

集材機作業索に関する研究 (第1報)

タイラ ー 式

本 多 三 雄⁽¹⁾ 上 田 実⁽²⁾

斎 藤 敏 彦⁽³⁾ 風 間 貢⁽⁴⁾

三 村 和 男⁽⁵⁾

I 目 的

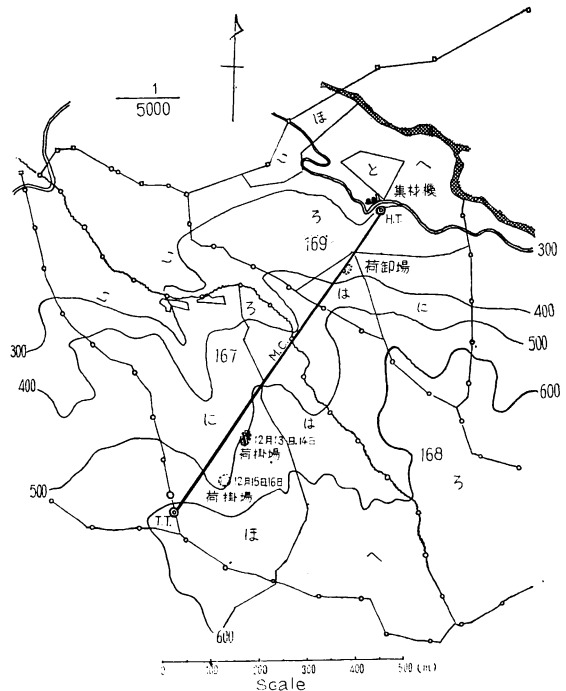
集材機運材作業は、集材能率ならびに生産材の品等向上の点から近時ますますその重要度をましつたが、これに使用する鋼索の選定に関しては、その基準は従来からの経験に頼つたはなはだ大まかなものであつたり、また集材機の所要馬力に関してはいたずらに大馬力のものを求める傾向が強い。この研究は集材機運材作業の合理化と危険防止の見地から、さきに研究報告第 67 号に発表した試験方法に準じた現場試験により、作業索の張力の実態をさらに精しく解析究明し、作業上あるいは鋼索取り扱い上の注意事項ならびに参考資料を得ようとするものである。

集材機運材方式はいろいろあるが、タイラ-式とフォーリングブロック式が主に使われているので、今回は第 1 報としてタイラ-式について試験を行った。

II 試験の場所と集材方式

東京営林局管内、天城営林署田方経営区本谷入国国有林 167 林班において昭和 30 年 12 月 13 日から 16 日にわたつて現場試験を行つた。試験地の地形および集材状況を第 1 図に示す。

この試験では集材機は下方元柱の近くにあり、集材地は(第 1 図の荷掛場)付近で横取りをした。吊荷の重量は荷卸場でいちいち 2t 動力計で測つた。



第 1 図 30 年度伐採地、地形および集材概要図
(田方経営区天城山本谷国有林 167 林班に小班内)
静岡県田方郡上狩野村湯ヶ島

(1) 元経営部作業科長・防衛大学教授 (2) 経営部作業科機械研究室長 (3)(4)(5) 経営部作業科機械研究室員

集材機の要目と架線方式を示すと次のとおりである。

集材機 岩手富士産業株式会社製 Y-25 FG 型

いすゞ DG-32 型ガソリン発動機 (3200 rev/min, 105HP) 付 2 胴, 12 mm 鋼索巻込容量 770 m, 速度 3 段 132, 327, 601 m/min

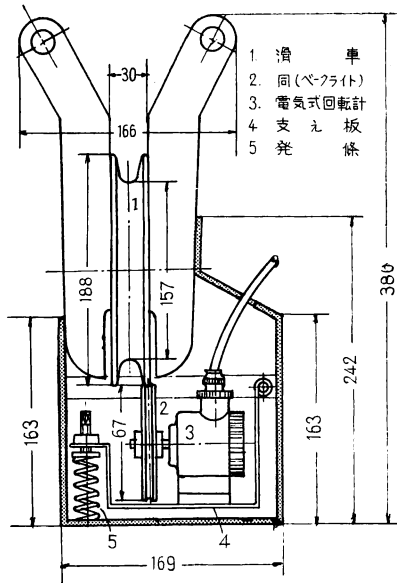
架線方式 タイラー式

水平距離 762.8 m, 高低差 208.9 m (傾斜角 15°19')

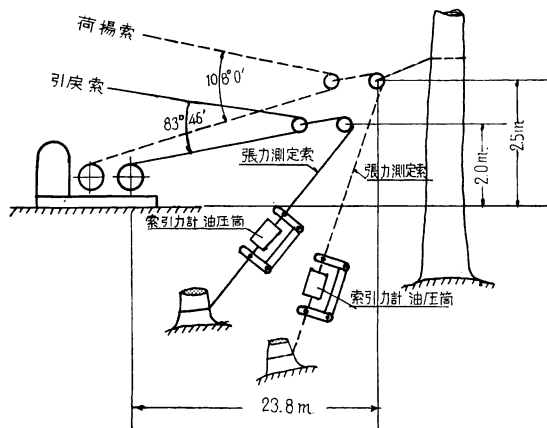
主 索 6×7 24 mm, 東京製鋼 B.S. 34900 kg 2,116 kg/m

引戻索 6×19 10 mm

荷揚索 6×19 12 mm



第 2 図 回転計付並滑車



第 3 図 作業索張力測定法

Ⅲ 試 験 方 法

1) 作業索の速度

第 2 図に示すように特に 7" 並滑車 (石井製) に電気式回転計 (横河製 A-10 型) を取り付けたものを 2 個用意し, これを支柱下滑車として使用した。回転計は溝車フランジで駆動されるから, この滑車に引戻索または荷揚索を通し, 作業時の回転数を読みとれば, 各鋼索の線速度が換算される。回転数については各作業段階 (引戻索では空搬器返送, 吊下滑車横取り, 実搬器運行, 荷揚索では吊下滑車巻上げ, 積荷横取, 積荷卸し) ごとにできる限り自記記録したものに近づけるよう連続して回転数を読みとった。

2) 作業索の張力

前の滑車には作業索の張力が加わるから, この滑車を

第 3 図のように張力測定索で別の滑車を通して力量加減器を介し牽引力計に連結し, 張力の合力を記録測定した。牽引力計は一つは先に試作したもので, 他の一つは同型で若干小型化 (ピストン面積 20 cm²) したもので, それぞれ引戻索, 荷揚索にあてた。自記圧力計は勝間計器製, 圧力 20 kg/cm², 記録紙 1 回転 10 min の同時二要素測定のものを使用した。写真記録は圧力で示されるから, 試験当時の状態であらかじめ引張試験を行って, その時の引張力を検定しておいた。さらに現場で作業索が回転計付滑車に掛かっている時

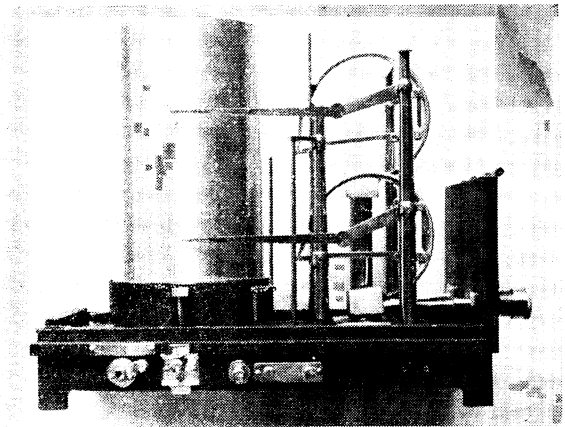
の巻掛角（実測はその補角）を知つて力の平行四辺形法から分力として索の張力を求めた。

3) 主索の張力

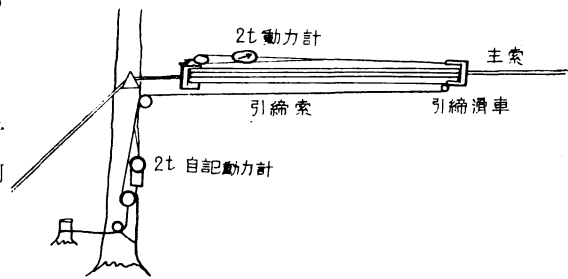
第5図は引締索張力測定方法を示す。本試験においては引締滑車がスパンの内側にあつて、引締索の一端には2t動力計を他の並滑車を通して第6図のように取りつけ、他の一端は案内のための並滑車で下方にもつてきて、同じく並滑車を通して2tの自記動力計を取りつけた。上方にある動力計は回転計の読みとりと同様なるべく自記記録したものに近似するよう連続読みとりを行つた。

4) 吊荷の重量

一たん荷卸しされた吊荷は別の2t動力計を取り付けてさらに吊りあげ秤量し、なお別に材積を測定した。



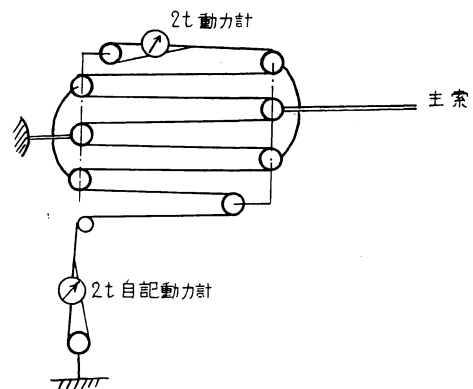
第4図



第5図 引締索張力測定法

一回の集材ごとに牽引力計の自記記録から求めた引戻索と荷揚索の張力の変化と、この時の索の速度ならびに主索の張力について、60のデータのうちから標準的なものの2例を付図1、2に示す。ただし、索の速度と主索の張力の一部は自記記録でないため多少の誤差は免れない。

全データを眺めてみると個々には若干の相違がみられるが、全体を通じてその傾向がよく似ていて、特に作業索の張力の変化は積荷の重量の差によるものと認められるもののほかは、きわめて規則的なものがみられた。また引戻索が地面をすつてゆくための影響、ボ



第6図 引締索張力測定解説図

サ等に引つかかつた時のショック、大きく加速度のかかつた時のピーク、実搬器停止の時の減速度抵抗が引戻索によくあらわれた（付図3）。

しかしながら、本調査において測定員の関係で横取りの際の吊下滑車の位置の測定はできなかつたので、横取りの時に普通より大きく張力の変つているデータについてその検討ができなかつた。

また、速度の方も作業索の張力の変化と対照して検討してゆくとその傾向はよく説明できるが、空搬器返送時の加速度、実搬器運行制動時の減速度を知るには誤差が大ききように考えられる。

以下作業索の張力に関する実験式をたててデータを解析する。

V 結果の解析

はじめに記号を次のように定める。

第 7 図において

θ : 主索の上下両支点の傾斜角 α : 搬器の傾斜角

β_{1i} : 並滑車の荷揚索との接触角 β_{2i} : 並滑車の引戻索との接触角 d : 上下両支点の水平距離 (m)

x : 上方支点から搬器までの水平距離 (m)

f : 搬器が上方支点から x の距離にある時の主索の垂下量 (m)

h_1 : 搬器滑車①と集材機との高低差 (m) h_2 : 吊下滑車と集材機との高低差 (m)

l_1 : 搬器滑車①から集材機までの荷揚索々長 (m) l_2 : 吊下滑車から集材機までの引戻索々長 (m)

l_{10} : 搬器に負荷を及ぼす荷揚索々長 (m) l_{20} : 搬器に負荷を及ぼす引戻索々長 (m)

w_0 : 荷揚索の降下を助けるために取り付けけた分銅と吊下滑車の重量の合計 (kg)

w_1 : 空搬器の重量 (kg) w : 積荷の重量 (kg) T_1 : 搬器滑車③のところの荷揚索の張力 (kg)

