

2 胴エンドレス・ケーブルクレーン による集材

山	脇	三	平 ⁽¹⁾
岩	原	健	雄 ⁽²⁾
石	井	邦	彦 ⁽³⁾
高	樋	孝	一 ⁽⁴⁾

I 2 胴エンドレス・ケーブルクレーンを設計した動機

わが国の山岳林では、天然林・人工林の急峻な山腹での引あげあるいは引おろし集材に、おもにタイラー、タイラーエンドレスあるいはフォーリングブロック方式をつかつて、千数百台の集材機（ケーブルクレーン）がつかわれているものと推定される。すべてこれらの架線方式による集材作業では、フォーリングブロックのほかに重量約 100 kg 程度か、それ以上のカウンターウェイトをつけておかなければならない。したがって、これらの架線方式によつて運搬される荷の重量は、たえずカウンターウェイトの重量だけ損をしているわけで、さらに、荷掛地点で荷にフックかけをするとき、フォーリングブロックと荷掛けフックをカウンターウェイトと一緒にとりあつかわなければならないわずらわしさがある。

そこで、わたくしたちは、カウンターウェイトとフォーリングブロックをつける必要がなくて、しかも容易に架空にある搬器から地上へ荷掛けフックをおろして荷掛地点での荷へのフック掛けができるような、2 胴エンドレス型ケーブルクレーンを設計した。この設計は、数十米の巻上げ索を巻きとることができる機構をもつた普通型とはちがった、特別な搬器を考案することによつて具体化された。ついで、この搬器とこの搬器にあうようにつくつた特別の集材機を、伐採現場での実際の運材試験に供したのである。

II 2 胴エンドレス・ケーブルクレーン用としてつくつた集材機と搬器

1. 2 胴エンドレス型集材機

この集材機の仕様概要はつぎのとおりである。

全 長	1,840 mm
全 幅	1,330 mm
全 高	1,055 mm
装備重量	1,070 kg
エンドレスドラム	2 個、直径 = 420 mm、幅 = 120 mm
エンジン（中古品）	推定 25 HP、ガソリン

(1) 元木曾分場作業研究室長・現 経営部作業科機械研究室員

(2) 元木曾分場作業研究室員

(3) " ・現 経営部作業科作業研究室員

(4) " ・現 木曾分場庶務課員

変 速 前進：1速，2速，3速，4速 後進：1速，2速，3速，4速

この集材機の主要諸元はつぎのとおりである。

エンジン（1），変速機（中古品）（2），逆転機（中古品）（3），2個のエンドレスドラム，走行索と回転索用（4），2個のベルトプーリー1：1（5），2個のチェンフイール1：4（6），2個のバンドブレーキ，エンドレスドラム用（7），2個のドラムクラッチ，エンドレスドラム用（8），ドラムシャフト（9），2個の軸受，ドラムシャフト用（10），エンジンクラッチ用ハンドル（11），変速機用ハンドル（12），逆転機用ハンドル（13），2個のエンドレスドラムクラッチ用ハンドル（14），2個のエンドレスドラム用ブレーキペダル（15），2個のエンドレスドラム用ブレーキどめ（16），運転席（17），鉄製櫓（18），2個の軸受台枠（19）（Fig. 1—a, b, Photo. 1—a, b 参照）。

2個のエンドレスドラムは，おなじ回転速度でしかも正逆いずれでも同方向に回転させることができるし，またそれぞれを分離して一方のドラムのクラッチをはずすことによりその回転をとめ，他方のドラムのクラッチをいれることにより正逆いずれかの方向に回転させることができるように組み立てられている。

したがって，一方のドラムに走行索^{*1}をエンドレスにまきつけ，他方のドラムには回転索^{*2}をエンドレスにまきつけるようにすれば，後述する特殊搬器をつかうことによつて，2胴エンドレス型の架空線集材を実行することができる。

2. 搬 器

この搬器^{*3}の設計は Fig. 2—a, b のとおり（aは両持，bは片持搬器）で，主要諸元はつぎのとおり。

フレーム（20），2個の滑車（21），巻上ドラムとかみ合っているキャブスタン（22），巻上ドラム（直径10mmの普通熱りワイヤロープを60mまきこめる）（23），インターロッキングギヤー（24），2個のガイドローラー（回転索用）（25），2個のガイドローラ（巻上索用）（26），2個のフック（走行索の両端を搬器に固着するときつかう）（27）（Photo. 2—a, b も参照）。

この搬器がほかのものとのちがう点は，上述した中間ギヤーをつかつて1：3の比率でたがいにインターロックされたキャブスタンと巻上ドラムをもっていることである。搬器の重さは，巻上ドラムにまきこむワイヤロープの重さをのぞいて約121kgになった。

Ⅲ 2 胴エンドレス架線方式（Fig. 3—a, b; Photo. 3, 4; Photo. 5 参照）

この架線方式を，わたくし達は「2胴エンドレス」架線方式とよんでいる。伐採地にはりめぐらすワイヤロープは，主索・走行索・回転索の種類からなっている。走行索は，集材機の方のエンドレスドラムに数回巻きつけてから，支柱と尾柱の間を循環させてはりめぐらし，その両端を搬器に固着させている。回転索は，集材機の方のエンドレスドラムと搬器のキャブスタンに数回巻きつけてから，支柱と尾柱の間を循環させてはりめぐらされている。いうまでもなく，これらの索はどれも，ほかの架空線方式とおなじようにスナッチブロックで案内されて，地表からはなしてはりめぐらしてある。もつとも，走行・回転

*1 走行索は，荷搬器の引寄せと空搬器の引戻しにつかうわけだから，引寄せ索と呼んでもよからう。

*2 回転索は，搬器のキャブスタンを正・逆方向に回転させて搬器の巻上ドラムに巻上索をまきこんだりまきもどしたりすることにより，荷のあげおろしにつかうわけだから，荷上索と呼んでもよからう。

*3 この2胴エンドレス架線方式用の特殊搬器の考案者は筆者の1人の岩原健雄である。

の両方の索は、Photo. 4 に示したような張力調整装置によつて、ほかの架線方式での作業索よりもいくらか大きい張力をもたせておく必要がある。なんとすれば、これらの索は、伐採地上にゆるくはりめぐらされていると、集材機のエンドレスドラムかあるいは搬器のキャブスタンのまわりでスリップして、2 胴エンドレス型ケーブルクレーンとしての機能を果すことができなくなるからである。

集材機の 2 個のエンドレスドラムを同方向に同速で回転させると、走行索と回転索の両者が伐採地全面にわたつて循環して、搬器のキャブスタンを回転させないので巻上げ巻おろしすることなしに、搬器が主索上を引上げあるいは引おろし方向に走行することになる。走行索用のエンドレスドラムを回転させないで、回転索用のエンドレスドラムを回転させると、搬器のキャブスタンが回転して、搬器の巻上ドラムに巻上索を巻きこんだり巻きもどしたりすることになる。したがつて、こういう集材機操縦作業をすることにより、荷に手でフックをかけたりはずしたりするほかに、引寄せ・引戻しと荷あげ・荷おろしの作業を主にした架空線集材を実行することができるわけである (Photo. 3—a, b, 5 参照)。いいかえれば、この架線方式によつて、フックをおろすためのカウンターウェイトをつかわないで、引あげ・引おろしいずれのばあいもの架空線運材をすることができるわけである。

Ⅳ 実地試験による 2, 3 の結果

研究室内で、この架空線集材の模型の装置による 2, 3 の予備試験をしてから、この架線方式による架空線集材の実地試験を、1957 年 11 月、長野県下の藪原営林署の協力をえて、木曾国有林の乗鞍岳近くの枯尾伐採事業所管内で実施した。このケーブルクレーンによつて運材した材種は、モミ・ツガ材長 7 尺のバルブ材であつた。

1. 実地試験に供した架線諸元 (Fig. 3—a, b 参照)

