

# 運材用トラクターの牽引力試験について

教授 故 藤 林 誠

教授 加 藤 誠 平

大学院研究奨学生 大 河 原 昭 二

Late Makoto FUJIBAYASHI, Seihei KATO,

and Shoji OKAWARA:

## Some field tests of the logging tractor "Fordson"

### I. ま え が き

この報告は昭和32年夏、北海道帯広営林局の依頼により、森林利用学教室が実施した“トラクター運材に関する試験”のうち牽引力試験に関する部分を取りまとめたものである。

元来トラクターの運材能率はその機械力を如何に活用するかにかかつており、現用トラクターの牽引能力を知ることは、事業実行上トラクター運材路作設、運材作業の仕組等に関して重要な意味をもつものである。然るにトラクターの牽引力は地面との間の粘着性、従つて土質や土壤条件によつて左右されるので一般的な定常値は存在せず、従つて各現地毎の実験値が極めて重要な意義をもつことになる。

筆者等はこの意味において今回絶好の機会を与えられたことをよろこぶと共に、この試験にあつて種々御尽力いただいた帯広営林局高橋作業課長、本別営林署服部事業課長、ホロカ伐木事業所主任宇津技官に深甚の謝意を表し、また実測にあたり多大の協力を得た同所職員各位ならびに当教室学生森岡君の労を多とするものである。

### II. トラクターの粘着牽引力について

トラクターの牽引力はその地面との間の粘着性に左右され、多くの場合、低速ギヤーにおいては、牽引荷重量の限界にくと履帯がスリップするのが普通である。従つてトラクターが荷重を牽引し得る最大の力は、粘着牽引力というべきで、この大きさを  $T$  (kg)、トラクター総重量を  $W$  (kg) とすれば

$$T = \mu W$$

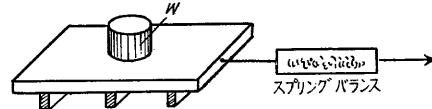
の関係がある。この  $\mu$  は地面の条件、履帯の形状等によつてきまる定数で、粘着係数といわれる。粘着係数と地面の諸条件との関係は極めて密接であるが、それらの条件はトラクター運材路面上、極めて区々であるから、厳密な値は求められない。しかし大凡の平均値を F. A. O. の資料<sup>1)</sup>

第1表 粘着係数  $\mu$  の値

地 面	ゴムタイヤ	履 帯
コンクリート (乾)	0.88	0.45
粘 土 (乾)	0.55	0.58
" " (水湿)	0.45	0.46
砂質粘土 (乾)	0.35	0.56
" " (水湿)	0.20	0.42
腐植土 (乾)	0.35	0.56
" " (水湿)	0.15	0.29
砂質腐植土 (乾)	0.35	0.53
" " (水湿)	0.17	0.27
砂 (乾)	0.20	0.29
" (湿又は水湿)	0.35	0.32
礫	0.36	—
水	0.12	0.12
堅滑かな岩 (乾)	0.20	—
" " (乾)	0.50	0.20
" " (湿)	0.20	0.15

より掲載すれば、第1表のよである。

また粘着係数  $\mu$  と履帯の大きさ形状との関係はつぎのようである。



第1図

まず履帯の大きさ即ち接地圧との関係をしらべてみるに、今、第1図のように板に履帯状の爪をつけてこれを略々一定に固めた土の上に置き、その上に種々の錘を載せて、スプリングバランスで引張つてみると、牽引に要

する力  $t$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) と、接地圧  $p$  ( $=W/S$ ) ( $\text{kg/cm}^2$ ) との間には略々

$$t = p \cdot a + b$$

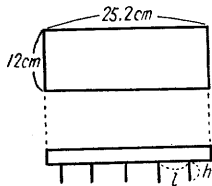
の関係があることが知れた。 $a, b$  は実験定数、 $S$  は接地面積 ( $\text{cm}^2$ ) である。

従つて粘着係数  $\mu$  は

$$\mu = t/p = a + b/p$$

となり、 $\mu$  を大きくするためには接地圧を小さくする必要のあることがわかる。このことは、トラクターの粘着牽引力を増加させるために履帯をそのままにしておいて自重を大きくしても、その割合で粘着牽引力は増加しないこと、即ち粘着係数  $\mu$  が接地圧  $p$  の函数となることを意味する。しかしこの  $b$  は  $pa$  に比べてずっと小さいので、現実のトラクターの接地圧に対しては殆んど問題にならない故、第1表の数字や今回現地でも測定した値は、接地圧と関係なく常数として採用してよいと思われる。

