

架空索の主索に関する研究（第Ⅲ報）

エンドレスタイラー式ならびに円型集材方式 における主索張力について

上	田	実 ⁽¹⁾
斎	藤	敏彦 ⁽²⁾
富	永	貢 ⁽³⁾
柴	田	順一 ⁽⁴⁾

は し が き

集材機による集材作業は地形・集材材積等の関係で1つの集材線によって長期間作業を継続することはまれで、数週間ないし数か月で撤去し、また別の場所に架設するといったことをくり返しているのが現状である。しかして集材線を架設する場合、その現場の諸条件に適合した緊張度が得られるように主索を張りあげるとは、作業の安全と能率向上のうえから重要であることは論をまたないが、これに関する技術の普及はあまり十分とはいえないようである。従来主索張力を簡単に知る方法としては、振動波法¹⁾と支点傾斜角法（仮称）²⁾があげられるが、これらの方法は前者については無負荷索の張力を求める方法であり、後者は負荷索の張力でも求められる方法ではあるが、空搬器が負荷されている索に、どのくらいまでの荷重が許容されるかということを現場で簡単に知る方法は、これまで適当なものがなかったので、集材機の主索張りあげに際して苦慮することが多かった。

つぎに、長野営林局管内福島営林署において、最近円型集材方式という新しい索張りが考案された。この索張り方式はタイラー式の索張りによく似たところがあるが、集材方法としてはハイリードの変形である。この索張り方式は作業索張力がかなり高くなる欠点はあるが、緩傾斜地で広範囲に材が散在するような現場において能率があがるので、今後かなり普及するのではないかと考えられるが、従来のタイラー式索張りなどと異なり、荷上索で主索を押えこむような索張りであるため、主索張力の実態を把握し、かつその張力の計算法を確立しておくことは、作業の安全を確保するうえからも必要である。

以上のような理由から水戸営林署ならびに福島営林署において野外試験を行ないデータをいろいろ検討した結果、1) 空搬器の負荷している主索の許容荷重を知る方策と、2) これより算出した簡便な許容荷重比を求めるグラフや、3) 円型集材方式の場合の主索張力を求める計算法などが得られたので報告する。

なお野外試験を行なうにあたって、エンドレスタイラー式の試験においては東京営林局作業課長喜多喜一氏はじめ同課員本門昌顕、磯崎武久の両氏、水戸営林署長徳永茂俊氏はじめ署員小林一夫事業課長、野内研阿波山製品事業所主任ほか関係各位に、円型集材方式の試験においては福島営林署長篠原利夫氏はじ

(1) 機械化部機械科機械第一研究室長

(2)(3)(4) 機械化部機械科機械第一研究室

め署員鈴木桂吾事業課長、高倉 章新高製品事業所主任ほか関係各位に多大の便宜と、ご厚配を賜った。ここに記して深甚の謝意を表する。また取りまとめにあたって懇切な助言を賜った防衛大学校教授本多三雄氏ならびに林業試験場機械化部長米田幸武氏に対して深甚の謝意を表する。

I. エンドレスタイラー式の場合

1. 試験概要

1-1. 試験の場所および時期

東京営林局管内水戸営林署北山国有林 32 林班い小班、阿波山製品事業所伐採現場において、昭和 39 年 12 月 8 日から 10 日まで現場試験を行なった。

1-2. 集材方式

この試験に使用した集材機の要目と架線方式等を示すと、つぎのとおりである。また試験現場測量図を示すと第 1 図のとおりである。

1) 集材機

谷藤機械工業株式会社製 TE-58 ID

(1) 本体 ドラム数 2, ドラム直径 250mm

(2) 重量 1,500 kg

(3) 原動機 形式いすゞ DL-200 水冷 4 気筒ディーゼル機関
最大出力 52 馬力, 最大回転数 3600 r.p.m.

2) 架線方式

エンドレスタイラー式

3) 支点間の水平距離 505.43m

支点間の傾斜角 1°5'

4) 鋼索

区 分	構 成	鋼索直径	保証切断荷重	標準重量	有効計算断面面積
主 索	6×7 (異型) C/L 裸 2 種 (スカイロープ)	mm 24	t 39.3	kg/m 2.38	mm ² 238
荷 上 索	6×19 0/0 裸 2 種	12	7.92	0.526	48
エンドレス索	同 上	10	5.50	0.365	33

5) 搬器重量

搬器本体 140kg, 荷吊滑車 50kg, 重錘 140kg, 総重量 330kg

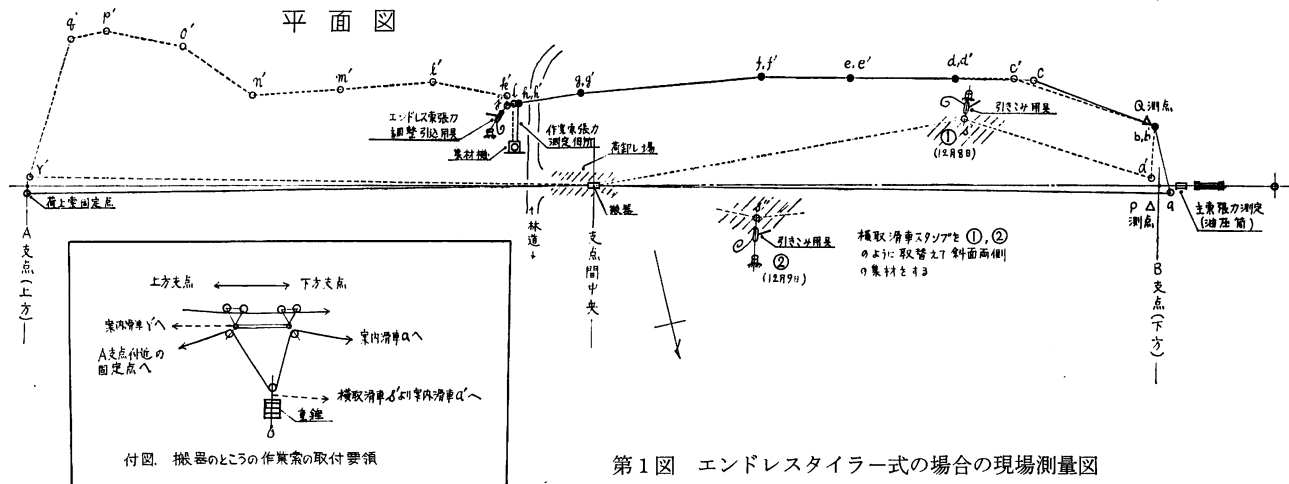
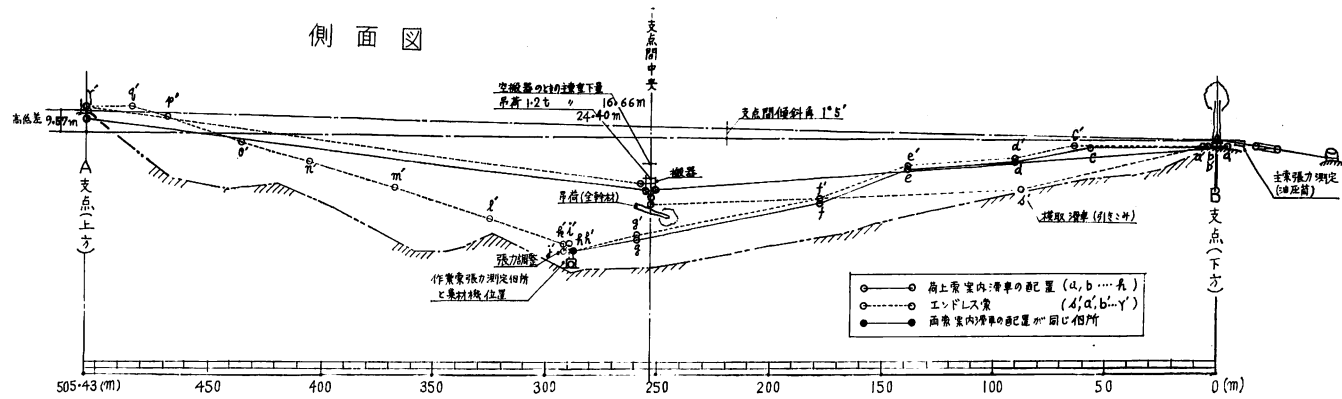
1-3. 試験装置

試験装置は作業索張力測定用油圧筒を除き第 II 報と全く同じであるので省略する。また作業索張力測定用油圧筒は、機構は従来型と全く同じであるが、強度を増すため肉厚を大きくとり 10 t の引張力にまで耐えるようにしたので、重量は約 40 kg になったが断面面積は従来型と同じく 44cm² である。

1-4. 測定要領

1) 主索張力

主索張力は第 1 図に示すように下方支点近傍において測定した。測定要領を示すと、下方支点は立木に



第1図 エンドレスタイラー式の場合の現場測量図

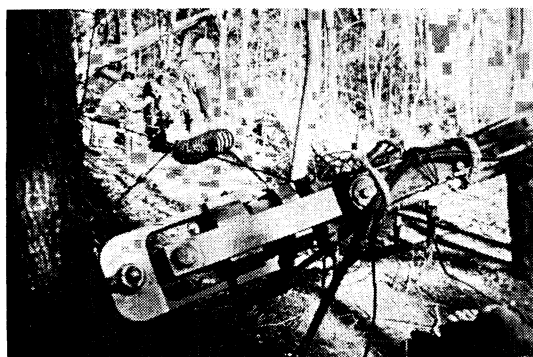


写真1-1. 主索張力測定用油圧筒と測定中の試験員

とりつけた三角滑車であるが、この支点近傍にとりつけた特殊クランプ（ただしスパンの外側に配置してある）に主索張力測定用油圧筒を連結し、これに引締滑車を取りつける。固定側の引締滑車は直径約1.5mの根株に固定されており、張力増減による変位は全く認められぬ強固なものである。なお三角滑車は、胸高直径約70cmのナラの木に地上約2.5mの高さに取り付けられてあるが、これまた張力の増減により変位などは認められなかった。測定計器はこの下方支点近傍に配置して、試験中連続して張力変化を記録した。この概況を示すと写真1-1～2のとおりである。



写真1-2. 下方支点（三角滑車）と主索張力測定中の試験員

2) 作業索張力

集材機の近傍において丸太で枠を組み、この枠のうちに第Ⅱ報同様作業索を屈曲させ、この屈曲させるに要する力を油圧筒により測定し、屈曲した角度から作業索張力を算出した。

3) 測 量

第1図に示すようにP-Q2点間を基線としてトランシット測量を行ない、上下両支点間の水平距離、傾斜角、中央点の方向など所要の値を求めた。

4) 吊 荷 の 秤 量

吊荷は、ひのきを主体とする50年生の人工林を数日前伐倒枝払いした全幹材で、材長は約18m前後である。

搬器が荷卸場上に到着すると、一たん荷を卸し吊下滑車に秤量計を取りつけ、再度荷を吊りあげて秤量した。この秤量計は容量2tで断面積20cm²の小型油圧筒に100kg/cm²の圧力計を取りつけたものである。

1-5. 試 験 方 法

試験は作業中の索張力の実態を知るため特別の指示は与えず、平常どおりの作業を実施してもらい、この間の主索ならびに作業索の張力と作業索速度の変化を同時記録した。ただし作業索は、測定したい索としてエンドレス索が2本、荷上索が1本の計3本あるが、測定装置は2要素分しかないので適宜の組合せで測定した。

また試験番号は第Ⅱ報²⁾同様「上山」「下山」（搬器1往復）をもって1回とし、集材機の運転操作にしたがって各工程をつぎの6工程に区分し、電磁ペンの「押しボタン」を押した。

(1) 吊下滑車巻き上げ開始, (2) 同完了, (3) 搬器走行開始, (4) 搬器荷掛場到着, (5) 吊下滑車降下開始, (6) 完了

なお, 第1図をみるとわかるように, 荷卸場はほぼスパンの中央にあり, 荷掛場は横取り滑車の付近であるため, 搬器の中央点から横取り滑車の上近くまでの約150m区間を走行したことになる。

2. 試験成績

本試験は主索ならびに作業索張力を同時に測定しているが, 作業索に関しては後日稿を改めて報告する予定であるので, 本稿においては主索に関する事項にのみ限定し, 作業索に関しては記録したデータと主索とともに例示するにとどめた。

