九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

エンドレス式架空線集材に関する研究

渡辺，治人

太田，基

堀田，正次

大庭，正治

他

https://doi.org/10.15017/14964

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 25, pp.1-66, 1955-03-30. 九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

エンドレス式架空線集材に関する研究

渡辺治人・太田　基
堀田正次・大庭正治
武藤和也

Haruto WATANABE, Motoi ŌTA, Masatsugu HOTTA,
Masaji ŌBA and Kazuya MUTŌ:

Studies on the Hauling of Logs by Overhead Endless Cable System

目　次

まえがき
I　杉丸太の地曳抵抗に関する試験
II　小型エンドレス式集材機
III　集材作業の第1回実地試験
IV　架空索線に関する静力学的解法
V　集材作業の第2回実地試験
VI　架空索万能支持器
VII　集材作業の第3回実地試験
VIII　集材作業の第4回実地試験
IX　振動法による架空索線の緊張度判定に関する実験
X　エンドレス式架空線集材の計算図表
XI　上げ木集材作業の実行例
むすび

まえがき

この研究は，文部省科学試験研究費と熊本営林局の経費により，昭和24年度から昭和28年度に亘り，次の研究者によつて行つたものである．

九州大学農学部	教　授	渡辺治人
九州大学農学部	助教授	太田　基
元熊本営林局	作業課長	堀田正次
熊本営林局	作業課長	大庭正治
熊本営林局	作業課員	武藤和也

又，元高岡営林署長鳥巣節雄氏にはIの研究に，九州大学農学部助手重松将雄氏にはIXの研究に，浜町営林署長松尾武治氏と署員山元茂氏にはXIの研究に，それぞれ共同研究者として参加して頂いた．

この研究の主目的は，

(1). エンドレス式架空線集材の架索方式と作業様式を定め，これに相応する軽量の集材機を作り，その実用価値を実地試験によつて検討する．（集材機の重量と価格の軽減）

(2). エンドレス式架空線集材用の架空索万能支持器とこれに適する搬器を作り，実地試験によつて実用価値を検討する．（架空線集材の応用の拡大）

(3). エンドレス式架空線集材の架空索に関する力学を理論的並びに実験的に研究して計算図表を作る．（設計計算の簡易化）

これ等の諸研究を総合して，従来ほとんど人力または畜力に依存している比較的小規模の森林における集材作業を機械化して，林業経営の合理化を目的とする．

この研究の実施には熊本営林局事業部長二宮静夫氏から始終多大の援助と便宜を賜り，実地試験には重松将雄，鈴木夏雄，永淵郁郎諸氏の協力を得，計算には平尾圭司氏の助力を得た．また高岡営林署，菊池営林署，出水営林署，熊本営林署，浜町営林署，九州大学粕屋演習林の各位には実地試験に際し，熊本営林局作業課機械係及び熊本市塚本鉄工所の各位には試験機器の試作とその実地試験に当つて多大の協力を賜つた．ここに文部省並びに熊本営林局をはじめ各位の援助と協力に対し厚く感謝を表する次第である．

この報告の全部は日本林学会大会または日本林学会九州支部大会において講演し，その一部は既に機関誌に公表したものもある．今回多少記述を変え再録するとともに，全部を取纏めて報告することとした．尚，各研究項目にはその研究を行つた分担者名を添記してある．

I 杉丸太の地曳抵抗に関する試験*

渡辺治人，太田　基，鳥巣節雄

1．緒　言

集材作業に際しては丸太の地曳を行う場合が多いが，架空線集材作業においても横取りを行う際には相当の距離の地曳が行われる．従つて架空線集材の基礎資料として丸太の地曳抵抗を知る必要があるので，我国の造林地で最も多く取扱われているスギ丸太を材料として地曳抵抗の測定試験を行つた．

2．試験の概要

(1)．試験場所と期間

昭和25年1月25日から2月5日までの12日間に亘つて，熊本営林局管内の高岡営林署去川国有林で試験を行つた．試験地はスギの人工造林皆伐地で東南に傾斜した谷間である．地曳路は第1表に示す2種類とした．

Table 1

地曳路	距離	傾斜角	地表状態
A	20 m	8.6°	枯枝葉が密に散在した適潤地
B	15 m	5.0°	やゝ堅い裸の適潤地

(2)．供試丸太

昭和24年7月に皆伐，同年10月に玉切した54年生のスギ丸太を供試材とし，末口直径10～25 cm，長さ 3.9～4.4 m の皮付材で，重量 20～176 kg の範囲の 36本を用いた．

(3)．地曳方法

加藤製作所製の農耕用トラクター（最大牽引力 1.2 ton，自重 1.5 ton，20 HP）を使用し，牽引速度 0.6～1.2 m/sec で地曳を行つた．トラクターの尾部に長さ約 80 m の鋼索（6×19，中心麻入，直径 12 mm）を取付け，その先端に最大目盛 1 ton の自記装置付動

---

* 第59回日本林学会大会において講演（昭和26年5月）．第59回日本林学会大会講演集に掲載（昭和26年5月）

力計を連結し，丸太は動力計に直結した．地曳は丸太1本曳，2本曳，3本曳の3種類とし，同一組合せで地曳路A及びB上を曳き下げた．

(4). 抵抗力の測定

自記装置によつて記録した抵抗力図の面積を始動時とその後の走行時とに区別して求め，これを抵抗力図の幅で除して夫々平均静的抵抗力と平均動的抵抗力とを算出した．抵抗力として測定された数値には丸太と地面間の摩擦抵抗力と丸太の頭部に加わる抵抗力とが含まれているが，これ等を総括して取扱い次式から抵抗係数を求めた．

$$f=\frac{T+G\sin\alpha}{G\cos\alpha}$$

但し，T は平均抵抗力 (kg)，G は丸太の重量 (kg)，α は地曳路の平均傾斜角．

3. 試験の結果

試験の結果を第2表に総括して示す．

Table 2

1回の牽引本数	牽引回数	丸太重量 (kg)	A路		B路	
			静的抵抗係数 f_s	動的抵抗係数 f_d	静的抵抗係数 f_s	動的抵抗係数 f_d
1	6	20～119 (69)	0.91～1.29 (1.15)	0.68～1.16 (0.90)	0.91～1.14 (1.05)	0.56～0.87 (0.72)
2	6	87～236 (148)	1.11～1.39 (1.23)	0.63～0.97 (0.77)	0.96～1.16 (1.05)	0.49～0.85 (0.67)
3	5	184～406 (264)	0.88～1.33 (1.12)	0.49～0.68 (0.60)	0.81～1.15 (0.96)	0.37～0.58 (0.51)
平均		154	1.19	0.76	1.08	0.64

試験結果から次の事項が明かになつた．

(1). 地表状態による抵抗係数の差異

枯れた枝葉がかなり密に散在しているA路では丸太が枝葉の中にめり込み抵抗が大となることは当然である．静動2種の抵抗係数につきA路とB路とを比較すれば，両者共にB路が小で危険率 0.1% で有意の差が認められた．そしてA路とB路の比は共に約 1.2 である．

(2). 静的抵抗係数と動的抵抗係数の差異

A路B路共に静的抵抗係数が大であつて，静動抵抗係数間には危険率 0.1% で有意の差が認められた．両抵抗係数の比はA路で約 1.1～2.0，B路で約 1.2～2.3 であつて，丸太の重量が増すに伴つて大きくなる傾向が認められた．藤林氏等[註1,註2]の測定結果においても同様の傾向が認められる．

(3). 丸太重量と静的抵抗係数

両者間には相関関係の存在は認められずして静的抵抗係数はほぼ一定値を示し，信頼度 95

註1．藤林誠，加藤誠平，丸山正和，上飯坂実：トラクター運材に於ける雪橇の抵抗に関する二・三の実験．日本林学会誌，第30巻，第3，4号，昭和23年．

註2．藤林誠，加藤誠平，丸山正和：トラクター運材に於ける雪橇の抵抗に関する研究．日本林学会誌，第32巻，第4号，昭和25年．

% で A 路では 1.19±0.30, B 路では 1.03±0.19 である.

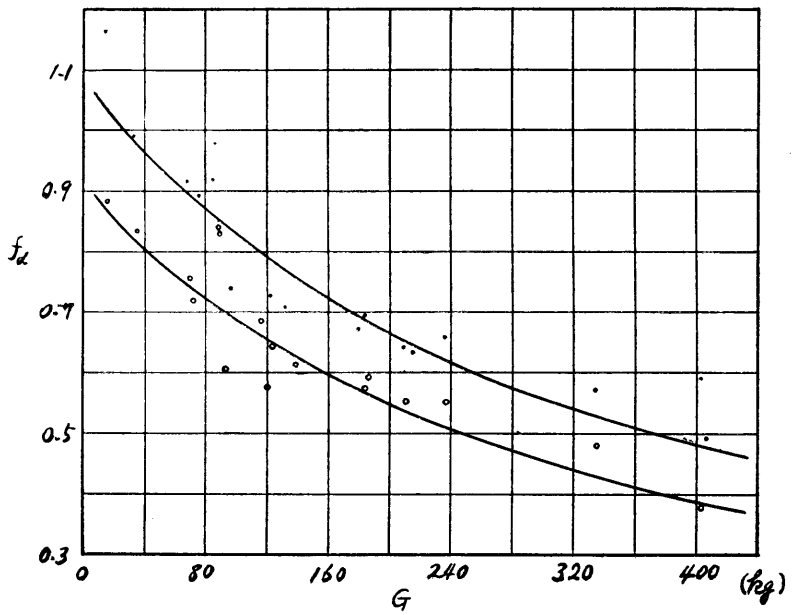
(4). 丸太重量と動的抵抗係数

A 路も B 路も共に丸太重量 G が増すに伴い動的抵抗係数 f_d は減少する. 両者の関係は第3表と第1図に示すように双曲線で表わすことが出来た. 両曲線はほとんど平行であるから本試験地の地表状態の差異はこの傾向にはほとんど影響しないことが推測される. 又 (2) 項において認められた静動抵抗係数の比が丸太重量の増加に伴つて増加する理由も説明出来る.

Table 3

地曳路	n	相関関係		回帰関係			適合度	
		r	t_0	b	t_0	方程式	χ_0^2	P
A	16	0.945	11.205^{***}	0.0029	11.222^{***}	$\frac{1}{f_d}=1.37+0.0029(G-155)$	0.041	>0.99
B	17	0.935	10.212^{***}	0.0037	10.215^{***}	$\frac{1}{f_d}=1.66+0.0037(G-155)$	0.094	>0.99

Figure 1



4. 結 言

静的抵抗係数は動的抵抗係数よりも大で, 且つ後者は丸太重量の増加に伴い減少する. 又, 静動抵抗係数共に裸地よりも普通の皆伐地に多い枯枝葉の散在している地表面の方が大であつて, 従つて地曳抵抗を求めるには 1.2 の抵抗係数を用いればよい. 然し衝突や突込み等の場合には瞬間的に約2～3倍の抵抗を示すので, 集材機の設計等には3以上の安全率を必要とする.

踏ブレーキペタルを踏み走行胴を制動すれば差動歯車列は捲揚胴駆動軸のみを駆動して捲揚胴のみを回転させる．この時クラッチ操作用ハンドレバーを引いてクラッチを切り速度選択レバーを逆転の位置におけば捲揚胴は逆転する．同様にして回転速度の変換も行う．次に走行胴を回転させるには単に足踏ブレーキペタルの踏替えのみにより捲揚胴は止まり走行胴は回転する．この時も逆転と速度変換は捲揚胴の場合と全く同様に行う．尚エンジンを回転させたまま両胴を停止させるには，クラッチ操作用ハンドレバーを引いてクラッチを切り両方の足踏ブレーキペタルを同時に踏めば両胴は停止する．この状態を持続するには速度選択レバーを中心におき クラッチ操作用ハンドレバーを離し 手動ブレーキ用ハンドホイールを締めて両足を足踏ペタルから離す．

4．集材機の性能

胴の引張力及び索速度は次式で計算した．

$$\text{胴の引張力}=\text{歯車の減速比}\times\text{歯車の効率}\times\frac{\text{原動機の回転力}}{\text{胴の半径}}\div\text{安全率}$$

$$\text{胴の索速度}=\frac{\text{原動機の回転数}}{\text{歯車の減速比}}\times\text{胴の円周長}\times\text{歯車の効率}$$

但し，歯車の効率＝0.9，安全率＝3，捲揚胴の半径＝70 mm，走行胴の半径＝130 mm，歯車の減速比＝第1速 31.8，第2速 17.3，第3速 9.3，第4速 41.6.

集材機に用いたダットサンエンジンの性能曲線から回転力と回転数を求め，それに相応する捲揚胴と走行胴の引張力と索速度を計算すれば第5表の通りになる．

Table 5

エンジン		捲揚胴							
回転数	回転力	第1速		第2速		第3速		第4速	
(R/min)	(kgm)	引張力 (kg)	索速度 (m/min)	引張力 (kg)	索速度 (m/min)	引張力 (kg)	索速度 (m/min)	引張力 (kg)	索速度 (m/min)
600	3.2	436	10.7	235	19.6	128	36.6	572	8.2
1000	3.6	490	17.8	265	32.8	144	61.0	633	13.6
1500	3.8	515	26.8	280	49.2	152	91.5	678	20.4
2000	3.75	510	35.7	276	65.5	150	121	670	27.2
2500	3.6	490	44.5	265	81.5	144	153	645	34.0
3000	3.25	444	53.5	240	98.0	130	183	580	41.0
3600	2.8	380	64.0	203	118	112	220	500	49.0

エンジン		走行胴							
回転数	回転力	第1速		第2速		第3速		第4速	
(R/min)	(kgm)	引張力 (kg)	索速度 (m/min)	引張力 (kg)	索速度 (m/min)	引張力 (kg)	索速度 (m/min)	引張力 (kg)	索速度 (m/min)
600	3.2	234	14.5	128	26.5	69	49.2	307	11.0
1000	3.6	265	24.0	144	44.2	78	82.5	345	18.4
1500	3.8	280	36.2	152	66.0	82	124	365	27.6
2000	3.75	276	48.0	150	88.5	81	164	360	36.8
2500	3.6	265	60.0	143	110	77.5	205	346	46.0
3000	3.25	240	72.0	130	133	70	246	313	55.0
3600	2.8	205	86.5	112	159	60	296	270	66.0

5．集材機の特徴

本機は走行胴と捲揚胴とを差動歯車列を応用して単軸にて選択的に駆動し，併せて走行

運搬作業と吊上作業とを1本の曳索の特殊なエンドレス架索方式によつて行うことが特徴である．かくして集材機は小形軽量となつて山地での運搬据付が容易となつた．

III 集材作業の第1回実地試験*

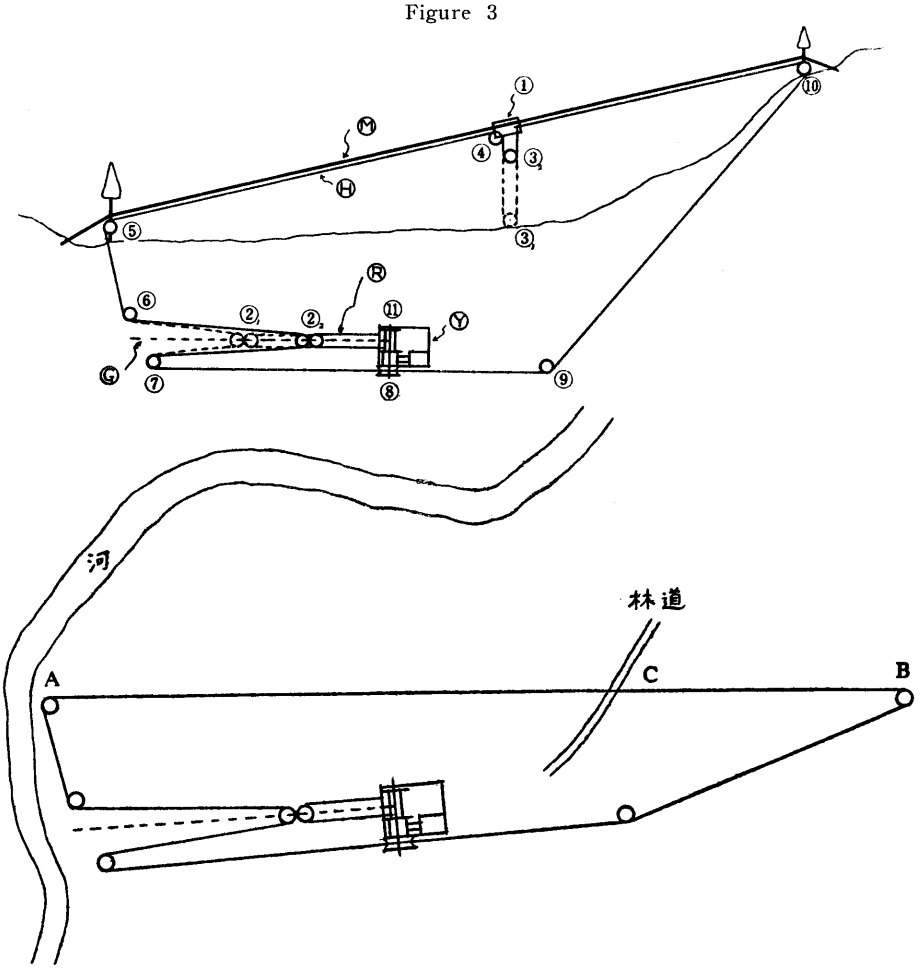
渡辺治人，太田基，堀田正次，武藤和也

1．緒 言

昭和25年9月21日から10月3日に至る期間に，熊本営林局管内の菊池営林署迫間担当区に設けた試験地に於て，エンドレス式架空線集材に関する第1回実地試験を行つた．その目的は試作した小型エンドレス集材機の性能試験と適切な架索方式及び作業様式を決めることであつた．

2．架索方式と作業様式

Figure 3



* 第59回日本林学会大会において講演（昭和26年5月）．第59回日本林学会大会講演集に掲載（昭和26年5月）

試験地の状況と架索方式を第3図に示す．上下の親柱として2本の立木を選び，その間に主索（6×24，中心麻入，直径 14 mm）を張り（上下両支点間の水平距離 106.2 m，傾斜角 13.5°），これに搬器 ① をかける．搬器の下部環に曳索（6×24，中心及び子繩中心麻入，直径8 mm）の1端を固定し，他端は吊上滑車 ③ を通し，搬器に取付けた滑車④，導滑車 ⑤ ⑥，曳索引締滑車 ② の左方の滑車を経て導滑車 ⑦ を通し，集材機の走行胴 ⑧ に3回捲きつけ，導滑車 ⑨ ⑩ を経て搬器の側部環に固定する．別に曳索引締索（曳索と同一の鋼索）の1端を集材機の台枠に固定し，他端は曳索引締滑車 ② の右方の滑車を通して集材機の捲揚胴 ⑪ に巻き込む．曳索引締滑車 ② はその上面にある小滑車で導索にかかりその上を自由に移動することが出来る．

今吊上滑車 ③ の荷掛鈎に木材をかけ走行胴を回転して曳索引締滑車 ② を $②_1$ から $②_2$ の位置に移動させると，吊上滑車 ③ は $②_1$ $②_2$ の距離だけ $③_1$ から $③_2$ に吊上げられる．この時捲揚胴を制動して停止し走行胴を回転させると木材は吊上げられたまま右方又は左方へ移動する．即ち速度選択レバーにより回転の方向を変えることにより左右任意の方向に木材を運ぶことが出来る．所要の箇所で走行胴の回転を止め，捲揚胴を回転して曳索引締索を弛めることによつて吊上滑車を地上に降し，木材を解き離す．

曳索引締滑車 ② の移動距離を適当に選べば，主索の両側においてその距離に相応した範囲内に散在している木材を捲揚胴の駆動により一旦地曳して主索下に集め，適当の荷にして荷掛鈎にかけて集材することが出来る．

尙，木材をかけた実搬器を順勾配に下げる時（下げ木集材）も逆勾配に上げる時（上げ木集材）も索の張方及び作業の方法は全く同様であるが，順勾配で傾斜角が充分に大きい時は実搬器の主索上の移動はエンジンを休止して荷物の自重を利用し集材機の走行胴を適当に制動しながら走行させる．

3．試験成績

試験は第3図に示すAC間の主索の両側に散在しているスギ丸太（約40年生で昭和25年7月乃至9月に伐採剝皮したもの）をC点まで集材する上げ木集材作業について行つた．諸索架設及び集材機据付に要した時間は7人で約 6.5 時間であつた．試験における人員配置は集材機運転手1名，助手1名，木寄と丸太の束縛 2名，集材点における丸太の取外しと整理2名，信号手1名，合計7名である．供試材の材積，集材距離（丸太の移動距離）を測定し，各作業別に要した時間を計測した．

試験の結果は次の通りである．

丸太の集材距離 49～93.6 m，平均 68.3 m（内訳，地曳距離 0～20 m 平均 6.8 m，主索直下からの吊上距離 7～13 m 平均 10 m，主索上の移動距離 15～62 m 平均 38.5 m，主索からの吊下距離 13 m），作業時間 521 分，運搬回数 75 回，運搬本数 170 本，運搬材積

Table 6

作業種	空の吊上滑車吊上げ	空搬器の運搬	空の吊上滑車吊下げ	荷掛け	吊上滑車の吊上げ	実搬器の運搬	吊上滑車の吊下げ	荷除け
平均所要時間 (sec)	24.9	27.0	79.0	60.2	70.0	89.5	39.8	26.7
平均距離 (m)	13.0	38.5	16.8		16.8	38.5	13.0	
平均速度(m/sec)	0.52	1.43	0.21		0.24	0.43	0.38	

92.35石，1回運搬材積 0.42～2.24石，平均 1.23石，1時間当り運搬回数 8.6回，1時間当り運搬材積 10.9石．尙，時間分析による各作業種別の平均所要時間を第6表に示す．

4．結　言

この試験に使用した集材機のエンジンはダットサンエンジンの中古品を用いたため期待した出力は不可能であつたが，それでも1回2石の集材は容易であつた．採用した架索方式と作業様式は適切で充分実用価値のあることが判つたので，これを基本架索方式並びに基本作業様式とする．集材機は部分的に多少改良すべき点があることが判明し，実用化するには形と重量は増大しても動力を強化する必要がある．要するにこのエンドレス式架空線集材は集材機の運搬据付が容易であり，且つ同一架索方式で上げ木集材も下げ木集材も可能であり，併せて使用曳索の節減が出来て，比較的小規模の森林での集材作業を機械化して能率を高めることに多大の効果を発揮することが期待出来る．

IV　架空索線に関する静力学的解法*

渡　辺　治　人

1．緒　言

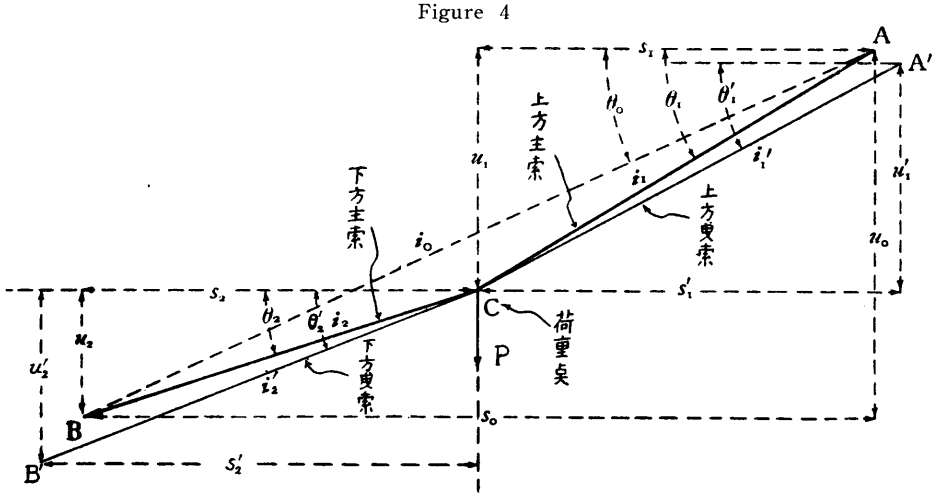
エンドレス式架空線集材の架索方式における主索と曳索について静力学的考察を行い，実用的な計算式を誘導し，計算方法を求めた．

この研究の前提として次の仮定をする．

(1). 索線は全線同質同大とする．
(2). 索線は完全な撓性を有するものとする．
(3). 荷重による索線長の変化はないものとする．
(4). 運搬荷重は摩擦のない主索上を転動する点であるとする．
(5). 支点には摩擦がないものとする．