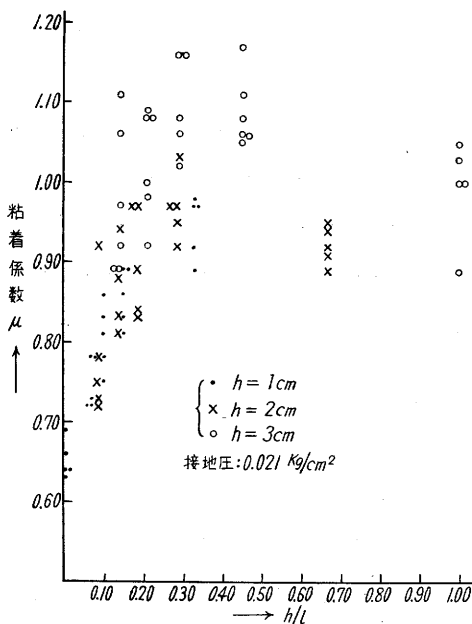
また模型実験において、爪の高さ  $h$  と爪間隔  $l$  とが  $\mu$  に及ぼす影響をしらべてみると、つぎのようである。



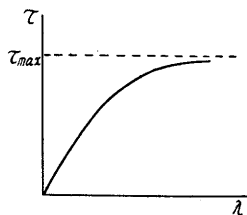
第2図 模型履帯

第2図のような模型履帯の  $h$  と  $l$  とを種々に変え  $h/l$  と  $\mu$  との関係をみると、第3図のように、何れも  $h/l = 0.2 \sim 0.5$  で  $\mu$  が最大であることがわかる。但しこの実験では接地圧が極めて小さいので、これを現実のトラクターと結びつけるには問題があり、今後なお検討を要するが、北海道各地で使用しているトラクター3種について  $h/l$  を調べると第2表のよう何れも  $0.2 \sim 0.5$  の間にあつて実験結果と図らずもほぼ一致している。

またこの実験で  $h$  が大きい程  $\mu$  も若干大きくなる傾向があるが、トラクターの履帯の  $h$  をあまり大きくすると、トラクターが岩石地その他を走行して爪の充分にささらぬときは逆にそれだけ動輪の径が増加したことになつて牽引力は減少するばかりでなく、履帯の材質強度にも限度



第3図 μ と h/l との関係



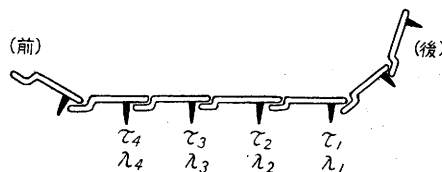
第4図

第2表 トラクターの h/l

機種	爪の高さ h (cm)	爪の間隔 l (cm)	h/l	(参考) 履帯の幅 (cm)
フォードソン	5.6	22.5	0.25	40.6
CT-25	4.0	15.2	0.26	30.5
NTK-4	4.8	17.0	0.36	38.1

があり、また軟弱な地盤に対しても走行抵抗が増加して、かんばしくない。

それでは、履帯によつて粘着牽引力のでてくる機構はどうであるかというに、これは土質相互間の剪断抵抗に起因するといつてさしつかえない。土質力学的には、第4図のように、剪断応力は、滑り量との関係で示される。即ち剪断応力を $\tau$  (kg/cm<sup>2</sup>)、滑り量を $\lambda$  (cm) とすれば、 $\tau$  は $\lambda$ の増加につれて増加し、滑動域に達するとそれ以上は



第5図

増加しない。この値を  $\tau_{max}$  とする。

然るに、トラクターの履帯リンクには、機構上多少の遊びがあり、運材作業を重ねるにつれてこの遊びは大きくなる。従つて、各リンクにおける滑り量は常に同時には同一にならない。即ち第5図のように各爪のところの剪断力を $\tau_1$ より $\tau_4$ とすれば ( $\tau_1$  は後方でスプロケットのある方)、 $\tau_4$  が地面についたばかりのときは  $\tau_4 < \tau_3 < \tau_2 < \tau_1$  で  $\tau_4$  が最も小さい。しかし、トラクターが牽引しているときは、リンクの遊びだけ順におくれて結局  $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_{max}$  まで滑り量は増加し (スプロケットは僅かながら空転するが)、遂に粘着牽引力の最大値に達する。即ち、トラクターの粘着牽引力が最大となるのは、各爪間の  $\tau$  が  $\tau_{max}$  になつた場合と考えることができる。

