲線の方角係数  $\tan \varphi$  を基にして、 $\sin \varphi$  の影響線(直線)を描き、各々その搬器位置に対応する  $\sin \varphi$  の値を図上で計つて

$$T_P = \sum P \sin \varphi, T_Q = \sum Q \sin \varphi \dots\dots\dots(7)$$

により荷重牽引力を算定する方法を提示し、DUHM<sup>5)</sup> もまたこの方法を採用している。これは極めて巧妙な方法であるが、原理的には  $\sin \theta$  を用いる前記の方法と大差がない。荷重軌道を拋物線と仮定するこれらの計算法による荷重牽引力の算定数値は、林業索道の如く荷重比が大きな集中荷重を載荷する架空索において、その荷重が比較的支点に近く位置し、且つ一支間内に荷重が1個または2個しか載荷されないような場合には、前記(4)式の概算式よりは良いにしても、やはり相当大きな誤差を免れないのである。それ故原理的には荷重軌道として精密な荷重軌跡曲線式を基本とし、且つ CZITARY の示した影響線法の手法を用いることが出来れば最も都合のよい算定法が見出せるものと思われる。

### III. 架空索の1荷重軌跡曲線とその方向係数

図一四に示す支間 AB に、与えられた特定の中央垂下比で張られた架空索(無負荷原索)の曲線形を拋物線と仮定すればその方程式は

$$y = x \tan \alpha - f_x \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{ただし} \begin{cases} f_x = m \cdot f: & \text{任意の点の垂下量} \\ f = s \cdot l_0: & \text{中央垂下量} \\ m = 4(k - k^2): & \text{原索線形係数} \\ k = \frac{x}{l_0}: & \text{距離係数} \end{cases}$$

で与えられ<sup>6)</sup>、索線の方角係数は

$$\tan \theta = \frac{dy}{dx} = \tan \alpha - 4s(1 - 2k)$$

$$\left. \begin{aligned} \tan \theta_A &= \left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=0} = \tan \alpha - 4s \\ \tan \theta_B &= \left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=l_0} = \tan \alpha + 4s \\ \tan \theta_m &= \left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=\frac{l_0}{2}} = \tan \alpha \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

で与えられる<sup>6)</sup>。今仮に原索の条件を図-5 (a) のように  $s=0.05$ ,  $\tan \alpha=0.1$  として、この方向係数  $\tan \theta$  のダイアグラムを描いて見ると同図 (b) のようになる。

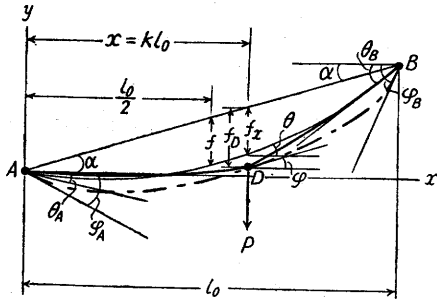


図-4  $\theta$ : 原索傾斜角,  $\varphi$ : 軌跡曲線傾斜角

次に図-4 に示したように、このような原索上の任意の点 (A から水平距離  $x=kl_0$  の点) に荷重比  $n$  の集中荷重が 1 個載荷されたときの  $D$  点の垂下量を  $f_D$  とすれば、荷重軌跡曲線の方程式は  $k$  を変数として、

$$y = kl_0 \tan \alpha - f_D \dots\dots\dots (10)$$

$$\left\{ \begin{aligned} f_D &= r \cdot f_x \\ r &= \frac{1+2n}{\sqrt{1+12(n+n^2)(k-k^2)}} = \text{負荷索増垂係数} \\ k &= \frac{x}{l_0} = \text{荷重位置係数} \\ f_x &= 4sx \frac{(l_0-x)}{l_0} = \text{距離係数の値が上式の } k \text{ に相当する位置における原索垂下量} \\ n &= \frac{P}{W} = \text{荷重比, } P = \text{搬器荷重, } W = A \sim B \text{ 間の索自重} \end{aligned} \right. \text{ただし}$$