2．記　号（第4図）

Figure 4



* 第61回日本林学会大会において講演（昭和27年4月）

W_c＝主索の単位長さの重量（kg/m）

W_t＝曳索の単位長さの重量（kg/m）

$\varepsilon = W_t \div W_c$

s_0, u_0, i_0, θ_0＝上下両支点間の水平距離（m），高低差（m），斜距離（m），傾斜角

s_1, u_1, i_1, θ_1＝主索の上方支点と荷重点間の水平距離（m），高低差（m），斜距離（m），傾斜角

s_2, u_2, i_2, θ_2＝主索の下方支点と荷重点間の水平距離（m），高低差（m），斜距離（m），傾斜角

s_1', u_1', i_1', θ_1'＝上方曳索の上方支点と荷重点間の水平距離（m），高低差（m），斜距離（m），傾斜角

s_2', u_2', i_2', θ_2'＝下方曳索の下方支点と荷重点間の水平距離（m），高低差（m），斜距離（m），傾斜角

s_a＝主索の上方支点から上方主索曲線の頂点までの水平距離（m）

s_c＝主索の荷重点から下方主索曲線の頂点までの水平距離（m）

s_a'＝上方曳索の上方支点から上方曳索曲線の頂点までの水平距離（m）

s_c'＝下方曳索の荷重点から下方曳索曲線の頂点までの水平距離（m）

l_1, l_2＝上方主索と下方主索の長さ（m）

$l = l_1 + l_2$＝主索の全長（m）

l_1', l_2'＝上方曳索と下方曳索の長さ（m）

A_0, B_0＝運搬荷重が存在しない時の主索の上方支点と下方支点における主索張力（kg）

$a_0 = A_0 \div W_c$, $b_0 = B_0 \div W_c$

H_0＝運搬荷重が存在しない時の主索張力の水平分力（kg）

$h_0 = H_0 \div W_c$＝運搬荷重が存在しない時の主索が描く垂曲線のパラメター

A, B＝運搬荷重が存在する時の上方支点と下方支点の主索張力（kg）

C＝荷重点における上方主索と下方主索の張力（kg）

$a = A \div W_c$, $b = B \div W_c$, $c = C \div W_c$

H_1, H_2＝運搬荷重が存在する時の上方主索と下方主索の張力の水平分力（kg）

$h_1 = H_1 \div W_c$＝上方主索が描く垂曲線のパラメター

$h_2 = H_2 \div W_c$＝下方主索が描く垂曲線のパラメター

A', C_1'＝上方曳索の上方支点と荷重点における張力（kg）

$a' = A' \div W_t$, $c_1' = C_1' \div W_t$

H_1'＝上方曳索の張力の水平分力（kg）

$h_1' = H_1' \div W_t$＝上方曳索が描く垂曲線のパラメター

B', C_2'＝下方曳索の下方支点と荷重点における張力（kg）

$b' = B' \div W_t$, $c_2' = C_2' \div W_t$

H_2'＝下方曳索の張力の水平分力（kg）

$h_2' = H_2' \div W_t$＝下方曳索が描く垂曲線のパラメター

P_c＝主索が負担する荷重（kg）

P_1'＝上方曳索が負担する荷重（kg）

P_2'＝下方曳索が負担する荷重（kg）

$P=P_c+P_1'+P_2'$＝全運搬荷重（kg）

$p_c=P_c\div W_c,\quad p_1'=P_1'\div W_c,\quad p_2'=P_2'+W_c,\quad p=P\div W_c$

3．計算式

(1)．運搬荷重が存在しない場合

$$a_0=b_0+u_0=\left\{\left(\frac{i_0}{2}\right)^2+(h_0\sec\theta_0)^2\right\}^{1/2}+\frac{u_0}{2} \qquad (1)_1\ (1)_2$$

$$h_0=\cos\theta_0\left\{a_0b_0-\left(\frac{s_0}{2}\right)^2\right\}^{1/2}=\frac{{s_0}^2}{\{12(l^2-{i_0}^2)\}^{1/2}} \qquad (2)_1\ (2)_2$$

$$l=\left\{{i_0}^2+\frac{{s_0}^2}{12}\left(\frac{s_0}{h_0}\right)^2\right\}^{1/2} \qquad (3)$$

(2)．運搬荷重が存在する場合

(a)．主索に関する計算式

$$a=b+u_0=c+u_1=\left\{\left(\frac{i_1}{2}\right)^2+(h_1\sec\theta_1)^2\right\}^{1/2}+\frac{u_1}{2} \qquad (4)_1\ (4)_2\ (4)_3$$

$$b=a-u_0=c-u_2=\left\{\left(\frac{i_2}{2}\right)^2+(h_2\sec\theta_2)^2\right\}^{1/2}-\frac{u_2}{2} \qquad (5)_1\ (5)_2\ (5)_3$$

$$h_1=\cos\theta_1\left\{ac-\left(\frac{s_1}{2}\right)^2\right\}^{1/2} \qquad (6)$$

$$h_2=\cos\theta_2\left\{bc-\left(\frac{s_2}{2}\right)^2\right\}^{1/2} \qquad (7)$$

$$l=l_1+l_2=\left\{{i_1}^2+\frac{{s_1}^2}{12}\left(\frac{s_1}{h_1}\right)^2\right\}^{1/2}+\left\{{i_2}^2+\frac{{s_2}^2}{12}\left(\frac{s_2}{h_2}\right)^2\right\}^{1/2} \qquad (8)$$

$$u_1=\left(0.5-\frac{9.8}{a}\right)\left\{u_0+l\left(1-\frac{{s_0}^2}{l^2-{u_0}^2}\right)^{1/2}\right\} \qquad (9)$$

$$s_a=\frac{h_1}{a}(a^2-{h_1}^2)^{1/2} \qquad (10)$$

$$s_c=\frac{h_2}{c}(c^2-{h_2}^2)^{1/2}=s_2-\frac{h_2}{b}(b^2-{h_2}^2)^{1/2} \qquad (11)_1\ (11)_2$$

(b)．曳索に関する計算式

$$a'=c_1'+u_1'=\left\{\left(\frac{i_1'}{2}\right)^2+(h_1'\sec\theta_1')^2\right\}^{1/2}+\frac{u_1'}{2} \qquad (12)_1\ (12)_2$$

$$b'=c_2'-u_2'=\left\{\left(\frac{i_2'}{2}\right)^2+(h_2'\sec\theta_2')^2\right\}^{1/2}-\frac{u_2'}{2} \qquad (13)_1\ (13)_2$$

$$h_1'=\cos\theta_1'\left\{a'c_1'-\left(\frac{s_1'}{2}\right)^2\right\}^{1/2} \qquad (14)$$

$$h_2'=\cos\theta_2'\left\{b'c_2'-\left(\frac{s_2'}{2}\right)^2\right\}^{1/2} \qquad (15)$$

$$l_1'=\left\{{i_1'}^2+\frac{{s_1'}^2}{12}\left(\frac{s_1'}{h_1'}\right)^2\right\}^{1/2} \qquad (16)$$

$$l_2'=\left\{{i_2'}^2+\frac{{s_2'}^2}{12}\left(\frac{s_2'}{h_2'}\right)^2\right\}^{1/2} \qquad (17)$$

$$s_a'=\frac{h_1'}{a'}(a'^2-{h_1'}^2)^{1/2} \qquad (18)$$

$$s_c' = \frac{h_2'}{c_2'}(c_2'^2 - h_2'^2)^{1/2} = s_2' - \frac{h_2'}{b'}(b'^2 - h_2'^2)^{1/2} \qquad (19)_1\ (19)_2$$

(c). 荷重点に関する計算式

$$\varepsilon(h_1' - h_2') = h_2 - h_1 \qquad (20)$$

$$p_c = \pm(c^2 - h_1^2)^{1/2} \pm (c^2 - h_2^2)^{1/2} \qquad (21)$$

$$p = p_c \pm \varepsilon(c_1'^2 - h_1'^2)^{1/2} \pm \varepsilon(c_2'^2 - h_2'^2)^{1/2} \qquad (22)$$

4. 計算式の誘導

$(1)_1$, $(1)_2$ 式は（註3）の $(4)_1$, $(4)_2$ 式である. $(2)_1$ 式は（註3）の (1) 式. $(2)_2$ 式は（註3）の (3) 式. (3) 式は（註3）の (2) 式. $(4)_1$, $(4)_2$ 式は（註3）の (5) 式である. $(4)_3$ 式は (6) 式から得られる. $(5)_1$, $(5)_2$ 式は（註3）の (6) 式である. $(5)_3$ 式は (7) 式から求まる. (6) 式は（註3）の (7) 式. (7) 式は（註3）の (8) 式. (8) 式は（註3）の (9) 式である. (9) 式は（註3）の (13) 式において主索の張力の影響を考慮して係数 0.496 の代りに $(0.5 - \frac{9.8}{a})$ を乗じたものである. (10) 式は（註3）の (13) 式. $(11)_1$, $(11)_2$ 式は（註3）の $(14)_1$, $(14)_2$ 式. $(12)_1$, $(12)_2$ 式は（註3）の $(17)_1$, $(17)_2$ 式. $(13)_1$, $(13)_2$ 式は（註3）の $(18)_1$, $(18)_2$ 式. (14) 式は（註3）の (15) 式. (15) 式は（註3）の (16) 式. (16) 式は（註3）の (19) 式. (17) 式は（註3）の (20) 式. (18) 式は（註3）の (12) 式. $(19)_1$, $(19)_2$ 式は（註3）の $(22)_1$, $(22)_2$ 式である. (20) 式は（註3）の (24) 式, 但し $\lambda = \varepsilon$ の場合. (21) 式は（註3）の (26) 式の第3項と第4項がない場合, 第1項の ± 符号は上方主索曲線の頂点が荷重点より下方支点側にある時 + 符号をとり上方支点側ににある時 − 符号をとり, 第2項の ± 符号は下方主索曲線の頂点が荷重点より上方支点側にある時 + 符号をとり下方支点側にある時 − 符号をとる. (22) 式は（註3）の (26) 式. 但し $\lambda = \varepsilon$ の場合であつて, 第2項の ± 符号は上方曳索曲線の頂点が荷重点より下方支点側にある時 + 符号をとり上方支点側にある時 − 符号をとり, 第3項の ± 符号は下方曳索曲線の頂点が荷重点より上方支点側にある時 + 符号をとり下方支点側にある時 − 符号をとる.

5. 計算に必要な事項

(a). 鋼索の保証破断力（切断荷重）を単位長さの重量で除した値を破断長と名付くれば同質の鋼線で製作した同一構造の鋼索の破断長は鋼索の直径の如何にかかわらずほぼ一定値となる. 例えば 6 × 7, 中心麻入の鋼索では第7表の最下行に示す如く, 又 6 × 19, 中心麻入の鋼索では第8表の最下行に示す値となる.

(b). エンドレス式架空線集材の基本架索方式では, 搬器への曳索の取付けは第5図の通りにするから, 下方曳索の荷重点における張力 C_2' は運搬荷重の重量 P のほぼ 1/2 となる. 従つて $C_2' = 1/2P$ であり, これ等の力を曳索の長さに換算すれば

$$c_2' = \frac{p}{2\varepsilon} \qquad (23)$$

(c). 主索の最大張力は運搬荷重が両支点間のほぼ中央にある時に上方支点において生ずる（註4）. 故に主索の必要な大さを求めるには運搬荷重が両支点間の中央にある時につい

註3. 渡辺治人：調整式交互式架空索道の実用的解法　九州大学農学部演習林報告　第13号　昭和18年3月

註4. 渡辺治人：交互式架空索道の索線の曲線, 長さ及び張力に関する静力学的研究　九州大学農学部演習林報告　第7号　昭和10年

Table 7　　6 × 7　中心麻入　ラングZまたはS（日本工業規格第1号）

6 strands, 7 wires each, with hemp heart in center of rope. (JIS G 3525 No.1)

鋼索直径 Diameter (mm)	重量 Weight (kg/m)	保証破断力（切断荷重） Breaking strains (ton)		
		1種 Class 1	2種 Class 2	3種 Class 3
10	0.370	5.69	6.06	6.43
12	0.533	8.19	8.72	9.25
14	0.725	11.2	11.8	12.6
16	0.947	14.6	15.5	16.5
18	1.20	18.4	19.6	20.8
19	1.34	20.5	21.8	23.2
20	1.48	22.8	24.2	25.7
22	1.79	27.5	29.3	31.1
24	2.13	32.8	34.9	37.0
25	2.31	35.6	37.8	40.2
26	2.50	38.4	40.9	43.4
28	2.90	44.6	47.5	50.3
30	3.33	51.2	54.5	57.8
32	3.79	58.3	62.0	65.8
平均破断長（m） Mean breaking length		15300	16300	17300

Table 8　　6 × 19　中心麻入　普通ラングZまたはS（日本工業規格第3号）

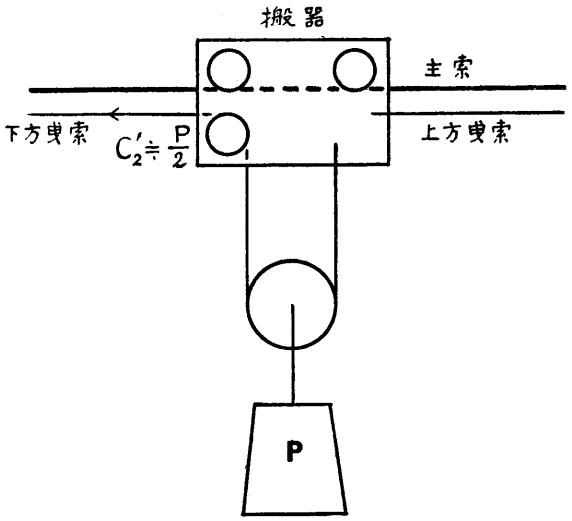
6 strands, 19 wires each, with hemp heart in center of rope. (JIS G 3525 No.3)

鋼索直径 Diameter (mm)	重量 Weight (kg/m)	保証破断力（切断荷重） Breaking strains (ton)		
		1種 Class 1	2種 Class 2	3種 Class 3
4	0.058	0.83	0.88	0.93
6	0.131	1.86	1.98	2.10
8	0.234	3.31	3.25	3.74
10	0.365	5.17	5.50	5.84
12	0.526	7.44	7.92	8.41
14	0.715	10.1	10.8	11.4
16	0.934	13.2	14.1	14.9
18	1.18	16.7	17.8	18.9
20	1.46	20.7	22.0	23.3
22	1.77	25.0	26.6	28.2
24	2.10	29.8	31.7	33.6
26	2.47	35.0	37.2	39.5
28	2.86	40.5	43.2	45.7
30	3.29	46.5	49.5	52.5
32	3.74	52.9	56.3	59.7
平均破断長（m） Mean breaking length		14100	15000	15900

て計算する．曳索に作用する最大張力 A'_{max} は，運搬荷重が両支点間の中央にある時について計算して求めた上方曳索の上方支点における張力 A' の凡そ 1.05 倍と見做せばよい．従つて $A'_{max}=1.05A'$ であり，これを曳索の長さに換算すれば，

$$a'_{max}=1.05\,a' \qquad (24)$$

Figure 5



(d). エンドレス式架線集材では一般に主索の支点と曳索の支点とは同一点と見做して差支えない. 従つて $s_1'=s_1$, $s_2'=s_2$, $u_1'=u_1$, $u_2'=u_2$ と見做す.

6. 計算の方法

(**a**). s_0 と u_0 又は θ_0 を測量する. $i_0=(s_0^2+u_0^2)^{1/2}$ を求める. 計算は運搬荷重が上下両支点間の中央にある場合, 即ち $s_1=s_2=\frac{s_0}{2}$ の場合について行う.

(**b**). $a=$（主索用鋼索の破断長）÷（主索の張力安全率）から a を定める. $(4)_1$ 式から b を求める.

(**c**). l が与えられている時は, (9) 式から u_1 を求めて, $u_2=u_0-u_1$ を求め, $i_1=(s_1^2+u_1^2)^{1/2}$, $i_2=(s_2^2+u_2^2)^{1/2}$, $\cos\theta_1=\frac{s_1}{i_1}$, $\cos\theta_2=\frac{s_2}{i_2}$ を求める. $(4)_2$ 式から c を求め, (6) 式から h_1, (7) 式から h_2 を求める.

(**d**). (8) 式から l を求め, 与えられた l との差を Δl とすれば, 次式から Δu_1 を求める.

$$\frac{\Delta l}{\Delta u_1}=\frac{u_1}{l_1}-\frac{u_2}{l_2} \tag{25}$$

この Δu_1 を (**c**) において求めた u_1 に加える.

かくして得たる u_1 を用いて (**c**), (**d**) の計算を繰返し, 与えられた l と (8) 式から求めた l とが一致した時の u_1, u_2, c, i_1, i_2, θ_1, θ_2, h_1, h_2 を求める.

(25) 式は l, u_1, h_1, h_2 を変数として $(4)_2$, (6), (7), (8) 式を偏微分し整理すれば求まる.

(**e**). 若し u_1 が与えられる時は, $u_2=u_0-u_1$, $i=(s_1^2+u_1^2)^{1/2}$, $i_2=(s_2^2+u_2^2)^{1/2}$, $\cos\theta_1=\frac{s_1}{i_1}$, $\cos\theta_2=\frac{s_2}{i_2}$, $c=a-u_1$ を求め, (6) 式から h_1, (7) 式から h_2, (8) 式か

ら l を求める.

(**f**). ε が未定の時は, a'_{max}=（曳索用鋼索の破断長)÷(曳索の張力安全率）から a'_{max} を求め,（24）式から a' を定める.（12)$_1$ 式から c_1' を求め,（14）式から h_1' を求める.

(**g**).（10）式から s_a,（11）式から s_c を求め, これによつて（21）式の ± 符号を適当に選んで p_c を求む. 先づ $p=p_c$, $\varepsilon=\frac{p_c}{a'}$ と仮定する.

(**h**).（23）式から c_2' を求める.（13)$_1$ 式から b',（15）式から h_2',（20）式から h_1' を求める. この h_1' と（**f**）において求めた h_1' との差を $\Delta h_1'$ とすれば次式によつて $\Delta\varepsilon$ を求める.

$$\frac{\Delta h_1'}{\Delta\varepsilon}=-\frac{1}{\varepsilon^2}\left\{(h_2-h_1)+\frac{p}{2}\cos^2\theta_2'\frac{c_2'-\frac{u_2'}{2}}{h_2'}\right\} \qquad (26)$$

(26) 式は c_2', ε, h_2', h_1' を変数として（23),（13)$_1$,（15),（20）式を偏微分して整理すれば得られる.

(**i**). 仮定した ε に（**h**）において求めた $\Delta\varepsilon$ を加えたものを新しい ε として（**h**）の計算を繰返し,（20）式で求めた h_1' と（14）式で求めた h_1' と等しくなる迄繰返す. 等しくなつた時の ε, c_2', h_2' を用いて（22）から p を求める. 但し（22）式の第2項及び第3項の ± 符号は,（18）式から s_a' を求め,（19）式から s_c' を求めて適当に選ぶ.

(**j**).（**i**）において求めた p と（**g**）において仮定した p とは一般に一致しないから,（**i**）において求めた p を用いて（**h**),（**i**）の計算を繰返し, 1回前の p の値とほぼ等しくなるまで繰返せば, 最後の計算における ε と p が求める値となる.

(**f**)′. ε が与えられている時は,（10）式から s_a,（11）式から s_c を求め, これによつて（21）式の ± 符号を適当に選んで p_c を求め, 先づ $p=p_c$ と仮定する.

(**g**)′.（23）式から c_2' を求め,（13)$_1$ 式から b' を求め,（15）式から h_2' を求める.

(**h**)′.（20）式から h_1' を求め,（12）式から a', c_1' を求める.

(**i**)′.（18）式から s_a',（19）式から s_c' を求め, これによつて（22）式の第2項と第3項の ± 符号を選んで p を求める.

(**j**)′.（**i**)′ において求めた p は（**f**)′ において仮定した p とは一般に一致しないから,（**i**)′ において求めた p を用いて（**g**)′,（**h**)′,（**i**)′ の計算を繰返し, 1回前の p の値とほぼ等しくなるまで繰返せば, 最終回の計算における p と a' が求める値となる.

(**k**). 単位長さの重量 W_c(kg/m) なる主索を用いるとすれば, 運搬荷重の重量は $P=pW_c$, 曳索の単位長さの重量は $W_t=\varepsilon W_c$. 曳索に生ずる最大張力を曳索の長さに換算した値は（24）式から $a'_{max}=1.05\,a'$ となる. 故に曳索の張力安全率は（曳索の破断長）÷ a'_{max} となる.

7. 計算例

例1. ε が未定の場合.

(**a**). $s_0=300$ m と $u_0=80.385$ m 又は $\theta_0=15°$ を測量によつて得たものとすれば, $i_0=310.583$ m となる. $s_1=s_2=\frac{s_0}{2}=150$ m の場合について計算する.

(**b**). 主索に 6×19 中心麻入の第2種の鋼索を使用すれば第8表から平均破断長は 15000 m, 故に $a=3500$ m とすれば張力安全率は $\frac{15000}{3500}=4.3$ となる.（4)$_1$ 式から $b=$

3419.615 m.

(**c**). $l=1.05\,i_0=312.136$ m とすれば，(9) 式から $u_1=55.969$ m，従つて $u_2=u_0-u_1=24.416$ m，従つて $i_1=160.102$ m，$i_2=151.974$ m，$\cos\theta_1=0.936903$，$\cos\theta_2=0.987011$，$(4)_2$ 式から $c=3444.031$ m，(6) 式から $h_1=3252.077$ m，$h_2=3386.417$ m.

(**d**). (8) 式から $l_1=l_1+l_2=160.1145+151.9861=312.1006$ m，故に $\Delta l=312.136-312.1006=0.0354$ m，(25) 式から $\frac{\Delta l}{\Delta u_1}=0.188910$，故に $\Delta u_1=\frac{\Delta l}{0.188910}=0{,}187$. $u_1=55.969+\Delta u_1=\underline{56.156}$，従つて $u_2=\underline{24.229}$，$i_1=\underline{160.167}$，$i_2=\underline{151.944}$，$\cos\theta_1=\underline{0.936523}$，$\cos\theta_2=\underline{0.987206}$，$c=\underline{3443.844}$，$h_1=\underline{3250.669}$，$h_2=\underline{3386.993}$，$l_{\mathrm{II}}=l_1+l_2=169.1795+151.9561\fallingdotseq 312.136$. 故に $l=l_{\mathrm{II}}$ であるからアンダーラインの値は求める値である.

(**e**). $u_1=56.156$ m が与えられている時は，$u_2=24.229$ m，故に $i_1=160.167$ m，$i_2=151.944$ m，$\cos\theta_1=0.936523$，$\cos\theta_2=0.987206$，$c=3443.844$ m，(6) 式から $h_1=3250.669$ m，(7) 式から $h_2=3386.993$ m，(8) 式から $l=l_1+l_2=160.1795+151.9561\fallingdotseq 312.136$m.

(**f**). 曳索に 6×19 中心麻入の第3種の鋼索を使用すれば第8表から平均破断長は 15900 m，故に $a'_{\max}=2300$ m とすれば張力安全率は $\frac{15900}{2300}=6.9$ となる. (24) 式から $a'=\frac{a'_{\max}}{1.05}\fallingdotseq 2190$ m，$s_1'=s_1=150$ m，$u_1'=u_1=56.156$ m とすれば，$(12)_1$ 式から $c_1'=2133.844$ m，(14) 式から $h_1'=2024.121$ m となる.

(**g**). (10) 式から $s_a=1204.943$ m，(11) 式から $s_c=612.882$ m，故に (21) 式から $p_c=(c^2-h_1^2)^{1/2}-(c^2-h_2^2)^{1/2}=514.026$ m を得る. 先づ $p=p_c=514.026$ m と仮定し，且つ $\varepsilon=\frac{p_c}{a'}=0.2235$ と仮定する.

(**h**). (23) 式から $c_2'=1149.946$ m を求める. $s_2'=s_2=150$ m，$u_2'=u_2=24.229$ m とすれば $(13)_1$ 式から $b'=1125.717$ m，(15) 式から $h_2'=1120.767$ m，(20) 式から $h_1'_{\mathrm{I}}=1730.718$ m，故に $\Delta h_1'=h_1'-h_1'_{\mathrm{I}}=2024\,121-1730.718=293.403$ m，(26) 式から $\frac{\Delta h_1'}{\Delta\varepsilon}=-7819.832$，故に $\Delta\varepsilon=-0.0375$.

(**i**). $\varepsilon=0.2235+\Delta\varepsilon=0.1860$，従つて $c_2'=1381.790$，$b'=1357.561$，$h_2'=1350.070$，$h_1'_{\mathrm{II}}=2082.995$，$\Delta h_1'=h_1'-h_1'_{\mathrm{II}}=-58.874$，$\frac{\Delta h_1'}{\Delta\varepsilon}=-11199.959$，$\Delta\varepsilon=0.0052$，$\varepsilon=0.1860+\Delta\varepsilon=0.1912$，$c_2'=1344.210$，$b'=1319.981$，$h_2'=1312.912$，$h_1'_{\mathrm{III}}=2025.904$，$\Delta h_1'=h_1'-h_1'_{\mathrm{III}}=-1.783$，$\frac{\Delta h_1'}{\Delta\varepsilon}=-10680.924$，$\Delta\varepsilon=0.00017$，$\varepsilon=0.1912+\Delta\varepsilon=0.19137$，$c_2'=1343.016$，$b'=1318.787$，$h_2'=1311.731$，$h_1'_{\mathrm{IV}}=2024.089\fallingdotseq h_1'$，故に (18) 式から $s_a'=772.755$ m，(19) 式から $s_c'=281.477$ m，従つて (22) 式から $p_1=p_c+\varepsilon(c_1'^2-h_1'^2)^{1/2}-\varepsilon(c_2'^2-h_2'^2)^{1/2}=588.069$ m.

(**j**). $p_1\neq p_c$ であるから，$c_2'=\frac{p_1}{2\varepsilon}=\frac{588.069}{2\times 0.19137}=1536.471$，$b'=1512.242$，$h_2'=1502.984$，$h_1'_{\mathrm{I}}=2215.366$，故に $\Delta h_1'=h_1'-h_1'_{\mathrm{I}}=2024.121-2215.366=-191.245$，$\frac{\Delta h_1'}{\Delta\varepsilon}=-11658.35$，$\Delta\varepsilon=0.01640$，$\varepsilon=0.19137+\Delta\varepsilon=0.20777$，$c_2'=1415.192$，$b'=1390.963$，$h_2'=1383.094$，$h_1'_{\mathrm{II}}=2039.223$，$\Delta h_1'=2024.121-2039.223=-15.102$，$\frac{\Delta h_1'}{\Delta\varepsilon}=-9892.032$，$\Delta\varepsilon=+0.00153$，$\varepsilon=0.20777+0.00153=0.20930$，$c_2'=1404.847$，$b'=1380.618$，$h_2'=1372.867$，$h_1'_{\mathrm{III}}=2024.200$

$\fallingdotseq h_1'$, 故に $p_{II}=592.966$, $p_{II}\neq p_I$ であるから, $c_2'=\dfrac{592.966}{2\times 0.20930}=1416.546$, $b'=1392.317$, $h_2'=1384.433$, $h_1'_I=2035.766$, $\Delta h_1'=2024.121-2035.766=-$, 11.645, $\dfrac{\Delta h_1'}{\Delta\varepsilon}=-9651.492$, $\Delta\varepsilon=0.00121$, $\varepsilon=0.20930+\Delta\varepsilon=\underline{0.21051}$, $c_2'=\underline{1408.403}$, $b'=\underline{1384.174}$, $h_2'=\underline{1376.382}$, $h_1'_{II}=2023.971\fallingdotseq h_1'$, 故に $p_{III}=593.446\fallingdotseq\underline{593}=p$, $p_{III}\fallingdotseq p_{II}$ であるからアンダーラインの値は求める値である. 即ち $p=593$m, $\varepsilon=0.21051$ が求まる.