### III. エンジンの出力とエンジンによる牽引力

エンジンの出力を表わすには最大出力と定格出力があつて、前者は短時間の出力最大値、後者は相等長時間連続し得る出力であるが、特に後者は通常1時間定格と、10時間定格を区別される。運材上の計算では定格出力を対象にすべきである。これらの数字はメーカーによつて公示さ

れているのが普通である。このエンジン出力はクラッチ、ミッション、歯車等の伝力機構を経て、働輪や履帯に伝達されて行く。トラクターのエンジン回転数は毎分 1,500~2,000 回であるのに、履帯のスプロケットの回転数は毎分 10~50 回であり、この大きな減速率のために、同等量のエネルギーが損失される。この機械効率是一般に 75~80% とされている。また一方、トラクターは自身を動かすためにもエネルギーを要する。従つて実際に牽引にあずかる力は更にこれだけを減じた値で、これを牽引出力ドローバーパワー（馬力単位）といい、これを kg 単位に換算したものを、牽引桿牽引力ドローバープル（kg 単位）といい、前者を  $P_d$ 、後者を  $T$  で表せば、次関係がある。

$$T = \frac{270 \cdot P_d}{V}$$

(但し  $V$ : トラクターの速度 km/hr)

既述のようにトラクターの最大牽引力は、その地面との間の粘着性に左右されるのであつてエンジンによるドローバープル（通常第 1 速）はその地面における粘着牽引力に相等するだけを備えていけばよいことになる。

#### IV. トラクターの走行抵抗

一般に高速運動をする車輛の走行抵抗は速度と深い関係をもっているが、トラクターのように低速な機械では速度には殆んど無関係で、地面の土質や沈下の方が鋭敏に影響する。F. A. O. の資料からその標準値をあげれば次のようである（第 3 表）。通常メーカーが示しているドローバーパワーの値は表中の標準地（一般野外地）に相当する走行抵抗を採つて算出されている。

第 3 表 トラクターの走行抵抗係数

地 面	ゴムタイヤ		履 帯	地 面	ゴムタイヤ		履 帯
	高 圧	低 圧			高 圧	低 圧	
コンクリート	0.0175	0.0175	0.023	耕 地	0.095	0.075	0.060
マカダム道	0.030	0.030	0.035	砂 又 は 礫	0.110	0.090	0.070
土 道 (乾)	0.050	0.040	0.040	土 道 (湿)	0.135	0.120	0.085
一般野外地*	0.075	0.060	0.055	泥 濘 路	0.175	0.060	0.112

\* 一般標準値

現地に即応した走行抵抗係数を知るためにはギヤーをニュートラルに入れたトラクターを他のトラクターまたはウインチで牽引しダイナモメーターで牽引力を測定する必要がある。

#### V. 今回実施した牽引力試験

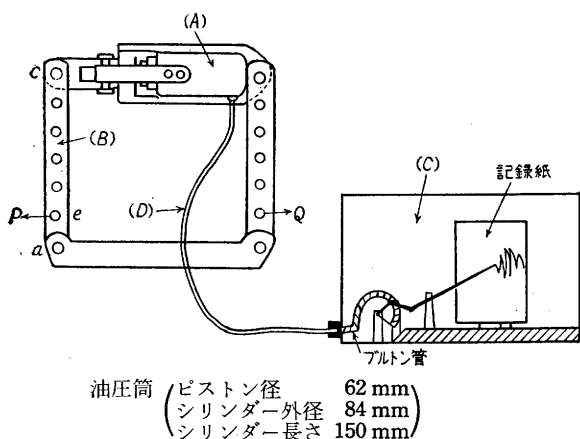
これまでに掲げた諸表は、F. A. O. の資料に示された一般的な平均数値であるから、北海道の現場で採用すべき諸係数は、これと一致しないかも知れない。

そこで筆者等は、就中重要と思われる粘着係数ならびに荷重の摩擦係数の実測を行った。試験の期間も極めて短く、天候の条件も殆んど同一だったので、広い範囲でのデータを得ることはできなかったが、兎も角も具体的な数字を把握することが出来た。走行抵抗は単独に測定しなかったが、牽引力の中にそのまま含まれている。試験法の概要は次の通りである。

### 1. 牽引力測定器

第6図のような油圧筒 (A) ならびにその記録計 (C) を、耐高圧性ゴム管 (D) で結び、P、Q を牽引すべきものに連結せしめる。(B) は油圧筒を抱く枠で、力量加減器といわれ、挺子の

