

架空索の主索に関する研究（第Ⅱ報）

峯越しの場合の集材機の主索張力について

上 田 実⁽¹⁾
齋 藤 敏 彦⁽²⁾
富 永 貢⁽³⁾

目 次

I はしがき	1
II 試験概要	2
III 試験成績	9
IV 考 察	22
1. 搬器の移動にともなう主索張力の変化	24
2. 中間支持金具の振れ	26
3. 中間支持金具通過のために必要なエンドレス索の引張力	32
4. 受鞍部における主索の滑り	36
5. 支点傾斜角と主索張力	38
V 総 括	38
付録Ⅰ 放物線式の誘導	40
付録Ⅱ 実測データ	47
付録Ⅲ 主索傾斜計	51
Résumé	57

I は し が き

集材機による集運材は国有林はもとより民有林においてもかなり広い範囲で行なわれており、その集運材距離も漸次長距離化する傾向にあるが、これにともない中間支持金具を使う現場も随所にみられるようになった。この中間支持金具は中間支柱等に固定して使用されることもあるが、集材機の場合は多く人工支柱、あるいは立木等に固定した別の鋼索でこれを吊り、これに主索を乗せる方法がとられているようである。しかして、この中間支持金具を搬器が通過する場合の索の動揺や衝撃はきわめて大きなものがあるので、このときの主索ならびに作業索の実張力を知ることは作業の安全を確保するうえに必要であることはもちろん、合理的な作業管理を行なううえにも重要な事項であるので、これに関する研究を望む声は高い。幸い沼田営林署においてかかる現場の試験を行なうことができ、搬器が中間支持金具を通過する場合の主索ならびに作業索張力等を実測し、このデータの力学的考察を行なったので報告する。

なお、第Ⅰ報においては垂曲線式を主として使用したが、本稿は負荷索の釣合条件から誘導した放物線式を使用したので、付録Ⅰにおいて基本となる諸式の誘導過程を示した。

最後に本試験実施のために多大の便宜とご厚配を賜った沼田営林署長佐野英男技官、機械課長松尾哲

(1) 経営部作業科機械研究室長 (2)(3) 経営部作業科機械研究室

郎技官, 根利林道事業所主任福田辰男技官, ならびに測定にあたって多大のご援助をいただいた機械化技術指導所主任村松利忠技官ほか指導所の各位に対し深甚の謝意を表す。また本試験に参加して, 作業索張力の測定を担当し, その後退職した元機械研究室員石橋泰彦技官の労に対し厚くお礼申しあげる。さらにデータ解析にあたって懇切な指導を賜った防衛大学校教授本多三雄氏, ならびに試験結果の考察で助言を与えられた林業試験場経営部作業科長米田幸武技官に対し深甚の謝意を表す。

II 試験概要

1. 試験の場所および時期

前橋営林局管内, 沼田営林署沼田事業区根利山国有林 118, 114 林班において, 昭和 38 年 10 月 25 日から 10 月 31 日にわたって現場試験を行なった。本試験現場は林業機械化技術研修生のために特別に設備された集材線であるため, 必要に応じて使用しているものである。

2. 集材方式

この試験に使用した集材機の要目と架線方式等を示すと, つぎのとおりである。また, 試験現場測量図は第 1 図のとおりである。

1) 集材機

岩手富士産業株式会社製 Y-25 FDB (ディーゼル 2 胴標準形)

(1) 本体 ドラム数 2, ドラム直径 320 mm, エンドレスプーリー直径 495 mm

(2) 重量 1,850 kg

(3) 原動機 形式 いすず DA-220 形 水冷 4 気筒ディーゼル機関

最大出力 75 PS 最大回転数 2,600 rpm

2) 架線方式

エンドレス・タイラー式

3) 支点間の水平距離・高低差・傾斜角

区 分	水平距離 (m)	高 低 差 (m)	傾 斜 角
上下両支点間	502.135	20.611	2°21'
上方支点と中間支持金 具間 (第 I 区間)	154.766	18.562	6°50'
下方支点と中間支持金 具間 (第 II 区間)	347.369	39.173	6°26'

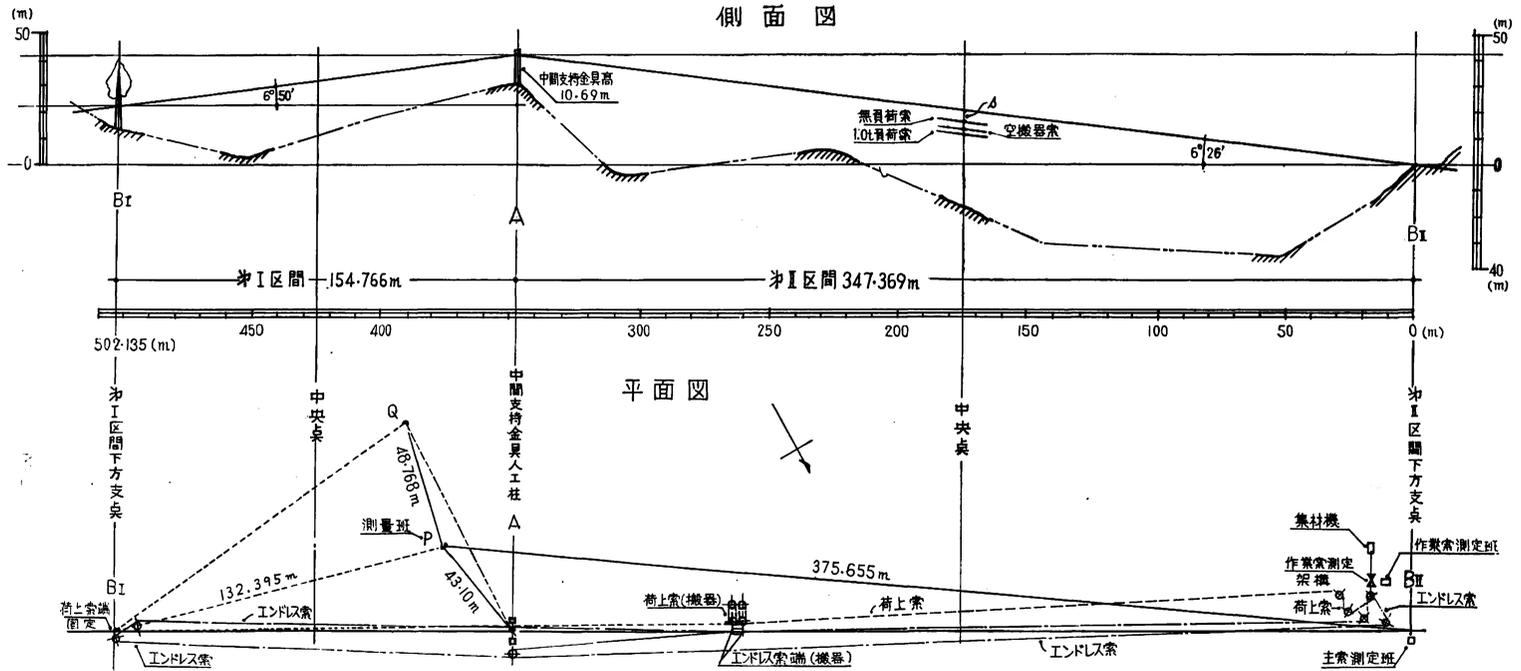
4) 鋼 索

区 分	構 成	鋼索直径 (mm)	保証切断荷重 (t)	標準重量 (kg/m)	有効計算断 面積(mm ²)
主 索	6×7(異型)C/L 裸 2 種, (サンロープ)	24	41.7	2.38	252
荷 上 索	6×19 O/O 裸 2 種	12	7.92	0.526	48
エンドレス索	同 上	10	5.50	0.365	33

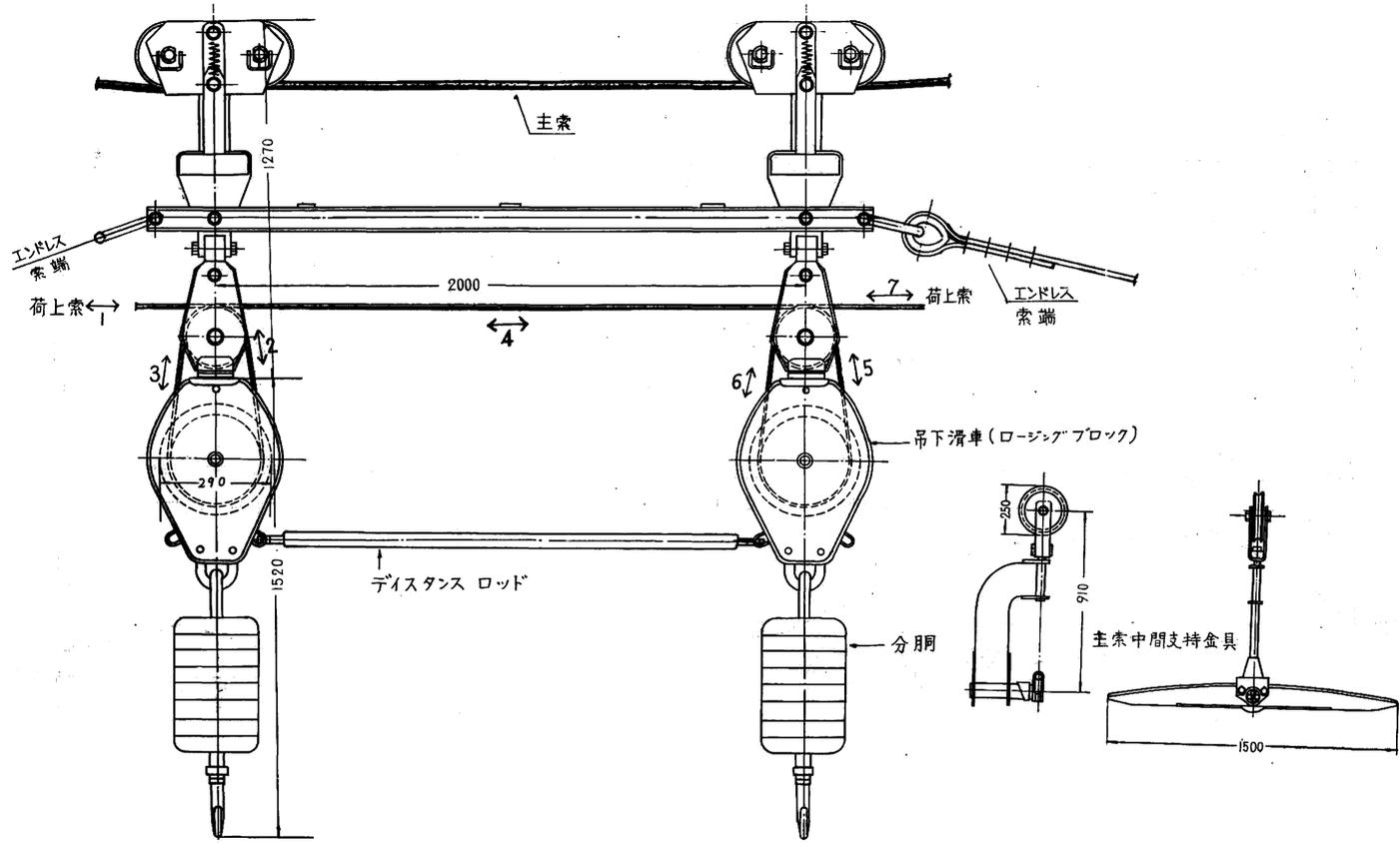
5) 搬 器

搬器ならびに付属物の構造を示すと第 2 図のとおりであり, またその重量はつぎのとおりである。

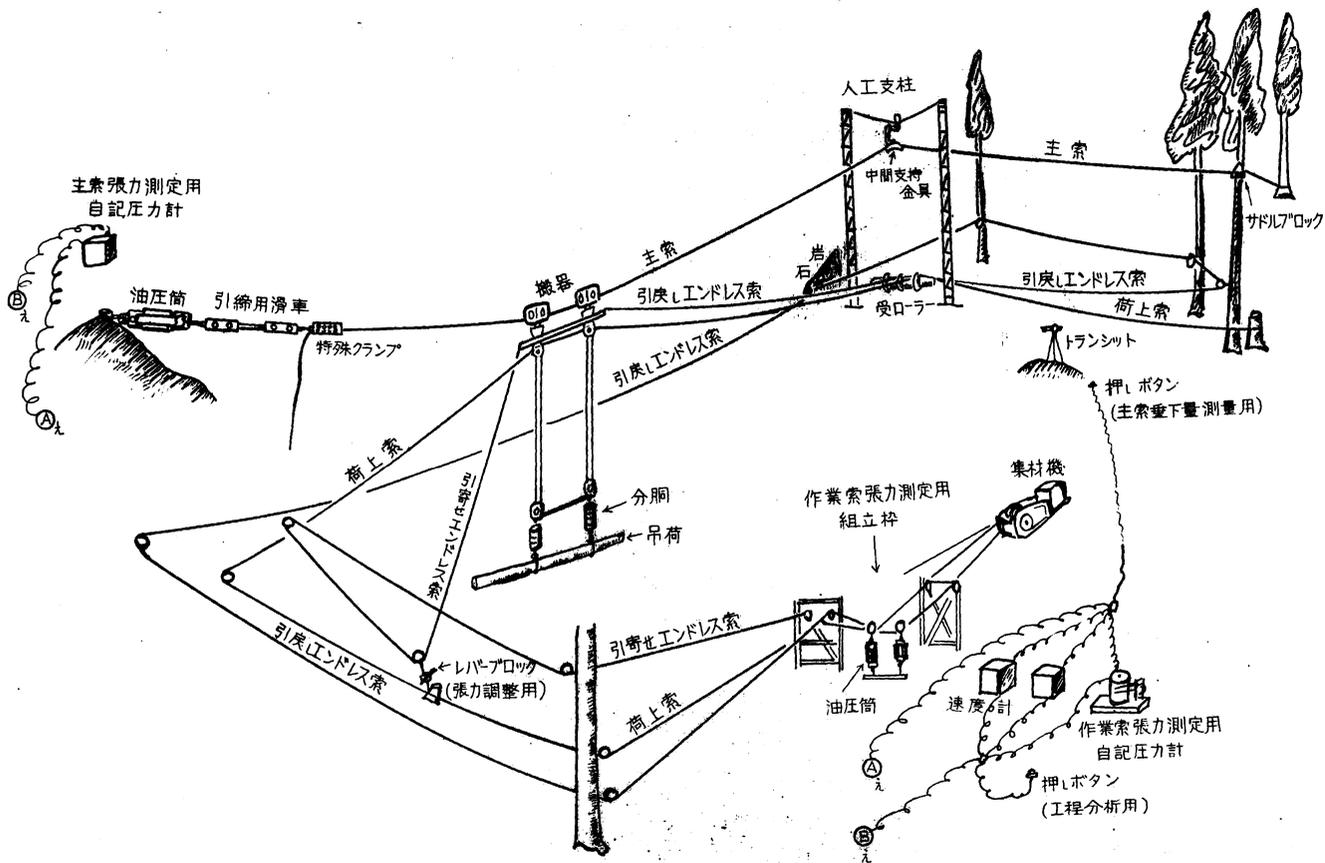
搬器 130 kg, 吊荷滑車 40 kg, 分胴 416 kg, 総重量 586 kg



第1図 現場測量図



第2図 搬器ならびに付属物の構造図



第3図 試験概要図

3. 試験装置

試験装置の配置を示すと第3図のとおりであるが、各装置は第1報とほとんど同じものを用いているので簡単に述べることにする。

1) 主索張力測定装置

写真 1-1 に示すごとく、下方支点とみなせるシャックルに油圧筒をとりつけ、この油圧を銅管で自記圧力計にみちびき主索張力を測定した。このシャックルはすぐ近くで地下約 5 m に埋め込んだ丸太と鋼索で連結されており、主索の張力変化で移動をおこすようなことは全くないものである。また写真に示すように主索緊張用引締滑車はスパン内側にある。



写真 1-1. 主索張力測定用油圧筒



写真 1-2. 主索張力測定用自記圧力計

装置の諸元を示すとつぎのとおりである。

- (1) 油圧筒断面積 133 cm² (森試験機製作所製)
- (2) 張力自記記録計 ブルドン管式 (長野計器製 P₂ 型) 容量 300 kg/cm², 記録紙の送りは時計装置, マーカー用電磁ペン 2 個をもつ。
- (3) 銅管 肉厚 1.5 mm, 内径 4.8 mm
- (4) 給油装置 100 kg/cm² 用手押ポンプ (5) 重量 250 kg

2) 作業索張力測定装置

従来作業索張力は立木等を利用する方法で行ってきたが、今回は地形や立木の関係で写真 2-1~3 に示すような組立式パイプで枠を組み、この枠の両端部に 2 個の並滑車を固定して作業索を案内し、この中央付近を油圧筒をつけた第 3 の並滑車で引張って作業索を屈曲させ、この引張力を自記記録した。

装置の諸元を示すと概略つぎのとおりである。

- (1) 油圧筒 断面積 32 cm²……引戻しエンドレス索と荷上索の測定に使用 (東京衡機製造所製)
断面積 44 cm²……引寄せエンドレス索の測定に使用 (谷藤機械工業製)
- (2) 張力自記記録計 ブルドン管式で 2 要素同時記録。容量 20 kg/cm², 記録紙の送りは時計

3. 試験装置

試験装置の配置を示すと第3図のとおりであるが、各装置は第1報とほとんど同じものを用いているので簡単に述べることにする。

1) 主索張力測定装置

写真 1-1 に示すごとく、下方支点とみなせるシャックルに油圧筒をとりつけ、この油圧を銅管で自記圧力計にみちびき主索張力を測定した。このシャックルはすぐ近くで地下約 5 m に埋め込んだ丸太と鋼索で連結されており、主索の張力変化で移動をおこすようなことは全くないものである。また写真に示すように主索緊張用引締滑車はスパン内側にある。



写真 1-1. 主索張力測定用油圧筒



写真 1-2. 主索張力測定用自記圧力計

装置の諸元を示すとつぎのとおりである。

- (1) 油圧筒断面積 133 cm² (森試験機製作所製)
- (2) 張力自記記録計 ブルドン管式 (長野計器製 P₂ 型) 容量 300 kg/cm², 記録紙の送りは時計装置, マーカー用電磁ペン 2 個をもつ。
- (3) 銅管 肉厚 1.5 mm, 内径 4.8 mm
- (4) 給油装置 100 kg/cm² 用手押ポンプ (5) 重量 250 kg

2) 作業索張力測定装置

従来作業索張力は立木等を利用する方法で行なってきたが、今回は地形や立木の関係で写真 2-1~3 に示すような組立式パイプで枠を組み、この枠の両端部に 2 個の並滑車を固定して作業索を案内し、この中央付近を油圧筒をつけた第 3 の並滑車で引張って作業索を屈曲させ、この引張力を自記記録した。

装置の諸元を示すと概略つぎのとおりである。

- (1) 油圧筒 断面積 32 cm²……引戻しエンドレス索と荷上索の測定に使用 (東京衡機製造所製)
断面積 44 cm²……引寄せエンドレス索の測定に使用 (谷藤機械工業製)
- (2) 張力自記記録計 ブルドン管式で 2 要素同時記録。容量 20 kg/cm², 記録紙の送りは時計



写真 2-1. 作業索張力測定用油圧筒 (断面積 32 cm²) の取付け状況

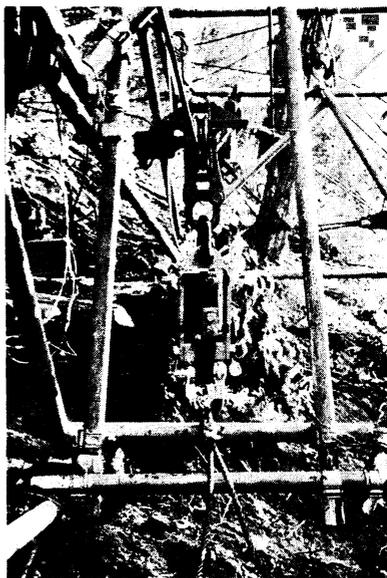


写真 2-2. 作業索張力測定用油圧筒 (断面積 44 cm²) の取付け状況、滑車の軸に回転計の軸が接続しているのが見える。

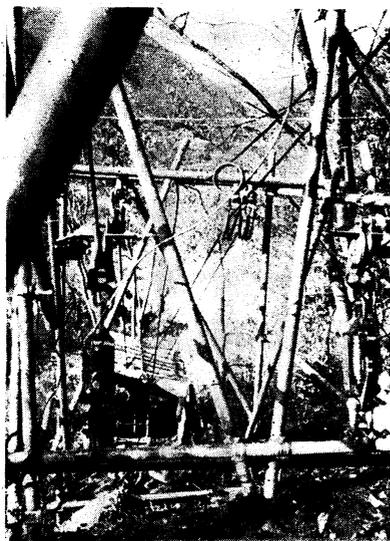


写真 2-3. 作業索張力測定用枠から集材機をみた状態



写真 2-4. 作業索張力測定用自記記録計 (左) と速度測定用記録回転計 (右)

装置, マーカー用電磁ペン 2 個をもつ。(勝間計器製)

(3) 銅管 肉厚 1 mm, 内径 4 mm

(4) 給油装置 50 kg/cm² 用手押しポンプ

3) 作業索速度

写真 2-2 に示すように回転計を並滑車にとりつけ、索の移動にともない滑車が回転する回転数を記録回転計 (横河 KR-1C 型) に自記した。従来速度は第 1 報に示すように並滑車のフランジに回転計のブリーを圧接して測定したが、接触部に滑りがおこることも考えられるので直接並滑車の軸に回転計の軸

を接続する方法をとった。

4) 測量

第1図に示すようにP点にドラシットを据付け、主索の垂下量、搬器の位置、中間支持金具の変位等を測量した。

5) 電磁ペン

第1報同様各記録計は電磁ペン2個をもち、1つは測量班で搬器が中央点などを通過したさいにボタンを押した時点を記録し、他の1つは集材機の運転操作の変わる時点を記録した。

6) 支点傾斜角

下方支点近傍の主索の傾斜角を写真3に示す要領で測定した。本傾斜計は当機械研究室において設計製作したもので、その細部については付録Ⅲに述べる。

7) 吊荷重量

吊荷の秤量は荷卸場において2t動力計(東京衡機製造所製 No. 14191)を用いて行なった。



写真3. 主索傾斜計による支点傾斜角の測定要領

4. 試験方法

1) 吊荷について

吊荷は重量1,100kg、長さ約15mの杉の全幹材と、560kgの杉長材の各1本を使用し、これを荷掛場から荷卸場へ搬送すると再び荷掛場へ逆送り、この間の張力変化を測定する方法をとった。しかし、本試験現場は長材を運搬するには困難な条件であることが数回の試験でわかったので、途中から全幹材は真中で鋸断して2本にして試験を行なった。