(**k**). 主索に直径 24 mm の鋼索を使用すれば第8表から $W_c=2.10$ kg/m である. 従つて $P=W_cp=2.10\times 593=1245$ kg の荷重を主索の張力安全率 4.3 で運搬出来る. 曳索の重量は $W_t=\varepsilon W_c=0.21051\times 2.10=0.442$ kg/m となる. 従つて第8表から直径 12 mm (重量 0.526 kg/m) を使用すればよい. (16) 式から $l_1'=160.199$ m, (17) 式から $l_2'=152.017$m.

例2. ε が既定の場合.

$W_c=2.10$ kg/m, $W_t=0.526$ kg/m, $\varepsilon=0.25048$

(**a**). $s_0=300$ m と $u_0=80.385$ m 又は $\theta_0=15°$ を測量によつて得たものとすれば, $i_0=310.583$ m となる. $s_1=s_2=150$ m の場合について計算する.

(**b**), (**c**), (**d**). 例1と同様の計算によつて次の値を得る. $a=3500$ m, $b=3419.615$ m, $l=312.136$ m, $u_1=56.156$ m, $u_2=24.229$ m, $i_1=160.167$ m, $i_2=151.944$ m, $\cos\theta_1=0.936523$, $\cos\theta_2=0.987206$, $c=3443.844$ m, $h_1=3250.669$ m, $h_2=3386.993$ m.

(**f**)'. (10) 式から $s_a=1204.943$ m, (11) 式から $s_c=612.882$ m, 故に (21) 式から $p_c=(c^2-h_1^2)^{1/2}-(c^2-h_2^2)^{1/2}=514.026$ m を得る. 先づ $p=p_c=514.026$m と仮定する.

(**g**)'. (23) 式から $c_2'=\dfrac{514.026}{2\times 0.25048}=1026.082$m, $s_2'=s_2=150$m, $u_2'=u_2=24.229$m とすれば $(13)_I$ 式から $b'=1001.853$ m, (15) 式から $h_2'=998.181$ m.

(**h**)'. (20) 式から $h_1'=1542.432$ m, $s_1'=s_1=150$ m, $u_1'=u_1=56.156$ m とすれば, $(12)_2$ 式から $a'=1677.002$m, $(12)_I$ 式から $c_1'=1620.846$ m.

(**i**)'. (18) 式から $s_a'=605.391$ m, (19) 式から $s_c'=231.190$ m, 故に (22) 式から $p_1=p_c+\varepsilon(c_1'^2-h_1'^2)^{1/2}-\varepsilon(c_2'^2-h_2'^2)^{1/2}=579.248$ m.

(**j**)'. $p_1\neq p_c$ であるから, $c_2'=\dfrac{579.248}{2\times 0.25048}=1156.276$, $b'=1132.047$, $h_2'=1127.030$, $h_1'=1671.281$, $a'=1814.434$, $c_1'=1758.278$, $p_{II}=586.117$, $p_{II}\neq p_I$ であるから, $c_2'=\dfrac{586.117}{2\times 0.25048}=1169.988$, $b'=1145.759$, $h_2'=1140.596$, $h_1'=1684.847$, $a'=1828.906$, $c_1'=1772.750$, $p_{III}=\underline{586.841}$, $p_{III}\fallingdotseq p_{II}$ であるからこれが求める値である.

(**k**). $P=W_cp=2.10\times 587=1233$ kg, $a'\fallingdotseq 1829$ m, 故に (24) 式から $a'_{max}=1.05a'=1920$ m, 従つて曳索に 6×19 中心麻入の第3種の鋼索を用いれば張力安全率は $\dfrac{15900}{1920}\fallingdotseq 8.3$ となる. (16) 式から $l_1'=160.213$ m, (17) 式から $l_2'=152.051$ m.

V 集材作業の第2回実地試験*

渡辺治人，太田 基，武藤和也

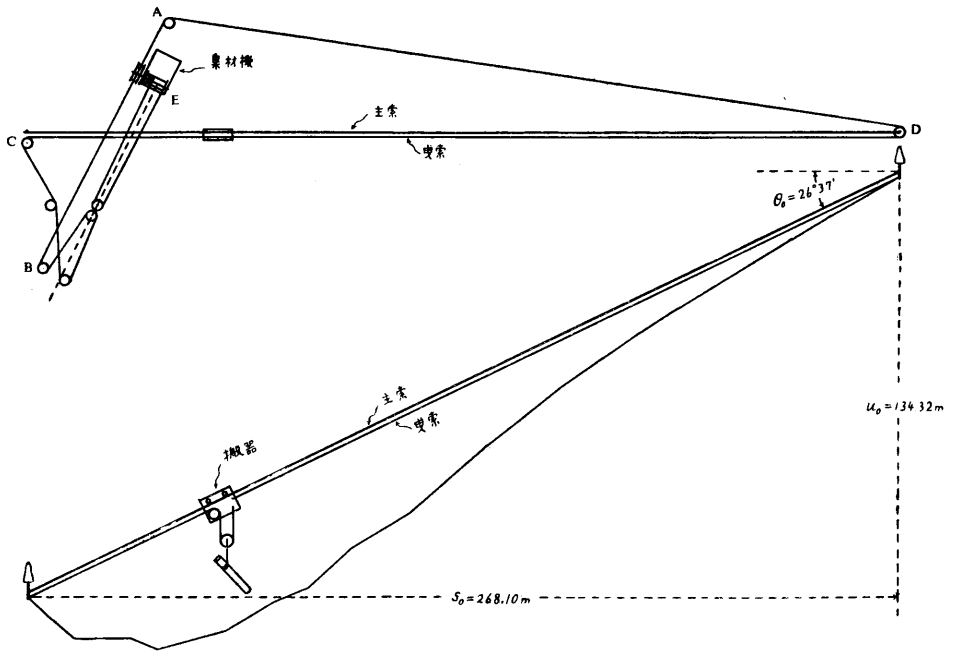
1. 緒 言

昭和26年11月27日から10日間熊本営林局管内の出水営林署第二相川国有林において第2回実地試験を行つた．この試験は架空線の主要部における張力を測定して，**IV**に述べた計算式が実際に適合するか否かを検討すると共に，集材機に作用する外力を求めることが主目的である．

2. 架索方式

6×19，中心麻入鋼索の直径 16 mm（実測重量 $W_c=0.994$ kg/m）を主索に用い，直径 8 mm（実測重量 $W_t=0.245$ kg/m）を曳索と曳索引締索に用いた．水平距離 $s_0=268.10$ m，傾斜角 $\theta_0=26°37'$ なる2支点間に長さ $l=300.85$ mの主索を張つた．曳索の架索方式は第6図に示すように**III**に述べた基本方式に従つて架索した．

Figure 6



3. 試験方法

重量 240 kg と 370 kg の2種の杉丸太を重量 20 kg の搬器に吊して，**II**に述べた試験用の小型エンドレス式集材機によつて上げ木と下げ木の運搬を行い，両支点間距離を8等分して下方支点から 1/8，2/8，3/8，4/8，5/8 の点に荷重が達した時，主索の上端及び曳索の A，B，C，D の各部で張力を測定した．6/8，7/8 点では地形の関係で荷重が地面にふれるので測定しなかつた．主索の張力は 6 ton の読取動力計を取付け，曳索の張力は

---

* 第61回日本林学会大会において講演（昭和27年4月）

3 ton の自記動力計を取付けて測定した．測定は荷重を等分点に停止させた場合と，等分点間を移動している場合とについて行つた．

4．試験結果

測定結果を第9表，第10表に示す．荷重が 4/8 点に停止した場合の主索の張力を用い，V に述べた ε が与えられたる場合の計算方法によつて計算すると，第9表の括弧内の値となる．これによると V に述べた計算方法が可なり実際とよく一致することが判る．しかしこの計算式はすべて静力学的に誘導した式であつて，従つて荷重が停止して平衡状態にある場合に適合する．実際には荷重の移動によつて曳索の張力が第10表に示すように多少の変動をするので，このことを考慮して適当の安全率を用いる必要がある．

集材機の設計には走行胴の両側A，B点における曳索の張力の差を知る必要がある．A点の張力は荷重が上方支点に近づく程大きくなり，B点の張力は小さくなる．従つて両者の差は荷重が上方支点に近づく程大きくなる．第9表，第10表の測定値から外挿法によつて下方支点から 15/16 の点に荷重が存在する時の，A，B 点における曳索の張力を求め，その差 $A-B$ と荷重 P との比 $(A-B)/P$ を計算すると第11表に示す値となる．又捲揚胴に作用する力としては E 点で測定した曳索引締索の最大張力を用いればよい．下方支点から 1/16 の点に搬器が存在する場合に丸太を吊上げて測定した平衡時の E 点の張力と吊上げ中の最大値とを第 9 表，第 10 表に示す．E 点の張力 E と荷重 P との比 E/P の値を計算すると第11表の通りになる．尙第11表には荷重が 15/16 の点にある時のA，B，C，D点における曳索張力と荷重との比 A/P, B/P, C/P, D/P を第 9 表と第 10

Table 9

運搬荷重停止の時の索張力

運搬荷重	測定箇所	運搬荷重の位置					
		1/16	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8
260 kg (263)	主索上端		1750 kg	2227 kg	2387 kg	2417 kg (2417)	2317 kg
	曳索 A		217	219	223	225 (236)	227
	B		147	143	139	137 (119)	134
	C		125	124	122	120 (119)	117
	D		243	245	249	255 (268)	259
	引締索 E	120					
390 kg (385)	主索上端		2200	2700	2850	2927 (2927)	2800
	曳索 A		328	336	342	345 (352)	348
	B		195	190	186	183 (181)	175
	引締索 E	190					

但し，括弧内は計算値

Table 10

運搬荷重移動の時の索張力

運搬荷重	測定箇所	移動方向	運搬荷重の位置 1/16	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8
260 kg	曳索 A	上げ木			245 kg	249 kg	253 kg	258 kg
		下げ木			184	186	189	192
	B	上げ木			133	130	128	125
		下げ木			149	146	142	139
	C	上げ木			128	122	120	117
		下げ木			125	123	121	117
	D	上げ木			247	255	264	270
		下げ木			240	244	247	249
	引締索E	吊上げ	150					
390 kg	曳索 A	上げ木			357	374	386	389
		下げ木			300	305	306	308
	B	上げ木			179	175	169	164
		下げ木			205	199	195	184
	引締索E	吊上げ	220					

Table 11

運搬荷重	運搬荷重の状態		A/P	B/P	C/P	D/P	$(A-B)/P$	E/P
260 kg	停止		0.90	0.49	0.43	1.03	0.41	0.46
	移動	上げ木	1.04	0.45	0.40	1.12	0.58	
		下げ木	0.77	0.50	0.40	0.99	0.27	
		吊上げ						0.58
390 kg	停止		0.92	0.42			0.50	0.49
	移動	上げ木	1.13	0.38			0.74	
		下げ木	0.81	0.44			0.37	
		吊上げ						0.56

但し，E/Pは運搬荷重が $\frac{1}{16}$ の点にある場合，その他は $\frac{15}{16}$ の点にある場合．

表を用いて求めた値が示してある．多少の安全度を考慮して概略的には $A/P=1.2$, $B/P=0.4$, $C/P=0.4$, $D/P=1.2$, $E/P=0.6$, $(A-B)/P=0.8$ と見做すことが出来る．従つてこの試験では，走行胴に作用する最大力としては凡そ $0.8P$ を推定し，捲揚胴に作用する最大力としては凡そ $0.6P$ を推定すればよいことが判つた．勿論走行胴に対しては運搬荷重によつて生ずる衝撃を見込み，捲揚胴に対しては丸太の横取りを行う際の抵抗を I に

述べたところを考慮して見込まねばならない.

VI 架空索万能支持器*

渡　辺　治　人

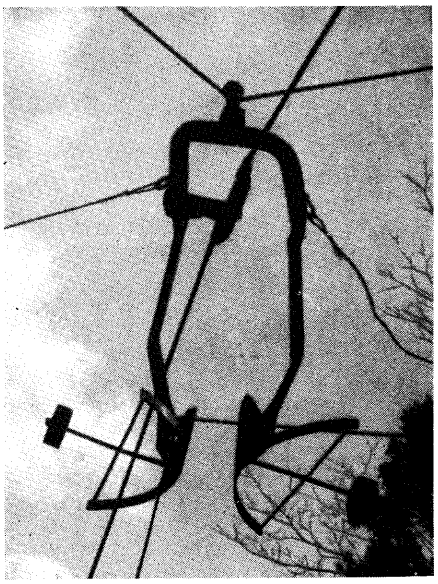
1. 緒　言

従来の架空線集材はほとんどすべてが直線集材であつて,地形上方向を変える必要がある時は,所謂二段集材三段集材等と称して2本以上の直線架空路を架線し,それぞれの直線路に集材機1台宛使用して,方向が変る点で積みかえを行つている.もし適当な曲線用支持器を用いて途中の積みかえなしに1台の集材機で集材することが出来れば,作業上経済上得られる利便は大きい.　かような見地から直線集材,曲線集材,峯越集材のいづれにも使用出来るエンドレス式架空線集材用の架空索万能支持器を試作し,これに適用する搬器を作つた.

2. 支持器の構造

この支持器は第7図及び写真2に示すように器枠部,主索支持部,曳索支持部の3部から成立している.器枠部は主索支持部と曳索支持部を装備して支柱に取付ける本支持器の主体である.　主索支持部は胴金具,中央金具,翼金具,　連結金具より成り,連結金具で器枠部に連結され,その調節によつて胴金具が直立,左方傾斜並びに右方傾斜することが出来る.曳索支持部は吊金具,曳索受滑車,調整錘,誘導金具より成り,同形のものを器枠部の左右両下端にピン結合で吊す.

Photograph 2

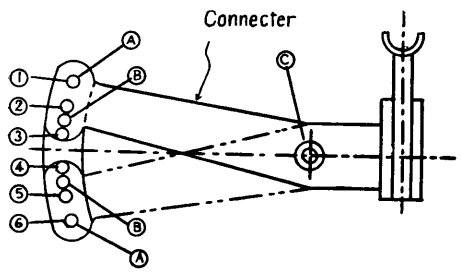


3. 使用法

(1). 直線路の支持

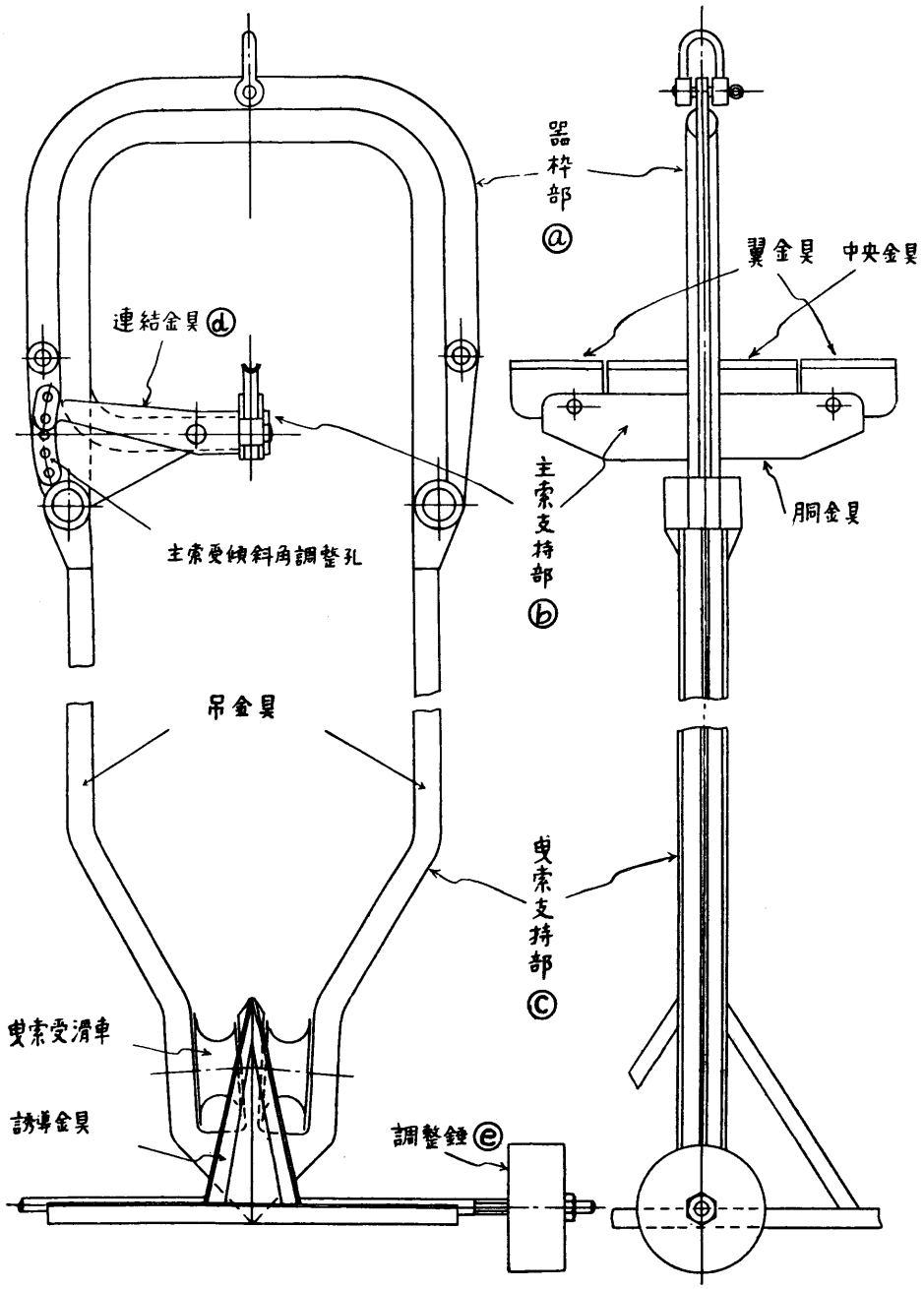
第8図に示す主索支持部の連結金具のピン孔Aと器枠部のピン孔1とを合せてピンを通せば主索支持部の胴金具は直立する.左右2個の曳索支持部を器枠部の左右下端にピンで連結する.　支持器全体を直立させた時に左右の曳索支持部の内側が相接して,その内側頂端が同高となるよう調整錘を調節する.器枠部の上方水平部と左右の直立部にある取付索孔に鋼索を通して支持器全体が直立するように支柱に取付ける(直立すれば左右の曳索支持部の内側頂部が同高となる).　次に主索を主索支持部の中央金具と翼金具の溝にはめこんで主索を緊張すれば主索は安定する.

Figure 8



* 第62回日本林学会大会において講演(昭和28年4月)

Figure 7


器枠部 ⓐ
翼金具
中央金具
連結金具 ⓓ
主索受傾斜角調整孔
主索支持部 ⓑ
胴金具
吊金具
曳索支持部 ⓒ
曳索受滑車
誘導金具
調整錘 ⓔ

搬器の荷吊索に荷物を吊つた搬器が本支持器を通過する際は，先づ曳索支持部の滑車にのつている前方曳索が滑車から浮いて離れ，左右の曳索支持部の内側は閉ぢる．次に荷物を吊つた索が多少揺れていても誘導金具で捕えられて左右の曳索支持部の間に導かれ，両曳索支持部の間を押し開いて確実に通過し，通過後に両曳索支持部の間は調整錘の作用によつて閉ぢる．その後に搬器にとりつけた後方曳索が左右いづれかの曳索受滑車にすべり込んで確実に支持される．

(2). 右廻り曲線路の支持

主索支持部の連結金具を第8図実線の状態にとりつけ，曲線の程度に応じて主索支持部の連結金具のピン孔と器枠部のピン孔とを第12表に示すように適当に合せてピンを通せば主索支持部の胴金具は左方へ傾く．次に左右の曳索支持部を器枠部にピンで連結し，調整錘で

Table 12

右廻曲線 Right turn			左廻曲線 Left turn		
器枠部の孔 Hole of frame	連結金具の孔 Hole of connecter	傾斜角 Inclination	器枠部の孔 Hole of frame	連結金具の孔 Hole of connecter	傾斜角 Inclination
1	A	0°	6	A	0°
3	B	3	4	B	3
2	A	6	5	A	6
4	B	9	3	B	9
3	A	12	4	A	12
5	B	15	2	B	15
4	A	18	3	A	18
6	B	21	1	B	21
5	A	24	2	A	24

(1) の場合と同様に調節する．器枠部の上方水平部と左方直立部にある取付索孔に鋼索を通して支持器が直立するよう支柱にとりつける．次に主索を主索支持部の上面の溝にはめ込めば胴金具と共に中央金具と翼金具は左方へ傾いているので主索を締めれば主索は安定する．

搬器通過の際は，先づ前方曳索が右方の曳索受滑車から浮いて離れ，右方へ曳き上げられていた右方曳索支持部は調整錘の作用で左方へ揺れて左方曳索支持部に衝突し，左右への揺れは直ちに止んで左右の曳索支持部の間は閉ぢる．次に荷吊索が誘導金具に導かれて閉ぢた間を押し分けて通過し，通過後は再び閉ぢる．その後に後方曳索は右方曳索受滑車にすべり込んで確実に支持される．

(3). 左廻り曲線路の支持

主索支持部の連結金具のピン C を抜き連結金具を上下逆にして第8図に示す点線の状態に器枠部にとりつけてピン C を通す．次に曲線の程度に応じて連結金具のピン孔と器枠部のピン孔とを第12表に示すように適当に合せてピンを通せば，主索支持部の胴金具は右方へ傾く．左右の曳索支持部を器枠部にピンで連結し，調整錘で (1) の場合と同様に調節する．器枠部の上方水平部と右方直立部にある取付索孔に鋼索を通して支持器が直立するよう支柱に取付ける．主索を主索支持部の上面の溝にはめて主索を締めれば胴金具が右方へ傾いているので主索は溝上に安定する．

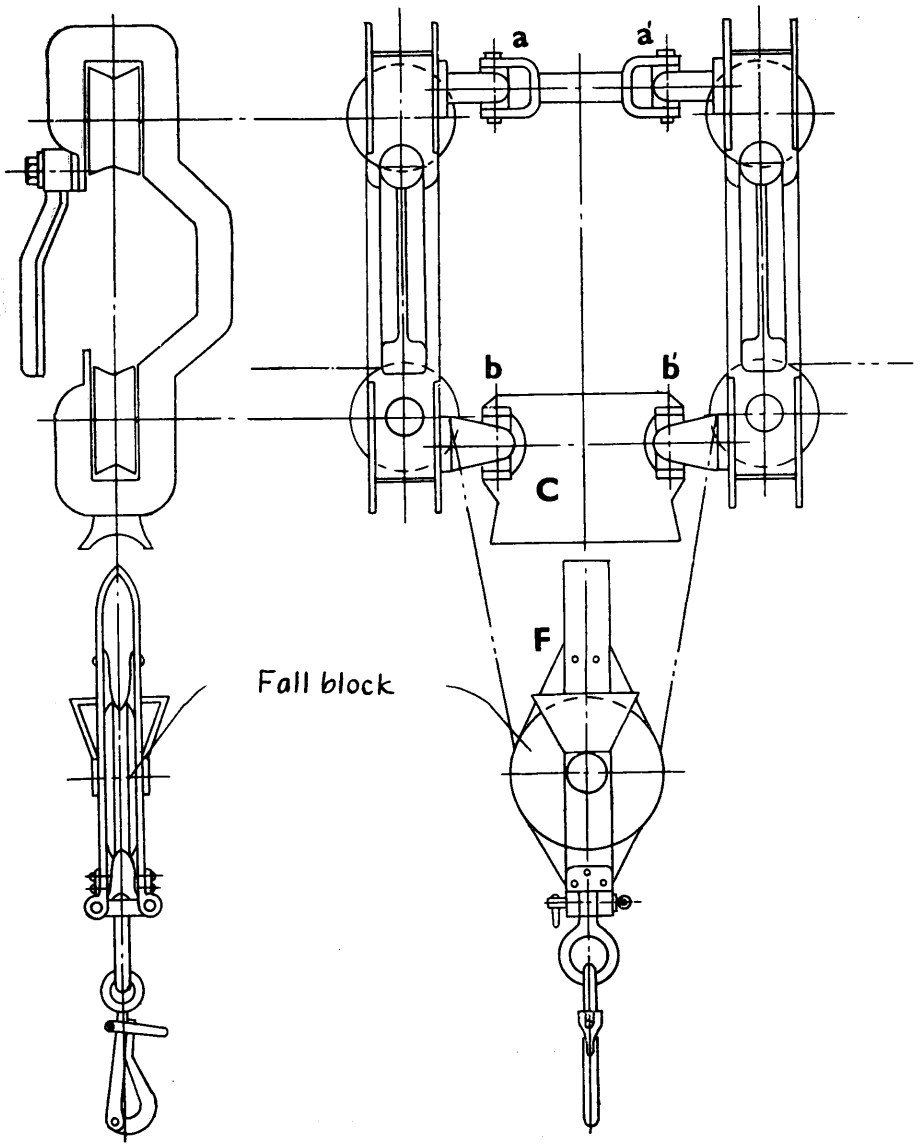
搬器の通過は（2）の場合と同様であるが，曳索はこの場合は左方曳索支持部の滑車にすべり込んで支持される．

