

低位広葉樹集材のための簡易集材方法

林産部長 川村公慶
林業専門技術員 藤島明*
林業改良指導員 佐藤隆己**

要 旨

民有林に多い小面積の低位利用材伐採地での簡易な架線搬出方法を究明するため、架線労力が少なく経費が安くすむ無主索集材法の試験を行なったが、その結果は次のとおりである。

- 1 無主索の変形エンドレス方式とダンナムエンドレス方式を比較したところ、傾斜角3度、支間距離221mでは両方式とも架線労力に4人以内でほぼ同じであったが、集材作業の横取りについては変形エンドレスが容易であった。
- 2 緩やかな地形の外山で、変形エンドレス方式により支間距離218mから324mの範囲で4回にわたり架線したが、その労力は4.4人から10.4人の範囲であった。
- 3 変形エンドレス方式の作業では、横取りや材の引き寄せなどで地面や根株に衝突した木材を無理に引くため、異常な索張力を生ずることが多いので運転者や作業者は運転中とくに注意を要する。
- 4 変形エンドレスの荷上索をシングルにすると運転が難しくフックの降下がスムーズではないが、横取りの範囲が広いので、近距離(100m内外)の緩勾配の架線に用いるとよい。
- 5 変形エンドレスの荷上索をダブルにするとフックの降下作業はスムーズでないが搬器の走行運転が容易で索速も早いので、中距離(150~250m内外)の架線に用いるとよい。
フックの降下と横取りを容易にするには別に索張りを考慮する必要がある。
- 6 架線長が長く、または架線下に凸部があり、木材が地面に衝突して搬出の能率が悪いとき、架線の間を持ち上げるための変形エンドレス用中間支持金具を考案した。
これを用いて搬出作業を行なったところ索速は若干低下したが、搬器がスムーズに中間支持器を通過し、1サイクルの作業時間に殊んど影響なく搬出でき、実用に供してもよいと思われた。

1 はじめに

低位広葉樹は、搬出が困難な奥地に生立しているのが普通で、販売に際しては搬出費の比重が大きく、場合によっては木材価格を上回ることもあるので搬出コストを低くすることが大きな課題となっている。

しかも民有林においては、一般に散在する小団地から比較的少量の材が搬出され、従来の搬出方式や作業方法では収支が合わず不合理な場合が多いので、このような小規模の搬出に適する機械化作業法と機械器具の改良をはかる必要があると考える。

このため、いろいろな集材方法のうち、傾斜地で広く用いられる架線集材により、また架線労力が少ないと思われる無主索方式により、昭和43年度から集材法を検討することとした。

なお、この研究は昭和45年度と46年度はメニュー課題として国庫補助を受けたものである。

* 現在 林業水産部林業課に勤務

** 現在 水沢農林事務所に勤務

2 架線方式の比較検討

平均的な県内の搬出状況を想定し、架設撤収の容易な架線方式を求めてみると、運搬や架線に労力がかかる主索がなく、また木材が地表の根株や枝などに邪魔されずに空中を搬出し得る索張りは、現状では「変形エンドレス」と

「ダンナムエンドレス」の2方式が多いので、昭和43年度に本場松島川試験地において、この2方式について架設と撤収の比較検討を行なった。それぞれの方式の略図は図一1のとおりである。

試験地は、15～25度前後の緩傾斜地で、6～10年生の若い広葉樹が生立していた。材の搬出工程調査は伐採期に至っていないので、行ない得なかった。

この試験地で、小型集材機

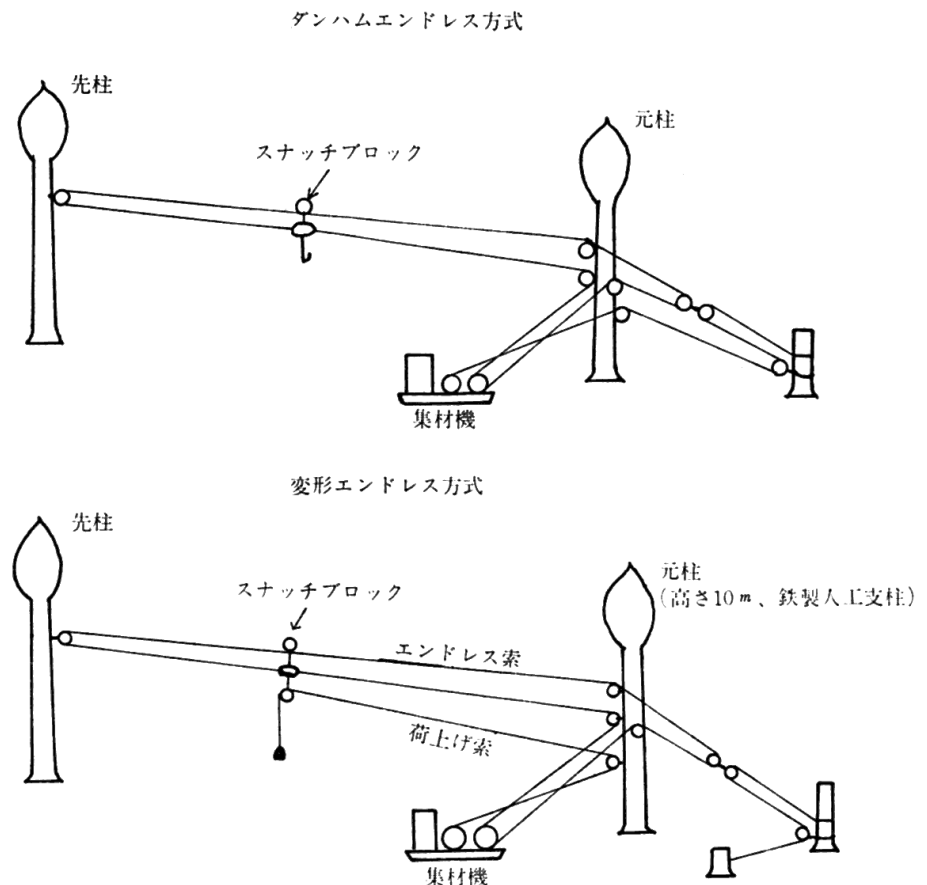
(岩手富士Y-12型、エンジンにはクボタVC10PS)を使用し、作業索(6×19、0/0、索径10mm)を支間距離221m、傾斜角3度に架線を行ない比較検討した。