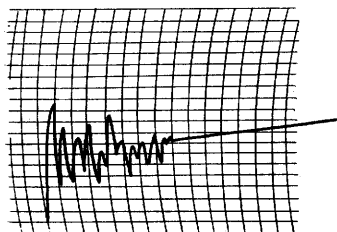
第6図 油圧牽引力計機構図



原理により、実際の力も加減して記録計の閉圧力管 (ブルトン管) や、ゴムパイプの許容量内で記録されるよう、力量を調節するものである。左図の状態では P、Q 間の力  $F$  (kg) の  $ae/ac$  倍が油圧筒にかかる。しかし圧力の強さは油圧にかえられるときはシリンダーの面積に従って更に低下する。今シリンダーの面積を  $S$  (cm<sup>2</sup>) とすれば、記録計に及ぼす圧力の強さ  $p$  (kg/cm<sup>2</sup>) は

$$p = F \times \frac{ae}{ac} \times \frac{1}{S}$$

今回使用したブルトン管の許容量は  $p < 20$  であり、 $S$  は約 30 である。また  $F$  は、4t 車の粘着係数の最大値 0.9 を考えて 3.6 (t) とすれば、この式より  $\frac{ae}{ac} \div \frac{1}{6}$  となり、上図のような位置に加減器を用いればよいことになる。



第7図

記録計の機構は、ブルトン管の変化量を挺子で拡大 (ギヤを用いない) した自記性のもので、製作所は勝間計器製作所、これに用いる記録紙は第7図のようであつて、これを捲きつけたドラムは、10分間、2分間に1回転するよう切替のレバーがついている。今回使用したこれらの計機は何れも林業試験場所属のものであるが、当森林利用学教室においては、その後これらの改良型として、軽量小型で取扱の便なものを作製している。

### 2. 試験地ならびに地面の状態

試験地は美利別経営区 117 林班ろ小班内

(1) バラス (長さ 5~8 cm 尖った不規則形) を敷きつめたトラック運材路

これを地面状態 A と名づける。

## (2) トラクター運材玉道

土性については、未だ営林局より分析結果を得ていないので不明であるが、大雑把にいつて火山灰質粘土 (ashy clay loam) と考えられる。これを含水率の異なる二箇所につき測定した。

(イ) 日向面……乾燥路面，小径の礫を僅か含む。(乾燥しきつたという程乾いてはおらず，営林局の含水率測定結果 67%)

これを地面状態 B と名づける。

(ロ) 日陰面……湿润路面，細礫を全く含まない。(トラクターの履帯の跡がはつきりつく程度。含水率 86%)

これを地面状態 C と名づける。

## 3. 試験期日及び内容

(年月日)	(路面状態)	(試験の内容)
32. 7.30	A, B, C	トラクターの牽引力測定
"	B	荷重牽引抵抗測定
32. 7.31	A, C	"
"	(於土場)	荷重重量測定

## 4. 使用トラクター及びその諸元

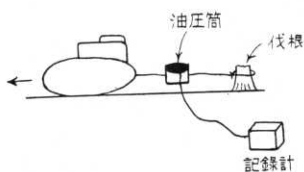
型式	フォードソン FC 型全装軌式 (ウインチ付)	
購入年度	昭和 30 年	
全長	3,200 (mm)	
全幅	1,700 ( " )	
全高	1,020 ( " )	
単体重量	4,000 (kg)	
接地圧	0.281 (kg/cm <sup>2</sup> )	
エンジン	フォード水冷 4 サイクル 4 気筒	
定格出力	1 時間定格 40 HP/1,600 r.p.m., 12 時間定格 34 HP/1,600 r.p.m.	
トランスミッション	前 6, 後 2	
最大走行速度	2.08 (km/hr) ……前進第 1 速	
	2.93 ( " ) …… " 第 2 速	
	3.75 ( " ) …… " 第 3 速	
	5.28 ( " ) …… " 第 4 速	
	7.35 ( " ) …… " 第 5 速	

- 13.20 (km/hr) ……前進第 6 速  
 2.82 ( " ) ……後進第 1 速  
 5.05 ( " ) …… " 第 2 速

## 5. 測定方法

### (1) トラクターの粘着牽引力試験

トラクターのドローバーパワーは機関その他の構造から略々定まっているが、現地においては、各種土壌条件における粘着牽引力が必要なわけで、今回はそれを測定したのである。これには、トラクターをその各地面条件のもとで、ワイヤロープにより根株に固定し、第 8 図の如く、ワイヤロープ間に牽引力計を挿入して、第 1 速ギヤーで履帯がスリップするまでの牽引力を測定した。

