



| | |
|------------------|---|
| Title | 地曳集材とアーチ集材におけるエゾマツ及びナラ丸太の牽引抵抗係数 |
| Author(s) | 小島, 幸治; KOJIMA, Kohji |
| Citation | 北海道大學農學部 演習林研究報告, 20(1), 345-359 |
| Issue Date | 1959-07 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/20781 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 20(1)_P345-359.pdf |



地曳集材とアーチ集材におけるエゾマツ 及びナラ丸太の牽引抵抗係数

小 島 幸 治

On the Tractive Resistance Coefficient of Ezo Spruce
and Japanese Oak Logs in Ground Skidding
and Arch Logging

By

Kohji KOJIMA

目 次

| | 頁 |
|------------------------|-----|
| まえがき | 345 |
| I. 試験材料 | 346 |
| 1. 集材路 | 346 |
| 2. 丸太 | 346 |
| 3. 集材用機械 | 347 |
| 4. 牽引抵抗測定器 | 349 |
| II. 測定順序 | 349 |
| III. 測定結果 | 350 |
| IV. 測定結果の検討 | 352 |
| 1. 地曳集材 | 352 |
| 2. アーチ集材 | 353 |
| 3. 地曳集材とアーチ集材の比較 | 357 |
| あとがき | 358 |
| 文 献 | 358 |
| Summary | 358 |

ま え が き

北海道のエゾマツとナラの丸太を、林内の平地において、トラクターで地曳し又はトラクターとロッキングアーチとを用いて半ば吊り上げて集材する場合に、丸太の牽引抵抗係数はどれ位の大きさであるか、また地曳集材とアーチ集材とにおいては牽引抵抗係数がどの程度に違うか、という事について大体的見当をつけようと思い、昭和30年11月7日から10日までの4日間に、北海道大学苫小牧演習林内において野外測定を行った。

資料を整理し、検討してみると、止むを得ない事情によつたとはいえ、測定値の個数が不十分であり、また測定方法もすぐれたものとは云えないことがわかつた。然しながら、現在わが国においてはこの種の事項に関する資料が乏しいから、たとえ不十分な資料であつても何等かの役に立つかも知れない、と考えたので、ここに試験の結果を報告する。

I. 試験材料

1. 集材路

林内において、実際の集材作業に用いられる集材路と同じ方法で直線路を設定した。即ち、支障を与える立木を伐倒し、地面に存在する倒木類を除去し、天然の地被物はそのままにした。地曳集材試験用には長さ15mの水平な部分、アーチ集材試験用には長さ20mの水平な部分を用いた。路面の土壤は適潤な火山灰土壤で、地面には極く僅かの下草が生えて居り、枯葉が一面に散在していた。

2. 丸太

昭和29年の第15号台風(9月26日)による風害木を、昭和30年9月上旬に造材し

第1表 供試丸太諸元

| 番号 | 樹種 | 樹皮の 状態 | 材長 (尺) | 末直 口径 (尺) | 平材 石積 (石) | 重量[W] (kg) | 平均重量 (kg) | 石重 当り 量 (kg) | 平均石 当り 重量 (kg) |
|----|------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|---------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 | エゾマツ | 四方剥皮 | 12 | 1.5 | 2.70 | 495 | } 469 | 183 | } 174 |
| 2 | " | 六方剥皮 | 12 | 1.5 | 2.70 | 525 | | 194 | |
| 3 | " | " | 12 | 1.5 | 2.70 | 460 | | 170 | |
| 4 | " | " | 12 | 1.5 | 2.70 | 395 | | 146 | |
| 5 | ナラ | 皮つき | 12 | 1.5 | 2.70 | 1,015 | } 919 | 376 | } 340 |
| 6 | " | " | 12 | 1.5 | 2.70 | 885 | | 328 | |
| 7 | " | " | 12 | 1.5 | 2.70 | 985 | | 365 | |
| 8 | " | " | 12 | 1.5 | 2.70 | 790 | | 293 | |
| 9 | エゾマツ | 四方剥皮 | 12 | 1.0 | 1.20 | 305 | } 281 | 254 | } 234 |
| 10 | " | " | 12 | 1.0 | 1.20 | 220 | | 183 | |
| 11 | " | " | 12 | 1.0 | 1.20 | 345 | | 287 | |
| 12 | " | " | 12 | 1.0 | 1.20 | 255 | | 212 | |
| 13 | ナラ | 皮つき | 8 | 1.0 | 0.80 | 245 | } 249 | 306 | } 311 |
| 14 | " | " | 8 | 1.0 | 0.80 | 245 | | 306 | |
| 15 | " | " | 8 | 1.0 | 0.80 | 260 | | 325 | |
| 16 | " | " | 8 | 1.0 | 0.80 | 245 | | 306 | |
| 17 | エゾマツ | 四方剥皮 | 6 | 1.4 | 1.18 | 245 | } 200 | 208 | } 215 |
| 18 | " | " | 6 | 1.0 | 0.60 | 130 | | 217 | |
| 19 | " | " | 6 | 1.3 | 1.01 | 225 | | 223 | |

たもので、その形質の詳細は第1表によつて示されている。材長6尺のエゾマツ丸太は、直径1.0尺のものを4本揃える予定であつたが、試験地附近で入手することが困難であつたので、止むを得ず直径の異つたもの3本を以て代用した。

3. 集材用機械

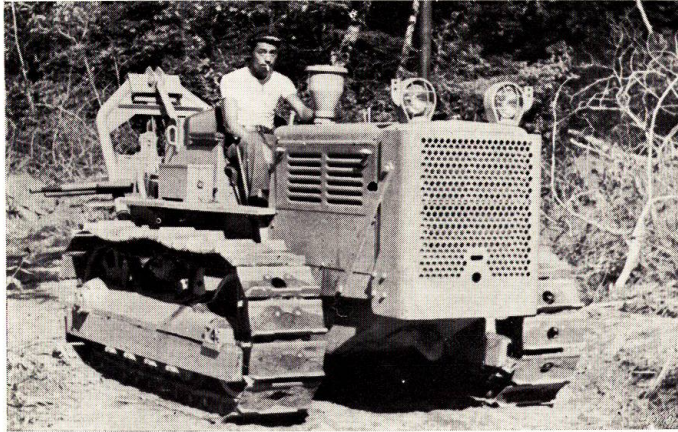
日本特殊鋼株式会社 (重車輛部門は現在独立して日特金属工業株式会社になっている) 製の NTK-4 型クローラー・トラクター, 及び同トラクター専用の NTK-4L 型ゴムタイヤ式ロッキングアーチで、それらの仕様は第2表, 形状は第1図によつて示されている。