で与えられる<sup>6)</sup>。この軌跡曲線の方向係数  $\tan \varphi$  を求めるために (10) 式を微分すると

$$\left. \begin{aligned} \tan \varphi &= \frac{dy}{dx} = \tan \alpha - 4s(1+2n)(1-2k) \frac{1+6(n+n^2)(k-k^2)}{[1+12(n+n^2)(k-k^2)]^{\frac{3}{2}}} \\ \tan \varphi_A &= \left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=0} = \tan \alpha - 4s(1+2n) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (11)$$

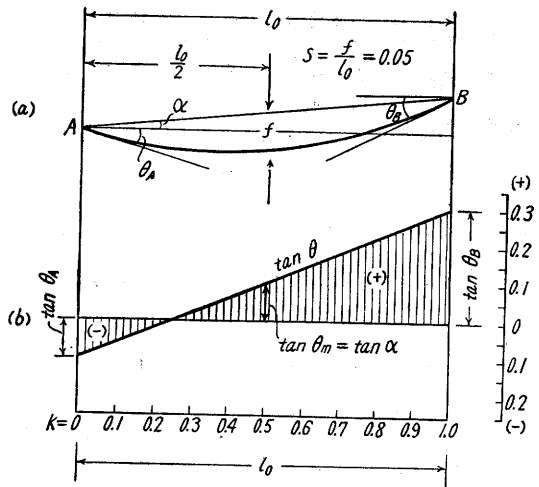


図-5  $\tan \theta$  のダイアグラム

$$\tan \varphi_B = \left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=l_0} = \tan \alpha + 4s(1+2n)$$

$$\tan \varphi_m = \left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=\frac{l_0}{2}} = \tan \alpha$$

が得られる。これを (9) 式の  $\tan \theta$  と比較して見ると第 2 項が異なり、(11) 式の第 2 項の値は  $k$  の値が 0.5 に近いとき (荷重が支間の中央部にあるとき) は (9) 式の第 2 項の値との差が小さいが、 $k$  の値が 0 または 1 に近づく (荷重が A または B 支点に近づく) に従つて両者は明らかに大きな差を生じ、その差は荷重比が大きいかほど大きくなること解る。今原索の条件が  $s=0.05$ ,  $\alpha=0$  の場合について荷重比の値を変化させて、(11) 式で算定した方向係数  $\tan \varphi_{(\alpha=0)}$  のダイヤグラムを描いて見ると図-6 (a) のようになる。即ち曲線  $a' b'$  は  $n=1.0$ ,  $a'' b''$  は  $n=0.5$  に相当するダイヤグラムである。 $\alpha \neq 0$  の場合の方向係数  $\tan \varphi$  のダイヤグラムは基線 0-0 を

