



本州 四国連絡架橋調査
材 料 構 造 調 査
調 査 資 料 No.53

土 木 研 究 所 資 料

第189号

平 行 線 ケーブル 架 設 調 査

— 架 設 試 験 —

昭 和 4 1 年 6 月

建 設 省 土 木 研 究 所

本州四国連絡架橋調査

材料構造調査

平行線ケーブル架設調査 — 架設試験について —

機械研究室

中 野 俊 次

鈴 木 隆

佐々木 輝 夫

吉 田 六 三

目 次

1. ま え が き	1
2. 試験装置など	1
〔1〕 試験装置	1
〔2〕 工 具 等	2
〔3〕 通信設備	2
3. 試 験	2
〔1〕 作業内容	2
(1) 作業の手順	3
(2) 作業人員	4
〔2〕 測定, 観察	4
4. 試験の結果	5
〔1〕 機械設備	5
(1) 測 定 値	5
(2) 計 算	6
(3) 観察事項	7
〔2〕 架線作業	7
(1) サイクルタイム及びタイムスタディ	7
(2) 素線の配列	7
(3) 各作業員の動作, 工具等	8
(4) スピングホイールの運動との関係	9

〔3〕 継線作業	9
〔4〕 バンディング作業	9
〔5〕 ストランドの張力	10
5. 試験結果の考察	10
〔1〕 機械設備	10
(1) 曳索駆動装置	10
(2) スピニングホイール, 曳索及び曳索緊張用重錘塔	10
(3) 索線平衡用重錘塔及びリールブレーキ	11
(4) リール及びリール架台	11
(5) 主塔及びキャットウォークその他	11
〔2〕 架線作業	12
〔3〕 継線作業	12
〔4〕 バンディング作業	13
6. む す び	14

表、図、写真一覧

表 - 1	試験装置仕様	15
表 - 2	工具等	18
表 - 3	実施工程	19
表 - 4	作業条件	20
表 - 5	架線作業員編成	20
表 - 6	測定項目、方法など	21
表 - 7	曳索張力差、速度、リールブレーキトルク	22
表 - 8	サグ調整量と調整前のサグ	24
表 - 9	バンド前後のストランドの形状	25
図 - 1	平行線ケーブル架設試験全体図	26
図 - 2	曳索駆動装置	27
図 - 3	原動機（三菱JH4形ガソリン機関）性能曲線	27
図 - 4	曳索駆動装置性能曲線	27
図 - 5	曳索張力及び速度検出部	27
図 - 6	曳索緊張用重錘上下量検出部	27
図 - 7	架線作業中の記録（ $\phi 2$ ストランド69回目）	28
図 - 8	曳索移動距離と曳索速度（ $\phi 2$ ストランド69回目）	29
図 - 9	サイクルタイム	29
図 - 10	サイクルタイム度数分布	30
図 - 11	サドル上の索線配列（a、b）	31
図 - 12	曳索とスピニングホイールの連結金具	32
図 - 13	曳索導輪	32
図 - 14	中間導輪	32
図 - 15	作業分析図（A、B）	33

写真— 1	試験装置全景	34
写真— 2	スピニングホイール	34
写真— 3	曳索緊張用重錘塔	35
写真— 4	素線平衡用重錘塔	35
写真— 5	主塔及びキャットウオーク	35
写真— 6	リール及び同架台	35
写真— 7	レバーブロック及びドッグ	36
写真— 8	ワイヤストッパ	36
写真— 9	バンディング作業	36

1. ま え が き

長径間吊橋の主ケーブルに用いられている平行線ケーブルについては、わが国での施工例もなく施工法、機械設備などについても不明な事が多い。

機械研究室においては昭和39年度以来本州四国連絡架橋調査の一環として、空中架線法（いわゆるエアースピニング）による平行線ケーブルの架設法について、模型による架設機構の解明、機械設備のうち駆動装置についての概略試算などを行ってきたが、さらに昭和41年1月施工手順の研究、施工費用の積算の基礎資料の入手、施工条件と作業工期の推定、架設用機械設備計画の基礎資料の入手、素線に要求される諸特性の把握などを目的とする野外実験を土木研究所千葉支所構内で行った。平行線ケーブル架設の実験に関しては、日本橋梁建設協会が近畿地方建設局より委託されている「鋼構造物施工法調査委託」の中に同協会が土木研究所の実験設備を使用してケーブル架設の実験を行い、実際に施工する場合の機械設備費、工程計画、工数等の推算を行うよう示されており、実験の実施のための作業、タイムスケジューリングのための計画などは同協会があたり、当研究室としては主として機械設備についての所要の測定を行った。