第2表 供試トラクター及びロッキングアーチの仕様

| トラクターの呼称 | | NTK-4 W | トラクターの呼称 | NTK-4 W |
|-----------|------------|--|---|--|
| 要 目 | 全 装 備 重 量* | 5,500 kg | 機 関 車 体 | 呼 称 式 式 KE 21-32 型建設用 水冷 4 気筒ディーゼル機 関 5.812 ℓ 定 格 出 力 53 IP (1,500 r.p.m.) 実 用 最 大 出 力 62 IP (1,500 r.p.m.) 燃 料 消 費 率 200 gr/IP/h 始 動 方 式 切替ガソリン始動 |
| | 全 長 | 4,200 mm | | |
| | 全 幅 | 1,980 mm | | |
| | 全 高 | 1,650 mm | | |
| | 履 板 幅 | 381 mm | | |
| | 軌道中心間隔 | 1,520 mm | | |
| | 接 地 長 | 1,700 mm | | |
| | 接 地 圧 | 0.42 kg/cm ² | | |
| | 最低地上高 | 270 mm | | |
| 燃料タンク容量 | 90 ℓ | 主 ク ラ ッ チ 操 向 ク ラ ッ チ ブ レ ー キ 足 廻 り 装 置 | 乾式単板ベルブランク手 動式 乾式多板手動式 乾式バンドブレーキ足動 式 半硬式板バネ懸架式 下部輪転片側 4 個 上部輪転片側 1 個 履板片側 33 枚 | |
| 牽 引 馬 力 | 46 IP | | | |
| 最 大 牽 引 力 | 4,950 kg | | | |
| 登 坂 能 力 | 約 35° | | | |
| 最小回転半径 | 約 2,100 mm | ト ー イ ン グ ウ イ ン チ | 型 式 単胴正逆転式 ド ラ ム 径 200 mm ト ラ ム 幅 300 mm 実用最大牽引力 約 6,000 kg 巻 取 速 度 0.5 m/s ワイヤーロープ径 18 mm | |
| 前 進 第 1 速 | 2.70 km/h | | | |
| “ 第 2 速 | 3.70 km/h | | | |
| “ 第 3 速 | 5.89 km/h | | | |
| “ 第 4 速 | 8.58 km/h | | | |
| 後 進 第 1 速 | 3.13 km/h | | | |
| “ 第 2 速 | 6.20 km/h | | | |

* ラジエーターガード及びトーイングウインチつき

| ロッキングアーチの呼称 | NTK-4 L |
|---------------|--------------|
| 重 量 | 1,000 kg |
| 全 長 | 3,095 mm |
| 全 幅 | 2,290 mm |
| 全 高 | 1,910 mm |
| 車 輪 中 心 間 隔 | 2,000 mm |
| タ イ ヤ ー の 呼 称 | 11-20 14 PR. |
| 車 輪 の 直 径 | 約 1,100 mm |
| 許 容 荷 重 | 6,000 kg |



第1図 供試トラクター及びロンギングアーチ

4. 牽引抵抗測定器

東京衡機製造株式会社製のP型バネ式自記牽引動力計で、その力量目盛は1,000 kg、最小目盛は10 kgである。带状記録用紙を使用し、用紙送り速度は毎分50 mmである。なお1,000 kg以上の張力を測定する場合には挺式の倍力装置を使用した。これは取付け方に応じて、牽引動力計の力量の2倍、4倍、及び6倍までの張力を測定し得るものである。この牽引動力計は、メタリックペーパーの記録用紙を用い、黄銅の記録針の先端をバネで記録用紙に押しつけ、記録用紙をゼンマイの力で巻き取り、用紙上に針のこすつた跡を残す様に設計されていたが、メーカーから添附されて来たメタリックペーパーは厚すぎたために、スプールに巻いてあつた時の巻きぐせが残り、記録針の触れる部分において平面を保持する事が困難で、うまく記録出来なかつた。それ故筆者は、上質西洋紙でメタリックペーパーと同じ幅の带状記録用紙を作つて使い、また黄銅針の代りに鉛筆の心を使い、頻繁に先を尖らせて自記させた。

II. 測定順序

19本の丸太1本ずつにつき、次に述べるような順序で測定を行つた。

まず、アーチを牽引したトラクターを、集材路上、丸太の出発点より約20 mの点に停止させ、トイーグウインチのワイヤーロープ(これをウインチライン 'Winch line' と呼ぶことにする)を、アーチのフエアリードを通さずに直接引き出して、その先端のフックを牽引動力計の一端に連結した。この牽引動力計の他端は、出発点に置いてある丸太の前端に装着されたチョーカーの、索端金具に連結された。続いてウインチによつてウインチラインを巻き取つて丸太を15 mの距離だけ引寄せ、丸太が出発する時から停止した時までの牽引抵抗を測つた(これを丸太出発時及び丸太運動中の地曳抵抗と呼ぶことにする)。

チョーカーはどの丸太に装着される場合にも、前方の木口から材長の中央に向つて30 cmのところのところに装着された。ウインチラインの高さはウインチの直後において地上約70 cmであり、丸太が牽引された場合には、ウインチラインはほぼ地面に平行の状態になつた。引寄せに際しては、トラクターのエンジンの回転速度が空転状態で毎分約1,500回転になるように燃料レバーをセットしたが、セットが正確ではなかつたことと、ウインチのドラムの有効直径の変動のために、実際の平均引寄せ速度は毎分27.3 mから37.8 mの範囲に存在した。

次にウインチラインのフックを一旦牽引動力計から外し、今度はアーチのフエアリードを通して再び牽引動力計に連結し、続いてウインチラインを巻きとつて、牽引動力計がフエアリードにおつかる寸前まで丸太の前端を吊り上げた。この場合の丸太前端下側の、地面からの高さは、丸太の太さによつて26 cmから50 cmまでの範囲に存在した。次にト