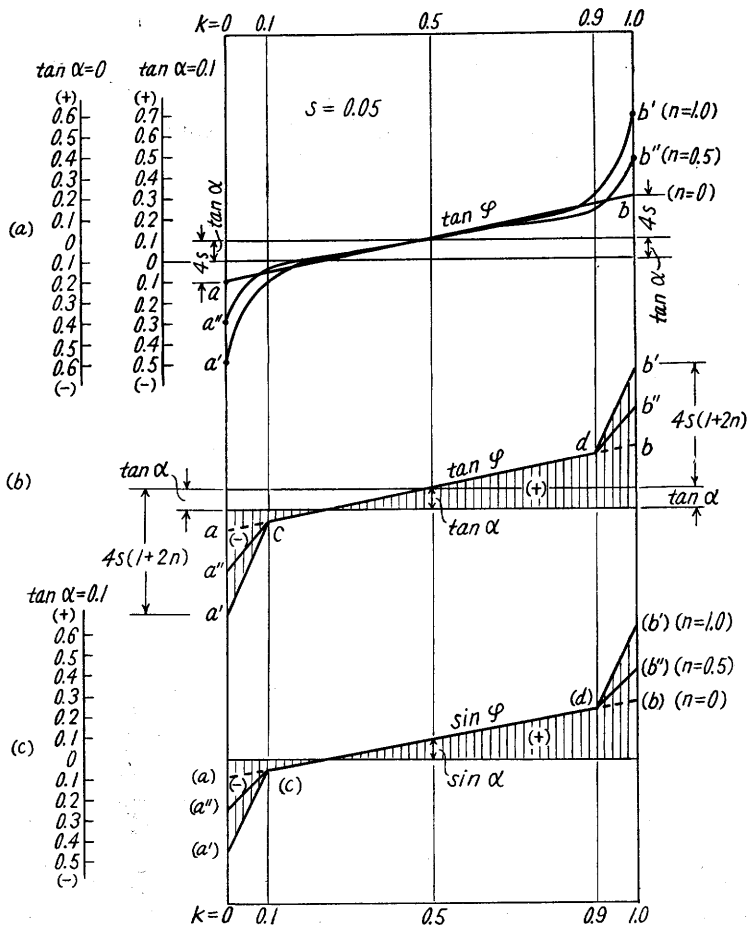


図-6 1個の集中荷重の軌跡曲線の傾斜

- (a)  $\tan \varphi$  のダイヤグラム, (b) 同近似折線ダイヤグラム
- (c)  $\sin \varphi$  の近似折線ダイヤグラム, (b) より換算

$\pm \tan \alpha$  の値だけ下または上に平行移動するだけで得られる。図には  $\tan \alpha = 0.1$  の場合を示した。ここで  $a'b'$ ,  $a''b''$  などの曲線を見ると、荷重位置係数  $k$  の値が  $0.1 \sim 0.9$  の間では原索の方向係数  $\tan \theta$  を示す直線  $ab$  とかなりよく一致しており、また  $k$  の値が  $0 \sim 0.1$  の間と  $0.9 \sim 1.0$  の間では曲線を直線に直しても余り大きな誤差がないことが知れる。よつて図-6 (a) の  $\tan \varphi$  の曲線を同図 (b) に示すような折線  $a'cdb'$ ,  $a''cdb''$  に置き換えることが可能である。今  $\tan \varphi$  のダイヤグラムをこのような折線で与えれば、 $\sin \varphi$  のダイヤグラムは  $\sin \varphi = \sin (\tan^{-1} \varphi)^*$  により換算して作図することにより、やはり同図 (c) のような折線  $(a')(c)(d)(b')$ ,  $(a'')(c)(d)(b'')$  などで示すことが出来る。

#### IV. 架空索の多荷重軌跡曲線とその方向係数

多支間索道において、ある任意の支間内に任意数の搬器荷重、例えば  $i$  個の荷重が一定間隔で連送される時、その支間内において描かれる荷重軌跡曲線に関しては、(1) 支間の中央部では  $(i-1)$  個荷重の軌跡曲線で、その両側で不連続的に  $i$  個荷重の軌跡曲線に変わり、(2) 2 荷重軌跡は 1 荷重軌跡と原索曲線の垂直間隔のほぼ中点を通り、3 荷重軌跡は 1 荷重軌跡と原索曲線の垂直間隔のほぼ  $1/3$  点を通り、荷重数が増すに従つて軌跡曲線が原索曲線に近づく、という実験結果は既に加藤が報告した<sup>6)</sup>。これら 2 荷重以上の軌跡曲線の方向係数が、支間の両端近い部分に

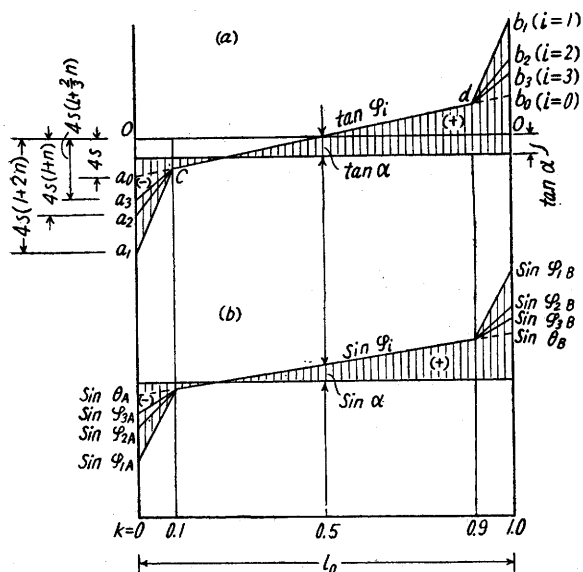


図-7  $i$  個の集中荷重の軌跡曲線の傾斜  
(a)  $\tan \varphi_i$  のダイヤグラム  
(b)  $\sin \varphi_i$  のダイヤグラム