2) 主索張力について

主索張力の実測値と計算値とを対照するため、つぎのような測定を行なった。

主索張力の記録は搬器走行中たえず行なうほか、搬器を静止させて主索の垂下量を測量している場合は下方支点においても支点傾斜角を測定し、測量班の押しボタンによって作動する電磁ペンのマークを電話連絡によって確認し、所要事項を記録紙に記入した。また搬器が第Ⅱ区間を走行するときは主索の中央垂下量を測量し、この時点も記録紙にマークした。

3) 作業索張力について

作業索は引寄せ、引戻しの各エンドレス索と荷上索の各張力を同時に測定したかったが、測定計器の方は2要素しか同時記録ができないので、No. 1からNo. 33まではエンドレス索について行ない、No. 34からNo. 51までは荷上索と引寄せエンドレス索について測定した。また記録計にあらわれた圧力P(kg/cm²)と索張力T(kg)との関係を示すとつぎのとおりである。

この索張力Tを検定するには張力計(東京衡機製造所製A型張力計、容量1.5t)を用いた。

作業索の区分	試験番号	TとPとの関係
引寄せエンドレス索	No. 1~No.22 No.23~No.51	$T=2.5154 \times (44 \cdot P + 28)$ $T=2.5517 \times (44 \cdot P + 28)$
引戻しエンドレス索	No. 1~No.22 No.23~No.33	$T=2.3345 \times (32 \cdot P + 29)$ $T=2.3408 \times (32 \cdot P + 29)$
荷上索	No.34~No.51	$T=2.8094 \times (32 \cdot P + 29)$

4) 中間支持金具の振れと受鞍上の主索の滑りについて

測量点Pにおいて、搬器がつぎの各位置にある時の中間支持金具の位置を測量した。(1)荷卸場上(2)第II区間中央点(3)中間支持金具上(通過時の最大振れ)(4)第I区間中央点(5)荷掛場上しかし、これらの測量を搬器走行中全部行なうことは困難であったので、これを補うため搬器を各点に静止させて測量することとした。

つぎに搬器が中間支持金具を通過するさいに起こる受鞍上の主索の移動量を地上から双眼鏡によって推測した。すなわち搬器が荷卸場上にある時を基準にし、この時の主索と受鞍の関係位置を決めるため受鞍の両端末からそれぞれ30cmの長さにあわせて主索に白ペンキを塗り、この長さを基準にして主索の移動量を推測した。

5) 試験実施要領

本試験においては搬器を荷卸場から荷掛場へ走行させる工程を「上山」、その逆を「下山」と称呼することにし、「上山」「下山」(搬器1往復)をもって1回の試験とし番号を付すことにした。

また、この「上山」「下山」において集材機の運転操作にしたがって各工程をつぎの6.工程に細分し、電磁ペンの「押しボタン」を押した。(1)吊下滑車巻上げ(2)巻上げ完了(3)搬器走行開始(4)中間支持金具通過(5)荷掛(卸)場到着(6)荷卸し開始(7)荷卸し完了

III 試験成績

本試験は試験方法の項で述べたように、同一荷物を数回ずつ往復させる間の索張力の変化を測定しているので、運転速度の相違によって索張力がいかに変化するか、また吊荷をふやした場合空搬器の場合に比べてどのくらい張力が増加するか等の情報が自記された図より判別できる。これらのことを示したものが、第4図ならびに付録II-1~5図である。

また試験結果を一括表示すると、下方支点における主索張力と傾斜角ならびに主索の垂下量については表1、受鞍の変位と受鞍上における主索の滑りについては表2、前述の工程区分にしたがって読みとった作業索張力の変化については表3、同じく作業索速度の変化については表4に示す。

以上掲げた試験成績と観測結果を要約するとつぎのとおりである。

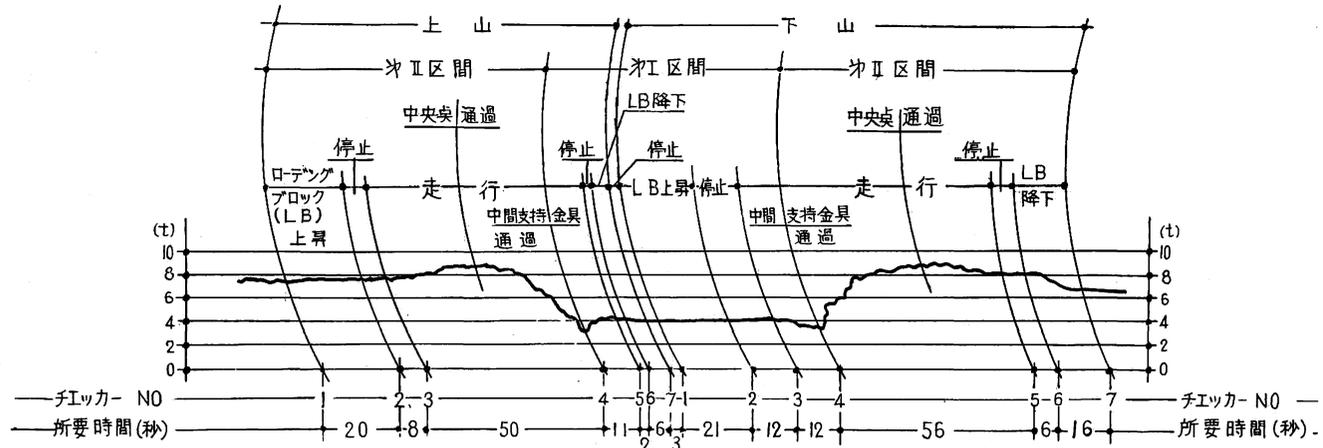
1. 主索張力

搬器が荷卸場と荷掛場の間を往復する間に示す主索張力の変化の度合はあまり顕著でない。すなわち

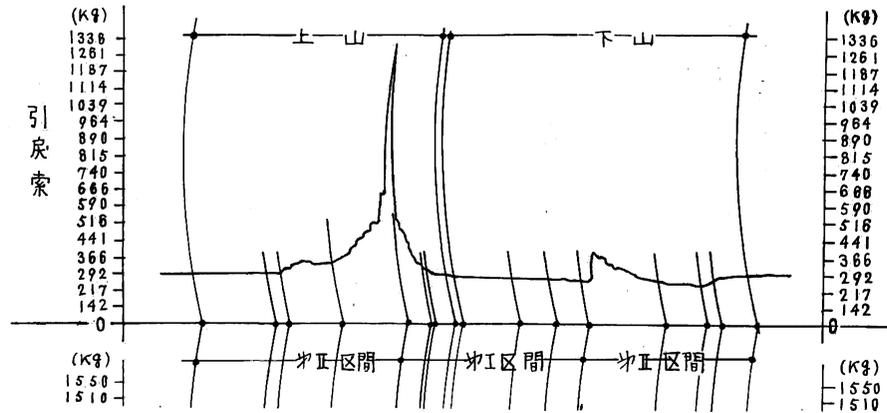
1) 搬器が第II区間を「上る」場合は単スパンにおける張力変化と同様、中央点を搬器が通過する時最大値をとる「カマボコ」型のゆるい曲線を示す。また搬器の移動にともない支点に伝わってくるビビリ振動の影響も張力計の方には現われていない。

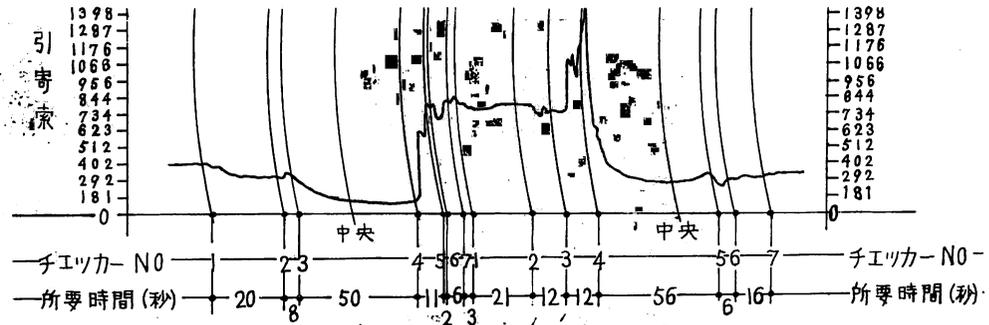
2) 搬器が中間支持金具を通過する際は歯車の歯型溝を連想させるような急激な張力の減少がみられる。

3) 搬器が第I区間を走行している間の第II区間の下方支点(B₁)の張力変化はほとんどなく、中間



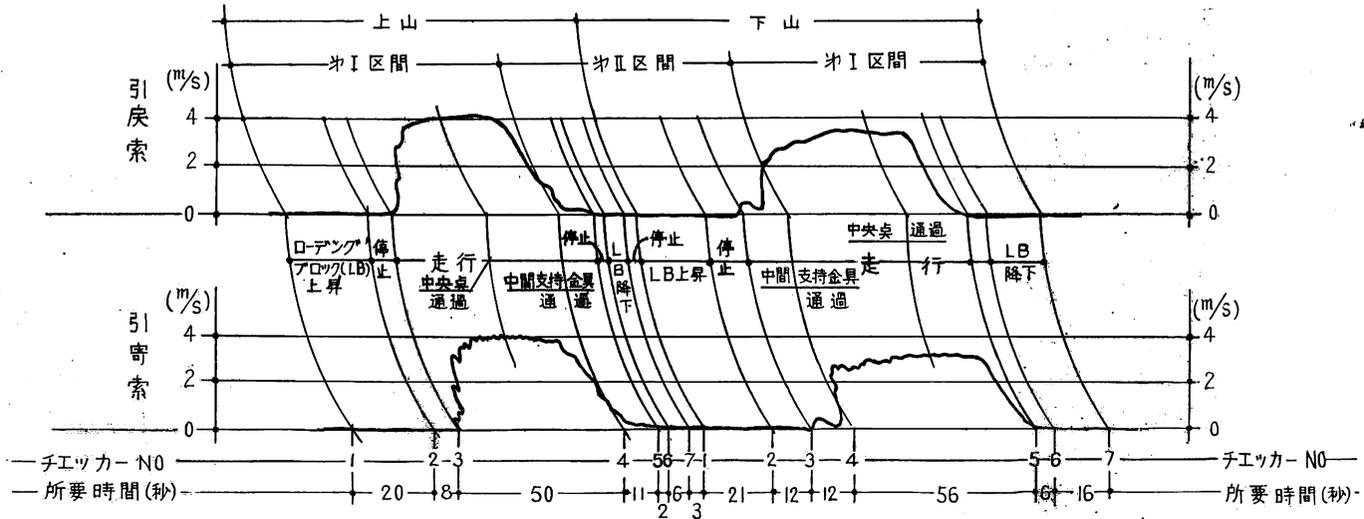
第 4-1 図 試験 No. 20 (昭 38. 10. 28) 実搬器 (吊荷重量 560 kg)
 走行中の主索張力の変化 (第II区間の下方支点で測定)





(記録紙送り速度不正確)

第 4-2 図 試験 No. 20 (昭 38. 10. 28) 実搬器 (吊荷重量 560 kg) 走行中の
エンドレス索張力の変化 (第 II 区間下方支点付近で測定)



第 4-3 図 試験 No. 20 (昭 38. 10. 28) 実搬器 (吊荷重量 560 kg) 走行中のエンドレス索
速度の変化 (第 II 区間下方支点付近で測定)

支持金具を通過して搬器が第 I 区間にはいって張力が増加したときの張力をそのまま持続する。中間支持



写真 4-1. 第 II 区間から中間支持金具に向かって搬器が接近した状況

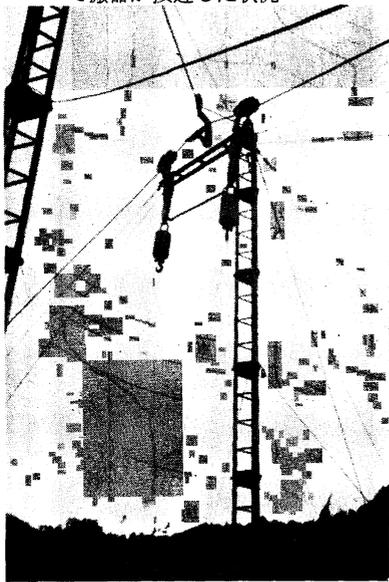


写真 4-3. 空搬器が中間支持金具に乗りあげた状況



写真 4-4. 中間支持金具を通過して搬器が第 I 区間に突入した瞬間

金具通過時の衝撃が大きい場合はこの影響が若干現われるが、この張力増減の波はすぐ消える。

4) 搬器が第 I 区間より中間支持金具を通過して下山する場合の張力は上山

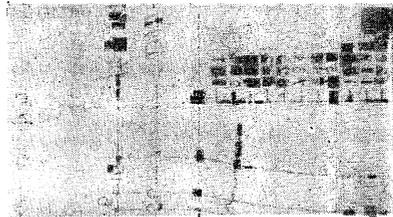


写真 4-2. 搬器が中間支持金具に乗りあげた状況

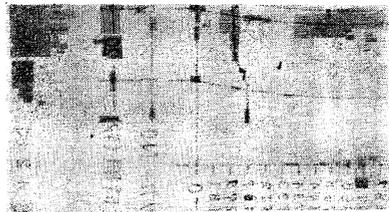


写真 4-5. 第 I 区間から中間支持金具を通過した搬器が自重走行を開始した瞬間

表 1. 下方支点における主索の張力・傾斜角ならびに垂下量

試験番号 No.	搬器進行 方 向	吊荷重量 (kg)	下方支点における主索張力 (搬器位置) (kg)				下方支点における主索傾斜角 (搬器の位置)				主索の垂下量 (搬器の位置)(m)		備 考	
			荷卸場 上	第 II 区 間中央点	サポー ト 上	第 I 区 間中央点	荷卸場 上	第 II 区 間中央点	サポー ト 上	第 I 区 間中央点	第 II 区 間中央点	第 I 区 間中央点		
1	上山	↑	5320	6920	3860	4650							1. No. 3 終了後主索を いったん緩め再度張り 上げる 2. No. 1~No. 3, 10 月 25日測定	
2	下山		5320	6920	3990	4260								
3	以下同様		5320	6650	3990	4260								
4	上山	↑	7180	7980	4660	5050							1. No. 4~No. 8 10 月 27 日測定	
5	下山		7050	7980	4660	5320			-3°25'					
6	以下同様		7320	7980	3990	5320								
7			6920	7850	4660	5320								
8			6920	7720	4660	5320								
9			6650	7850	4660	5320								
10			6920	7980	4660	5050			-1°25' (静止)		-0°15' (静止)	15.576 15.881 15.881 [7.511] → 7.34		1. No. 9~No. 21 10 月 28 日測定 2. No. 10 は各中央点で 搬器を静止させる 3. No. 18 は第 II 区間中 央で搬器を静止 4. No. 10 の主索垂下量 中, 第 II 区間下山 [] は搬器は 第 I 区 間にある
11			7320	7850	4660	5320								
12		6650	7980	4660	5320									
13		6780	7720	4260	5320					15.515 16.126 16.126 15.881				
14		6650	7720	3990	5320					15.881 15.881				
15		6650	7720	4660	5320					-2°40'	15.881			
16		↑	7980	9310	3990	4788							1. No. 16 [] は搬器 サポート上で中央垂下 量を測量	
17			7980	9044	3990	4655						18.881 [10.501] [9.015] 17.716 17.838		
18			7980	9310	3990	4788						17.226 17.226		
19			7980	9177	3990	4788						17.226 17.226		
20			7980	9310	3458	4655						17.226		
20			560	8250	3591	4788								

架空索の主索に関する研究 (第 II 報) (上田・斎藤・富永)

表 1. (つづき)

試験番号 No.	搬器進行 方 向	吊荷重量 (kg)	下方支点における主索張力 (搬器位置) (kg)				下方支点における主索傾斜角 (搬器の位置)				主索の垂下量 (搬器の位置)		備 考
			荷卸場上	第 II 区 間中央点	サポート 上	第 I 区 間中央点	荷卸場上	第 II 区 間中央点	サポート 上	第 I 区 間中央点	第 II 区 間中央点	第 I 区 間中央点	
21	上山 下山	560	7980	9177	3724	4389							
22	上山 下山	空搬器 1100	6650 10108	7448 11438	3990 4123	4655 6650							
23	以下同様	1000 以下同様	8911	10507	3990	5320							
24			9310	10507	4389	5320							
			9177	10640	3990	5187							
25			8911	10374	4123	6650							
				10640	3857								
26			9044	10507	4123	6650							
				11305									
27			9044	10640	4256	6650							
				9310	10773	4123							
28			9044	10640	4256	6650							
				9310	10773	4123							
29			9044	10640	4123	6650							
		8645	3990	6783									
30	8778	10374	4256	6916									
		8911	11305	3591	6650								
31	8645	10374	3990	5985									
		8911	10108	4256	5320								
32	9044	10241	3857	6650									
		8645	11039	3724									
33		8778	10108	3990	6251								
			10640		9517								
34		↓	8645	9975									
			6384	9842	通過せず								
							-7°30'			18.513			
							-7°6'	-2°35'		18.820 (静)			
35		空搬器	6650	7182	3857	4655				16.737			
		以下同様			3990					16.492			
36	6650		7182	3990	4389					16.431			
			7315	3724						16.554			
37	6650		7182	3990	4655								
					4389								
38	6650		7049	3990									
			7049	3724	4522								
39	6650		7049	3458	4655								
			7315	4123									
40	6650		7182	3458	4655								
			7315	3990									

41	↑ 空搬器 ↓	6650	7182	3724	4655			
42		6650	7182	3715	4123			
43		6517	7049	3990	3990	4390		
44		6650	7049	3857	3990	4655		
45	1000 ↓	9044	10241					サポートを通過できない
45-2		9044	10108	3724	6620			
		9310	10640					
46		9310	10374	3990	6620			
		8778	10640	3724	6490			
47		9177	10241	3990	6620			
	8645	10640		6360				
48	8645	10108	3857	6620				
49		8778	10374					サポートを通過できない
49-2	360 ↓	7315	8246	3591	5300	-3°0'		
50		7315	8113	3990	5300			
			8512	3857	3990			
51		7448						搬器走行せず 主索を緊張する
52		8380	9310	4770	6120	-5°35'	-1°42'	-0°40'
		8650				-1°43'		

表 2. 受鞍の変位と受鞍上の主索の移動量

(単位: cm)

試験番号 No.	受鞍の変位 (搬器の位置)					主索の移動量		備考	
	D_0	D	$C_{I \rightarrow I}$	E_0	E	$C_{I \rightarrow I}$	$S_{I \rightarrow I}$	$S_{I \rightarrow I}$	吊荷重量 記号 説明
39		9					30	35	空搬器
40		2	50		12		40	40	
41		7	46		17	-32	40	40	
42		26	36		15	-43	40	40	
43		11	36		9		40	40	
44		18	25		10	-20	30	30	
45		27	70		-12	-20	120	145	1 t
46	25	17	73		-11	-31	155	155	
47	21	17	86		-9	-66	145	150	
48	30				-16	-82	150	140	
49	21	13			5	-55	70	70	360 kg
50		15	67		5	-34	70	70	

D_0 : 荷卸場上に搬器があり吊荷は負荷していない場合を原点とし、左の異動を-とする。
 D : 同上吊荷を吊り上げた場合
 $C_{I \rightarrow I}$: 中間支持金具を搬器が第II区間から第I区間に通過する時の最大の振れ
 E_0 : 第I区間荷掛場上に搬器があって、吊荷は負荷していない
 E : 同上吊荷を吊り上げた場合
 $C_{I \rightarrow I}$: $C_{I \rightarrow I}$ の逆の場合
 $S_{I \rightarrow I}$: 搬器が第II区間から第I区間に中間支持金具を通過して主索が移動した長さ
 $S_{I \rightarrow I}$: $S_{I \rightarrow I}$ の逆の場合

表 3. 作業索張力

(単位 kg)

試験番号 No.	上山, 下山 の区分		上 山					下 山					備 考		
	作業 索の区分	工程区分	第 II 区 間			第 I 区 間		第 I 区 間			第 II 区 間				
			初張力	(1)	(3)	(4)	(4)'	(5)	(1)	(3)	(4)	(4)'		(5)	(7)
1 ↑ 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 ↓ 空 搬 器	引 寄 索	戻 索	277	292	314	763	515	292	255	255	255	307	255	292	記号説明 (1) 吊下滑車巻上げ (3) 搬器走行開始 (4) 中間支持金具到着 (4)' 中間支持金具通過 直後 (5) 搬器到着 (7) 荷卸し完了
			336	314	159	159	292	292	513	569	923	513	314	347	
			277	292	327	815	515	307	307	255	255	344	261	307	
			336	336	336	336	480	347	347	546	878	546	347	358	
			277	277	314	927	515	307	292	255	255	337	255	292	
			325	325	325	325	590	347	513	568	900	513	325	347	
			292	292	322	875	515	292	292	262	262	314	255	314	
			347	325	259	259	590	380	424	602	1010	424	347	347	
			314	314	344	739	478	292	255	255	255	327	255	314	
			369	347	259	259	402	402	569	624	1010	513	347	380	
			314	314	344	726	442	292	292	255	255	314	292	322	
			369	369	236	236	—	—	—	601	923	403	347	380	
			307	314	307	777	442	292	292	255	255	344	109	327	
			369	380	259	259	259	380	402	625	900	513	403	403	
			307	307	367	800	404	292	277	255	255	429	292	327	
314	314	184	184	184	435	402	590	790	403	347	380				
327	327	344	913	442	299	—	—	—	404	255	307				
425	354	184	184	347	325	—	—	967	403	325	336				
292	292	344	1039	442	327	327	270	270	440	270	325				
314	314	184	184	354	325	325	569	878	403	325	325				
292	292	351	942	442	360	350	255	255	405	255	315				
314	314	170	176	259	248	292	569	878	403	336	336				
292	292	314	703	404	404	367	255	255	389	255	314				
314	325	159	159	292	248	292	513	945	458	369	347				
307	307	367	852	442	327	292	255	255	350	255	314				
336	325	181	181	292	259	369	513	845	458	369	358				
292	307	367	768	404	327	367	255	255	404	255	314				
347	347	181	181	270	292	325	513	812	458	347	347				
16 ↑ 17 18 19 20 吊 荷 56C kg	〃	〃	327	327	367	1158	404	277	277	262	262	613	255	307	計器 故障
			325	314	159	159	680	657	624	624	1335	403	270	347	
			292	299	441	1016	404	277	269	269	269	350	—	—	
			369	325	137	137	768	624	679	679	1530	400	—	—	
			292	299	—	—	442	—	—	—	—	—	—	—	
			358	325	148	148	324	—	—	—	—	—	—	—	
			307	314	344	1240	368	269	269	269	269	404	247	292	
			403	347	148	148	679	845	845	845	1455	403	369	403	
			292	292	344	1314	368	269	269	261	261	390	247	292	
			403	325	148	148	800	845	790	735	1530	347	347	347	