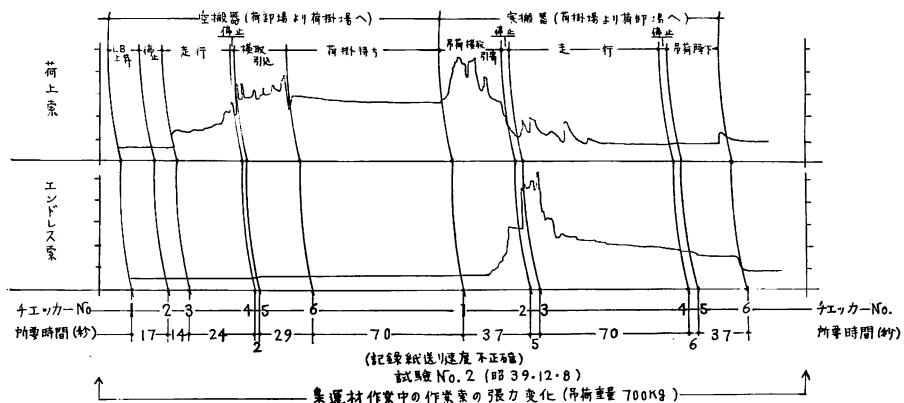
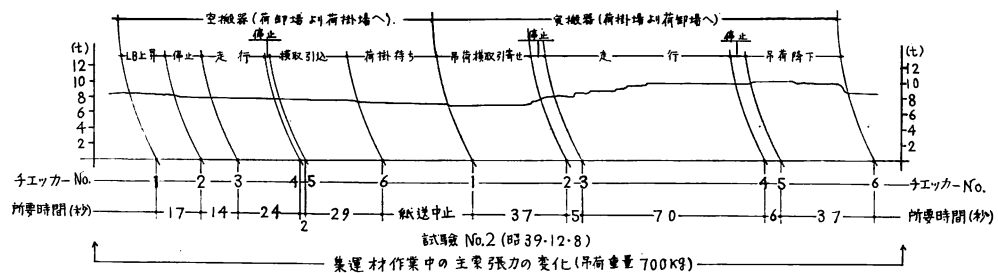
記録したデータのなかから代表的なものを示すと第2図のとおりである。

また, 荷卸場上において吊荷を秤量するため, 一たん吊荷を卸して秤量計を取りつけ再度荷を吊りあげる作業をやっているが, このときの張力変化はかなり明りょうに現われているので, 空搬器の場合と荷を秤量したときの張力差を読みとり, これを表示すると第1表のごとくなる。

3. 考察

第2図をみると作業索の張力変化はかなり顕著なものがあるが, 主索張力の方はきわめて緩慢な変化しかしていない。とくに搬器の移動にともなう張力変化はほとんど認められない。これは張力測定用油圧筒がスパンの外側に配置してあるため, 三角滑車のところの摩擦力が若干影響していたのではないかということも考えられるが, 搬器の走行区間がスパン全長にくらべて, 少ないことが主たる原因ではなかったかと解釈される。

しかして空搬器を荷重している索に荷を吊すと, どのくらい張力が増し, さらには安全率をたとえば3



第2図 実 測 例

第1表 吊荷を負荷した場合の主索張力の増加率と計算値

試験 No.	実 測 値									λ の 計 算 値		
	吊 荷				主索の負荷		主 索 張 力			$E = 8,000$ kg/mm ² の場合	$E = 12,000$ kg/mm ² の場合	$E = 16,000$ kg/mm ² の場合
	樹種	本数	材積	重量	負 荷 総重量*	荷重比**	空 搬 器 中央点にある場合	実 搬 器 中央点にある場合	張 力 増加率 λ			
			m ³	kg	kg		kg	kg				
1	ヒノキ	1	0.40	360	850	0.661	7,581	8,778	0.157	0.161	0.186	0.203
2	マ ツ	1	0.70	700	1190	0.925	7,581	10,307	0.359	0.304	0.352	0.385
3	ヒノキ	2	0.48	550	1040	0.808	7,581	9,443	0.245	0.241	0.280	0.306
4	マ ツ	1	0.81	1000	1490	1.159	7,581	11,704	0.544	0.425	0.492	0.537
5	ヒノキ	2	0.36	420	910	0.707	7,581	9,177	0.210	0.186	0.216	0.235
6	ヒノキ	1	0.40	420	910	0.707	7,581	9,443	0.245	0.186	0.216	0.235
7	ヒノキ	1	0.35	380	870	0.676	7,581	8,911	0.175	0.168	0.196	0.214
8	ヒノキ	2	0.74	670	1160	0.902	7,581	9,975	0.315	0.292	0.338	0.370
9	ヒノキ	4	0.42	450	940	0.731	7,581	9,310	0.228	0.199	0.231	0.252
10	マ ツ	1	0.59	700	1190	0.925	7,581	10,640	0.403	0.304	0.352	0.385
11	ヒノキ	2	0.66	700	1190	0.925	7,581	10,640	0.403	0.304	0.352	0.385
12	ヒノキ	1	0.37	450	940	0.731	7,581	9,310	0.228	0.199	0.231	0.252
13	マ ツ	1	1.12	1180	1670	1.299	7,581	12,369	0.631	0.495	0.573	0.626

備考 *: $W=1,286$ kg (主索重量)

**: 吊荷重量のほか主索に与える負荷は490kgとし、その内訳はつぎのとおりである。搬器走行部140kg, 荷吊滑車 50kg, 重錘 140kg, 作業索の負荷 160kg, 計 490kg。

にとった場合、許容荷重はいくらであるかというようなことを問題にする場合、搬器の位置は最大張力が発生する中央点で考えるのが普通であるが、本試験はたまたま荷卸場がスパンのほぼ中央点にあったのでデータの解析に好都合であった。

3-1. 負荷による主索張力の増加率について

第Ⅱ報の(2)_i式において $K=1/2$ の場合の主索の平均張力は微小項を省略して近似的に次式で示される。

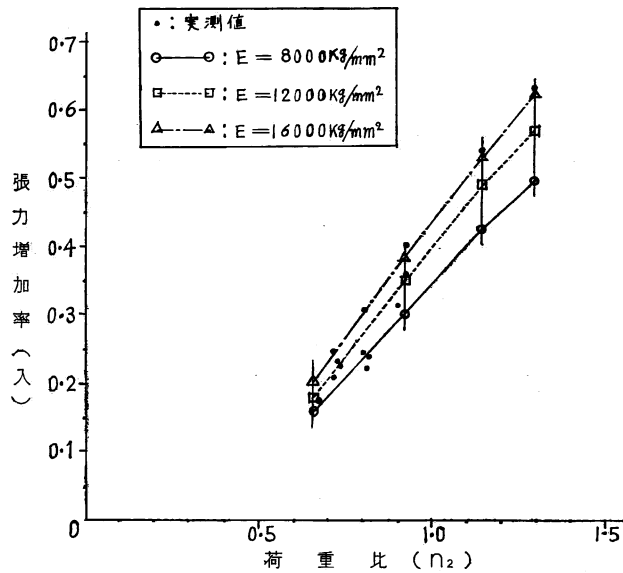
$$T_m = \frac{W}{2} \cos \theta \sqrt{\frac{1+3n+n^2}{6(l/u-1)}}$$

ただし, T_m : 平均張力 (kg) W : 支点間の主索重量 (kg) l : 支点間の主索長 (m) u : 支点間の斜距離 (m) θ : 支間傾斜角 n : 荷重比 (主索の負荷 Q と W との比, $n=Q/W$)

そこで、いま空搬器のときは下付けに1を付し、実搬器のときは2を付けて T_m , l を表わすことにすると、実搬器負荷時の平均張力はつぎのごとく表わされる。

$$T_{m2} = \frac{W}{2} \cos \theta \sqrt{\frac{1+3n_2+3n_2^2}{6(l_2/u-1)}} \dots\dots\dots (1)$$

また鋼索の引張弾性率 E は、鋼索の有効断面積を A とすると次式で表わされる。



第3図 主索張力の増加率の実測値と計算値との比較図

$$E = \frac{(T_{m2} - T_{m1})/A}{l_2/l_1 - 1} \dots \dots \dots (2)$$

よって(2)式の l_2 を(1)式に代入して T_{m2} について解くと、解はつぎのごとくなる。

$$T_{m2} = \frac{1}{2} \left[\left\{ T_{m1} + EA \left(\frac{u}{l_1} - 1 \right) \right\} + \sqrt{ \left\{ T_{m1} + EA \left(\frac{u}{l_1} - 1 \right) \right\}^2 + \frac{u}{l_1} EA \frac{1/3 + n_2 + n_2^2}{2} \cdot \frac{W^2 \cos^2 \theta}{T_{m2}} } \right] \dots \dots \dots (3)$$

ただし、本式は未知数 T_{m2} が含まれているので漸近法によって求めることになるが、数回の試算で解は得られる。

実搬器負荷のための張力の増加率を λ とすると $\lambda = T_{m2}/T_{m1} - 1$ であるので、第1表に掲げた荷重比を用いて(3)式により λ を求めると、第1表の右側のような結果を得た。またこの結果を図示すると第3図のごとくなるが、 λ と n_2 はほぼ直線に近い関係にあり、また E が16,000 kg/mm²の計算値が実測値にもっとも近いようである。このように E の値のとりかたで λ は少しずつ変化するので、 E の推定は慎重にやる必要があるが、 E の値の違いほど n_2 の値の差異は大きくないから、12,000 kg/mm²ぐらいにとっておけば大きな推定誤差はないと考えられる。しかし、安全の面から考えると16,000 kg/mm²にとる方が無難のようである。

3-2. 鋼索の E について

E については第1報においても述べたが、このときの主索は6×7 C/L 裸26mmでかなり摩耗がひどく、かつ疲労も進行したと考えられる鋼索であったが、平均値で17,200 kg/mm²の値をとった。第II報の場合は新品であったためか、7,500 kg/mm²ぐらいが妥当のようであった。このようにこれまでの試験例から判断すると、6×7 C/L 裸鋼索の E はつぎのような基準で推定したらよさそうである。

新品の場合	8,000 kg/mm ²
かなり使用したもの	16,000 kg/mm ²

その中間的なもの $12,000\text{kg/mm}^2$

4. 試験結果の応用

4-1. 許容荷重比について

(3) 式の各因子をつぎのような形で書き改める。

$$A = T\sigma/\sigma_B, \quad T_{m1} = T\sigma/f_{m1}, \quad T_{m2} = T\sigma/f_{m2}, \quad W = ql_1, \quad \lambda = f_{m1}/f_{m2} - 1$$

ただし、 A : 鋼索の有効断面積 (mm^2), $T\sigma$: 鋼索の切断荷重 (kg), σ_B : 鋼索素線の抗張力 (kg/mm^2), T_{m1} : 空搬器負荷時の主索の平均張力 (kg), f_{m1} : 同平均引張安全率 [下付けの 2 は実搬器負荷時を表わす], q : 鋼索の 1 m あたり重量 (kg/m).