おけるそれを除けば、原索の方向係数と余り変わらないことは 1 荷重軌跡曲線の場合と同様であるから、この場合にも距離係数  $k = 0.1 \sim 0.9$  の間では軌跡曲線の方向係数を原索曲線の方向係数で代用できる。しかして  $k = 0 \sim 0.1$ ,  $k = 0.9 \sim 1.0$  の間では  $\tan \alpha$  が余り大きくなければ荷重点の垂下量  $f_D$  と  $\tan \varphi$  とがほぼ比例することを考え併せると、2 荷重、3 荷重等の軌跡曲線の方向係数  $\tan \varphi_2$ ,  $\tan \varphi_3$  等は近似的に図-7 に示す  $a_2cdb_2$ ,  $a_3cdb_3$  等の折線ダイヤグラムで現すことが出来る。同図中  $a_1cdb_1$  は 1 荷重軌跡曲線の方向係数、 $a_0cdb_0$  は原索曲線の方向係数のダイヤグラムであつて、

ダイヤグラムであつて、

\* 此の式の  $\tan$  から  $\sin$  への換算のために表-1 を用意した。

$$\left. \begin{aligned} \overline{a_0 a_2} &= \frac{1}{2} \overline{a_0 a_1}, & \overline{b_0 b_2} &= \frac{1}{2} \overline{b_0 b_1} \\ \overline{a_0 a_3} &= \frac{1}{3} \overline{a_0 a_1}, & \overline{b_0 b_3} &= \frac{1}{3} \overline{b_0 b_1} \\ \dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \text{である。}$$

それ故  $\tan \alpha = 0$  のとき、両端支点 ( $k=0, k=1$ ) における方向係数の値は

- 1 荷重の場合  $\overline{oa_1} = \overline{ob_1} = \mp 4s(1+2n)$
- 2 荷重の場合  $\overline{oa_2} = \overline{ob_2} = \mp 4s(1+n)$
- 3 荷重の場合  $\overline{oa_3} = \overline{ob_3} = \mp 4s(1 + \frac{2}{3}n)$
- 等分布荷重の場合 (無負荷原索の場合)  $\overline{oa_0} = \overline{ob_0} = \mp 4s$

であつて、 $i$  個荷重の場合の一般式は、

$$\overline{oa} = \overline{ob} = \mp 4s \left( 1 + \frac{2n}{i} \right) \dots\dots\dots (12)*$$

で示される。よつて支間が  $\tan \alpha$  の勾配を有する場合の両端支点における方向係数の一般式は

$$\left. \begin{aligned} \tan \varphi_{iA} &= \tan \alpha - 4s \left( 1 + \frac{2n}{i} \right) \\ \tan \varphi_{iB} &= \tan \alpha + 4s \left( 1 + \frac{2n}{i} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (13)$$

で与えられる。よつて、これを正弦値に換算し、

$$\left. \begin{aligned} \sin \varphi_{iA} &= \sin (\tan^{-1} \varphi_{iA}) \\ \sin \varphi_{iB} &= \sin (\tan^{-1} \varphi_{iB}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (14)**$$

を算定すれば 1 荷重の場合と同様に多荷重軌跡の  $\sin \varphi$  のダイアグラムは容易に作図することが出来る。ところが図-8 に示すように、支間  $AB$  内においてある 1 個の荷重  $P_i$  が一方の支点 (例えば  $A$ ) に近く位置するとき、その走行方向が (14) 式を基にして描いたダイアグラムによつて示される方向  $\varphi_i$  とよく一致するのは、他の支点 (例えば  $B$ ) に最寄りの荷重  $P_i$  がその