実地試験は引おろし集材で実施したが、集材距離や使用ワイヤロープの種類はつぎのとおりであつた。

支 間	556.66 m
中央点垂下量 (無負荷時)	5.57 m
支間勾配	14°20'
実際集材距離	283~430 m
ワイヤロープの種類:	
主 索	6×7, ラング撚り, 直径=22 mm
走 行 索	6×19, 普通撚りあるいはまれにラング撚り, 直径=10~12 mm, 推定所要全長 =1,114 m
回 転 索	同上, 推定所要全長=1,105 m
巻 上 索	6×19 あるいは 6×24, 普通撚り, 直径 =10~12 mm
引締索その他	ほかの方式におなじ

2. 作業人員

この集材作業での作業員の数はずぎのとおりであつた。

運 転 手	1
助手 (信号手をかねた)	1
荷 掛 夫	1~2

荷はずし兼仕訳夫	2 ~ 3
検 尺 手	1
計	6 ~ 8

荷掛夫は、荷掛けに従事するほかに、荷搬器が荷おろし地点までいつて荷おろしをすませてから空搬器を荷掛け地点にかえしてくるまでの間に、伐採点から荷掛け地点まで人力で木寄せして荷を束ねる作業に従事した。仕訳夫は、このケーブルクレーンをつかつて、林道ばたにある荷おろし地点に極積する作業に従事した。

3. 材長7尺のバルブ材での生産量

この試験期間中の総搬出量は推定約 700 石であつた。1 回の集材作業あたりの平均搬出量は 2.09 石で、最大 5.37 石、1 荷は材の大きさによつて 1~16 本あつた。試験中の最大荷重は 1,330 kg 程度であつた。

標準作業をおこなつたと思われる 1957 年 11 月 25 日の生産量についてえられた成果はつぎのとおりである。

平均集材距離	298 m, 最大 308 m, 最小 267 m
1 日当り集材回数	42 回
1 回当り平均荷重	2.32 石, 最大 3.55 石, 最小 1.05 石
1 荷当り本数	1~13 本
最大荷重	880 kg
1 日当り生産量	97.25 石

4. 時間分析結果

412.44 石、870 本の材長 7 尺のバルブ材を搬出する期間についての作業を時間分析したが、試験期間中の標準作業であつたと思われる 11 月 25 日の 8 時間作業を時間分析してえられた結果は、Table 1, 2 および 3 のとおりであつた。

このときの作業では、仕訳作業を考えにいれなければ、正味 5% の時間の作業で約 100 石を 1 日に集材したわけである。したがつて、もし作業員たちがこの架線方式での作業になれてくれば、集材距離 300~500 m の範囲で、1 日に 120 石近くの搬出をすることは容易なことと思われた。

5. 運転中のケーブルクレーンについてえられた資料

11 月 25 日の標準作業でえられたこのケーブルクレーンの搬出石数 1 石当りの燃料消費率は、0.35 l/石であつた。

荷搬器の引寄せ速度は平均 3.30 m/sec, 最大 3.81 m/sec, 最小 2.00 m/sec で、主として第 4 速、ついで第 3 速のギヤーをつかつた。第 2 速をつかうことはごくまれで、上述の最低速度はこのばあいであつた。

空搬器の引戻し速度は平均 2.52 m/sec, 最大 3.51 m/sec, 最小 1.36 m/sec で、主として第 4 速をつかい、第 3 速はごくまれで、上述の最低速度は第 3 速のばあいであつた。

搬器の巻上ドラムに巻上索をまきとりまきもどす速さは、無荷重時に約 1 m/sec で、主として第 4 速をつかつた。荷あげおろし作業をするための回転索の運転は、第 3 速・第 2 速・第 1 速ギヤーの順につかわれ、ときたま第 4 速をつかうことがあつた。

走行索と回転索にはたらく実際張力については、2 成分の自記圧力計に高圧ゴム管で接続された 2 個の油圧筒をつかつて、2 胴エンドレス集材機付近の引寄せがわの張力を連続測定した。これと同時に、主索の張力については、3 段、4 段のヒールブロックを通した引締索の根株への固定端に自記張力計を挿入することにより測定した (Fig. 3—a 参照)。

集材作業中のそれぞれの索の張力についてえられた結果は Table 4 のとおりであつた。

Table 4 から、走行索に作用する張力は回転索に作用する張力よりもかなり大きい力がはたらいていることがわかつた。荷あげ中と荷搬器引寄せ中にはたらいた大きな張力は、地表障害物や根株に荷が衝突したか、あるいは荷を地表でひきずつたりしたばあいのものである。このほか、この試験につかつたエンドレス索は、何本かのすりへつたワイヤロープをさつま継ぎして継ぎ合わせてあつたので、この継いだ部分がエンドレスドラムやキャプスタンをムリにこすりあつて通るときに、大きな張力がはたらいたようであつた。走行・回転の両索は、この試験のときは、前者は約 550 kg、後者は約 200 kg の初張力をもつていた。

V このケーブルクレーンのみとおし

上述の実地試験からえられた結果から、この 2 胴エンドレス・ケーブルクレーンの得失については、つぎのように列挙することができる。

得 点

1. このケーブルクレーンのいちじるしい特徴は、ほかのもののように、フォーリングブロックと 100 kg か、それ以上も目方のあるカウンターウェイトを必要としない点にある。
2. この搬器の構造は、ほかのものもちがつた特別な機構をもっているけれども、簡単な機構なので故障をおこしたばあいでも容易に修理することができる。
3. この集材機は、ほかのものよりはずつと簡単に設計されていて、数百米から千米あるいはそれ以上の長さの作業索を巻きこめるようにした普通型ドラムのかわりに、小型エンドレスドラム 2 個をもつてにすぎない。したがつて、普通型集材機よりも安くしかも軽く製作することができよう。
4. この架線方式では、普通の架線方式のものよりも、丸太に荷掛けして伐採点から発送点まで木寄せする作業を容易にすることができよう。
5. この架線方式は、ほかの架線方式よりも、伐採地や製材工場の土場での荷おろしと極積み作業には、より簡単にしかも安くつかうことができよう。

失 点

1. この搬器の重さは普通型よりもおもくなる。
2. この集材機は、現在の型では普通型のような巻取ドラムをもっていないから、伐採面に作業索をはりわたすためにつかうことはできない。
3. この架線方式でつかう作業索の所要長さは、普通の 2 胴型集材機を普通の架線方式につかつたばあいよりも、より長くいることになる。
4. エンドレス作業索は、簡単な張力調整装置をつかつて、適当な初張力を与えておかなければならない。
5. この架線方式の作業索につかうワイヤロープは、普通の架線方式につかうものよりも摩耗の程度が

ひどい。これは作業索にある程度の初張力をもたせてエンドレスドラムとキヤプスタンに数回まきつけてから伐採面全面にはりめぐらしてあるからである。

6. 現在のところ、このケーブルクレーンを架空線集材につかうばあい、その適用範囲は単支間の集材にのみ限られている。

Ⅵ 謝 辞

このケーブルクレーンの試作と実地試験に御協力をえた長野営林局作業課長越中貞蔵氏、藪原営林署枯尾事業所の職員各位、林業試験場長齋藤美鷲博士、経営部長小幡 進氏ならびに林業試験場木曾分場長渡辺録郎氏に深謝の意を表する。

あ ら ま し

2 胴エンドレス型集材機と同搬器を試作し、実際使用試験をおこなつて、その集材能力を検討した。この試作と試験によつてえられた結果を要約すればつぎのとおりである。

1. われわれが試作した集材機と搬器をつかつて、2 胴エンドレス方式による架空線運搬を実行できることがわかつた。

2. この方式のいちじるしい特徴は、フォーリングブロックとカウンターウェイトをつかわないですむように、搬器に在来型とはちがつた機構をもたせた点にある。

3. 実際の集材試験では、1 日正味約 5²/₃ 時間の稼働で、材長 7 尺のバルブ材を約 100 石搬出することができた。したがつて、1 日の稼働時間を 8 時間とすれば、120 石程度を搬出することができると推定された。

4. 2 本のエンドレス作業索は、その作用張力がほかの方式のものより大きめで、摩耗はいくらかひどくなるようにみうけられた。

5. このケーブルクレーンは、土場などの荷おろしや極積につかうなら、簡単でしかも安く設置することができるようおもわれる。もちろん、600 m 程度までの単支間の架空線集材につかえることはいうまでもない。

On the Hauling of Wood by Two-Endless Cable Crane

Sampei YAMAWAKI, Takeo IWAHARA, Kunihiko ISHII and Kōichi TAKATOI

I. Motive of the design for two-endless cable crane

In our mountain forests, either natural or artificial forests in Japan, one thousand and several hundred cable cranes are assumed to be used for the transportation of wood downhill or uphill, on excessively steep mountain sides, principally by the cable system of the Tyler, Tyler-endless or Falling-block type. There is need to hold a counter-weight of about 100 *kgs* weight or more, with a falling block, in wood-hauling operations by all these cable systems. Therefore, there is a constant weight loss of loads transported by these cable systems because of the weight of a counter-weight, and also there are some difficulties in handling both falling-block and tong-hook with a counter-weight, when hooking up the load at the loading place.