トラクターを前進或は後進させて、フェアリードから下方に向つたウインチライン先端部を鉛直にし、その時ウインチライン先端部に作用している張力を測つた(これを丸太前端吊上重量と呼ぶことにする)。

次にトラクターを静かに発進させ、ウインチラインに引つ張られて丸太が前進し始めるのを認めたら直ちにトラクターを停車させ、その時にウインチライン先端部に作用している張力を測定した(これを丸太出発時のロープ張力と呼ぶことにする)。また、この場合にウインチライン先端部が鉛直線に対して後方へ傾いている角を、クリノメーターによつて測定した(この角を丸太出発時のロープ後退角と呼ぶことにする)。

続いてトラクターのエンジンの回転速度が空転状態で毎分約1,500回転になるように燃料レバーをセットし、変速歯車を第2速に入れてトラクターを発進させ、20mの距離だけ走行させ、丸太が前進し始める時から停止した時までの間、ウインチライン先端部に作用した張力を測定した(これを丸太運動中のロープ張力と呼ぶことにする)。トラクターの平均走行速度は、毎分43.5mから54.3mまでの範囲に存在した。

次にアーチのフェアリードと牽引動力計を利用して、丸太の重量を測定した。

以上が1本の丸太の、元口が前向き或は後向きの場合に関する測定順序の概要である。

III. 測定結果

測定結果は第3表と第4表によつて示されている。

第3表 地曳集材に関する測定結果

| 丸太番号 | 丸太の向き | 丸太出発時の地曳抵抗 [R _s] (kg) | 丸太出発時の地曳抵抗係数 | 石当りの出発地曳抵抗 (kg) | 地曳速度 (m/分) | 丸太運動中の最大地曳抵抗係数 | 丸太運動中の平均地曳抵抗 [R _m] (kg) | 丸太運動中の平均地曳抵抗係数 [G] | 丸太運動中の平均石当り地曳抵抗 (kg) | R _s /R _m |
|------|--------|-----------------------------------|--------------|-----------------|------------|----------------|-------------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------|
| 1 | 元口 前後 | 470 | 0.949 | 174 | 32.3 | 0.949 | 368 | 0.743 | 136 | 1.28 |
| | 〃 〃 前後 | 520 | 1.051 | 192 | 27.3 | 1.152 | 340 | 0.687 | 126 | 1.53 |
| 2 | 元口 前後 | 420 | 0.800 | 155 | 30.0 | 1.029 | 329 | 0.627 | 122 | 1.28 |
| | 〃 〃 前後 | 570 | 1.086 | 211 | 33.9 | 1.105 | 319 | 0.608 | 118 | 1.79 |
| 3 | 元口 前後 | 450 | 0.978 | 166 | 33.3 | 1.087 | 242 | 0.526 | 89.6 | 1.86 |
| | 〃 〃 前後 | 360 | 0.783 | 133 | 36.1 | 0.783 | 250 | 0.543 | 92.6 | 1.44 |
| 4 | 元口 前後 | 335 | 0.848 | 124 | 33.3 | 1.443 | 260 | 0.658 | 96.3 | 1.29 |
| | 〃 〃 前後 | 305 | 0.772 | 113 | 33.9 | 1.114 | 264 | 0.623 | 91.1 | 1.24 |
| 5 | 元口 前後 | 725 | 0.714 | 268 | 30.9 | 0.749 | 467 | 0.460 | 173 | 1.55 |
| | 〃 〃 前後 | 660 | 0.650 | 244 | 35.7 | 0.650 | 439 | 0.433 | 163 | 1.50 |
| 6 | 元口 前後 | 620 | 0.701 | 230 | 34.1 | 0.746 | 446 | 0.504 | 165 | 1.39 |
| | 〃 〃 前後 | 730 | 0.825 | 271 | 37.5 | 0.768 | 443 | 0.501 | 164 | 1.65 |
| 7 | 元口 前後 | 620 | 0.629 | 230 | 34.9 | 0.893 | 528 | 0.536 | 196 | 1.17 |
| | 〃 〃 前後 | 640 | 0.650 | 237 | 33.7 | 0.650 | 354 | 0.359 | 131 | 1.81 |
| 8 | 元口 前後 | 800 | 1.013 | 297 | 35.7 | 1.114 | 428 | 0.542 | 159 | 1.87 |
| | 〃 〃 前後 | 420 | 0.532 | 156 | 34.1 | 0.671 | 326 | 0.413 | 121 | 1.29 |

| 丸太番号 | 丸太の向き | 丸太出発時の地曳抵抗 $[R_s]$ (kg) | 丸太出発時の地曳抵抗係数 | 石当りの地曳抵抗 (kg) | 地曳速度 (m/分) | 丸太運動中の最大地曳抵抗係数 | 丸太運動中の平均地曳抵抗 $[R_m]$ (kg) | 丸太運動中の平均地曳抵抗係数 $[G]$ | 丸太運動中の平均石当り地曳抵抗 (kg) | R_s/R_m |
|------|-------|-------------------------|--------------|---------------|------------|----------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-----------|
| 9 | 元口前 | 210 | 0.689 | 175 | 31.6 | 1.197 | 203 | 0.666 | 169 | 1.03 |
| 10 | " | 235 | 1.068 | 195 | 33.5 | 1.000 | 141 | 0.641 | 118 | 1.67 |
| 11 | " | 350 | 1.014 | 291 | 34.5 | 1.188 | 227 | 0.658 | 189 | 1.54 |
| 12 | " | 230 | 0.902 | 191 | 33.3 | 1.020 | 178 | 0.698 | 148 | 1.29 |
| 13 | 元口前 | 240 | 0.980 | 300 | 34.5 | 0.980 | 164 | 0.669 | 205 | 1.46 |
| 14 | " | 220 | 0.898 | 275 | 33.8 | 1.286 | 180 | 0.735 | 225 | 1.22 |
| 15 | " | 240 | 0.923 | 300 | 33.3 | 1.000 | 172 | 0.662 | 215 | 1.40 |
| 16 | " | 250 | 1.020 | 312 | 32.3 | 1.633 | 197 | 0.804 | 246 | 1.27 |
| 17 | 元口前 | 230 | 0.939 | 195 | 32.6 | 0.980 | 174 | 0.710 | 147 | 1.32 |
| 18 | " | 170 | 1.308 | 284 | 37.8 | 1.077 | 101 | 0.777 | 168 | 1.68 |
| 19 | " | 200 | 0.889 | 198 | 32.5 | 1.400 | 180 | 0.800 | 178 | 1.11 |