T_2 : 吊下滑車のところの引戻索の張力 (kg)

D_1 : 搬器滑車②のところの荷揚索に T_1 を働かすに要するドラムの張力 (kg)

D_2 : 吊下滑車のところの引戻索に T_2 を働かすに要するドラムの張力 (kg)

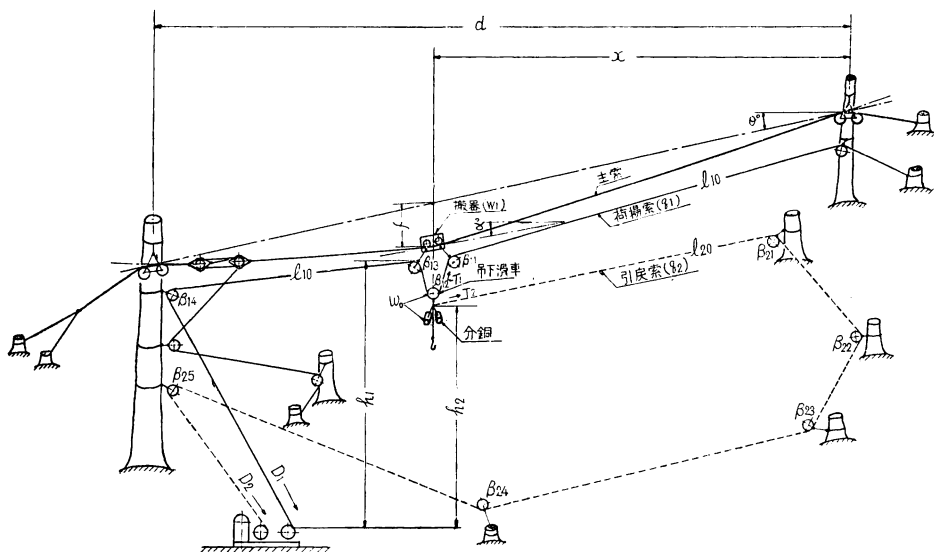
q_1 : 荷揚索の m 当り重量 (kg/m) q_2 : 引戻索の $1m$ 当り重量 (kg/m) μ_c : 搬器走行抵抗係数

μ_s : 並滑車の摩擦係数

λ_1 : 荷揚索が作業中途中の障碍物に接触して付加される抵抗力が、動く荷揚索の自重に対する比

λ_2 : 引戻索の同上 p : 搬器運行の際の加速度 (m/s^2) p' : 実搬器運行停止時における減速度

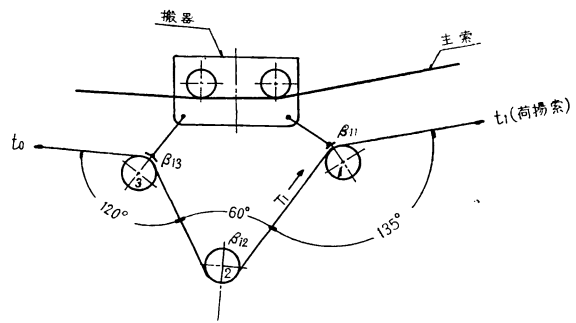
R_s : 搬器滑車が荷揚索にしごかれる抵抗



第 7 図 タイラー式集材方法

1. 空搬器返送時の引戻索の張力

空搬器返送にあたって、吊下滑車のところの引戻索にかかる引張力は、主索の上を空搬器滑車が転がるための勾配抵抗と走行抵抗のほかに、搬器に付いている滑車と吊下滑車に荷揚索がしごかれる抵抗と、引戻索が垂下して地面をすたりボサ等に引っかつた時に生じる抵抗が考えられる。なお、空搬器返送開始時には、このほかに加速度抵抗が加算される。



第 8 図

(1) 勾配抵抗

空搬器が α なる斜角の主索を登つてゆく時、搬器滑車に負荷を及ぼしてもちあげてゆく重量は搬器の重量 w_1 と分銅の重量 w_0 のほかに、引戻索が吊下滑車にぶら下つているから、その重量をも含めた合計となる。

今近似的に引戻索の搬器滑車に負荷を及ぼす重量 $q_2 l_{20}$ の半分が吊下滑車にかかっているとすると、勾配抵抗は

$$\sin \alpha \left(w_1 + w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

(2) 走行抵抗

搬器に負荷を及ぼす重量は $\left(w_1 + w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right)$ のほかに荷揚索があるが、これも引戻索と同様その自重の半分が負荷を及ぼすと考えると、走行抵抗は、

$$\mu_e \cos \alpha \left(w_1 + w_0 + \frac{q_1 l_{10} + q_2 l_{20}}{2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

(3) しごかれる抵抗

荷揚索が搬器運行に際してその付属滑車と吊下滑車にしごかれる抵抗は、荷揚索が滑車に接触している角度によつて変つてくるので、大体第8図のような状態でしごかれると考えると、その接触角は $\beta_{11} = 45^\circ$, $\beta_{12} = 120^\circ$, $\beta_{13} = 60^\circ$ となるから、その合計 $\Sigma \beta_1 = \beta_{11} + \beta_{12} + \beta_{13} = 225^\circ$ となる。第8図において、搬器滑車の左側に t_0 、右側に t_1 が働いていて、 $t_0 < t_1$ のとき3つの滑車の平均の摩擦係数を μ_s とすると、次の関係が成りたつ。

$$t_1 = t_0 e^{\mu_s \Sigma \beta_1'} \quad \text{ただし } \Sigma \beta_1' \text{ はラジアン}$$

$$\text{または} \quad = t_0 \cdot 10^{0.00758 \mu_s \Sigma \beta_1} \dots \dots \dots (3)$$

ゆえにしごかれる抵抗 R_s は $R_s = t_1 - t_0$ である。今近似的に $t_0 \doteq T_1$, $T_1 \doteq \frac{W}{2}$ とすると

$$R_s = t_0 (e^{\mu_s \Sigma \beta_1'} - 1) = \frac{W}{2} (e^{\mu_s \Sigma \beta_1'} - 1)$$

今 $\mu_s = 0.025$ と仮定すると

$$e^{\mu_s \Sigma \beta_1'} = e^{0.025 \times \frac{22.5}{180} \pi} = 1.103 \approx 1.1 \quad \text{であるから}$$

$$R_s \approx 0.1 \frac{W}{2} = 0.05W \quad \dots\dots\dots (4)$$

となる。 $\Sigma \beta_1$, μ_s はそれぞれ滑車ごとに変わってくるから, $R_s = 0.05W$ は近似的なものである。

$$\text{なお } W \text{ は吊下滑車にかかる重量で } W = w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2}$$

(4) 引戻索の付加抵抗

引戻索は引戻索関係滑車に支持されて, その時の張力に応じた張りを保つて作業をするから, その滑車の配置にもよるが索長が長くなるとその張力よりも自重が勝つて垂下し, 地面をすつたり, ポサに引つかかつたりして不定の抵抗が付加されることがある。しかし, その付加される位置にもよるが, 先柱付近において直接搬器まで索を誘導するために取りつけられた最後の引戻索滑車から搬器までの間において, この付加抵抗がおこる時はこの抵抗は空搬器返送時の吊下滑車のところの引戻索張力にいれる性質のものになる。

この抵抗を引戻索の全重量 $q_2 l_2$ の函数と考え, 付加抵抗係数を λ_2 とすると付加抵抗は

$$\lambda_2 q_2 l_2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

となる。

(5) 加速度抵抗

停止している空搬器が返送開始時にドラムの巻取速度まで速度が上昇するために, 大きな抵抗をうける。これを加速度抵抗と呼ぶと, 加速を受ける重量は $(w_1 + w_0 + q_2 l_2)$ であるから, 質量は $\frac{w_1 + w_0 + q_2 l_2}{g}$

$$\text{ゆえに加速度を } p \text{ とすると, 加速度抵抗は } \frac{w_1 + w_0 + q_2 l_2}{g} p$$

ゆえに空搬器返送にあたって吊下滑車のところの引戻索の張力 T_2 は以上の合計となる。すなわち

$$\begin{aligned} T_2 = & \sin \alpha \left(w_1 + w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) + \mu_s \cos \alpha \left(w_1 + w_0 + \frac{q_1 l_{10} + q_2 l_{20}}{2} \right) \\ & + 0.05 \left(w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) + \lambda_2 q_2 l_2 + \left[\frac{w_1 + w_0 + q_2 l_2}{g} p \right] \quad \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

出発時のみ

ただし, 引戻索の引張る方向は α とする。

(6) ドラムの張力 D_2

次に空搬器の吊下滑車のところの引戻索に張力 T_2 (以下 T_2 と略す) を働かせるに要する集材機のドラムのところの張力 (以下ドラムの張力と略す) D_2 は, 高低差による張力の補正¹⁾ と (3) 式による接触角の補正をして次のようになる。

$$D_2 = T_2 e^{\mu_s \Sigma \beta_2'} - q_2 h_2 \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{または} \quad = T_2 \cdot 10^{0.00758 \mu_s \Sigma \beta_2'} - q_2 h_2$$

(6) 式の α は次の式で与えられるから, 上方支点から x の点の f を求めると x の点の搬器の斜角が求められる。

$$\alpha = \tan^{-1} \left[\frac{f(d-2x)}{x(d-x)} + \tan \theta \right]^{11} \quad \dots\dots\dots (8)$$

本試験において、引戻索は横取りのために主索直下から約 80 m 離れたところに引戻滑車があつたため、搬器が主索の中央点付近にくるまでは途中の山腹をたえずこすり、また搬器が荷卸場付近にある時はさらに索の自重で垂下し、途中の尾根にも接触していて、その付加抵抗 $\lambda_2 q_2 l_2$ は相当大きかつた。

空搬器が主索の中央をすぎて横取り滑車とはほぼ同高の点において停止するまでのほんのわずかなところだけは、この付加抵抗はなかつたので、これに着目して μ_s , λ_2 を求め、さらに p を求める。なお、本試験においては付加抵抗は上記のものだけで、他の地点ではなかつたことを付記する。

1—1 μ_s (引戻索滑車の摩擦係数)

式(6)の諸因子は調査の結果次のとおりである。 $w_1=80\text{kg}$, $w_0=434\text{kg}$, $q_1=0.526\text{kg/m}$, $q_2=0.365\text{kg/m}$, $l_0=800\text{m}$, 運材区間を上方から $k=0\sim 1$ の無名数で表わして地点を示すと、各地点の α ならびに l_{20} は第1表のようになる。ただし α は“集材

第 1 表

機ならびに索道の主索に関する実用数値表”¹²⁾

より f を求め、計算により求めた。

また引戻索の引張る方向は $k=0.4$ 付近までは主索に平行であつて、それをすぎるとだんだん平行でなくなるから、引張力は増加する。この傾向は全データを通じて見られ、この時の引戻索の測定値 D_2 は平均して 200kg であつた。

k	α	l_{20}	h_2
		<i>m</i>	<i>m</i>
横取地点0.345	17°34'	70	115
0.40	16°41'	120	105
0.45	15°59'	160	95
0.50	15°0'	60	85
0.55	14°37'	40	75
0.60	13°55'	80	65
0.65	13°12'	120	55
0.70	12°23'	160	45
0.75	11°21'	50	35
荷卸地点0.81	9°53'	80	20