This being so, we have designed our Two-endless-drum type cable crane in which there is no need to hold either counter-weight or falling-block; and it is easily handled in the falling of a tong-hook from the carriage overhead to the ground, and in hooking the load at the loading place. This design has materialized by means of inventing a special carriage*¹ different from the ordinary one, which has mechanism capable of winding several tens of metres of hoisting wireropes. The carriage and the exclusive skidder in compliance with the former, has been submitted to a practical test for the transportation of wood at the logging place.

II. Skidder and carriage manufactured for two-endless cable crane

1. Two-endless-drum type skidder

The specification of this skidder is summarized as:

overall length	1,840 <i>mm</i>
overall width	1,330 <i>mm</i>
overall height	1,055 <i>mm</i>
weight in working order	1,070 <i>kg</i>
endless drums (two)	diameter=420 <i>mm</i> ; width=120 <i>mm</i>
engine (second hand)	25 HP at moderate estimate, gasoline fuel
speed change	forward: 1 st, 2 nd, 3 rd, 4 th reverse: 1 st, 2 nd, 3 rd, 4 th

Elements of this skidder are as follows: engine (1), transmission gear (second hand) (2), reversing gear (second hand) (3), two endless drums for both traveling line and rotating line (4), two belt pulleys in the ratio 1:1 (5), two chain-wheels in the ratio 1:4 (6), two band brakes for two endless drums (7), two drum clutches for two endless drums (8), drum shaft (9), two bearing for drum shaft (10), engine-clutch handle (11), transmission handle (12), reversing handle (13), two drum-clutch handles for two endless drums (14), two brake pedals for two endless drums (15), two brake stoppers for two

*¹ The inventor of this special carriage for the two-endless cable system is Takeo Iwahara, one of authors.

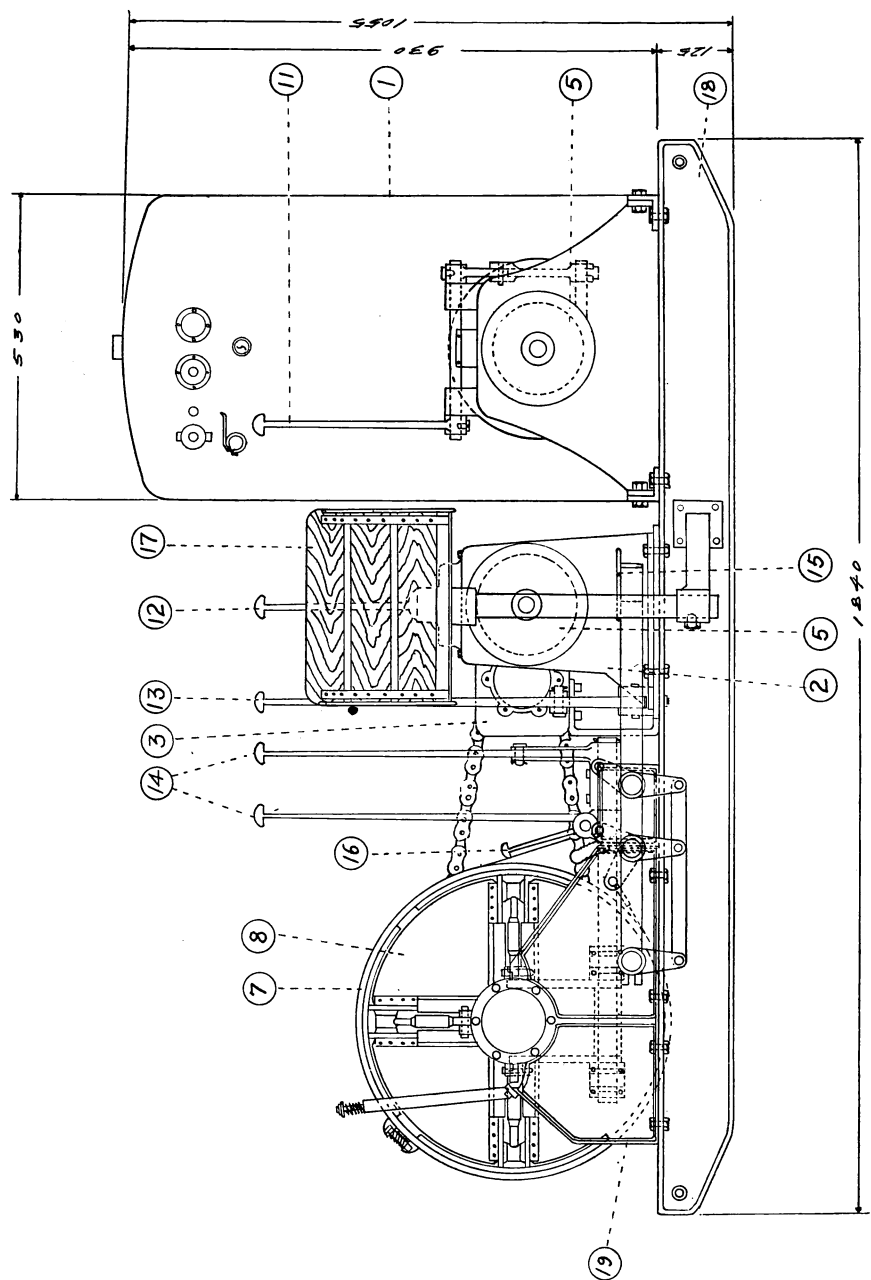


Fig. 1—a Two-endless-drum type Skidder (unit mm)