作業員4人で器材の運搬を行ない、集材機を据え付け、最初は変形エンドレスの架設を行なったが、おのおのの作業時間は表一1のとおりである。

変形エンドレスについては、ブロック類のとりつけ、エンドレス索と荷上索の引き回し、チルホールによる索の張り上げなどの架設作業に延べ16時間40分を要し、また、搬器の取り外し、ワイヤロープの巻きとり、ブロック類の取り外しなどの撤収作業に延べ1時間13分を要した。

ダンナムエンドレスについては、作業場所が同じであるため、集材機の据え付けやその固定などの作業は特に行なわなかったため、変形エンドレス方式で要した時間をそのまま組み入れして集計したところ、変形エンドレスとほぼ同様の作業内容で、架設作業時間は延べ16時間、また撤収作業時間は延べ5時間24分を要した。

この2方式の架線作業時間を比較してみると、細部の作業時間は多少の差がみられるものの、総体の



図一1 2方式の架線略図

時間は変形エンドレスは21時間32分、ダンハムエンドレスは21時間28分で、ほとんど同じであったことから、集材作業を行ないやすい方式を選択し、作業仕組の検討を究明することとした。

なお、作業上の問題点としては次のようなことがあげられる。

(1) 作業上の問題点

ア 変形エンドレスでは

(ア) 荷上索が1本なので、人力による引き込みはいずれの方向にも可能であるが、思いのほか荷掛けフックの降下が難しく、木材積み込みのさい、積み込み地点よりも余分に搬器を返送させ、ショックを加えて積み込み地点まで引き込みしなければならなかった。

(イ) 作業索の揺れのため、進行中に搬器とした上下のスナッチブロックが首つり状態となりやすかった。

(ウ) 荷上索の引き込み速度と、エンドレス索の運行速度が同じでないため運転が楽ではなかった。

イ ダンハムエンドレスでは

(ア) 荷上索がないので木材引き込みが主索直下付近に限られ、横取りができなかった。

(イ) 搬器としたスナッチブロックの首つりが変形エンドレスの場合よりしばしば起きた。

(ウ) エンドレス索の運行がスムーズでなかった。

この2方式を比較検討した結果、引き込み範囲が広く、張り替え回数が少なくすむ変形エンドレス方式が、ダンハムエンドレスよりいくぶん勝るように思われた。

3 架線労働量の検討

変形エンドレス方式が材の引きこみ集材の点でやや有利であると思われたので、昭和44年度から2年間、岩手郡玉山村藪川、県有中部模範林外山事業区地内において、実際に搬出作業を行なうための架

表一 1 2方式の架線時間の比較

(本場)

区分	作業内容	変形エンドレス	ダンハムエンドレス
架設	集材機据え付け	延 100分	(延100分)
	元柱ブロック取り付け	40	44
	6mmリードロープ引回し	60	64
	エンドレスとリードロープ接続	80	80
	エンドレス索張り兼リードロープ巻込	120	120
	リードロープとエンドレス接続部切断	40	40
	搬器取付	60	60
	荷上索をドラムに巻込み	20	24
	エンドレス索緊張	80	108
	フック取付アイスプライス	140	136
	緊張(チルホール)	40	40
	試運転	120	60
	打込みアンカー使用	60	(60)
小計		1000	960
撤収	元柱ブロック取りはずし	14	36
	搬器取りはずし	36	48
	エンドレス巻込み撤収	132	141
	集材機の撤収	96	(96)
小計		292	324
合計		1292	1288
所要人員 (1人1日360分)		3.6人	3.6人