また式の変形中 1 か所だけ $l_1 \rightleftharpoons u$ とすると (3) 式はつぎのごとくなる。

$$\lambda = \frac{1}{2} \left\{ \left[-1 + \frac{E}{\sigma_B} f_{m1} \left(\frac{u}{l_1} - 1 \right) \right] + \sqrt{ \left[1 + \frac{E}{\sigma_B} f_{m1} \left(\frac{u}{l_1} - 1 \right) \right]^2 + \frac{E/\sigma_B}{2(T\sigma/q)^2} \cdot \frac{1/3 + n_2 + n_2^2}{1 + \lambda} d^2 f_{m1}^3 } \right\} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中 $(u/l_1 - 1)$ は (1) 式を利用して近似的につぎのごとくなる。

$$\frac{u}{l_1} - 1 \rightleftharpoons - \left(\frac{W}{2T_{m1}} \cos \theta \right)^2 \frac{1 + 3n_1 + 3n_1^2}{6} \dots\dots\dots (5)$$

(4) 式を n_2 について解き、これに (5) 式を代入するとつぎのごとくなる。

$$n_2 = \left\{ \left(\frac{f_{m1}}{f_{m2}} \right)^2 \left(\frac{1}{3} + n_1 + n_1^2 \right) + 8 \left(\frac{T\sigma/q}{df_{m2}} \right)^2 \frac{\sigma_B}{E} \left(\frac{1}{f_{m2}} - \frac{1}{f_{m1}} \right) - \frac{1}{12} \right\}^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{2} \dots\dots (6)$$

この式からわかることは、空搬器が負荷している場合の主索の許容荷重比 n_2 はつぎの因子で決るということである。すなわち、実搬器負荷時の平均引張安全率 f_{m2} はもちろんであるが、鋼索の E ならびに構成・種別によってきまる $T\sigma/q$ と σ_B , 水平距離 d , さらに空搬器負荷時の f_{m1} と n_1 の 6 つの因子である。このことは現場担当者が長年の経験でおおむね体得していたことではあるが、算式としてはこれまでなかったので今後大いに役だつものと考ええる。いま一例として現場でよく使われている 6×7 C/L 裸 A 種の鋼索について、 $f_{m2} = 3$, $E = 12,000 \text{ kg/mm}^2$, $n_1 = 0.5$ として f_{m1} をいろいろとった場合の n_2 と d との関係を図示すると第 4 図のごとくなる。

4-2. 主索の安全率について

第 4 図を使用するためには空搬器負荷時の安全率を求める必要があるが、この場合の方法としては、支点傾斜角と支間傾斜角を測定し実用数値表³⁾の第 9 表を使用するものがあるが、さらに簡単なグラフを作成したので説明すると、

第 II 報付録 I の (22) 式から $K = 1/2$ の場合の上方張力は、

$$T_A = \frac{W + Q}{2} \frac{1}{\sin \alpha - \cos \alpha \tan \theta} \dots\dots\dots (7)$$

ただし、 α は上方支点 (A) における主索の傾斜角

また、 $T_A = T\sigma/f_A$ とおくと 2 式から、

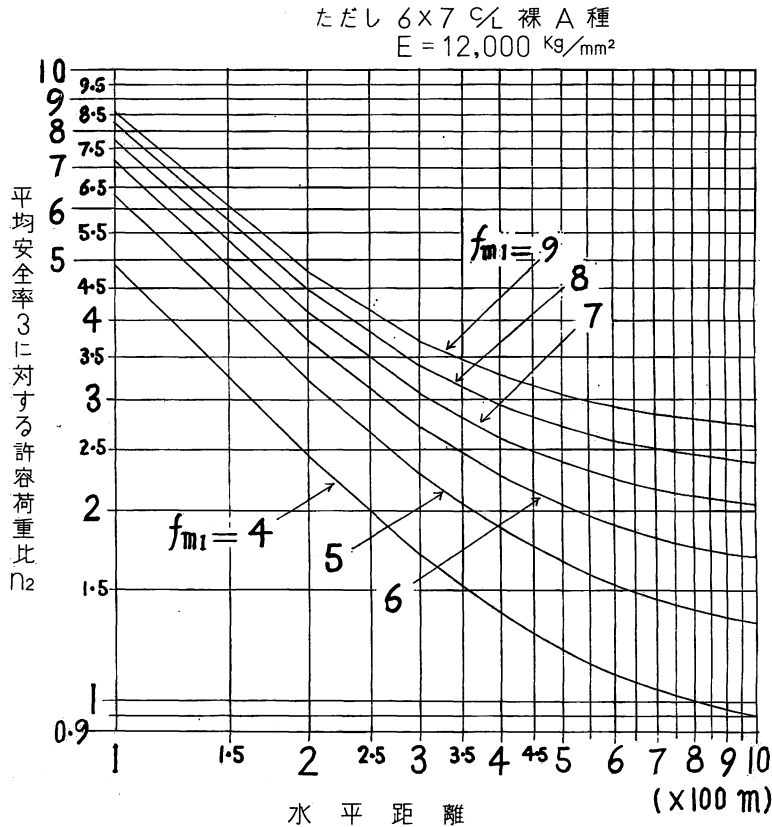
$$f_A = 2 \frac{T\sigma}{q} \cdot \frac{\sin(\alpha - \theta)}{(1 + n)l \cos \theta}$$

が得られる。しかし索長 l は斜距離とみなしても実用上ほとんど問題にならないので、

$$l \cos \theta \doteq d$$

とおける。よって、

$$f_A = 2 \frac{T\sigma}{q} \cdot \frac{\sin(\alpha - \theta)}{(1 + n)d} \dots\dots\dots (8)$$


 第4図 空搬器の荷重比が0.5の場合の平均安全率 f_{m1} と許容荷重比 n_2 との関係

同様にして下方支点の安全率 f_B はつぎのごとくなる。

$$f_B = 2 \frac{T\sigma}{q} \cdot \frac{\sin(\theta - \beta)}{(1+n)d} \dots\dots\dots (8)'$$

ただし、 β は下方支点 (B) における主索の傾斜角

しかして平均安全率と支点における安全率との関係は、第Ⅱ報付録Ⅰの(9)式を変形したつぎの式がある。

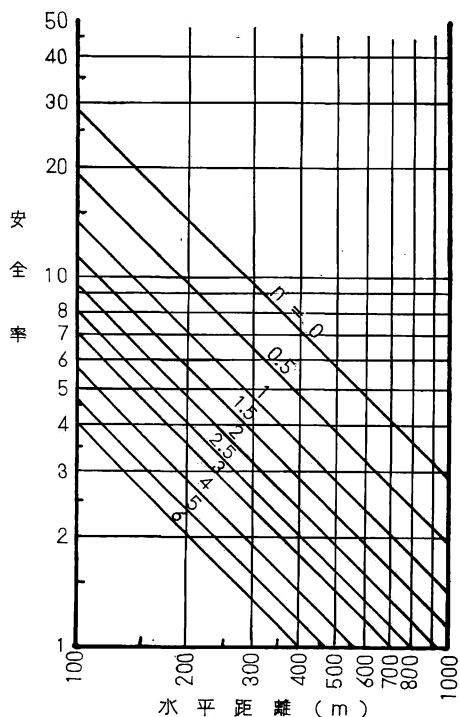
$$\frac{1}{f_{m1}} = \frac{1}{f_A} - \frac{t}{T\sigma/q} \cdot \frac{1+n}{2} \dots\dots\dots (9)$$

または、

$$\frac{1}{f_{m1}} = \frac{1}{f_B} + \frac{t}{T\sigma/q} \cdot \frac{1+n}{2} \dots\dots\dots (9)'$$

しかして式からわかるように、 t (支点間の高低差) は $T\sigma/q$ (16,500m ぐらいの値をとる) に対して小さいから正確を期するためには補正計算も必要になってくるが、普通は支点における安全率をもって平均安全率とみなしてもさしつかえない。

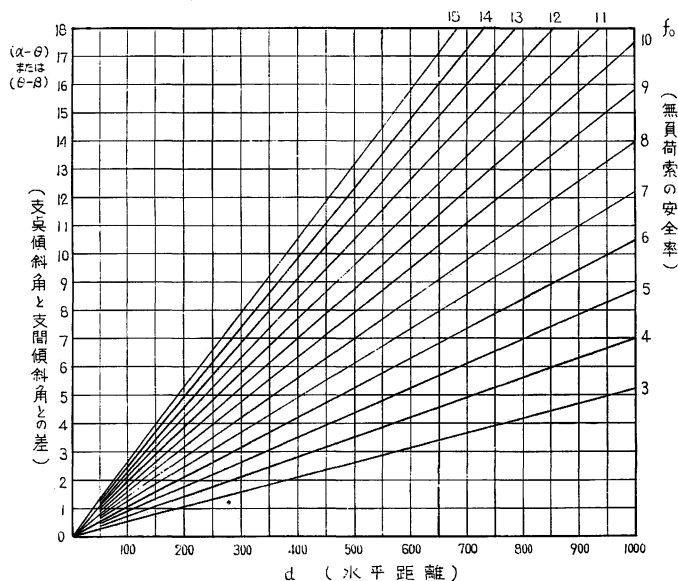
さて(8)および(8)'式をみて気づくことは、この両式は共通の因子からなりたっていて、 $(\alpha - \theta)$ 、 $(\theta - \beta)$ の項だけが異なっていることである。この項は支点における主索の傾斜角と支間傾斜角との差ということであるから、両傾斜角の差ということにしておけば共通のグラフで(8)、(8)'式は表わすこと



第5図 支点傾斜角と支間傾斜角の差が5°の場合の安全率と水平距離との関係

ができる。そして、上(下)方支点における傾斜角の差が与えられたときは、上(下)方支点の安全率が得られることになる。いまこの傾斜角の差が5°の場合の6×7 C/L 裸A種の鋼索について、数とおりの n に対して安全率と水平距離との関係を図示すると第5図のごとくなる。ただし、注意事項として、搬器はスパンの中央にもってきてから傾斜角の測定をする必要がある。

また(8), (8)'式において $n=0$ とすると無負荷索の上(下)方支点の安全率を求める式になり、これを図化すると第6図のようになる。このグラフは無負荷索の場合の支点における安全率が求められるほか、つぎのようにすると負荷索の場合の安全率でも求められるので便利である。すなわち、負荷索であっても荷重点から支点までのあいだは無負荷索であり、この区間において(8)あるいは(8)'式は成立するから、したがって無負荷索の場合と同様の手法で安全率は求められる。両支点間が遠くて相手の支点がよくみえないような場合は、支間傾斜角の測定はできないので、



第6図 支点傾斜角と支間傾斜角との差によって無負荷索の安全率を求めるグラフ、ただし鋼索は6×7 C/L 裸A種の場合

このようなときは目測などが十分できるところまで搬器をもってきて静止させ、支点と荷重点を結ぶ傾斜角と支点における傾斜角との差を測定すれば、負荷索ではあるが無負荷索と同じように安全率は求められる。

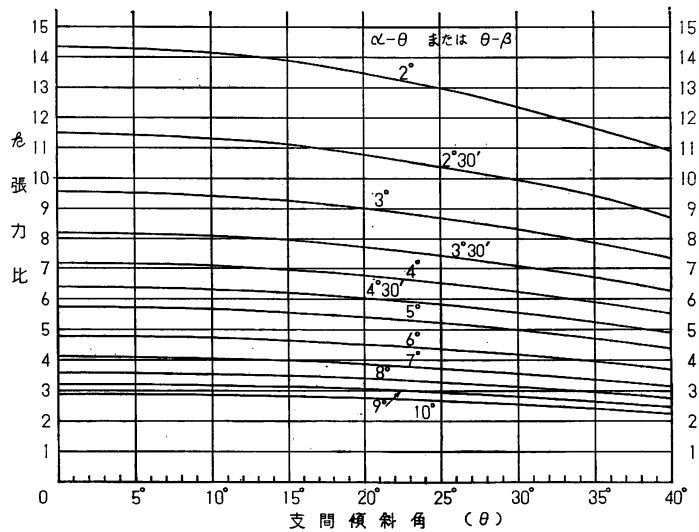
4-3. 主索張力比 k について
主索張力比 k は実用数値表の第9表を用いて求めるようにしたが、この k を前項同様傾斜角の差という形で表わすと読みとりにより便利である。すなわち(7)式より、

$$\frac{T_A}{W+Q} = k_A$$

とすると、

$$k_A = \frac{\cos \theta/2}{\sin (\alpha - \theta)}$$

となり、同様に $T_B/(W+Q) = k_B$ とすると



第7図 支点傾斜角と支間傾斜角との差によって張力比を求めるグラフ

$$k_B = \frac{\cos \theta/2}{\sin (\theta - \beta)}$$

となる。

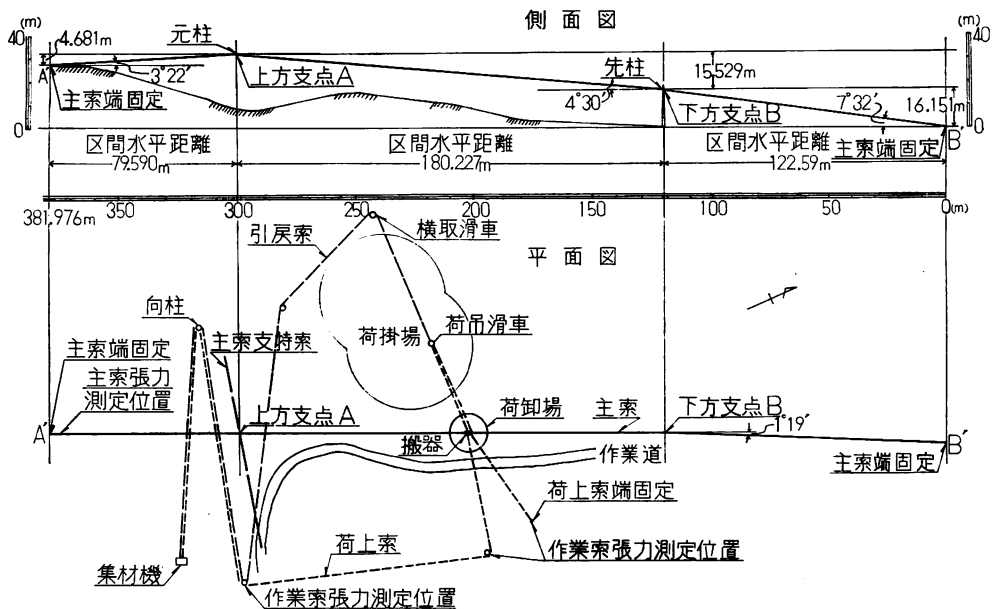
そこで、上下いずれかの支点において求めた主索の傾斜角と、支間傾斜角との差と、 θ 、 k との関係をグラフに表わすと第7図のようになる。