時計装置の故障のため記録せず

中央点測量待, 搬器バック

21	↓	◇	277 325	277 292	327 148	— —	368	292 679	277 679	269 624	269 1233	441 403	240 259	277 303	
22	↑	◇	第 I 区間荷掛場にて積荷直しのため作業時間が長くなり記録せず												No. 22 は上山のとき
23	↑	◇	278 352	278 296	328 150	645 150	421 779	255 577	255 745	293 636	293 1363	345 465	278 465	293 465	サポート通過において異
24	↑	◇	293 386	293 386	328 386	1136 386	368 442	255 812	233 655	240 690	240 1385	278 465	270 375	248 375	状のショックで測定パイ
25	↑	◇	270 375	278 386	328 386	1168 386	368 487	240 408	233 464	240 375	240 1440	270 350	— —	— —	ブが曲がり張力増加せず
26	↑	◇	278 363	278 296	368 296	1508 296	368 386	255 408	233 408	233 408	233 1352	293 408	255 296	293 296	これより材を玉切りして
27	↑	吊荷 1000	270 330	270 296	328 296	1356 296	445 442	255 408	233 408	233 431	233 1161	293 520	255 296	293 330	2本にして行なう。長材
28	↑	kg	278 319	278 285	337 285	1094 285	292 476	240 431	240 431	240 431	240 1262	293 464	255 296	293 352	のままではサポート通過
29	↑	◇	293 352	285 352	345 296	1056 296	445 476	270 330	255 352	233 375	233 1318	293 408	255 274	300 330	困難
30	↑	◇	293 296	293 296	293 150	1080 150	445 273	255 464	252 487	233 408	233 1420	308 464	263 240	315 330	
31	↑	◇	263 285	270 274	315 161	1434 160	405 464	248 352	240 340	233 431	233 1250	442 464	240 240	278 330	
32	↑	◇	270 319	270 262	345 150	1080 150	368 352	255 408	240 408	218 386	218 1420	293 408	255 229	308 386	
33	↓	◇	308 319	308 262	345 150	1072 150	368 296	255 408	248 408	218 375	218 1138	278 408	255 229	293 340	
34	↑	荷上 引戻 索	搬器エンドレス索滑りサポート前にて通過できず記録せず												
35	↑	◇	216 296	216 262	216 150	243 150	216 297	171 330	171 330	306 464	306 800	594 464	243 274	198 296	
36	↑	◇	216 274	216 274	216 150	315 150	306 274	171 319	171 330	306 521	306 780	505 408	215 274	207 274	
37	↑	◇	189 262	216 262	216 150	342 150	306 274	171 296	171 330	— 521	— 780	620 464	216 240	198 285	
38	↑	◇	198 274	216 262	216 160	306 161	288 240	261 251	486 251	288 465	288 610	396 408	216 262	243 285	
39	↑	◇	198 262	230 262	234 150	378 150	350 217	189 217	666 240	369 465	369 666	648 408	261 296	216 262	
40	↑	空 搬 器	171 240	216 240	288 139	486 139	414 184	351 184	423 240	567 464	567 722	576 464	234 262	153 251	
41	↑	◇	207 251	216 240	216 139	279 139	261 217	216 217	342 274	324 430	324 700	549 464	216 240	198 262	
42	↑	◇	198 240	225 240	234 139	369 139	350 217	198 217	288 296	297 498	297 745	450 408	216 262	198 274	
43	↑	◇	198 262	216 262	216 139	288 139	288 554	261 262	234 262	243 464	243 622	306 408	216 274	207 262	

架設索の主索に関する研究 (第II報) (上田・斎藤・富永)

表 3. (つづき)

試験番号 No.	上山, 下山 の区分		上 山					下 山					備 考		
	作業 索の区分	工程区分	第 II 区 間			第 I 区 間		第 I 区 間			第 II 区 間				
			初張力	(1)	(3)	(4)	(4)'	(5)	(1)	(3)	(4)	(4)'		(5)	(7)
44	↓	引戻索 引寄索	198	216	234	216	216	297	530	234	234	243	216	198	エンドレスドラム空転 し、搬器進行せぬため、 この回よりエンドレス索 を緊張する
			240	240	139	139	229	217	240	408	554	352	240	285	
45	↑	〃	299	423	400	620	441	280	486	460	755	441	400	400	
			296	274	217	90	240	350	350	350	1350	632	260	240	
46	吊 荷 ↑ ↓	〃	—	414	351	891	530	279	468	378	549	549	369	351	
			—	262	128	128	262	330	330	633	1386	408	251	308	
47	〃	〃	333	441	396	675	575	306	468	396	396	756	333	279	
			308	274	128	128	262	330	308	633	1250	464	262	296	
48	↓	〃	252	414	396	711	620	432	504	387	387	549	342	351	
			319	262	128	128	296	296	352	633	1105	408	296	352	
49	↑ 360 kg ↓	〃	153	333	333	621	530	351	324	441	441	801	279	243	
			296	262	128	128	296	262	341	521	1060	408	262	296	
50	↓	〃	225	288	279	441	440	306	309	260	260	288	243	243	
			308	262	139	139	262	262	319	520	780	352	330	320	

表 4. 作業索速度

単位m/秒

試験番号 No.	上山, 下山 の区分		上 山					下 山					備 考			
	作業 索の区分	工程区分	第 II 区 間			第 I 区 間		第 I 区 間			第 II 区 間					
			(1)	(3)	(4)	(4)'	(5)	(7)	(1)	(3)	(4)	(4)'		(5)	(7)	
1	↑ 空 搬 器	引戻索 引寄索	0	3.5	1.7	3.1	2.7	0	0	2.5	1.6	2.9	2.4~2.6	0	記号説明 (1) 吊下げ滑車巻上げ (3) 搬器走行開始 (4) 中間支持金具到着 (4)' 中間支持金具通過 (5) 搬器走行 (7) 吊下げ滑車降下	
			0	3.5	1.7	3.1	2.7	0	0	2.5	1.6	2.9	2.4~2.6	0		
2		〃	0	3.3	1.2	2.7	2.9	0	0	2.4	1.0	2.8	2.7	0		
			0	3.5	1.2	2.9	2.9	0	0	2.3	1.0	2.8	2.2~2.7	0		
3		〃	〃	0	1.6	1.3	1.5	1.4	0	0	2.5	0.8	3.0	3.3		0
				0	1.2	1.0	1.2	1.4	0	0	2.0	0.5	2.5	2.9		0
4		〃	〃	0	4.5	2.7	3.7	3.7	0	0	2.7	0.2	1.4	2.9		0
				0	4.5	2.7	3.7	3.7	0	0	2.7	0.2	1.4	2.9		0
5	〃	〃	0	4.3	1.7	3.4	—	0	0	2.7	1.8	4.5	2.9	0		
			0	4.3	1.7	3.4	—	0	0	2.7	1.8	4.5	2.9	0		
6	〃	〃	0	4.1	2.9	3.5	2.9	0	0	2.5	1.5	4.7	3.1	0		
			0	3.7	2.5	3.4	2.5	0	0	2.5	1.2	4.7	2.9	0		
7	〃	〃	0	3.3	1.6	3.1	2.3	0	0	2.5	2.0	4.9	3.5	0		
			0	3.1	1.2	3.3	2.5	0	0	2.0	1.6	5.1	3.3	0		
8	〃	〃	0	4.5	2.9	3.3	通過と同 時に停止	0	0	2.5	1.9	3.0	2.9~3.3	0		
			0	4.5	2.5	3.3	通過と同 時に停止	0	0	2.3	1.7	3.2	2.7~3.1	0		

9	↓	〃	0	1.4	1.4	1.6	1.6	0	0	1.4	1.3	2.5	2.0~2.5	0		
			0	1.2	1.2	1.4	1.2	0	0	1.0	0.8	2.7	1.6~2.3	0		
10		〃	0	1.6	ペン先の不良のため記録中止				0	0	2.2	1.4	2.5	2.5~2.7	0	
			0	1.6					0	0	2.2	1.4	2.5	2.5~2.7	0	
11		〃	0	3.8	3.1	3.7	3.7~2.5	0	0	2.2	1.8	2.9	2.5	0		
			0	3.7	2.5	3.9	3.7~2.0	0	0	2.2	1.6	2.9	2.5	0		
12		〃	0	3.7	3.5	3.7	3.7~2.0	0	0	2.2	2.0	2.7	3.3	0		
			0	3.8	2.9	3.7	3.7~2.0	0	0	2.4	1.6	2.9	3.3	0		
13		〃	0	4.5	2.9	3.2	3.2~2.0	0	0	1.2	1.2	2.9	2.3	0		
			0	4.3	2.5	3.4	2.7~2.0	0	0	1.0	1.0	3.3	2.3	0		
14		〃	0	4.6	2.6	3.3	2.5	0	0	1.2~2.0	1.0	4.3	2.9	0		
			0	4.3	2.2	3.7	2.4	0	0	1.2~2.3	0.8	4.7	2.9	0		
15	↓	〃	0	4.6	3.3	3.7	3.3	0	0	2.6	1.2	2.9	3.7	0		
			0	4.5	2.9	4.0	3.0	0	0	2.5	0.8	2.9	3.5	0		
16	↑	〃	0	4.1	1.6				0	0			2.0	2.9	0	
			0	4.1	1.6				0	0			2.0	2.9	0	
17		〃	0	3.9	タイムマーカー作動せず				0	0			4.9	5.5	0	
			0	3.7					0	0			4.9	5.5	0	
18	吊荷	〃	0	中央点測量のため記録せず				0	0	測量待のため記録せず				0		
19	560	〃	0	2.1	1.6				0	0	0.8			3.3	4.1	0
	kg		0	1.6	1.6				0	0	0.8			3.3	3.7	0
20		〃	0	4.9	1.6	0	0	0	0	0.8	0.4	3.3	4.1	0		
			0	4.5	1.2	0	0	0	0	0.6	0.2	3.1	3.7	0		
21	↓	〃	0	4.5	1.4	0	0	0	0	1.2	0.2	3.9	3.9	0		
			0	4.3	0.8	0	0	0	0	1.4	0	3.7	3.7	0		
22	↑	〃	0	第I区間荷掛場にて積荷直しのため				作業時間が長くかかり記録せず				0				
			0									0				
23		〃	0	4.3	2.0	0	0	0	0					0		
			0	—	—	—	—	—	—					0		
24		〃	0	4.5	1.6	1.8	0	0	0	0.8	0.6	4.1	7.2	0		
			0	4.1	1.2	1.8	0	0	0	0.4	0.2	2.9	7.8	0		
25		〃	0	3.9	1.6	3.8	2.5	0	0	1.4	1.2	6.1	7.2	0		
			0	3.5	1.2	4.1	0	0	0	1.0	0.8	6.1	7.8	0		
26	吊荷	〃	0	3.7	0.4	4.1	2.1	0	0	1.2	1.2	6.1	7.0	0		
	1000		0	3.3	0.4	4.5	2.1	0	0	0.8	0.7	6.1	7.4	0		
27	kg	〃	0	4.1	0.8	3.9	2.1	0	0	2.3	0.6	6.8	7.4~4.1	0		
			0	4.5	1.2	3.7	2.1	0	0	2.3	1.2	6.1	7.0~4.1	0		
28		〃	0	4.1	1.0	2.7	—	0	0	—	—	—	—	0		
			0	4.5	1.8	2.4	0	0	0	1.4	1.0	4.1	7.0~4.1	0		
29		〃	0	4.1	1.2	2.1	2.1	0	0	2.5	0.4	2.1	6.1~7.0	0		
			0	4.5	1.8	2.3	2.1	0	0	2.5	0.6	4.1	6.1~7.0	0		
30		〃	0	4.1	1.2	3.7	2.1	0	0	2.3	1.0	4.1	6.1~7.0	0		
			0	4.5	1.8	3.1	2.1	0	0	2.1	1.2	4.1	6.1~7.2	0		
31	↓	〃	0	1.4	1.0	1.4	1.0	0	0	0.6	0.6	3.3	2.5~2.3	0		
			0	1.8	1.2	1.4	1.0	0	0	1.0	1.0	2.5	2.5~2.9	0		

表 4. (つづき)

試験番号 No.	上山, 下山 の区分 工程区分 作業 索の区分	上 山					下 山					備 考		
		第 II 区 間			第 I 区 間			第 I 区 間			第 II 区 間			
		(1)	(3)	(4)	(4)'	(5)	(7)	(4)'	(5)	(7)	(4)'		(5)	(7)
34	↑ 空 搬 器 ↓	荷上索	1.0	0	0	0	0	エンドレス索滑りサポート前にて通過せず						
		引寄索	0	1.0	0.4	—	—	記録なし						
35		〃	3.1	0	0	0	0	1.4	0.8	0	0	0	7.9	
		〃	0	4.3	2.9	3.5	2.1	0	0	0.8	0.8	2.7	2.3~3.0	0
36		〃	3.5	0	0	0	0	1.0	0.8	0	0	0	0	7.9
		〃	0	4.3	1.2	2.9	2.3	0	0	2.1	0.8	2.5	3.5	0
37		〃	3.5	0	0	0	0	0.8	0.6	0	0	0	0	5.6
		〃	0	4.3	1.6	2.9	2.7~2.9	0	0	1.0	0.7	2.1	3.5	0
38		〃	2.9	0	0	0	0	1.8	0.8	0	0	0	0	8.3
		〃	0	4.3	2.1	3.3	2.5~2.7	0	0	2.5	0.6	2.9	3.5	0
39		〃	2.9	0	0	0	0	1.7	0.8	0	0	0	0	9.3
		〃	0	4.3	2.3	3.5	2.9	0	0	2.5	1.6	3.3	3.7	0
40		〃	2.9	0	0	0	0	1.8	0.8	0	0	0	0	9.3
		〃	0	4.5	2.9	3.9	3.9	0	0	2.5	1.6	3.1	3.5	0
41	〃	3.1	0	0	0	0	1.4	1.0	0	0	0	0	7.9	
	〃	0	4.0	2.1	3.2	2.8	0	0	2.1	0.9	2.8	3.2	0	
42	〃	3.7	0	0	0	0	1.4	0.8	0	0	0	0	9.6	
	〃	0	4.0	1.7	3.0	2.6	0	0	2.5	1.1	2.8	3.2	0	
43	〃	3.7	0	0	0	0	1.0	0.8	0	0	0	0	10.0	
	〃	0	4.0	—	—	—	0	0	2.2	0.8	2.8	3.2	0	
44	〃	3.7	0	0	0	0	1.7	0.8	0	0	0	0	9.8	
	〃	0	4.0	—	—	—	0	0	3.0	1.4	2.8	3.2	0	
45	↑ 吊荷 1000 kg ↓	〃	3.1	0	0	0	2.3	2.1	0	0	0	0	8.9	
		〃	0	3.7	1.3	3.8	—	0	0	0.9	0.6	5.3	6.6~5.6	0
46		〃	3.5	0	0	0	0	2.7	1.0	0	0	0	0	4.6
		〃	0	3.7	1.1	3.6	1.7	0	0	1.1	0.8	5.3	5.6	0
47		〃	3.5	0	0	0	0	2.7	1.4	0	0	0	0	10.3
		〃	0	3.7	0.9	2.8	2.5	0	0	1.9	0.6	5.3	5.6~6.8	0
48	〃	3.5	0	0	0	0	2.5	2.3	0	0	0	0	8.7	
	〃	0	3.8	0.8	2.3	2.3	0	0	2.3	0.8	3.4	4.5	0	
49	↑ 吊荷 360 kg ↓	〃	3.1	0	0	0	1.7	0.8	0	0	0	0	4.6	
		〃	0	1.3	0.9	3.0	1.1	0	0	0.6	0.5	2.6	2.3	0
50		〃	3.7	0	0	0	0	2.5	2.5	0	0	0	0	8.9
	〃	0	3.8	0.9	2.6	2.3	0	0	2.2	0.8	2.6	2.3	0	

の場合とほとんど一致しているが、中間支持金具通過の際の衝撃が大きいと大きな張力増減の波が通過直後に記録された。この波は主索の上下の動揺の伝播と全く一致するものであるが、この動揺は搬器走行中はなかなか減衰しない。しかしながら、この主索の動揺による張力増加時の最大張力は中央点通過時の張力を上まわることはなかつた。

2. 作業索張力

作業索の張力は、一般に主索に比べて張力変化の度合が著しい。エンドレス索の張力変化の特徴は一方の索張力が増加すると他方の索張力は低下する傾向があるが、その低下の度合は張力増加の度合に比べて僅少である。また中間支持金具を通過する場合の張力上昇はタイラー式やフォーリングブロック式索張りにおいて障害物に吊荷等がひっかかったときに瞬間的にみせる衝撃的な張力増加とよく似ているが、これよりさらにはなほだしいものがある。

これに対して荷上索の張力変化はエンドレス索ほどではないが、中間支持金具通過後において同様なりの張力増加を示す。

3. 中間支持金具通過時の作業索の動き

1) 搬器が第II区間より中間支持金具を通過するとき

搬器が中間支持金具に近接すると第II区間の主索の支点傾斜角は写真4-1~3に示すように急速に急になり(約40度)、搬器を引張りあげる作用をしている引戻し用エンドレス索は第1図に示すように下方支点 B_1 の近くに配置した並滑車の方向に引張っている(中間支持金具と並滑車との高低差約27m)、搬器を走行させる方向とはかなり見当違いの方向に引張っていることになる。この時エンドレス索の状態は搬器から並滑車までほとんど直線状に緊張される。また中間支持金具はほとんど鉛直方向に垂下しており、第I区間の支点傾斜角(上方)には変化が認められない。

2) 搬器が中間支持金具を通過して第I区間にはいった瞬間、両区間の主索の支点傾斜角は完全に入れかわり、第I区間の支点傾斜角はきわめて大きいので搬器はにわか急激な自重走行を開始する。このためいまままで緩み側であった引寄せ用エンドレス索はこの搬器に引張られて急激に緊張し、反対に引戻し用エンドレス索の緊張は一ぺんに解けてゆるい垂曲線を描く(写真4-4参照)。

3) 搬器が第I区間より中間支持金具を通過するときは、以上の現象が引寄せ用と引戻し用エンドレス索が入れかわった状態で現われる(写真4-5参照)。

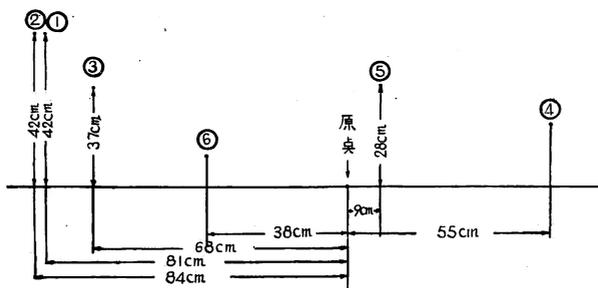
4) 荷上索

吊荷は搬器が中間支持金具に近接するまでは搬器と一体になって、ほとんど動揺しないで運ばれてくるが、中間支持金具に走行車輪が接触した瞬間均衡が崩れて上下左右に跳躍し、通過後40~50m搬器が走行しないとこの激しい動揺は静まらない。

荷上索は中間支持金具に搬器が近接してきても索の緊張度に顕著な変化は示さないが、搬器が中間支持金具を通過したとたんに吊荷の跳躍と同じく激しく上下に動揺する。しかして搬器が下方に走行すると荷上索は人工支柱の中央脚部に置いた受索ローラーに支えられ、荷上索の動揺はこの瞬間静まってくる。

4. 中間支持金具の変位と受鞍上における主索の滑り

中間支持金具は第2図に示したように、ピンで本体に連結された受鞍で主索を支える構造のもので、支持金具の頭部には滑車をもち、この滑車が吊り索のうえにのっている(1)ので、両区間の張力と支点傾斜角に応じた均衡をたもつために受鞍の位置が変位すると同時に受鞍の傾きも変わる。また、人工支柱も一応控



原点：空搬器が荷掛場上に停止して、分胴は地上にあるときの受鞍の中心点，①：同上，ただし分胴は吊上げた状態，②：荷掛場上で 360 kg の丸太を吊上げた時，③：実搬器第 II 区間の中央点，④：第 II 区間より第 I 区間に通過する時の最大変位，⑤：実搬器第 I 区間中央点，⑥：第 I 区間より第 II 区間に通過する時の最大変位

第 5 図 搬器の移動ともなう中間支持金具（受鞍部の中心点）の変位状態

索はとってあるが、搬器の位置によってかなり振れるので、受鞍の関係位置を正確に把握するには 2 台のトランシットで同時観測する必要がある。本試験においては測量は 1 人で行ったので、受鞍の変位だけしか観測していないが、この結果を図示すると第 5 図のとおりである。本図は試験開始前搬器が荷掛場上にあつて分胴は地上にある状態で測量したときの受鞍の位置を基準にして、吊荷 360 kg を運搬してゆく間に受鞍の位置が変わる状態を搬器を各位置にとめて測量した結果を示したものである。ただし、中間支持金具を搬器が通過する場合は、その時の最大の振れを瞬間測量したものである。

つぎに受鞍上における主索の滑りは表 2 に示したが、この滑りは搬器が受鞍に乗るまでは起こらず、搬器車輪が受鞍を通過するたびに 2 回にわたって起こった滑り量の合計である。この滑りは瞬間的に起こるので地上から双眼鏡で観測するような方法では、そのおのおの滑り量を正確につかむことは困難であるが、ほぼ同程度ずつの滑りであつたようにみうけられた。また、「上山」と「下山」のさいの滑り量は吊荷が同じためか、ほとんど同じであつた。

5. 作業索速度

本試験における作業索速度は第 4 図ならびに付録 II—1~5 図に示すように、搬器が中間支持金具の方へ走行しているときは、速度はあまり変化はないが、中間支持金具を通過するときは一たん低速になり、通過後速度は急激に上昇する。

この急激な速度変化は中間支持金具通過後の張力変化を解析する場合重要な因子になるが、作業索張力については稿を改めて述べる予定であるので、主索張力に関する事項についてのみ述べると一

中間支持金具を通過するときの速度が大きいと、通過後の衝撃も大きくなる傾向があり、したがって主索の上下動も激しさを増す傾向にある。しかしながら、極端に低速で中間支持金具に到達しようとするとき、エンドレス索の緊張不足のためエンドレスドラムが空転して搬器が途中で停止する事態も起こった。また比較的低速で中間支持金具を通過すると、通過後の衝撃は小さいが、エンドレス索の緩み側の索が搬器の自重走行を制動できるまでにはかなり搬器は走行しなければならないので、この間に搬器速度はかなり上昇し、主索の上下動をなくすることはできなかった。