注) () 数字は2方式に共通のため実際の作業はしない時間である。

設・撤収の所要労働量を検討することとした。

試験地はナラ・シラカバを主体とした約40年生10haくらいの広葉樹林で、勾配は10~20度程度の緩斜面であった。

搬出材は、末口径が6~58cm、長さが1.8~8.2mで、大部分はパルプ材や薪炭材として仕向けられたが、太い通直なものは用材として木取りした。

この試験地には図-2のように、4回にわたって架線した。

集材機は小型（岩手富士Y-12型）、作業索はエンドレス索12mm、荷上索10mmを用いたが、4

回の架線の結果、架線長は218mから324mの範囲であり、エンドレス索安全計算書の主要数値は表-2のとおりで、木材の最大許容積載荷重は340kg~410kgとなり、またその安全係数は4.04~4.52の範囲であった。

その架線回数ごと、作業種別の所要時間は表-3のとおりである。

架線作業は、作業員3~4人で行なったが機械集材装置の架線には経験のなかった人だけのため、第1回は延べ10.4人を要したが、馴れるに従い第2回は5.6人、第3回は4.4人、第4回は4.5人で、1回目に比し、大幅に所要人数が減少した。

各回ごとに架線位置や各作業ごとの細部の内容は異なっているが、傾

斜10度前後の地形で距離が200m~250mでは、4~5人の人数でほぼ1日で架線できることが確かめられた。

4 エンドレス索張力の検討

変形エンドレス方式においては、エンドレス索が主索の役目も果す重要な設備で、作業途中で異常な張力が与えられ安全係数が低下するようなことがあれば、スプライス部分の抜け・切断などの事故が考えられ、線下作業に非常に危険な状態となる。

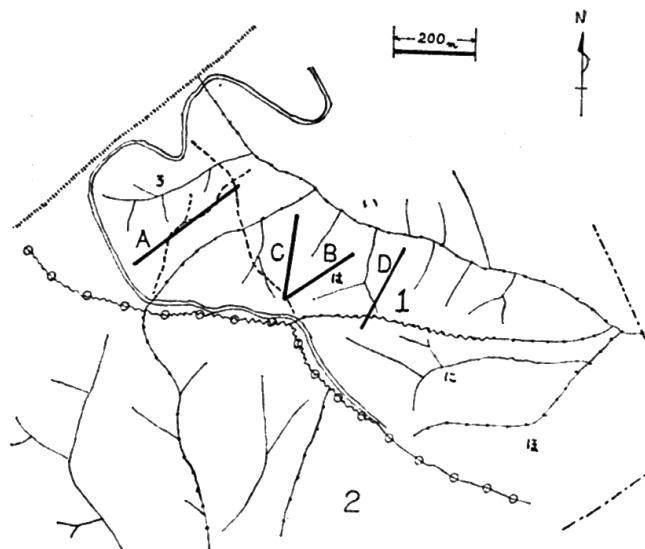


図-2 県有中部模範林外山事業区内架線位置
(架線位置はA・B・C・D)

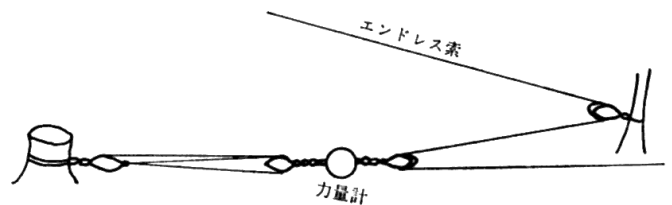
表-2 安全計算書 (外山事業区)

項 目	A	B	C	D
水 平 距 離 l_0	324.2m	217.7m	226.8m	247.3m
傾 斜 角 α	7°31'	13°30'	12°10'	8°50'
設 計 荷 重 P	429kg	479kg	479kg	450kg
最 大 積 載 荷 重 P_0	340kg	410kg	410kg	380kg
索 長 L	327.27m	223.9m	232.13m	250.3 m
荷 重 比 n	0.537	0.883	0.757	0.789
垂下比当値係数 Z_1	0.824	0.769	0.786	0.781
当 値 垂 下 比 s_1	0.014	0.016	0.016	0.016
最 大 張 力 係 数 Φ	8.84	7.94	8.86	8.20
最 大 張 力 T	1896.3kg	1903.1kg	2123.3kg	2005.9kg
安 全 率 N	4.52	4.51	4.04	4.28
架 線 年 度	44年度	44年度	44~45年度	45年度

表一 3 外山事業区における変形エンドレス架線作業の所要時間

作業内容	架線回数		A		B		C		D	
	人員	所要時間 ^延	人員	所要時間 ^延	人員	所要時間 ^延	人員	所要時間 ^延	人員	所要時間 ^延
集材機据付	4	346.35	3	257.15	(3)	(257.15)	7	566.49		
先柱作設	4	747.39	3	335.17	2	103.51	3	123.30		
元柱作設	4	752.12	3	419.36	(3)	(419.36)	4	339.23		
向柱作設		—		—		—	4	137.51		
スナッチブロック取付	2	48.58		50.38	2	38.31	3	59.32		
エンドレスラインの引廻し緊張	4	1372.58	2	759.10	3	558.04	5	100.54		
リフティングライン取付	2	35.51	3	30.40	2	36.48	3	117.35		
試運転	4	435.44	2	154.01	3	175.36	3	159.44		
計		3739.57	3	2006.37		1589.41		1605.18		
所要人員(架線1人1日360分)		10.4人		5.6人		4.4人		4.5人		