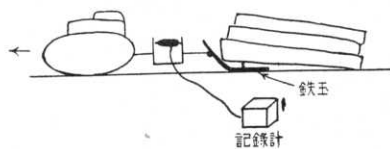


第 8 図

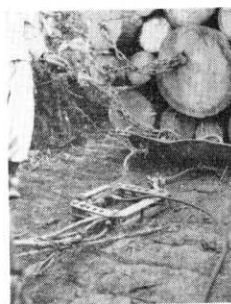


### (2) 積載荷重の摺動抵抗 (鉄製玉と木材との合成抵抗)

積載量は、一般に運材作業を行う場合と同量とし、牽引力計をトラクターと鉄玉との間に挿入して第 9 図のように測定を行った。

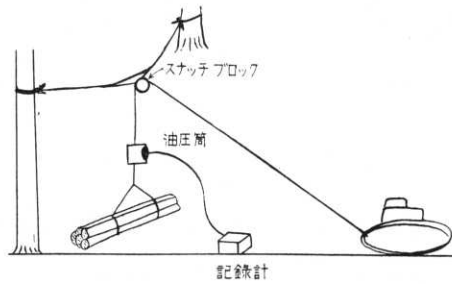


第 9 図



### (3) 荷重の秤量

現地には適当な秤がなかったため、秤量にも同牽引力計を使用した。ただし、装置、時間の関係上、全部は測定できなかつたので、1 部の比重から全体を推定した。



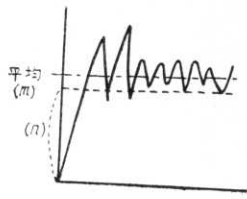
第 10 図



6. 測定の結果

(1) トラクターの牽引力  $F$  及び粘着係数  $\mu$

記録計用紙は第 11 図のように書かれる。



第 11 図

はじめに大きく出るのは始発時の抵抗で、衝撃的である。連結のワイヤロープが短くて衝撃吸収量の少ない場合には特に大きく現れる。運材中の牽引力はその以後に書かれる抵抗力 (第 4 図における  $\tau_{max}$ ) であつて土の歪量最大値に基く。それには第 11 図の平均値  $m$  をとればよいが、牽引し得る力の大きさとしては波形の変化が少ない場合、むしろ最小値  $n$  をとる方が当を得ている。そうした場合の各条件下の測定値を

第 4 表に記す。但しこの数字は森林利用学教室で行つたキャリブレーションの結果 kg 単位に換算したものである。それから、測定値は何れも傾斜地なのでその影響を補正し、同時に粘着係数  $\mu$  を算出し、同表に記す。

トラクター重量は 4,500 kg (ウインチ, 乗員その他附属品約 500 kg を含む) であるから

$$\mu = \frac{F + 4,500 \sin \theta}{4,500 \cos \theta}$$

(2) 積載荷重の摺動抵抗  $P$  ならびに同抵抗係数  $\mu'$

前記 (1) と同様にして記録紙から第 5 表をつくる。ただし記録紙のよみは、波形の最大値を対象とする。この点が (1) と逆で、かくして得た摺動抵抗力  $P$  が  $F$  よりも小さければ牽引可能である。

荷重の重量は次の (3) に示す如く、4,400 kg であるが、鉄玉その他約 100 kg として、総重量

第 4 表

地面	傾 斜	$F$ (kg)	$\mu$	$\mu$ の平均
A	7°	2,600	0.71	0.68
	6°	2,400	0.64	
	-4°30'	3,500	0.70	
	-6°	3,500	0.67	
B	6°30'	2,800	0.74	0.73
	-3°	3,500	0.73	
C	6°	2,900	0.75	0.71
	-12°30'	3,950	0.68	

(註) ギヤはすべて第 1 速

地面 A はバラス道

B は粘土状トラクター道 乾 (含水率 67%)

C " " 湿 ( " 86%)



は 4,500 kg と考える。そうした場合の  $\mu'$  は次の式で求められる。

$$\mu' = \frac{P + 4,500 \sin \theta}{4,500 \cos \theta}$$

第 5 表

地面	傾 斜	P	$\mu'$	$\mu'$ 平均
A	-3°	2,500	0.61	0.63
	-3°	2,700	0.65	
B	-15°30'	1,600	0.65	0.62
	-17°30'	1,200	0.59	
C	-14°	1,200	0.52	0.47
	-11°	1,650	0.57	
	-2°30'	1,850	0.46	
	-1°	2,000	0.42	
	-2°30'	1,500	0.34	
	-9°30'	1,300	0.46	
	-4°	1,700	0.45	
	-3°30'	1,700	0.44	
	-6°30'	1,550	0.46	
	-8°30'	1,200	0.42	
	-9°30'	1,200	0.44	
	-2°30'	2,200	0.53	
	-3°	2,200	0.54	
0°	2,300	0.51		