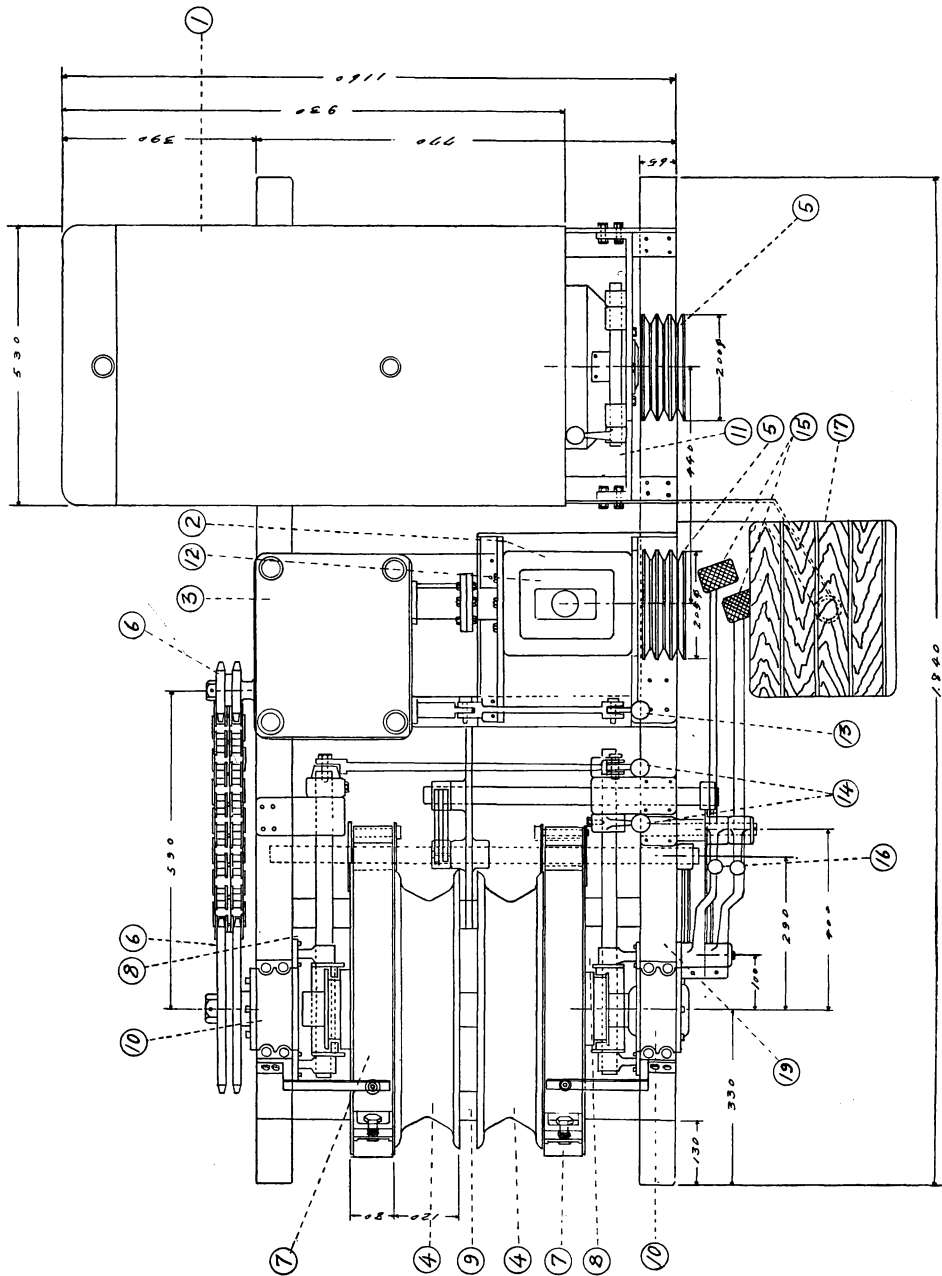


Fig. 1—b Two-endless-drum type skidder (unit mm)

endless drums (16), driver's seat (17), iron sled (18), two bearing frames (19) (see Fig. 1—a & b; Plate 1, Photo. 1—a & b).

Two endless drums are set up to be capable of being revolved at the same revolution speed and in the same direction of either forward or backward, or alternatively set up to be capable of being separately revolved from each other: the one has its revolution stopped by a hand operation causing its clutching out, and the other revolves, on the contrary, in either forward or backward direction by a hand operation causing its clutching in.

Accordingly, when we select the one drum serviced to some endless winding of a traveling line*¹ and also the other drum serviced to some endless winding of a rotating line*², we can do cable-skiddings of this two-endless-drum type, by utilizing our special carriage which will be explained later.

2. Carriage

This carriage is designed as shown in Fig. 2, and the elements are as follows: frame (20), two sheaves which ride on the main line (21), capstan interlocked to the hoisting drum (22), hoisting drum for winding wirerope of 60 *m* lengths or so, having a diameter of 10 *mm* and layed by ordinary (23), interlocking gear (24), two guide rollers for rotating wirerope around the capstan (25), two guide rollers for winding up wirerope around the hoisting drum (26), two hooks to which both ends of a traveling wirerope are rigged (27) (see also Plate 2, Photo. 2—a & b).

This carriage is different from the usual type in point of which it is equipped with one capstan and one hoisting drum, interlocked with each other through the intermediate gear in the ratio 1 : 3, as mentioned above. It weighs about 121 *kgs* excluding the wirerope wound around the hoisting drum.

III. Two-endless cable system

(See Fig. 3—a, b; Plate 3, Photo. 3—a, b & 4; Plate 4, Photo. 5)

This cable system has been named the “two-endless” cable system by us. Kinds of wirerope which are stretched over logging places, consist of the main line, the traveling line and the rotating line. The traveling line is rigged to the carriage which rides on the main line, at both ends of it, being stretched in a circle between the head spar and the tail spar, after winding for some cycles around the one endless-drum of the skidder. The rotating line is also stretched in a circle between the head spar and the tail spar, in parallel with the traveling line, after winding for some cycles around the other endless-drum of the skidder and more around the capstan of the carriage. Of course, all these lines are stretched clear of the ground by the guide of snatch blocks as in the other aerial cable system. But both traveling and rotating lines need a little more proper tension, attained by means of the tension-adjustment mechanism indicated

*1 The traveling line may be termed the hauling line, because of its service being to haul the loaded carriage and haulback the unloaded carriage.

*2 The rotating line may be termed the lifting line, because of its service being to lift and unlift the load by winding or unwinding the hoisting wirerope around the hoisting drum of the carriage, by rotating the capstan of the carriage forward or backward (see Section III).

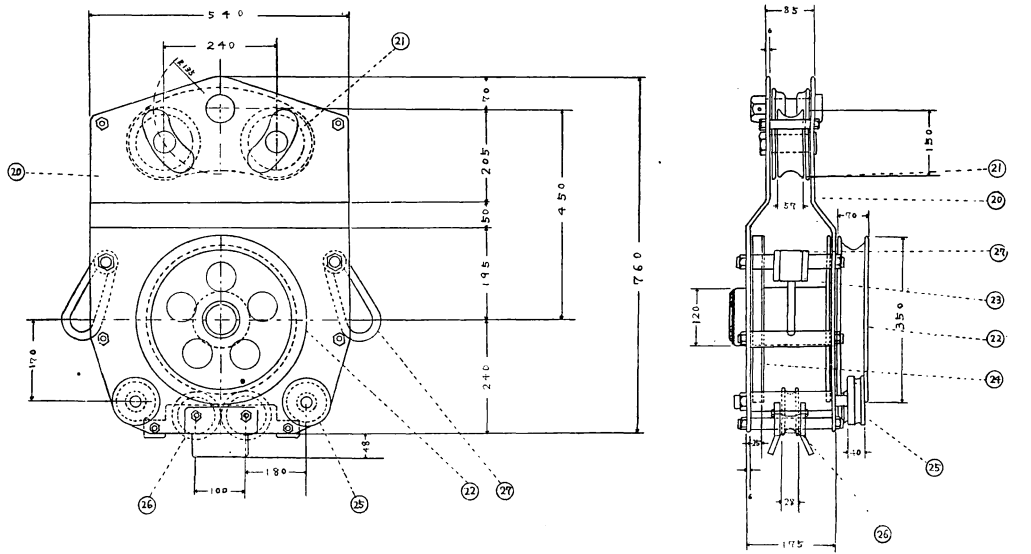


Fig. 2—a Carriage for single span (unit mm)

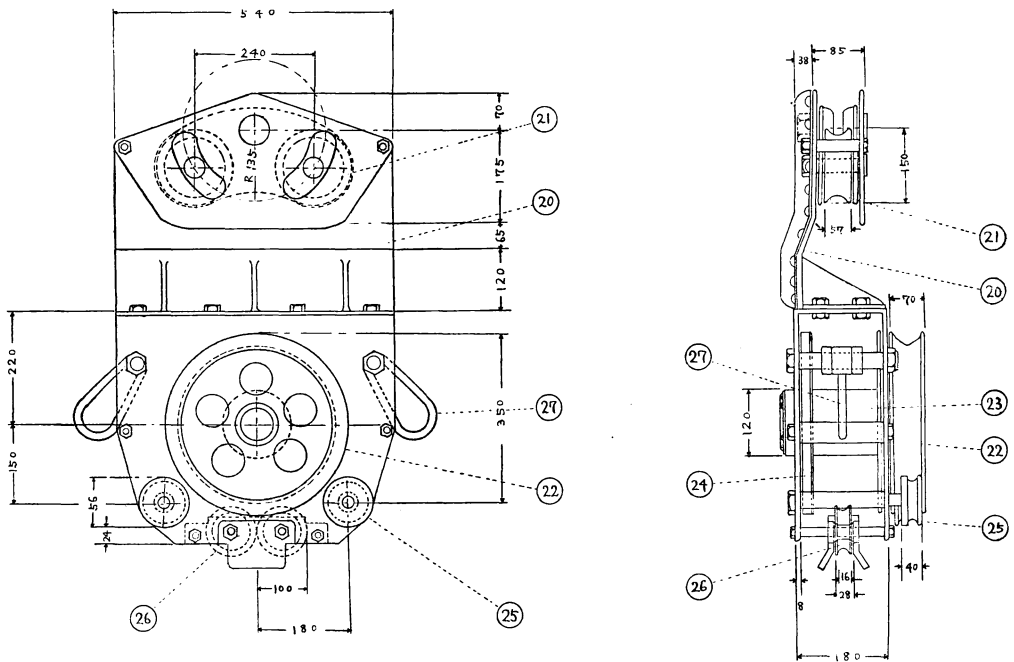


Fig. 2—b Carriage for multiple span (unit mm)