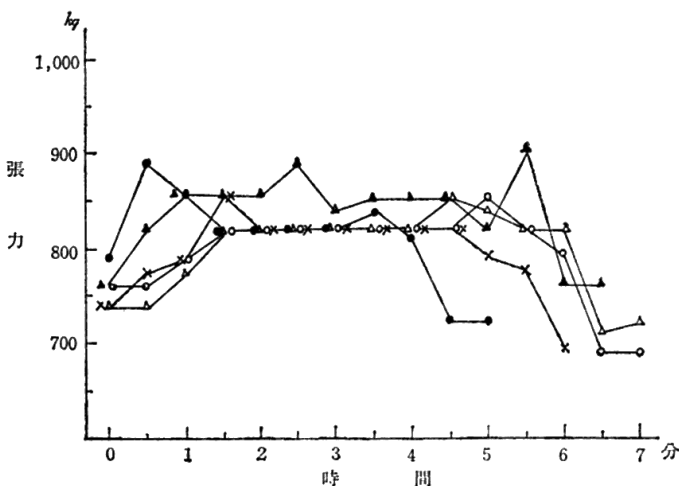
このため、安全設計上に予測されない動荷重時のエンドレス索張力の変化を知るため、表一2のC架線において、図一3のようにエンドレス索の緊張を行なうヒールブロックに、力量計(株式会社丸東製作所製、能力0.3t~3.0t)を取りつけ、10回にわたり、いろいろな荷重を与えて、空



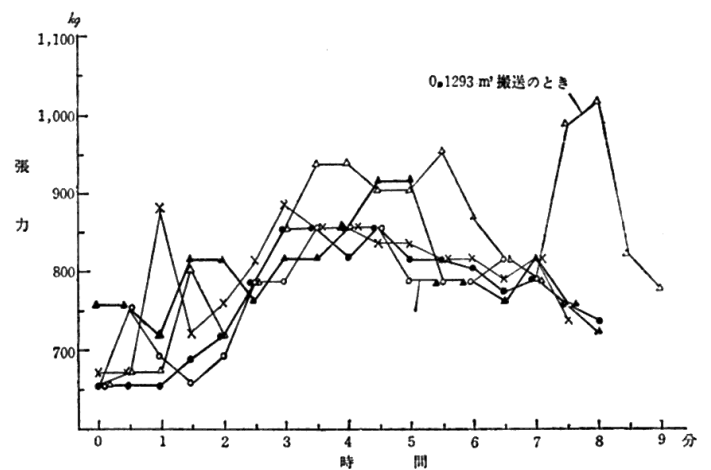
図一3 力量計の配置

はん例

回	符号	樹種	本数	長さ	末口径	材積	積込地点	
							積込地点	横取距離
1	▲	ナラ	2本	5.43 m ~5.80	11~18	0.0818	150 m	10 m
2	●	ナラ	7	3.20 ~5.80	5~8	0.0748	148	7
3	×	ナラ	2	6.80 ~7.60	14~17	0.1231	148	7
4	△	ナラ	7	2.60 ~5.50	5~16	0.1293	151	8
5	○	ナラ	1	3.70	30	0.1014	157	9



図一4の1 空搬器走行時間とエンドレス索張力の変化



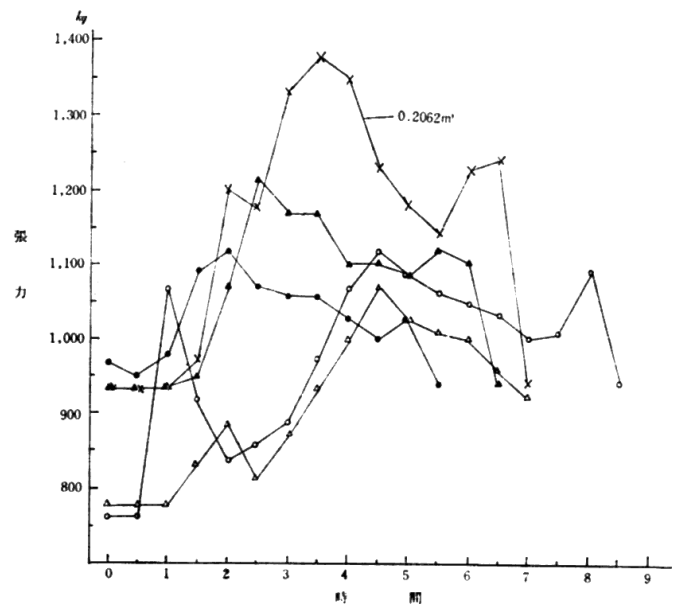
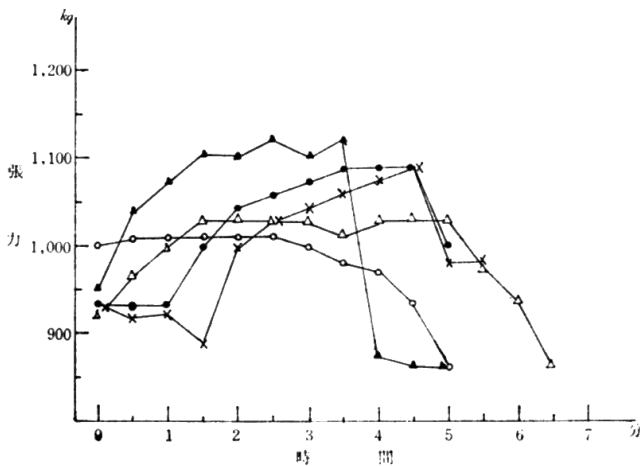
図一4の2 実搬器走行時間とエンドレス索張力の変化