引戻滑車の接触角 β_2 の合計 $\Sigma\beta_2$ は地形図

より求めると、 $\Sigma\beta_2=570^\circ$ であるので、 μ_c だけが未知のものとなる。

今 $\mu_c=0.03$ として(6), (7) 式を計算すると $\mu_s=0.02$ となる。

1—2 λ_2 (引戻索の付加抵抗係数)

空搬器の返送のためにドラムの回転が開始されると、まず充分垂下していたドラムに近い引戻索はドラムの速度で巻き取られてゆくので、索は逐次張られてゆくが、それにつれて平衡を保つていた遠方の索は刻々変つてくる張力にバランスするように引戻滑車の上を移動しはじめる。しかし、短時間のうちに静止の状態からあるドラムの巻取速度で引張つても、この力は一部は搬器まで伝達されても他は引戻滑車に支えられた引戻索によつて、索の垂下量を少なくするための力にさかれて、索は大きく波をうつだけで搬器の速度は直ちにドラムの巻取速度には達していない。この時巻取速度が大きければ大きいほど加速度抵抗が大きく、かつ索の上下動も大きくなるわけである(付図1, 2参照)。そこでなるべく加速度抵抗の少ないデータを選んで、空搬器返送開始時から $k=0.4$ あたりの抵抗の変化をみてゆくと張力はほとんど変わらない。これは付加抵抗 $\lambda_2 q_2 l_2$ が返送開始時最大で逐次 $k=0.4$ に近づくにつれて減少していることを示している。

また、加速度抵抗のために大きく増減する張力の中心線をとつてみると、静かな場合とよく一致する。

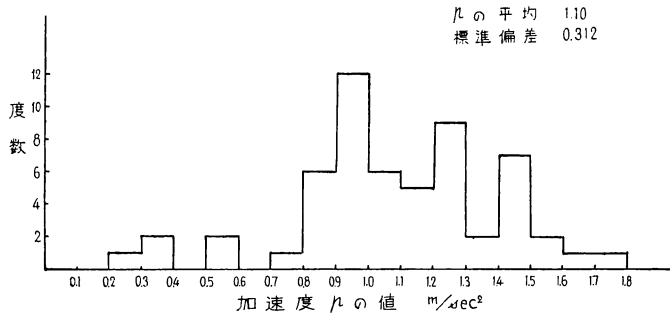
ゆえに λ_2 は μ_s , μ_c 一定と考えると計算で求めた第1表の α を使つて求められる。計算の結果は第2表のようになる。

1) 林業土木学 加藤誠平著 220 頁(53) 式の変形

2) 林業試験場研究報告第 80 号 荷重点の軌跡参照

第 2 表

k	λ_2	k	λ_2	k	λ_2
0.81	0.052	0.65	0.024	0.50	0.015
0.75	0.039	0.60	0.020	0.45	0.006
0.70	0.030	0.55	0.015	0.40	0



第 9 図 加速度 p の度数分布

の値を全データについて求めてみると、その頻度は第 9 図のようになる。

第 9 図をみてゆくと、その分布状態はかなり広く、運転状態が不ぞろいであると判断されるが、実際試験中の感じもそうであつた。

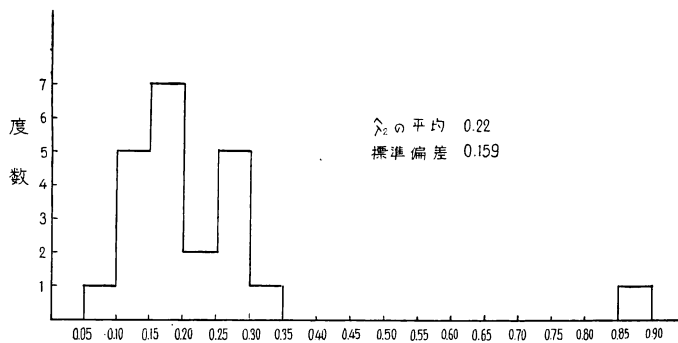
また p は最大 1.7m/s^2 から最小 0.2m/s^2 の間に分布しているが、最大値 1.7m/s^2 というとき、わずか 2.5 秒で平均速度が 4.2m/s に達し、巻き取った索長が 5.3m ということになる。これは荷卸時に引戻索があまり緩めてなくて、ドラムの巻取力が引戻索にすぐ伝達されて起つたものと判断される。

なお速度計を讀みとつた速度曲線とくらべてみると、かなり誤差があるが、これはやむを得ない測定の見誤差と考える。

1—4 散発的な λ_2 (付加抵抗係数) の増大

引戻索が地表をするくらいに垂下していると、ボサや立木に引つかかつて大きなショックをみることもある。この時集材機の巻取力が負ければエンジンは停止するか、一たん作業を停止するようにはめになる。ゆえにこのことをあらかじめ考慮にいれて馬力をきめたり、引戻索の太さをきめなければならない。

本調査において引戻索がボサに引つかかるところは、そのつど若干の違いはあつたが、ほぼ $k=0.55$ の

第 10 図 突発的に起こる衝撃的な付加抵抗係数 λ_2 の度数分布

1—3 p (加速度)

加速度抵抗は $k=0.81$ の空搬器出発時において、その勾配抵抗、走行抵抗、付加抵抗を全抵抗から差し引いた残である。しかしこれら諸抵抗は前述 μ, λ_2 のところで求められているので、加速度抵抗は容易に求められ、したがって加速度 p も求められる。p

地点で発生した。これは引戻索が荷卸しの際に全く地表面まで降下している状態で空搬器の返送が開始され、この時引戻索が途中の伐根や生立木の枝の下にはいつていると、空搬器が接近していても、そこから離反できず不自然な方向に引張るようになり、引張力は増大し、この時引戻索の

継目が障礙物に引つかかると索はここで一時拘束されて、これを排除するために大きな引張力となつてあらわれるのである。この突発的に増大する引戻索の付加抵抗の発生状況は 60 回の空搬器返送中 22 回、すなわち 3 回に 1 回の割合で、 $k=0.55$ の地点付近で発生している。この地点の普通の状態の時の λ_2 は 0.015 であるが、突発的に増大する λ_2 を求めてみると、第 10 図のような頻度である。

すなわち 0.15~0.20 が最も頻度が高く、最悪の時は 0.87 にも達することがある点は注目に値する。

2. フック巻揚時の荷揚索の張力

荷卸しされた状態から荷揚索がドラムに巻かれはじめると、第 8 図において吊下滑車の右側の荷揚索に張力 T_1 が働き、搬器滑車 1 から右側の荷揚索はある垂下量をもつて T_1 とバランスを保つて静止している。ゆえに荷揚索が動くのは吊下滑車から左側の部分である。

吊下滑車にかかる重量 $\left(w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2}\right)$ は、同滑車をはさんで荷揚索に等分されるとすると、

$$T_1 = \frac{1}{2} \left(w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right)$$

しかして吊下滑車の右側に T_1 を働かすには、吊下滑車から集材機のドラムにいたるまでにいくつかの滑車を経ているから、その接触摩擦を考え、また高低差による張力の補正を行う。

すなわち (7) 式同様、摩擦係数 μ_s 、接触角合計 $\Sigma \beta_1'$ (単位はラジアン)、搬器と集材機ドラムとの高低差 h_1 の時、吊下滑車の右側に張力 T_1 を働かすに要するドラムのところの荷揚索の張力 D_1 は次のようになる。

$$D_1 = T_1 e^{\mu_s \Sigma \beta_1'} - q_1 h_1 \dots \dots \dots (9)$$

$$\text{または} \quad = T_1 10^{0.0075 \mu_s \Sigma \beta_1} - q_1 h_1$$

$$\text{ただし} \quad T_1 = \frac{1}{2} \left(w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right)$$

なお、荷揚索は引戻索のように索が地面に接触しながらドラムに巻かれることはあまりないので、付加抵抗は付けなかつた。

2-1 μ_s (荷揚索滑車の摩擦係数)

式 (9) の諸因子は調査の結果次のとおりである。

$$w_0 = 434 \text{ kg}, q_1 = 0.526 \text{ kg/m}, q_2 = 0.365 \text{ kg/m}, l_{20} = 70 \text{ m}, h_1 = 20 \text{ m}, \Sigma \beta_1 = \text{約 } 180^\circ$$

ゆえに μ_s は式 (9) を変形して次の式で求められる。

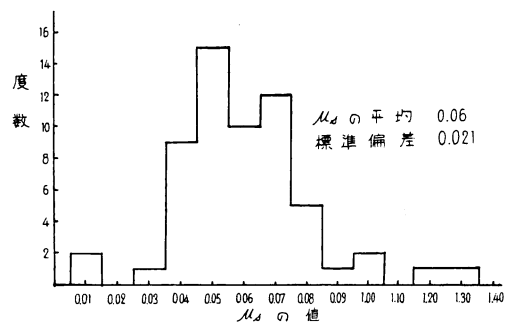
$$\mu_s = - \frac{\log \frac{D_1 + q_1 h_1}{T_1}}{0.00758 \Sigma \beta_1}$$

$$\text{ただし} \quad T_1 = \frac{1}{2} \left(w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) \dots \dots \dots (9)'$$

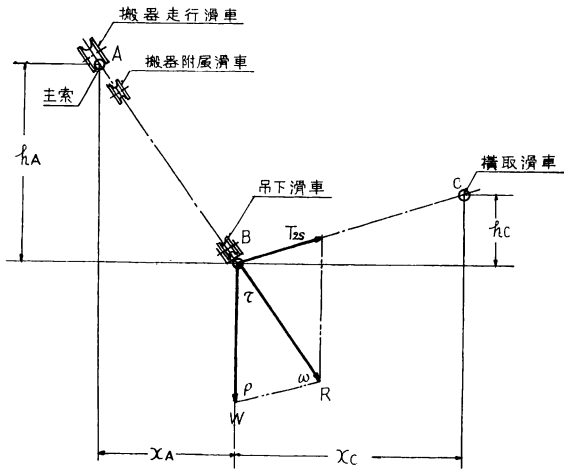
計算の結果を μ_s の値について度数分布をしらべると第 11 図のようになる。

3. 吊下滑車横取り時の引戻索および荷揚索の張力

横取り時の引戻索および荷揚索の張力は、吊下滑車にかかる重力と、搬器吊下滑車および横取り滑車の位置とにより、次に述べるような関係で定つてく



第 11 図 荷揚索滑車の摩擦係数 μ_s の度数分布



第 12 図 吊下滑車横取図

動波によつて垂下量 f が変わるため、搬器の傾角 α が変わることに、大きな波をうつつドラムに巻かれてゆく引戻索が、その振巾波の影響をうけて一定でない引張力で吊下滑車を引張るためと考えられる。

今第 12 図において吊下滑車の点 B に荷重 W と引戻索の張力 T_{2s} と荷揚索の反力 R が働いてバランスしているとする。

主索 A と B との高低差を h_A 、水平距離を x_A 、横取り滑車 C と B との高低差を h_c 、水平距離を x_c ；図のように W 、 T_{2s} 、 R の力の平行四辺形を作り、その対角をそれぞれ ω 、 τ 、 ρ とする。