IV 考 察

本試験は逆勾配の地形において中間支持金具を使って搬器を通過させる条件の悪い現場であるので、作

業索張力に過大な張力があらわれることは当然であるが、主索張力についても予想しなかった現象——すなわち搬器が中間支持金具を通過して第I区間を運行するさいに第II区間の下方支点の張力はほとんど変化がないこと、あるいは中間支持金具を搬器が通過するさいの主索の移動量が意外に大きいこと等——があるので、これらのデータを極力解析し、今後これに類する現場の保安に関する基礎資料にしたいと考え、以下述べるような考察を行なった。

なお本稿において使用する記号は付録Iも含めてつぎのとおりである。

記号 (第8, 第10図ならびに付録Iの第1, 第2図参照)

- | | |
|---|---------------------------------------|
| d : 両支点間の水平距離 (m) | d_I : 第I区間の d (m) |
| d_{II} : 第II区間の d (m) | u : 両支点間の斜距離 (m) |
| u_I, u_{II} : 第I区間, 第II区間の u (m) | t : 両支点間の高低差 (m) |
| t_{A-E} : A点とE点間の t (m) | t_{A-C} : A点とC点間の t (m) |
| s : 中央垂下量 (m) | s_k : Kd に負荷を受けている場合の主索の垂下量 (m) |
| s_0 : 無負荷索の中央垂下量 (m) | l : 両支点間の索長 (m) |
| K : 位置係数, 下方支点を原点とし, 上方支点到むかって0~1までの値をとる。 | l_{II} : 第II区間の l (m) |
| l_I : 第I区間の l (m) | \hat{l} : 中央点に負荷を受けている場合の l (m) |
| l_k : Kd に負荷を受けている場合の l (m) | l_1 : 上方支点から荷重点Cまでの索長 (m) |
| Δl : 中間支持金具を搬器が通過する時に生ずる鋼索の滑り長 (m) | l_2 : 下方支点から荷重点Cまでの索長 (m) |
| λ : 中間支持金具の振れによる u の増加 (減少) 量 (m) | $\Delta I = \lambda/u_I$ |
| θ : 両支点間の傾斜角 (度) | $\Delta II = \lambda/u_{II}$ |
| $\theta_{p \max}$: θ_p の最大値 (度) | θ_p : 搬器のところの引戻しエンドレス索の傾斜角 (度) |
| α : 上方支点Aの傾斜角 (度) | α_I : 第I区間の α (度) |
| α_{II} : 第II区間の α (度) | β : 下方支点Bの傾斜角 (度) |
| γ : 中間支持金具の振れ角 (度) | δ : 荷重点における平均傾斜角 (度) |
| δ_A : 荷重点における上方支点側の傾斜角 (度) | δ_B : 同上 下方支点側の傾斜角 (度) |
| $\delta_{A \max}$: δ_A の最大値 (度) | ϵ : $l/u - 1$ |
| τ : 索の緊張度係数 | η : 索の張力差係数 |
| η_{\max} : η の最大値 | μ_c : 搬器走行抵抗係数 |
| e : 衝撃係数 | A : 鋼索の有効断面積 (mm^2) |
| E : 鋼索の引張弾性係数 (kg/mm^2) | S : 中央垂下比 $=s/d$ |
| $S_k = s_k/d$ | S_0 : 無負荷索の中央垂下比 $=s_0/d$ |
| W : 主索重量 (kg) | Q : 主索の負荷 (kg) |
| $n = Q/W$ 荷重比 | P : 搬器走行のために引張っている作業索張力 (kg) |
| $m = P/W$ | T : 索張力 (kg) |
| T_A : 上方支点Aにおける張力 (kg) | T_B : 下方支点Bにおける張力 (kg) |

$$\Delta = \sin \theta \cos \theta \frac{b-c}{2a} + \cos^4 \theta \frac{b^2+c^2}{4a^2}$$

$$a = \cos^2 \theta \sqrt{\frac{1+12(n+n^2)(K-K^2)}{6(l_k/u-1)}}$$

計算の便宜上 l_k を含む項と含まぬ項に分離し、また Δ の項は 1 に対して最大 10% くらいの値までしかとらないので、 Δ に含まれている l_k は $l_k \approx \hat{l}$ とみなすと

$$T_{mk} = \frac{W}{2} \cos \theta \sqrt{\frac{1+12(n+n^2)(K-K^2)}{6}} \cdot u \cdot (1+\Delta) \cdot \sqrt{\frac{1}{l_k-u}} = \phi \cdot \sqrt{\frac{1}{l_k-u}} \dots\dots(2)_1$$

ただし $\phi = \frac{W}{2} \cos \theta \sqrt{\frac{1+12(n+n^2)(K-K^2)}{6}} \cdot u \cdot (1+\Delta)$

(2)₁ 式を辺辺 2 乗すると

$$\left(\frac{T_{mk}}{\phi}\right)^2 (l_k-u) = 1 \dots\dots\dots(2)_2$$

つぎに E の式を l_k について解くと

$$l_k = \frac{\hat{l}}{\frac{\hat{T}_m - T_{mk}}{EA} + 1} \dots\dots\dots(3)$$

(3) 式を (2)₂ 式に代入し、 T_{mk} について整頓すると

$$T_{mk}^2 - \left\{ \hat{T}_m - EA \left(\frac{\hat{l}}{u} - 1 \right) \right\} T_{mk} - \frac{\phi^2}{u} \left(\frac{\hat{T}_m + EA}{T_{mk}} - 1 \right) = 0$$

上式は 2 次方程式であるから解は

$$T_{mk} = \frac{1}{2} [M_1 + \sqrt{M_1^2 + 4M_2}] \dots\dots\dots(4)$$

ただし

$$M_1 = \hat{T}_m - EA \left(\frac{\hat{l}}{u} - 1 \right)$$

$$M_2 = \frac{\phi^2}{u} \left(\frac{\hat{T}_m + EA}{T_{mk}} - 1 \right)$$

また $\phi = \frac{W}{2} \cos \theta \sqrt{\frac{1+12(n+n^2)(K-K^2)}{6}} \cdot u \cdot (1+\Delta)$

$$\Delta = \sin \theta \cos \theta \frac{b-c}{2a} + \cos^4 \theta \frac{b^2+c^2}{4a^2}$$

$$a = \cos^2 \theta \sqrt{\frac{1+12(n+n^2)(K-K^2)}{6(\hat{l}/u-1)}}$$

$$b = 1 + 2nK$$

$$c = 1 + 2n(1-K)$$

ここに E は注 1 に述べるごとく 7,500 kg/mm² とし、注 2 に述べる理由で A は 252 mm² として計算することにした。

注 1. 本試験の現場の E について述べるつぎのとおりである。

本試験においては搬器を中央点あるいは中間支持金具上にとめて中央点における主索の垂下量を測量したので、これより主索の張力と索長は計算で求められる。搬器が中間支持金具上にあるときは無負荷索であるので、このときの張力、索長を基準にして、空搬器の場合、吊荷 560 kg、1,000 kg の 3 とおりの負荷索の張力、索長を求めて (3) 式により E を求めた結果を示すと下表のとおりである。表をみ*

(4) 式は M_2 の項に未知数 T_{mk} を含むので、計算にあたってはまず \hat{T}_m より低い値を K の値を考慮のうえ与えて試しに T_{mk} を算出し、最初の値との平均値を使って再び T_{mk} を求め、この試算を繰り返して漸的に解を求めるのであるが、おおむね 3~4 回で解が得られる。

このような手法で搬器の移動にもなる平均張力の変化を求め、さらに中央点の値を 100% としてこの変化を示したものが第 6 図であるが、荷重によって支点近傍の値がかなり差異のあることがわかる。

つぎにデータとの比較検討を行なうため、平均張力より下方支点張力(第 II 区間の)を求め図示したものが第 7 図である。なお平均張力と下方支点張力との関係は付録 I の (9) 式に示す。同図をみると計算値と実測値は $K=1$ の付近ではよく合致しているが、 $K=1/2$ では約 5~10% の差があり、あまり精度は良くないが、データ全体の傾向はよく似ていることがわかる。

2. 中間支持金具の振れ

中間支持金具の振れを考えるときは支点における張力と支点傾斜角が必要になるので、まずこれらを求めるとつぎのとおりである。

*て気付くことは誤差率が n によってかなり差違のあることである。これは中央垂下量の測量を行なったさい、中間支持金具の変位量も併せて測量すべきところしなかった(この必要なことについては試験期間の後半に気づき、時間的に余裕がなくて測量しなかった)、その原因をはっきりつかめない憾みはあるが、中間支持金具の変位も少しは影響していると考えられる。このほかに張力測定用の油圧筒の重量も 250 kg であるので、張力が低くなると索の垂下量相当の張力よりも張力を増加させる傾向にあることは明らかであり、このため張力の低い方に誤差率の高い結果をもたらしたものと考えられる。いずれにしても E の計算値は 3 つしかないのだからこれにより判断するしかないが、引張試験機にかけて鋼索の引張り一伸びを描かしたグラフより E を求めた場合、新品鋼索はおおむね $7,000 \sim 8,000 \text{ kg/mm}^2$ の値をとることから推量すると本試験の鋼索も $7,500 \text{ kg/mm}^2$ くらいの値が妥当と考えられるので、本稿においては $E=7,500 \text{ kg/mm}^2$ として計算を行なうことにした。

試験 No.	主索の負荷 (kg)	吊荷重 (kg)	n 荷重比	中央垂下比	下方支点張力 (kg)	実測値	誤差率 %	索長 (m)	平均張力	E (kg/mm ²)
16	0	0	0	0.030229	3470	3990	-13.1	350.406	3517	
14	678	0	0.81295	0.045717	6056	7714	-21.5	351.054	6141	5732
18	1238	560	1.48441	0.049589	8393	9310	-9.8	351.287	8512	7775
34	1678	1000	2.01199	0.054178	9728	9842	-1.2	351.603	9869	7433

注 2. 鋼索の有効断面積 (A) はつぎのように考えた。

$$A = \frac{\text{(鋼索の切断荷重)}}{\text{(素線抗張力)}} = \frac{41700 \text{ kg}}{165 \text{ kg/mm}^2} = 252 \text{ mm}^2$$

また A の値は張力が 3.5~10 t くらいの範囲でしか変化していないので、その変化は微小であるので張力の変動に A は影響を受けないことにした。

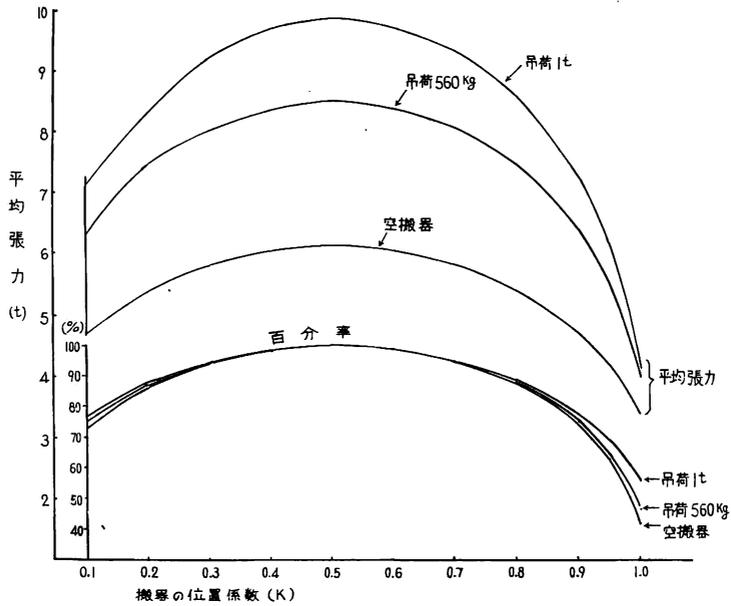
注 3. 作業索の影響は主索の負荷を算定する場合実測が困難であるので、これまではスパンの内にある作業索重量の半分が主索に負荷を与えるものとして計算し、これと実測値とを比べた場合、ほぼ妥当な結果を得ているが、本試験におけるエンドレス索はかなり緊張して主索に負荷をあまりおよぼしていないように観察されたので、主索に負荷をおよぼすのは荷上索だけとし、これは従来どおりの方式で算出することにした。すなわち

$$\text{I 区間に搬器がある場合は索長を } 157 \text{ m として } 0.526 \text{ kg/m} \times 157 \text{ m} + 2 = 41 \text{ kg}$$

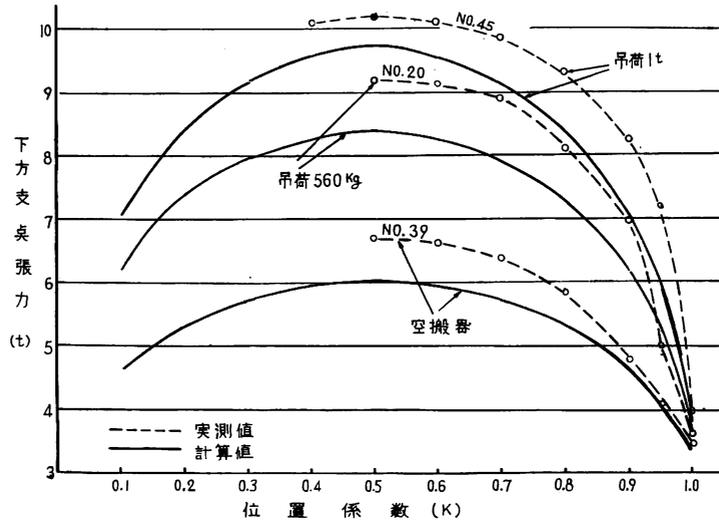
$$\text{II 区間の場合は索長を } 350 \text{ m として}$$

$$0.526 \text{ kg/m} \times 350 \text{ m} + 2 = 92 \text{ kg}$$

が主索の負荷になると考えた。



第6図 搬器の移動ともなう平均張力の変化と中央点の値を100%とした場合の変化図



第7図 第II区間の下方支点張力の計算値と実測値との比較図

1) 上方支点張力

付録Iの(9)式より

$$T_{Ak} = T_{mk} + \frac{W}{2} \left[\sin \theta (1+n) + \cos^3 \theta \frac{(2K-1)n(1+n)}{K(1-K)(1+2n)} S_k \right]$$

これに(1)式を代入すると

$$T_{Ak} = T_{mk} + \frac{W}{2} \left[\sin \theta (1+n) + \cos \theta (2K-1)(n+n^2) \sqrt{\frac{6(lk/u-1)}{1+12(n+n^2)(K-K^2)}} \right] \dots \dots \dots (5)$$

しかるに [] 内の第 2 項は第 1 項に比較して約 10% の値であるので省略すると

$$T_{Ak} \doteq T_{mk} + W/2 \cdot [\sin \theta (1+n)] \dots\dots\dots (5)_1$$

2) 支点傾斜角

付録 I の (5)₃ 式より

$$T_{Ak} \doteq \frac{W}{2} a \sec \theta \left[1 + \sin \theta \cos \theta \frac{b}{a} + \frac{1}{2} \cos^4 \theta \frac{b^2}{a^2} \right]$$

ただし
$$a = \frac{K(1-K)(1+2n)}{S_k}$$

であるが, [] 内の第 2 項以下は 1 に比べると数%の値であるから, これを省略すると

$$T_{Ak} \doteq \frac{K(1-K)(1+2n)}{S_k} \cdot \frac{W}{2} \sec \theta$$

これより

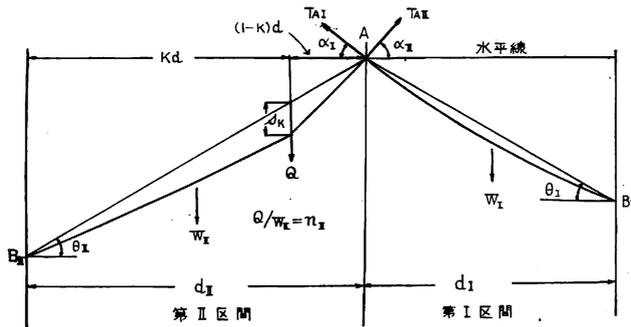
$$\frac{S_k}{K(1-K)(1+2n)} = \frac{W}{2T_A} \sec \theta$$

この関係を付録 I の (4) 式に代入すると

$$\tan \alpha = \tan \theta + (1+2nK) \sec \theta \frac{W}{2T_A} \dots\dots\dots (6)$$

本試験は 2 区間にまたがっているので, これまで付録 I で用いてきた記号では表わしきれないので, 第 8 図のごとく記号を改めることにする。この記号で (6) 式を書くと

$$\tan \alpha_{II} = \tan \theta_{II} + (1+2n_{II}K) \sec \theta_{II} \frac{W_{II}}{2T_{AII}} \dots\dots\dots (6)_1$$



第 8 図 (記号説明図)

またこの時の I 区間の支点傾斜角は無負荷索であるから (6)₁ に準じて $n=0$ とすれば α_{II} は求められる。すなわち

$$\tan \alpha_{II} = \tan \theta_{II} + \sec \theta_{II} W_I / 2T_{AII} \dots\dots\dots (7)$$

3) 中間支持金具のところの釣合

中間支持金具は人工支柱に固定された鋼索のほぼ中央に垂下しているから, その固定点を C とすると, 中間支持金具と主索との接点 A は C 点を中心に腕の長さ L をもって振れることになる。しかして A 点においては水平線に対して α_{II} , α_{II} の斜角をもった T_{AI} , T_{AII} がそれぞれ働いているから, この合力 R は γ なる傾きをもち釣合うことになる。

この釣合条件式はつきのごとくなる。

$$\frac{R}{\sin(\alpha_I + \alpha_{II})} = \frac{T_{AI}}{\cos(\alpha_{II} + \gamma)} = \frac{T_{AII}}{\cos(\alpha_I - \gamma)} \dots\dots\dots(8)$$

(8) 式の右2式の関係から

$$\frac{T_{AII}}{T_{AI}} = \frac{\cos(\alpha_I - \gamma)}{\cos(\alpha_{II} + \gamma)} = \frac{\cos \alpha_I + \sin \alpha_I \tan \gamma}{\cos \alpha_{II} - \sin \alpha_{II} \tan \gamma} \dots\dots\dots(9)$$

いま $T_{AII}/T_{AI} = 1 + \eta$

ただし η は中間支持金具のところの張力差係数

として、(9) 式を $\tan \gamma$ について解くと

$$\tan \gamma = \frac{(1 + \eta) \cos \alpha_{II} - \cos \alpha_I}{(1 + \eta) \sin \alpha_{II} + \sin \alpha_I} \dots\dots\dots(10)$$

また (7) 式に $T_{AI} = T_{AII}/(1 + \eta)$

の関係を入れると

$$\tan \alpha_I = \tan \theta_I + \sec \theta_I W_I (1 + \eta) / 2 T_{AII} \dots\dots\dots(11)$$

以上の経過をたどって、 η を仮定すれば (11) 式より α_I は既知となり、(6)_I 式より α_{II} も既知数であるから、これらを (10) 式に入れると γ は求められる。すなわち中間支持金具の振れは求められることになる。

4) η (中間支持金具のところの張力差係数)

本試験においては第 I 区間の張力を実測していないから η の値を直接求めることはできないので、つぎのような推定を試みた。

(1) 測量による方法

各スパンごとに吊荷 360 kg をもった搬器を中央点に停止させ、このときの両スパンの中央垂下量を測量したので、これより両スパンの張力は算出される。この結果を示すと表5のとおりである。

表 5. 中央垂下量より算出した両スパンの張力比較表

区間別 搬器のある区間	I		II		備 考 (注4, 注5)				
	中央垂下比 S	上方張力 T _{AI} (kg)	中央垂下比 S	上方張力 T _{AII} (kg)	II区間下方張力 T _{BII}	実測値 (kg)	誤差率 %	T _{AI} /T _{AII}	n
I	0.0491	6,160	0.018	5,880	5,780	5,320	+8.6	1.046	2.67
II	0.0062	7,900	0.0452	8,280	7,900	8,100	-2.5	0.955	1.25

本表における誤差率をみると、あまり精度の高いデータとはいえないが、概略 η は 0.05 くらいの値をとるようである。

(2) 自記記録よりの推定

第4図あるいは付録 II に示した主索張力変化をみてゆくと、中間支持金具に搬器が接近している時の張力は約 5 t で、搬器が中間支持金具に乗りあげると急激に 4 t くらいまで下っている傾向がある。この

注 4. 本測定は搬器が停止しているので測定に時間の余裕があり、中間支持金具の振れによるスパンの補正もできたので、これを示すとつぎのとおりである。

水平距離 $d_I = 155.448 \text{ m}$ $d_{II} = 346.696 \text{ m}$
支間傾斜角 $\theta_I = 6^\circ 30'$ $\theta_{II} = 6^\circ 55'$

注 5. 作業索が主索に与える負荷は注 3 で述べた値をとることにした。

ことに着眼して考察すると、

仮りに摩擦がないものとすれば張力の低減あるいは増加にあたって、連続した曲線を描くはずである。また中間支持金具を通過するときの搬器速度は表 4 にみるように区々であるから、当然この速度の相違による影響が張力変化の方にも現われそうなものである。しかし、自記記録した全部のデータをみわたしても、連続した張力変化のものは皆無で、皆一様に階段状の張力増減を示していた。

そこでこの搬器通過のさいの運動を分析すると、搬器が中間支持金具に近接すると、負荷側の索の支点傾斜角は急速に大きくなるから力の平衡をたもつため中間支持金具は搬器から遠のくような“振れ”を起こす。しかし、両スパンの索張力の差が受鞍の部分の最大摩擦力に達するまでは索の移動は起こりえない。このような状態で搬器走行車輪が受鞍に到達する。第 1 車輪が受鞍を乗り越すとその衝撃で初めて受鞍部における索の均衡が破られて索が移動し、両スパンの張力差が最大摩擦力以内におさまる。つぎに、第 2 車輪が受鞍を乗り越すと負荷側の索は完全に無負荷索になり、反対に無負荷側の索は負荷索になるため両スパンの張力差は大きくなり、さらに、この時第 2 回目の衝撃を受けるため再びこの張力差を埋めるような形で索の滑走がおこる。

このように考えてくると階段状の張力変化は受鞍部の摩擦によって生じたものであることは明瞭であり、階段状を示す張力差が最大摩擦力と判定してもよさそうである。

よって η の最大値 η_{\max} は

$$\eta_{\max} = 5t/4t - 1 = 0.25$$

として求めた 0.25 くらいの値をとるものと考えられる。

つぎに搬器が中間支持金具以外を走行しているときの張力変化をみてゆくと、搬器が II 区間にあるときは“カマボコ”型の張力増減をしているのに対し、搬器が I 区間を走行中はほとんど一定の値を示していることに着眼して考察すると——