Ⅱ. 円型集材方式の場合

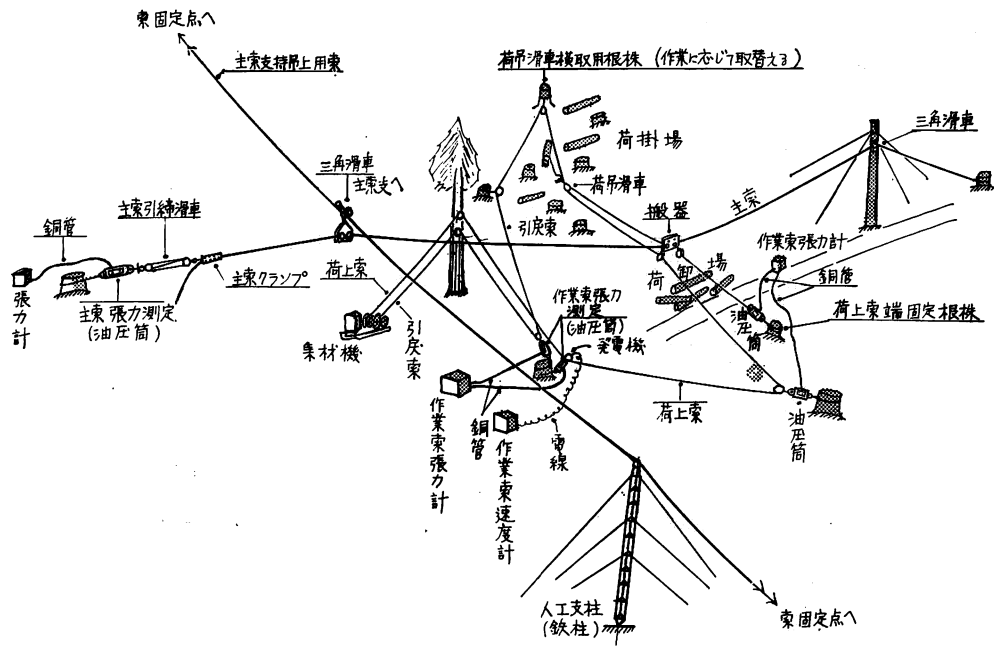
1. 試験概要

1-1. 試験の場所および時期

長野営林局管内福島営林署新高国有林 326 林班ぬ小班，新高製品事業所伐採現場において，昭和40年10



第8図 円型集材の場合の現場測量図



第9図 円型集材方式の場合の試験概要図

月4日から6日まで現場試験を行なった。

1-2. 集材方式

この試験に使用した集材機の要目と架線方式等を示すとつぎのとおりである。また試験現場測量図、ならびに試験概要図を示すと第8および第9図のとおりである。

1) 集材機

森藤機械製作所製 MS-63F型

- (1) 本体 ドラム数2, ドラム直径 265mm
- (2) 重量 2,800 kg
- (3) 原動機 型式いすゞDA-120P 水冷4気筒ディーゼル機関
最大出力 125馬力/2600 r.p.m.

2) 架線方式

円型集材方式で、索張りの概要は第9図のとおりである。

3) 支点間の水平距離 180.23m

支点間の傾斜角 4°55'

4) 鋼索

区分	構成	鋼索直径	保証切断荷重	標準重量	有効計算断面積
主索	6×7 (異型) C/L裸2種 (サンロープ)	mm 24	41.7 t	kg/m 2.38	mm ² 253
荷上索	6×19 0/0 裸2種	12	7.92	0.526	48
引戻索	同上	10	5.50	0.365	33

5) 搬 器 重 量

搬器本体 150kg, 荷吊滑車 50kg, 重錘 60kg, 総重量 260kg

1-3. 試 験 装 置

主索張力の測定装置は第Ⅱ報と全く同じであるので省略するが、作業索張力測定装置は若干変更したので説明をくわえることにする。

円型集材方式の試験は今回が初めてであることと、従来使用してきた勝間計器製の自記圧力計はかなり老朽化したので、これにかわり今回あらたに購入した自記圧力計を2台使用して、これまで集材機のドラムの近傍だけで測定していた作業索張力をさらに別の箇所でも同時に測定して、場所の相違による張力変化も解明しようと試みた。以下これらの装置の諸元を示すとつぎのとおりである。

1). 集材機近傍の作業索張力測定装置

- (1) 油圧筒 断面積 44cm^2 で 10 t まで測定できる大型のもの 2 台
- (2) 張力自記記録計 ブルドン管式で 2 要素同時記録。容量 200kg/cm^2 , 記録紙の送りは時計装置, マーカー用電磁ペン 2 個をもつ（長野計器製）
- (3) 銅 管 肉厚 1.5mm, 内径 4.8mm
- (4) 給油装置 100kg/cm^2 用手押ポンプ

2) 搬器近傍の作業索張力測定装置

- (1) 油圧筒 断面積 32cm^2 荷上索を固定したところの張力を直接測定するよう、荷上索に直接連結（東京衡機製造所製）、断面積 44cm^2 第 8 図に示すように荷吊滑車から搬器を経由して横取りした方向転換用並滑車に取りつける。（谷藤機械工業製）
- (2) 張力自記記録計 前項と全く同じもので容量 100kg/cm^2 （長野計器製）
- (3) 銅管、給油装置は前項と全く同じである。

3) 作業索速度測定装置

第Ⅱ報と同じであるから省略する。

4) 電磁ペンの配線

集材機の運転手が押しボタンを押すことによって各計器の電磁ペンが作動するように配線した。

5) 電 話

今回の試験は測定箇所が 3 か所となり、各測定員の位置からは作業状態がよく観測できないので、荷卸場付近で電話により状況説明を行ない、各観測員はこれを聴取し、所要事項を記録紙に記入することにした。

6) そ の 他

吊荷の秤量計ならびに測量計器は前編の試験と全く同じである。

1-4. 測 定 要 領

1) 主 索 張 力

主索張力は第 8 図に示すように上方支点側において測定した。本試験の現場は両支点とも主索の固定端からかなり離れており、とくに上方支点側はスパン約 500m の別の索で吊りあげられている。

上方支点側の索の固定は直径約 1.5m の根株であるが、この根株に直接油圧筒を固定し、これに引締滑車を連結した。主索張力の測定位置はこの油圧筒の近傍である。また下方支点側の主索の固定も上方支点

側同様根株であり、双方とも張力変化による変位などは全く認められない強固なものである。概況を示すと写真2のとおりである。

2) 作業索張力

第8図、第9図に示すように作業索張力は集材機の付近と搬器の付近の2か所において測定した。すな

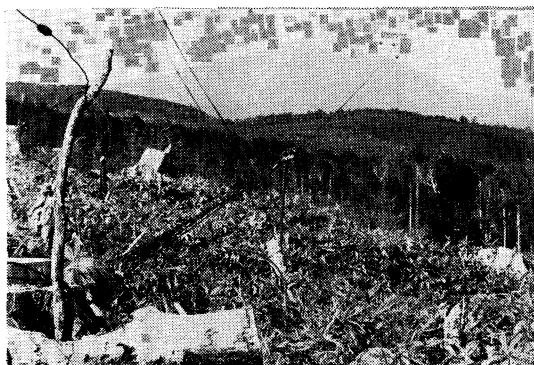


写真2. 主索張力測定位置から上方支点を望んだもの

左手前の根株にビニールに包まれた油圧筒がとりつけてある。右上方にみえる搬器は上方支点を吊りあげる索についていたもの。

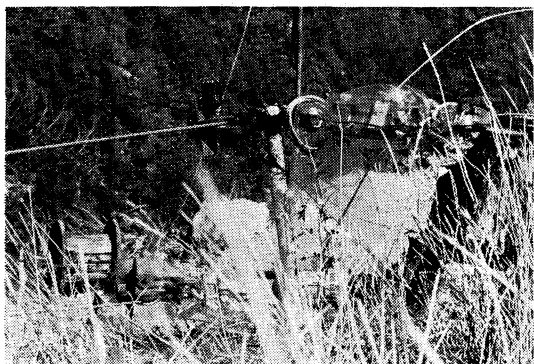


写真3-1. 引戻索張力測定中の油圧筒 案内滑車には速度測定用の発電機がとりつけてある。

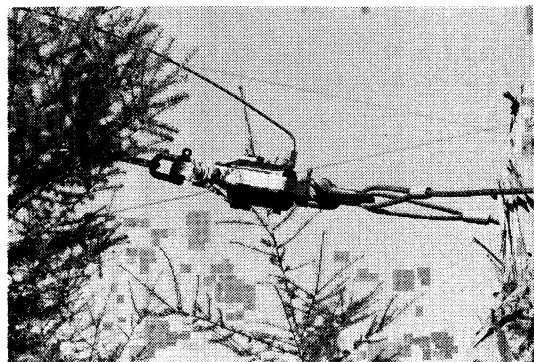


写真3-2. 荷上索固定根株にとりつけた油圧筒

わち、集材機付近の測定箇所では、向柱を経由した索を一たん案内滑車により大きく方向転換させ、この合力を引戻索と荷上索について測定することにした(写真3-1参照)。搬器付近の測定箇所では2か所の荷上索を測定した。ここでは、根株に固定した荷上索については油圧筒をこの根株に固定して、これに荷上索を連結させて測定する方法をとった(写真3-2参照)、集材機付近の測定箇所からきた荷上索は、前同様索を屈曲させる方法をとった。

3) 吊荷の秤量

吊荷は、ヒノキ・サワラ・カンパなどを主体とする天然生林を、数日前に伐倒玉切りした3~5m材である。集材するごとに秤量することは作業を渋滞させるので、試験中の秤量を行なわないことにし、試験終了後そのなかから10本選定し、小型油圧筒により秤量した。ただし、集材した材の容積検知はそのつど行なった。

1-5. 試験方法

試験はエンドレスタイラー式の試験の場合と同じく、平常どおり作業を実施してもらい、この間の主索ならびに作業索の張力と引戻索の索速度の変化を同時記録した。また試験装置の項で述べたように、各測定位置からは集材状況がほとんどみえないので、電話で作業の状況を説明し、各測定員は所要事項を記録紙にそのつど記入した。