図より明らかなように

$$\left. \begin{aligned} \omega &= \tan^{-1} \frac{h_A}{x_A} + \tan^{-1} \frac{h_c}{x_c} \\ \tau &= \tan^{-1} \frac{x_A}{h_A} \\ \rho &= \tan^{-1} \frac{x_c}{h_c} \end{aligned} \right\}$$

$$\text{また } \frac{W}{\sin \omega} = \frac{T_{2s}}{\sin \tau} = \frac{R}{\sin \rho}$$

$$\therefore R = \frac{\sin \rho}{\sin \omega} W = \frac{\sin \left(\tan^{-1} \frac{x_c}{h_c} \right)}{\sin \left(\tan^{-1} \frac{h_A}{x_A} + \tan^{-1} \frac{h_c}{x_c} \right)} W \quad \dots \dots \dots (9)$$

$$T_{2s} = \frac{\sin \tau}{\sin \omega} W = \frac{\sin \left(\tan^{-1} \frac{x_A}{h_A} \right)}{\sin \left(\tan^{-1} \frac{h_A}{x_A} + \tan^{-1} \frac{h_c}{x_c} \right)} W \quad \dots \dots \dots (10)$$

ここに

$$W = w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2}$$

ゆえに横取りのため搬器が停止する位置 A と、横取り滑車の位置 C がきまつておれば、吊下滑車 B の任意の位置における荷揚索および引戻索の張力は求められる。

つぎに、この時のドラムのところの張力をそれぞれ D_{1s} および D_{2s} とすると、 D_{2s} は空搬器返送時の引戻索の張力を求めたと同様、滑車の接触角および高低差による補正を行い次のようになる。

る。

しかして空搬器が返送されて横取りのため搬器が停止し、吊下滑車が横取り滑車の方へ引寄せられる状態を最寄の山腹で観察したが、搬器が横取り滑車の高さに近づくにつれ搬器は引戻索にひかれて傾き、引戻索の引く方向は主索とは明らかに平行でなくなつてき、搬器の運行は不均速になり、ほぼ同高の位置で搬器は停止するのがみられた。データにおいて空搬器返送終了時付近からその張力が逐次上昇しているのはこのためであらう。

搬器の運行速度が不均等なのは主索の振

$$D_{2s} = T_{2s} \cdot e^{\mu_s \sum \beta_{2s}'} - q_2 h_2 \dots\dots\dots (11)$$

ただし, T_{2s} は式 (10) による。

横取り時の荷揚索のドラムのところの張力 D_{1s} は、吊下滑車が荷揚索を引張つて索がゆるめられてゆくのであるから、接触角の補正がフック巻場時と逆になる。また反力 R は吊下滑車で2分されるから D_{1s} は次のようになる。

$$D_{1s} = \frac{R}{2 \cdot e^{\mu_s \sum \beta_{1s}'}} - q_1 h_1 \dots\dots\dots (12)$$

ただし, R は式 (9) による。

以上のようにしてフック横取り時の引戻索および荷揚索の張力は求められるが、前述したように横取り時の主索ならびに吊下滑車の位置の測定が調査員の関係でできなかつたので、データによる実験式の検討ができなかつた。

4. 積荷横取り時の引戻索および荷揚索の張力

フック横取り時の場合とはほとんど同じ考え方でそれぞれの張力は求められるが、吊下滑車にかかる重力 W が $W = w + w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2}$ となることと、接触角による補正が逆になる点が異なつた点である。すなわち、積荷横取りの時は引戻索は搬器が下方に走行せぬようブレーキの役目をし、かつ荷揚索とともに吊下滑車にかかる重力 W を釣つた状態に保ちながら、荷揚索は逐次吊下滑車を搬器の方へ巻いてゆく。

ゆえに積荷横取り時のドラムのところの張力は引戻索のを D_{2Sw} 、荷揚索のを D_{1Sw} とすると、

$$D_{2Sw} = \frac{T_{2Sw}}{e^{\mu_s \sum \beta_{2s}'}} - q_2 h_2 \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{ただし} \quad T_{2Sw} = \frac{\sin\left(\tan^{-1} \frac{x_A}{h_A}\right)}{\sin\left(\tan^{-1} \frac{h_A}{x_A} + \tan^{-1} \frac{h_c}{x_c}\right)} \cdot W$$

$$D_{1Sw} = \frac{R_w}{2} e^{\mu_s \sum \beta_{1s}'} - q_1 h_1 \dots\dots\dots (14)$$

$$\text{ただし} \quad R_w = \frac{\sin\left(\tan^{-1} \frac{x_c}{h_c}\right)}{\sin\left(\tan^{-1} \frac{h_A}{x_A} + \tan^{-1} \frac{h_c}{x_c}\right)} \cdot W$$

$$\text{ここに} \quad W = w + w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2}$$

5. 実搬器運行時の引戻索の張力

実搬器運行時の引戻索は搬器運行速度を規整するのが役目であつて、搬器が所定の速度以上になろうとする加速度を制動するか、もしくは所定の速度以上になつた搬器を制動するのが張力になって現われてくる。

今実搬器の運行加速力を P とすると、 P は斜角 α を実搬器が下方に走行しようとする力から、その走行抵抗、荷揚索がしごかれる抵抗 R_s および引戻索が垂下して地面に接触したためにおこる付加抵抗を差し引いたものである。すなわち、

$$P = \sin \alpha \left(w + w_0 + w_1 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) - \mu_c \cos \alpha \left(w + w_0 + w_1 + \frac{q_1 l_{10}}{2} + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) - R_s - \lambda_2 q_2 l_2 \dots\dots (15)$$

実搬器運行にさいして動く物体の重量は $(w + w_0 + w_1 + q_2 l_2)$ であるから、その質量

$$m = \frac{w + w_0 + w_1 + q_2 l_2}{g}$$

ゆえに加速度を P とすると

$$P = mp = \frac{w + w_0 + w_1 + q_2 l_2}{g} \cdot p \quad \dots\dots\dots (16)$$

式 (15), (16) より

$$p = \frac{g}{w + w_0 + w_1 + q_2 l_2} \left\{ \sin \alpha \left(w + w_0 + w_1 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) - \mu_c \cos \alpha \left(w + w_0 + w_1 + \frac{q_1 l_{10} + q_2 l_{20}}{2} \right) - R_s - \lambda_2 q_2 l_2 \right\} \quad \dots\dots\dots (17)$$

ゆえに加速度 $p=0$ になるまでは実搬器は常に加速力をもっているから、運行速度を規整するためには引戻索はこの加速力を制動することになる。

実搬器運行中の引戻索のドラムの張力はこの制動力であるから、吊下滑車のところの引戻索の張力を T_p とし、ドラムの張力を D_p とすると

$$D_p = -\frac{T_p}{e^{\mu_s \Sigma \beta_2'}} - q_2 h_2 \quad \dots\dots\dots (18)$$

また運行を開始した搬器が速度 $v \text{ m/s}$ に達するまでの運行時間 t と走行距離 s は明らかに次のとおりである。

$$\left. \begin{aligned} t &= \frac{v}{p} \\ s &= \frac{v^2}{2p} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (19)$$

以下式 (15), (17), (18), (19) を用いて付図第 1 (12 月 15 日 No. 5) について検討をすすめる。

5-1 実搬器運行開始前の引戻索の張力

式 (15) において空搬器運行開始地点 $k=0.345$ の搬器の斜角 α は第 1 表より

$$\alpha = 17^\circ 34', \quad w = 750 \text{ kg}, \quad w_0 = 434 \text{ kg}, \quad w_1 = 80 \text{ kg}, \quad q_1 = 0.526 \text{ kg/m}, \quad q_2 = 0.365 \text{ kg/m}, \\ l_{10} = 800 \text{ m}, \quad l_{20} = 70 \text{ m}, \quad l_2 = 1430 \text{ m}$$

また、式 (4) より $R_s = 0.05W = 0.05 \left(w + w_0 + \frac{p_2 l_{20}}{2} \right) = 60 \text{ kg}$, $k=0.345$ の地点においては引戻索は地面に接触していないから $\lambda_2 = 0$

また、前述 1—1 に準じて $\mu_c = 0.03$ とすると、式 (15) より $P = 283 \text{ kg}$ となる。

運行開始前の引戻索のドラムの張力 D_{p0} は、式 (18) において $T_p = 283$, $e^{\mu_s \Sigma \beta_2'}$ は 1—1 に準じて $\mu_s = 0.02$, $\Sigma \beta_2 = 570$ より $\Sigma \beta_2' = \frac{570}{180} \pi$ であるから $e^{\mu_s \Sigma \beta_2'} = 1.2244$

また、第 1 表より $h_2 = 115 \text{ m}$

ゆえに D_{p0} はこれら T_p , $e^{\mu_s \Sigma \beta_2'}$, h_2 を式 (18) に代入して求められる。すなわち、計算の結果は

$$D_{p0} = 286 \text{ kg} \quad \text{となる。}$$

付図第 1 の実搬器運行開始直前の張力は、積荷横取りが終了したところから約 20 kg 下つて 290 kg 付近であるから、よく計算値と一致している。

5-2 実搬器運行開始時の加速度

引戻索ドラムの制動を緩めると、5-1において求めた加速力 P はまず静止している引戻索ドラムを動かさなければならないから、直ちに式(17)のような加速度 P にはならず、ドラムの軸摩擦による影響を考える必要がある。

今 P なる加速力が搬器のところに働いていて、ドラムの軸摩擦ならびに引戻索関係滑車の抵抗のため T_p' が始発時に P と反対側に働くとする。この時の加速度を $\frac{dv}{dt}$ とし、動く物体の質量を

$$m = \left(\frac{w + w_0 + w_1 + q_2 l_2}{g} \right)$$

とする。

この時のドラムの半径を R とし、始発時のみを考えて R は一定と考える。またドラム軸受の半径を r 、ドラムの慣性モーメントを I_d 、角速度を w 、ドラム軸受の摩擦係数を μ_d 、ドラムの重量を W_d 、ドラムの張力を D_p とすると、始発時の運動方程式は

$$m \frac{dv}{dt} = P - T_p' \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$I_d \frac{dw}{dt} = D_p \cdot R - r \mu_d W_d \quad \dots\dots\dots (21)$$

しかるに $\frac{dw}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{v}{R} \right)$, $I_d = \frac{W_d}{g} \cdot \frac{R^2}{2}$ また $D_p = k T_p'$ とおくと、式(21)は

$$\frac{W_d}{g} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{dv}{dt} = k T_p' - \frac{r}{R} \mu_d W_d \quad \dots\dots\dots (21)'$$

式(20), (21)' より T_p' を消去すると

$$\begin{aligned} \left(m + \frac{W_d}{g} \cdot \frac{1}{2k} \right) \frac{dv}{dt} &= P - \frac{r}{R} \mu_d W_d \\ \therefore \frac{dv}{dt} &= g \frac{P}{mg + \frac{W_d}{2k}} - g \frac{\frac{r}{R} \mu_d W_d}{mg + \frac{W_d}{2k}} \\ &= g \frac{P/mg}{1 + \frac{1}{2k} \frac{W_d}{mg}} - g \frac{\frac{\mu_d}{k} \frac{r}{R} W_d/mg}{1 + \frac{1}{2k} \frac{W_d}{mg}} \quad \dots\dots\dots (22) \end{aligned}$$