(註) ギヤーはすべて第 1 速  
地面の A, B, C は第 4 表と同様

第 6 表 荷重丸太の材積

No.	末口径 (尺)	元口径 (尺)	長 さ (尺)	材 積 (石)	
				円錐台に よ	末口 2 乗* による
1	0.55	0.58	12.34	0.31	0.36
2	0.71	0.80	12.31	0.55	0.59
3	0.76	0.82	12.46	0.61	0.68
4	0.63	0.78	12.52	0.49	0.43
5	0.53	0.71	12.45	0.38	0.30
6	0.75	0.87	12.26	0.63	0.68
7	0.81	0.91	12.35	0.72	0.77
8	1.25	1.48	12.75	1.87	1.88
9	0.64	0.82	12.54	0.53	0.43
10	1.30	1.55	12.36	1.98	1.03
11	1.07	1.37	12.23	1.44	1.32
12	0.80	0.88	12.16	0.67	0.77
13	1.07	1.26	12.20	1.30	1.32
14	0.90	1.00	12.25	0.87	0.97
15	0.78	0.87	12.25	0.66	0.68
16	1.78	2.10	12.36	3.66	3.68
17	1.80	2.07	12.32	3.63	3.89
18	1.30	1.62	12.24	2.06	1.03
19	0.90	1.05	12.30	0.97	0.97
20	0.64	0.81	12.60	0.52	0.43
21	1.28	1.34	12.40	1.67	1.88
22	1.14	1.24	12.62	1.41	1.45
(計)				26.92	25.54

\* 長さはすべて 12 尺とし、材積表によつた。

(3) 積載荷重の秤量

既述のように全体を測ることができなかつたのでその一部を測定し、その比重から全体を推定した。丸太は全体で 22 本。鉄玉上の配列は第 12 図のようである。(秤量したのは、この図の No. 11, 12, 15, 16 の 4 本)

次にこれらの丸太の材積を、末口、元口及び長さから、円錐台として求めたものと、末口 2 乗法より出したものとを第 6 表に記す。

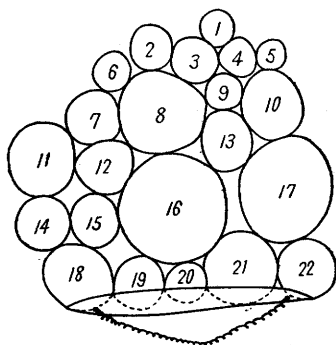
比重は、円錐台法をもとにしてきめる。

4 本 (No. 11, 12, 15, 16) の材積……………6.43 石

重量……………1,050 kg

従つて比重は 石当り……………163 (kg/石)

cm<sup>3</sup> 当り……………0.587 (g/cm<sup>3</sup>)



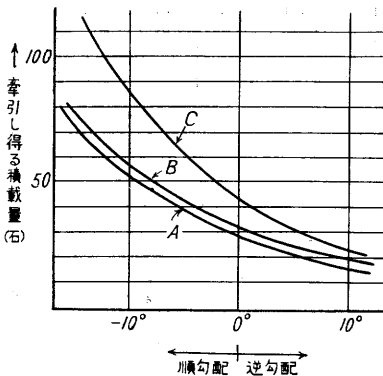
第 12 図 丸太の配列

この結果を全材積に乗じて

4,400 kg となる。

(4) トラクターの牽引し得る積載量

これまでののべたように  $P < F$  なる条件があれば牽引可能である。そこで  $P = F$  としてその



限界荷重を  $W$  とすれば

$$\begin{cases} F = 4,500 (\mu \cos \theta - \sin \theta) \\ P = W (\mu' \cos \theta + \sin \theta) \end{cases}$$

これより

$$W = \frac{4,500 (\mu \cos \theta - \sin \theta)}{\mu' \cos \theta + \sin \theta}$$

これより、 $W$  を路面状態  $A, B, C$  別に、傾斜の関数で表わし、その関係を図示すれば第 13 図のようになる。

第 13 図 トラクターの牽引し得る木材の量と勾配との関係

- (註) A……バラスト道  
B……火山灰質粘土(乾)  
C…… " (湿)