4．支持器の特長

（1）．主索支持部は連結金具の調整により，直線路では直立，右廻り曲線路では左方傾斜左廻り曲線路では右方傾斜することにより，主索の支持を確実に行うことが出来る．

（2）．左右2個の同形同大の曳索支持部は調整錘の調節によつて主索支持部の直下でそれぞれの内側を相接する．搬器が通過する際は，搬器の荷吊索が誘導金具によつて確実に左

Figure 9



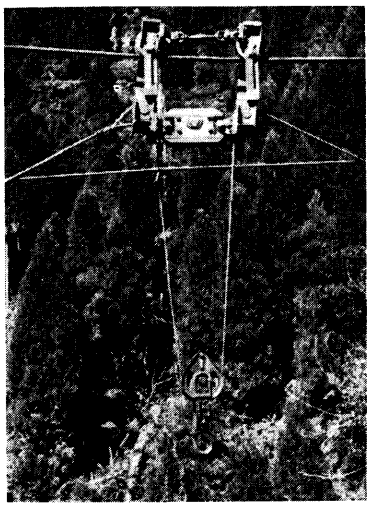
右の曳索支持部間に導かれ，これを押し分けて通過し，その後に曳索は直線路，左廻り及び右廻り曲線路に相応して左右いづれかの曳索受滑車に確実に支持される．

(3). エンドレス式架空線集材の基本架索方式のように主索1本と曳索1本を用いる型式であれば，直線路，左廻り曲線路，右廻り曲線路，背向曲線路のいづれにも支持器として利用出来る．

(4). 主索支持部，曳索支持部が同一器枠部に装備されているために取付け，取はづし，移転が容易である．

(5). 構造と作用が簡明で製作修理が容易であり，作業も確実に行われる．

Photograph 3



5．搬　器

搬器が曲線路の支持器を通過する際には水平的にも垂直的にも可なり急激な方向変換を行うため，搬器は複雑な抵抗を受ける．そのために従来の固定した走行滑車を有する搬器では無理を生じ通過が円滑でない．この無理を減少するために第9図及び写真3に示す曲走用搬器を試作した．2個の単滑車搬器を水平方向及び垂直方向に回転自在なピン結合によつて連結し，これによつて搬器が受ける抵抗を単純化して，支持器通過の際の無理を減少させるよう工夫した．第9図の a，a′，b，b′ は水平と垂直方向に軸を有する自在接手である．

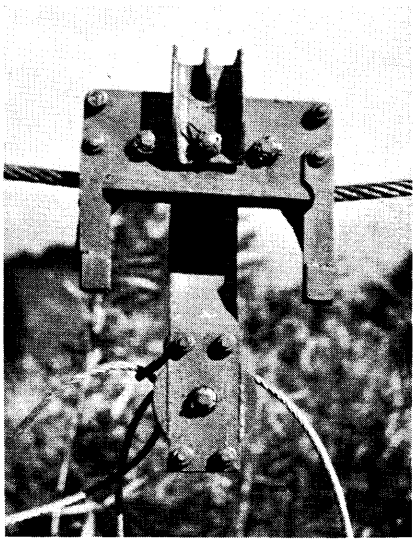
VII　集材作業の第3回実地試験*

渡辺治人，太田　基，武藤和也

1．緒　言

架空索万能支持器の性能を検討するために曲線集材の実地試験を行つた．試験は熊本営林局管内の熊本営林署金峯山国有林において，昭和28年2月に7日間行つた．架索方式はエンドレス式架空線集材の基本方式とし，試験用のエンドレス式小型集材機を使用した．写真4に示す搬器を用い，長さ6～10m の杉丸太（0.5～1.5石）を運搬した．

Photograph 4



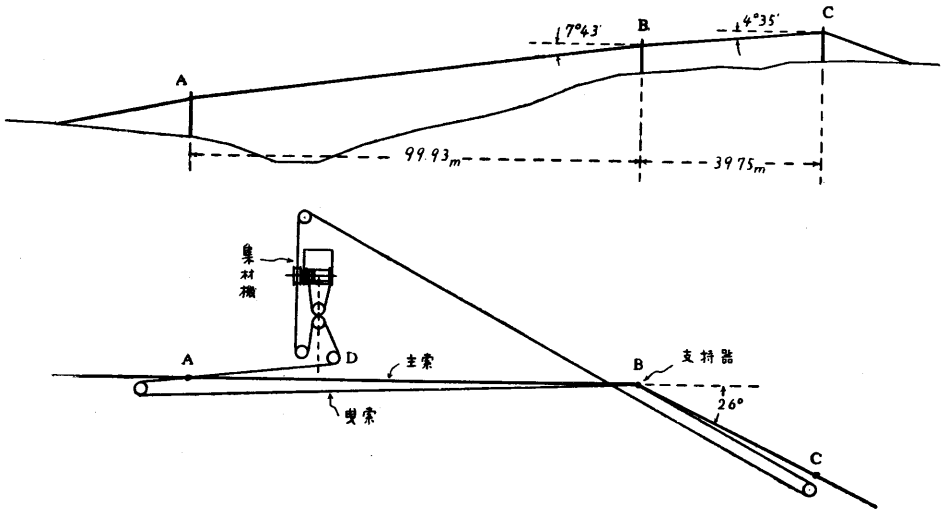
2．試験方法

第10図に示すように A，B，C の3個所に支柱を設け，A–B 間は水平距離 99.93 m，高低差 13.55 m，B–C 間は水平距離 39.75 m，高

* 第62回日本林学会大会において講演（昭和28年4月）

低差 3.91 m, A–B と B–C の偏倚角 26° として B 支柱に支持器を取付けた. B–C 間に散在している杉丸太を横取りして吊上げ, A 点まで運搬して, 支持器通過の状態を観察し, 同時に D 点に自記動力計を取付けて支持器通過の際の曳索抵抗を測定した.

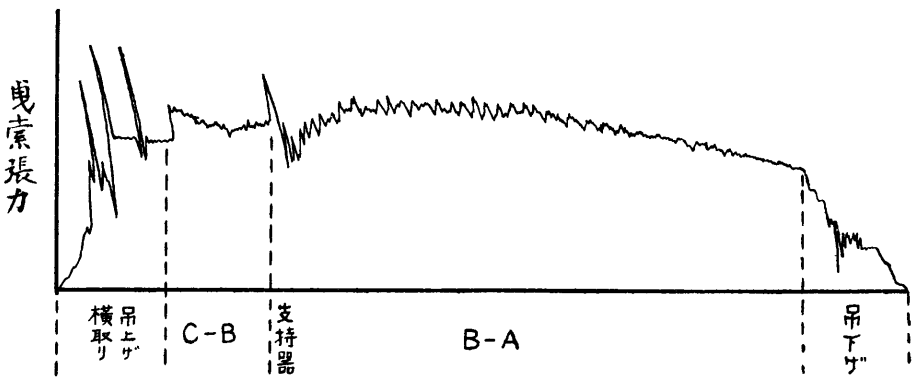
Figure 10



3. 試験成績

試験の成績はいづれの場合も少しの故障なく, 主索の支持も安定であり, 曲線部における搬器の通過も曳索の支持も確実であつて, 充分に実用性があることが観察出来た. 自記動力計により測定した一例を示せば第 11 図のように搬器が支持器を比較的円滑に通過していることを示している. この試験では偏倚角が 26° であるが, 搬器が円滑に支持器を通過するにはこの程度の偏倚角を上限とするのが適当であるように観察された.

Figure 11



VIII 集材作業の第4回実地試験*

渡辺治人，太田基，大庭正治，武藤和也

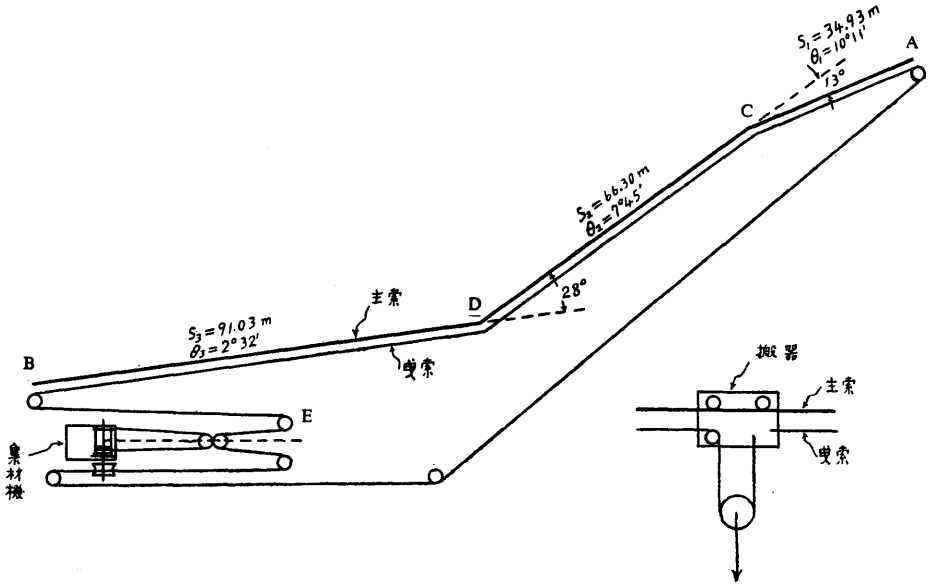
1. 緒 言

VII に述べた第3回実地試験の結果として架空索万能支持器が曲線集材に実用出来る見通しがついた．然し搬器には簡易な滑車を使用したので更に **VI**，5 に述べた曲走用搬器を用い背向曲線路を架線して搬器の実用性と背向曲線集材の可能性を検討する実地試験を行つた．試験は熊本営林局管内の浜町営林署内大臣国有林において昭和28年10月に10日間行つた．

2. 試験設備

6×19，中心麻入，直径24 mmの鋼索を主索として第12図に示すように架線した．ACDB の全水平距離は 192.26 m，AC 間は水平距離 34.93 m，傾斜角 10°11′，CD 間は水平距離 66.30 m，傾斜角 7°45′，DB 間は水平距離 91.03 m，傾斜角 2°32′ である．C 点では偏倚角 13° で左廻り，D 点では偏倚角 28° で右廻りに方向が変る．C，D 点には第7図に示す架空索万能支持器を使用した．曳索には 6×19，中心麻入，直径 12 mm の鋼索を用い，架索方式は第12図に示すようにエンドレス式の基本方式とした．集材機は実用型のエンドレス式集材機を用いた．搬器は第9図に示す構造のものを使用し，運搬荷重は約2石 500 kg のツガ丸太 4 m 材を用いた．

Figrue 12



3. 試験方法

主索の A 点に読取動力計をとりつけ，下げ木の時は曳索の E 点に，上げ木の時は曳索

---

* 第63回日本林学会大会において講演（昭和29年4月）

の A 点に自記動力計をとりつけて，上げ木と下げ木の試験を行つた．搬器が支持器を通過する状況を観察すると共に，曳索の張力変化を自記させて曲線部に於ける張力の変化を調べた．

4．試験結果

主索を弛く張つた状態（主索張力 1000 kg）で下げ木5回（曳索張力の変化状態の1例を第13図に示す），強く張つた状態（主索張力 2000 kg）で下げ木5回（曳索張力の変化状態の1例を第14図に示す），上げ木5回（曳索張力の変化状態の1例を第15図に示す）を行い，その曳索張力の変化を平均して模式図を示せば第16図の通りである．

Figure 13

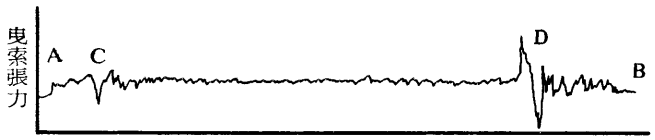
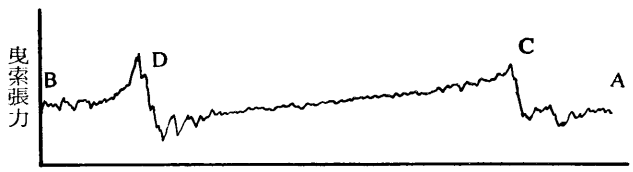


Figure 14

Figure 15



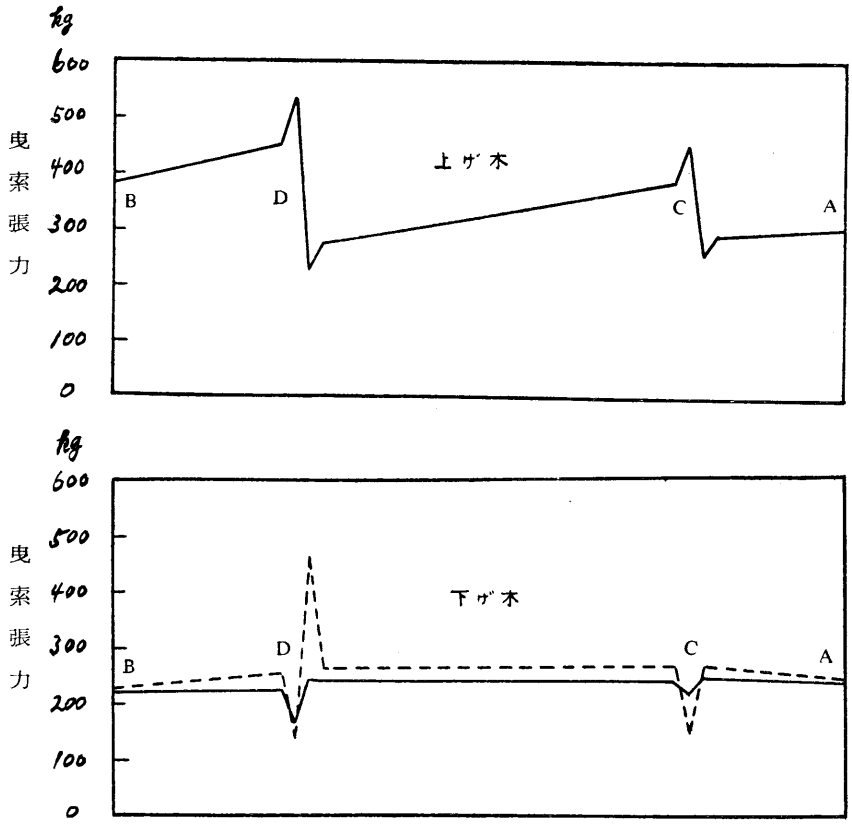
下げ木では，主索が弛んだ状態では C 点の通過は円滑であるが，D 点の通過は可なり無理を生ずることが観察された．曳索の張力も C 点では殆んど増加をみないが，D点では約 200 kg の増加が記録された．主索を強く張ると曳索の張力増加は C，D 点ともに殆んどないが，D 点では通過の際に荷重の動揺がかなりはげしい．

上げ木では D 点で約 90 kg，C 点で約 70 kg の張力増加があるが，支持器の通過はいづれも円滑である．

下げ木で主索が弛んだ場合に支持器通過が円滑でないのは，D 点の偏倚角が大きいことにもよるが，更に第12図に示すように下方曳索が搬器に固定されていないためであることが観察によつて判つた．上げ木の場合は上方曳索が搬器に固定してあるために張力の増加はあつても通過は円滑である．然し通過を円滑にするためには上げ木下げ木ともに主索を相当に強く張ることが必要である．

支持器における主索の支持は常に安定であり，曳索も確実に支持された．搬器は支持器通過の際に受ける抵抗に応じ変形して抵抗を単純化し，生ずる無理を相当に減じていることが明瞭に観察された．

Figure 16



5. 結　言

試験の結果により曲線部の通過を円滑にするには，

(1). 運搬荷重の量を多少減じても主索を相当に緊張することが必要である．

(2). 1個の支持器で確実に方向を変えることの出来る偏倚角は25°までとし，それ以上の偏倚角に対しては相応して支持器の数を増すことが必要である．

(3). 曳索を搬器に固定してない方向に集材する時は，第9図に示すフォーリング・ブロック F が搬器の下部 C 中にはまり込む迄引き上げて後搬器を移動することが必要である．

これ等のことを注意すれば，いかなる方向の曲線集材も実用化出来る．

IX　振動法による架空索線の緊張度判定に関する実験*

渡辺治人，太田基，重松将雄

1. 緒　言

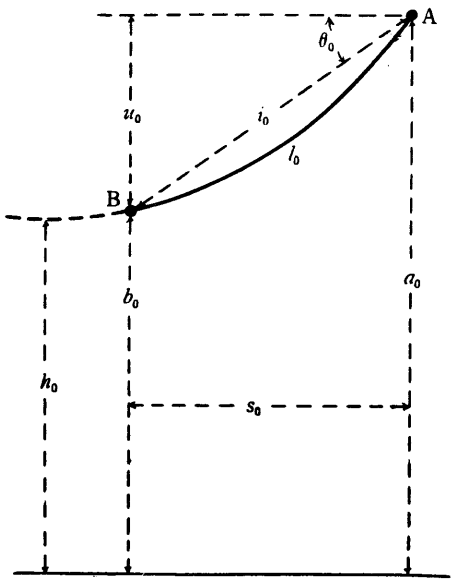
2支点間に張つた架空索線の一方の支点に近い箇所で索線を叩くと，振動を起して横波は他の支点に伝わる．他の支点に達した波は打ち返して来て，更に繰返し2支点間を往復

* 第7回日本林学会九州支部大会において講演（昭和27年11月）
日本林学会九州支部研究抄報　第7号に掲載（昭和27年11月）

する．この振動を利用して簡単に索線の緊張度を判定することが出来る．

2．計算式

Figure 17



弦の横波の進行速度を表わす公式は，

$$v=\sqrt{\frac{T}{M}} \qquad (1)$$

式中，v ＝横波の進行速度，T＝弦に作用する張力，M＝弦の単位長さの質量．

第17図に示すA，Bなる2支点間に張られた索線は垂曲線を描く．この索線を伝わる横波の進行速度を工学単位で表わせば

$$v=\sqrt{\frac{T_0}{\frac{W}{g}}} \qquad (2)$$

式中，v＝横波の進行速度（m/sec），T_0＝索線に作用する平均張力（kg），W＝索線の単位長さの重量（kg/m），g＝重力の加速度＝9.8(m/sec^2)．

長さ l_0(m) なる索線を伝波速度 v(m/sec) なる横波が1往復するに要する時間を μ(sec) とすれば，

$$\mu=\frac{2l_0}{v} \qquad (3)$$

(2)，(3) 式から，

$$T_0=\frac{W}{g}v^2=\frac{W}{g}\frac{4l_0^2}{\mu^2} \qquad (4)$$

垂曲線を描く索線に作用する張力の水平分力は垂曲線のいづれの点においても一定で，次式から求まる．

$$H_0=T_0\cos\theta_0 \qquad (5)$$

式中，H_0＝索線に作用する張力の水平分力（kg），T_0＝索線に作用する平均張力（kg），θ_0＝索線の両端支点間の傾斜角．

(4)，(5) 式から，

$$H_0=\frac{W}{g}\frac{4l_0^2}{\mu^2}\cos\theta_0 \qquad (6)$$

垂曲線のパラメターを h_0(m) とすれば，

$$h_0=\frac{H_0}{W}$$

故に，

$$h_0=\frac{4}{g}\frac{l_0^2}{\mu^2}\cos\theta_0 \qquad (7)$$

従つて，

$$\mu^2=\frac{4}{g}\frac{l_0^2}{h_0\sec\theta_0}$$

$$\mu=\sqrt{\frac{4}{g}}\frac{l_0}{\sqrt{h_0\sec\theta_0}}=0.639\frac{l_0}{\sqrt{h_0\sec\theta_0}} \qquad (8)$$

h_0 の近似値は次のようにして求まる.

長さ l_0 が与えられている時は，**IV** の $(2)_2$ 式から

$$h_0=\frac{{s_0}^2}{\{12({l_0}^2-{i_0}^2)\}^{1/2}} \tag{9}$$

式中，s_0＝両支点間の水平距離（m），i_0＝両支点間の斜距離（m).

A 支点の張力 A_0(kg) 及び B 支点の張力 B_0(kg) が与えられている時は，**IV** の $(2)_1$ 式から

$$h_0=\cos\theta_0\left\{a_0\,b_0-\left(\frac{s_0}{2}\right)^2\right\}^{1/2} \tag{10}$$

但し，　　$a_0=b_0+u_0$

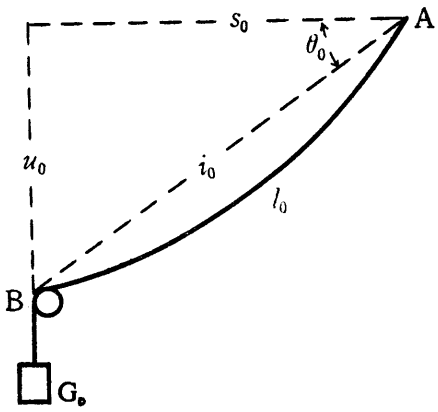
式中，$a_0=\dfrac{A_0}{W}$，$b_0=\dfrac{B_0}{W}$，u_0＝両支点間の高低差（m).

この場合の l_0 の近似値は次式から求まる．**IV** の (3) 式から

$$l_0=\left\{{i_0}^2+\frac{{s_0}^2}{12}\left(\frac{s_0}{h_0}\right)^2\right\}^{1/2} \tag{11}$$

3．実　験

Figure 18



九州大学粕屋演習林において次に述べる2実験を行つた．第18図に示すように鋼索の上端は支点 A で固定し，下端は支点 B の滑車を通してその先端に重錘を吊す．従つて B 支点の張力 B_0(kg) は滑車の摩擦を無視すれば重錘の重量 G_0(kg) に等しい．故に $b_0=\dfrac{B_0}{W}=\dfrac{G_0}{W}$ となる．G_0 を種々変えて，それに相応して描く索線の垂曲線のパラメター h_0 と両支点間の索線の長さ l_0 とを (10)，(11) 式から求め (8) 式から横波が1往復するに要する時間 μ_1 を計算する．

振動波の往復時間を測定するには2人で行い，1人が下方支点から 1 m 以内の箇所で索上に片手を軽くあて，他の手でストップ・ウオッチを操作する．他の1人は支点から 2～4 m 離れた箇所で索を木棒で叩く．振動波が 3～5 回往復する時間を測り，これを往復回数で割つて，1往復に要した時間 μ_2 を求める．計算値 μ_1 と実測値 μ_2 とを比較して，この測定法の実用価値を検討する．

実験　1．

s_0＝120.202 m，u_0＝28.539 m，i_0＝123.543 m なる両支点間に直径 4 mmの 6×19，中心麻入の鋼索（W＝0.0581 kg/m）を張り，重錘の重量を第13表に示す通り5種類用いて実験した．

実験　2．

s_0＝85.444 m，u_0＝10.690 m，i_0＝86.110 m なる両支点間に直径 6 mm の 6×19，中心麻入の鋼索（W＝0.1523 kg/m）を張り，重錘の重量を第13表に示す通り4種類用いて実

験した.

4. 実験結果と考察

実験1と実験2の結果を第13表に示す.

Table 13

	G_0 (kg)	h_0 (m) (10)式より	l_0 (m) (11)式より	μ_1 (sec) (8)式より	μ_2 (sec) 実測より	$\partial\mu$ (sec) $\mu_1-\mu_2$	∂l_0 (m) (12)式より
実験 1	21.5	369.065	124.059	4.070	4.106	−0.036	−0.0179
	26.5	438.487	123.909	3.729	3.697	+0.032	+0.0124
	31.5	538.041	123.786	3.363	3.362	+0.001	+0.0002
	36.5	622.225	123.725	3.126	3.171	−0.045	−0.0103
	41.5	706.300	123.684	2.933	2.998	−0.065	−0.0124
実験 2	31.5	206.153	86.715	3.844	3.812	+0.032	+0.0195
	36.5	239.326	86.559	3.561	3.577	−0.016	−0.0079
	41.5	272.355	86.457	3.335	3.330	+0.005	+0.0020
	51.015	334.963	86.340	3.003	3.007	−0.004	−0.0012

備考　実験1　$s_0 = 120.202$ m, $u_0 = 28.539$m, $W = 0.0581$ kg/m
　　実験2　$s_0 = 85.444$ m, $u_0 = 10.690$m, $W = 0.1523$kg/m

μ の変化量が l_0 に及ぼす影響を知るために (8), (9), (11) 式に於て μ, l_0, h_0 を変数として偏微分を行い, $\partial\mu$ と ∂l_0 との関係を求むれば次式となる.

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial\mu}{\partial l_0}&=\mu\left(\frac{1}{l_0}-\frac{1}{2h_0}\frac{\partial h_0}{\partial l_0}\right)\\ \frac{\partial h_0}{\partial l_0}&=-12\frac{l_0}{s_0}\left(\frac{h_0}{s_0}\right)^3\end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

第13表中の $\partial\mu=\mu_1-\mu_2$ を用いて (12) 式から ∂l_0 を求めた結果を表の最終欄に示す. これによれば計算値と実測値との差による l_0 の変化量は, 実験1において最大 0.0179 m, 索長の 0.014 %, 実験2において最大 0.0195 m, 索長の 0.022 %にすぎない. 従つてこの振動法が索の緊張度のすぐれた測定法であることが判る.