搬器逆送から荷付け・実搬器搬送・荷卸しまで、30秒ごとに索張力を測定した。

Cの架線でエンドレス索の安全係数を4とした場合、木材の最大積載許容荷重は410kgと算定されるが、実際は許容荷重に近い荷重では主索となったエンドレス索の垂下量が思いのほか大きく、木材が地面の凸部に衝突し、根株等の障害物を乗り越すのに非常な困難を伴うので、やむを得ず積載量を減らして実験を行なったが、その結果は図一4および図一5のとおりである。

はん例

回	符号	樹種	本数	長さ	末口径	材積	積込地点	
							積込地点	横取距離
6	▲	ナラ	1 [*]	4.03	30	0.1614	90	6
7	●	ナラ	3	2.10 ~6.30	5~19	0.1192	95	6
8	×	ナラ	1	2.40	38	0.2062	90	7
9	○	ナラ	1	3.80	24	0.11258	168	6
10	△	ナラ	2	6.40 ~7.20	15~16	0.1121	168	9



図一5の1 空搬器走行時間とエンドレス索張力の変化 図一5の2 実搬器走行時間とエンドレス索張力の変化

エンドレス索張力の最初のピークは、素材を横取りしたとき、根株などの障害物にあたってエンドレス索が架線方向と直角に強く引かれるためのものであり、また第2のピークは、搬出途中に地表の凸部に荷が衝突し、障害物を乗り越すときにあらわれるものようである。

無荷重のときは若干の違いがあるが、索張力は700kg~900kgの範囲で、木材の横取りと実搬器走行の場合は、荷重の大きさに正の関係が認められ、また障害物の有無により大きな違いがあった。

なお、荷重が最大であったナラ末口径38cm長さ2.40m・材積0.2062m³の素材の重量は248kgと推定されたが、これは許容荷重410kgより40%少ないにもかかわらず、エンドレス索走行に伴っておこる索張力の最高は1,380kgを示し、安全係数は5.7となり、許容安全係数4.0に近い数字を表わした。空中を搬送する場合の安全係数のほかに、横取りなどの場合には計算できない異常な張力が生ずることがあるので、とくに運転者は集材機にかかる張力の変化に留意する必要があると思われた。

5 変形エンドレス集材の問題点

(1) 荷上げ索が1本で、横取り作業が容易であると思われたが、エンドレス索の往復操作により、支間の中央付近では約25m横取りできたのに対し、先柱付近では約9mしか横取りできず、しかもフックを下げる操作が難しく、思わぬ時間の空費があったので、再度架線様式と作業方法を検討しなければならないと思われた。

(2) 木材が吊り上げられたとき、搬器の下側に荷掛具のフックが強く当たり搬器を痛めるので、長さ10cmの木片を縦に割り、ワイヤロープが通る溝をつくって、荷掛具のフックの上に固定したところ、搬器も荷上索も損傷が少なくなった。

(3) 作業索が主索となっているため作業索の伸びにより積載物が異常に下がり、地面に衝突して地曳き集材の形となりやすい。このため地表の根株などの障害物がブレーキとなり能率に大きな影響があったほか、長距離の地曳きの場合は地表土がはく離する面積も多く林地保全上問題があろうと思われる。

6 変形エンドレス用中間支持金具の考案

地曳き集材による障害の排除については架線を高くし、空中を搬送するか、材の鼻上げにより根株などを容易に通過できるようにするかの二方法が考えられるが、地形によっては鼻上げもできず、また高く張れないところもあるので中間支持器の考案が必要だろうと思われ、昭和45年度からこの支持器について検討することとした。

主索が静索である場合は、ワイヤロープ重と最大積載荷重に堪える中間支持金具を使用すればよいが、変形エンドレスの主索は動索となるので、索受部分に滑車を装備し、なめらかにエンドレス索が動けるように、しかも手持ちの片持搬器（南星工作所製A—1型）がうまく通過できるよう、強度も構造も考慮する必要があった。

このため、中間支持器としては、手持ちの中間支持器（南星製S—3型、常用荷重1,700kg）の索受部分を改造し、90mm・60mmの滑車をおのおの2個 計4個を使用した中間支持器を図—6のように考案した。