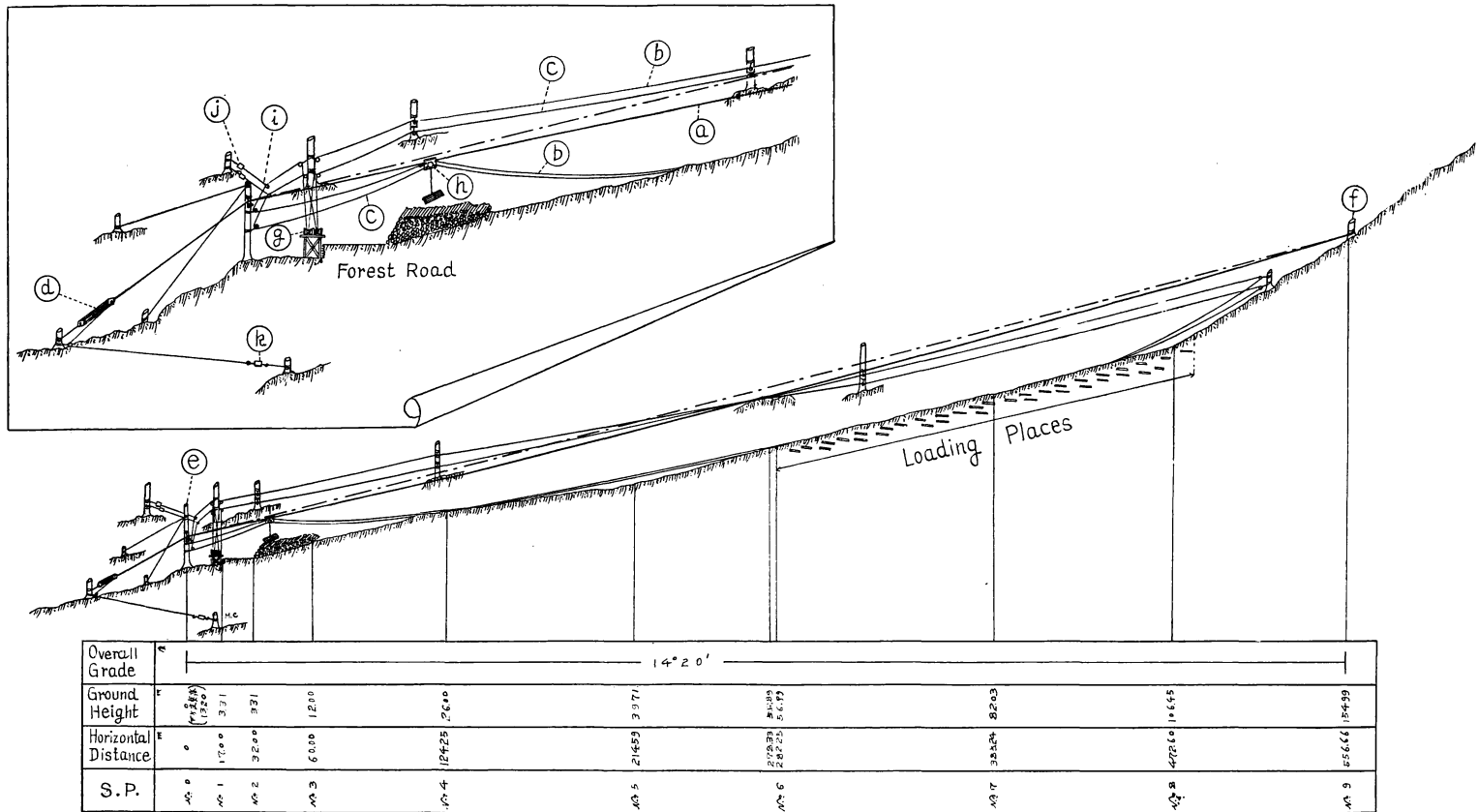


Fig. 3—a Diagram of overhead hauling by two-endless cable crane (in profile)

- ① main line ② traveling line ③ rotating line ④ heel line ⑤ head spar ⑥ tail spar ⑦ tow-endless-drum type skidder
 ⑧ carriage ⑨ tension-adjustment ⑩ oil dynamometer ⑪ self-recording tension meter

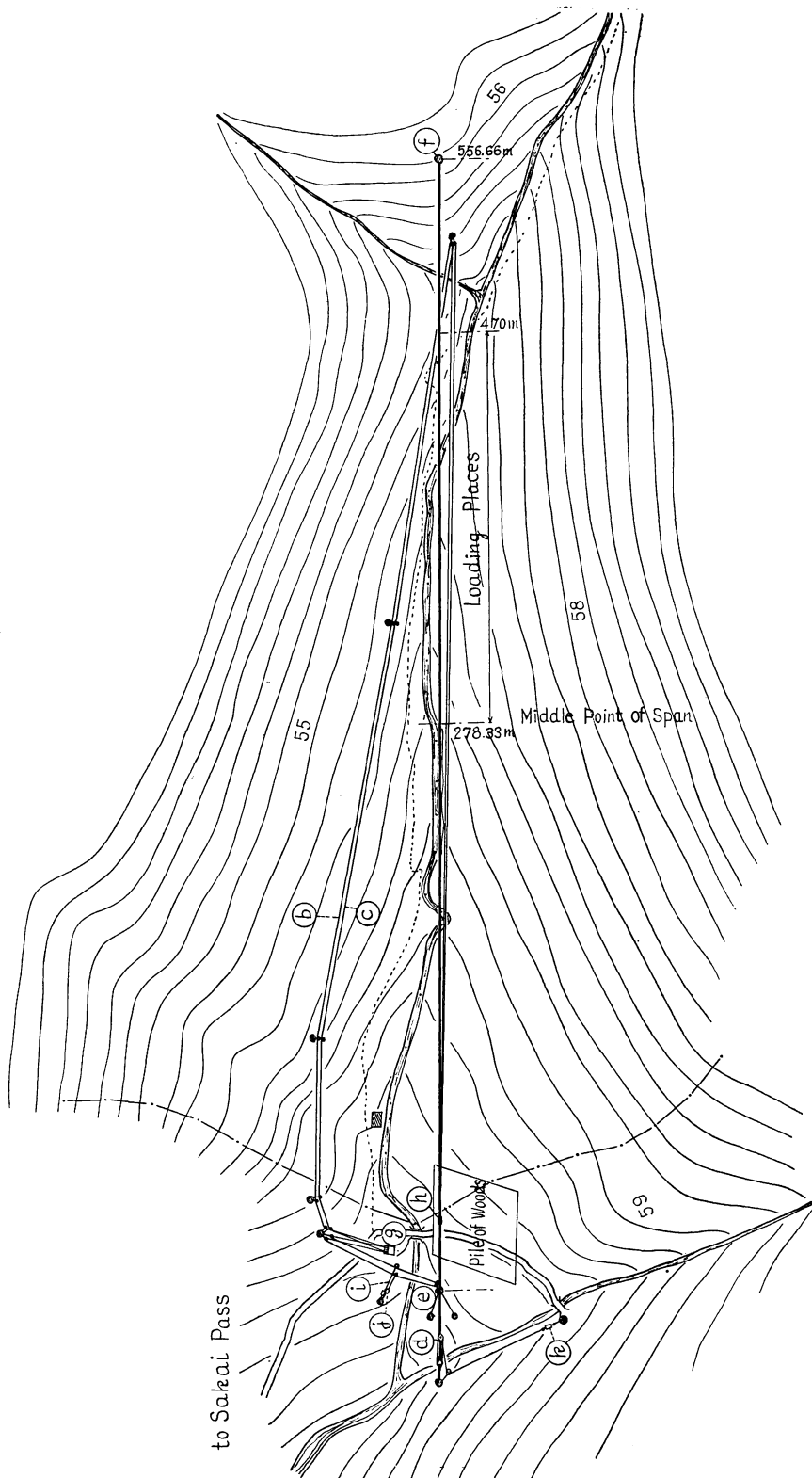


Fig. 3—b Diagram of overhead hauling by two-endless cable crane (in plan)

in Photo. 4, than the operation line in the other cable system. This is because these lines are unable to fulfill their functions as a two-endless-drum type cable crane described before when they slip around either the endless-drum of the skidder or the capstan of the carriage in the course of their loose stretching over logging grounds.