5. 結　言

この振動法を実地に応用するには, 先づ索の適当な緊張度に相当する長さ l_0 を定め, これを (9) 式の l_0 に代入して h_0 を求め, (8) 式から μ を求むれば, 索を締めながら μ を測定して, これが計算値と一致するまで緊張すればよい. その時の a_0 は次式から求まる. **IV** の $(1)_2$ 式から

$$a_0=\left\{\left(\frac{i_0}{2}\right)^2+(h_0\sec\theta_0)^2\right\}^{1/2}+\frac{u_0}{2}$$

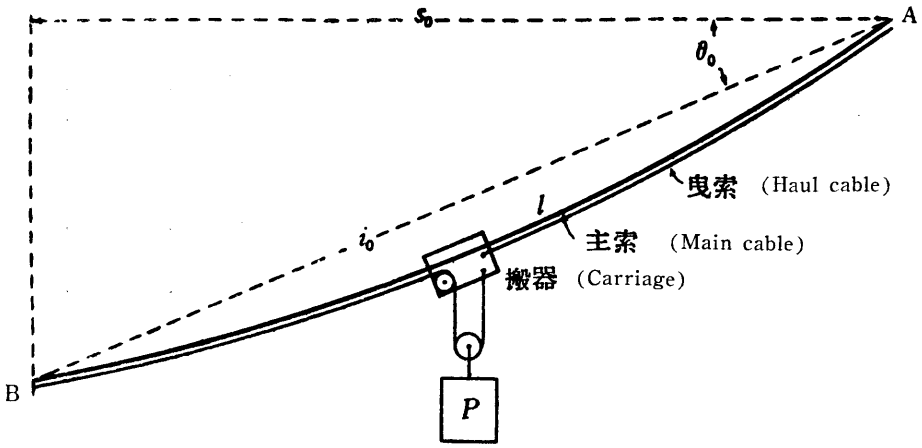
X エンドレス式架空線集材の計算図表*

渡　辺　治　人

1. 緒　言

IV において架空索線に関する静力学的解法を述べたが，その計算法はかなり面倒であるから，これを実用化するため計算図表を作つた．この図表は第19図に示す型式の索張りに適用出来る．

Figure 19



2. 記　号（第19図）

s_0＝A，B 支点間の水平距離（m）

θ_0＝A，B 支点間の傾斜角

i_0＝A，B 支点間の斜距離（m）

l＝A，B 支点間の主索の長さ（m）

$\frac{l}{i_0}$＝主索の緊張度

W_c＝主索の単位長さの重量（kg/m）

W_t＝曳索の単位長さの重量（kg/m）

P＝運搬荷重（搬器と附属品及び運搬材の重量（kg））

$p=\frac{P}{W_c}$(m)，　$\varepsilon=\frac{W_t}{W_c}$

μ＝振動波が A，B 支点間の主索の長さを1往復するに要する時間（sec）

第1図表乃至第5図表は s_0，θ_0，p の関係，第6図表乃至第10図表は s_0，θ_0，ε の関係，第11図表乃至第15図表は s_0，θ_0，μ の関係を示す．

3. 条　件

(1)．(主索の許容破断長)＝(主索の破断長)÷(主索の張力安全率)＝3500 m

---

* 第63回日本林学会大会において講演（昭和29年4月）

(2). (曳索の許容破断長)=(曳索の破断長)÷(曳索の張力安全率)=2300 m
但し，(主索の破断長)=(主索の保証破断力)÷(主索の単位長さの重量)
(曳索の破断長)=(曳索の保証破断力)÷(曳索の単位長さの重量)

4．使用法

$s_0=340$ m, $\theta_0=17°$ の場合

(1). $p=\frac{P}{W_c}$(m) の値

$s_0=300$ m, $\theta_0=17°$ 及び $s_0=400$ m, $\theta_0=17°$ に対する p の値を第1図表乃至第5図表から求める（第14表）. $s_0=340$ m, $\theta_0=17°$ に対する p の値は第14表から比例補間法によつて求める（第15表）.

Table 14

s_0 / l/i_0	300	400	備　　考
1.001	152	87	第 1 図 表
1.002	297	226	第 2 図 表
1.003	411	337	第 3 図 表
1.005	602	527	第 4 図 表
1.007	764	681	第 5 図 表

Table 15

s_0 / l/i_0	340
1.001	$152-(152-87)\times\frac{40}{100}=126$
1.002	$297-(297-226)\times\frac{40}{100}=269$
1.003	$411-(411-337)\times\frac{40}{100}=381$
1.005	$602-(602-527)\times\frac{40}{100}=572$
1.007	$764-(764-681)\times\frac{40}{100}=731$

(2). $\varepsilon=\frac{W_t}{W_c}$ の値

$s_0=300$ m, $\theta_0=17°$ 及び $s_0=400$ m, $\theta_0=17°$ に対する ε の値を第6図表乃至第10図表から求める（第16表）. $s_0=340$ m, $\theta_0=17°$ に対する ε の値は第16表から比例補間法によつて求める（第17表）.

(3). μ（sec）の値

$s_0=300$ m, $\theta_0=17°$ 及び $s_0=400$ m, $\theta_0=17°$ に対する μ の値を第11図表乃至第15図表から求める（第18表）. $s_0=340$ m, $\theta_0=17°$ に対する μ の値は第18表から比例補間法によつて求める（第19表）.

Table 16

l/i_0 \ s_0	300	400	備　　考
1.001	0.056	0.033	第 6 図 表
1.002	0.108	0.084	第 7 図 表
1.003	0.150	0.126	第 8 図 表
1.005	0.219	0.193	第 9 図 表
1.007	0.281	0.252	第 10 図 表

Table 17

l/i_0 \ s_0	340
1.001	$0.056 - (0.056 - 0.033) \times \frac{40}{100} = 0.047$
1.002	$0.108 - (0.108 - 0.084) \times \frac{40}{100} = 0.098$
1.003	$0.150 - (0.150 - 0.126) \times \frac{40}{100} = 0.140$
1.005	$0.219 - (0.219 - 0.193) \times \frac{40}{100} = 0.209$
1.007	$0.281 - (0.281 - 0.252) \times \frac{40}{100} = 0.269$

Table 18

l/i_0 \ s_0	300	400	備　　考
1.001	4.57	5.28	第 11 図 表
1.002	5.43	6.26	第 12 図 表
1.003	6.02	6.97	第 13 図 表
1.005	6.85	7.90	第 14 図 表
1.007	7.47	8.61	第 15 図 表

Table 19

l/i_0 \ s_0	340
1.001	$4.57 + (5.28 - 4.57) \times \frac{40}{100} = 4.85$
1.002	$5.43 + (6.26 - 5.43) \times \frac{40}{100} = 5.76$
1.003	$6.02 + (6.97 - 6.02) \times \frac{40}{100} = 6.40$
1.005	$6.85 + (7.90 - 6.85) \times \frac{40}{100} = 7.27$
1.007	$7.47 + (8.61 - 7.47) \times \frac{40}{100} = 7.93$

かくして第15表，第17表及び第19表に求めた $s_0=340$ m，$\theta_0=17°$ に対する p，ε，μ の値と $\frac{l}{i_0}$ との関係を第16図表に示すように描く．(第16図表には同様にして求めた $s_0=560$ m，$\theta_0=15°$ に対する曲線が併記してある)．

(A)．主索の緊張度を $\frac{l}{i_0}=1.0035$ とする場合

第16図表 (a) から $p=\frac{P}{W_c}=432$ m

(b) から $\varepsilon=\frac{W_t}{W_c}=0.158$

(c) から $\mu=6.63$ sec

例えば，第8表に示す 6×19 鋼索を主索と曳索に用いるとすれば，直径 24 mm ($W_c=2.10$ kg/m) を主索とする時は，

運搬荷重は $P=pW_c=432\times2.10=907$ kg

曳索の重量は $W_t=\varepsilon W_c=0.158\times2.10=0.332$ kg/m

従つて第8表から 6×19，直径 10 mm ($W_t=0.365$ kg/m) を曳索とすればよい．

又，運搬荷重 $P=1400$ kg を運搬する時は，

主索の重量は $W_c=\frac{P}{p}=\frac{1400}{432}=3.240$ kg/m

曳索の重量は $W_t=\varepsilon W_c=0.158\times3.240=0.512$ kg/m

従つて第8表から 6×19 直径 30 mm ($W_c=3.29$ kg/m) を主索に用い，6×19 直径 12 mm ($W_t=0.526$ kg/m) を曳索に用いればよい．

主索を $\frac{l}{i_0}=1.0035$ の緊張度に張るには主索を振動波が1往復するに要する時間が $\mu=6.63$ sec となるまで緊張すればよい．

張力に対する安全率は，主索も曳索も第8表の1種鋼索を用いるとすれば，概略次の値となる．

条件 (1) から，主索の張力安全率 $=\frac{14100}{3500}=4.0$

条件 (2) から，曳索の張力安全率 $=\frac{14100}{3500}=6.1$

(B)．主索に第7表に示す 6×7 鋼索の直径 28 mm ($W_c=2.90$ kg/m) を用い，曳索に第8表に示す 6×19 鋼索の直径 12 mm ($W_t=0.526$ kg/m) を用いるとすれば，

$$\varepsilon=\frac{W_t}{W_c}=\frac{0.526}{2.90}=0.181$$

第16図表 (b) から $\varepsilon=0.181$ に対応する $\frac{l}{i_0}$ の値は 1.0042 となる．故に主索は緊張度が $\frac{l}{i_0}=1.0042$ となるように張ればよい．

$\frac{l}{i_0}=1.0042$ とすれば，

第16図表 (a) から $p=\frac{P}{W_c}=500$ m

(c) から $\mu=6.96$ sec

従つて，運搬荷重は $P=pW_c=500\times2.90=1450$ kg 主索の緊張は振動波の1往復時間が

$\mu=6.96$ sec となる迄締めればよい.

張力に対する安全率は，主索に第7表の2種鋼索を用い，曳索に第8表の2種鋼索を用いれば，

条件（1）から，主索の張力安全率$=\dfrac{16300}{3500}=4.7$

条件（2）から，曳索の張力安全率$=\dfrac{15000}{2300}=6.5$

5．結　言

この図表によつて求めた主索と曳索と運搬荷重と主索の緊張度とを用いる場合は，条件（1）によつて主索の張力安全率は 4～5 であり，条件（2）によつて曳索の張力安全率は 6～7 である．然し実地に当つてはこの制限荷重を超す荷重を運搬する必要が起ることもあり，又この安全率よりも小さい安全率で作業を行つている場合も多い．そこで主索の張力安全率を 4 よりも小さくした場合に運搬荷重を何程割増し出来るかを凡そ判定するために第17図表を作つた．

例えば，$s_0=340$ m，$\theta_0=17°$，$\dfrac{l}{i_0}=1.0035$ では，主索に 6×19 の直径 30 mm（$W_c=2.29$ kg/m）を用い，曳索に 6×19 の直径 12 mm（$W_t=0.526$ kg/m）を用いる時は，第17図表より