中間支持金具は第 8 図に示すごとく張力の増減に応じて“振る”ことができるので、仮りにこの“振れ”が両区間いづれに対しても同じであるとすると、両区間の水平距離の相違する分の影響はあるはずである。すなわち、(2) 式でわかるように主索張力に大きく影響する因子は $(l/u-1)$ であるが、支点変位を考えると l は一定である（受鞍の部分で索がすべらないものとして）ので、“振れ”による u の変化をつかんでいれば張力の変動は容易にわかることになる。そこでこの“振れ”による u の増減量を $\pm\lambda$ とすると索の緊張度（仮称） τ はつぎのごとくなる。

$$\tau = \sqrt{\frac{1}{\frac{l}{u \pm \lambda} - 1}}$$

ここに $l/u = 1 + \epsilon$

$$\lambda = \Delta I u_I = \Delta II u_{II}$$

とおくと

$$\tau = \sqrt{\frac{1}{\frac{l}{u(1 \pm \lambda)} - 1}} = \sqrt{\frac{1}{(1 + \epsilon)(1 \mp \Delta) - 1}} = \sqrt{\frac{1}{\epsilon \mp (1 + \epsilon)\Delta}} = \sqrt{\frac{1}{\epsilon \mp \Delta}}$$

上式より搬器が第 I 区間にあるときの第 I 区間の索の緊張度 τ_I は、中間支持金具は第 I 区間の方に引張られて斜距離 u_I は $\Delta I u_I$ だけ減少しているからつぎのごとくなる。

$$\tau_I = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_I + \Delta_I}} \dots\dots\dots(12)_1$$

このときの第II区間の索の緊張度 τ_{II} は、 u_I が $\Delta_I u_I$ だけ増加しているの

$$\tau_{II} = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_{II} - \Delta_I}}$$

しかるに、 $\Delta_{II} = \Delta_I \cdot u_I / u_{II}$ であるから

$$\tau_{II} = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_{II} - \Delta_I \cdot u_I / u_{II}}} \dots\dots\dots(12)_2$$

となる。

いま搬器が中間支持金具を通過して第I区間の中央点に近づくときの状態を考察してみると――

張力の増加にともなって中間支持金具は吊荷の方に引張られるから Δ_I は逐次増加するが、 ϵ_I の値が Δ_I の値に比べて大きいと τ_I には Δ_I の増大の影響が顕著に現われないことが、(12)₁ 式よりわかる。事実受鞍部で鋼索は第I区間の方へ相当長さ移動しているの、 ϵ_I の値は無負荷索のときよりかなり大きな値をとっているの、 Δ_I の増大は τ_I にあまり影響しないことがわかる。

また第II区間の索の緊張度 τ_{II} は (12)₂ 式に示すように Δ_I に u_I / u_{II} (約 0.45) の係数がかかっていること、第II区間の主索の重量が吊荷の重量に比べてかなり (834 kg) あるので、第II区間が無負荷になってもかなり大きな ϵ_{II} をもっていることの2つの条件が重なって、 Δ_I の増大に対して τ_{II} はあまり影響を受けないことが考えられる。

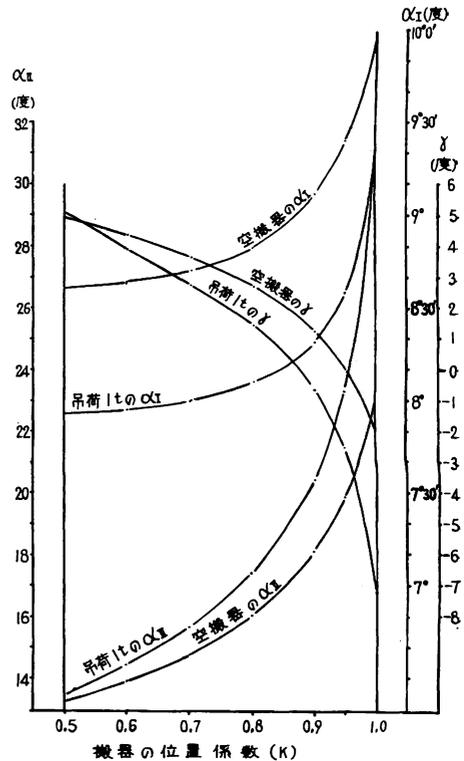
つぎに搬器が第II区間にあるときについて考察を加えると、各区間の索の緊張度は

$$\tau_I = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_I + \Delta_I}}, \quad \tau_{II} = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_{II} - \Delta_I \cdot u_I / u_{II}}}$$

となるが、前とは反対に Δ_I の影響を τ_I は u_I / u_{II} 倍 (約 2.23 倍) だけ受けること、第I区間の主索の重量は 372 kg で吊荷に対して軽いので、搬器が中間支持金具を通過したさいの索の移動量も前回同等に大きいので、索が移動したあとの第I区間の ϵ_I は小さな値を取り、この2つの条件が重なって、前回のように中間支持金具が張力調整の作用をする余地はほとんど無くなるので第II区間の張力変化はあたかも両支点固定の単スパンのように、カマボコ型の変化を示したものと考えられる。

このように考察を進めてくると、受鞍のところの主索の張力にはあまり大きな差がないと考えても、さほど不都合なことは生ぜず、したがって表5に示すように $\eta = 0.05$ くらいの値を搬器が中央点以外の点においてもとっていたのではないかと考えられる。

ただし搬器が受鞍に乗りあげるときは、索の屈曲度



第9図 搬器の移動にともなう支点傾斜角 α_I, α_{II} と中間支持金具の振れ角 γ の変化図

がきわめて大きいので、このような状態では前述のように $\eta_{\max}=0.25$ くらいの値も当然考えられるところである。

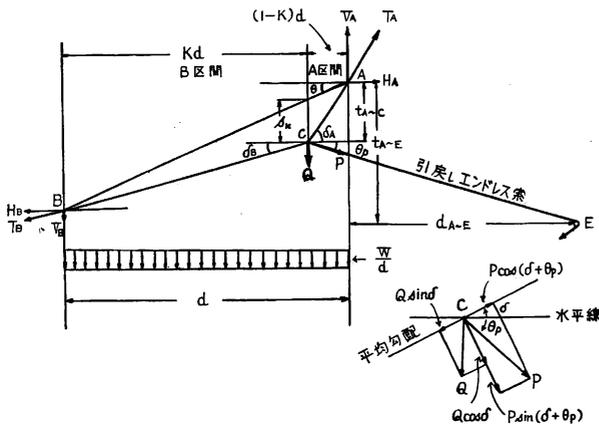
5) 中間支持金具の振れ

いま第II区間を搬器が移動する間の $\alpha_I, \alpha_{II}, \gamma$ の変化を $\eta=0.05$ として算出し、図示すると第 9 図のようになる。なお計算式 (6)_I, (11) 式の T_{AII} は第 6 図に示した平均張力 T_{mk} を用いて (5) 式により算出したものである。

第 9 図は主索の負荷の相違によるこれらの値の差を明らかにするため、空搬器と吊荷 1t の 2 とおりについて示したが、 α_I の変化はさほどないが、 α_{II} の変化はかなりあり、特に $K=0.8$ あたりから $K=1$ にかけて変化の度合ははなはだしいものがある。また γ は $K=0.5$ の点では 5° くらいの値であるが、 $K=1$ に近づくとつれて減少し、 $K=1$ において負の値をとる。この傾向は観測結果とよく合うし、また第 5 図に示した中間支持金具の変位の状態ともある程度合致している。しかしながら、吊荷 1t の場合の計算値は -7° であるが観測していた時の所見では γ は、これよりもっと大きな値をとっていたように感じられる。この点については、本計算が作業索、特に引戻しエンドレス索の引張力の影響を全く考慮に入れないことに原因があるように考えられるので、次節においてさらに究明することにする。

3. 中間支持金具通過のために必要なエンドレス索の引張力

搬器が走行するとき主索は第 10 図に示すごとく荷重点 C において屈曲し、A 区間において角 δ_A 、B 区間において角 δ_B をもつから搬器はこれらの平均傾斜角 δ を走行すると考えられる。ここに搬器走行車輪は 2 輪であるが便宜上 1 点に集中負荷すると考える。



第 10 図 (記号説明図)

いま搬器が A 点の方に上るとき力の関係を分解して考えると第 10 図に示すように――

主索の負荷 Q は平均傾斜角 δ の斜面にそって下降しようとする力 $Q \sin \delta$ と、この斜面に直角な力 $Q \cos \delta$ に分解される。搬器の走行抵抗係数を μ_c とすると、搬器の走行抵抗は $Q \cos \delta \cdot \mu_c$ であるから、搬器を上方に走行させるに要する力は

$$Q \sin \delta + Q \cos \delta \cdot \mu_c$$

となる。

つぎに搬器を A 点の方に走行させようとする力 P は δ 斜面に対しては $(\delta + \theta_p)$ の斜角をもつから、平均傾斜面にそって搬器を走行させる力は $P \cos(\delta + \theta_p)$ となり、この斜面を直角に押しつける力は走行抵抗 $P \sin(\delta + \theta_p) \cdot \mu_c$ をもたらすから正味搬器を走行させる力は

$$P \cos(\delta + \theta_p) - P \sin(\delta + \theta_p) \cdot \mu_c$$

となる。

ゆえに、搬器を上方に走行させるためには、つぎの式が成り立たなければならない。

$$P \cos(\delta + \theta_p) - P \sin(\delta + \theta_p) \cdot \mu_c \geq Q \sin \delta + Q \cos \delta \cdot \mu_c$$

これから次式が導かれる。

$$\frac{P}{Q} \cong \frac{1 + \cot \delta \cdot \mu_c}{(\cot \delta \cos \theta_p - \sin \theta_p) - (\cos \theta_p + \cot \delta \cdot \sin \theta_p) \mu_c} \dots\dots\dots(13)$$

上式の分母は正でなければならないから

$$\cot \delta \cos \theta_p - \sin \theta_p > (\cos \theta_p + \cot \delta \cdot \sin \theta_p) \mu_c$$

これから

$$\cot \delta > \frac{\mu_c + \tan \theta_p}{1 - \mu_c \tan \theta_p} > \frac{\mu_c + \tan \theta_p}{1} > \tan \theta_p$$

すなわち

$$1 \gg \tan \delta \cdot \tan \theta_p \dots\dots\dots(14)$$

なる関係がつねに成りたなければならぬことがわかる。

ここに θ_p は荷重点 C の位置によってきまるから、荷重点の軌跡が必要であり、 δ は δ_A, δ_B を求めれば得られるので、以下これについて述べる。

1) θ_p について

荷重点の軌跡は上下両支点を結ぶ傾斜面に対しては偏平で、作業索の引張力によってさほど大きく変わるものではないので近似的に第 1 節において求めた下方支点張力 T_{Bk} によって求めることにした。

すなわち

付録 I の (7) 式において

$$\left[1 + \left\{ \tan \theta - \frac{1 + 2n(1-K)}{K(1-K)(1+2n)} S_k \right\}^2 \right]^{1/2} \doteq \sec \theta$$

であるから

$$T_{Bk} = \frac{K(1-K)(1+2n)}{S_k} \cdot \frac{W}{2} \sec \theta$$

これより

$$S_k = \frac{K(1-K)(1+2n)}{T_{Bk}} \cdot \frac{W}{2} \sec \theta \dots\dots\dots(15)$$

$s_k = d \cdot S_k$ であり、C 点の位置は上方支点 A を原点にとると、その高低差 t_{A-C} は

$$t_{A-C} = (1-K)d \tan \theta + s_k = (1-K)d \tan \theta + d \cdot \frac{K(1-K)(1+2n)}{T_{Bk}} \cdot \frac{W}{2} \sec \theta \dots\dots\dots(16)$$

搬器が A 点に近接すると、引戻しエンドレス索はほとんど直線状になるので、C~E 間を直線として θ_p を求めると

$$\theta_p = \tan^{-1} \left(\frac{t_{A-E} - t_{A-C}}{d_{A-E} + (1-K)d} \right) \dots\dots\dots(17)$$

2) δ について

引戻しエンドレス索の引張力 P を加味した場合の平衡条件式を樹てると

まず B 点においてモーメント零の条件は

$$V_A = H_A \tan \theta + \frac{W}{2} + K(Q + P \sin \theta_p) + (K \cdot \tan \theta - S_k) \cdot P \cos \theta_p \dots\dots\dots(18)$$

また C 点において C 点より右側のモーメント零の条件は付録 I の (2) 式より

$$V_A = H_A \left(\tan \theta + \frac{S_k}{1-K} \right) + \frac{1-K}{2} W \dots\dots\dots(18)_1$$

また A 点においてモーメント零の条件は

$$V_B = H_B \tan \theta - W/2 - (1-K)(Q + P \sin \theta_p) - \{(1-K) \tan \theta + S_k\} P \cos \theta_p \dots\dots\dots(19)$$

(18) 式-(18)₁ 式より

$$H_A = \frac{K(1-K)}{S_k} W \left\{ \frac{1}{2} + (n+m \sin \theta_p) + (\tan \theta - S_k/K) m \cos \theta_p \right\} \dots\dots\dots(20)$$

ただし, $n=Q/W$, $m=P/W$

(18) 式の両辺を H_A で割り (20) 式を代入すると

$$\frac{V_A}{H_A} = \tan \theta + \frac{S_k}{1-K} \cdot \frac{1/2K + (n+m \sin \theta_p) + (\tan \theta - S_k/K) m \cos \theta_p}{1/2 + (n+m \sin \theta_p) + (\tan \theta - S_k/K) m \cos \theta_p} \dots\dots\dots(21)$$

同様にして (19) 式より

$$\frac{V_B}{H_B} = \tan \theta - \frac{S_k}{K} \cdot \frac{1/2(1-K) + (n+m \sin \theta_p) + (\tan \theta - S_k/(1-K)) m \cos \theta_p}{1/2 + (n+m \sin \theta_p) + (\tan \theta - S_k/K) m \cos \theta_p} \dots\dots\dots(22)$$

つぎに C 点における垂直分力を考える。

付録1の最初に述べたごとく主索の重量は水平線上に均等に分布すると仮定しているから、C点における A 区間の垂直分力 $V_{c(A)}$ は $(1-K)W$ だけ V_A より低い値をとる。よって

$$V_{c(A)} = V_A - (1-K)W$$

上式の両辺を H で割り、(18)、(20) 式を代入すると

$$\frac{V_{c(A)}}{H} = \tan \theta + \frac{S_k}{1-K} \cdot \frac{1 - \frac{1}{2K} + n + m \sin \theta_p + (\tan \theta - S_k/K) m \cos \theta_p}{1/2 + n + m \sin \theta_p + (\tan \theta - S_k/K) m \cos \theta_p} \dots\dots\dots(23)$$

同様にして B 区間における C 点の垂直分力 $V_{c(B)}$ は

$$V_{c(B)} = V_B + KW$$

この関係に (19)、(20) 式を代入すると

$$\frac{V_{c(B)}}{H} = \tan \theta - \frac{S_k}{K} \cdot \frac{1/2 - K}{1-K} + n + m \sin \theta_p + (\tan \theta - S_k/K) m \cos \theta_p}{1/2 + n + m \sin \theta_p + (\tan \theta - S_k/K) m \cos \theta_p} \dots\dots\dots(24)$$

しかして

$$\delta_A = \tan^{-1} \frac{V_{c(A)}}{H}, \quad \delta_B = \tan^{-1} \frac{V_{c(B)}}{H} \dots\dots\dots(25)$$

であるから、これで総べての関係式は導かれたことになるが、 δ を求めるにはこれでは繁雑であるので近似的に

$$\delta = \frac{\delta_A + \delta_B}{2} \approx \tan^{-1} \left[\left(\frac{V_{c(A)}}{H} + \frac{V_{c(B)}}{H} \right) + 2 \right]$$

とし、(23)、(24) 式を代入すると

$$\tan \delta = \tan \theta + \frac{K - \frac{1}{2}}{K(1-K)} \cdot S_k \cdot \frac{1 + n + m \sin \theta_p + (\tan \theta - S_k/K) m \cos \theta_p}{\frac{1}{2} + n + m \sin \theta_p + (\tan \theta - S_k/K) m \cos \theta_p} \dots\dots\dots(26)$$

上式の右辺第2項の第3項は分子、分母が初項だけが1、1/2と異なるだけであり、 n や m が大きい場合はほとんどこの項は1になる。本試験においても n は0.8~2.0であり、 m もそれに近い値であるから、この項を省略することができる。よって

$$\tan \delta = \tan \theta + \frac{K - \frac{1}{2}}{K(1-K)} S_k \dots\dots\dots(26)_1$$

上式に (15) 式の関係代入すると

$$\tan \delta = \tan \theta + \frac{W \sec \theta}{2T_{Bk}} \cdot \left(K - \frac{1}{2} \right) (1+2n) \dots\dots\dots (27)$$

以上 θ_p, δ は下方支点張力 T_{Bk} を用いると (16), (17), (27) 式により求められることがわかった。よって第1節においてすでに求めた T_{Bk} を用いて θ_p, δ を求め、この値を (13) 式に代入して P を求め、図示すると第 11 図のごとくなる。これを見ると実測値に対してかなり低い値をとっているの、この点をさらに究明してみる。

従来、搬器を走行させるために必要な張力を求めるには、(27)式によって勾配抵抗を求め、これに走行抵抗係数 μ_c を 0.03 にとって走行抵抗を求め、タイラー式の場合はこのほかに荷上索のシゴキの抵抗を加算して搬器のところの張力としていたが、この方法でよくタイラー式やフォーリングブロック式の野外試験のデータを説明することができた。しかしながら、ひるがえって考えてみると、これらの野外試験はすべて支間の中央付近 ($K=0.3\sim 0.7$) で搬器が走行していたことと、単スパンで支点は固定した状態のものであったので、あまり問題は起こらなかったのかもしれない。本試験の場合は上方支点が搬器の位置によってかなり移動し、上方支点近くに搬器がくると支点は搬器を避けるように遠のくので、支点傾斜角は支点が移動しないと考えた場合よりも大きな値をもち、したがって、搬器のところの傾斜角も大きな値になる。しかるに本節においては計算の繁雑を避けるため支点の移動はないものとして δ を求めたことに原因があるように考えられる。

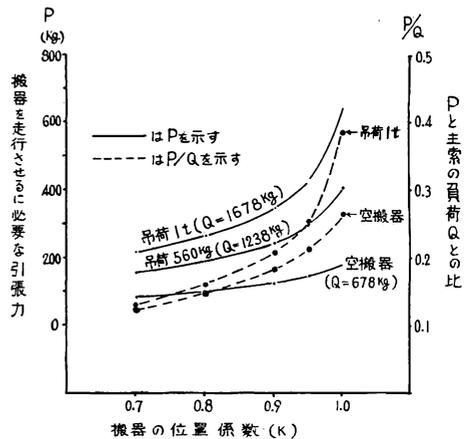
そこで、このように支点が移動して搬器の勾配抵抗を増す場合は平均勾配によらないで、搬器の進行方向前方の傾斜角 δ_A だけで勾配抵抗を求めてみることにした。

(23) 式をみると式の右辺第 2 項のうち、右辺の分子に含まれる $1/2 K$ は K が 1 に近づくにつれて $1/2$ になるから、この項は搬器が中間支持金具を通過する近辺ではほとんど 1 になり省略できるので δ_A の式は簡単に

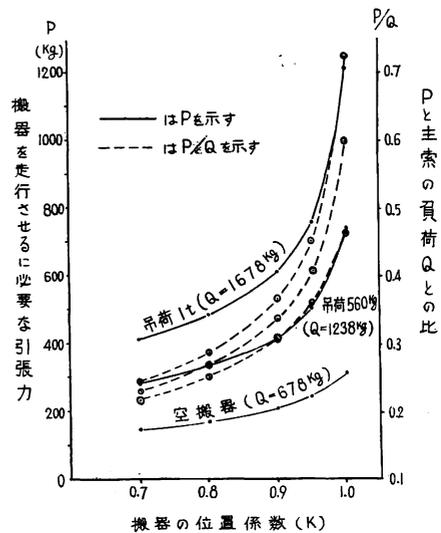
$$\tan \delta_A = \tan \theta + S_k / (1-K)$$

となるから、上式に (15) 式を代入すると

$$\tan \delta_A = \tan \theta + \frac{W \sec \theta}{2T_{Bk}} \cdot K(1+2n) \dots\dots\dots (28)$$



第 11 図 平均傾斜角 δ を搬器の上り勾配とした場合の搬器の移動にともなう P と P/Q の計算値



第 12 図 δ_A を搬器の上り勾配とした場合の搬器の移動にともなう P と P/Q の計算値

となる。

(28) 式により再度 P を求めて図示すると第 12 図のようになり実測値に接近することがわかる。

(第 3 表参照)

また P を考慮した場合の V_A/H_A , すなわち, $\tan \alpha_{II}$ は (21) 式により求められるが, これに (15) 式を代入すると $K=1$ において

$$\tan \alpha_{II} = \tan \theta_{II} + \frac{W \sec \theta}{2T_{Bk}} (1+2n)$$

となる。 T_{Bk} はすでに求めた値を用いて, 再度 γ を求めるとつぎに示すごとく第 9 図に示した値より若干大きくなる。

$$\begin{aligned} \gamma &= -1^\circ 54' \longrightarrow -2^\circ 24' \quad \dots n=0.8129 \text{ の場合} \\ \gamma &= -7^\circ 12' \longrightarrow -8^\circ 4' \quad \dots n=2.0120 \text{ の場合} \end{aligned}$$

以上中間支持金具を通過するときの作業索の張力と, この力を考慮したときの支持金具の振れ角 γ について述べたが, γ の方は試験のさい観測したほど大きな値にはならなかった。このことについては今後さらに究明したいと考えている。

なお, 現場においては, 搬器が中間支持金具を通過するための張力がとりあえず必要であるので, 念のため計算式を示すと

$$(17) \text{ 式より } \theta_{p \max} = \tan^{-1}(t_{A-E}/d_{A-E}) \dots\dots\dots(17)_1$$

$$(28) \text{ 式より } \delta_{A \max} = \tan^{-1}[\tan \theta + W \sec \theta(1+2n)/2T_{Bk=1}] \dots\dots\dots(28)_1 \text{註 6}$$

これらの値を (13) 式に代入すれば $(P/Q)_{\max}$ は求められる。

4. 受鞍部における主索の滑り

本試験は中間支持金具が搬器の走行によって若干振れを起こすので, 受鞍の両側における主索張力はこの振れによって張力の均衡を保とうとする。この現象は搬器が受鞍に到達する近辺で最も顕著にみられ, 搬器から遠のくような運動をする。ゆえに第 II 区間から第 I 区間に搬器が走行する場合を例にとると, 第 I 区間の l_I/u_I は急激に大きくなり, したがって, 第 I 区間の張力は一時的に低下することになり, この現象が階段状に張力の低下を示すことになるものと考えられる。しかして, 鋼索は受鞍の両端部においてきわめて激しい曲げを受けて拘束された状態にあるので, 索は滑ることができない。このような状態で搬器が第 I 区間に乗り移ると, 逆勾配の条件もからんで急激な衝撃荷重となって第 I 区間がこれを受けとめることになるので, このときの負荷は静荷重にある係数倍したものが負荷したと考えられる。この衝撃係数を e とする。