ここに $k > 1$, $\frac{r}{R} < \frac{1}{5}$, $\frac{W_d}{mg} < \frac{50}{1000} = \frac{1}{20}$, $\frac{\mu_d}{k} > 0.03$ であるから

$$\text{式(22)の右辺第2項分子} < 0.03 \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{20} = 0.0003$$

$$\text{同} \quad \text{分母} > 1$$

ゆえに第2項は省略して近似的に

$$\frac{dv}{dt} \approx g \frac{P/mg}{1 + \frac{1}{2k} \frac{W_d}{mg}} \approx g \frac{P/mg}{1 + 0.05} \quad \dots\dots\dots (23)$$

したがって、ドラムの回転を考慮に入れると式(17)の加速度を約5%修正する必要がある。

実搬器の運行開始は、運転手が引戻索ドラムの制動を全くゆるめることにはじまる。ある速度に達してからは序々に制動をかけながら速度の急激な上昇を抑え、所定の速度に達すると後は加速力を制動してほぼ一定の速度を保たせながら運行する。

今付図 1 の 2 の引戻索の速度をみてゆくと、実搬器の運行を開始して約 1.3 秒で秒速 1.9m に達し、それから約 2 秒間は速度は停滞しふたたび約 1.6 秒間に約 2m 上昇して 3.7m/s になり、さらにまた同様の経過をみて 6m/s に達している。

付図 1 の 1 の実搬器運行開始時の張力をみると 280kg であつたのが急激に 220kg まで低下し、それから序々に低下してゆくのがみられる。以上の引戻索の速度と張力の変化から式 (23) を検討する。

式 (15) より P を求めると $P = 283kg$ 、また $mg = 1786kg$

$$\therefore \text{式 (23) より } \frac{dv}{dt} = 1.48m/s^2$$

$$v = \frac{dv}{dt} \cdot t = 1.48 \times 1.3 = 1.92m/s$$

データーは 1.9m/s であるから、よく計算値と合う。

5-3 実搬器運行中の引戻索の張力

付図 1 の 1 および 2 をみると、実搬器運行開始とともに速度は急速に上昇して 7.4 m/s まで達している。この間引戻索の張力は低下をつづけている。つぎに速度が逐次低下をはじめると張力は逆に上昇をはじめ、大きな山形を描いている。速度が一応落ちついて 6m/s を保っているところでは張力の方もまた序々にではあるが低下の一途をたどっている。これは搬器の斜角が逐次緩になり、また引戻索が途中の山腹と接触して付加抵抗を生じはじめたために、実搬器の運行加速力が減少したことを示すものである。式 (15), (18) により任意の点をとり計算するとよくデーターと合致する。

5-4 実搬器運行停止時の減速度

実搬器運行停止のため引戻索のドラムに制動をかけると、引戻索は運行中の搬器に減速力 P' をかけることになり、運行中の実搬器の重量を W 、減速度を p' とすると、 $-\frac{W}{g}p'$ が減速力となつて引戻索に急に張力の増加をきたす。

$$\text{ここに } W = w + w_0 + w_1 + q_2 l_2$$

制動をかけはじめる地点は $k = 0.75$ 付近であつたので、制動がかかつて搬器が停止する時の張力は次の式で示される。

吊下滑車のところの引戻索の張力を T_p' 、ドラムのところの張力を D_p' とすると

$$\left. \begin{aligned} T_p' &= \sin \alpha \left(w + w_0 + w_1 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) - \mu_c \cos \alpha \left(w + w_0 + w_1 + \frac{q_1 l_{10} + q_2 l_{20}}{2} \right) - R_s - \lambda_2 q_2 l_2 \\ &\quad + \frac{w + w_0 + w_1 + q_2 l_2}{2} p' \\ D_p' &= \frac{T_p'}{e^{\mu_s \Sigma \beta_2'}} - q_2 h_2 \end{aligned} \right\} \dots (22)$$

上式を p' について解くと

$$p' = \left[(D_p' + q_2 h_2) e^{\mu_s \Sigma \beta_2'} - \sin \alpha \left(w + w_0 + w_1 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) + \mu_c \cos \alpha \left(w + w_0 + w_1 + \frac{q_1 l_{10} + q_2 l_{20}}{2} \right) + R_s + \lambda_2 q_2 l_2 \right] \frac{g}{w + w_0 + w_1 + q_2 l_2} \dots (23)$$

今付図 1 の 1 について引戻索の張力から p' を求めると 1.14m/s² になるが、1 の 2 の速度図から求めると 2.21m/s² となり、かなり差がでるが、これは速度図が自記でないための測定誤差であると考えらる。

式(23)により減速度を全データについて求めると第13図のようになる。

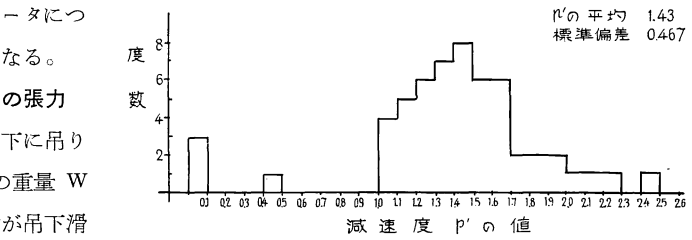
6. 実搬器運行時の荷揚索の張力

積荷が荷揚索によつて搬器の下に吊り下げられた時の状態は、積荷の重量 W と引戻索の引張力 T_p との合力が吊下滑車に集中して、吊下滑車のところの荷揚索の張力はこの合力 R_k を

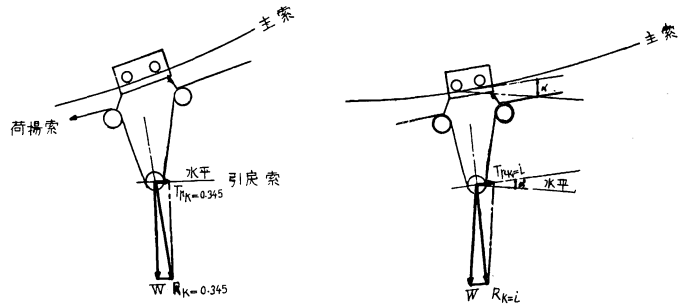
2分しているから、ここに張力 $\frac{R_k}{2}$ を働かせるためのドラムのところの張力 D_{1k} は式(14)に準じて

$$D_{1k} = \frac{R_k}{2} e^{\mu_s \sum \beta_{1'}} - q_1 h_{1k} \quad \dots\dots\dots (24)$$

ただし添字の k は搬器の位置を示す。



第13図 減速度 p' の度数分布



その1 実搬器運行開始直前

その2 実搬器運行中

第13図

吊下滑車の合力 R_k については観測の結果次のように考えられる(第14図参照)。

積荷は重力の方向、引戻索が吊下滑車を引張っている方向は実搬器運行開始直前は水平方向で、運行中は搬器の斜角 α と同じ斜角をもつと考える。しかる時は R_k は次のようになる。

$$\text{運行開始直前} \quad R_{k=0.345} = (W^2 + T_p^2)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (25)$$

$$\text{運行中} \quad R_{k=i} = (W^2 + T_p^2 - 2WT_p \sin \alpha)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (25)'$$

$$\text{ただし} \quad W = w + w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2}$$

$k=i$ は 0.345 以外の搬器の位置

$$T_p = (D_p + q_2 h_2) e^{\mu_s \sum \beta_{2'}} \quad [\text{式(15), (18)より}]$$

ゆえに式(24), (25), (25)' により実搬器運行中の荷揚索の張力の変化が求められる。

すなわち実搬器が運行を開始すると荷揚索は次のような張力の低下をみる。

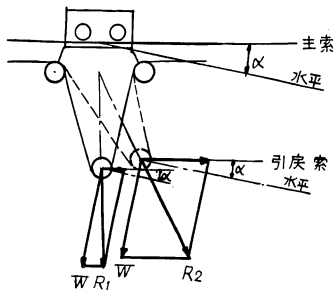
$$D_{1k=0.345} - D_{1k=i} = \frac{e^{\mu_s \sum \beta_{1'}}}{2} \left\{ (W^2 + T_{p^2 k=0.345})^{\frac{1}{2}} - (W^2 + T_{p_{k=i}}^2 - 2WT_{p_{k=i}} \sin \alpha)^{\frac{1}{2}} \right\} - q_1 (h_{1k=0.345} - h_{1k=i}) \quad \dots\dots\dots (26)$$

付図1の1により式(26)を検討してみると、よくデータと一致することが確認される。

また付図1の2をみると、実搬器運行中階段があるが、これは引戻索の張力が急に増加したために生じたものである。

6-1 実搬器停止時の荷揚索の張力

第15図において、 W と T_p の合力 R_i が吊下滑車に作用して運行しているとき引戻索に減速力 $T_{p'}$



第 15 図

(式 (22)) が働くとき、吊下滑車には W と T_p' の合力 R_2 が働く。ゆえに $\frac{R_2 - R_1}{2}$ が実搬器停止時の張力増となつて吊下滑車のところの荷揚索にあはれる。

R_2 は幾何学的に次のようになる。

$$R_2 = [W^2 + T_p'^2 - 2WT_p' \sin \alpha]^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (27)$$

ゆえに実搬器停止時の荷揚索のドラムのところの張力 D_{1S} は

$$D_{1S} = \frac{R_2}{2} e^{\mu_s \sum \beta_1'} - q_1 h_{1S} \quad \dots\dots\dots (28)$$

また、停止時の荷揚索のドラムのところの張力増は式 (26) に準じて

$$D_{1S} - D_{1k=i} = \frac{e^{\mu_s \sum \beta_1'}}{2} \left\{ (W^2 + T_p'^2 - 2WT_p' \sin \alpha)^{\frac{1}{2}} - (W^2 + T_{pk=i}^2 - 2WT_{pk=i} \sin \alpha)^{\frac{1}{2}} \right\} - q_1 (h_{1S} - h_{1k=i}) \quad \dots\dots\dots (29)$$

引戻索は索が搬器から横取り滑車を経て一巡しているから、引戻索ドラムに制動をかけてもその減速度が搬器のところに力を及ぼして、その反力がふたたびドラムのところに現われるのには時間がかかるが、荷揚索の方は減速度の影響が引戻索より早く現われて実搬器停止時の張力の増加の時期がずれる。

付図第 1 の 1 において、引戻索の停止時の張力増加の第 1 の波のところの値 $T_p = 95 \text{ kg}$, $T_p' = 270 \text{ kg}$ をとつて式 (29) を計算すると、荷揚索の張力増は 36 kg となり、データとよく一致する。

7. 主索の張力について

主索の張力測定は III—3 で述べたとおり下方支点における引縮索の測定により間接に求めたものであり、かつ片方の索の張力は自記でないので参考資料にとどめることにする。

付図 1, 2 においてみられるように空搬器返送時の張力の変化はたいしてなく、また横取り時もせいぜい 20% ぐらいの張力増をみるだけで、最大張力は搬器が両支点のほぼ中央と思われるところでおこり、この時の張力も空搬器の場合の 40% 増ぐらいであることである。ゆえに主索を張つた場合に無荷重の時の張力をあらかじめ知つておれば作業中の張力はほぼ推定される。

Ⅶ 考 察

1. 集材機の性能曲線図について

集材機運材作業の工期を解析するとき、前節 V において述べたところにしたがつて各工程における張力は求められるから、性能曲線がわかつておれば各工程のドラムの巻取速度と巻取長によつて所要時間は求められる。