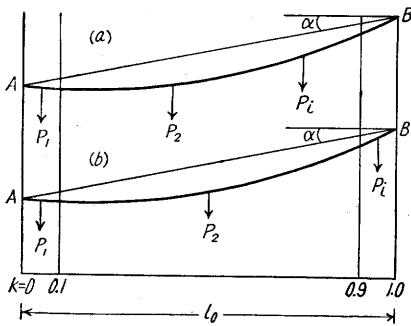


図-8 荷重の位置

支点  $B$  からある程度離れて存在する場合 (a) であつて、搬器間隔が比較的大きいために  $P_i$  が  $B$  点に近接した位置をとる場合 (b) には、この  $P_i$  が反対側の  $P_1$  を上方に持ち上げる効果が少なくなり  $A$  点に近い部分での  $P_1$  の軌跡は  $(i-1)$  個荷重の軌跡に近づき、搬器の走行方向は  $\varphi_{i-1}$  に近づくのである。この関係については目下実験を継続中であるが、予備実験の結果と 2~3 の実際の索道における観察の結果から見ると、例えば図-8 において  $P_i$  の位置が  $k=0.9$

\*  $4s \left( 1 + \frac{2n}{i} \right)$  の算定には表-2 の計算図表を用意した。  
 \*\* (14) 式の  $\tan$  から  $\sin$  への換算には表-1 を使用する。



~1.0 の間にあるときは、 $k=0\sim 0.1$  の間における  $P_1$  の軌跡は近似的に  $(i-1)$  個荷重の軌跡と見做しても大した誤差はない。それ故、今実用上の見地から上記の範囲における  $P_1$  の軌跡として  $(i-1)$  個荷重の軌跡を代用し、その方向係数に  $\tan \varphi_{i-1}$  を、正弦に  $\sin \varphi_{i-1}$  を用いることにすれば「影響線法」による荷重牽引力を相当精密且つ簡単に行うことが出来る。

V. 影響線法による荷重牽引力の算定法

多支間多荷重連送式索道の任意の支間内において、任意数の搬器荷重が一定間隔で連送されつつあつて、それらの荷重群が任意の位置にあるとき、各荷重の走行方向の値は前記 (14) 式の算定値を用いて描いた近似ダイアグラムから求められる。今この  $\sin \varphi$  ダイアグラムの縦距を  $y$  とすれば、任意の 1 個の搬器荷重  $P$  による牽引力は、

$$t = P \sin \varphi = P \cdot y \dots\dots\dots (15)$$

と与えられる。よつて図-9 に示すような任意数の搬器荷重 (図の例は  $i=3$ )  $P_1, P_2, \dots, P_i$  の

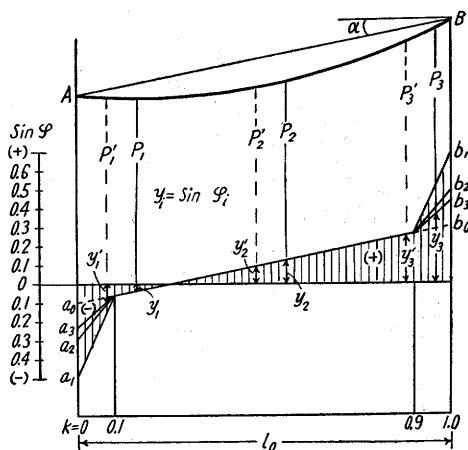


図-9 多荷重の場合の  $\sin \varphi_i$  の影響線

うち、 $P_1$  に相当する  $\sin \varphi$  の値は  $y_1$  で、 $P_2$  に相当する  $\sin \varphi$  の値は  $y_2$  で、 $P_i$  に相当する  $\sin \varphi$  の値は  $y_i$  で示される。よつて当該支間内の荷重牽引力は一般に、