また中間支持器に主索が強く乗らないときや、搬出作業中に衝撃を受け脱索するおそれが考えられたので、脱索防止の金具を2個使用した。

この中間支持器を用いて、空・実搬器の通過状況をみたところ、昭和45年度の外山事業区における試験では支障なく通過したが、翌年度に搬出試験を行なった大志田事業区においては、中間支持器の位置が若干高かったため、搬器の通過によるエンドレス索のたるみが中間支持部分に寄せられ、搬器が中間支持器に激突し、試運転中に脱索防止金具を破壊して脱索するに至った。

このため、さらに支持器をもう1個製作し中間支持部分を容易に通過できるよう、図—7のようにシーソー式の中間支持装置を作り搬送を試みたところ、円滑に通過できることがわかった。

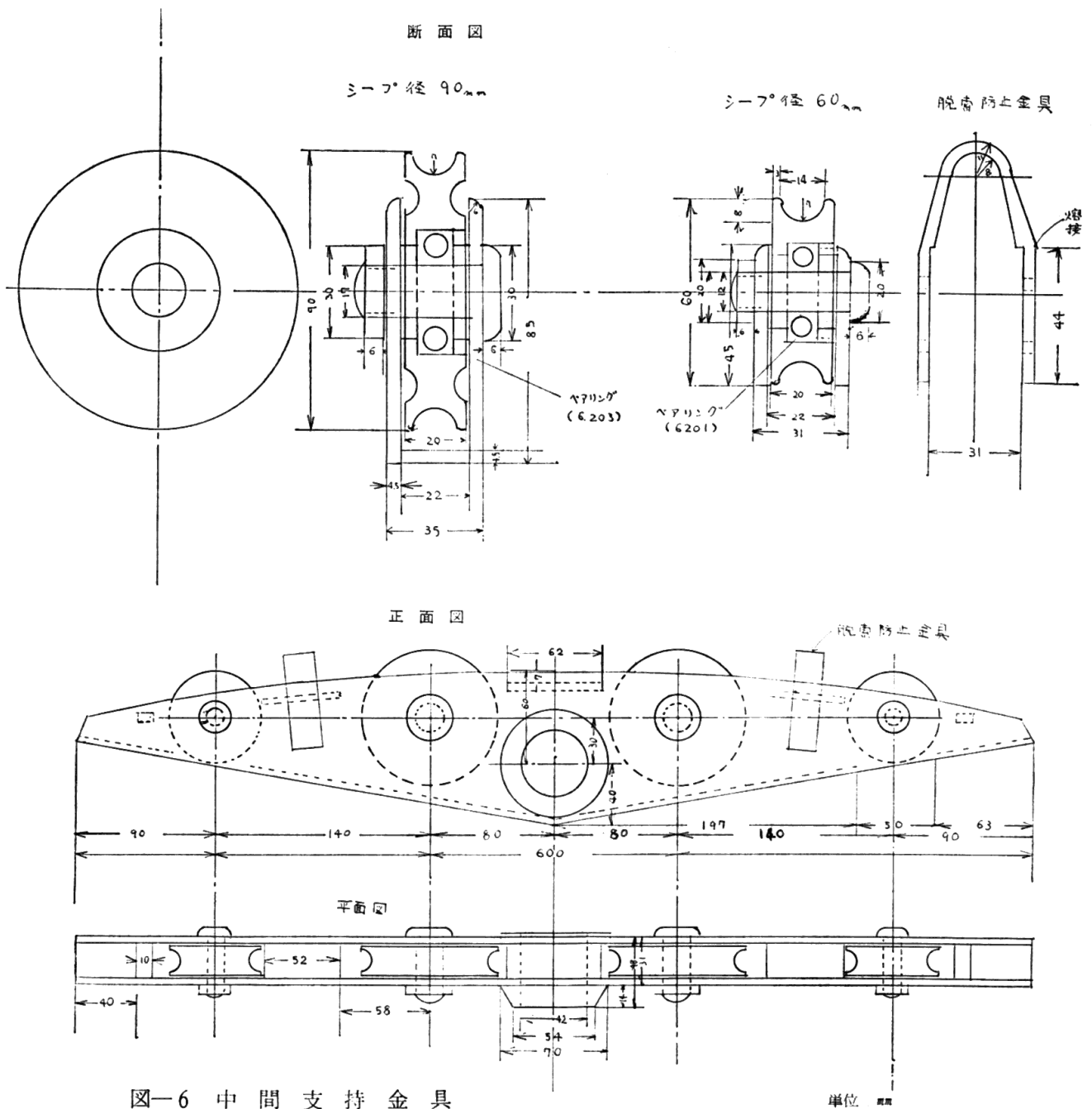


図-6 中間支持金具

7 中間支持金具使用の有無の工程比較

(1) 供試した架線のあらまし

この中間支持金具が、実際の集材作業に使用可能かどうか、また工程のうえでどのような違いがあるかを検討するため、昭和46年度は県有中部模範林大志田事業区内4林班い小班のザツ約20年生・面積7.7ha・材積703 m^3 を対象に、次のような架線を行ない、搬出工程を調査した。