しかしながら試験に使用した集材機の性能に関しては単独に性能試験は行わなかつたので、本機製造者岩手富士産業で作製した性能曲線 (第 16 図) についてその性能を充分検討できないのであるが、本調査によれば衝撃的な張力が加わる時、これに打ち勝つて作業を続行する際に特に瞬間的に第 16 図のような性能が発揮されることが認められたが、全体を通じて長時間の普通作業時には馬力はその約 40% にすぎなかつた (第 17 図参照)。エンジンの最高馬力に対しこの所要馬力の小なる点については今後さらに調査究明を要する。

2. 滑車の摩擦係数について

て

前節Vにおける解析は搬器滑車の摩擦係数 $\mu_c=0.03$ を仮定において引戻索関係滑車の平均摩擦係数が $\mu_s=0.02$ となり、荷揚索関係滑車の平均摩擦係数が $\mu_g=0.06$ となっている。しかして荷揚索滑車は第11図のように0.5を中心に最小0.1から最大1.3まで値は分布している。ゆえに他の滑車も同様なバラツキをもつものと判断される。

このことは他の滑車を使う 第16図 集材機の性能曲線（岩手富士産業製 Y—25FG 型複胴）の場合とか、条件が異なつた場合に、 μ_c 、 μ_g はそれぞれ本調査とは異なつた値の分布をとることが推測されるので、滑車の型式と取扱状態による摩擦係数の変化についても今後さらに調査を重ねて究明を要する。

3. 空搬器返送開始時の加速度Pは引戻索が充分緩められている時は問題ではないが、逆の場合はかなり大きな張力が引戻索に働き、積荷横取り時の張力に接近することがある。また引戻索が空搬器返送時に途中の障害物に引っかかつてうける衝撃的な抵抗も時には瞬間的ではあるが、積荷横取り時の張力と同じぐらいになることがある

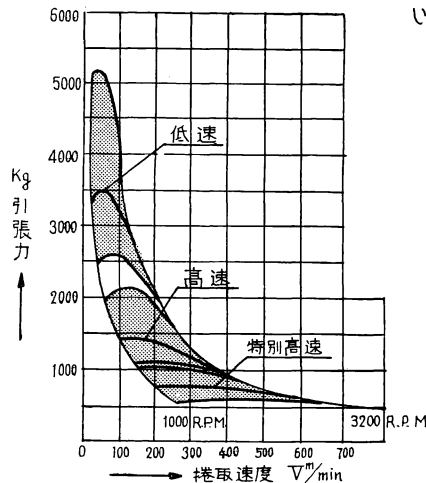
ので、索張りの際引戻索がボサ等の障害物の上を通過しないのが望ましい。

総じて積荷横取り時の張力が引戻索の最大負荷となるから、使用鋼索の選定はこの時の張力を求め使用時の継目などを考慮してこれに適当な安全度を見込めばよいことになる。本調査の最大張力は約900kgであつたから使用鋼索そのものでは安全係数は5.5である。

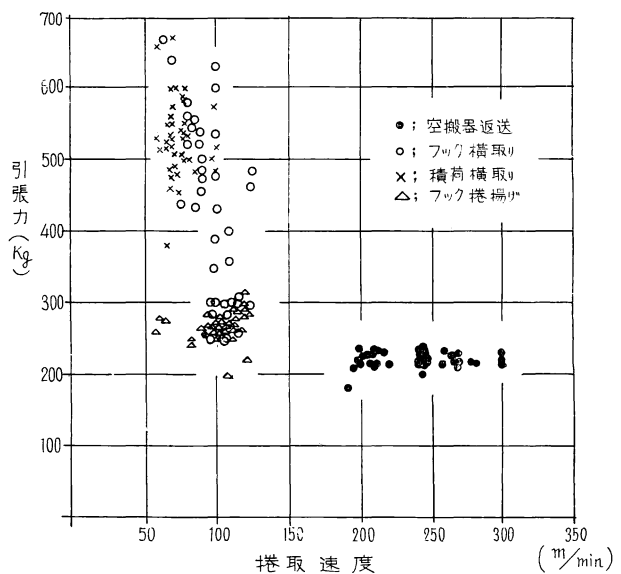
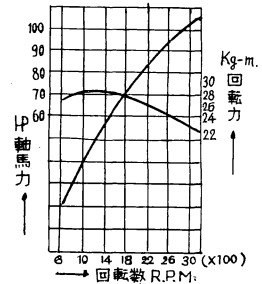
4. 荷揚索は荷が搬器の下にきた時、厳密に言えば実搬器運行停止時に最大張力を受けるが、全般的に張力の変化は少ない。

5. 丸太の重量（=Yとする、単位kg）と材積（=Xとする、単位石）との間には次の関係があつた。

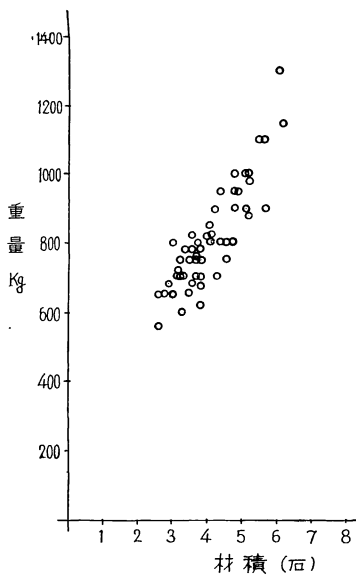
ウィンチ性能曲線



いすゞD632エンジン性能曲線



第17図 作業中の張力と捲取速度



$$Y = 217 + 144X \quad (\text{最小二乗法による})$$

ただし, $X = 2.5 \sim 6.5$

報告第 67 号においてもほぼ同様の傾向がみられる。なお、参考までに本調査の丸太はすぎ約 55 年生人工林の 4 月から 6 月までに伐採されたもので、よく乾燥していた (第 18 図参照)。

VII 総 括

1. 特に用意した回転計付並滑車と油圧式牽引力計により、タイラー式架線集材における引戻索および荷揚索の張力と速度、ならびに引締索の張力について、集材現場において観測を行った。

2. 引戻索は、空搬器の返送、吊下滑車の横取り、積荷横取りの際の搬器降下の制動、実搬器運行中の速度規整、実搬器運行停止時の制動等タイラー式架線集材における操作上の役目は大きい。

その最大張力は空搬器運行中にも時には異状な衝撃的張力を受けることがあるが、総じて積荷横取り時において最大張力をみる。その集材機ドラムのところの張力は次の実験式で与えられる。

空搬器返送時の張力 D_2

$$D_2 = T_2 e^{\mu_s \Sigma \beta_2'} - q_2 h_2$$

ただし

$$T_2 = \sin \alpha \left(w_1 + w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) + \mu_c \cos \alpha \left(w_1 + w_0 + \frac{q_1 l_{10} + q_2 l_{20}}{2} \right) + 0.05 \left(w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) + \lambda_2 q_2 l_2 + \left[\frac{w_1 + w_0 + q_2 l_2}{g} p \right]$$

始発時のみ加算する

$$\alpha = \tan^{-1} \left[\frac{f(d-2x)}{x(d-x)} + \tan \theta \right]$$

吊下滑車の横取時の張力 D_{2s}

$$D_{2s} = T_{2s} e^{\mu_s \Sigma \beta_{2s}'} - q_2 h_2$$

ただし

$$T_{2s} = \frac{\sin \left(\tan^{-1} \frac{x_A}{h_A} \right)}{\sin \left(\tan^{-1} \frac{h_A}{x_A} + \tan^{-1} \frac{h_C}{x_C} \right)} W; \quad W = w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2}$$

積荷横取時の張力 D_{2sW}

$$D_{2sW} = \frac{T_{2sW}}{e^{\mu_s \Sigma \beta_{2sW}'}} - q_2 h_2$$

ただし

$$T_{2sW} = \frac{\sin \left(\tan^{-1} \frac{x_A}{h_A} \right)}{\sin \left(\tan^{-1} \frac{h_A}{x_A} + \tan^{-1} \frac{h_C}{x_C} \right)} W; \quad W = w + w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2}$$

実搬器運行中の張力 D_p

$$D_p = \frac{T_p}{e^{\mu_p \Sigma \beta_p'}} - q_2 h_2$$

ただし

$$T_p = \sin \alpha \left(w + w_0 + w_1 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) - \mu_c \cos \alpha \left(w + w_0 + w_1 + \frac{q_1 l_{10} + q_2 l_{20}}{2} \right) - 0.05 \left(w + w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) - \lambda_2 q_2 l_2$$

実搬器停止時の張力 D_p'

$$D_p' = \frac{T_p'}{e^{\mu_s \Sigma \beta_2'}} - q_2 h_2$$

ただし

$$T_p' = \sin \alpha \left(w + w_0 + w_1 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) - \mu_c \cos \alpha \left(w + w_0 + w_1 + \frac{q_1 l_{10} + q_2 l_{20}}{2} \right) - 0.05 \left(w + w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right) - \lambda_2 q_2 l_2 + \frac{w + w_0 + w_1 + q_2 l_2}{g} p'$$

なお、実験式中の諸係数は本試験においてはそれぞれ次のようであつた。

引戻索関係の並滑車の平均摩擦係数 $\mu_s = 0.02$, 引戻索の平均付加抵抗係数 $\lambda_2 = 0.02$ (第2表参照)。

突発的に起こる衝撃的な平均付加抵抗係数 $\lambda_2 = 0.2$ (第10図参照)。

空搬器出発時の平均加速度 $p = 1.1 m/s^2$ (第9図参照)。

空搬器停止時の平均減速度 $p' = 1.4 m/s^2$ (第13図参照)。

3. 荷揚索は前者に比し安定した張力を示すが総じて引戻索より大きな張力をもつ。また、積荷横取り時は引戻索との関係から張力に階段状の変化をみせ、荷が搬器の真下にきて一応安定するが、実搬器停止時にふたたび階段状の張力の増加をみせ、この時に最大の張力をみる。

その集材機ドラムのところの張力は次の実験式で与えられる。

吊下滑車巻揚時の張力 D_1

$$D_1 = T_1 e^{\mu_s \Sigma \beta_1'} - q_1 h_1$$

ただし

$$T_1 = \frac{1}{2} \left(w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2} \right)$$

吊下滑車横取時の張力 D_{1s}

$$D_{1s} = \frac{R}{2e^{\mu_s \Sigma \beta_1'}} - q_1 h_1$$

ただし

$$R = - \frac{\sin \left(\tan^{-1} \frac{x_c}{h_c} \right)}{\sin \left(\tan^{-1} \frac{h_A}{x_A} + \tan^{-1} \frac{h_c}{x} \right)} W, \quad W = w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2}$$

積荷横取時の張力 D_{1sH}

$$D_{1sH} = \frac{R_w}{2} e^{\mu_s \Sigma \beta_1'} - q_1 h_1$$

ただし

$$R_w = - \frac{\sin \left(\tan^{-1} \frac{x_c}{h_c} \right)}{\sin \left(\tan^{-1} \frac{h_A}{x_A} + \tan^{-1} \frac{h_c}{x_c} \right)} W; \quad W = w + w_0 + \frac{q_2 l_{20}}{2}$$

実搬器停止時の張力 D_{1S}

$$D_{1S} = \frac{R_2}{2} e^{\mu_s \Sigma \beta_1'} - q_1 h_{1S}$$

ただし

$$R_2 = [W^2 + T_p'^2 - 2WT_p' \sin \alpha]^{\frac{1}{2}}$$

$$W = w + w_0 + \frac{q_0 l_{20}}{2}$$

なお、実験式中荷揚索関係の並滑車の平均摩擦係数 $\mu_s = 0.06$ (第 11 図参照)。

4. 引締索を介して推定した主索の張力は安定した値を示す。空搬器返送時においてはほとんど大きな変化はみられないが、積荷横取り時から逐次上昇し搬器が運行をはじめるにつれさらに増大し、上下両支点のほぼ中央と思われるところで最大となる。

5. 引戻索と荷揚索の速度については、前者の最高は自重降下するとき $9.5m/s$ 、後者の最高は卸しのとき $4.7m/s$ であったが、ドラムの巻取りによる索の平均速度と張力の関係は第 17 図のようであり、使用集材機の性能曲線 (第 16 図) の約 40% であった。この点についてはさらに検討を要する。

6. 本報告に述べた実験式は作業鋼索の直径ならびに集材機の所要馬力の決定および集材機運材作業の工程表作成に応用できるが、これについては後日報告する予定である。

終りにのぞみこの試験に関しては東京営林局監査課ならびに天城営林署の多大の援助と便宜を与えられたもので、試験期間監査課梶川惣一郎技官および同署事業課長大西重之技官、本谷事業所の和田博事務官には試験準備、作業指示、現場測定の労を煩わした。ここに記してそれぞれ深謝する次第である。

Study on the Operating Ropes of a Skidder. (1st Report)

On the Tyler system.