この図は、 $W$  を材積(石)単位に換算してある。それ故、生立木の造材丸太のように比重の大きい場合はそれだけ材積は少くなる。

VI. 試験結果の考察ならびに将来の問題

1. トラクターの牽引力と荷重

第 13 図に示したのは、トラクターの最大粘着牽引力による最大荷重であつて、第 1 速のみを対象にして測定したものである。然るに第 1 速では荷重が大きくても低速すぎて、実用的ではないから一般には第 2 速をもとにして考えなければならない。もしその場合のドローバープルが粘着牽引力よりも大きければ、第 13 図は常用荷重とみなしてよいが、逆に小さい場合はドローバープルに相当するだけの荷重を常用荷重としなければならない。

本試験機と同じフォードソンについて JESSON M. W. 等が実施した 1935 年 British Tractor Test<sup>3)</sup> のドローバープワー試験結果を、今回の現場の環境条件(標高約 500 m, 気温 25°C)に補正\* すれば、各ギヤードローバープルは、第 1 速 3,960 kg, 第 2 速 2,800 kg, 第 3 速 2,040 kg (以下略)であつて、第 4 表より得た水平路面における粘着牽引力より大きい値は第 1 速のみであることがわかつた。そこで、第 2 速を対象にして常用荷重を考えれば、それは第 1 速の最大荷重の

A 路面 :  $2,800/3,060 = 0.92 = 92\%$

B " :  $2,800/3,280 = 0.85 = 85\%$

\* Mégille, X. de: Tractors for logging, F. A. O. Forestry Development Paper No. 1. p. 5~15.

$$C \quad " \quad : \quad 2,800/3,200=0.88=88\%$$

第3速については

$$A \text{ 路面} : 2,040/3,060=0.67=67\%$$

$$B \quad " \quad : 2,040/3,280=0.63=63\%$$

$$C \quad " \quad : 2,040/3,200=0.64=64\%$$

というようになる。

このようにして求められる荷重も、第13図のように下り勾配では著しく増加する傾向を示すのは当然であるが、現在のように2間材を鉄玉に積載する場合は、荷の安定上、荷重は制限される。実際問題として40石以上の積載は無理である。

## 2. 路面の傾斜と荷重

今、かりに117林班の平均値25石を例にとれば、B路面では、第2速で上り約 $2^\circ$ 以下、第3速で下り約 $3^\circ$ 以上の勾配があれば、運材可能ということになる。また急傾斜では高速ギヤーまたは無動力で運材できる範囲も考えられるが、部分的に傾斜及び $\mu$ 、 $\mu'$ は一定ではなく、とくに $\mu'$ は天候条件で著しく変化するので、荷重に制動がきかない限り、極度の急傾斜は絶対にさけるべきである。その範囲については、今後実測をした上で検討を要する。

## 3. $\mu$ 、 $\mu'$ と荷重

第13図では $\mu$ 、 $\mu'$ が荷重や速度と関係なく一定として取扱つたが、実際には全く無関係とはいふ難く、今後の検討を要するところである。

## 4. 路面状態と荷重

路面状態によつて荷重は最大、常用共著しく変わるわけであるが、今回のように限られた試験からはその一部しか求められなかつたので、将来は更に多くの異つた試験地で、測定を行つて、成可く各所に応用できる適切路面勾配、並に、最大、常用荷重を表示したいと考えている。

## 要　　約

昭和32年夏、北海道帯広営林局本別営林署管内で3日間にわたつて実施したフオードソン全装軌式トラクターの牽引力試験の結果は凡そつぎのようである。

(1) 地面条件を3種えらび A: バラス道, B: 火山灰質一般路面(乾, 含水率67%), C: Bと同一路面(湿, 含水率86%)について油圧自記張力計によりトラクター粘着牽引力を測定すると、粘着係数 $\mu$ は、第4表のようにAが最小、B、Cはほぼ同じであつた。しかし、これらは何れも一般に公表されている標準的な数値に比べて相等高い方の値を示し、本試験実施地の如き路面状況は、装軌式トラクターの運行に好適であることが了解された。

(2) 荷重(鉄玉に載せたエゾ・トド2間材)の摺動摩擦係数 $\mu'$ は、第5表のようにA、Bでは殆んど同じであるが、Cでは小さいので、結局牽引し得る荷重は $A < B < C$ の順となる。

$\mu'$  の値については鉄玉を用いた場合の一般的な標準数字が公表されていないので比較が困難であるが、木材を地上直曳する場合の標準値と大差のない値を示した。 $\mu'$  の値はその性質上路面状態及び鉄玉の構造などにより相等大幅に変化することが予想されるので、今後なお検討を要するが、第5表の数値よりも甚しく増大することは少いであろう。