Now, when both of the endless-drums in the skidder are driven in the same direction at the same speed, both traveling line and rotating line move in a circle over all logging places, and then the carriage runs on the main line either uphill or downhill, without hoisting or unhoisting at all owing to there being no rotation of the capstan in the carriage. When the one endless drum which serves the traveling line is not rotated and, on the contrary, the other endless-drum which serves the rotating line is rotated, the capstan of the carriage is rotated and accordingly the hoisting drum of the carriage winds or unwinds the hoisting wirerope. Consequently, by these control operations of the skidder, we can do the aerial cable hauling which consist principally of the hauling or haul-back operation and the lifting or unlifting operation in addition to hooking or unhooking loads by hand (see Plate 3, Photo. 3—a, b). In this cable system, that is to say, we can haul wood overhead, either uphill or downhill, with no need of a counter-weight for unlifting a hook.

IV. Some results from the field test

After some preliminary tests of the model equipment for this cable hauling in our laboratory room, the field test of hauling wood overhead by this cable system was conducted at Kareo logging place of Kiso national forest, near Mt. Norikura of the Japan Alps, in cooperation with Yabuhara District Forest Office, Nagano Prefecture, in November 1957. The kind of wood which was transported during this field test by our cable crane was seven foot pulpwood with two species of Japanese fir and Japanese hemlock.

1. Set-up for this field test

The hauling distance and the kind of wirerope which was used for this field test downhill, were as follows:

span of main line between head and tail spars	556.66 m
sag in the middle of span, at no load	5.57 m
overall grade of main line between head and tail spars	14°20'
hauling distance in practice	283~430 m
kinds of wirerope: main line	6×7, lang lay 22 mm dia.
traveling line	6×19, ordinary lay or rarely lang lay, 10~12 mm dia., total lengths required of 1,114 m by estimate
rotating line	the same as above, total lengths required of 1,105 m by estimate
hoisting line	6×19 or 6×24, ordinary lay, 10~12 mm dia.
heel line and others	the same as in other systems

2. Crews in operation

In this hauling operation, the number of workers was as follows:

skidder's driver	1
his helper (signalman with flags)	1
hookers	1~2
unhookers & sorters	2~3
marker	1
total	6~8

Hookers engaged in moving woods from stumps to the loading point by hand tumbling and in making up loads besides hooking loads, while the loaded carriage ran to the unloading point and the unloaded carriage returned to the loading point after unlifting operations. Sorters engaged in piling wood at the unloading places located at the side of the forest road, by the help of this cable crane.

3. Output rate with seven-foot pulpwood

The total production in hauling seven-foot pulpwoods during this field test conducted last November, was roughly estimated at 700 *koku**¹. The average output in a cycle hauling operation was, by count, 2.09 *koku* with a maximum of 5.37 *koku*, and a load consisted of from 1 to 16 bolts, depending upon their sizes. The maximum load weighed 1,330 *kgs* or so, throughout the period of this field test.

The available data with regard to the rate of output at assumptive standard operation on 25 th November in 1957, was as follows:

average hauling distance	298 <i>m</i> from a maximum of 308 <i>m</i> to a minimum of 267 <i>m</i>
total trips made per day	42
average load per trip	2.32 <i>koku</i> , from a maximum of 3.55 <i>koku</i> to a minimum of 1.05 <i>koku</i>
bolts per load	1~13
weight of maximum load	880 <i>kg</i>
output rate per day	97.25 <i>koku</i>

4. Results of time study

We made a time study of this cable hauling operation during the period in which seven-foot pulpwoods of 412.44 *koku* with 870 bolts were transported. Results obtained

Table 1. Work time per day

Kind of work	Work time			Percentage	
	hr	min	sec		%
Net work	5	06	06		71.2
Additional work {		1	39	0.4	
		1	02	0.2	
		7	45	1.8	
		2	30	0.6	
		21	34	5.0	
total		34	30		8.0
Sorting work	1	29	39		20.8
Total	7	10	15		100.0
Recess and others {		1	21		
			5		
		1	26		
total			45		

*¹ 1 *koku* \doteq 0.278 *m*³

Table 2. Net work time per trip

Kind of net work		Work time				
Elementary work	Control of engine and transmission gear	Ave- rage	Per- centage	Range		
		min sec	%	min sec	min sec	
Winding the hoisting wirerope with hook	4 th gear	14	3.2	28~	7	
Haulback of the unloaded carriage	3 rd gear	5	1.1	3 47~		
	4 th gear	1 53	25.9	3 05~	1 16	
	(total)	1 58	27.0	3 47~	1 16	
Unwinding the hoisting wirerope with hook	2 nd gear	2	0.5	1 03~		
	3 rd gear	3	0.7	1 10~	50	
	4 th gear	34	7.7	59~	9	
	(total)	39	8.9	2 28~	9	
Hooking the load	engine stop	21	4.8	1 46~	5	
	engine revolution	2	0.5	1 08~		
	(total)	23	5.3			
Lifting the load	low gear	3	0.7	1 52~		
	2 nd gear	4	0.9	1 20~	47	
	3 rd gear	1 00	13.7	1 43~	26	
	4 th gear	1	0.2	21~		
	(total)	1 08	15.5	3 05~	34	
Hauling the loaded carriage	2 nd gear	1	0.2	51~		
	3 rd gear	13	3.0	2 06~	9	
	4 th gear	1 15	17.2	1 46~	28	
	(total)	1 29	20.4	2 34~	1 09	
Unlifting the load	2 nd gear	2	0.5	1 10~		
	3 rd gear	11	2.5	3 35~	25	
	4 th gear	56	12.8	2 45~	26	
	(total)	1 09	15.8	3 35~	26	
Unhooking the load	engine revolution	17	3.9	1 27~	4	
Total		7 17	100.0			

Table 3. Work time for hooker

Kind of work		Work time per day			Work time per trip		
					Ave- rage	Per- centage	Range
		hour	min	sec	min sec	%	min sec
Net work	Tumbling the load	1	51	05	2 39	31.5	9 05 ~0 15
	Making up the load	2	20	20	3 20	39.7	8 05 ~0 25
	Hooking the load		29	0	42	8.2	1 50 ~0 20
Allowance and some recess excepting a noon recess		1	12	55	1 44	20.6	9 25 ~0 40
Total		5	53	20	8 25	100.0	

from the time study of the eight-hour work on 25 th last November which was assumed a standard operation for this field test, are shown in Table 1, 2 & 3.

From data indicated at Section 3 & 4, it was recognized that the daily output was about 100 *koku* when the crews in this hauling operation worked for a full $5\frac{2}{3}$ hours, excluding consideration for the sorting operation. Therefore, it appeared to us that the daily output in this hauling operation would easily reach approximately 120 *koku* within the range of from 300 m to 500 m hauling distances, if these workers became accustomed to the operation of this cable system.

5. Some data of this cable crane in motion

The fuel consumption rate to the volume of wood transported by this cable crane was 0.35 litre per *koku*, in the model daily work on 25 th last November.

The hauling speed of the loaded carriage was average 3.30 *m/sec*, with a maximum of 3.81 *m/sec* to a minimum of 2.00 *m/sec*, in top gear primarily and 3rd gear secondly, provided that a minimum speed was only rarely obtained in 2nd gear.