Mitsuo HONDA, Minoru UEDA, Toshihiko SAITO,
Mitsugu KAZAMA and Kazuo MIMURA

(Résumé)

To study the sky-line cable logging operation more analytically than in the last experiment conducted in 1953, we measured the variations of working tension and speed of lifting line and outhaul line for a Y-25 type skidder at a national forest in Amagi District, Shizuoka Prefecture.

Experimental method was similar to the last one, but in this experiment two snatch blocks fitted with an electrical speed meter were employed. Thus the speeds of two lines could be measured during each operation alternately by a meter, and the tensions of both lines were simultaneously registered by a two-element recording pressure gauge newly prepared.

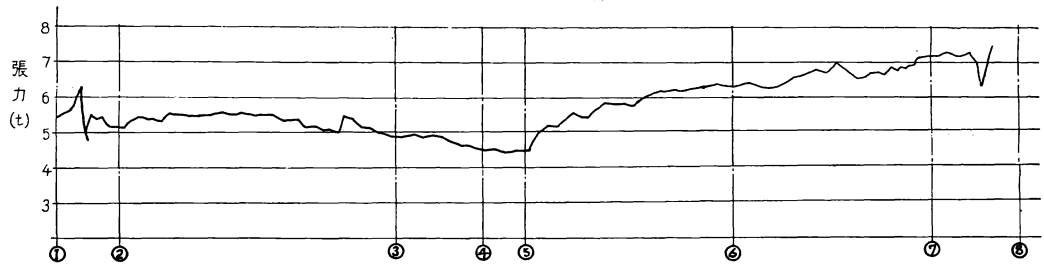
Analysing the results and applying theoretical considerations, we derived some experimental formulas for the tensions of these lines in each operation step shown in the following items.

For outhaul line:— i) Outhauling the no-load carriage. ii) Bringing down the falling block crosswise. iii) When the logs are lifted crosswise. iv) When the loaded carriage runs down. v) Stopping the loaded carriage.

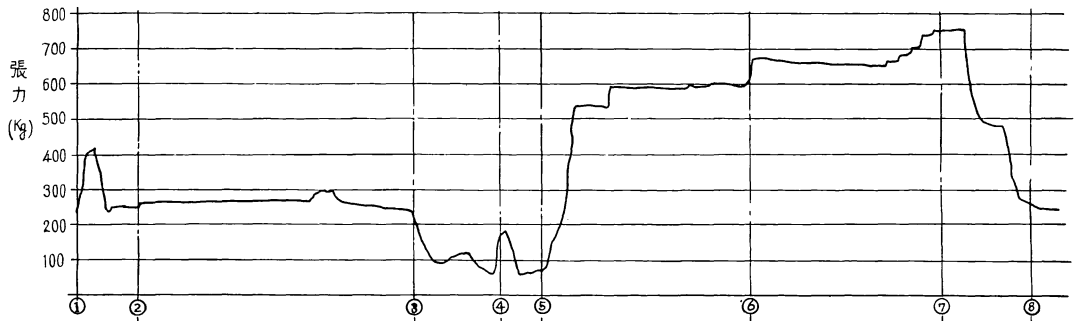
For lifting line:— i) Lifting the falling block. ii) When the falling block is brought down crosswise. iii) Lifting the logs crosswise. iv) When the loaded carriage is stopped.

The formulas can be applied for the determination of an operating rope size, for the calculation of necessary power of a skidder engine, and also for the estimation of wire-skidding operation rate. These applications will be shown in the next report.

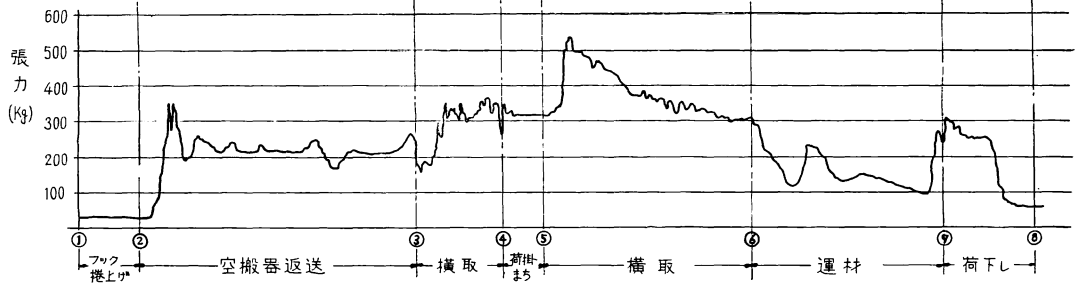
1. 主 索



2. 荷 揚 索



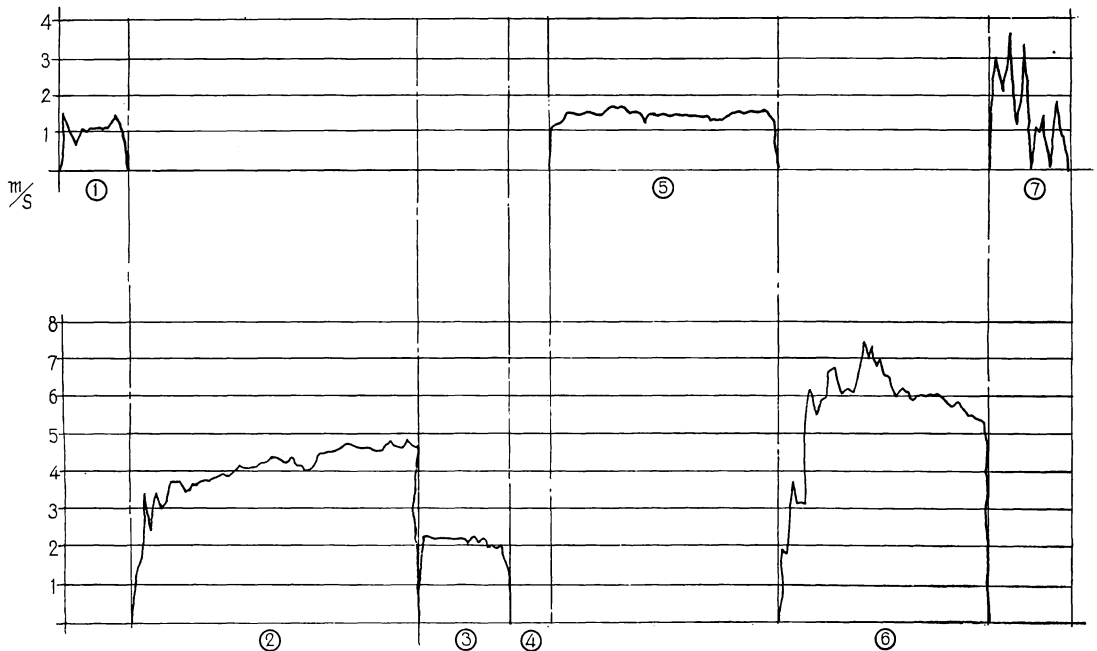
3. 引 戻 索



12月15日 №5.

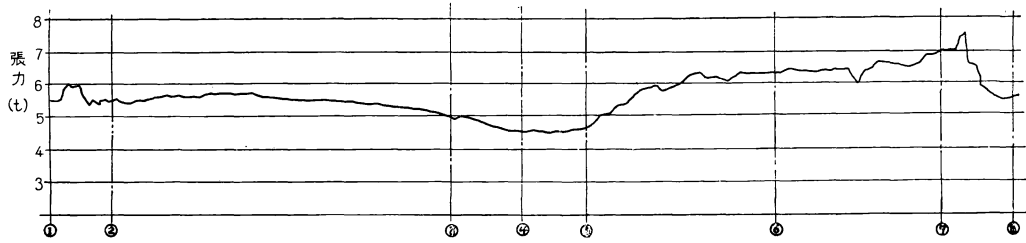
凡 例

- ①吊下滑車巻揚 ②空搬器返送 ③吊下滑車横取 ④荷掛待 ⑤積荷横取 ⑥実搬器運行 ⑦積荷降下 ⑧作業終り
付図1の1 作業中の索の張力図 (タイラー式) (W.750kg)