つぎに搬器が第 I 区間に乗り移ると, さきに搬器が第 II 区間から中間支持金具に到達する瞬間みせた現象が起こって, 受鞍は第 II 区間の方に振れ, これと鋼索の滑りが同時に起こるので, この滑り量を Δl , 振れを λ とすると

注 6: (28)₁ 式中 T_B の値は第 1 節の第 6 図に示したように, $K=1/2$ の約 50% の値をとるので, このことを利用すると δ_{\max} は簡単に求められる。また (13) 式も μ_c は 0.03 くらい値であるから, 近似的には次式のようになる。

$$\frac{P}{Q} \cong \frac{1 + \cot \delta \cdot \mu_c}{\cot \delta \cos \theta_p - \sin \theta} \dots\dots\dots(13)_1$$

第 I 区間の l/u は $(l_I + \Delta l)/(u + \lambda)$

第 II 区間の l/u は $(l_{II} - \Delta l)/(u - \lambda)$

となり、両区間の張力は均衡を保つことになる。

なおこのときの両区間の張力は前述のごとく

$$T_{AII}(1 + \eta_{\max}) = T_{AI}$$

であるから、これより次式が成立する。ただし、索の移動による索重量 W と、支点変位にともなう支間傾斜角 θ の変化は微小であるので変化しないものとする。

$$(1 + \eta_{\max}) W_{II} \cos \theta_{II} \sqrt{\frac{1}{\frac{l_{II} - \Delta l}{u_{II} - \lambda} - 1}} = W_I \cos \theta_I \sqrt{\frac{1 + 12(en_I + e^2 n_I^2)(K - K^2)}{\frac{l_I + \Delta l}{u_I + \lambda} - 1}} \dots (29)$$

ただし、 K は受鞍から 5 m くらい離れた場所と考え、 $K = 150/155 \approx 0.97$ とする。

(29) 式を e について解くと

$$e = \frac{\sqrt{1 + 4B} - 1}{2n} \dots (30)$$

ただし

$$B = \frac{1}{12(0.97 - 0.97^2)} \left\{ (1 + \eta_{\max})^2 \cdot \left(\frac{W_{II} \cos \theta_{II}}{W_I \cos \theta_I} \right)^2 \cdot \frac{\frac{l_I + \Delta l}{u_I + \lambda} - 1}{\frac{l_{II} - \Delta l}{u_{II} - \lambda} - 1} - 1 \right\}$$

なお、式中の l_I, l_{II} は第 I 節において求めた $T_{AII}(K=1)$ を用い

$$\frac{l_{II}}{u_{II}} - 1 = \frac{1}{24} \left(\frac{W_{II}}{T_{AII}} \cos \theta \right)^2 \text{ なる関係から}$$

$$l_{II} = \left\{ 1 + \frac{1}{24} \left(\frac{W_{II}}{T_{AII}} \cos \theta \right)^2 \right\} u_{II} \dots (30)_1$$

として l_{II} を求め、 l_I については $K=1$ の瞬間まで $T_{AI}(1 + \mu) = T_{AII}$ ただし、 $\mu = 0.05$

なる関係にあったとして、(30)₁ 式に準じて

$$l_I = \left\{ 1 + \frac{1}{24} \left(\frac{W_I}{T_{AI}} (1 + \mu) \cos \theta \right)^2 \right\} u_I \dots (30)_2$$

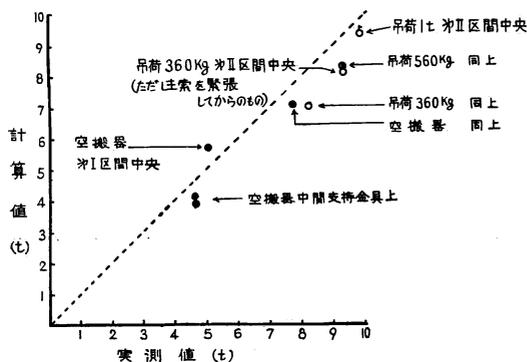
として求めた。

以上述べた計算手順をへて、 $\Delta l, \lambda$ は観測値を用いて e を求めると下表のごとくなる。また、この e を用いて第 I 区間の張力を求め表に追記した。

吊 荷	主索の 負 荷 (kg)	n_I	Δl (cm)	λ (cm)	T_{AII} ($K=1$)	l_I (m)	l_{II} (m)	B	e	T_{AI} $K=0.97$ (kg)
空搬器	627	1.68	40	31	3498	155.957	350.395	51.84	3.99	4626
1 t	1627	4.36	120	74	4247	155.931	350.131	1048.71	7.31	12747
360 kg	987	2.64	70	44	4041	155.937	350.189	168.57	4.72	6649

同様な手法で、第 I 区間より第 II 区間に搬器が中間支持金具を乗り越える場合を求めてみたが、観測値 $\lambda, \Delta l$ の値にまずい点があり、 e の値がえられなかつたので、この点さらに式の検討はもろんであるが、このような野外試験の外に小規模の模擬試験も行なつて、この現象を究明したいと考えている。

以上、この滑りについては十分の究明ができなかつたが、 e の値をみると観察のさい想像した値より幾



第 13 図 下方支点傾斜角によって求めた下方支点張力と実測値の相関図

油圧筒がついているので、この影響は無視できなく、次式で算出した。

$$T_B = \left(\frac{W+Q}{2} + (1-K)Q_0 \right) \frac{1}{\cos \beta \tan \theta - \sin \beta}$$

ここに Q_0 は油圧筒重量 (=250 kg) であり、下方支点にあるため $K=0$ となる。

図に示すごとく計算値は 1 点だけ +11% の誤差をもつが、他は負の傾向にあり、鋼索重量は 10% くらい増した値をとる方が実測値に近づくことがわかる。

V 総 括

中間支持金具を使用した場合の峰越しによる集材機作業現場において、主索ならびに作業索の張力を実測し、これについて種々力学的な考察を行なった結果を要約するとつぎのとおりである。

1. 負荷を受けた主索張力について

任意の点に負荷を受けている場合の支点における主索張力は、その点における主索の垂下量 s_k を求めれば付録 I の (5) 式によって上方支点張力が、(7) 式によって下方支点張力がそれぞれ算出できる。

また支点における主索の傾斜角を測定すると付録 I の (22) 式によって上方支点張力が、また (23) 式によって下方支点張力が求められる。

さらに搬器を走行させる力 P が搬器の走行傾斜角とかなりの角度をもって下方に引張るような場合の主索張力は、(20), (21) 式に示すごとく、搬器の位置 K における垂下比 S_k と P とを測定すれば算出できる。

これらの式は総べて同一手法によって誘導されていることに特徴がある。すなわち、上下いずれかの支点と荷重点においてそれぞれモーメント零の条件式をたて、この二つの垂直分力 V と水平分力 H に関する連立方程式から H を求め、この H を原式から求めた V/H の式に代入して V/H を求め、これらの値を

$$T = H \sqrt{1 + (V/H)^2}$$

に代入することによって T を求めていることである。

これらの式によって求めた主索張力と実測値の間には、本試験の場合荷重比 n の値にもよるが、約 5 ~ 10% の誤差があり、いずれも計算値の方が低目になっている。この原因はいろいろ考えられるが、下方支点に約 250 kg の張力測定用の油圧筒を取付けてあるが、この影響を算出のさい全く考慮に入れな

分大きな値のようである。しかしこの e を直接振動加速度計で計測すれば、このときに起こる衝撃的な張力は (29) 式の右辺の式で求められるので保安上の助けになるものと考えられる。

5. 支点傾斜角と主索張力

支点近傍において主索の傾斜角 α または β を測定し、これと支間傾斜角 θ によって主索張力を算出する方法は第 I 報において述べたが、本試験においても同様なことを行なって第 13 図のような結果をえた。ただし、下方支点には

ったことのほか、主索重量は JIS の標準重量によって算出したことが主要因と考えられる。すなわち JIS の 1 m あたり重量より新品鋼索の重量は数%重いのが実情のようであり、これらが計算値を実測値より低目にしたものと考えられる。現場試験における実測値と計算値を合致させるためには、これまで新品の鋼索の場合は JIS より数 % 増にし、摩耗のひどい鋼索については 5% くらい減にすることにより全部のデータを一応合致させてはきたが、現場において鋼索重量を上手に推定することは困難であり、このような実情を考えると計算式の微小な項は実用的にはあまり意味のないものになるから省略してもほとんどの場合差し支えない。すなわち $K=1/2$ の場合の付録 I の (5)₁ 式は

$$\hat{T}_A = \frac{W+2Q}{8S} \sec \theta$$

となり、かなり簡単な式になる。ただし、鋼索の 1 m あたり重量は JIS の値の約 10% 増しの値をとることが望ましい。

2. 搬器の移動にともなう主索張力について

負荷索の索長は、付録 I の (16)₁ 式に示すごとく垂下比 S が重要な因子になっているが、この式を S について解き、この S を負荷索の張力の式に代入すると、張力の式は索長 l と斜距離 u の比 (l/u) を含む式に書き改められるので、鋼索の引張弾性係数 E を中介にして搬器の移動にともなう主索張力の変化は漸近法によって (4) 式で算出できる。ただし、この場合の基準となる索長と索張力は $K=1/2$ の値とし、かつ張力は両支点の張力の平均値を採用することになる。

なお、本試験に使用した鋼索は新品の 6×7 24 mm のスラフロープであるが、負荷をいろいろ変えて中央垂下量を測量し、これより索長と平均張力を求めて E を算出すると約 7,500 kg/mm² の値であったので、この値で上記の索張力の変化を算出した。

この主索張力の変化は第 6 図に示すようにカマボコ型の緩い曲線を示すが、搬器が支点に来たとき、すなわち無負荷索になったときの値は n の値によって若干差はあるが、搬器が中央にあるときの約 50% の値をもつことがわかる。

つぎに、 l/u で索張力を表わす式の利点は、たとえば上方支点張力を示すと、

$$T_A = \frac{W}{2} \cos \theta \sqrt{\frac{1+12(n+n^2)(K-K^2)}{6\left(\frac{l}{u}-1\right)}} \dots\dots\dots \text{近似式}$$

であるが、支点変位のある場合の張力補正は u だけ補正すればよいし、温度変化によって索長が伸縮したり、受鞍部で索が滑りを起こして索長が変化した場合は l だけ補正すれば T_A は求められる。

3. 中間支持金具の振れ

中間支持金具が本試験現場のように別の索で宙吊りされていると、搬器の位置によって中間支持金具は僅かではあるが移動し、搬器が中間支持金具のごく近くまで近接すると遠のき、支点傾斜角は急激に大きくなる。この現象は中間支持金具を通過するときの作業索張力の急激な張力増加を一層助長する作用はしているが、一方主索張力に対しては張力の増加率を低減させる作用をしているようである。

4. 中間支持金具を通過するための作業索張力

中間支持金具を搬器が通過するさいの作業索張力は、搬器を引きあげているエンドレス索の方向転換用並滑車の位置も重要な因子であり、本試験のように搬器が中間支持金具の近くに来たとき、搬器の進行方向に対する分力が僅かしかないような見当違いの方向に引張っていると、搬器の上り勾配もこの付近では

急激に増加するので、この悪条件が重なってきわめて激しい張力の増加が現われる。この最大値 P は (17)₁ 式、(28)₁ 式で θ_p, δ を求めると次式で求められる。

$$P \geq \frac{\tan \delta + \mu_c}{\cos \theta_p - \sin \theta_p \tan \delta} \cdot Q \dots\dots\dots(\text{近似式})$$

なお、 δ は搬器走行車輪の前方における主索の傾斜角を用いた方が、平均傾斜角を用いた場合より実測値に近かった。

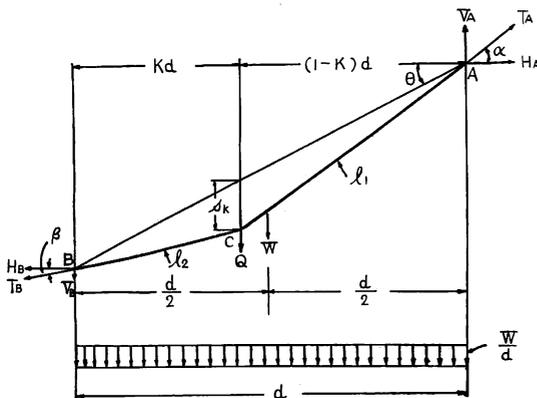
5. 受鞍部における主索の滑り

受鞍部と接触している鋼索は搬器が中間支持金具を通過するたびに極端な曲げを受けた状態で受鞍と滑り摩擦を繰り返しているのです、この箇所の鋼索の摩耗と疲労は他の部分の鋼索のそれとは比較にならないものがあると推察される。本試験はかかる現象を調査する試験としては初めてであったので、測定にも不備な点が多く十分この現象を解明できなかつたが、このように局部的に鋼索が損耗することははなはだまづい運材法であるから、このような損耗を極力軽減する方策を研究したいと考える。なお、この滑り量を求める計算式は静力学的に導いたものであるため、搬器速度の要因も含まれておらず、また受鞍の変位量も搬器の位置により求める性質のものであるが、今回は観測値を用いることにしたため、種々不都合の点があるように考えられるので、今後は動力学的な解析も加えてこの不備を修正したいと考えている。

付録 I 放物線式の誘導

はじめに 第 1 報においては垂曲線理論により主索張力・索長・荷重点の軌跡に関する方程式を誘導したが、これらの式は垂下比を索長に対する中央垂下量で表わしたことに特徴がある。また、索長は近似的には斜距離に等しいので垂下比をこれで表わすと、索張力は比較的簡単に求められる。しかしながら、荷重点が中央点以外になると垂曲線理論式特有の繁雑な式になるので第 1 報においてはこれらの式は特に誘導しなかった。

一方放物線式は加藤誠平氏によって無負荷索の索曲線式から出発して理論が組み立てられているが、この報告においては負荷索を基準にして誘導された張力・索長に関する方程式を使用した。これらの式は負荷を 0 とすると加藤式の無負荷索の諸式と全く一致することはもちろんであるが、式の誘導法が簡単であり、多荷重の場合も全く同様な手法で張力・索長の式が求められるので便利である。



付録 I-1 図

1. 負荷索の張力

付録 I-1 図に示すごとく支点 A, B に索 A~B が Q なる単荷重を吊して懸垂しているとする。このとき主索の重量は水平線上に均等に分布すると仮定する（この仮定は林業のごとく偏平で緊張度の高い索張りにおいては精度的に十分正しいものである）。

支点 A, B における主索張力を図のごとく水平成分と垂直成分とに分解して考えると、

$$H_A = T_A \cos \alpha, \quad V_A = T_A \sin \alpha$$

$$H_B = T_B \cos \beta, \quad V_B = T_B \sin \beta$$

また、釣合の条件から水平分力は主索のどの位置においても一定であるから、その値を H とすると

$$H_A = H_B = H$$

となる。

いま下方支点 B においてモーメントの平衡条件を考えると

$$V_A \cdot d = H_A \cdot d \tan \theta + W \cdot \frac{d}{2} + Q \cdot Kd$$

d を消去して

$$V_A = H_A \cdot \tan \theta + \frac{W}{2} + KQ \dots\dots\dots(1)$$

つぎに荷重点 C において、 C より右側の諸力のモーメントの平衡条件式を考える。仮定により C 点より右側にある主索重量は $(1-K)W$ であるから、このモーメントは $(1-K)W$ の重心が C 点から $(1-K)d/2$ の点に作用すると考えると $(1-K)W \cdot (1-K)d/2$ であり、これが右回りに働くことになる。

また、水平分力 H については、 C 点と A 点との高低差は図より明らかなごとく $\{(1-K)d \cdot \tan \theta + s_k\}$ であるから H_A のモーメントは

$$H_A \{1-K\}d \cdot \tan \theta + s_k\}$$

であり、これもまた右回りに働く。

左回りのモーメントは

$$V_A(1-K)d$$

であるから

$$V_A(1-K)d = H_A \{(1-K)d \cdot \tan \theta + s_k\} + (1-K)W \cdot (1-K)d/2$$

上式の両辺を $(1-K)d$ で割ると

$$V_A = H_A \left\{ \tan \theta + \frac{1}{1-K} \cdot \frac{s_k}{d} \right\} + \frac{1-K}{2} W \dots\dots\dots(2)$$

(1) 式と (2) 式を辺辺差引くと

$$H_A = \frac{K(1-K) \left(1 + 2 \frac{Q}{W} \right) \frac{W}{2}}{\frac{s_k}{d}}$$

計算の便宜上

$$\frac{Q}{W} = n, \quad \frac{s_k}{d} = S_k$$

とおくと

$$H_A = \frac{K(1-K)(1+2n) \cdot \frac{W}{2}}{S_k} \dots\dots\dots(3)$$

(1) 式を $H_A (= H)$ で割り (3) 式を代入すると

$$\frac{V_A}{H} = \tan \theta + \frac{1+2nK}{K(1-K)(1+2n)} S_k \dots\dots\dots(4)$$

さて、上方支点張力 T_A は

$$T_A^2 = H_A^2 + V_A^2$$

の関係があるから、これより

$$T_A = \sqrt{H_A^2 + V_A^2} = H_A \sqrt{1 + \left(\frac{V_A}{H_A}\right)^2} = H \sqrt{1 + \left(\frac{V_A}{H}\right)^2}$$

上式に (3), (4) 式を代入すると

$$T_{Ak} = \frac{K(1-K)(1+2n)}{S_k} \cdot \frac{W}{2} \left[1 + \left\{ \tan \theta + \frac{1+2nK}{K(1-K)(1+2n)} S_k \right\}^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (5)$$

ここに T_{Ak} としたのは位置係数 K に負荷を受けているときの張力ということを表わしたもので、また $K=1/2$ の場合は

$$T_{Ak=1/2} \text{ を } \hat{T}_A, \quad S_{k=1/2} \text{ を } S$$

と表わすことにする。

$K=1/2$ の場合

$$\hat{T}_A = \frac{1+2n}{8S} W \left[1 + \left(\tan \theta + \frac{1+n}{1+2n} \cdot 4S \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (5)_1$$

下方支点張力 T_B も同様にして求められる。すなわち、A 点において求めたモーメントの平衡条件式と、C 点において C 点より左側におけるモーメントの平衡条件式より V_B を消去すると、(3) 式と同じ $H_B (=H)$ の式が得られ、また、

$$\frac{V_B}{H} = \tan \theta - \frac{1+2n(1-K)}{K(1-K)(1+2n)} \cdot S_k \dots\dots\dots (6)$$

も得られる。

これより

$$T_{Bk} = \frac{K(1-K)(1+2n)}{S_k} \cdot \frac{W}{2} \left[1 + \left\{ \tan \theta - \frac{1+2n(1-K)}{K(1-K)(1+2n)} \cdot S_k \right\}^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (7)$$

$$\hat{T}_B = \frac{1+2n}{8S} W \left[1 + \left(\tan \theta - \frac{1+n}{1+2n} \cdot 4S \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (7)_1$$

2. 負荷索の平均張力

負荷索の平均張力は鋼索の弾性伸縮を考慮に入れて、荷重点の移動にもなる支点張力の変化や、空搬器に荷を吊したときの張力や垂下量の増加分を求める場合必要になるので、近似式であるが求めておく。

任意の点に負荷を受けた主索の平均張力を T_{mk} とすると

$$T_{mk} = \frac{1}{2} (T_{Ak} + T_{Bk})$$

計算の便宜上 (5) 式, (7) 式をつぎのごとく書き改める。

$$T_{Ak} = \frac{W}{2} \cdot a \left[1 + \left(\tan \theta + \frac{b}{a} \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (5)_2$$

$$T_{Bk} = \frac{W}{2} a \left[1 + \left(\tan \theta - \frac{c}{a} \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (7)_2$$

ただし

$$\left. \begin{aligned} a &\equiv \frac{K(1-K)(1+2n)}{S_k} \\ b &\equiv 1+2nK \\ c &\equiv 1+2n(1-K) \end{aligned} \right\}$$

しかるときは (5)₂, (7)₂ 式はつぎのごとくなる。

$$T_{Ak} = \frac{W}{2} a \sec \theta \left[1 + 2 \sin \theta \cdot \cos \theta \frac{b}{a} + \cos^2 \theta \frac{b^2}{a^2} \right]^{1/2}$$

$$T_{Bk} = \frac{W}{2} a \sec \theta \left[1 - 2 \sin \theta \cos \theta \frac{c}{a} + \cos^2 \theta \frac{c^2}{a^2} \right]^{1/2}$$

上式の []^{1/2} 内の第 2, 第 3 項は 1 に比べて小さな値であるので, 2 項級数に展開した場合第 4 項以下は十分省略できる。ゆえに,

$$T_{Ak} \approx \frac{W}{2} a \sec \theta \left[1 + \frac{1}{2} \left(2 \sin \theta \cos \theta \frac{b}{a} + \cos^2 \theta \frac{b^2}{a^2} \right) - \frac{1}{8} \left(2 \sin \theta \cos \theta \frac{b}{a} + \cos^2 \theta \frac{b^2}{a^2} \right)^2 \right]$$

さらに微小な項を省略して

$$T_{Ak} \approx \frac{W}{2} a \sec \theta \left[1 + \sin \theta \cos \theta \cdot \frac{b}{a} + \frac{1}{2} \cos^2 \theta \frac{b^2}{a^2} \right] \dots\dots\dots (5)_3$$

同様にして

$$T_{Bk} \approx \frac{W}{2} a \sec \theta \left[1 - \sin \theta \cos \theta \frac{c}{a} + \frac{1}{2} \cos^2 \theta \frac{c^2}{a^2} \right] \dots\dots\dots (7)_3$$

(5)₃, (7)₃ 式を辺辺加算すると

$$T_{mk} = \frac{W}{2} a \sec \theta \left[1 + \sin \theta \cos \theta \frac{b-c}{2a} + \cos^2 \theta \frac{b^2+c^2}{4a^2} \right] \dots\dots\dots (8)$$

K=(1/2) の場合は式は簡単になるので元の形に戻すと

$$\hat{T}_m = \frac{1+2n}{8S} W \sec \theta \left[1 + 8 \left(\frac{1+n}{1+2n} S \right)^2 \cos^4 \theta \right] \dots\dots\dots (8)_1$$

となる。

ついでに平均張力と支点張力の差を求めると,

(5)₃ 式-(8) 式 および (8) 式-(7)₃ 式より

$$T_{Ak} - T_{mk} = T_{mk} - T_{Bk} = \frac{W}{2} \left[\sin \theta \frac{b+c}{2} + \cos^3 \theta \frac{b^2-c^2}{4a} \right]$$