表-1  $\tan \varphi - \sin \varphi$  換算表

$\tan \varphi$	$\sin \varphi$	$\varphi$	$\tan \varphi$	$\sin \varphi$	$\varphi$	$\tan \varphi$	$\sin \varphi$	$\varphi$	$\tan \varphi$	$\sin \varphi$	$\varphi$
0.00	0.00	0°00'	26	25	35'	0.56	0.49	29°15'	09	74	47°30'
01	01	40'	27	26	15°05'	57	50	40'	12	75	48°15'
02	02	1°10'	28	27	40'	59	51	30°35'	16	76	49°15'
03	03	40'	29	28	16°10'	61	52	31°25'	19	77	55'
04	04	2°20'	0.30	29	45'	62	53	50'	1.23	78	50°55'
05	05	50'	31	0.30	17°15'	64	54	32°35'	27	79	51°50'
06	06	3°25'	32	31	45'	65	55	33°00'	1.31	80	52°40'
07	07	4°00'	34	32	18°45'	67	56	50'	36	81	53°40'
08	08	35'	35	33	19°20'	69	57	34°35'	41	82	54°40'
09	09	5°10'	36	34	50'	71	58	35°25'	46	83	55°35'
0.10	0.10	45'	37	35	20°20'	73	59	36°10'	52	84	56°40'
11	11	5°15'	38	36	50'	75	0.60	50'	58	85	57°40'
12	12	50'	0.40	37	21°50'	77	61	37°35'	65	86	58°50'
13	13	7°25'	41	38	22°20'	78	62	38°00'	73	87	59°55'
14	14	8°00'	42	39	45'	81	63	39°00'	81	88	61°05'
15	15	30'	44	0.40	23°45'	83	64	40'	1.90	89	62°15'
16	16	9°05'	45	41	24°15'	85	65	40°20'	2.01	90	63°35'
17	17	40'	46	42	40'	87	66	41°00'			
18	18	10°10'	47	43	25°10'	0.90	67	42°00'			
19	19	45'	49	44	26°05'	92	68	35'			
0.20	0.20	11°20'	0.50	45	35'	95	69	43°30'			
21	21	50'	52	46	27°30'	97	70	44°10'			
22	22	12°25'	53	47	55'	1.00	71	45°00'			
24	23	13°30'	54	48	28°20'	03	72	50'			
25	24	14°05'				06	73	46°40'			

$$T_P = \sum_1^i t = \sum_1^i P \sin \varphi = P_1 y_1 + P_2 y_2 + \dots + P_i y_i$$