索張り方式：変形エンドレス

支間距離：中間支持器使用の場合

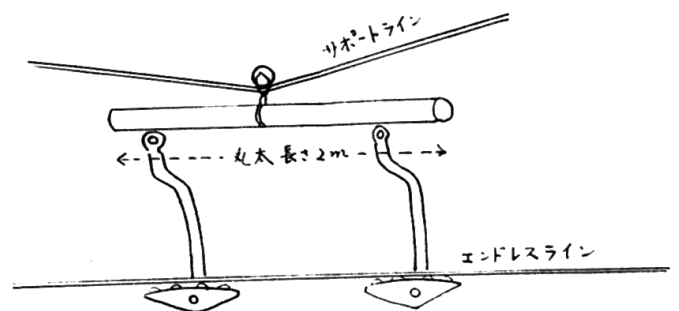


図-7 シーソー式中間支持装置

斜距離 (第 1 支間) $l_1 = 144 m$
 中間支持器を使用しない場合
 斜距離 $l_2 = 207 m$

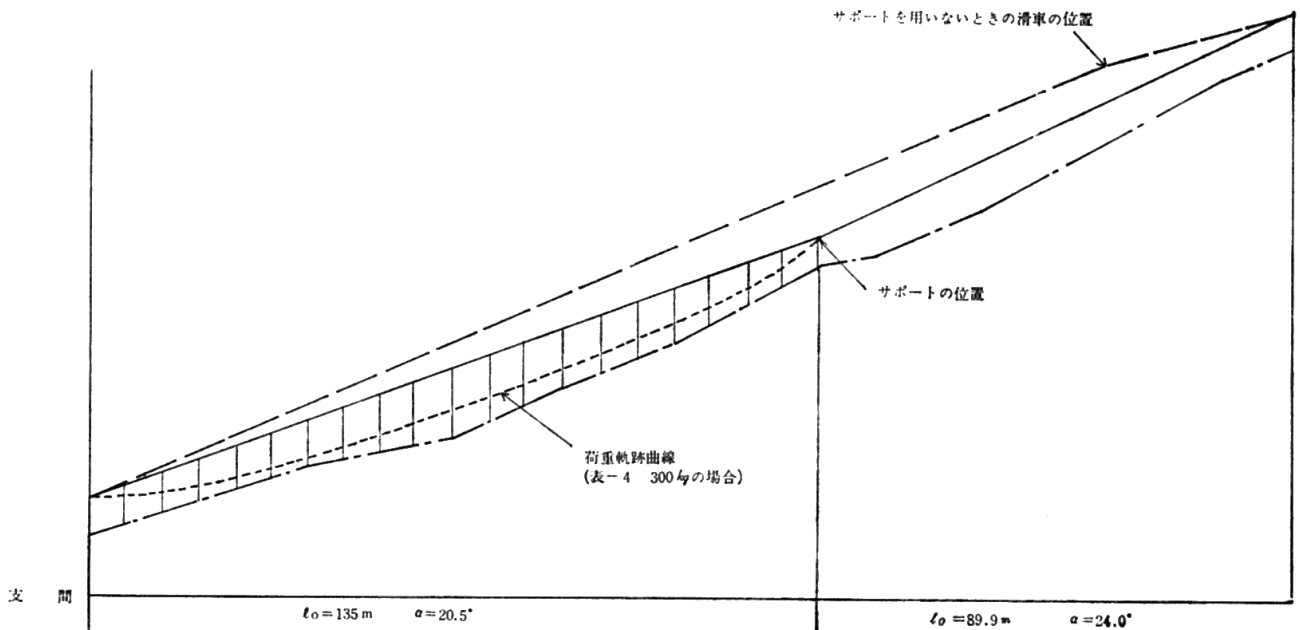
傾 斜 角 : 中間支持器使用の場合

α_1 (第 1 支間傾斜角) = 20.5 度
 中間支持器を使用しない場合
 $\alpha_2 = 24.0$ 度

ワイヤロープ : エンドレス索 (12mm)
 荷上索 (10mm)

搬出距離 : 約 150 m

その縦断面図は図一 8 のとおりである。



図一 8 変形エンドレス架線縦断面図 (盛岡市大志田 昭和46年架線)

なお、その安全計算は表一 4 のとおりである。

エンドレス索の安全係数に近い重い荷重 (400 kg) を与えると、ワイヤロープの垂下量が大きくなり、地形の関係で素材が地表にあたり、能率の低下を招いたので、むしろ索速を早めて能率の向上をはかったほうがよいと考え、最大積載量は $0.250 m^3$ (300kg) 以下とするように荷積みを行った。

また、荷上索をシングルにした場合、45年度の試験結果から運転が非常に困難であり、索速もおそすぎて実用に向かないと考えたので、普通に用

表一 4 安全計算書 (大志田事業区)

項目	中間支持器		
	有	無	無
荷の接地 (設計上)	しない	する	する
水平距離 l_0	135.0m	135.0	189.0
斜距離 l	144.1m	144.1	207.0
主索原索垂下比 s	0.02	0.02	0.02
設計荷重 P	453.2kg	573.2	465
索長 L	144.1m	144.1	207.0
荷重比 n	3.00	3.78	2.32
垂下比当値係数 Z_1	0.658	0.643	0.676
当値垂下比 s_1	0.0328	0.0350	0.0359
最大張力係数 Φ	4.3	4.0	4.1
最大張力 T_1	1300kg	1450	1390
安全率 N	6.1	5.46	5.7
最大積載荷重 P_0	300kg	400	300