元の形に直すと

$$= \frac{W}{2} \left[\sin \theta (1+n) + \cos^3 \theta \cdot \frac{(2K-1)n(1+n)}{K(1-K)(1+2n)} S_k \right] \dots\dots\dots (9)$$

(9) 式よりわかることは, 平均張力に対する支点張力の差異は空間傾斜角 θ のほかに, 荷重の移動にと
もない K, n, S_k が影響することである。

3. 無負荷索の張力

無負荷索の張力は以上求めた式が n=0 の場合であるから, つぎのごとくなる。なお負荷索との判別を
容易にするため無負荷索の場合は T_{A0}, T_{B0}, S_{k0} 等と 0 を付することにする。

上方支点張力

$$T_{A0} = \frac{K(1-K)}{S_{k0}} \cdot \frac{W}{2} \left[1 + \left\{ \tan \theta + \frac{1}{K(1-K)} S_{k0} \right\}^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (10)$$

$$T_{B0} = \frac{K(1-K)}{S_{k0}} \cdot \frac{W}{2} \left[1 + \left\{ \tan \theta - \frac{1}{K(1-K)} S_{k0} \right\}^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (11)$$

一般に無負荷索は中央垂下比 S₀(=s₀/d) であらわしているので, K=1/2 とすると

$$T_{A0} = \frac{W}{8S_0} [1 + (\tan \theta + 4S_0)^2]^{1/2} \dots\dots\dots (10)_1$$

$$T_{B_0} = \frac{W}{8S_0} [1 + (\tan \theta - 4S_0)^2]^{1/2} \dots\dots\dots(11)_1$$

となる。

4. 負荷索の索長

付録 I-1 図において、A~C 間の索長を l_1 、B~C 間の索長を l_2 とすると負荷索長 l は

$$l = l_1 + l_2$$

1) l_1

A~C 区間において、A 点を原点にとり、A 点より C 点の方に x だけ隔たった点の垂直分力を V とすると

$$V = V_A - W/d \cdot x$$

また $\frac{dy}{dx} = \frac{V}{H}$ であるから、

$$\frac{dy}{dx} = \frac{V_A - W/d \cdot x}{H}$$

上式に (3)、(4) 式を代入すると

$$\frac{dy}{dx} = \tan \theta + \frac{1 + 2nK - 2x/d}{K(1-K)(1+2n)} \cdot S_k \dots\dots\dots(12)$$

前同様計算の便宜上

$$\frac{K(1-K)(1+2n)}{S_k} \equiv a, \quad 1 + 2nK \equiv b$$

とおくと

$$\frac{dy}{dx} = \tan \theta + \frac{b - 2x/d}{a} \dots\dots\dots(12)_1$$

となる。

しかし、A~C 区間における索の微小長を dl とすると、

$$dl = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2} = dx \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}$$

であるから

$$l_1 = \int_0^{(1-k)d} dl = \int_0^{(1-k)d} \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx$$

である。ゆえに上式に (12)₁ 式を代入すると

$$\begin{aligned} l_1 &= \int_0^{(1-k)d} \sqrt{1 + \left(\tan \theta + \frac{b - 2x/d}{a}\right)^2} dx \\ &= \int_0^{(1-k)d} \sec \theta \sqrt{1 + 2 \sin \theta \cos \theta \frac{b - 2x/d}{a} + \frac{\cos^2 \theta}{a^2} (b - 2x/d)^2} dx \end{aligned}$$

平均張力のところで行なったと同じ要領で 2 項級数の展開を第 3 項までにとどめると

$$\begin{aligned} l_1 &\doteq \sec \theta \int_0^{(1-k)d} \left[1 + \frac{\sin \theta \cos \theta}{a} (b - 2 \frac{x}{d}) + \frac{1}{2} \frac{\cos^2 \theta}{a^2} (b - 2 \frac{x}{d})^2 \right] dx \\ &= \sec \theta \cdot x \left[1 + \frac{\sin \theta \cos \theta}{a} (b - \frac{x}{d}) + \frac{\cos^2 \theta}{2a^2} (b^2 - 2b \frac{x}{d} + \frac{4}{3} \frac{x^2}{d^2}) \right]_0^{(1-k)d} \\ &= d \sec \theta \left[(1-K) + \frac{\sin \theta \cos \theta}{a} (1-K) \{b - (1-K)\} + \frac{\cos^2 \theta}{2a^2} (1-K) \right. \\ &\quad \times \left. \left\{ b^2 - 2b(1-K) + \frac{4}{3} (1-K)^2 \right\} \right] \dots\dots\dots(13) \end{aligned}$$

2) l_2

前項同様、今度は B 点を原点にとり、B 点より C 点の方に x だけ隔たった点の垂直分力を V とすると

$$V = V_B + W/d \cdot x$$

であるから

$$\frac{dy}{dx} = \frac{V}{H} = \frac{V_B + W/d \cdot x}{H}$$

上式に (3), (6) 式を代入すると

$$\frac{dy}{dx} = \tan \theta - \frac{1 + 2n(1-K) - 2x/d}{(1-K)(1+2n)} \cdot S_k \dots\dots\dots(14)$$

前同様

$$\frac{K(1-K)(1+2n)}{S_k} \equiv a, \quad (1+2n)(1-K) \equiv c$$

とおくと

$$\frac{dy}{dx} = \tan \theta - \frac{c - 2x/d}{a} \dots\dots\dots(14)_1$$

しかして

$$l_2 = \int_0^{ka} \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} \cdot dx$$

であるから (14)₁ を代入すると

$$l_2 = d \sec \theta \left[K - \frac{\sin \theta \cos \theta}{a} K(c-K) + \frac{\cos^4 \theta}{2a^2} K \left(c^2 - 2cK + \frac{4}{3} K^2 \right) \right] \dots\dots\dots(15)$$

(13) 式と (15) 式より

$$l = l_1 + l_2 = d \sec \theta [(\text{第1項}) + (\text{第2項}) + (\text{第3項})]$$

とおくと

第1項=1

第2項=0

$$\text{第3項} = \frac{\cos^4 \theta}{2a^2} \left\{ \frac{1}{3} + 4n(1+n)(K-K^2) \right\} = \frac{\cos^4 \theta}{2(K-K^2)^2(1+2n)^2} S_k^2 \left\{ \frac{1}{3} + 4(n+n^2)(K-K^2) \right\}$$

であるから

$$l_k = d \sec \theta \left[1 + \frac{8}{3} S_k^2 \frac{1 + 12(n+n^2)(K-K^2)}{16(1+2n)^2(K-K^2)^2} \cos^4 \theta \right] \dots\dots\dots(16)$$

$K=1/2$ の場合の索長を \hat{l} とすると

$$\hat{l} = d \sec \theta \left[1 + \frac{8}{3} S^2 \frac{1 + 3(n+n^2)}{(1+2n)^2} \cos^4 \theta \right] \dots\dots\dots(16)_1$$

5. 無負荷索の索長

無負荷索の索長は (16) 式の n を零とすればよいから

$$l_{k0} = d \sec \theta \left[1 + \frac{8}{3} S_{k0}^2 \frac{\cos^4 \theta}{16(K-K^2)^2} \right] \dots\dots\dots(17)$$

中央垂下比 S_0 であらわすと

$$l_0 = d \sec \theta \left[1 + \frac{8}{3} S_0^2 \cos^4 \theta \right] \dots\dots\dots(17)_1$$

なお、無負荷索の場合は負荷索のように K によって索長は変化しないから

$$l_{k0} = l_0$$

6. 無負荷索の索曲線

前述のごとく $l_{k0} = l_0$ であるから、(17) 式、(17)₁ 式より明らかにつきの関係が得られる。

$$\frac{S_{k0}}{4(K-K^2)} = S_0$$

よって

$$S_{k0} = S_0 \cdot 4(K-K^2)$$

両辺に d を乗ずると

$$s_{k0} = s_0 \cdot 4(K-K^2) \dots \dots \dots (18)$$

付録 I-2 図において、原点を B にとり、B 点より任意の距離 Kd とった索の点を C とし、 $Kd = x$ とすると、C 点の高さ y は図より明らかなごとく

$$y = x \tan \theta - s_{k0}$$

であるから上式に (18) 式を代入すると

$$y = x \tan \theta - s_0 \cdot 4(K-K^2) = x \tan \theta - 4 \frac{s_0}{d} \cdot \frac{(K-K^2)}{d} \cdot d^2 = x \tan \theta - 4 \frac{s_0}{d} \cdot \frac{dx-x^2}{d}$$

$$\therefore y = x \tan \theta - 4S_0 \frac{x(d-x)}{d} \dots \dots \dots (19)$$

(19) 式で示すように無負荷索の索曲線はその中央垂下比 S_0 を主要因子として表わされる。

7. 無負荷索における支点傾斜角と垂下比との関係

(4) 式において $n=0$, $K=1/2$ とすると $\tan \alpha = V_A/H$ であるから

$$\tan \alpha = \tan \theta + 4S_0 \dots \dots \dots (20)$$

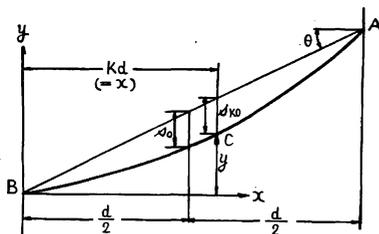
あるいは $S_0 = \frac{\tan \alpha - \tan \theta}{4} \dots \dots \dots (20)_1$

同様にして (6) 式を用いると

$$\tan \beta = \tan \theta - 4S_0 \dots \dots \dots (21)$$

あるいは $S_0 = \frac{\tan \theta - \tan \beta}{4} \dots \dots \dots (21)_1$

(20)₁, (21)₁ 式は支点傾斜角 α または β と支間傾斜角 θ



付録 I-2 図

を測定することにより S_0 を簡単に求められるので重要な式である。

8. 支点傾斜角と索張力の関係

(1) 式において

$$V_A = T_A \sin \alpha, \quad H_A = T_A \cos \alpha$$

であるから、これらを (1) 式に代入すると

$$T_A = \frac{W+2KQ}{2} \frac{1}{\sin \alpha - \cos \alpha \tan \theta} \dots \dots \dots (22)$$

または

$$T_A = \frac{W}{2} (1+2Kn) \cdot \frac{1}{\sin \alpha - \cos \alpha \tan \theta} \dots \dots \dots (22)_1$$

無負荷索の場合は $n=0$ とすればよく、負荷をスパン中央におけば $K=1/2$ として T_A は求められる。

下方支点において、支点傾斜角 β を測定した場合は
 上方支点 A においてモーメント零の条件式を樹てると

$$T_B \cos \beta \tan \theta = T_B \sin \beta + \frac{W}{2} + (1-K)Q$$

より

$$T_B = \frac{W}{2} \{1 + 2(1-K)n\} \cdot \frac{1}{\cos \beta \tan \theta - \sin \beta} \dots\dots\dots(23)$$

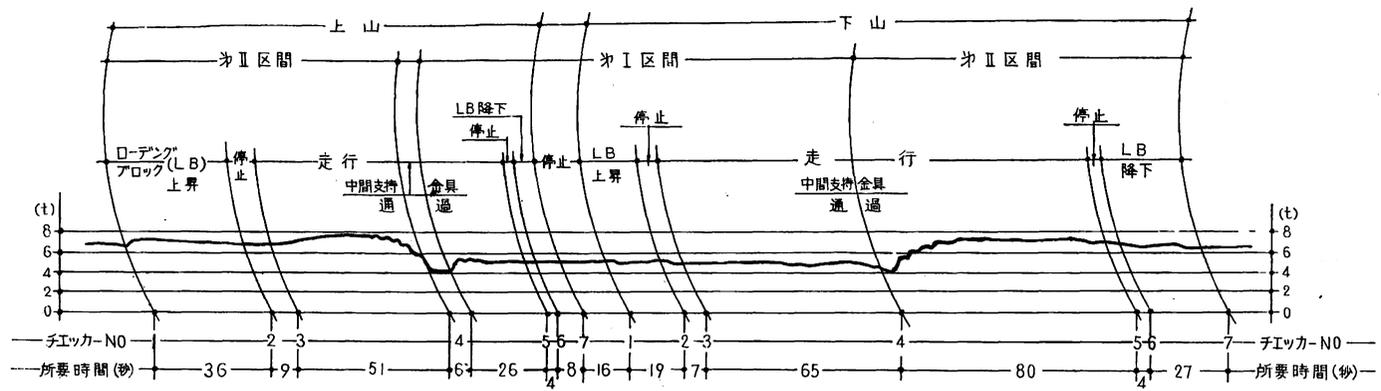
【参 考 文 献】

加藤誠平：林業用索道設計法，（1959）

付録 II 実測データ

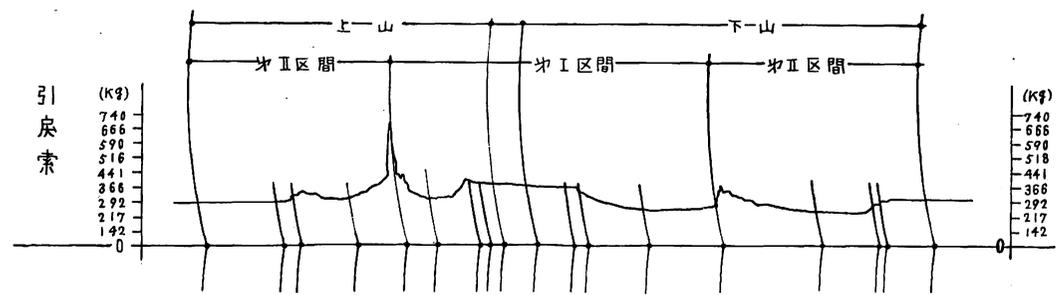
付録 II-1 ~ 4 図

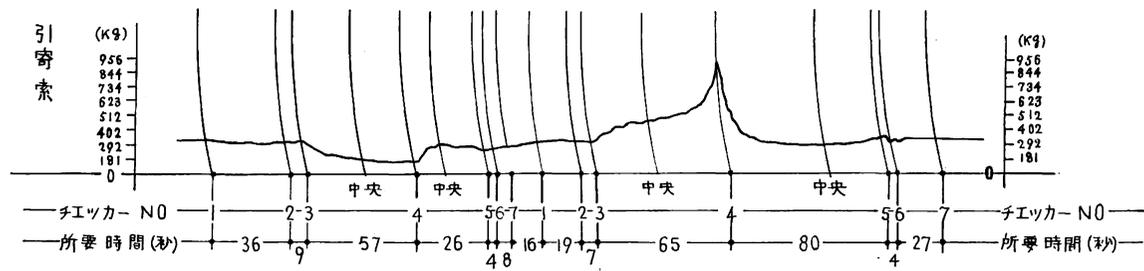
付録 II-1 図



試験 No. 13 (昭 38. 10. 28)

空搬器 (総重量 586 kg) 走行中の主索張力の変化 (第 II 区間の下方支点で測定)

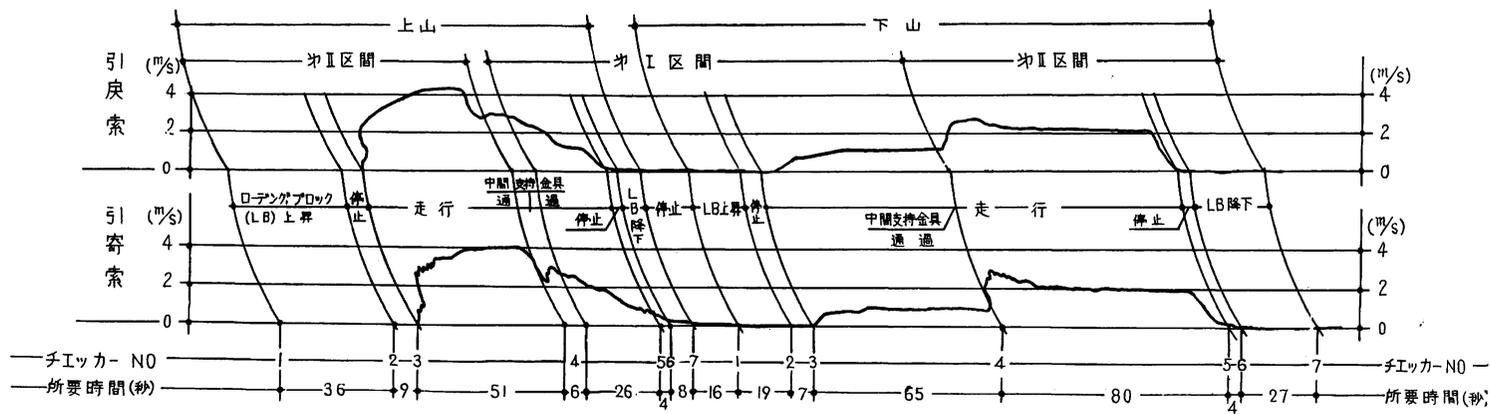




(記録紙送り速度不正確)

試験 No. 13 (昭 38. 10. 28)

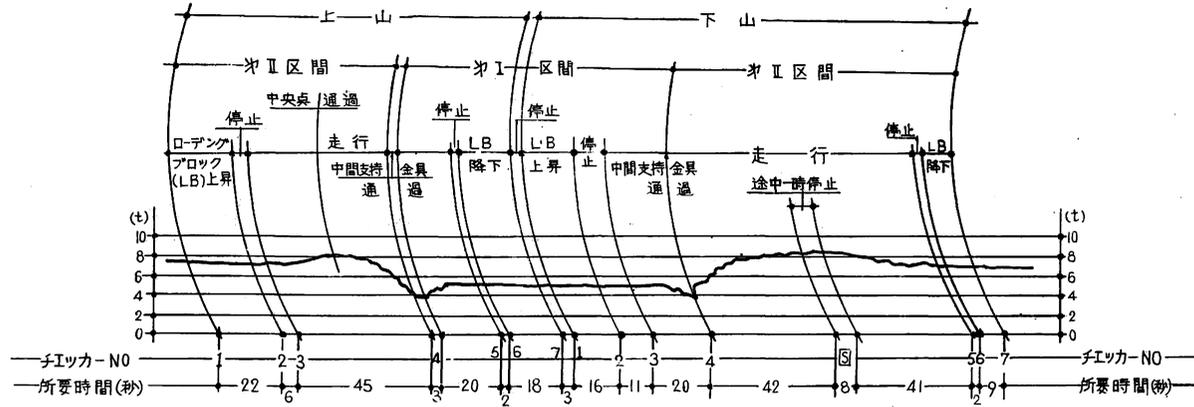
空搬器 (総重量 586 kg) 走行中のエンドレス索張力の変化 (第 II 区間の下方支点付近で測定)



試験 No. 13 (昭 38. 10. 28)

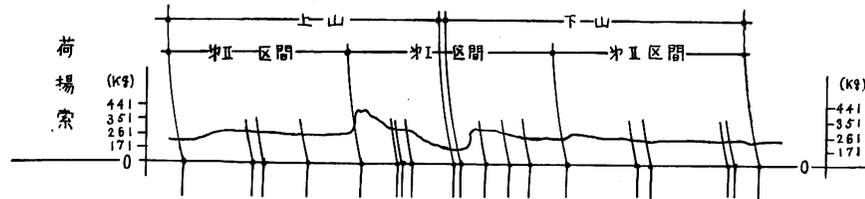
空搬器 (総重量 586 kg) 走行中のエンドレス索速度の変化 (第 II 区間の下方支点付近で測定)

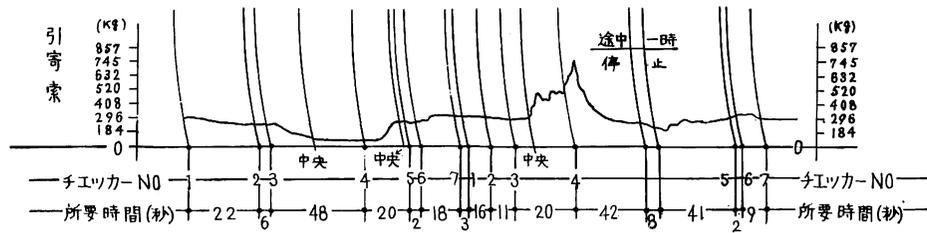
付録 II-2 図



試験 No. (昭 38. 10. 30)

実搬器 (吊荷重量 360 kg) 走行中の主索張力の変化 (第 Ⅱ 区間の下方支点で測定)

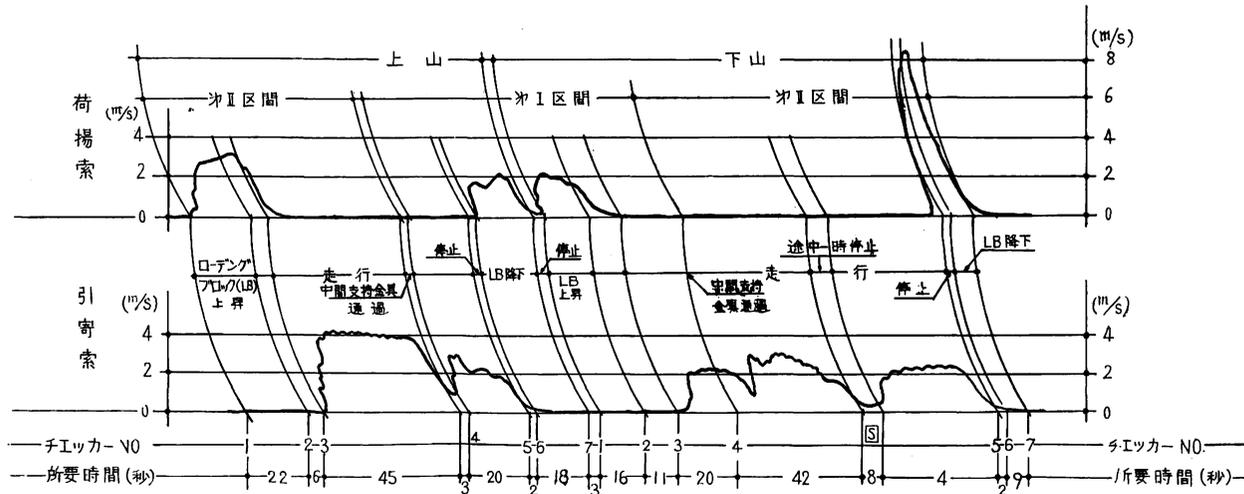




(記録紙送り速度不正確)

試験 No. 50 (昭 38. 10. 30)