(3) 第4表、第5表に示した  $\mu$ 、 $\mu'$  の値を用いて傾斜別に最大荷重を次の式により求め、これを材積単位に換算してグラフに示したのが第13図である。

$$W = \frac{M(\mu \cos \theta - \sin \theta)}{\mu' \cos \theta + \sin \theta}$$

$W$ : 粘着牽引力による最大荷重 (kg)

$M$ : トラクター重量 (kg)

$\theta$ : 傾斜 (下り勾配を負とする)

$\mu$ : トラクター履帯の地面に対する粘着係数

$\mu'$ : 荷重の地面に対する摺動摩擦係数

英国の N. I. A. E. のトラクタードーバー試験の結果からみると、第13図の最大荷重を牽引し得る速度は、第1速のみであるから、実用速度を対象とした常用荷重はこれより少く、常用速度が第2速、第3速の場合は常用荷重は夫々約 90%、65% に減らさねばならない。

(5) 以上は短期間にしかも比確的良好な限られた地面条件のもとで実施した試験の結果であるから、これを直ちに北海道地方全般に適用することはできない。特に湿地帯、泥濘地、岩石地等に於てはこれと非常に異なる結果が出ることが予想されるので、将来この種の試験を継続して合理的な運材計画に役立つようにする必要がある。

#### 参 考 文 献

- 1) MEGILLE, X. de: Tractors for logging, FAO Forestry Development Paper No. 1, 1956.
- 2) HERRICK, D. E.: Tractive effort required to skid hardwood logs, Forest Products Journal 5 (4), 1955.
- 3) JESSON, M. W., SOUTHWELL, P. H.: N. I. A. E. Tractor Test Report, British Tractors and Farm Machinery, London, 1956.
- 4) FAO: Provisional protocol for the testing of forest tractors, FAO/EFC/Log/64, 1956.
- 5) SOUTHWELL, P. H.: The agricultural tractor, London, 1953.
- 6) 加藤誠平: トラクター運材講話, 前橋営林局直営生産研究発表資料, 昭 31. 10.

#### Résumé

In the summer season of 1957, the writers had a good chance to carry out a series of field tests of the logging tractor "Fordson F.C." (a 4 t class crawler type tractor made in England) at an operation site in the Obihiro National Forest, Hokkaido.

Some fundamental functions, such as adhesive force of the tracks, tractive effort

of the machine, skidding resistance of the load, which are very important for the logging operations, were measured and analyzed simultaneously.

In this report, some results of the investigation are noted.

(1) State of the runway

For the purpose of the tests, three stretches of the runway under practical use, each of which had different kind of the ground conditions, were chosen.

A: forest road, coarse gravel surfaced, dry.

B: minor haulway, ashy clay loam, slightly dry (moisture content 67%).

C: minor haulway, ashy clay loam, wet (moisture content 86%).

(2) Method of measurement

On each runway maximum adhesive force of the tractor just before the beginning of slip, and the average skidding resistance of the load were independently measured by a inserted dynamometer (oil pressure type, self-recording). All these tests were performed at the speed of the first gear.

From the records of the dynamometer the coefficient of adhesion  $\mu$  and that of skidding resistance  $\mu'$  were calculated.

(3) Values of  $\mu$  are shown in Table 4. Higher figures were obtained on the runway A than on B and C. But the figures are all higher than the generally recognized values (See ref. (1)), this means that the operation site was favourable for the tractor logging.

(4) The values of  $\mu'$  are shown in Table 5. The slightly lower figures were obtained on the runway C than on A and B.  $\mu'$  means the composed coefficient of skidding pan and that of the loaded timbers partly layed on the ground. The obtained figures show that they are nearly equal to the generally recognized figures of the coefficient of skidding resistance in the case of the direct ground skidding of timbers without any pan.

(5) Maximum possible load to be hauled.

Using the figures of Table 4 and 5, the maximum possible load in koku (1 koku = 0.28 m<sup>3</sup>) to be hauled are calculated in regard to the slope of the ground by following formula.

$$W = \frac{M(\mu \cos \theta - \sin \theta)}{\mu' \cos \theta + \sin \theta}$$

$W$ : weight of maximum load to be hauled with skidding pan

$M$ : total weight of tractor including winch

$\theta$ : slope in degree of runway

$\mu$ : coefficient of adhesion

$\mu'$ : coefficient of skidding resistance

The results of the concept are shown in Fig. 13. The diagram could be used for the machine operation at the speed of first gear. For the second and the third gear operation, the corresponding load should be reduced to ca. 90% and ca. 65% respectively.