第4表 アーチ集材に関する測定結果

| 丸太番号 | 丸太の向き | 丸太前吊上重量 $[W_s]$ (kg) | 丸太前吊上係数 $[W_s/W]$ | 丸太出発時のロープ張力 $[T_s]$ (kg) | 丸太出発時のロープ後退角 $[\theta]$ (度) | アーチの走行速度 (m/分) | 丸太運動中の最大ロープ張力 (kg) | 丸太運動中の平均ロープ張力 $[T_m]$ (kg) | T_s/T_m |
|------|-------|----------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------|--------------------|----------------------------|-----------|
| 1 | 元口前 | 290 | 0.586 | 400 | 25 | 45.5 | 610 | 360 | 1.11 |
| | "口後 | 250 | 0.505 | 320 | 22 | 51.3 | 510 | 303 | 1.06 |
| 2 | 元口前 | 300 | 0.571 | 380 | 19.5 | 43.5 | 620 | 325 | 1.17 |
| | "口後 | 275 | 0.524 | 350 | 22 | 44.9 | 640 | 338 | 1.04 |
| 3 | 元口前 | 255 | 0.554 | 320 | 15 | 45.5 | 665 | 310 | 1.03 |
| | "口後 | 250 | 0.543 | 300 | 21 | 47.6 | 495 | 286 | 1.05 |
| 4 | 元口前 | 240 | 0.608 | 280 | 18 | 49.6 | 440 | 268 | 1.04 |
| | "口後 | 230 | 0.582 | 285 | 22 | 49.4 | 450 | 270 | 1.06 |
| 5 | 元口前 | 580 | 0.571 | 690 | 15 | 45.5 | 1260 | 675 | 1.02 |
| | "口後 | 545 | 0.537 | 660 | 19 | 47.6 | 1100 | 627 | 1.05 |
| 6 | 元口前 | 520 | 0.588 | 590 | 14 | 48.8 | 1000 | 555 | 1.06 |
| | "口後 | 460 | 0.520 | 570 | 19 | 48.2 | 800 | 537 | 1.06 |
| 7 | 元口前 | 560 | 0.569 | 645 | 16 | 47.6 | 1110 | 629 | 1.03 |
| | "口後 | 530 | 0.538 | 630 | 14 | 47.6 | 1065 | 590 | 1.07 |
| 8 | 元口前 | 460 | 0.582 | 530 | 16 | 47.6 | 890 | 486 | 1.09 |
| | "口後 | 440 | 0.557 | 510 | 17 | 46.0 | 760 | 487 | 1.05 |
| 9 | 元口前 | 180 | 0.590 | 220 | 18 | 54.3 | 310 | 208 | 1.06 |
| 10 | " | 123 | 0.560 | 150 | 17 | 48.2 | 310 | 150 | 1.00 |
| 11 | " | 170 | 0.493 | 220 | 14 | 48.8 | 340 | 224 | 0.982 |
| 12 | " | 143 | 0.561 | 170 | 14 | 49.4 | 280 | 164 | 1.04 |
| 13 | 元口前 | 170 | 0.694 | 210 | 17.5 | 49.6 | 320 | 198 | 1.06 |
| 14 | " | 160 | 0.653 | 200 | 12 | 48.4 | 280 | 189 | 1.06 |
| 15 | " | 160 | 0.615 | 200 | 22 | 48.2 | 280 | 191 | 1.05 |
| 16 | " | 160 | 0.653 | 200 | 21 | 48.8 | 320 | 192 | 1.04 |
| 17 | 元口前 | 170 | 0.694 | 210 | 17.5 | 50.0 | 370 | 208 | 1.01 |
| 18 | " | 90 | 0.692 | 110 | 13 | 50.0 | 200 | 108 | 1.02 |
| 19 | " | 150 | 0.667 | 185 | 18 | 48.8 | 330 | 188 | 0.984 |

IV. 測定結果の検討

1. 地曳集材

丸太出発時及び運動中に於る地曳抵抗係数の、樹材種毎の平均値と信頼限界は、第5表によつて示されている。標本の数が少なく測定値の分布が正規型であるかどうか不明であるので、平均値の信頼限界の計算は、本研究においてはすべてガットマン(L. GUTTMAN)の不等式を用いて行つた。

第5表 地曳抵抗係数

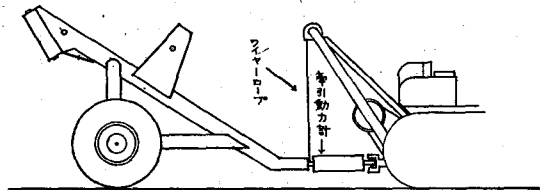
| 丸太の種 | 材長×材径 (尺) | 丸太の本数 | 丸太の向き | 係数の平均値 | 平均値の信頼限界 | |
|---------|--------------|-------|--------|--------|-------------|-------------|
| | | | | | 信頼率 95% | 信頼率 90% |
| エゾマツ | 12×1.5 | 4 { | 元 口 前後 | 0.894 | 0.773~1.015 | 0.789~0.999 |
| | | | 〃 〃 〃 | 0.923 | 0.678~1.168 | 0.712~1.134 |
| ナラ | 12×1.5 | 4 { | 元 口 前後 | 0.764 | 0.517~1.011 | 0.571~0.977 |
| | | | 〃 〃 〃 | 0.664 | 0.489~0.839 | 0.513~0.815 |
| エゾマツ | 12×1.0 | 4 | 元 口 前 | 0.918 | 0.674~1.162 | 0.708~1.128 |
| ナラ | 8×1.0 | 4 | 〃 〃 | 0.955 | 0.886~1.024 | 0.895~1.015 |
| エゾマツ | 6×1.0~1.4 | 3 | 〃 〃 | 1.045 | 0.674~1.443 | 0.704~1.386 |
| ii) 運動中 | | | | | | |
| エゾマツ | 12×1.5 | 4 { | 元 口 前後 | 0.639 | 0.509~0.769 | 0.527~0.751 |
| | | | 〃 〃 〃 | 0.615 | 0.529~0.701 | 0.541~0.689 |
| ナラ | 12×1.5 | 4 { | 元 口 前後 | 0.511 | 0.457~0.566 | 0.464~0.558 |
| | | | 〃 〃 〃 | 0.427 | 0.342~0.512 | 0.354~0.500 |
| エゾマツ | 12×1.0 | 4 | 元 口 前 | 0.666 | 0.631~0.701 | 0.636~0.696 |
| ナラ | 8×1.0 | 4 | 〃 〃 | 0.718 | 0.622~0.814 | 0.635~0.801 |
| エゾマツ | 6×1.0~1.4 | 3 | 〃 〃 | 0.762 | 0.681~0.843 | 0.692~0.832 |