主索の張力安全率　$F=4$ では　$p=432$　　$P\fallingdotseq1400$ kg

$F=3.5$　　$p=432\times(1+0.21)=523$　$P\fallingdotseq1700$ kg

$F=3$　　$p=432\times(1+0.45)=626$　$P\fallingdotseq2000$ kg

$F=2.5$　　$p=432\times(1+0.84)=795$　$P\fallingdotseq2600$ kg

$F=2$　　$p=432\times(1+1.33)=1007$　$P\fallingdotseq3300$ kg

曳索の張力安全率 F' は，

$F=4$ では　$F'=6$

$F=3.5$　　$F'=\dfrac{6}{1+0.21}=5.0$

$F=3$　　$F'=\dfrac{6}{1+0.45}=4.1$

$F=2.5$　　$F'=\dfrac{6}{1+0.84}=3.3$

$F=2$　　$F'=\dfrac{6}{1+1.33}=2.6$

要するに与えられた地形に対して第1図表乃至第15図表を用いて第16図表を作れば，これによつて種々の問題が簡単に解ける．

Diagram 1 $\frac{l}{i_0}=1.001$

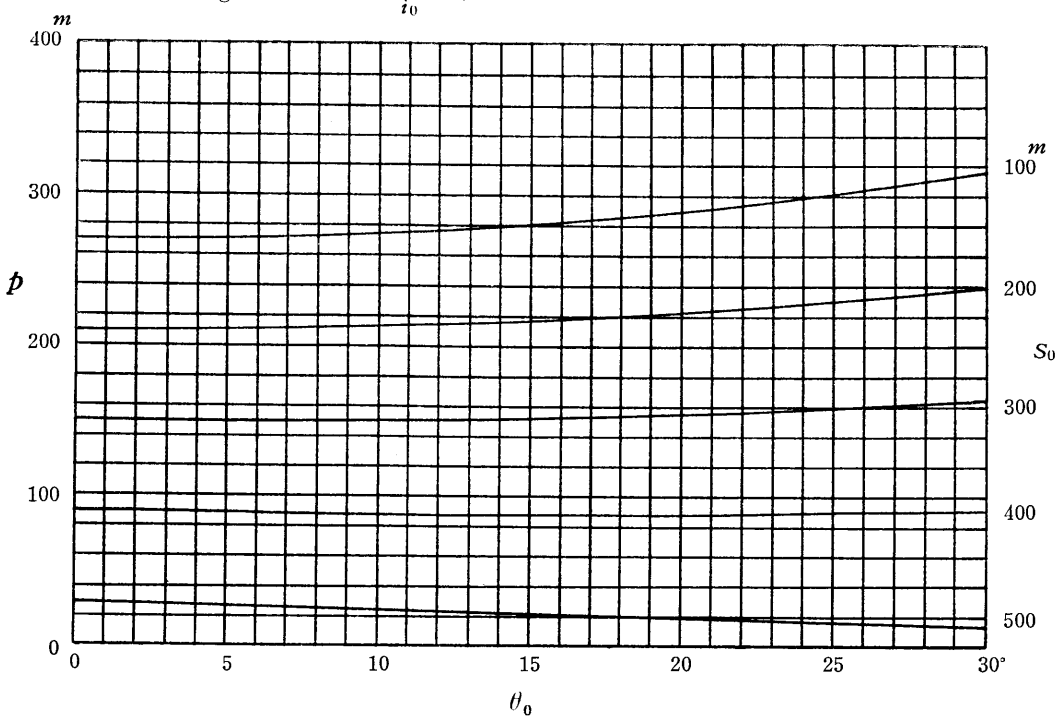


Diagram 2 $\frac{l}{i_0}=1.002$

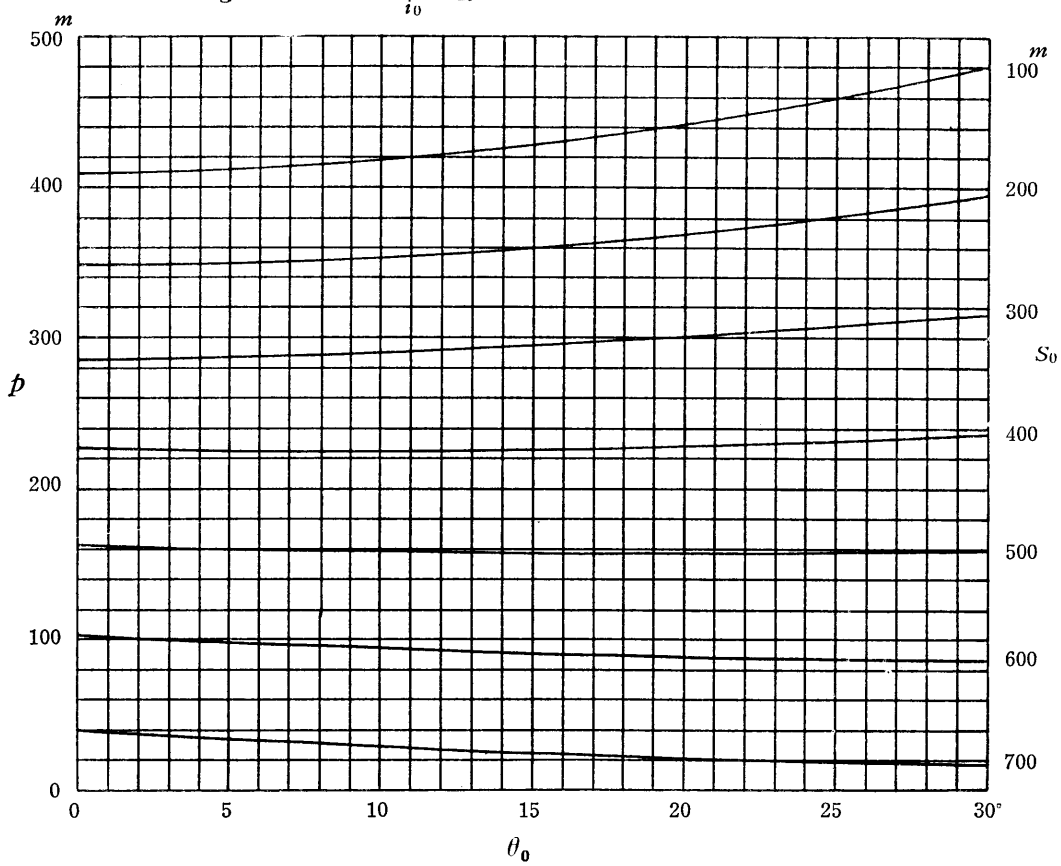


Diagram 3 $\frac{l}{i_0} = 1.003$

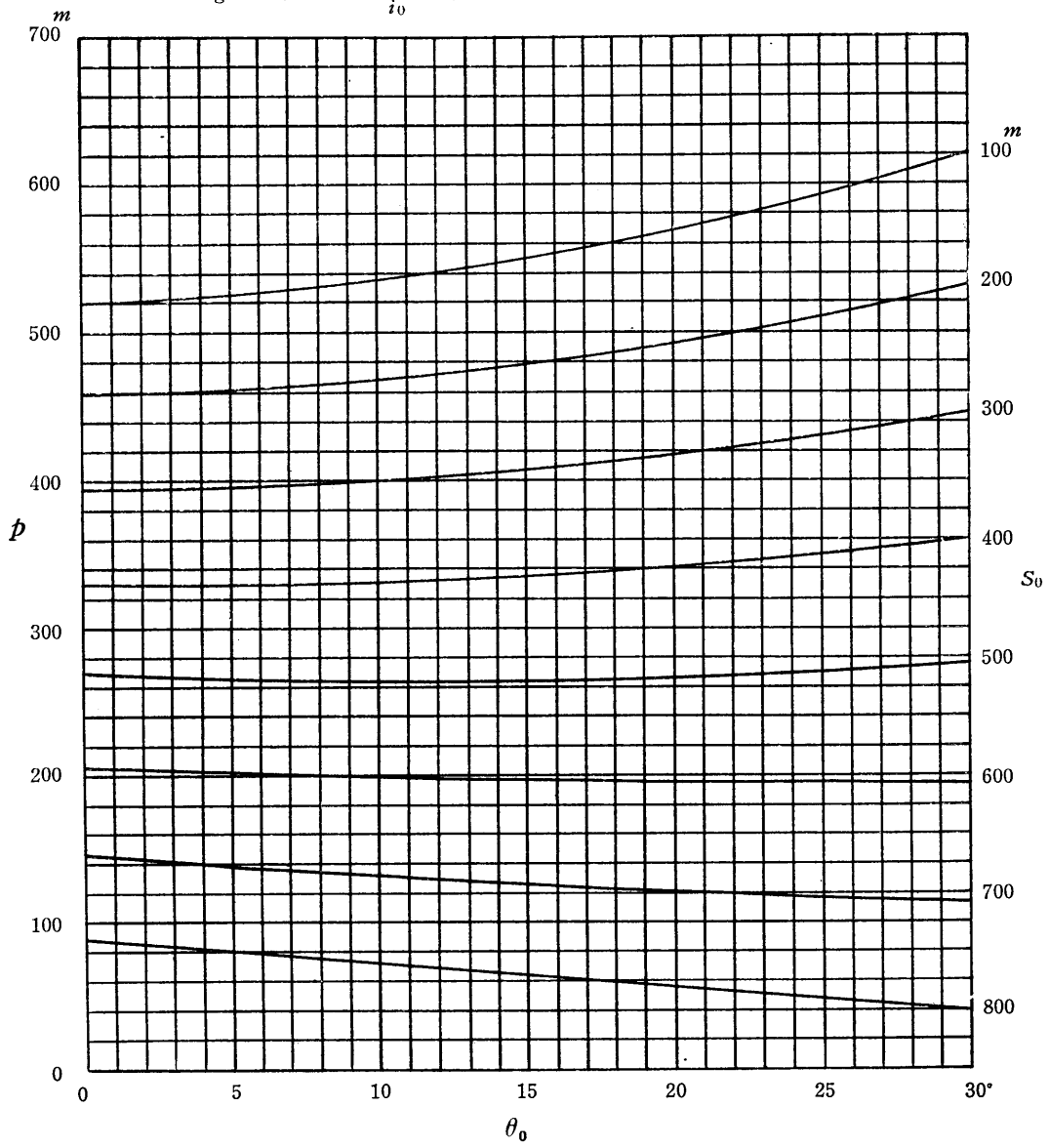


Diagram 4 $\frac{l}{i_0}=1.005$

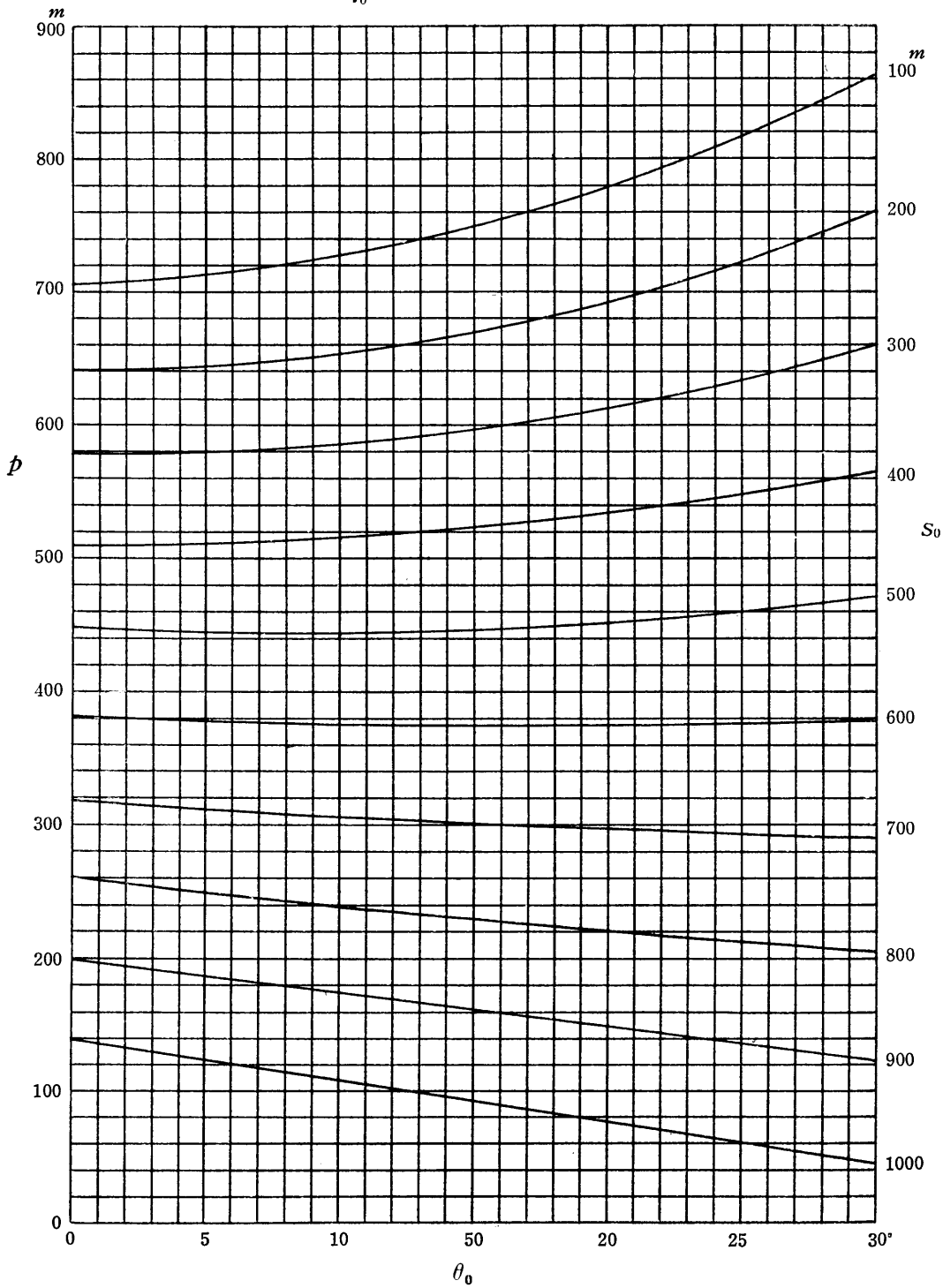


Diagram 5 $\frac{l}{i_0}=1.007$

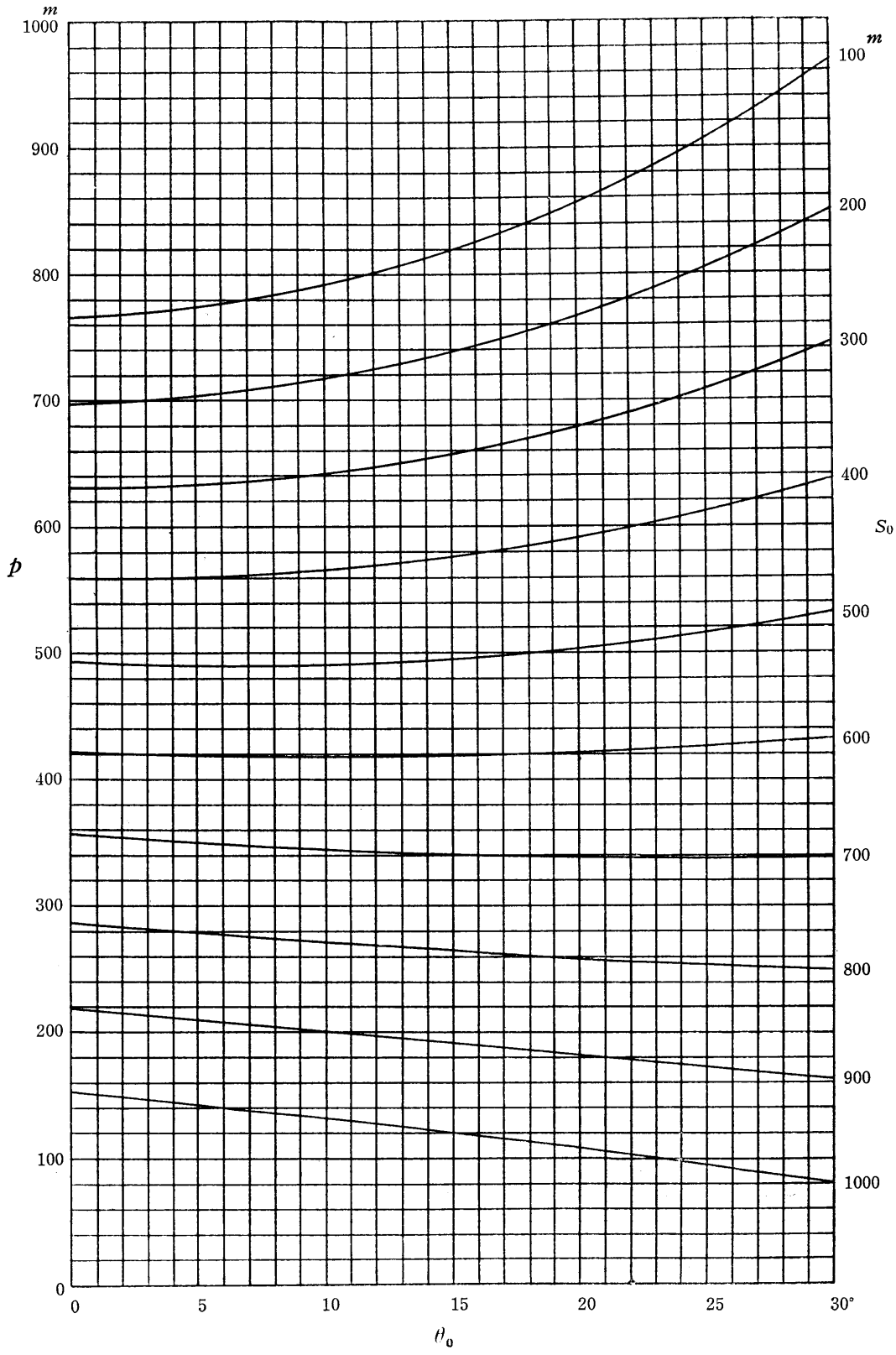


Diagram 6 $\frac{l}{i_0}=1.001$

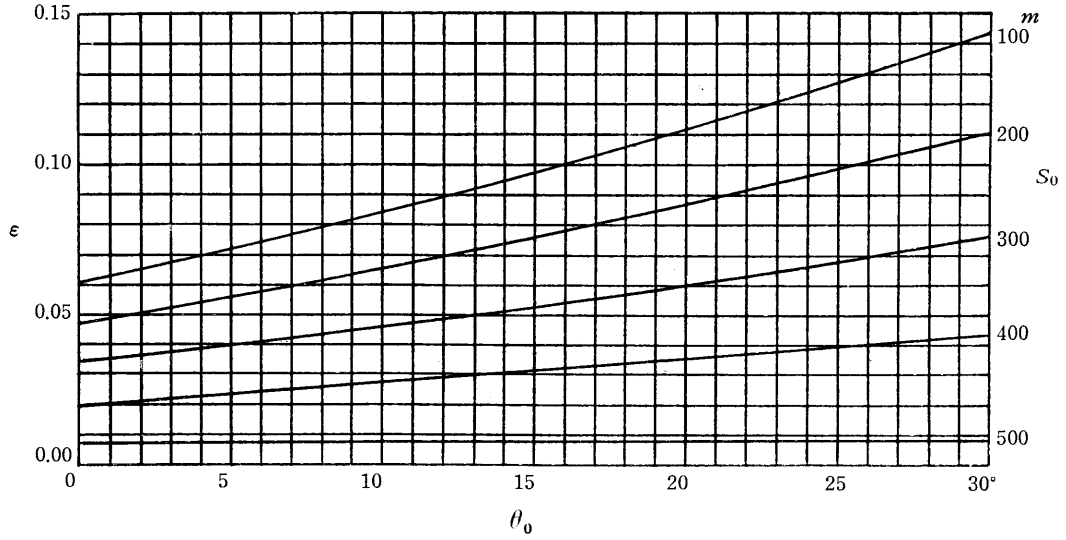


Diagram 7 $\frac{l}{i_0}=1.002$

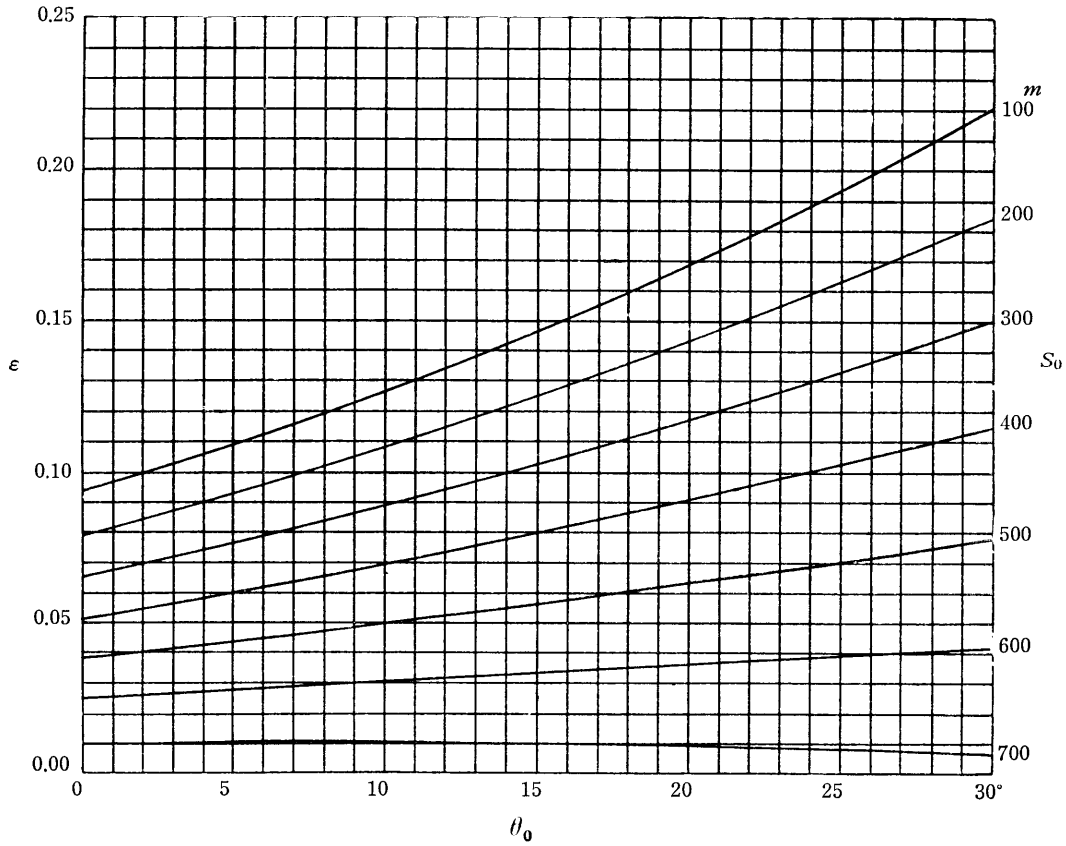


Diagram 8 $\frac{l}{i_0}=1.003$

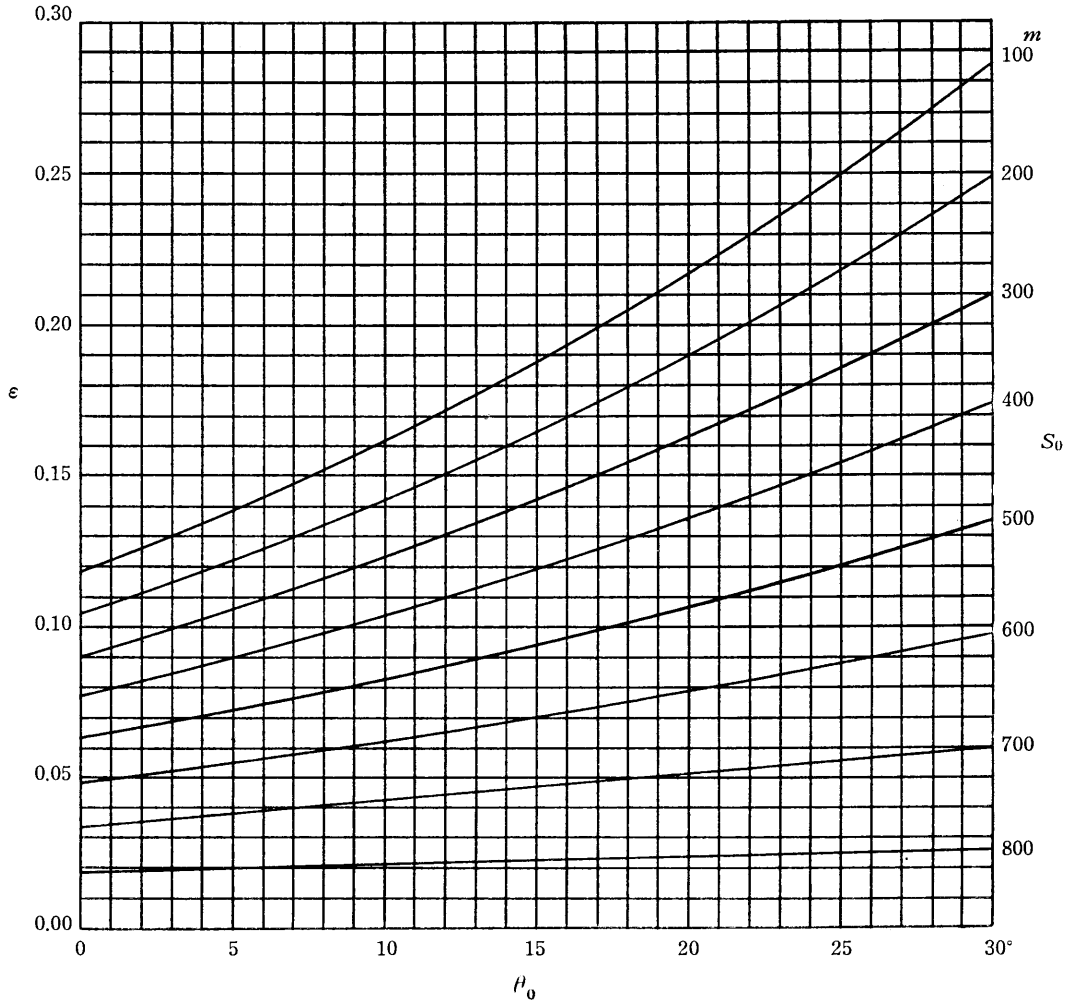


Diagram 9 $\frac{l}{i_0}=1.005$

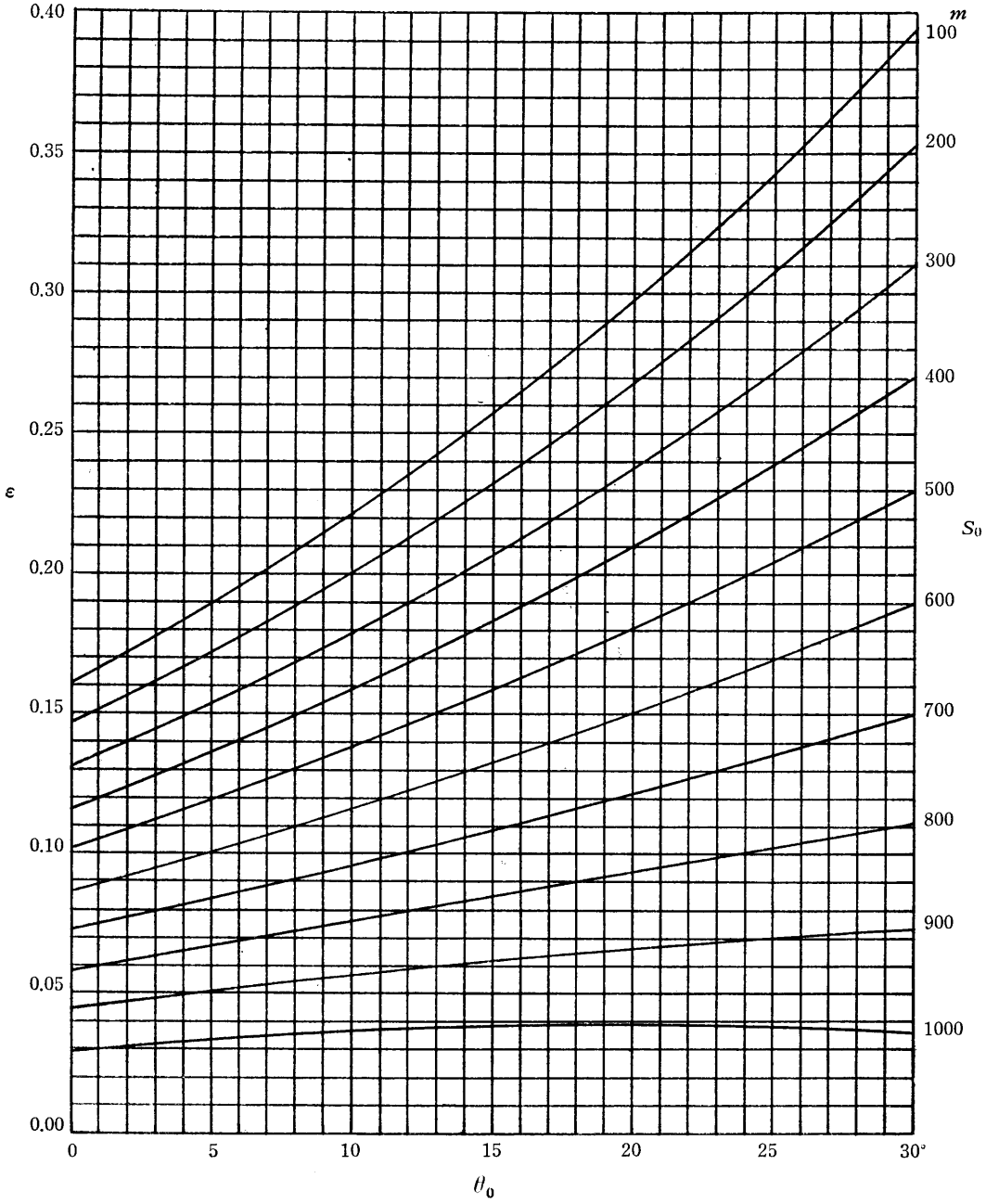


Diagram 10 $\frac{l}{i_0}=1.007$

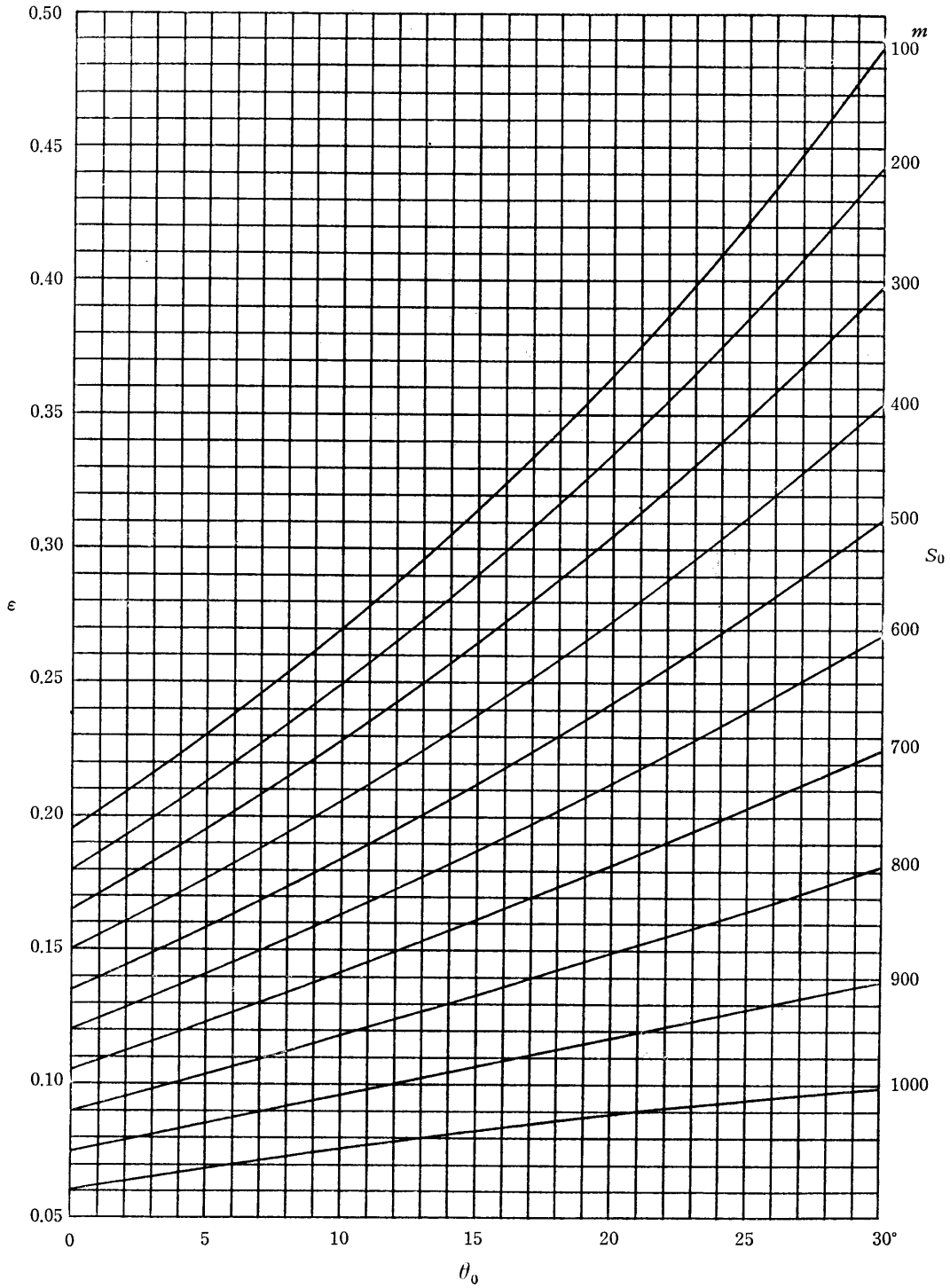


Diagram 11 $\frac{l}{i_0}=1.001$

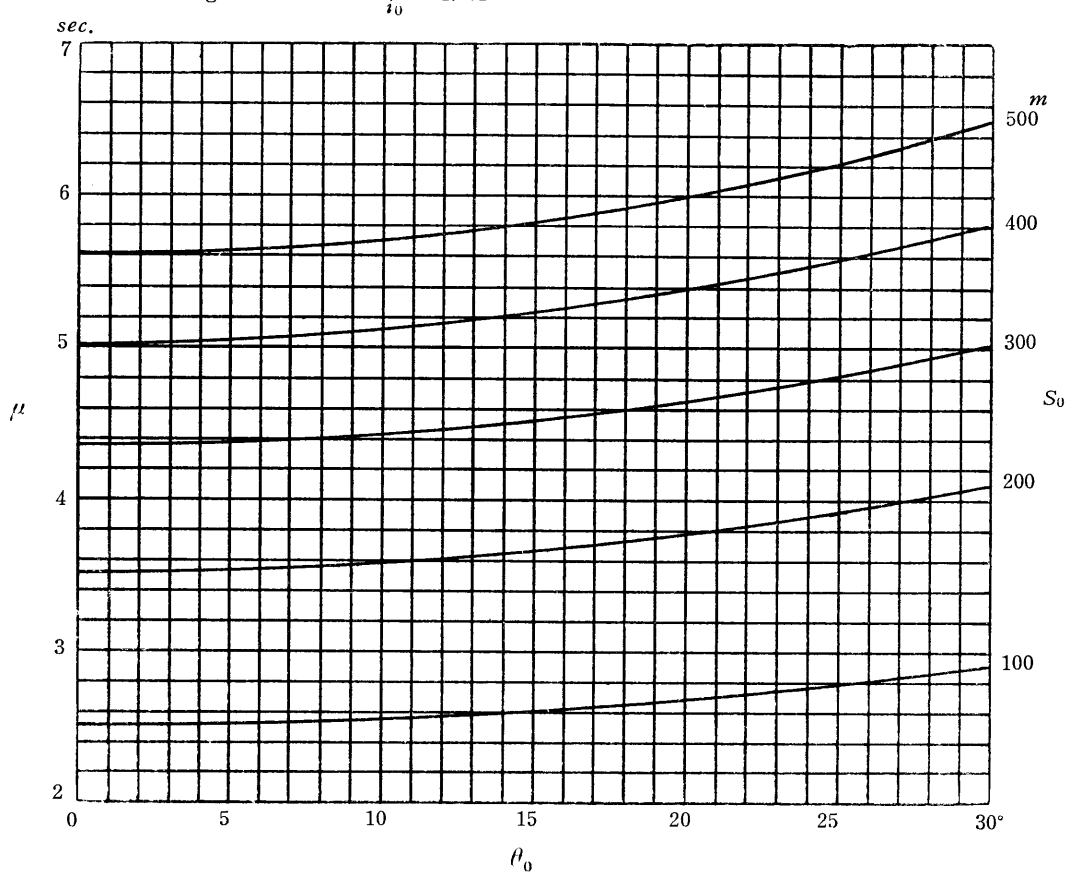


Diagram 12 $\frac{l}{i_0}=1.002$

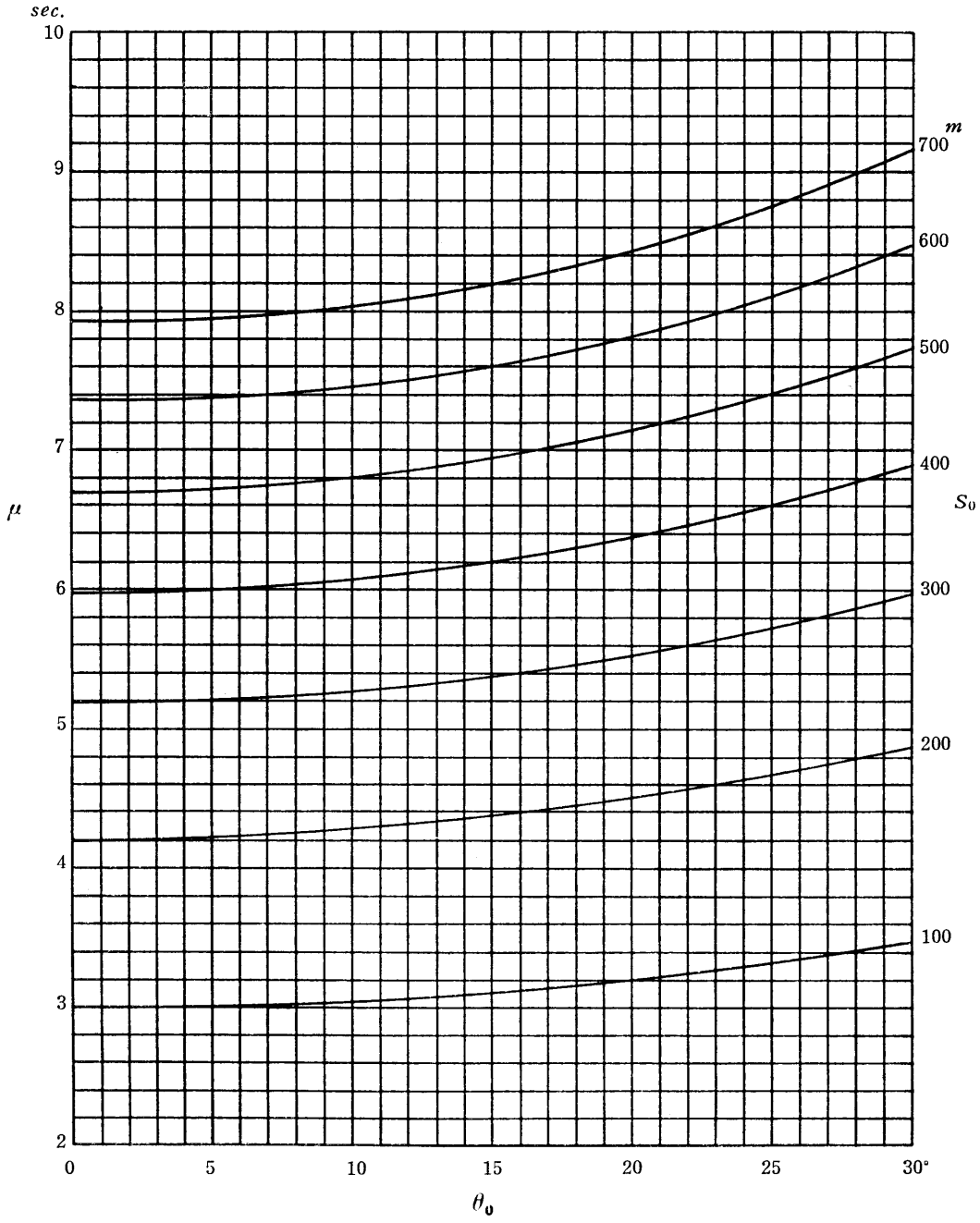
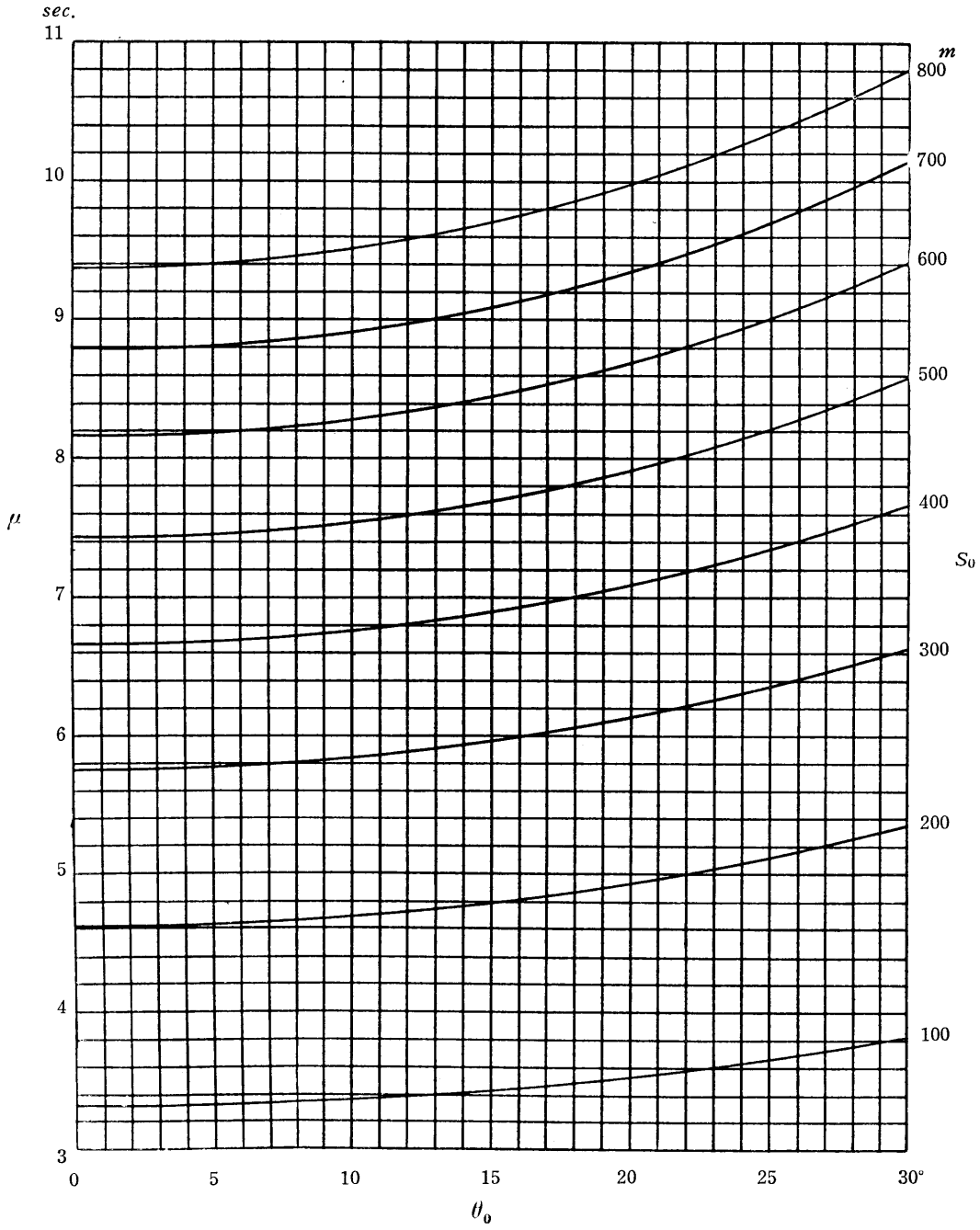
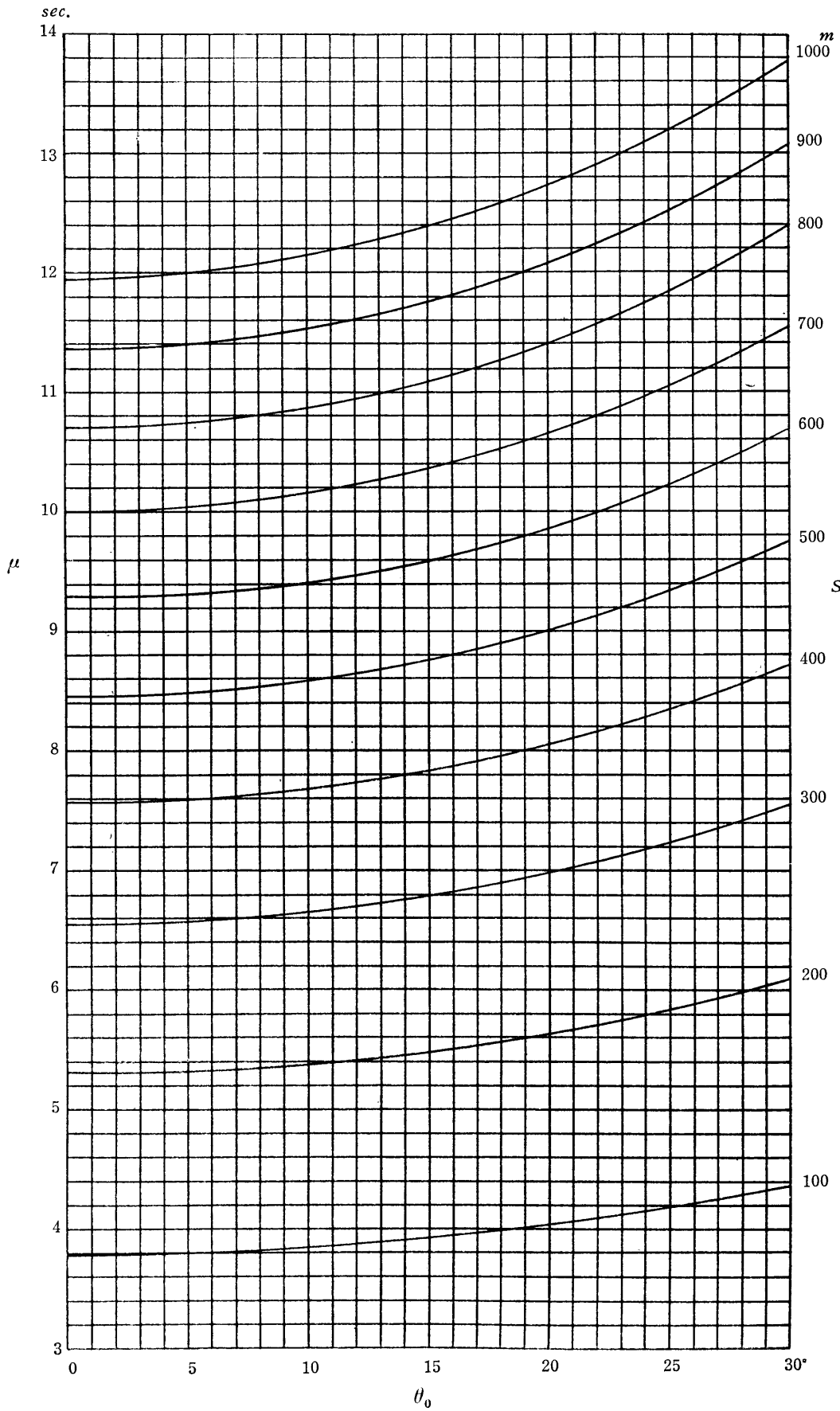


Diagram 13 $\frac{l}{i_0}=1.003$



Digaram 14 $\frac{l}{i_0}=1.005$



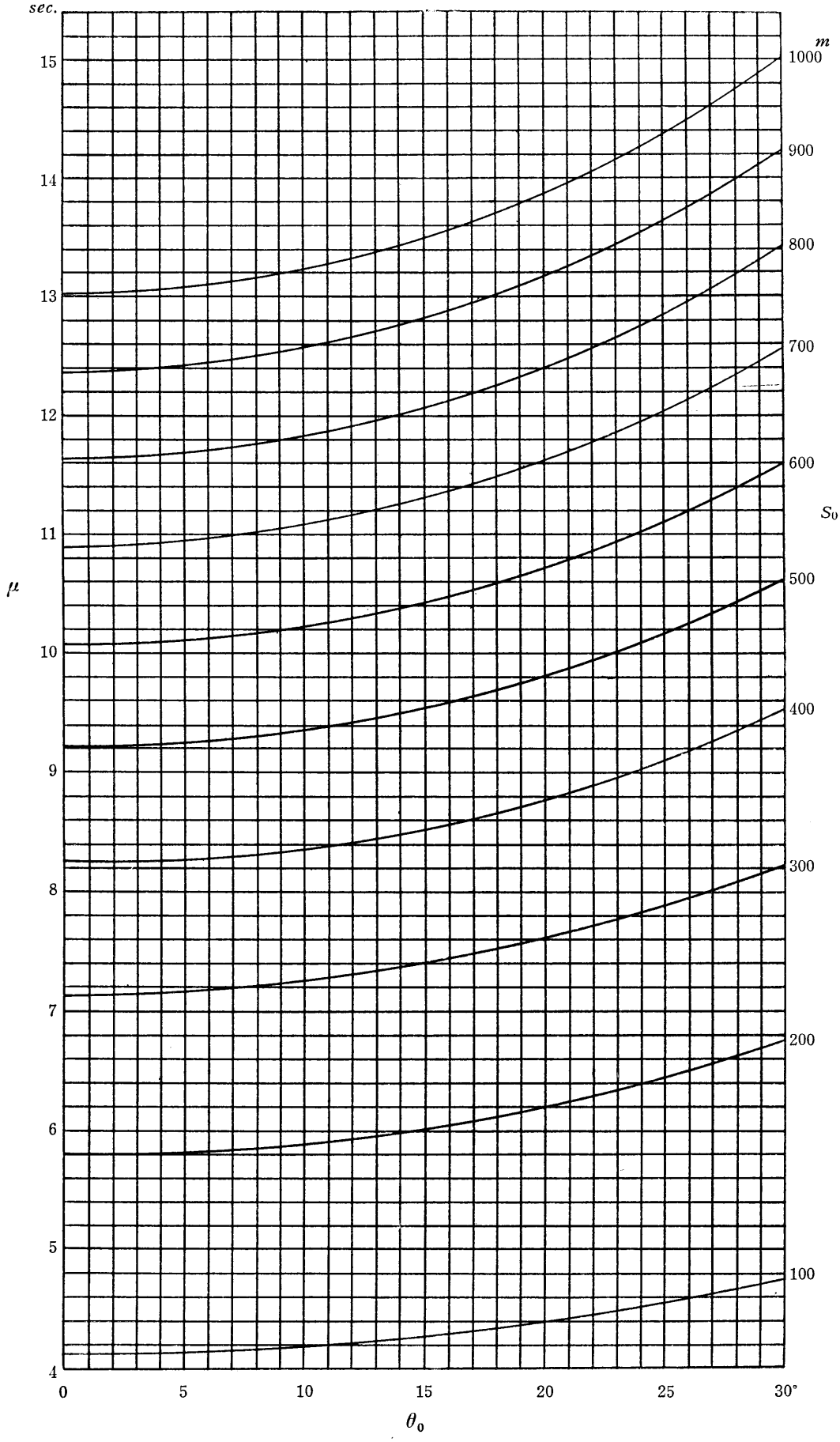