$$= P(y_1 + y_2 + \dots + y_i) \dots \dots \dots (16)$$

で与えられる。それ故  $\sin \varphi$  ダイアグラム図上で  $y_1, y_2, \dots, y_i$  等計つて代数的に (16) 式を算

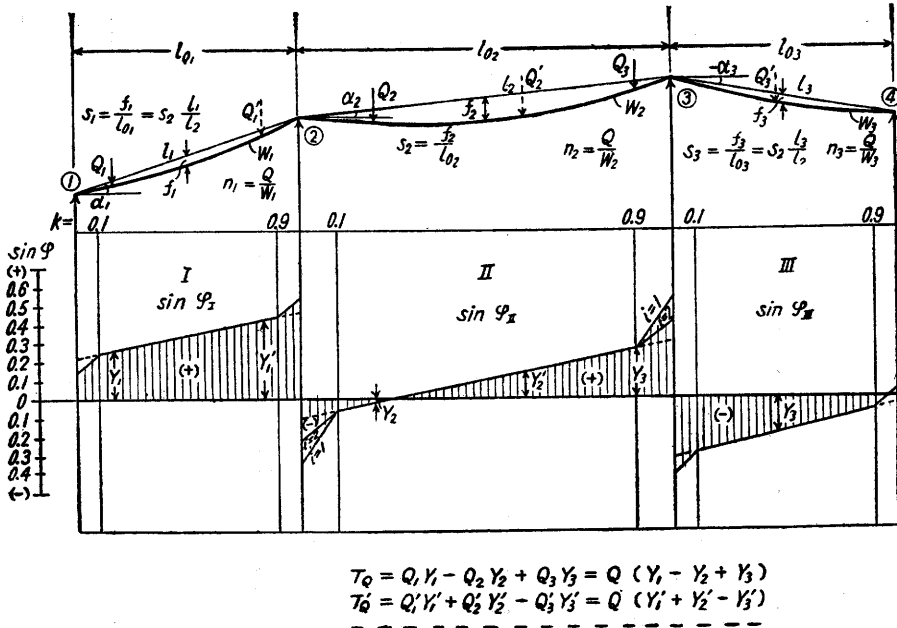
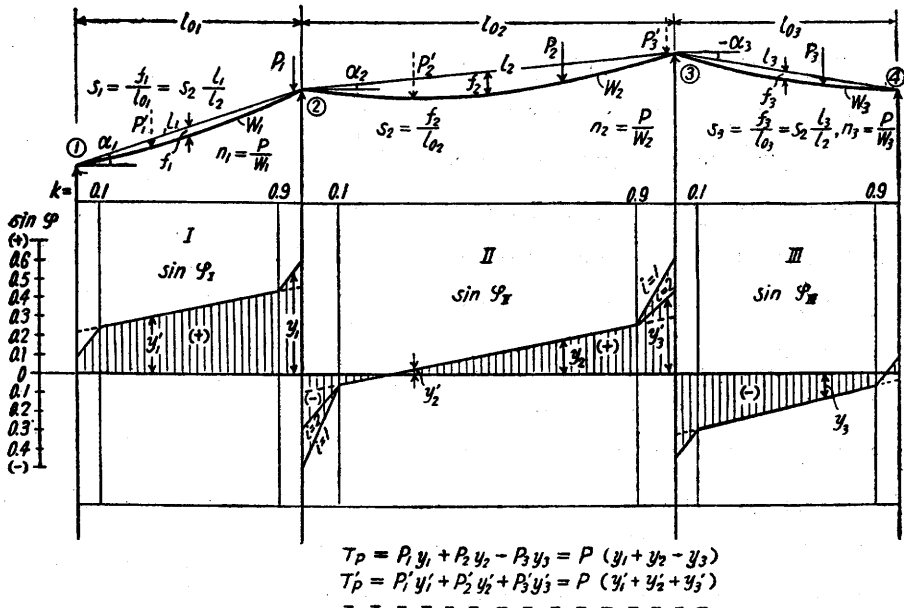


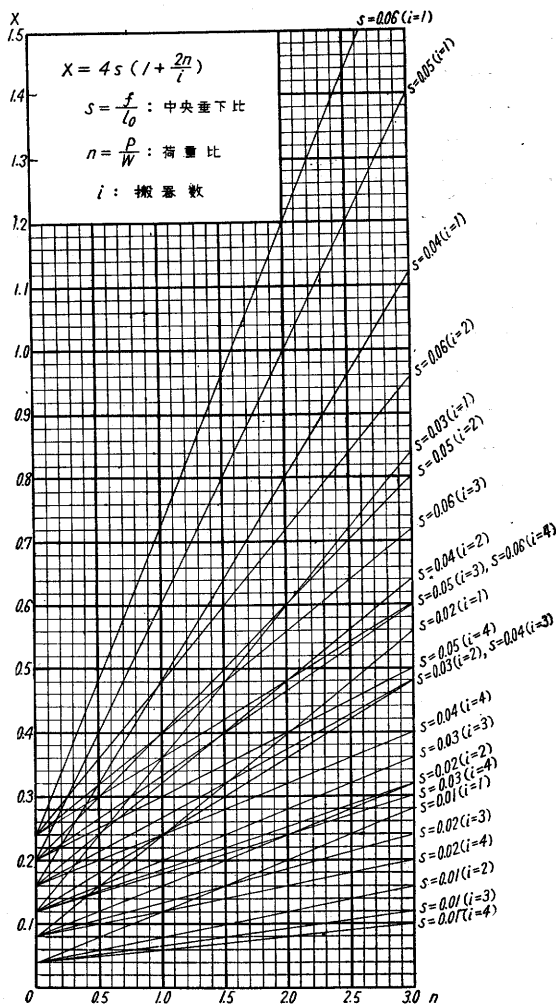
図-10 多支間多荷重連送の場合の「影響線法」による荷重牽引力  $T_P, T_Q$  の図式解法