丸太元口の前向きの場合と後向きの場合の、地曳抵抗係数の平均値の間には、丸太の出発時においても運動中においても信頼率90%で有意の差が認められなかつた。然しスイスにおいて発表された研究報告¹⁾には、「地曳集材で末口を頭にするのは有利である」という結果が示されているから、本研究においても標本を多くしたら恐らく有意の差が認められたであろうと考えられる。

丸太出発時と運動中の、地曳抵抗係数の平均値の間には、エゾマツ丸太(6尺×1.0~1.4尺)の場合以外においては信頼率90%で有意の差が認められた。有意でなかつたエゾマツ丸太の場合にも、運動中の地曳抵抗係数はすべて出発時のものより小さかつたから、標本の数を多くしたら恐らく有意の差が認められたであろうと考えられる。第3表の $[R_s/R_m]$ の値は1.03から1.87までの間に存在するが、本研究においては標本数が少なかつた為か、丸太重量の増加に伴い $[R_s/R_m]$ の値が大となる傾向²⁾は明らかではなかつた。

2. アーチ集材

アーチ車輪のころがり抵抗は、牽引動力計を第2図によつて示されている如く取付けて測定した。丸太の牽引抵抗測定に使用した集材路上において、約15mの距離を毎時約1.5kmの速度で走らせた場合の牽引抵抗の平均値は、122kgであつた。実際の作業状態においては、アーチの重心はアーチの車軸線より極く僅か前方にあるが、近似的に、アーチの全重量1,000kgがアーチの車輪と地面との接触部にかかるものとみなして計算すれば、アーチ車輪と路面とのころがり抵抗係数 $[\mu]$ は0.122となる。



第2図 アーチ車輪のころがり抵抗測定の際の牽引動力計の取付けかた

前述した丸太前端吊上重量 $[W_f]$ の、丸太総重量 $[W]$ に対する比 $[W_f/W]$ を、丸太前端吊上係数と呼ぶことにする。この係数の樹材種毎の平均値と信頼限界は第6表によつて示されている。

丸太元口の前向きと後向きの場合の、丸太前端吊上係数の平均値の間には、信頼率90%で有意の差が認められた。

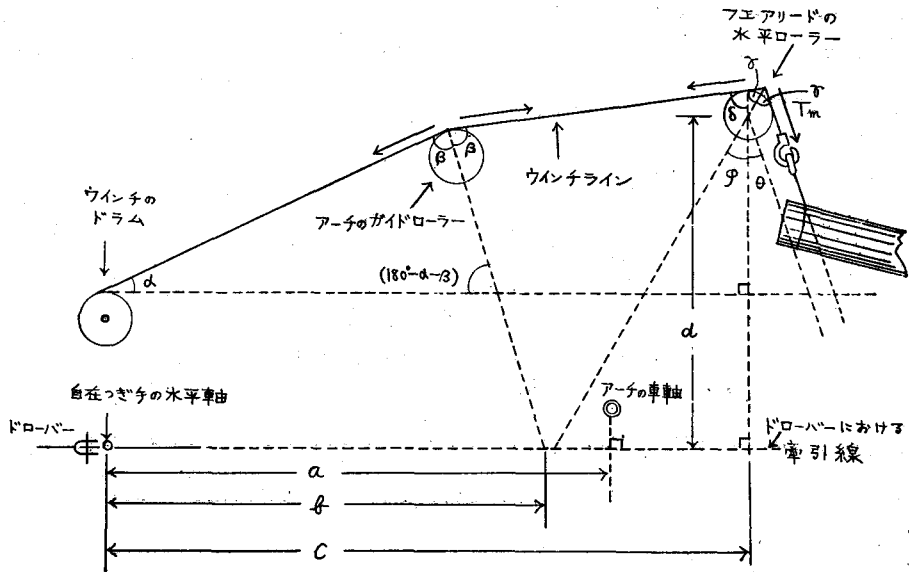
本研究においては、丸太運動中における、ウインチライン先端部の鉛直線に対する後方への傾き、即ち丸太運動中のロープ後退角と呼ぶべき角を測定する事が出来なかつた。然しながら、第4表における $[T_f/T_m]$ の値は0.982から1.11までの間に存在する、即ち1.00からあまりはなれないで、1.00の両側に存在するから、丸太運動中のロープ後退角の平均値は、丸太出発時のロープ後退角 $[\theta]$ と同じであるとみなしても近似的には大過ないと考えられる。この考え方にもとづき、丸太運動中のロープ張力と丸太出発時のロープ後

第6表 丸太前端吊上係数

| 丸太の種 | 材長×材径 (尺) | 丸太の本数 | 丸太の向き | 係数の平均値 | 平均値の信頼限界 | |
|------|--------------|-------|-------|--------|-------------|-------------|
| | | | | | 信頼率 95% | 信頼率 90% |
| エゾマツ | 12×1.5 | 4 | 元口 前後 | 0.580 | 0.547~0.613 | 0.551~0.609 |
| | | | 〃 〃 | 0.539 | 0.491~0.587 | 0.498~0.580 |
| ナラ | 12×1.5 | 4 | 元口 前後 | 0.578 | 0.565~0.591 | 0.567~0.589 |
| | | | 〃 〃 | 0.538 | 0.516~0.560 | 0.519~0.557 |
| エゾマツ | 12×1.0 | 4 | 元口 前 | 0.551 | 0.491~0.611 | 0.500~0.602 |
| ナラ | 8×1.0 | 4 | 〃 | 0.654 | 0.607~0.701 | 0.614~0.694 |
| エゾマツ | 6×1.0~1.4 | 3 | 〃 | 0.684 | 0.658~0.710 | 0.662~0.707 |