なお、この試験においては搬器はほとんど荷卸場上にあって、ただ荷吊滑車が集材のため横取りされると若干の移動をみせただけで

あったので、今回の試験では、荷吊滑車を返送し、材を集材してきて荷卸場上に荷卸しするまでの行程を

もって試験1回とした。

2. 試験成績

はじめに試験中の作業状況を説明するとつぎのとおりである。荷吊滑車返送の場合は、荷吊滑車は引戻索の引張力によって宙に浮いた状態になり、横取滑車の方に進行する。引戻索の巻きとりと荷上索の繰りだしのバランスが破れると引戻索の張力は低下するので、荷吊滑車は地表近くまで降下し、伐倒木や枝条と接触し、これから離脱して前進をつづけようとするため、引戻索の張力は上昇する。根株などに重錘がからまって荷吊滑車の進行が一時停止すると、引戻索の張力は上昇し、主索は下方に押えこまれてくる。引戻索の引張力が障害にうち勝つと荷吊滑車は重錘と一緒に宙に舞うようにはねあがり、このようなことを数回くり返ししながら横取り滑車の方に進行する。つぎに集材であるが、2～4本の丸太が荷縛索によってそれぞれ荷釣に取りつけられてあるが、付近の根株や枝条がじゃましているため滑走を開始するまでに荷上索張力はかなり上昇する。材が移動を開始しても円滑に地面を滑走することはまれで、途中の障害物にひんびんと衝突し、そのたびに荷上索張力は上昇し、材が大きな根株に激突して滑走を停止すると、ふたたび材が滑走するまでには荷上索張力は大きく上昇し、集材位置が主索に近づくほど主索の垂下量は異状なまでに増大した。しかしてこのような集材が、回を重ねるにつれて地表には材の滑走路ができていき、地曳き抵抗は漸次低減する傾向があった。

また、集材作業中搬器は2～5mぐらいの不規則な移動をしていた。これは荷上索の張力が増大して主索の垂下量が増大するとき上方支点の方に移動したもので、とくに材が搬器に近づいてから大きな障害物につきあたり、ここから材を引き出すときにこの移動量は大きかった。したがって、集材がおわって荷上索の張力が低下すると垂下量も少なくなり、搬器は下方支点の方に後退した。

以上述べたように、円形集材方式の集材は終始地引きによって材を集材する方法である

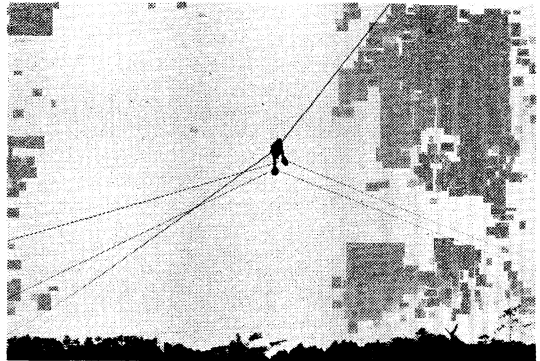


写真4-1. 荷上索によって主索が負荷を受けている状態
右側が集材地域で左側に荷上索張力を測定している油圧筒が配置されている。

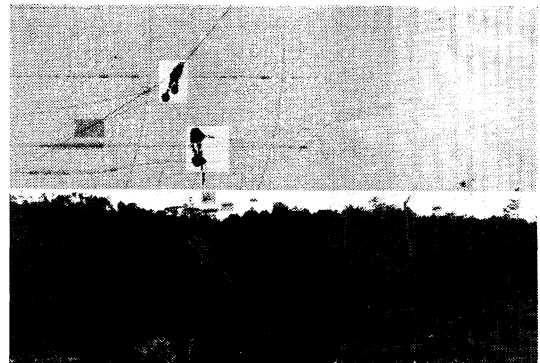
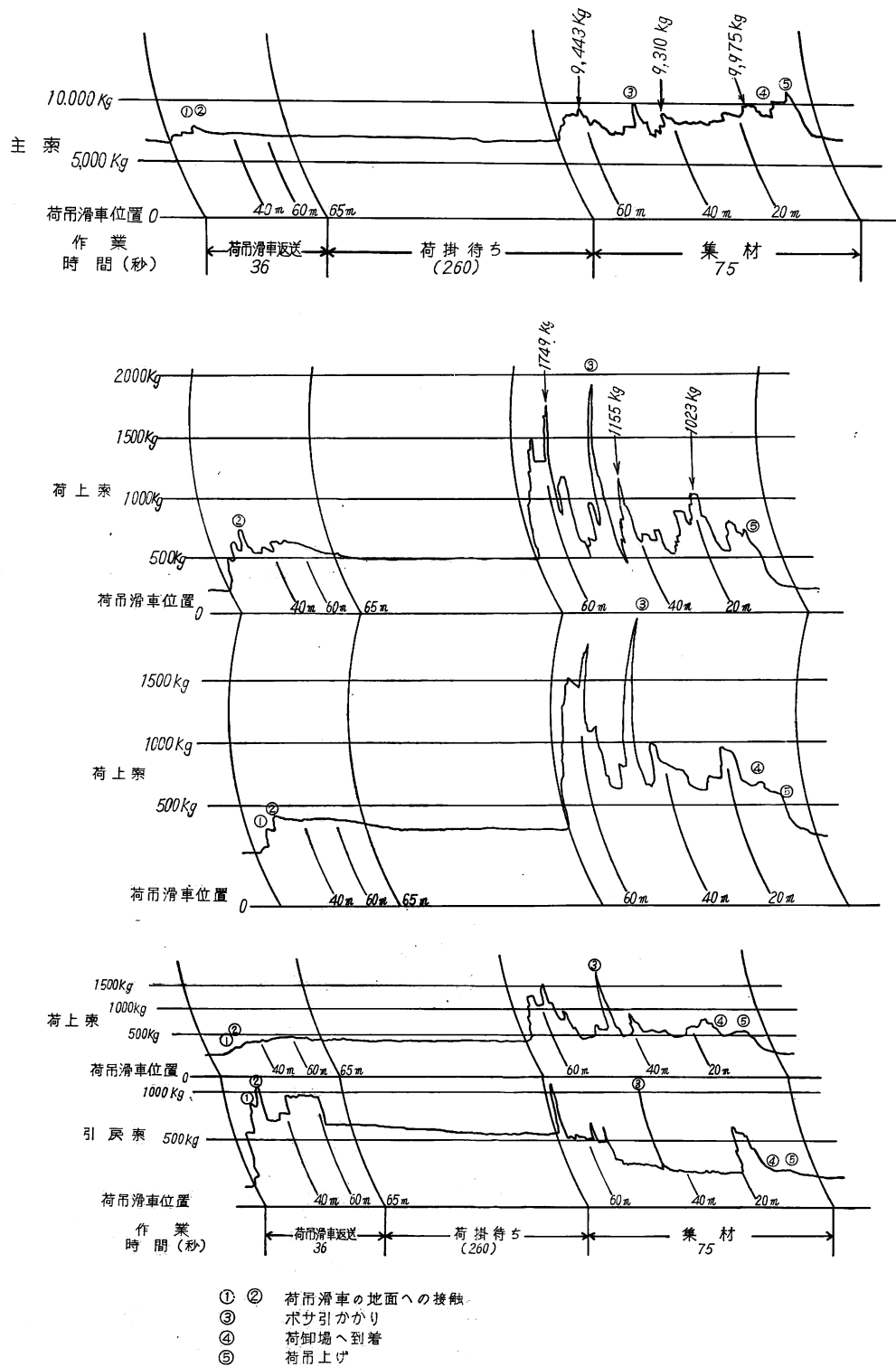


写真4-2. 吊荷を荷卸場上にひきあげている作業状況



写真4-3. 集材された材の山

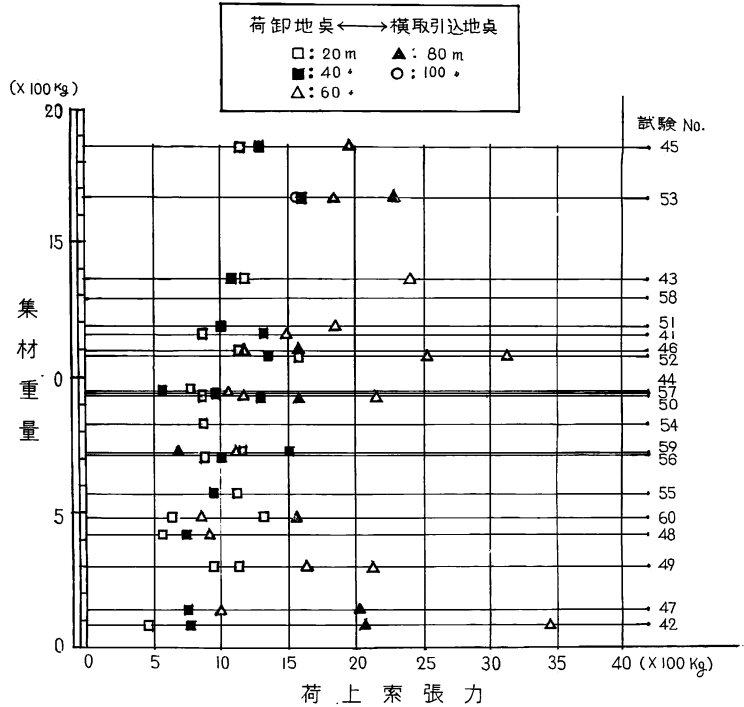


第10図 実測例，試験No.45集材作業中の張力変化，集材 1,860kg

から、作業索張力の変化はきわめて不規則で、かつ増減がはなはだしい。

いま記録したデータのなかから、代表的なものを2～3例示すると第10図ならびに付図1～2のとおりである。また、集材中の作業索の引張り方向やこのときの搬器の状態等を観察した写真を示すと、写真4-1～3のとおりである。

またこの試験において、直接荷上索の張力を測定したのは第10図の2段目のものであるが、測定法からいってこれがもっとも信頼性の高いデ



第11図 集材中の荷上索張力と集材重量との関係図

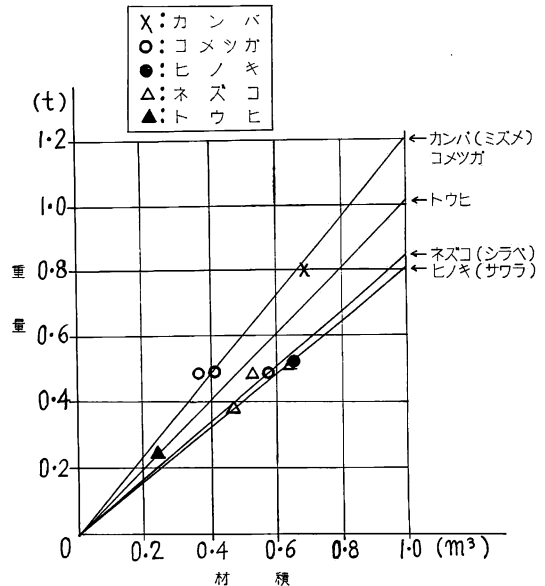
ータであるので、搬器滑車ならびに荷吊滑車の摩擦力を微小であると考え、この索張力の2倍が荷吊滑車に作用していたことになる。いま各試験データのなかから集材中において瞬間的に発生した荷上索張力のピークと、集材していた材の重量との関係を図示すると第11図のとおりであるが、地引きの抵抗が瞬間的とはいいながら、予想外に大きいものであるということを知ることができる。ここに材の重量を推定するには、試験終了後おこなった材の秤量検査によって得られた第12図を用いた。

3. 考 察

3-1. 円型集材方式の主索張力について

第10図ならびに付録1-1～2図に示すように、主索は荷吊滑車を返送するときはたいした張力の増加はみせないが、集材中はかなり大きな張力がおこる。ただし、作業索の張力

変化ほど激烈ではない。また、主索張力にはっきりした張力増加がおこるのは、材が大きな障害物に突きあたり荷上索が異状なまでに上昇したとき、主索の直下付近に集材された材木の山の上に、いま集材し



第12図 吊荷材積と重量との秤量結果

てきた材をさらに引きあげて山積みするときである。このときは主索は下方に大きく引きこまれる。とくに後者の場合は、幾分だ性をつけないと材があちこちに衝突してうまく引きあげることができないので、吊荷が荷卸場近くにくるとにわか集材速度を早めて運転していたので、この加速力も手伝ったためか、ほとんど吊荷の重量に近い張力が荷上索に働いていた。一方荷上索の引張角度は荷が主索に近づくにつれて大きくなるので、このためか荷上索張力が主索張力に及ぼす影響度は、材が主索に近づくにつれて大きくなる傾向があり、主索の最大張力は、吊荷が荷卸場近くにある場合にほとんど発生した。