The haulback speed of the unloaded carriage was average 2.52 *m/sec*, with from a maximum of 3.51 *m/sec* to a minimum of 1.36 *m/sec*, in top gear principally, provided that a minimum speed was only rarely obtained in 3rd gear.

The speed of winding or unwinding the hoisting wirerope around the hoisting drum in the carriage, at no load, was about 1 *m/sec* in 4th gear principally. The driving of the rotating line for the lifting or unlifting operation was practiced in 3rd, 2nd, 1st gear, and 4th gear rarely.

Some tensions of two endless wirerope of both traveling and rotating lines were simultaneously measured by means of two oil dynamometers which were connected to a two-element recording pressure gauge by two high-pressure rubber tubes, at the hauling side of their wirerope placed near the two-endless drum type skidder (see Fig. 3—a). And some tensions of the main line were measured at the same time, by means of a selfrecording tension meter at the fixed end of the tightening line through a pair of heel blocks equipped with either three or four sheaves (see Fig. 3—a).

Data obtained from this tension test applying to each line in this hauling operation, are given in Table 4.

Table 4.
Tensions which acted on both main and operation lines at skidding operations (*kg*)

Kind of wirerope		in haulback of the unloaded carriage	in lifting the load	in hauling the loaded carriage	in unlifting the load
Main line T_B^*		5,154~6,283	5,766~7,526	6,229~7,459	5,712~6,518
Endless operating line	Traveling line	322~1,210	537~2,162	707~2,500	473~1,078
	Rotating line	114~419	149~483	110~511	96~375

* Tension of main line at lower supporting points, calculated by the following formula:

$$T_B = 8 \eta T_2 \div T_2 \frac{\lambda^8 - 1}{\lambda^7 (\lambda - 1)}$$

provided

T_B = tension of main line at lower supporting point

T_2 = tension of heel line at the rigged point to stump

η = efficiency of heel blocks consisting of three and four

$$\div \frac{1}{8} \cdot \frac{\lambda^8 - 1}{\lambda^7 (\lambda - 1)}$$

λ = coefficient of loss $\div 1.05$

From Table 4, we knew that the tension which acted on the traveling line was somewhat greater than that which acted on the rotating line. The peak tension value that acted both in lifting the load and in hauling the loaded carriage, was registered when the load was given a shock by obstacles on the ground and by striking stumps or

when the load was dragged on the ground. And it seemed that high tension was produced in the wirerope when the splice of endless wirerope consisting of some worn-out ones which were short spliced, ran through either the endless drum or capstan and squeezed each other. Both traveling and rotating lines were pretensioned by a force of about 550 *kgs* in the former and about 200 *kgs* in the latter, at this field test.

V. Possibilities of this cable crane

Based on some results of this field test, the advantages and disadvantages of this two-endless cable crane may be listed as follows:

Advantages

1. A distinctive feature of this cable crane is that there is no need of either falling block or counter-weight which weighs 100 *kgs* or more, utilized in the other cable crane.
2. Though the construction of this carriage has mechanism different from the ordinary ones, it is simple and may be easily repaired even if it gets out of order.
3. This skidder is more simple in design than the ordinary ones, and has only two small endless drums instead of the ordinary drums and permits winding of the wirerope of several hundred to one thousand or more meters in length. Therefore, this skidder may be manufactured cheaper and lighter than the ordinary skidder.
4. The operation of moving wood from the stump to the launching point by hooking wood may be more easily practiced in this cable system than is possible in the ordinary cable system.
5. This cable system is apparently more simply and cheaply applied to the unloading and piling operations at the landing place of either logging areas or sawmills than the other cable system.

Disadvantages

1. The weight of this carriage is greater than that of the ordinary type.
2. This skidder cannot be used for stretching the operation line overall the logging areas in its present form, because of not being equipped with winding-drum as in the ordinary one.
3. Required lengths of the operation lines in this cable system are longer than those in the ordinary cable system using the two-drum type skidder.
4. The endless operation lines must be properly pretensioned by the use of a simple set-up for tension adjustment.
5. The wirerope for operation lines used in this cable system wears away in more degree than the one used in the ordinary cable system, because of being endlessly stretched overall the logging areas with some pretensions after being wound around both endless drum and capstan several times.
6. The application of this cable crane for overhead skidding is limited to the single-span skidding, at present.

VI. Acknowledgement

The authors wish to thank Mr. Teizo ETTYU, chief of the Operation Section of Nagano Regional Forest Office, Officials who worked at Kareo Logging Site of Yabu-

hara District Forest Office, Dr. Yoshio SAITO, head of Government Forest Experiment Station, Mr. Susumu OBATA, chief of Forest Management Division and Mr. Rokuro WATANABE, head of Kiso Sub-Branch Station of Forest Experiment Station, for their cooperation given to us during the trial manufacture and in the field test of this cable crane.

Summary

The authors have conducted trial-manufacturing of both two-endless-drum type skidder and special carriage, and have examined the capacity for wood transportation of that equipment by actual field tests. Results obtained from the trial manufacture and field test are summarized below:

1. We have ascertained that the cable hauling of wood by the two-endless cable system using the skidder and carriage manufactured on trial by us can be done.
2. The distinctive feature of this two-endless cable system is that the carriage has a special mechanism different from the ordinary type, having no need of either falling block or caunter-weight.
3. In actual field tests, we were able to do the cable-hauling of wood, about 100 *koku* of seven-foot pulpwoods, in the net work time of about $5\frac{2}{3}$ hours a day, by this cable system. Therefore, it was assumed that our equipment has the capacity for cable-hauling of about 120 *koku* of wood in the net work time of 8 hours.
4. The tension which acted on two endless operation lines in this field test seemed to be some what greater than the tension created in ordinary ones, and our operation lines were assumed to be more abrasive in action than those in other systems.
5. We consider that this cable crane may be set up for unloading and piling of woods at landing places more simply and cheaper than the ordinary ones. Of course, this cable crane may be used without hindrance for the aerial cable hauling of wood at a single-span of up to 600 *m* length or so.