sec.
15
14
13
12
11
μ
10
9
8
7
6
5
4
m
1000
900
800
700
600
S_0
500
400
300
200
100
0
5
10
15
20
25
30°
θ_0

Diagram 16 (*a*)

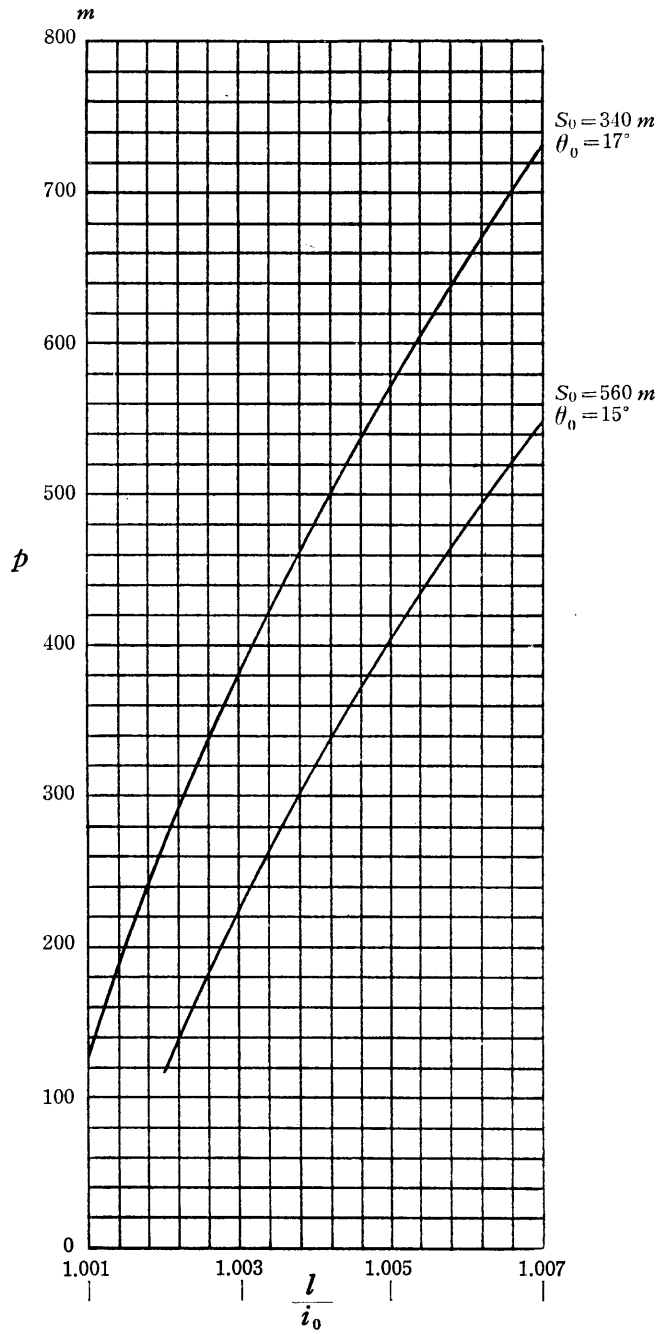

m
800
700
600
500
400
300
200
100
0
p
$S_0 = 340\ m$
$\theta_0 = 17°$
$S_0 = 560\ m$
$\theta_0 = 15°$
1.001
1.003
1.005
1.007
$\frac{l}{i_0}$

Diagram 16 (*b*)

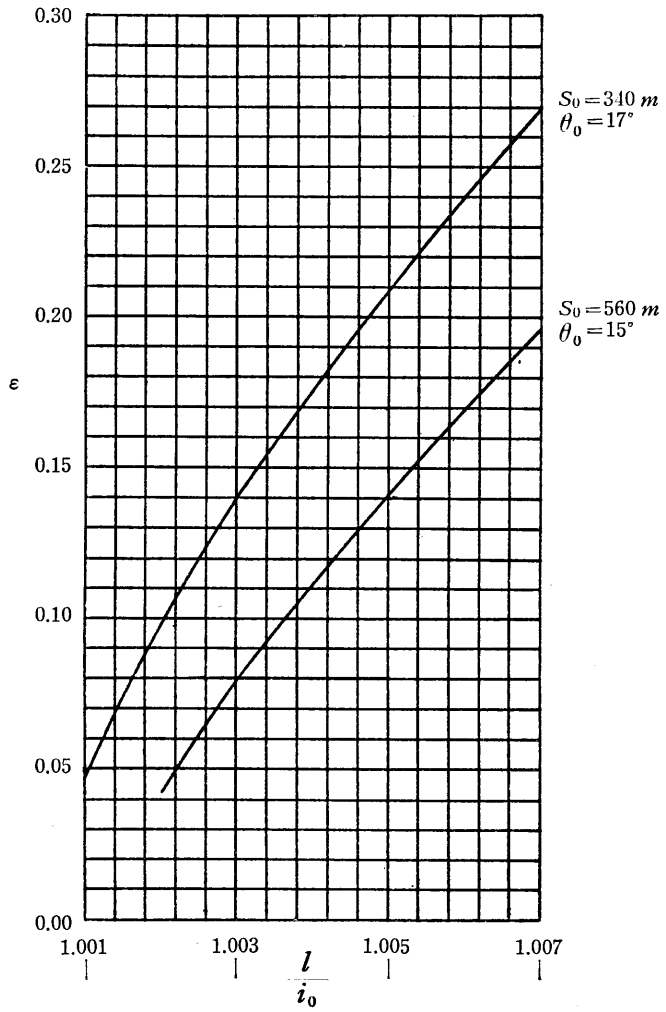

0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
ε
1.001
1.003
1.005
1.007
$\frac{l}{i_0}$
$S_0=340\ m$
$\theta_0=17°$
$S_0=560\ m$
$\theta_0=15°$

Diagram 16 (*c*)

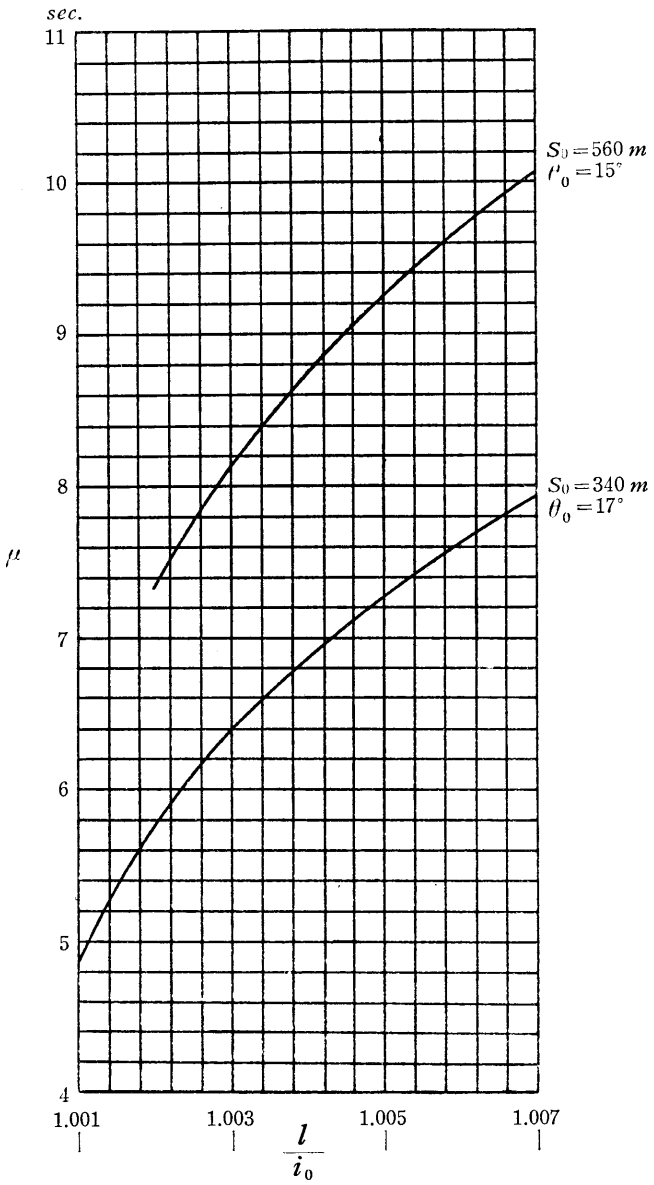
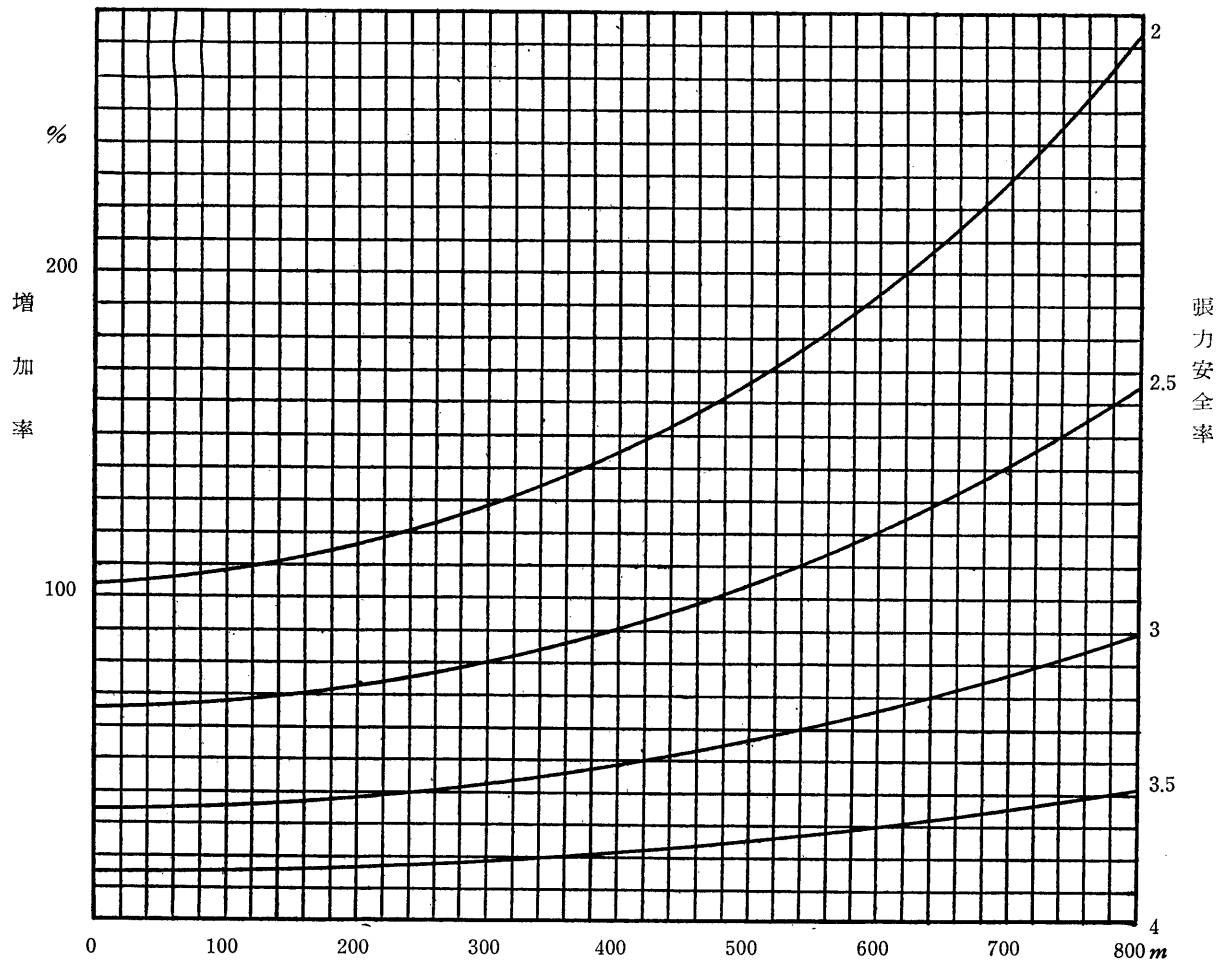

sec.
11
10
9
8
7
6
5
4
μ
$S_0 = 560\ m$
$\theta'_0 = 15°$
$S_0 = 340\ m$
$\theta_0 = 17°$
1.001
1.003
1.005
1.007
$\frac{l}{i_0}$

Diagram 17


%
200
100
増加率
2
2.5
3
3.5
4
張力安全率
0
100
200
300
400
500
600
700
800 m
支点間水平距離

XI 上げ木集材作業の実行例*

大庭正治，武藤和也，松尾武治．山元茂

1．緒 言

昭和27年8月17日から昭和28年1月15日に亘り，熊本営林局管内の浜町営林署大矢国有林において，エンドレス式架空線集材法により，主として電柱用長材の上げ木集材作業を実施した．この実行例は事業を本位とし，実際の作業状態を記録してその結果を取纏めた．

2．実行の概要

作業の現場は海抜高 800 m，平均傾斜 15° で林相は樹令 130～150 年に達するヒノキ，スギ，サワラの優良造林地である．搬出路の関係ですべて上げ木集材を行わねばならぬ地形である．

集材機は4年間使用したトヨダ48年式トラックエンジンを装備した実用型エンドレス式集材機を用い，搬器は側鈑に特殊鋼材を使用したインターロック式の普通型搬器を用いた．

主索には 6×37，中心麻入，直径 12 mm 鋼索を用い，曳索には 6×24，中心麻入，直径 12 mm 及び 10 mm 鋼索を使用した．

索張りはエンドレス式の基本架索方式により，第20表に示すように3伐区に対し3回架設した．主索はすべて直線に張つた．

Table 20

	第1支点と第2支点間		第2支点と第3支点間		第3支点と第4支点間	
	水平距離	傾斜角	水平距離	傾斜角	水平距離	傾斜角
第 1 伐 区	80 m	0°	200 m	5°	120 m	11°
第 2 伐 区	80 m	0°	170 m	9°	150 m	11°
第 3 伐 区	80 m	0°	120 m	9°	190 m	10.5°

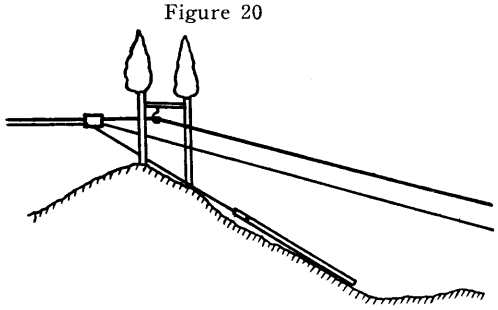
人員は運転手1名，荷掛け2名，荷除けと土場整理2名，合計5名で連絡はノーベルフォンを使用した．