つぎに、主索と荷上索の張力変化を比較していくとつぎのような傾向がある。すなわち、荷上索張力が大きく上昇したことによって、張力増加をきたしたと認められる主索張力の変化の波形は、荷上索ほど細かな変化がないことである。これは主索の両支点が三角滑車であるので、主索張力の増減によって生ずる固定側の索の伸縮分が、三角滑車のうえを移動できたことと、ここの摩擦より小さな張力変動は計測側の方には伝播しなかったこと、さらに上方支点は別の索によって吊られているので、ここでもかなりの緩衝作用がなされたことが考えられる。とくに本試験の現場は、搬器が負荷している径間（以下負荷径間と呼ぶ）と、搬器が負荷しない径間（以下無負荷径間と呼ぶ）との水平距離の差がないので、無負荷径間の索の伸びがかなり緩衝作用をしていたことは考えられ、これらの要因が影響して主索張力の変化が、荷上索張力の変化にそれほど忠実にしなかったのではないかと考えられる。

したがって、このような緩衝作用のある索張りにおいては、両支点が固定の場合の索張りより余分に荷をつけられることになる。

また円型集材方式の場合の主索の負荷は、タイラー式等の索張りで横取りをする場合においてもこれとよく似た現象をみうけるが、荷上索張力が増大して主索の負荷が増加するにつれて、主索の垂下量も増加していくので主索に対する負荷は逐次低減し、荷上張力が増加したほど主索の負荷は増加しない。

以上、述べてきた事項は本試験のデータを検討した結果得られた所見であるが、最後に述べた2点は集材機作業においてよくおこる現象であるにもかかわらず、これまであまり説明されていないので以下若干の解析をおこなった。

3-2. 無負荷径間の索が負荷径間に繰り込まれた場合の主索張力と許容荷重比の補正について
はじめに記号をつぎのようにさだめる。

第7図に示すように上方支点をA、下方支点をB、主索の固定端をそれぞれA'、B'とし、A'～A間を第Ⅰ区間、A～B間を第Ⅱ区間、B～B'間を第Ⅲ区間とし、この区間の主索長、主索張力などをあらわすのには下付にⅠ、Ⅱ、Ⅲを付すことにする。また作業開始前の主索張力、主索長をあらわす場合は下付に1を付し、集材中の場合は2を付けて区別することにする。

また、計算を簡単に行なうため、つぎのような仮定をもうけ近似式を随所に用いた。

- 1) 三角滑車の摩擦はきわめて小さいはずであるから、この両側の主索張力は等しいと仮定する。
- 2) 同一径間内における主索張力は同一と考える。したがって、全径間の平均張力はみな等しいと仮定する。
- 3) 搬器の位置は荷卸場上を若干移動していたが、ほぼ第Ⅱ区間の中央付近であったので、位置係数Kは1/2とした。したがって計算式は簡単になる。

前編(1)式を用いて各区間の作業前の索長をあらわすとつぎのごとくなる。

$$l_{11} = u_1 \left\{ 1 + \frac{1}{24} \left(\frac{W_1}{T_{m1}} \cos \theta_1 \right)^2 \right\} \dots \dots \dots (10)_1$$

$$l_{1\text{II}} = u_{\text{II}} \left\{ 1 + \frac{1}{24} \left(\frac{W_{\text{II}}}{T_{m1}} \cos \theta_{\text{II}} \right)^2 (1 + 3n_1 + 3n_1^2) \right\} \dots\dots\dots (10)_2$$

$$l_{1\text{III}} = u_{\text{III}} \left\{ 1 + \frac{1}{24} \left(\frac{W_{\text{III}}}{T_{m1}} \cos \theta_{\text{III}} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (10)_3$$

4) 集材中の索長を考える。この場合は第Ⅰ、第Ⅲ区間の索が張力増加にともなう伸長分だけ第Ⅱ区間に移動しているから、厳密にはこれらの区間の索重量は若干軽くなり、第Ⅱ区間の索重量はその分だけ重くなっているが、索の移動量は微小であるから索重量の変動はないものとする。

5) 上方支点は前に説明したように、別の索で吊られているので主索張力の変動にともない上下はもちろんのこと、主索と直角方向にも約1mぐらいの移動が観測されてはいたが、これらのことを考慮して計算すると繁雑になるので、上方支点の上下、左右の移動はないものと仮定する。

以上のような仮定のもとに、集材中の各径間の索長を集材中の索張力 T_{m2} であらわすとつぎのごとくなる。

$$l_{2\text{I}} = u_{\text{I}} \left\{ 1 + \frac{1}{24} \left(\frac{W_{\text{I}}}{T_{m2}} \cos \theta_{\text{I}} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (11)_1$$

$$l_{2\text{II}} = u_{\text{II}} \left\{ 1 + \frac{1}{24} \left(\frac{W_{\text{II}}}{T_{m2}} \cos \theta_{\text{II}} \right)^2 (1 + 3n_2 + 3n_2^2) \right\} \dots\dots\dots (11)_2$$

$$l_{2\text{III}} = u_{\text{III}} \left\{ 1 + \frac{1}{24} \left(\frac{W_{\text{III}}}{T_{m2}} \cos \theta_{\text{III}} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (11)_3$$

前編(2)式に準じて次式がなりたつ。

$$E = \frac{(T_{m2} - T_{m1})/A}{\Sigma l_2 / \Sigma l_1 - 1} \dots\dots\dots (12)$$

よって、(11)₁、(11)₂、(11)₃式を(12)式に代入して T_{m2} について解くと次式が得られる。

$$T_{m2} = \frac{1}{2} \left[T_{m1} + EA \left(\frac{\Sigma u}{\Sigma l_1} - 1 \right) + \sqrt{\left\{ T_{m1} + EA \left(\frac{\Sigma u}{\Sigma l_1} - 1 \right) \right\}^2 + \frac{EA}{6 \Sigma l_1} \frac{B}{T_{m2}}} \right] \dots\dots (13)$$

ただし、 $\Sigma l_1 = l_{1\text{I}} + l_{1\text{II}} + l_{1\text{III}}$

$$\Sigma u = u_{\text{I}} + u_{\text{II}} + u_{\text{III}}$$

$$B = u_{\text{I}}^2 W_{\text{I}}^2 \cos^2 \theta_{\text{I}} + u_{\text{II}}^2 W_{\text{II}}^2 \cos^2 \theta_{\text{II}} (1 + 3n_2 + 3n_2^2) + u_{\text{III}}^2 W_{\text{III}}^2 \cos^2 \theta_{\text{III}}$$

本式を前編同様の変換をおこない、計算に便利ようにつぎのような近似式を導いた。

すなわち、各径間の水平距離の和(全径間水平距離と名づける)に対する各径間の水平距離の比率を K_{I} 、 K_{II} 、 K_{III} (K_{I} 、 K_{II} を無負荷径間率、 K_{III} を負荷径間率と名づける)とし、

$$\Sigma l_1 = \Sigma u, u_{\text{I}} / \Sigma u = K_{\text{I}}, u_{\text{II}} / \Sigma u = K_{\text{II}}, u_{\text{III}} / \Sigma u = K_{\text{III}}$$

とすると、

$$B = \{ K_{\text{I}}^3 + K_{\text{II}}^3 (1 + 3n_2 + 3n_2^2) + K_{\text{III}}^3 \} (\Sigma d)^2$$

となる。($\Sigma u / \Sigma l_1 - 1$) の項にもこの近似計算をほどこすとつぎのごとくなる。ただし Σl_1 は (11)₁、

(11)₂、(11)₃式を用いる。

$$\frac{\Sigma u}{\Sigma l_1} - 1 = - \frac{f_{m1}^2 d_{\text{II}}^2 K_{\text{II}}}{24 (T \sigma / q)^2} \left\{ \left(\frac{K_{\text{I}}}{K_{\text{II}}} \right)^3 + (1 + 3n_1 + 3n_1^2) + \left(\frac{K_{\text{III}}}{K_{\text{II}}} \right)^3 \right\}$$

よって(13)式はつぎのごとく書き改めることができる。

$$\frac{1}{f_{m2}} = \frac{1}{2} \left[M_1 + \sqrt{M_1^2 + M_2} \right] \dots\dots\dots (14)$$

ただし、

$$M_1 = \frac{1}{f_{m1}} - \frac{E / \sigma_B \cdot f_{m1}^2 \cdot d_{\text{II}}^2 \cdot K_{\text{II}}}{24 (T \sigma / q)^2} \left\{ \left(\frac{K_{\text{I}}}{K_{\text{II}}} \right)^3 + (1 + 3n_1 + 3n_1^2) + \left(\frac{K_{\text{III}}}{K_{\text{II}}} \right)^3 \right\}$$

$$M_2 = \frac{E/\sigma_B \cdot f_{m2} \cdot d_{II}^2 \cdot K_{II}}{6(T\sigma/q)^2} \left\{ \left(\frac{K_I}{K_{II}} \right)^3 + (1+3n_2+3n_2^2) + \left(\frac{K_{III}}{K_{II}} \right)^3 \right\}$$

そこで、集材中あるいは荷卸場において材を吊りあげたときの主索の垂下量を、次節第14図によって推定し、これより荷上索の引張っている傾斜角、ならびに主索の負荷を求め、そのときの主索張力を(14)式によって算出すると第2表のごとくなる。実測値に対する誤差率をみると、 E が8,000kg/mm²の方が誤差率は低くなっているが、この計算は主索の負荷を適当に推定して算出しているので、単に誤差率を E と結びつけて考えるのは適当でないかもしれないが、 E の推定によっても誤差率が数%かわることがわかる。また参考までに、両支点が固定されていると考えた場合の誤差率も併記したが、全体に17%ぐらい誤差率がふえてくる。このように三角滑車を支点とする場合は、無負荷径間からの索の繰り込み量を配慮する必要があるということがわかるが、この場合許容荷重比をどのくらい増すことができるかということを知りたくなるので、以下式の上から検討してみる。

まず、問題を簡単にするため無負荷径間は1つだけとし、 $K_{III}=0$ として(14)式を n_2 について解くと次式が得られる。

$$n_2 = \sqrt{\left(\frac{f_{m1}}{f_{m2}} \right)^2 \left(\frac{1}{3} + n_1 + n_1^2 \right) + 8 \left(\frac{T\sigma/q}{d \cdot f_{m2}} \right)^2 \frac{\sigma_B}{E} \left(\frac{1}{f_{m2}} - \frac{1}{f_{m1}} \right) - \frac{1}{12} + \frac{1}{3} \left(\frac{K_I}{K_{II}} \right)^3 \left\{ \left(\frac{f_{m1}}{f_{m2}} \right)^2 - 1 \right\}} - \frac{1}{2} \quad \dots\dots\dots(15)$$

そこで両支点が固定されていると考えたとき($K_{II}=1$)の許容荷重比に対して、 K_{II} が0.1から0.7まで変化したときの許容荷重比の増加分を求めて図示すると、第13図のごとくなる。ただし、計算条件はつぎのとおりである。

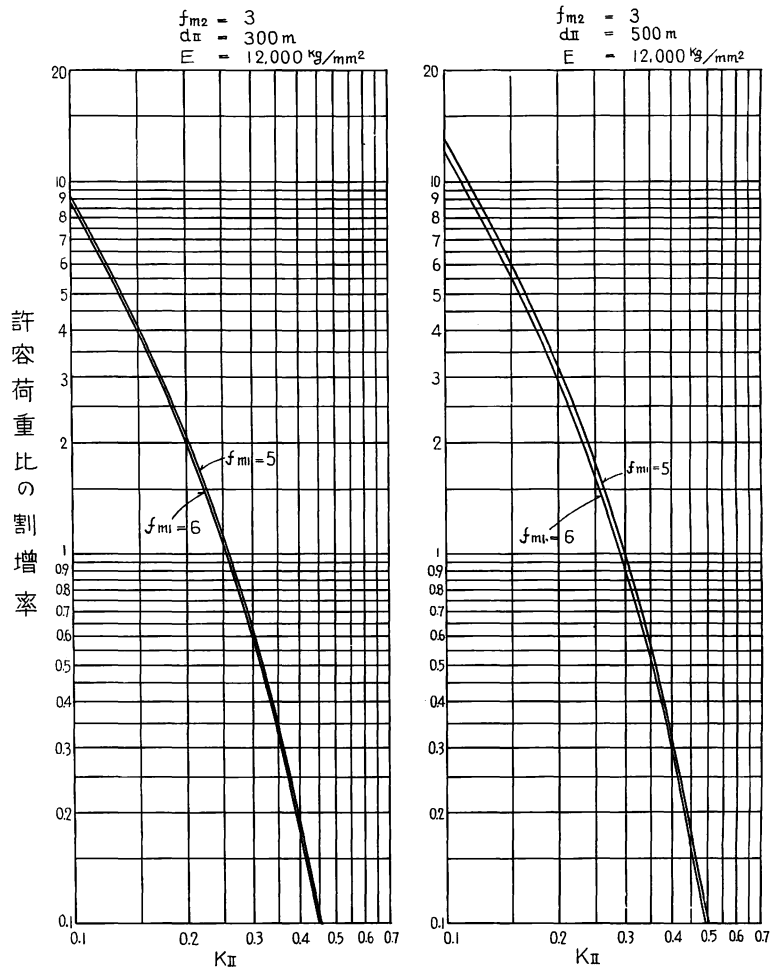
$f_{m2}=3$, $f_{m1}=5$, $d_{II}=250, 500$ m, $n_1=0.5$, $E=8,000, 16,000$ kg/mm², $\sigma_B=165$ kg/mm², $T\sigma/q=16,345$ m, (6×7 C/L 裸A種)