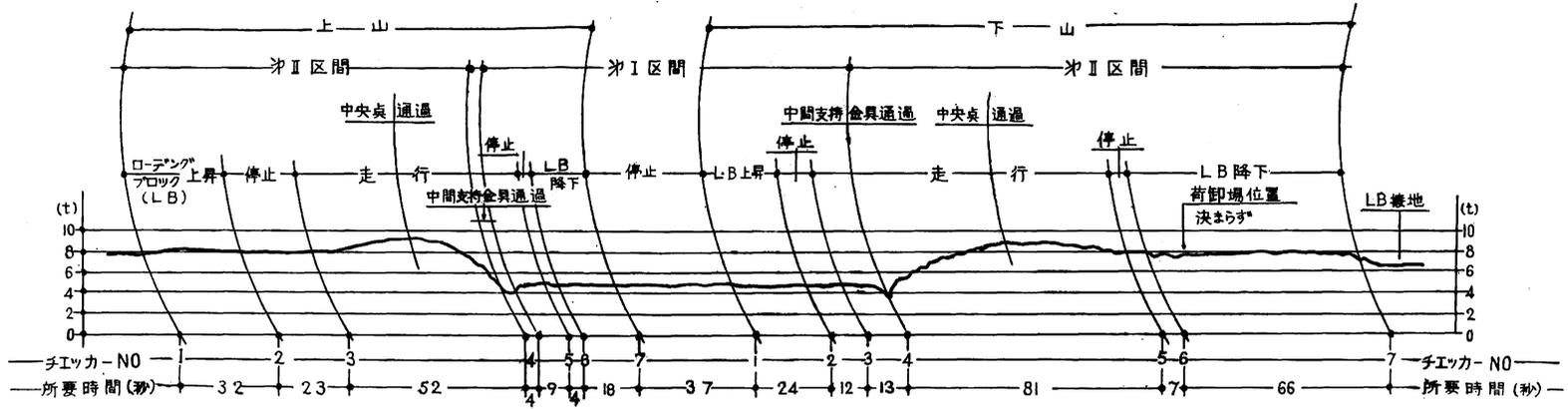
実搬器 (吊荷重量 360 kg) 走行中のエンドレス索 (引寄せ用) と荷揚索の張力の変化
(第 II 区間下方支点付近で測定)



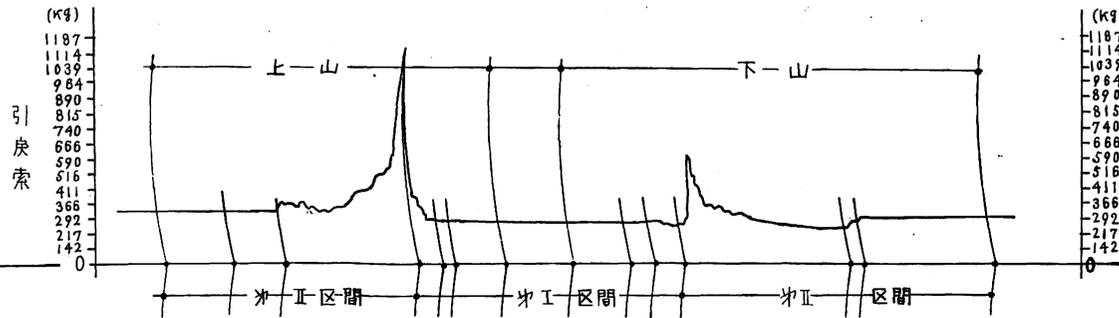
試験 No. 50 (昭 38. 10. 30)

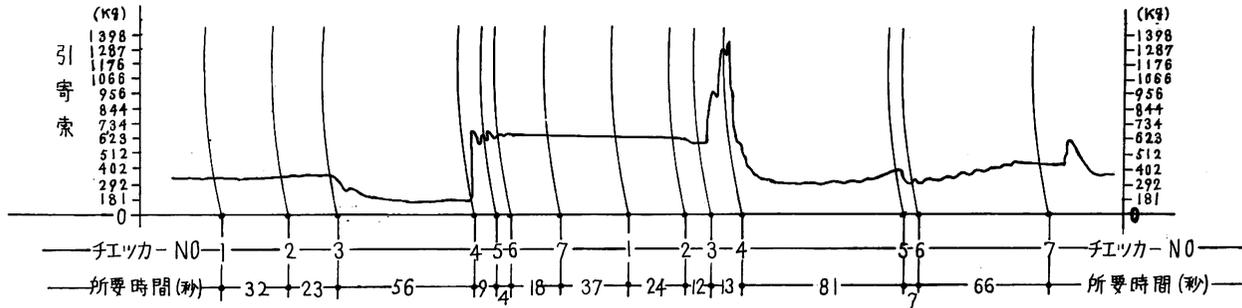
実搬器 (吊荷重量 360 kg) 走行中のエンドレス索 (引寄せ用) と、荷揚索の速度の変化
(第 II 区間下方支点付近で測定)

付録 II-3 図



試験 No. 16 (昭 38. 10. 28)
 実搬器 (吊荷重量 560 kg) 走行中の主索張力の変化 (第 II 区間の下方支点付近で測定)

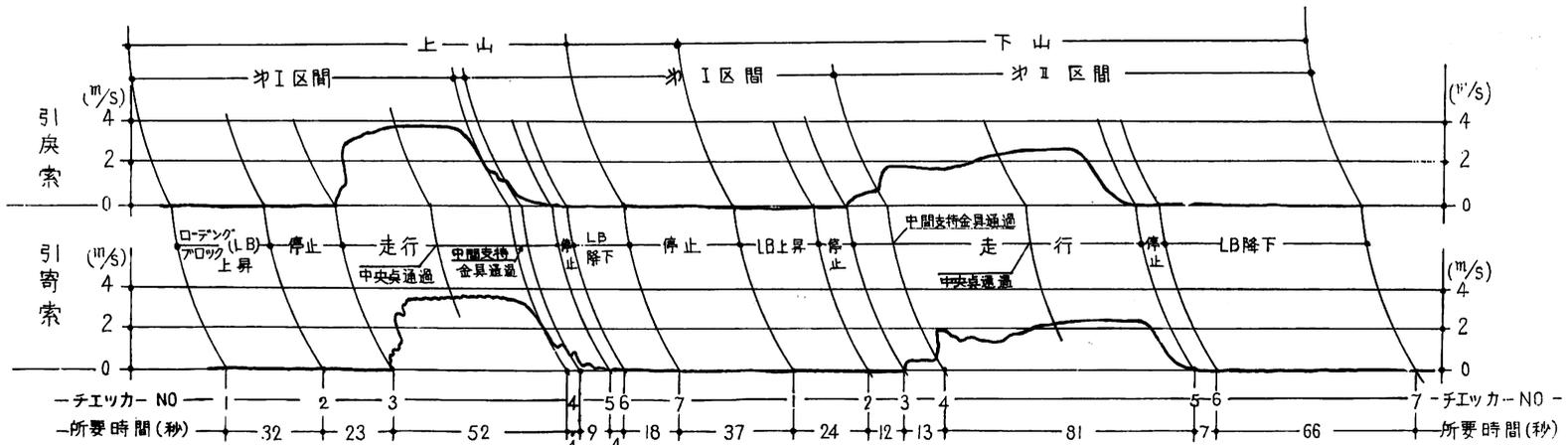




(記録紙送り速度不正確)

試験 No. 16 (昭 38. 10. 28)

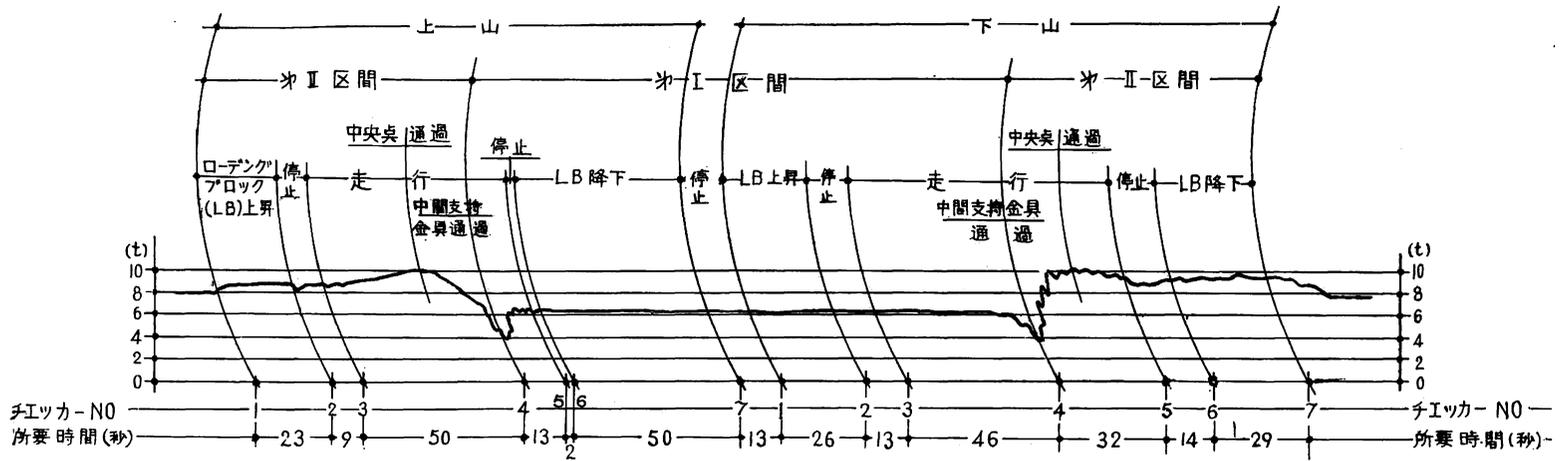
実搬器 (吊荷重量 560 kg) 走行中のエンドレス索張力の変化 (第 II 区間の下方支点付近で測定)



試験 No. 16 (昭 38. 10. 28)

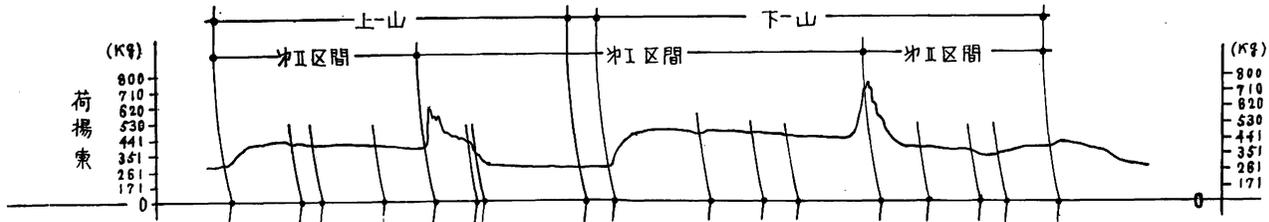
実搬器 (吊荷重量 560 kg) 走行中のエンドレス索速度の変化 (第 II 区間下方支点付近で測定)

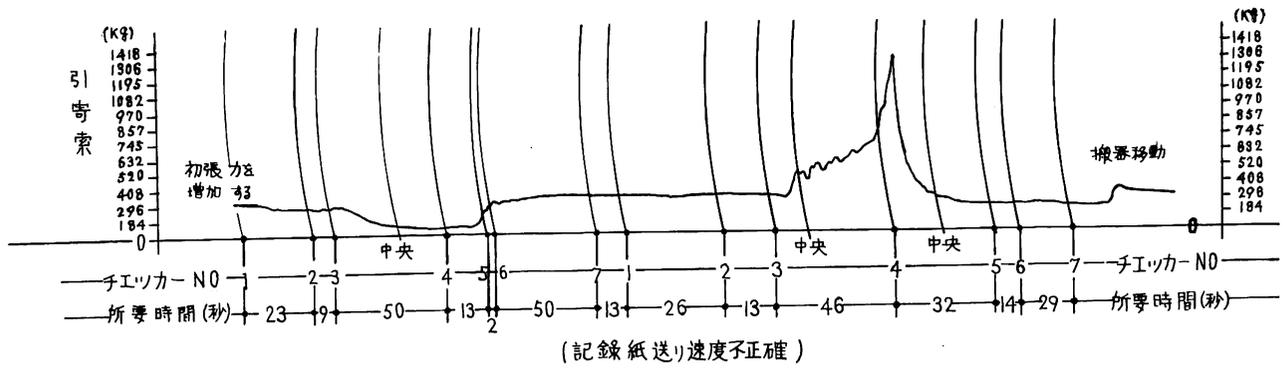
付録 II-4 図



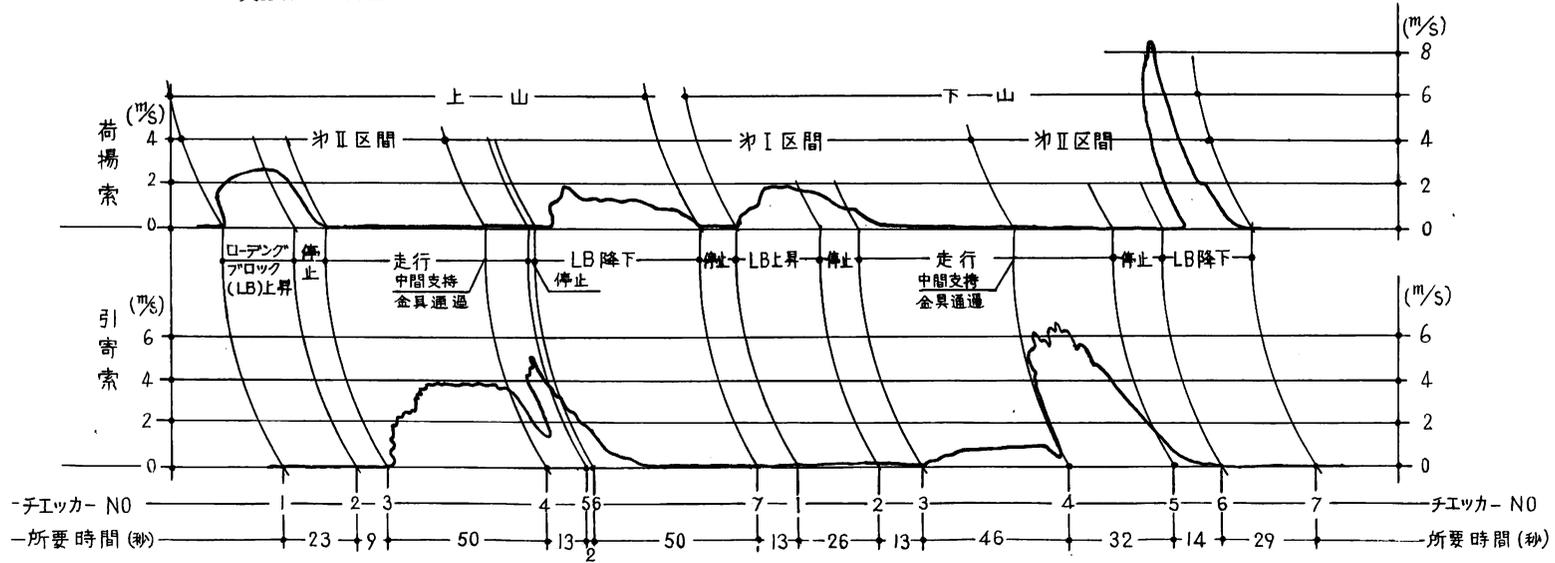
No. 45 (38. 10. 28)

実搬器 (吊荷重量 1,000 kg) 走行中の主索張力の変化 (第Ⅱ区間の下方支点で測定)





試験 No. 45 (昭 38. 10. 28)
 実搬器 (吊荷重量 1,000 kg) 走行中のエンドレス索 (引寄せ用) と荷揚索の張力の変化 (第 II 区間下方支点近付で測定)



試験 No. 45 (昭 38. 10. 28)
 実搬器 (吊荷重量 1,000 kg) 走行中のエンドレス索 (引寄せ用) と荷揚索の速度の変化 (第 II 区間下方支付近で測定)

付録 III 主索傾斜計

1. 設計考案者 林業試験場経営部作業科機械研究室員 農林技官齋藤敏彦・石橋泰彦

2. 意匠登録 230, 493 号, 実願昭 38-16851 号

3. 構造 付録 3-1 図のごとし

4. 機能諸元

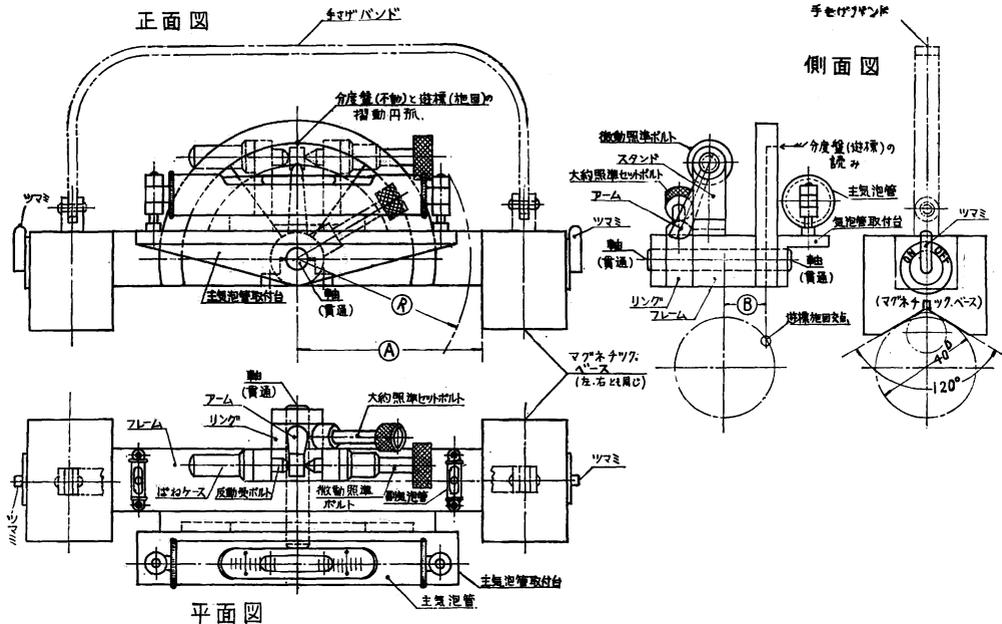
- 1) 分度盤の目盛 30 分刻み
- 2) 遊標の目盛 1 分読み
- 3) 主気泡管の感度 60 秒/2 mm
- 4) 副気泡管 2 個 横方向の水平規正用
- 5) 測定しうる最大傾斜角 90 度 (左右)

5. 特徴

1) 「ツマミ」の操作によりマグネットを作用させることができるので、測定の際に手を傾斜計から放しても転落のおそれがない。

2) 「マグネチックベース」は山型の溝になっているので安定がよいことと直径 40 mm の鋼索まで測定ができる。

3) 「大約照準セットボルト」と「微動照準ボルト」をもつので、高い主索の上で測定する場合も前者で概略の水平をだしてセットし、後者で少しずつ水平にすればよいので、操作が簡単であり、また確実である。また傾斜角の読みとりを地上で行なうため綱で本器を下すようなことをしなくてもセットボルトで固定してあるので読みが変わることはない。



付録 III-1 図 主索傾斜計

Studies on the Main Cable in Sky-line Logging (The Second Report).
On the variation of tension of the cable for logging over a hill.

MINORU UEDA, Toshihiko SAITO and Mitsugu TOMINAGA

(Résumé)

Following the previous experiment on the one span cable-way, the authors carried out a similar test while the logging operation by the "Endless tyler" system was being performed at a yarding place.

The cable-way was two-spanned, being hung on an intermediate support of a saddle type over a hill between two fixed end-supports. Observations were made on the working tensions of the main cable and the endless operating rope. Experimental data were analyzed according to the "parabolic cable" theory. The results are summarized as follows:

1. On the main cable tension during operation.

The tension at the upper or lower support caused by a suspended load at any point was calculated from the sag/span ratio (S) at that point. The sag was surveyed with a transit.

The slope angle α or β of the rope way at the upper or lower support in each span and the inclination θ of a line connecting both supports were measured with a clinometer as shown in Supplement III. The tension could be calculated by formulae (22) and (23) in Supplement I. In cases in which the direction of the operating rope pulling a carriage makes a large angle with that of the main cable, its tension can be obtained by formulae (20) and (21).

In the above analysis of the tension, however, the calculated values are about 10 % larger than the observed ones. In this respect, the authors recommend the following approximate formula to estimate the actual tension.

$$\hat{T}_A = \frac{W+2Q}{8S} \sec \theta$$

where $\hat{T}_A = T_{A \max}$ and $S = s/d$ at $K=1/2$ respectively.

2. On the variation of the main-cable tension due to a travelling load.

For the mean tension of the main cable due to a loaded carriage coming at a certain point, the authors give the following equation

$$T_{mk} = \frac{W}{2} \cos \theta \sqrt{\frac{1+12(n+n^2)(K-K^2)}{6(l_k/u-1)}}$$

Besides, concerning the tensile modulus of elasticity E of the cable, they present an expression as follows:

$$E = \frac{(\hat{T}_m - T_{mk})/A}{\hat{l}/l_k - 1}$$

In the above equations A is cross-sectional area of the cable, $\hat{T}_m = \frac{\hat{T}_A + \hat{T}_B}{2}$ mean cable tension at $K=1/2$, \hat{l} or l_k length of the main cable at $K=1/2$ or at K . From these equations, an expression (4) is obtained for T_{mk} where l_k is eliminated. Equation (4) gives the variation of the mean cable tension due to a travelling load as shown in Graphs (6) and (7).

The advantage of the formula including the term $(l/u-1)$ is that even when there occurs a slight deviation of a support or a slight change in the cable length, it is easy to check the tension by using a modified value of u or l .

3. On the shifting of an intermediate support.

Observation showed that the intermediate support hung by another wire rope in the air shifted farther from a no-load position, and a slope angle α_I or α_{II} of the main cable near

the support became larger as the loaded carriage approached closer to the support. Variations of these angles and γ (suspension angle of a hanging rope of the saddle) were calculated from the formulae (11), (6) and (10) respectively and shown in Graph (9).

4. On the tension of the endless operating-rope.

The tension of the endless rope passing the carriage over the intermediate support may be considered as influenced by its pulling direction which varies according to the increase in slope angle of the main cable near that support. In these conditions experimental records showed a severe increase in tension.

To calculate the maximum of this tension P , the authors utilized the following formula,

$$P/Q \geq \frac{\tan \delta + \mu_c}{\cos \theta_p - \sin \theta_p \cdot \tan \delta}$$

where θ_p or δ is given in formulae (17), or (28).

5. On the slip of the main cable on the intermediate support.

It is observed that the main cable slipped on the saddle and bended exceedingly at the ends of the saddle whenever the carriage passed over a hill to and fro during the logging operation. Moreover, a sudden increase of the cable tension occurred just at the instant the loaded carriage passed the saddle. Therefore, in this part of the rope, stranded wires may suffer more fatigue and abrasion than in the other. The authors give a formula (31) for calculating this slip of the cable on the saddle, introducing a shock factor ϵ relating to the sudden tension increase. It is unfavourable for the cable to be applied for logging in these conditions. The authors intend to propose some improvements on the abovementioned logging-operation.