退角とを組合せて、供試アーチを供試集材路において使用する場合の、丸太運動中における丸太の総合牽引抵抗係数の近似値を推定した。但し計算は次の如くに行つた。

丸太運搬中における供試アーチとウインチラインとの関係位置は、第3図によつて示されている。



第3図 丸太運搬中における供試アーチとウインチラインとの関係位置 (側面図)

図において

- α : ウインチドラムとガイドローラーの間にあるウインチラインが、水平面となす角
- 2β : ガイドローラーの前後にあるウインチラインの交角
- $2r$: フェアリードの前後にあるウインチラインの交角
- δ : ガイドローラーとフェアリードの間にあるウインチラインが、鉛直線となす角
- φ : $2r$ の2等分線が鉛直線となす角

である。

近似的に考え、ウインチラインがフェアリードやガイドローラーを通過する場合の抵抗を無視すれば、ウインチドラムとウインチライン先端との間においてウインチラインに作用している張力は、すべてウインチライン先端部に作用する張力 $[T_m]$ に等しいとみなすことが出来る。

そうすると次の関係が成り立つ。

- (1) ウインチラインに作用する張力によりウインチ部に加えられる牽引抵抗を $[H_w]$

とすれば

$$H_w = T_m \cos \alpha$$

- (2) ウインチラインによりガイドローラーに加えられる圧力を $[P_g]$ とすれば

$$P_g = 2 T_m \cos \beta$$

$$P_g \text{ の鉛直分力 } [P_{gv}] = 2 T_m \cos \beta \sin (180^\circ - \alpha - \beta)$$

$$P_g \text{ の水平分力 } [P_{gh}] = 2 T_m \cos \beta \cos (180^\circ - \alpha - \beta)$$

- (3) ウインチラインによりフェアリード水平ローラーに加えられる圧力を $[P_f]$ とすれば

$$P_f = 2 T_m \cos \gamma = 2 T_m \cos \frac{\delta + \theta}{2} \quad \text{但し} \quad \gamma = \frac{\delta + \theta}{2}$$

$$P_f \text{ の鉛直分力 } [P_{fv}] = 2 T_m \cos \frac{\delta + \theta}{2} \cos \varphi$$

$$= 2 T_m \cos \frac{\delta + \theta}{2} \cos \frac{\delta - \theta}{2}$$

$$\text{但し} \quad \varphi = \gamma - \theta = \frac{\delta + \theta}{2} - \theta = \frac{\delta - \theta}{2}$$

$$P_f \text{ の水平分力 } [P_{fh}] = 2 T_m \cos \frac{\delta + \theta}{2} \sin \varphi$$

$$= 2 T_m \cos \frac{\delta + \theta}{2} \sin \frac{\delta - \theta}{2}$$

- (4) $[P_{gv}]$ 及び $[P_{fv}]$ により、アーチの車軸に加えられる鉛直荷重を $[V_a]$ とすれば

$$V_a = \frac{b}{a} P_{gv} + \frac{c - d \tan \varphi}{a} P_{fv}$$

- (5) $[P_{gh}]$ 及び $[P_{fh}]$ により、トラクターのドロワーに加えられる牽引抵抗を $[H_d]$ とすれば

$$H_d = P_{gh} - P_{fh}$$

- (6) トラクターに作用する丸太の総合牽引抵抗 (アーチの自重に起因する牽引抵抗を含まない) を $[T]$ とすれば

$$T = H_w + \mu V_a + H_d$$

- (7) 総合牽引抵抗係数を $[C_t]$ とすれば

$$C_t = T/W$$

供試アーチにおいては

$$\alpha = 26^\circ, \quad \beta = 82^\circ, \quad \delta = 83^\circ$$

$$a=2.03 \text{ m} \quad b=1.77 \text{ m} \quad c=2.58 \text{ m} \quad d=1.35 \text{ m}$$

$$\mu=0.122 \text{ (但し供試路面上において)}$$

である。

算出された諸数値は第7表によつて示されている。

推定された総合牽引抵抗係数の、樹材種毎の平均値と信頼限界は第8表によつて示されている。

総合牽引抵抗係数の平均値の、丸太元口前向きの場合と後向きの場合との間には、信頼率90%では有意の差が認められなかつた。スイスにおいて発表された研究報告¹⁾には「アーチ集材においては、滑り抵抗を減少せしめる意味で元口を頭にする方がずっと有利