第2表 支点における索の移動を考慮に入れた場合の主索張力の計算値と実測値との比較表

試験 No.	計 算 諸 元						主 索 張 力				
	荷 吊 滑 車 の 位置	荷上索の引張 方向の傾斜角 (度)	荷上 索の 張力	主索の負荷			実 測 値		計 算 値		
				荷上索 の負荷	総負荷	荷重比	作業前	作業中	$E=$ 10,000	$E=$ 8,000	(注**)
40	40m	荷吊滑車側 10°	kg	kg	kg		kg	kg	kg	kg	kg
		固 定 側 12	1,740	1,504	1,804	4.2	6,783	9,975	10,920	10,450	12,168
		案内滑車側 18							(誤差率 +9%)	(+5%)	(+22%)
	荷卸場上	荷吊滑車側 90	530	1,430	1,730	4.0	6,783	8,911	10,740	10,280	12,108
45		固 定 側 18							(+21%)	(+16%)	(+36%)
		案内滑車側 23									
	60m	荷吊滑車側 90	840	2,268	2,568	6.0	6,783	10,906	12,830	12,200	14,514
		固 定 側 18							(+18%)	(+12%)	(+33%)
		案内滑車側 23									
	60m*	荷吊滑車側 10	1,970	2,062	2,362	5.5	6,783	9,443	12,340	11,750	13,900
		固 定 側 18							(+31%)	(+25%)	(+47%)
		案内滑車側 23									
	60m*	荷吊滑車側 4	1,970	1,293	1,593	3.7	6,783	9,443	10,370	9,950	11,500
		固 定 側 12							(+10%)	(+5%)	(+22%)
		案内滑車側 18									

備考：*：上と同じ条件であるが主索がさらに下方まで垂下したと考えた場合。

**：両支点が固定されていると考えた場合。ただし $E=8,000$ kg/mm² とした。


 第13図 負荷区間率 K_{II} と許容荷重比の割増率との関係

この図面よりつぎのことが推論される。

1) 負荷区間率 (K_{II}) が 0.5 以上になると許容荷重比の増加率は 10% ぐらいであるから、とくに割増しを考えることもなさそうであるが、 $K_{II} = 0.5$ 以下になると割増しの分が 30% を越すので、補正した方がよい。

2) 鋼索の E 、負荷区間の水平距離 (d_{II})、空搬器負荷時の平均安全率 (f_{m1}) による影響はあまり顕著でないから、これについてとくに配慮する必要はなさそうである。

3-3. 円型集材方式の場合の主索張力の計算法

これまでとりあつかってきた主索張力の増力率は、その負荷が既知の場合であったが、円型集材方式の場合は 3-1 の項でも述べたように、荷上索の張力とその引張方向によって主索の負荷が決定するため、この推定は面倒である。すなわち、荷上索張力が増加するにつれて主索の負荷も増加するが、同時に主索は垂下していくので、荷上索張力が主索に与える負荷の割合は逐次低減する。このような場合の主索張力の計算法は、これまで提示されたものがないようであるので、今回つぎのような解法を試み本試験のデータによって実測値と計算値とを比較検討した。

計算手順

1) λ と n_2 の関係を求める。

前編の第 3 図をみると張力増加率 λ と荷重比 n_2 との関係はほぼ直線関係にあるから、(14) 式で本試験現場の λ と n_2 との関係を求めるとつぎのとおりである。

$$T_{m2} = (0.92 + 0.15 n_2) T_{m1} \dots \dots \dots (16)_1$$

2) s と n_2 の関係を求める。

T_{m2} は近似的につぎのとおりである (文献 2) 参照)。

$$T_{m2} = \frac{(1+2n_2)}{8 \frac{s}{d}} W \sec \theta \dots \dots \dots (16)_2$$

よって、(16)₁ 式と (16)₂ 式を等置させると次式が得られる。

$$s = \frac{(1+2n_2) u^2 \cdot f_{m1}}{8 T \sigma / q (0.92 + 0.15 n_2)} \dots \dots \dots (16)_3$$

上式に本試験のデータを代入する。

$$u = 180.78 \text{ m}, f_{m1} = 6.147, T \sigma / q = 17,521 \text{ m}$$

$$s = \frac{1+2n_2}{0.92+0.15n_2} \times 1.433 \dots \dots \dots (16)_3'$$

3) 荷上索によって生ずる主索の負荷に関する方程式を求める。

本試験の場合の荷上索張力によって生ずる主索の負荷を図解すると、第 14 図のごとくなる。図より Q と T_L の関係式を求め、両辺を W_{II} で除すと次式が得られる。

$$n_2 = \frac{T_L}{W_{II}} \left\{ \frac{h_1 - s}{\sqrt{L_1^2 + (h_1 - s)^2}} + \frac{2(h_2 - s)}{\sqrt{L_2^2 + (h_2 - s)^2}} + \frac{h_3 - s}{\sqrt{L_3^2 + (h_3 - s)^2}} \right\} \dots \dots \dots (16)_4$$

ただし W_{II} は負荷区間の主索重量で 430 kg とした。

4) s と n_2 の関係をグラフ化する。

(16)_{3'} 式をグラフにすると第 15 図のごとくなる。

5) 第 15 図に (16)₄ 式の n_2 と s との関係をプロットする。

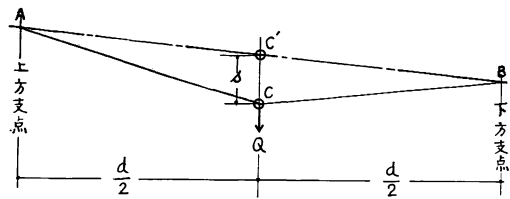
第 15 図のタテに引かれた曲線 (ほぼ直線) は T_L / W_{II} ($=m$ とする) と L_2 の変化によって (16)₄ 式の n_2 と s との関係がいかにか変わるかを例示したものである。

6) 両式から求めた曲線の交点の n_2 を読みとり、これを (16)₁ 式に代入すると T_{m2} は求められる。

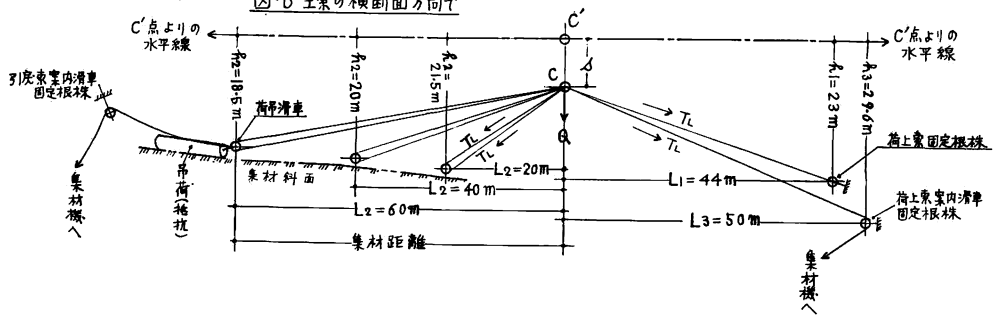
以上の作業を実測データについておこない例示すると第 3 表のごとくなる。

なお本表は第 10 図に示すごとく、主索と荷上索張力 (固定側) のピークを照合し、集材距離が 60, 40, 20 m のところでそれぞれ読みとり、荷上索張力から主索張力を算出したものである。これを通覧し、さらに第 2 表に示した主索張力推定の誤差率と比較すると、かなり誤差率は小さくなっていることがわかる。しかしてこの算出過程においては、かなりの近似計算が行なわれているが、誤差は意外に小さなものであ

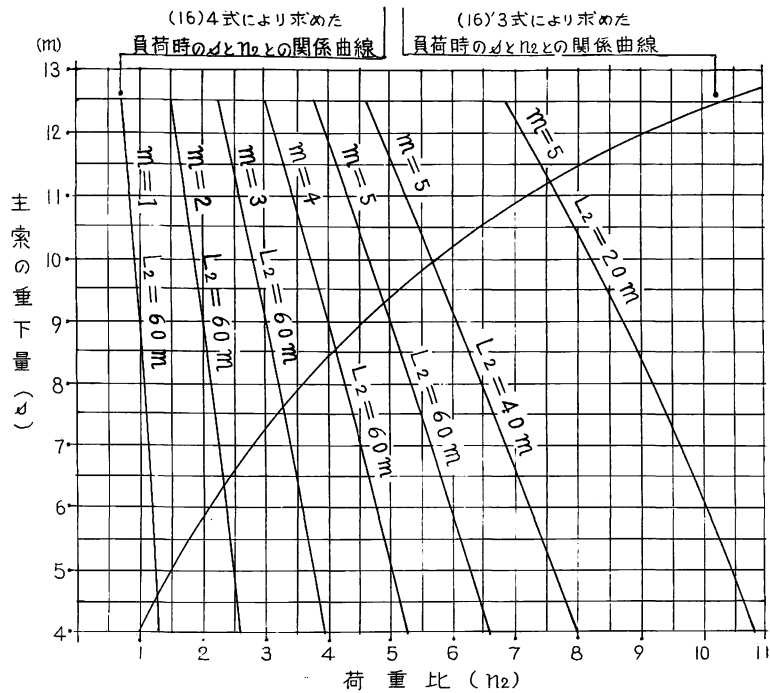
図・A 主索の側面方向で



図・B 主索の横断面方向で



第14図 荷上索によって主索が負荷を受けている状態図


 第15図 主索の負荷を求めるための $s-n_2$ 関係図

第3表 荷上索張力より主索張力を算出した場合の計算値と実測値との比較表

試 験 No.	集材距離 L_2	荷上索張力 T_L	m ($=T_L/W_{II}$)	第15図より 求めた n_2	計 算 値 T_{m2}	実 測 値 T_{m2}	誤差率
(第10図)	60 m	1749 kg	4.07	4.1	10,446 kg	9,443 kg	10.6%
45	40	1155	2.68	3.5	9,767	9,310	4.9
(集材 1,860kg)	20	1023	2.38	4.2	10,513	9,975	5.4
(付図1)	60	1518	3.53	3.7	9,971	9,310	7.1
48	40	693	1.61	2.3	8,546	7,847	8.9
(集材 420kg)	20	561	1.30	2.5	8,818	7,980	10.5
(付図2)	60	2211	5.14	5.0	11,328	10,241	10.6
52	40	1353	3.15	3.9	10,242	9,576	6.9
(集材 1,080kg)	20	1221	2.84	4.8	11,192	9,310	20.2

った。円型集材方式のようなかなり複雑な作業状況中の主索張力が10%内外の精度で推定することができたことは、この計算方法がかなり実用に供しうる方式であることを実証したものと考えられる。

III. 総 括

エンドレスタイラー式ならびに円型集材方式による集材機作業現場において、主索ならびに作業索の張力に関する試験をおこない、このうち、主索張力に関して得られた結果を要約するとつぎのとおりである。