いるダブル荷上索についても搬出を試み比較を行なったが、その結果は表一5のとおりである。

表一5 集材工程比較

試験区分	荷上索	中間支持器使用	横取距離	測定回数	運材量			実動時間							空搬器速度	実搬器速度				
					平均本数	平均材積	平均重量	キャレージ返	荷上索送降	荷掛	重量測定	吊上げ	実搬器走行	荷卸し			計			
1	シングル	有	12.70	5	14.0	0.152	181	(6.15)	2.34	0.27	—	1.00	5.13	1.31	17.00	(0.40)	(0.48)			
2	ダブル	有	0	5	7.4	0.141	168	1.58	0.38	0.53	126	0.21	2.38	1.15	9.35	1.30	0.97			
3	〃	有	0	6	8.0	0.150	179	1.38	0.39	0.27	—	0.30	1.27	1.08	5.49	1.47	1.64			
4	〃	有	12.70	5	9.0	0.182	217	2.15	1.03	0.21	—	0.46	1.52	1.33	7.51	1.14	1.38			
5	〃	無	0	5	—	—	—	1.31	1.01	0.22	—	0.48	1.34	1.02	6.18	1.69	1.64			
6	〃	無	10.00	3	—	—	—	1.19	2.13	0.12	—	0.36	1.38	0.52	6.50	1.95	1.57			
平均	中間支持器有無	〃																		
																			1.57	1.59
																			1.82	1.61

() 数字は45年度結果からの推定

(2) 工程比較の結果

ア 中間支持器使用の索速

中間支持器を使用し、素材の搬出試験を行なったが、初めは脱索防止金具とエンドレス索との間が、きつく、エンドレス索との摩擦があり、索速はおそく感じられたが、数回の運行で平常に戻った。

中間支持器使用は、試験区分1・2・3・4の場合で、合計16回の平均で、空搬器速度は毎秒1.30m、実搬器速度は毎秒1.33mであった。

中間支持器を使用しないのは、試験区分5・6の場合で、合計8回の平均で空搬器速度は毎秒1.82m、実搬器速度は毎秒1.61mであった。

中間支持器の使用・不使用で索速は若干の差があったが、1サイクルの集材作業時間では横取り距離0mの3の場合は5分49秒であるのに対し、中間支持器を用いない5の場合は6分18秒を要しており、横取りがある4の場合は7分51秒であるのに対し、中間支持器を用いない6の場合は6分50秒であったので、使用の有無では、特に差は認められず、中間支持器の使用は実用上差し支えがないと思われた。

イ 荷上索のシングル・ダブル別の工程

荷上索をシングルにして集材作業を行なうと、空搬器逆送では荷上索にブレーキをかけながらエンドレス索を送り、実搬器ではエンドレスドラムにブレーキをかけながら荷上索を引きこむので、エンジンに無理がかかり、また運転が難しいので、試験区分1のとおり空搬器では毎秒0.40m、実搬器では毎秒0.48mの索速となり、1サイクルで17分も要することから、近距離以外は利用できないと思われた。

ウ 横取り作業について

ロージングフックの降下地点は勾配が20度から24度もある支間の上部でもあったので、荷上索が1本でも、その重量が傾斜下部の元柱側に流れこみ、上部側のフックはなかなか降下せず、横取り距離が10

m以上になると、なおもフックを素材まで引きこむのに時間を要した。

中間支持器を使用した場合、主索高約9 mの直下の素材を吊り上げる時間は、荷上索をダブルに使用した試験区分2と3の平均では1分44秒であったが、試験区分4のように、12.7 m離れた位置からの横取り時間は2分10秒を要した。

中間支持器を使用しない5の場合は、主索直下の素材吊上げ時間は2分1秒であったが、10 m離れた6の場合の素材の横取り時間は3分1秒で1分多く要した。

横取り距離が長くなれば、荷掛手の運動量が多くなり、集材の1サイクル時間の延長と工程の低下に大きく影響することが認められた。このため別に横取りワイヤロープを用いて横取り作業を連続して行ない、搬送のときは横取りワイヤロープを外し抵抗を減らして搬出を専門とするよう仕組を変えるか、または別途索張りを考える必要がある。

エ 1回当りの搬出工程

木材の重量は試験区分2で重量計(2000kg用東京衡機製造所)を用い測定した。材積は末口直径を測定し末口自乗法で算定し1 m³当りの重量に換算のうえ他の区分ごとの重量を推定した。

1サイクルの集材時間は、中間支持器の有無より、横取りの有無で工程が大きく異なり1回平均0.165 m³を積載して有効支間150 mの主索直下からの搬出では、1回平均5分49秒であったが、12.7 m離れた横取りでは1回平均7分51秒で、約2分多く要した。

これらのことから、1日7時間稼働した場合、1日の搬出量は、主索直下からでは70回で11.5 m³・12.7 m離れた場所からでは52回で8.6 m³を搬出し得るものと思われる。