定すればよいのである。すなわちこの場合折線  $a_cdb_i$  は  $i$  個荷重連送の場合の  $\sin \varphi$  の「影響線」をなすのである。但し  $P_1$  が  $k < 0.1$  の位置にあるときは  $k > 0.9$  の区間では  $(i-1)$  個荷重の影響線  $a_{i-1}b_{i-1}$  を用いねばならぬこと、 $P_i$  が  $k > 0.9$  の位置にあるときは  $k < 0.1$  の区間では  $(i-1)$  個荷重の影響線を用いねばならぬことは前記の通りである。今もし上記の一連の搬器荷重  $P_1, P_2, \dots, P_i$  が移動して、図-9 の  $P_1', P_2', \dots, P_i'$  の位置に来た場合には、牽引力は、

$$T'_p = P(y_1' + y_2' + \dots + y_i') \dots\dots\dots (17)$$

で与えられるから、荷重が如何に移動してもあるいはまた搬器間隔を如何に変化させても常に影響線の  $y$  の値を図上で計つて代数的に総計しさえすれば牽引力は簡単に求められるのである。次に多支間索道の全路線について見ると、これは上記の如き支間が連続するものと考えてよいから、各支間毎に当該支間の傾斜角  $\alpha$ 、中央垂下比  $s$ 、および荷重比  $n$  を予め求めておいて、それぞれの

表-2  $4s \left(1 + \frac{2n}{i}\right)$  計算図表



支間の  $\sin \varphi$  の「影響線」を描き、全路線に一連の荷重を想定して、全荷重（搬器数  $j$  個）につき

$$T_P = \sum_1^j P \sin \varphi = P(y_1 + y_2 + \dots + y_j) \dots\dots\dots (18)$$

を算定すれば、上部制動溝車（曳索緊張溝車）における荷重牽引力を算定し得る。

以上は一応実搬器側（主索側）の牽引力について解説したのであるが、空搬器側（返り線側）では空搬器荷重を  $Q$  とし、搬器間隔に応じて  $Q_1$  の  $P_1$  に対する関係位置を決めた上で、実搬器側と同様にして描いた影響線（縦距  $Y$ ）を用いて、

$$T_Q = \sum_1^j Q \sin \varphi = Q(Y_1 + Y_2 + \dots + Y_j) \dots\dots\dots (19)$$

により荷重牽引力を求めればよい。

図—10は3支間で3荷重連送の場合の「影響線法」による図式を例示したものである。

#### 引用文献

- 1) 加藤 誠平, 夏目 正: 森林土木 (1956).
- 2) 真島卯太郎: 架空索道 (1955).
- 3) CERETTI, G: Aerial Cableways. (1927).
- 4) CZITARY, E: Seilschwebbahnen. (1951).
- 5) DUHM, J: Seilbahnen (Das Forstliche Bauingenieurwesen Bd. I-2) (1933).
- 6) 加藤 誠平: 「運材用索道主索の設計および検定法に関する研究」東大演習林報告 No. 49(1955).

#### Résumé

In dem bautechnische und rechnerische Verfahren einer Umlaufseilschwebbahn ohne Motoranlage, es ist oft notwendig der Frage, ob sie genau mit der Schwerkraft der transportierende Lasten selbstfahrbar ist, und auch wie viel Menge der Gegenlasten (z.B. die Seilwinde, die Betriebsmateriale u.s.w.), die sie nur mit der Zugkraft der abfahrende Lasten aufseilen kann, zu antworten. Begründet auf eine genauere Gleichung der Fahrbahnkurve, und ferner mit der Hilfe der "Einflusslinien", eine verbesserte Methode für Berechnung der Last-zugwirkung ist hier gegeben.