1. 負荷による主索張力の増加率

空搬器に荷をつけることによって主索張力が増加する割合(λ)は、(4)式により、漸近法で求められる。

2. 主索の安全率

主索の安全率を求めるには支点における主索の傾斜角と、支間傾斜角の差を測定すると、第5図あるいは第6図によって簡単に求められる。

3. 設計に便利な許容荷重比を求めるグラフ

空搬器が負荷されている主索の許容荷重比は(6)式により求められ、これをグラフにして例示すると第4図のごとくなる。

4. 支点において主索が移動する場合の補正

支点が三角滑車である場合は主索固定側の索が負荷径間に繰り込まれるので、支点が固定されている場合より許容荷重が割増しできる。この場合の補正計算は(15)式によるが、概略の傾向は第13図のとおりである。

5. 円型集材方式の場合の主索張力計算法

円型集材方式のように主索の負荷があらかじめわかっていない場合の計算法は、(16)₁~(16)₃式によってグラフで荷重比を求めると精度よく主索張力は求められる。

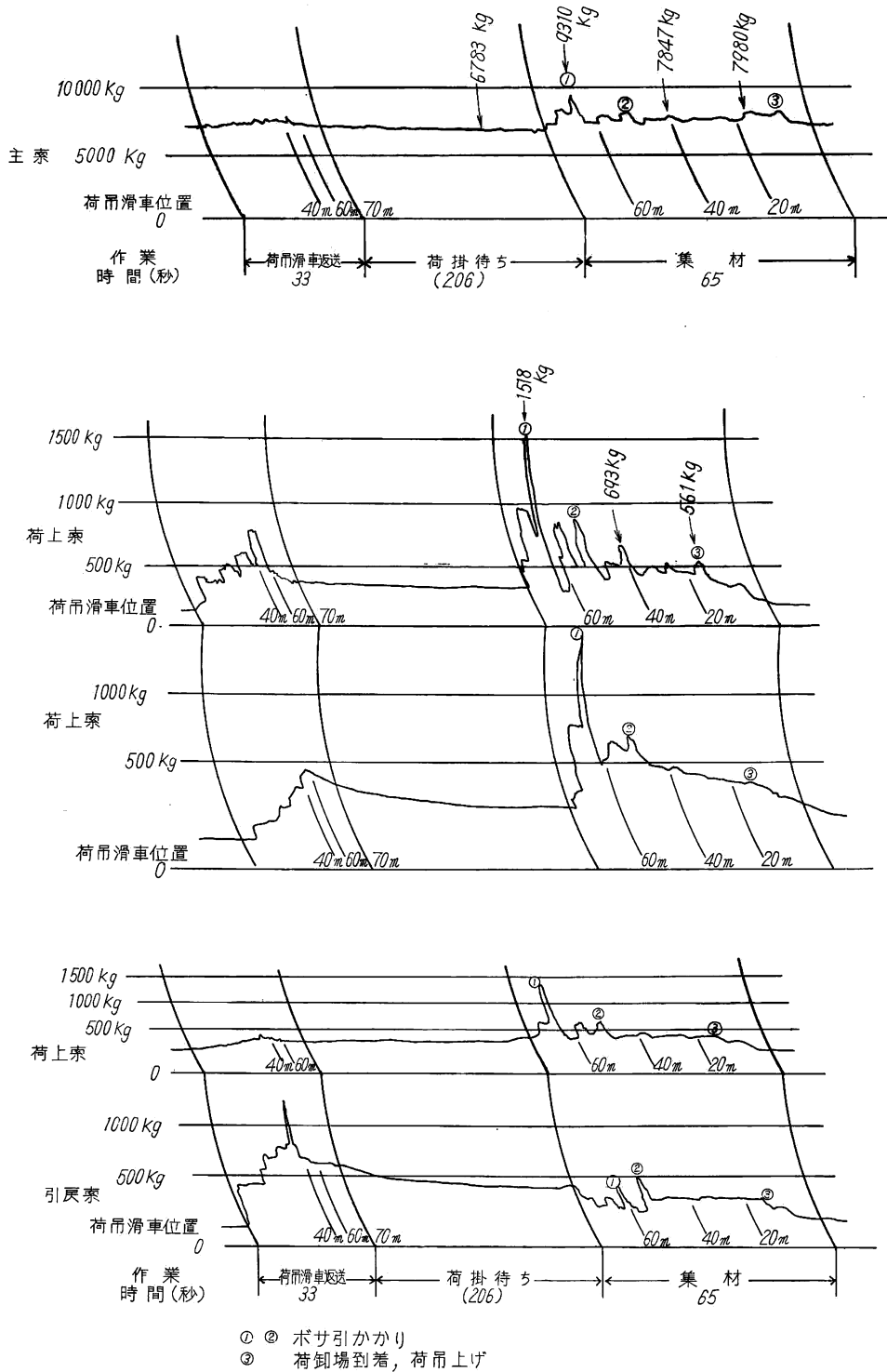
あ と が き

本報告書は、主索の設計・検定業務を簡素化するうえに新しいいくつかの手法を提示した。よって現場

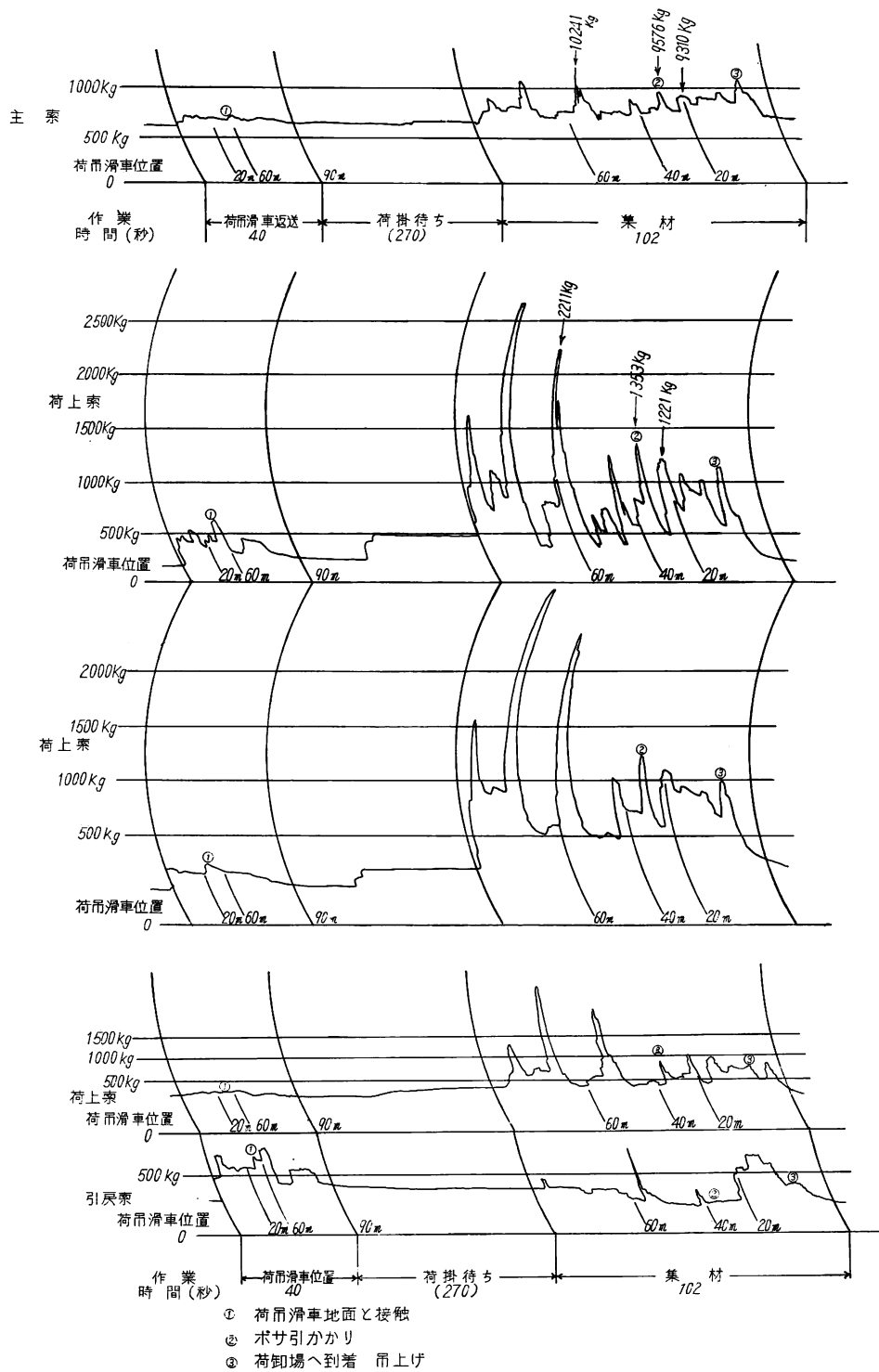
において遭遇すると考えられる条件についてグラフを作製し、これを近く改訂する予定の「集材機の主索に関する実用数値表」につけ加えることにした。

文 献

- 1) 加藤誠平：林業用索道設計法，pp. 221～222，（1959）
- 2) 上田 実ほか2名：架空索の主索に関する研究（第Ⅱ報）峯越しの場合の集材機の主索張力について，林試研報，174，pp. 46～47，（1965）
- 3) 上田 実ほか3名：架空索運材における主索に関する実用数値表，林試研報，136，第9-1，2表，（1962）
- 4) 上田 実ほか3名：架空索の主索に関する研究（第Ⅰ報）集材機の主索張力について，林試研報，136，（1962）



付図 1 実測例, 試験 No. 48 集材作業中の張力変化, 集材 420kg



付図 2 実測例，試験 No. 52 集材作業中の張力変化，集材 1,080kg

Studies on the Main Cable in Sky-line Logging (The Third Report).

On the tension of the cable in the endless-Tyler system and in the Sky-line-Highlead system.

Minoru UEDA, Toshihiko SAITO, Mitsugu TOMINAGA and Jun-ichi SHIBATA

(Résumé)

The authors experimented on the cable tension during logging operation by the "endless-Tyler" system in 1964 at a yarding place in Ibaragi Pref., and also in 1965 experimented on the "Skyline-Highlead" system in Nagano Pref.

As in the previous reports they studied the working tension of a main cable and an operating rope according to the parabolic-cable theory. Results are summarized as follows:

1. On the increase rate of tension of a loaded main cable compared with an unloaded condition.

Formulae (4) and (6) are deduced for calculation of the rate (λ) and the allowable-load/rope-weight ratio (n_2) respectively, and plotted in a diagram to estimate these values for the conventional operating conditions. The calculation shows that the modulus of elasticity of ropes amounts to 8,000 kg/mm² for a new rope and 16,000 kg/mm² for a moderately old rope.

2. On the safety factor of the main-cable tension.

By adopting the difference between the measured slope angle α or β of the ropeway at the upper or lower support and the surveyed inclination θ of a line connecting both supports, the safety factor f_A or f_B of the main-cable at the support may be easily judged from graph (5) or (6), and also the mean safety factor f_{m1} calculated from formulae (9) or (9)', where $T\sigma/q$ (strength/unit-weight ratio) is 16,350 m, and t is the vertical distance between two supports.

3. On the allowable load/rope-weight ratio (n_2).

A formula (6) is obtained for this calculation.

A value n_1 at no-load amounts to about 0.1~0.5 where n_2 is a value at loaded condition. The authors have prepared practical charts for the purpose of the projection, installation and inspection of a sky-line cable in logging, and give a graph (4) as an example, taking $n_1=0.5$.

4. On the correction of the allowable-load/rope-weight ratio n_2 .

The correction is necessary for the sky-line cable which rides on a saddle block at each of the upper and lower supports, and shows an elastic elongation due to the tension increase at operating conditions. But the correction is negligible when the distance between both supports is over 80% of the distance between the fixed ends of the cable. In the case of 50% below the above distance, the correction becomes essential. Graph (14) for 500 m span is shown as an example.

5. On the cable tension of the "Skyline-Highlead" system.

In this system the main cable tension varies with the resultant force extended on a carriage and caused by the pulling of a lifting block whose skidding range is marked by a fairly wide and nearly circular area.

Studying the system, the authors show analytically and graphically a method for obtaining the main cable tension under operating conditions. In this analysis, besides the ordinary and above-mentioned factors in the main-cable theory, the factors for a lifting cable must be taken into consideration such as tension, vertical and horizontal distance from a carriage to each lifting block, an intermediate block and a fixed stump.

The authors regard the calculating method as practical because experimental data satisfy the derived formulae with tolerably good agreement.