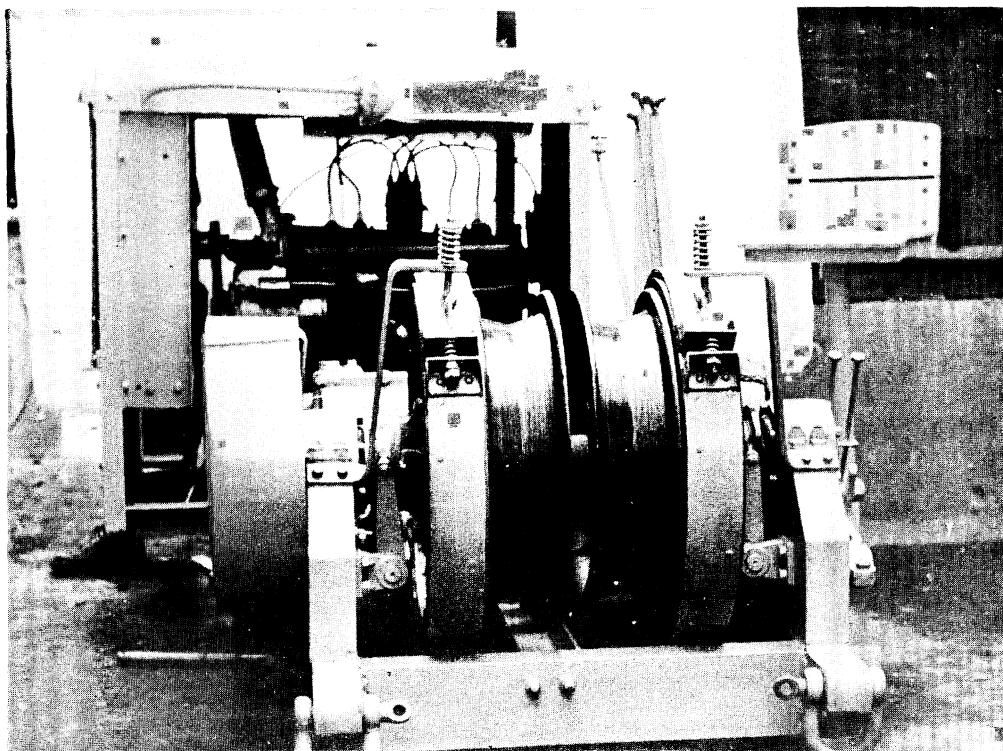


Photo. 1—a Two-endless-drum type skidder



Photo. 1—b Skidder in operation

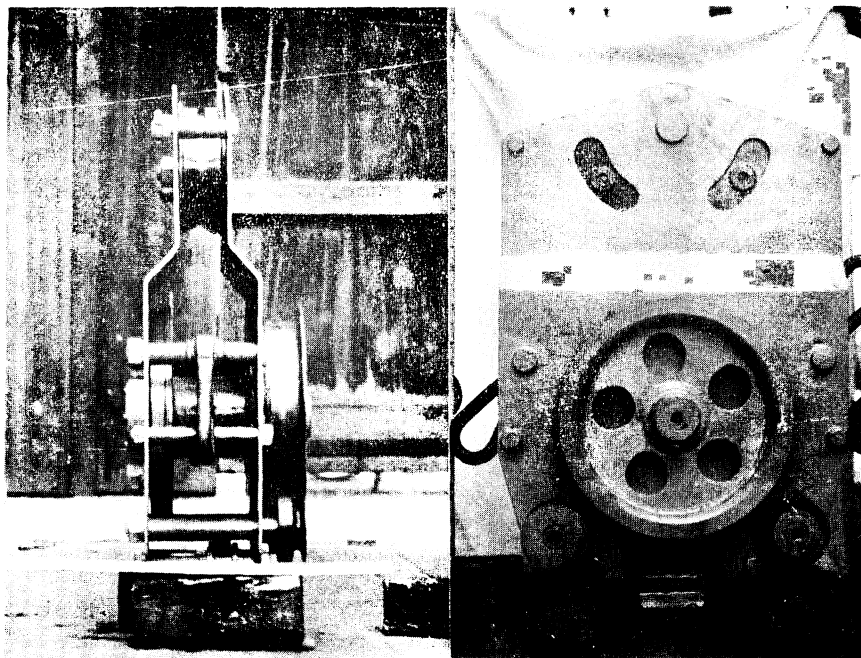


Photo. 2—a Carriage for single-span

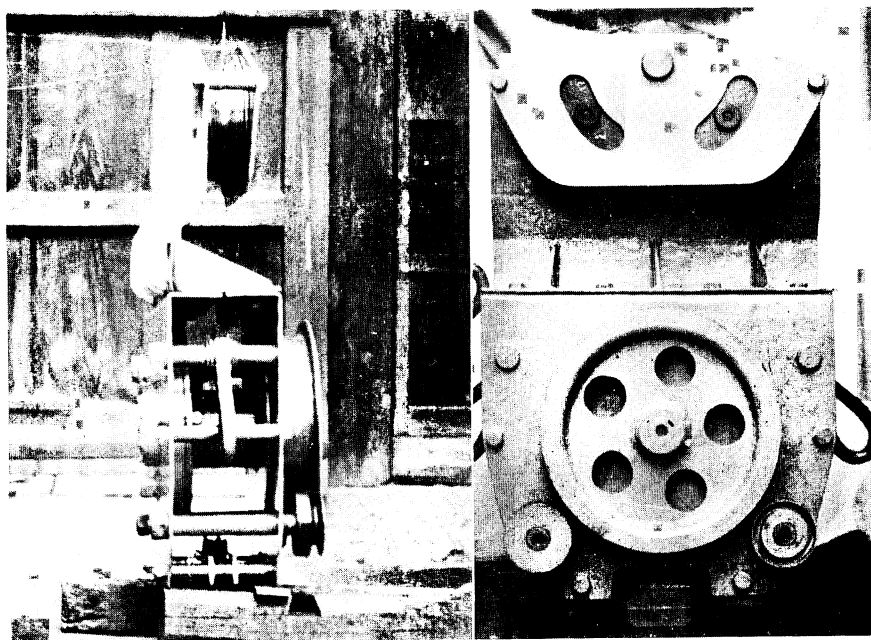


Photo. 2—b Carriage for multiple-span



Photo. 3—a Lifting operation



Photo. 3—b Unlifting operation



Photo. 4 Tension adjustment of operation line

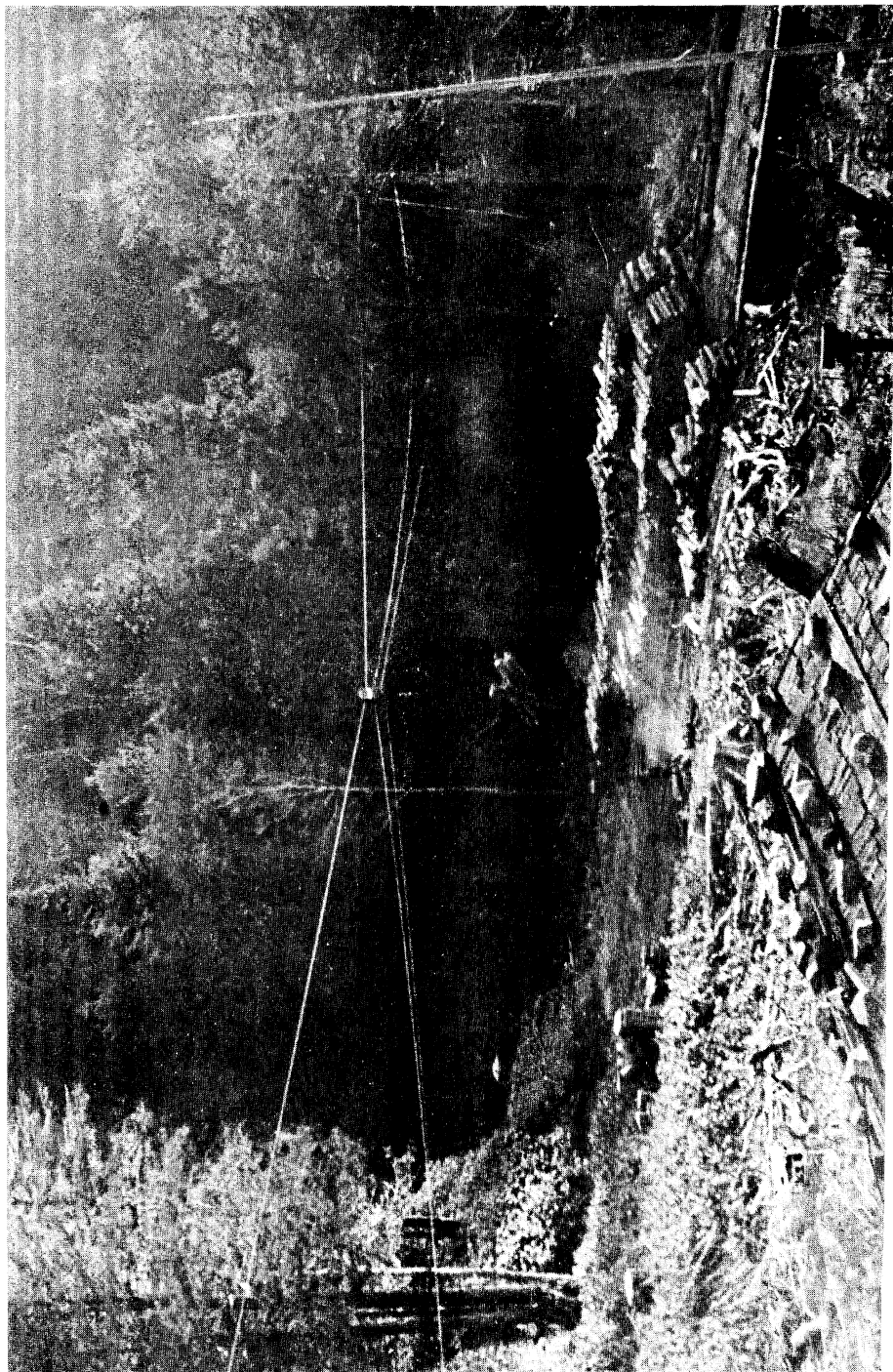


Photo. 5 Overhead hauling operation (downhill)