第7表 丸太運動中における丸太の総合牽引抵抗係数
近似値の推定に関する諸数値

| 丸太番号 | 丸太の向き | [H _w] (kg) | [P ₀ λ] (kg) | [P ₀ ν] (kg) | [P ₁ λ] (kg) | [P ₁ ν] (kg) | [V _a] (kg) | μ[V _a] (kg) | [H _a] (kg) | [T] (kg) | [C _i] |
|------|--------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------|-------------------|
| 1 | 元口 前後 | 324 | 30.9 | 95.1 | 205 | 370 | 420 | 51.2 | -174 | 201 | 0.406 |
| | " " 前後 | 272 | 26.0 | 80.1 | 187 | 318 | 350 | 42.7 | -161 | 154 | 0.311 |
| 2 | 元口 前後 | 292 | 27.9 | 86.0 | 214 | 346 | 372 | 45.4 | -186 | 151 | 0.288 |
| | " " 前後 | 304 | 29.0 | 89.4 | 209 | 355 | 391 | 47.7 | -180 | 188 | 0.358 |
| 3 | 元口 前後 | 279 | 26.6 | 82.0 | 228 | 337 | 349 | 42.6 | -201 | 121 | 0.263 |
| | " " 前後 | 257 | 24.6 | 75.6 | 181 | 302 | 329 | 40.1 | -156 | 141 | 0.307 |
| 4 | 元口 前後 | 241 | 23.0 | 70.8 | 179 | 282 | 301 | 36.7 | -156 | 122 | 0.309 |
| | " " 前後 | 243 | 23.2 | 71.4 | 167 | 284 | 312 | 38.1 | -144 | 137 | 0.347 |
| 5 | 元口 前後 | 607 | 58.1 | 179 | 495 | 734 | 760 | 92.7 | -437 | 263 | 0.259 |
| | " " 前後 | 564 | 53.8 | 165 | 418 | 669 | 717 | 87.5 | -364 | 287 | 0.283 |
| 6 | 元口 前後 | 499 | 47.6 | 146 | 417 | 606 | 620 | 75.6 | -369 | 206 | 0.233 |
| | " " 前後 | 483 | 46.0 | 142 | 358 | 573 | 615 | 75.0 | -312 | 246 | 0.278 |
| 7 | 元口 前後 | 565 | 54.1 | 166 | 450 | 681 | 712 | 86.9 | -396 | 256 | 0.260 |
| | " " 前後 | 530 | 50.7 | 156 | 443 | 644 | 660 | 80.5 | -392 | 218 | 0.221 |
| 8 | 元口 前後 | 437 | 41.7 | 128 | 348 | 526 | 550 | 67.1 | -306 | 198 | 0.251 |
| | " " 前後 | 438 | 41.7 | 128 | 341 | 525 | 551 | 67.2 | -299 | 206 | 0.261 |
| 9 | 元口 前 | 187 | 17.9 | 55.0 | 139 | 218 | 233 | 28.4 | -121 | 94.4 | 0.310 |
| 10 | " " 前 | 135 | 12.9 | 39.7 | 105 | 162 | 171 | 20.9 | -92.1 | 64.7 | 0.294 |
| 11 | " " 前 | 201 | 19.3 | 59.2 | 168 | 245 | 251 | 30.6 | -149 | 83.0 | 0.241 |
| 12 | " " 前 | 147 | 14.1 | 43.4 | 123 | 179 | 184 | 22.4 | -109 | 60.4 | 0.237 |
| 13 | 元口 前 | 178 | 17.0 | 52.3 | 137 | 213 | 225 | 27.5 | -120 | 85.5 | 0.349 |
| 14 | " " 前 | 170 | 16.2 | 49.9 | 149 | 208 | 210 | 25.6 | -133 | 62.6 | 0.256 |
| 15 | " " 前 | 172 | 16.4 | 50.5 | 118 | 201 | 221 | 27.0 | -102 | 97 | 0.373 |
| 16 | " " 前 | 173 | 16.5 | 50.8 | 122 | 203 | 221 | 27.0 | -106 | 94 | 0.384 |
| 17 | 元口 前 | 187 | 17.9 | 55.0 | 144 | 223 | 236 | 28.8 | -126 | 89.8 | 0.367 |
| 18 | " " 前 | 97.1 | 9.27 | 28.5 | 83.2 | 119 | 121 | 14.8 | -73.9 | 38 | 0.292 |
| 19 | " " 前 | 169 | 16.2 | 49.7 | 126 | 197 | 210 | 25.6 | -110 | 84.6 | 0.376 |

第8表 運動中における丸太の総合牽引抵抗係数の推定値

| 丸太の種樹 | 材長×材径 (尺) | 丸太の本数 | 丸太の向き | 係数の平均値 | 平均値の信頼限界 | |
|-------|-----------|-------|-------|--------|-------------|-------------|
| | | | | | 信頼率 95% | 信頼率 90% |
| エゾマツ | 12×1.5 | 4 | 元口前後 | 0.317 | 0.226~0.408 | 0.239~0.395 |
| | | | | 0.331 | 0.294~0.368 | 0.299~0.363 |
| ナラ | 12×1.5 | 4 | 元口前後 | 0.251 | 0.233~0.269 | 0.235~0.267 |
| | | | | 0.261 | 0.220~0.302 | 0.226~0.296 |
| エゾマツ | 12×1.0 | 4 | 元口前 | 0.271 | 0.217~0.325 | 0.225~0.317 |
| ナラ | 8×1.0 | 4 | 〃 | 0.341 | 0.257~0.425 | 0.269~0.413 |
| エゾマツ | 6×1.0~1.4 | 3 | 〃 | 0.345 | 0.265~0.425 | 0.276~0.414 |

である] という結果が示されているから、本研究においても標本数を多くしたら恐らく有意の差が認められたであろうと考えられる。

3. 地曳集材とアーチ集材の比較

地曳集材とアーチ集材における、丸太運動中の牽引抵抗係数の平均値の間には、どの樹材種においても信頼率95%で有意の差が認められた。

同一丸太の地曳集材とアーチ集材における丸太運動中の牽引抵抗係数の比 $[G/C_1]$ の、平均値と信頼限界のうち、材長12尺、材径1.5尺のエゾマツ及びナラの丸太に関するものは、第9表によつて示されている。

第9表 地曳集材とアーチ集材における丸太運動中の牽引抵抗係数の比 $[G/C_1]$

| 丸太の種樹 | 材長×材径 (尺) | 丸太の本数 | 丸太の向き | 比の平均値 | 平均値の信頼限界 | |
|-------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-----------|
| | | | | | 信頼率 95% | 信頼率 90% |
| エゾマツ | 12×1.5 | 4 | 元口前後 | 2.04 | 1.81~2.27 | 1.84~2.24 |
| | | | | 1.87 | 1.54~2.20 | 1.58~2.16 |
| ナラ | 12×1.5 | 4 | 元口前後 | 2.04 | 1.77~2.31 | 1.81~2.27 |
| | | | | 1.63 | 1.46~1.80 | 1.48~1.78 |