素材は第21表に示すようにスギ 26 %，ヒノキ 68 %，その他 6 %で，電柱材を主とし全材積の 73 % を占め1本当り平均材積は4石である．

3．作業の時間分析

作業種を荷掛け引寄せ，吊上滑車の吊上げ，実搬器の運搬，吊上滑車の吊下げ，荷除け，空の吊上滑車の吊上げ，空搬器の運搬，空の吊上滑車の吊下げに分け，各作業種について所要時間を測定した．特に長大材運搬の場合は中間支柱を通過する際エンジンと鋼索に無理がかかるので，第20図に示す方法によつたために多少時間を多く要した．集材数量を第22表に，時間分析の平均結果を第23表に示す．

Figure 20



4．作業経費の比較

従来の木馬による曳上げ作業とその経費について比較すると第24表及び第25表に示すようになる．木馬による曳上げの場合は集材材積 3,307 石，延人員 1,858 人，単価 343.76

---

* 第8回日本林学会九州支部大会において講演（昭和28年11月） 日本林学会九州支部大会講演集第8号に掲載（昭和28年11月）

Table 21

樹種	材種	本数	材積	百分率	径級（寸）		長級（尺）		材積〔石〕		重量（kg）		備考
					最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	
スギ	電柱	32	137.20	26	5.5	10.5	28	60	1.10	9.86	198	1,775	伐倒玉切剝皮後 1—3月
	長材	28	143.59		12.0	21.0	26.5	40	3.05	9.35	549	1,683	
	一般材	369	595.24		4.5	22.5	6.6	13.2	0.21	6.68	38	1,202	重量は供試木実測
	計	429	876.03		—	—	—	—	—	—	—	—	
ヒノキ	電柱	535	2,113.27	68	5.5	10.5	28	60	1.10	10.37	275	2,593	各石当り
	長材	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	スギ 180kg
	一般材	794	130.60		4.0	20.0	7	14	0.11	5.60	28	1,400	ヒノキ 250kg
	計	1,329	2,243.87		—	—	—	—	—	—	—	—	サワラ 150kg
サワラ	電柱	3	13.43	3	7.5	8.5	43	53	4.24	4.84	636	726	広葉樹 320kg
	長材	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	
	一般材	51	75.46		4.5	22.0	6.6	13.2	0.27	6.39	27	959	ケヤキ，ナラ
	計	54	88.89		—	—	—	—	—	—	—	—	ハリギリ
広葉樹	一般材	78	98.59	3	8.0	18.0	7.0	14.0	0.45	4.54	144	1,453	
合計	電柱	570	2,263.90	69	5.5	10.5	28	60	1.10	10.37	198	2,593	
	長材	28	143.59	4	12.0	21.0	26.5	40	3.05	9.35	549	1,683	
	一般材	1,292	899.89	27	4.0	22.5	6.6	14	0.11	6.68	27	1,453	
	計	1,890	3,307.38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Table 22

伐区	作業期間（月．日）	実働日数	運搬数量				1回当り運搬数量	
			総数		1日当り		平均本数	平均材積（石）
			本数	材積(石)	本数	材積(石)		
1	8.17～9.13	8	620	990.20	71	123.77	2.1	3.64
2	10.3～11.8	8	487	865.98	61	108.22	2.2	3.85
3	11.16～1.15	14	783	1451.20	54	103.65	1.6	3.20
計		30	1890	3307.38				

Table 23

伐区	作業種	荷掛け引寄せ	吊上滑車の吊上げ	実搬器の運搬	吊上滑車の吊下げ	荷除け	空の吊上滑車の吊上げ	空搬器の運搬	空の吊上滑車の吊下げ	時間計
1	平均所要時間(sec)	70	60	330	15	60	8	95	6	644
	平均距離(m)	22	14	300	6	—	6	300	14	—
2	平均所要時間(sec)	43	56	230	18	148	18	98	10	628
	平均距離(m)	25	17	350	6	—	6	350	17	—
3	平均所要時間(sec)	55	39	157	8	62	7	74	8	421
	平均距離(m)	20	13	350	6	—	6	350	13	—

Table 24　集材機による場合の経費

機材費 種別	数量	単価(円)	金額(円)	摘要	当年度償却 率	当年度償却 金額(円)	備考
トヨダ エンジン	1	—	45,000	48年式78HP中古推定価	20	9,000	償却は実際使用に耐える年数として 100%＝1年 50%＝2年 30%＝3年 20%＝5年 但年搬出量5,000石として
〃 修理	1	—	21,180	ボーリング外	100	21,180	
機械組立	1	—	250,000		20	50,000	
キヤレージ	1	—	43,000		30	12,900	
中間支持具	1	—	33,000		30	9,900	
ヒールブロツク	2	7,000	14,000		20	2,800	
サドル 〃	2	3,000	6,000		20	1,200	
スナツチ 〃	10	4,600	46,000	8 吋	100	46,000	
曳索引締 〃	1	—	8,000		20	1,600	
受ロール	1	—	10,000		20	2,000	
支柱金具	1	—	15,000		20	3,000	
荷下フツク	1	—	1,500		100	1,500	
主索	600m	365	219,000	22mm	20	43,800	
曳索	1,000m	125	125,000	12mm	50	62,500	
〃	400m	85	34,000	10mm	50	17,000	
ワイヤクリツプ	10	27	270		100	270	
部品代	—	—	36,040	ドラム1×8,000スナツチブロック2×4,500ベアリング外工具	50	18,200	
修繕費	—	—	4,100	ラジエター外	100	4,100	
機材費計			911,090			306,770	
作業労賃			183,411	延554人	100	183,411	内訳第26表による
燃料費			36,485		100	36,485	内訳第26表による
合計			1,130,986	単位材積当り 159.60円		526,666	

Table 25　木馬による場合の経費

作業種別	数量	経費 一人一日賃金(円)	単価(円)	金額(円)	延人員	摘要
作業木馬道新設	1,300m	5m	380	76	98,800	260	巾員 0.9 m
同 修繕	40人	—	380	—	15,200	40	既設線修理
ウインチ購入	2	—	—	—	60,000	—	5ton 複胴
釘 〃	16〆	—	—	20	3,200	—	5 吋
木馬板 〃	8組	—	—	1,500	12,000	—	11 尺
木馬油 〃	660立	—	—	140	92,400	—	石当り 0.2 立
ワイヤー 〃	400m	—	—	85	34,000	—	10 mm
木寄集材	3,307石	14石	380	27	89,279	236	平均距離 70 m
木馬上げ木	3,307石	2.5石	570	220	727,540	1,323	〃 350 m
材料費	—	—	—	—	2,000	—	針金其他
合計	3,307石			343.76	1,134,419	1,858人	

Table 26　集材機による伐区別経費内訳表

伐区別	作業別	集材距離(m)	勾配 急	勾配 緩	勾配 平均	作業延日数	集材数量 本数	集材数量 材積(石)	労力費 機械移動 延人員	機械移動 賃金(円)	据付,索張試運転 延人員	据付,索張試運転 賃金(円)	修繕 延人員	修繕 賃金(円)	その他 延人員	その他 賃金(円)	作業費 労賃 延人員	作業費 労賃 賃金(円)
1	木寄	50	15	5	8	14	620	990.20	—	—	—	—	—	—	—	—	79	23,880
	集材	300	11	0	7	8			44.5	11,030	50	14,975	—	—	18.5	5,830	43	12,776
2	木寄	60	13	4	6	9.5	487	865.98	—	—	—	—	—	—	—	—	48	15,600
	集材	350	11	0	8	8			18	4,660	23	6,840	—	—	—	—	45	14,160
3	木寄	70	13	2	4	24	783	1,451.20	—	—	—	—	—	—	—	—	103	40,230
	集材	350	11	0	8	14			—	—	25	8,590	3	750	—	—	64	24,090
計	木寄	70	15	2	6	47.5	1,890	3,307.38	—	—	—	—	—	—	—	—	230	79,710
	集材	350	11	0	8	30			52.5	15,690	98	30,405	3	750	18.5	5,830	152	51,026
合計			木寄＋集材			77.5												

伐区別	計 単位当り 人	計 単位当り 賃金(円)	計 一人一日功程(石)	燃料費 消費燃料費内訳 種別	数量(立)	単価(円)	金額(円)	一日当り 数(立)	一日当り 金額(円)	単位材積当 数(立)	単位材積当 金額(円)	経費合計 単位材積当り(円)	経費合計 金額(円)	摘要
1	0.08	24.12	12.5	(主)ガソリン	350	37.10	12,985	44	1,623	0.354	13.12	84.93	84,086	古主索切断のため取替及機械部品5,000 m 木馬曳上
	0.04	12.91	23.2	(補)モビール	56	46.60	2,610	7	326	0.055	2.64			
2	0.055	18.10	18.0	(主)ガソリン	249	34.77	8,658	31	1,082	0.29	10.00	59.76	51,754	
	0.052	16.30	19.2	(補)モビール	36	51.00	1,836	4.5	2.30	0.042	2.12			
3	0.07	27.73	14.1	(主)ガソリン	255	34.77	8,866	18.2	619	0.18	6.11	57.93	84,056	
	0.044	16.10	22.7	(補)モビール	30	51.00	1,530	2.1	109	0.02	1.05			
計	0.07	24.34	14.35	(主)ガソリン	854	—	30,509	28.4	1,017	0.26	9.24	66.50	219,896	
	0.05	15.45	21.71	(補)モビール	122	—	5,976	4.1	199	0.037	1.81			
延 554 人 183,411 円							36,485						219,896	

円，総額 1,134,419 円となり，集材機による曳上げの場合は集材材積 3,307 石，延人員 554 人，単価 159,60 円，総額 526,660 円となる．故に差引利益は延人員 1,304 人，単価 184.16円，総額 607,753 円となる．従つて経費では 187 % の利益率となり，労力では 30 %にて足りたこととなる．

5．結　言

この実行例における素材は造林木としては最大級であり，伐採したものが長大材でしかもすべて上げ木集材であり，しかも労務者が未経験者のみであるにもかかわらず，実働1月にして 3,300 石を故障なく集材し，1日当り平均 110 石を集め得たことはエンドレス式架空線集材法の実用価値を充分に証明するものである．

むすび

(1)．集材機の重量と価格の軽減

II において述べた小型エンドレス式集材機は **III** の実地試験の結果として，1回の運搬量が約500 kg 迄は充分に実用出来る．しかし1回の運搬量がこれより重くなるとエンジンの出力並びに機体の強度が不足する．写真5及び第21図はこの小型集材機の構造に準じて作つた実用型エンドレス式集材機である．その諸元を第27表に示す．従来の複胴集材機に比較すると，実用型で重量も価格も凡そ3割以上の減少となり，小型では6割以上の減少となつた．尚 **III** に述べたエンドレス式架空線集材の基本架索方式によれば，従来の架索方式に比較して曳索の長さが3割以上の減少となる．

(2)．架空線集材の応用の拡大

VI に述べた架空索万能支持器と曲走用搬器の使用により従来未だ実用の域に達していない曲線集材を実用化出来ることが **VII**，**VIII** の実地試験の結果期待出来る．架空線集材の応用を妨げる因子には経済的因子と技術的因子がある．経済的因子としては集材機が安価であるとともに，山地への集材機の搬入，架線，集材作業等に要する経費が成可く少いこと

Photograph 5

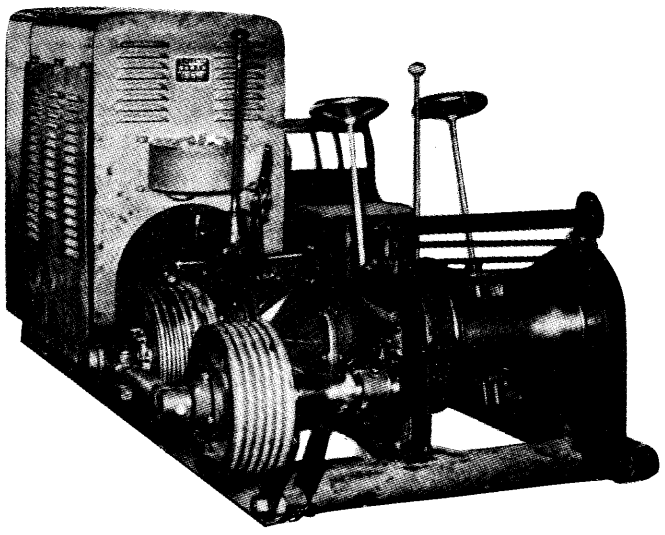
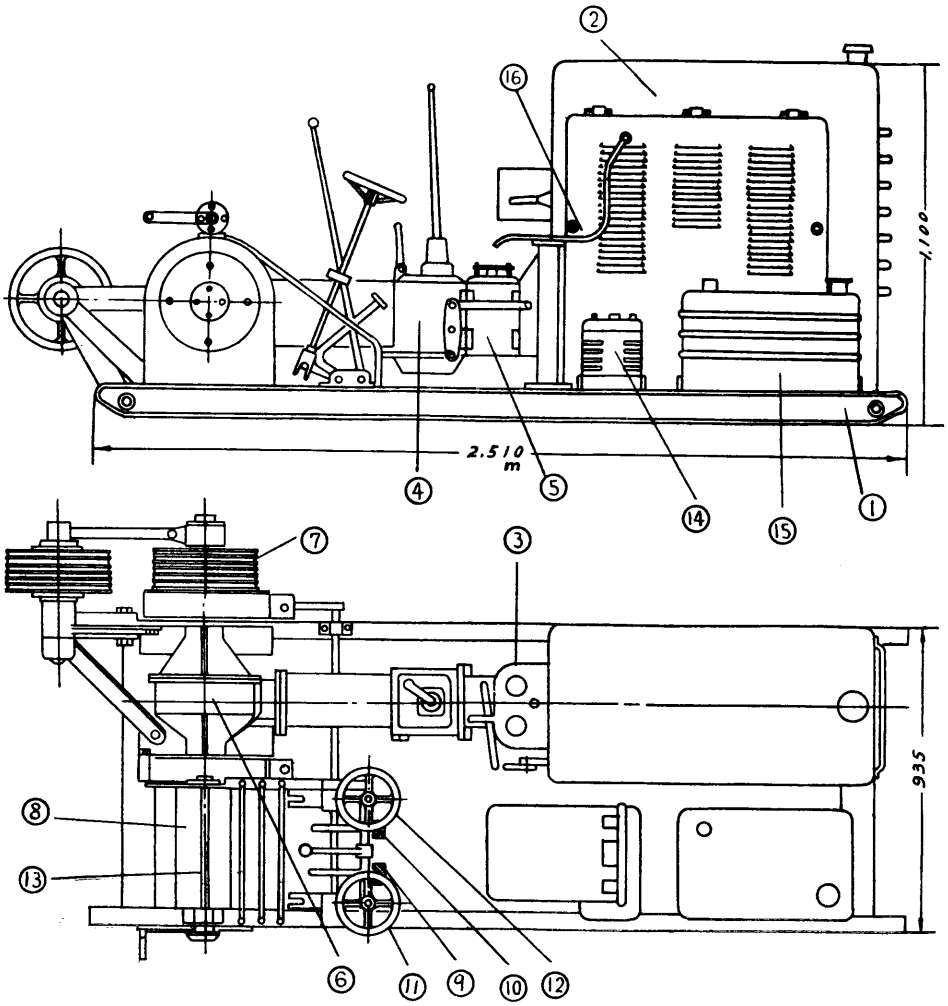


Figure 21



1．機台，2．エンジン，3．クラツチ，4．変速器，5．逆転器，6．差動装置
7．走行胴，8．捲揚胴，9．走行胴ブレーキペタル，10．捲揚胴ブレーキペタル
11．走行胴ブレーキハンドル，12．捲揚胴ブレーキハンドル，13．案内索緊張器
14．バツテリー，15．ガソリンタンク，16．運転座席

が望ましい．エンドレス式架空線集材がこれらの諸点に関して従来の架空線集材よりも相当に経済的であることは充分に推測出来る．又，主要な技術的因子としては集材機の性能による制限と地形による制限が考えられる．従来の集材機では集材距離に相当する長さの曳索を胴に捲き込む必要があるので距離が長くなると胴が大きくなりそのため集材機は重くなる．従つてどうしても集材距離に制限を受けることとなる．エンドレス式集材機を使用すれば，距離が長くなつても胴の容量には殆んど関係がないのでこの制限は除かれる．更にわが国の山地では地形が複雑であるために集材距離が長くなると1本の直線路を架線することは困難となり，どうしても曲線集材や峯越集材が必要となる．この地形による制

Table 27

胴		捲揚胴 1. 走行胴 1. 案内胴 1			
原動機		トヨダトラツクエンジン78HP(3000R/min)21kgm(1600R/min)			
変速装置		選択摺動歯車式（4段変速）			
逆転装置		正逆各1段 手動レバー操作			
クラッチ		乾燥単板式			
ブレーキ		足動内拡及び手動帯ブレーキ			
胴	種類	捲揚胴	走行胴	案内胴	
	直径(mm)	165	312	312	
	幅 (mm)	370	124	124	
減速比		第1速	第2速	第3速	第4速
		1：24.2	1：11.6	1：5.7	1：3.3
最大安全張力 (kg)	捲揚胴	1850	850	430	255
	走行胴	1260	600	300	175
最大索速度 (m/min)	捲揚胴	38	60	162	275
	走行胴	56	115	240	400
自重 (kg)		1000（エンジン共）			

但し最大安全張力はエンジンの回転力から計算した値の⅓である.

限も架空索万能支持器と曲走用搬器を用いることによつて除くことが出来る. かくして架空線集材の応用は著しく拡大されることとなる.

(3). 設計計算の簡易化

IV に於てエンドレス式架空線集材の架空索線の静力学に基いて一連の計算式を求め, これ等の計算式を用いての計算法を決定し, その実地への適合性を **V** の実地試験で確かめた. 又 **IX** において架空線を振動波が1往復する時間を求める計算式を誘導し, これを応用する振動法が架空線の緊張度を判定する簡単なしかも実用上充分に正確な方法であることを実験によつて確かめた. しかしこれ等の計算式を使用して設計計算を行うことはかなり面倒であるので, **X** に述べた計算図表を作つて計算を簡易化し, これによつて設計計算の合理的な実用化を行つた. 尚, 山地でスギ丸太を地曳する場合の抵抗係数は **I** の実験により凡そ1.2程度であり, 且つ衝撃や突込みなどにより瞬間的に約3倍の抵抗を示した. 又, **V** の試験によりエンドレス式の基本架索方式においては, 集材機の走行胴の周りに丸太運搬中に作用する最大力は運搬荷重の凡そ8割であり, 捲揚胴の周りに丸太吊上げ中に作用する最大力は運搬荷重の凡そ6割である. 従つて水平な地面でスギ丸太を横取りする際に捲揚胴に作用する力は（丸太の重量）×1.2×0.6 即ち丸太重量の凡そ 8 割と見做すことが出来る. これに衝撃等の抵抗を考慮して3以上の安全率を見込む必要がある. 即ち集材機に加わる外力として運搬荷重の凡そ 2.5 倍以上を仮定しなければならない.

かくしてこの試験研究を企画するに際して企図した三主要目的は一応達成することが出来た.

STUDIES ON THE HAULING OF LOGS BY OVERHEAD ENDLESS CABLE SYSTEM

Haruto WATANABE, Motoi ŌTA, Masatsugu HOTTA,
Masaji ŌBA and Kazuya MUTO

(Résumé)

I. Principal Objects of Studies

(1) Determination of the method of arranging blocks and cables, the yarding method of hauling of logs by overhead endless cable system, and design of the endless type yarder. (Reduction of weight and price of yarder)

(2) Design of the universal overhead cable hanger which can be used for either straight or curved lines, and its suitable carriage. (Extension of adaptable range of the overhead cable system for skidding)

(3) Drawing up of the calculation diagrams used for the hauling of logs by overhead endless cable system. (Simplification of calculations)

II. Results of Studies

(1) Yarder (Figure 21, Photograph 5)

The authors designed a light gasoline yarder which is used for the hauling of logs by overhead endless cable system suited for yarding in relatively small forests.

The yarder has the following elements: (1) bed frame, (2) 6-cylinder gasoline engine (75 HP, maximum number of revolutions 3000 r.p.m.), (3) clutch, (4) 4-speed gear transmission, (5) reversing gear, (6) differential gear, (7) feeding drum, (8) lifting drum, (9) and (10) foot brakes for feeding and lifting drums, (11) and (12) hand brakes for feeding and lifting drums, (13) guide line stretcher, (14) battery, (15) gasoline tank, and (16) operator's seat. The yarder weighs about 1000 kg, is 2.5 m long and 1 m wide.

The feeding drum which serves to run the carriage on the main cable, and the lifting drum which serves to lift logs from the ground to the main cable are set on the ends of a single driving shaft respectively, and are driven selectively by means of the differential gear. The operations of lifting of logs and running of the carriage are performed by a single hauling cable which is arranged according to the special endless roping method.

(2) Endless roping method (Figure 3)

The carriage (1) rides freely on the main cable (M). One haul cable (H) runs from the carriage through the fall block (3), the snatch block of carriage (4), the guide blocks (5) and (6), the heel block (2), the guide block (7), the feeding drum (8) of the yarder (Y), the guide blocks (9) and (10), and is

attached to the carriage.

The heel rope of the haul cable (R) runs from the sled of the yarder through the heel block (2), and is wound around the lifting drum (11) of the yarder. The heel block (2) rides freely on the guide line (G).

When the chokers hooked on the fall block have been placed around the logs, the heel rope is reeled in on the the lifting drum until the heel block moves from $(2)_1$ to $(2)_2$ on the guide line, then the fall block is lifted from $(3)_1$ to $(3)_2$. The distance between $(2)_1$ and $(2)_2$ is equal to that between $(3)_1$ and $(3)_2$, and so the ability of the yarder to haul logs from the stump towards the main cable and lift then up to the main cable from the ground depends on the moving distance of the heel block on the guide line. The lifting drum is braked and the carriage moves on the main cable by rotation of the feeding drum. When the carriage reaches the landing, the feeding drum is braked and the fall block comes down to the ground by slacking off the heel rope.

(3) Universal overhead cable hanger (Figure 7, Photograph 2)

This hanger consists of a hanger frame (a), a main cable support (b), and two haul cable supports (c). The main cable support can be inclined by adjusting the connecter (d). The haul cable supports are connected to the frame by pin joints.

(a) Straight line (Figure 8)

Put a pin in the pin hole (A) of the connecter and hole (1) of the frame, then the main cable support stands upright. When the hanger stands erect, the inner faces of the two haul cable supports are touched by adjustment of counterweights (e). Then the main cable is put on the main cable support.

When the carriage passes the hanger, the sling rope pushes through between the two haul cable supports. Then the haul cable is caught by either the right or the left haul cable support.

(b) Curved line (Right turn)

The connecter of the main cable support is fixed as shown in full line in Figure 8. Put a pin in the hole of the frame and the connecter as shown in Table 12, then the main cable support inclines left at 24 degrees. The other operations are similar to those described above, except that the haul cable is caught by the right cable support.

(c) Curved line (Left turn)

The connecter of the main cable support is fixed as shown in dotted line in Figure 8. Put a pin in the hole of the frame and the connecter as shown in Table 12, then the main cable support inclines right at 24 degrees. In this case the haul cable is caught by the left haul cable support.

(4) Carriage

The carriage used for the universal overhead cable hanger is shown in Figure 9 and Photograph 3. The joints a, a′, b and b′ are universal joints.

(5) Calculation diagrams

In Figure 9,

s_0 = horizontal distance between A and B (m)

θ_0 = inclination angle between A and B

i_0 = inclined distance between A and B (m)

l = length of main cable between A and B (m)

l/i_0 = degree of tightness of main cable

W_c = weight per unit length of main cable (kg/m)

W_t = weight per unit length of haul cable (kg/m)

P = transported load (kg)

$p = P/W_c$, $\varepsilon = W_t/W_c$

μ = time required for the transverse wave to travel on the main cable from A to B and back (sec.)

These diagrams can be used for the overhead cable system shown in Figure 19. Diagrams 1～5 show the relation between s_0, θ_0 and p. Diagrams 6～10 show the relation s_0, θ_0 and ε. Diagrams 11～15 show the relation between s_0, θ_0 and μ. In these diagrams, the safety factors for the rope tension are about 4 for the main cable and about 6 for the haul cable. The cables used are shown in Tables 7 and 8.

Example: $s_0 = 340$ m, $\theta_0 = 17°$

Values of $p = P/W_c$ (m):

From Diagrams 1～5,

l/i_0	p	
1.001	126	
1.002	269	
1.003	381	See Diagram 16 (a).
1.005	572	
1.007	731	

Values of $\varepsilon = W_t/W_c$:

From Diagrams 6～10,

l/i_0	ε	
1.001	0.047	
1.002	0.098	
1.003	0.140	See Diagram 16 (b).
1.005	0.209	
1.007	0.269	

Values of μ:

From Diagrams 11～15,

l/i_0	μ	
1.001	4.85	
1.002	5.76	
1.003	6.40	See Diagram 16 (c).
1.005	7.27	
1.007	7.93	

(a) Given $l/i_0=1.0035$:

From Diagram 16 (a) $p=P/W_c=432$ m

16 (b) $\varepsilon=W_t/W_c=0.158$

16 (c) $\mu=6.63$ sec.

(b) Given $W_c=2.90$ kg/m and $W_t=0.526$ kg/m:

$\varepsilon=W_t/W_c=0.526\div2.90=0.181$

From Diagram 16 (b) $l/i_0=1.0042$

16 (a) $p=P/W_c=500$ m

16 (c) $\mu=6.96$ sec.