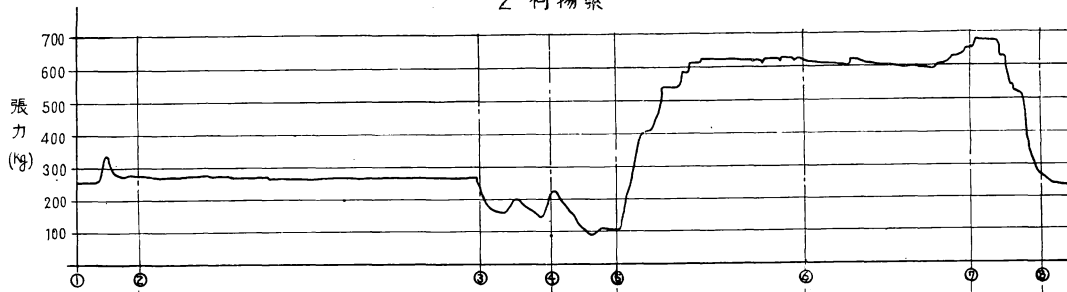


付図1の2

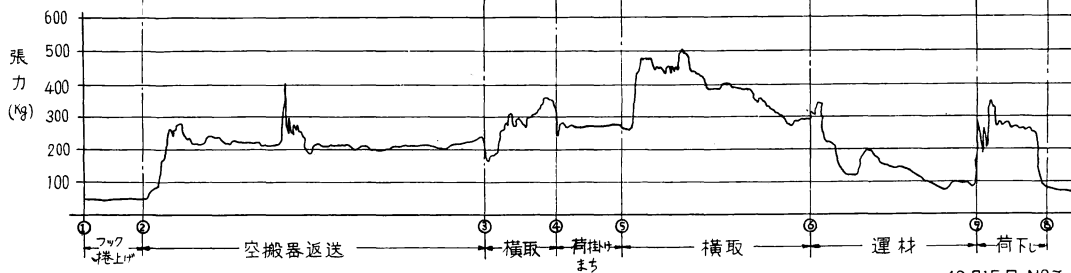
1. 主 索



2 荷揚索



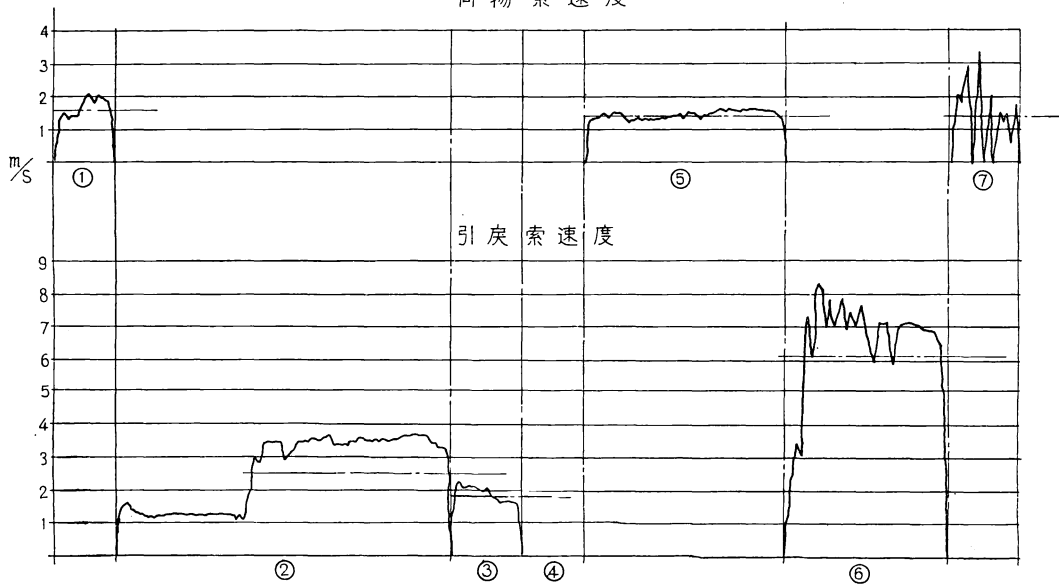
3 引戻索



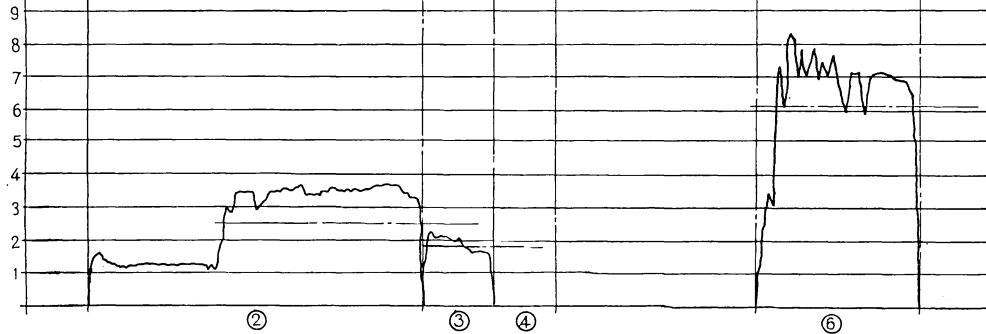
12月15日 №7

付図2の1 作業中の索の張力図 (タイラー式) (W. 750kg)

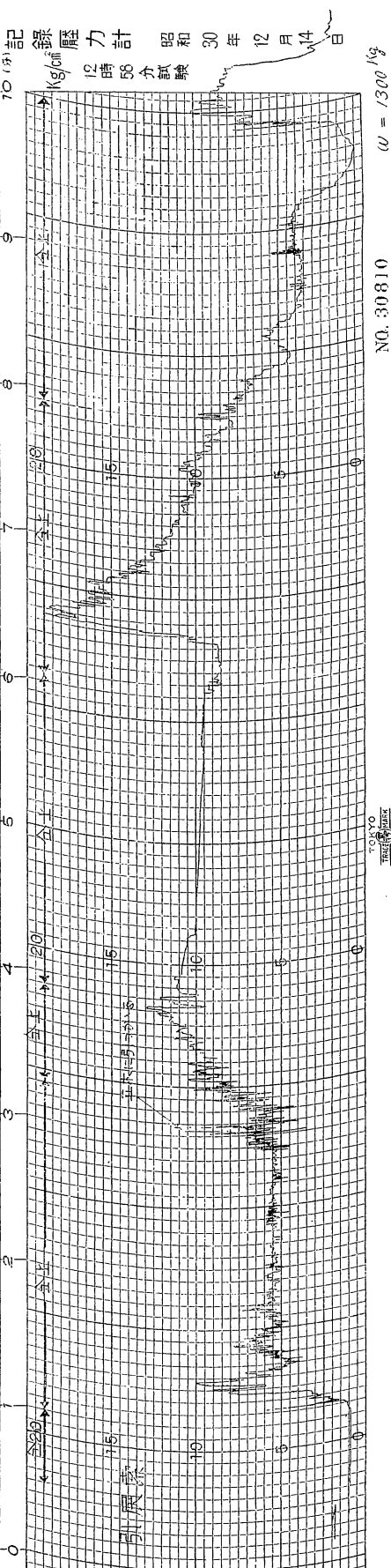
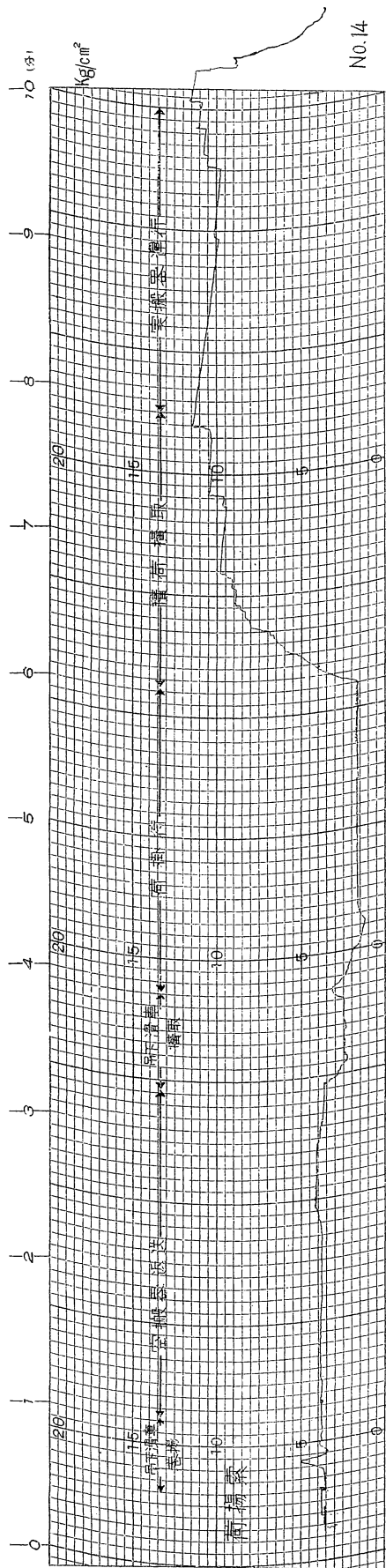
荷 揚 索 速 度



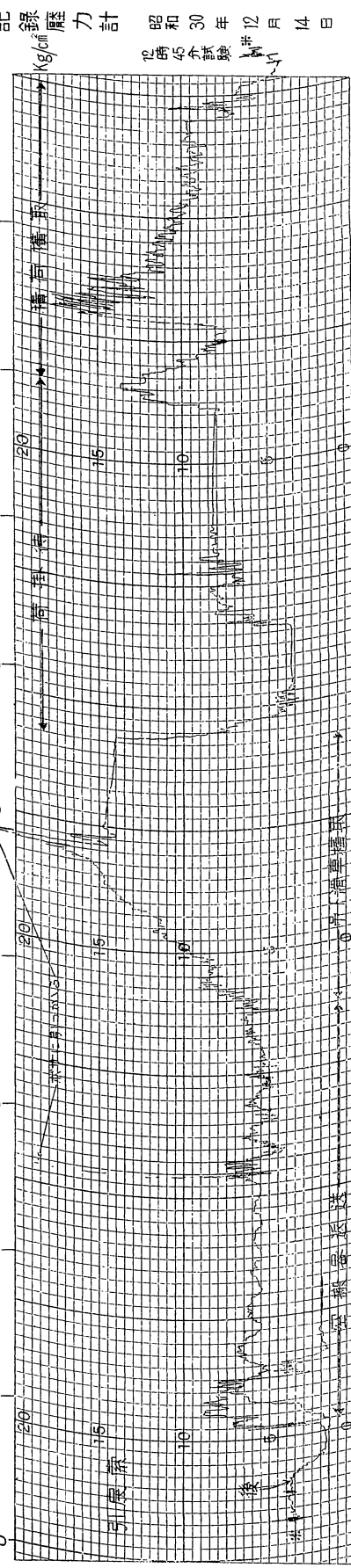
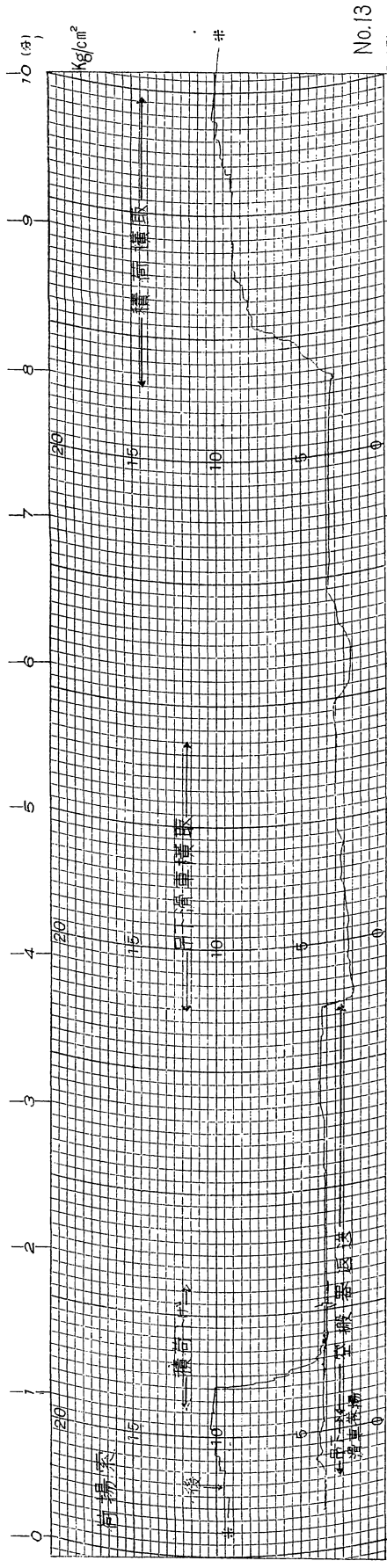
引 戻 索 速 度



付図2の2



付図 3 の 1



No.13

記録壓力計

昭和30年12月14日
12時45分試験

$W = 1100 \text{ Kg}$

NO. 30810

図 3 の 2