$[G/C_1]$ を求める場合の丸太元口の向きの組合せ方は4通り考えられるが、既往の研究結果¹⁾にもとづいて考えれば、地曳集材においてもアーチ集材においても共に元口を前にして比較する場合の $[G/C_1]$ の値は最も大きく、同じく共に元口を後にして比較する場合の $[G/C_1]$ の値は最も小さい。他の2つの場合、即ち、地曳集材においては元口を前、アーチ集材においては元口を後にして比較する場合、及びその逆の場合の、 $[G/C_1]$ の値は、先にのべた2つの場合における値の中間に存在することになる。従つて、信頼率を90%とすれば $[G/C_1]$ の値は、エゾマツ丸太においては約1.6から2.2までの間に、ナラ丸太においては約1.5から2.3までの間に存在する、と云つて大過ないと考えられる。

実際に集材作業が行われる場合には、丸太の元口は必ずしもその作業法における有利な方向に向けられ得ないから、集材される丸太の集団においては、 $[G/C_1]$ の値は、元口前

向きの場合と後向きの場合の値の平均値の近くに集中するであろう。第9表の場合を例にとれば、エゾマツ丸太においては $\frac{2.04+1.87}{2}=1.96$ 、ナラ丸太においては $\frac{2.04+1.63}{2}=1.84$ を、元口の向きに拘らない $[G/C_2]$ の代表値とみて大過ないであろう。

あ と が き

本研究をとりまとめるに際して、筆者は些かためらわざるを得なかつた。その主な理由の一つは、まえがきの中でも一寸ふれたように、測定値の個数の少ないことである。もう一つの主な理由は、アーチ集材における丸太運動中のロープ後退角を実測出来なかつたことである。将来室内実験によつてこれらの点を補いたいと考えている。

文 献

- 1) STEINLIN, H. und ZEHUNTNER, K.: Reibungswiderstände beim schleifen von Stämmen auf horizontalen Versuchsstrecken. Mitt. d. Schweiz. Anst. Forst. Versuchsw. 29 (2), 1953 (315-334).
- 2) 渡辺治人・太田基・向野節雄: 「エンドレス式架空線集材に関する研究」第1報 杉丸太の地曳抵抗に関する試験. 59回日林講. 1951.
- 3) HERRICK, David E.: Tractive effort required to skid hardwood logs. Forest Product. Journal 5 (4), 1955.
- 4) 山脇三平: 運材トラクタ及びサルキーの運材性能 ——とくに CT-25 型クローラ・トラクタおよびサルキーの運材中の牽引抵抗・燃料消費率および振動について——. 日林誌. 40 (11), 1958.
- 5) Sampei YAMAWAKI: On a relation between the coefficient of rolling resistance of logging vehicles and the degree of sinking of tires into the ground. 日林誌. 40 (2), 1958.

Summary

Research was made on the tractive resistance coefficient of Ezo spruce and Japanese oak logs in ground skidding and arch logging on the level forest ground.

1. Dimensions and numbers of logs tested are shown in the table below.

| Species of tree | Length (ft.) | Diameter at small end (ft.) | Number |
|-----------------|--------------|-----------------------------|--------|
| Ezo spruce | 6~12 | 1.0~1.5 | 11 |
| Japanese oak | 8~12 | 1.0~1.5 | 8 |

2. Test ground was of volcanic ash soil, and it was moderately wet.
3. The tractor used for the research was NTK model-4 5 ton diesel tractor of Japanese make; the logging arch was NTK model-4 L which weighed 1,000 kg and was installed with 11-20 14 PR. rubber tires.
4. A spring type self-recording dynamometer (capacity 1,000 kg) was used for the measurement of tension.
5. Tractive resistance coefficient of logs in ground skidding (in case of running)

are shown in the table below.

| Species of tree | Length×Dia. of logs (ft.) | Number of logs | Direction of logs | Mean of tractive resistance coefficient | Confidence limits (Confidence coefficient 95%) |
|-----------------|---------------------------|----------------|----------------------|---|--|
| Ezo spruce | 12×1.5 | 4 | Butt end in front | 0.639 | 0.509~0.762 |
| | | | Butt end in the rear | 0.615 | 0.529~0.701 |
| Japanese oak | 12×1.5 | 4 | Butt end in front | 0.511 | 0.457~0.566 |
| | | | Butt end in the rear | 0.427 | 0.342~0.512 |
| Ezo spruce | 12×1.0 | 4 | Butt end in front | 0.666 | 0.631~0.701 |
| Japanese oak | 8×1.0 | 4 | " | 0.718 | 0.622~0.814 |
| Ezo spruce | 6×1.0~1.4 | 3 | " | 0.762 | 0.681~0.843 |

6. Deduced total tractive resistance coefficients of logs in arch logging (in case of running) are shown in the table below.

| Species of tree | Length×Dia. of logs (ft.) | Number of logs | Direction of logs | Mean of tractive resistance coefficient | Confidence limits (Confidence coefficient 95%) |
|-----------------|---------------------------|----------------|----------------------|---|--|
| Ezo spruce | 12×1.5 | 4 | Butt end in front | 0.317 | 0.226~0.408 |
| | | | Butt end in the rear | 0.331 | 0.294~0.368 |
| Japanese oak | 12×1.5 | 4 | Butt end in front | 0.251 | 0.233~0.269 |
| | | | Butt end in the rear | 0.261 | 0.220~0.302 |
| Ezo spruce | 12×1.0 | 4 | Butt end in front | 0.271 | 0.217~0.325 |
| Japanese oak | 8×1.0 | 4 | " | 0.341 | 0.257~0.425 |
| Ezo spruce | 6×1.0~1.4 | 3 | " | 0.345 | 0.265~0.425 |

7. Differences between tractive resistance coefficients of logs in ground skidding and in arch logging were significant with the confidence coefficient of 95%.

8. The ratio (G/A), namely tractive resistance coefficients of logs in ground skidding (G) respectively to those in arch logging (A), are shown in the table below.

| Species of tree | Length×Dia. of logs (ft.) | Number of logs | Direction of logs | Mean of (G/A) | Confidence limits (Confidence coefficient 95%) |
|-----------------|---------------------------|----------------|----------------------|-------------------|--|
| Ezo spruce | 12×1.5 | 4 | Butt end in front | 2.04 | 1.81~2.27 |
| | | | Butt end in the rear | 1.87 | 1.54~2.20 |
| Japanese oak | 12×1.5 | 4 | Butt end in front | 2.04 | 1.77~2.31 |
| | | | Butt end in the rear | 1.63 | 1.46~1.81 |