実験は5mmφのメッキ鋼線を素線として使用し、素線292本で構成されるストランド2本の架設を行った。

実験の結果、駆動設備の所要動力、架線作業1サイクル中の作業手順などが明らかにされた。なお、これらの結果より、当研究室においても中央径間500m、1,000m、1,500mの吊橋の場合の空中架線法による平行線ケーブル架設の機械設備を推定し工費、工期の積算を行い（未発表）、本州四国連絡道路調査事務所で行う全体の工費、工期の積算の参考として役立てた。

なお、日本橋梁建設協会より「鋼構造物施工調査報告書」第3分冊P2～P28 3-1スピニング実験」に同協会としての本実験についての報告がなされている。

2. 試験装置など

(1) 試験装置

試験装置は昭和39年度に設計され、昭和40年度に一部変更のうえ製作し、千葉支所構内に据付けられた。

試験装置の設計々算、図面等については別にとりまとめられているので、ここでは簡述する。

試験装置の全体を図-1、写真-1に示す。

試験設備は主塔2基、ケーブルアンカ、素線リール及び同文持台、素線平衡用重錘塔、スピニングホイール及び同曳索、曳索緊張用重錘塔、曳索駆動装置、キャントウオークなどから構成されており、仕様は表-1のとおりであり、各部の状況を写真2～6に示す。

曳索駆動装置の機構、原動機及び駆動装置の性能曲線を図-2、3、4に示す。

(2) 工具等

作業員が架設作業その他のために使用した工具などを表-2に示す。工具類の大部分は日本橋梁建設協会の準備によるものである。

(3) 通信設備

作業開始、終了など作業に関する指示またタイムスタディのための作業状況を連絡するために拡声器を使用し、作業総指揮者が指示を与えた。

また、サグ調整作業、ウインチの発進・停止等、作業員相互の連絡用として、有線電話一回線を設けこれよりウインチ、各アンカ、各主塔、中央径間中央の6ヶ所に電話を並列に設けた。

サイクルタイムの測定に関連してスピニングホイールの位置連絡用としては小旗を使用した。

3. 試験

(1) 作業内容

実験は昭和41年1月10日より28日まで行なわれた。実施の工程を表-3に示す。

素線は直線性の普通のもの及び良好なものについて、それぞれストランド1本ずつを架設した。

作業に際しての各部の条件を表-4に示す。

(1) 作業の手順

作業の手順は次のとおりである。

1) 準備

- 2) ガイドワイヤ架設：正確に所定のサグ(5m)とする。なお、実橋の場合は標準の気温のときに所定の値になるよう温度補正をするものであるが、本実験ではストランドが一本ずつであるから、ガイドワイヤの架線時を基準温度として行い、温度補正は行なわなかつた。

- 3) 素線端末の固定：素線をリールより繰出し、素線平衡重錘塔を経て、一端をキャットウオークに固定する。

4) 架線

- a) 素線をストランドシュー(リール側)にかけて後スピニングホイールにかける。

- b) スピニングホイールリール側アンカ出発

- c) スピニングホイールリール側主塔通過

——リール側側径間の死素線のサグ調整開始

- d) スピニングホイールリール反対側主塔通過

——リール側側径間調整完了後、リール側塔のアンカ側ストツバを締める。中央径間では死素線を調整位置に活素線をローラにかける。中央径間死素線のサグ調整開始

- e) スピニングホイールリール反対側アンカ到着

——スピニングホイールより素線を外しリール反対側アンカのストランドシューにかける。

- f) スピニングホイールリール反対側アンカ出発

——(今回の実験では空で帰る)

- g) 中央径間死素線調整完了

——リール反対側塔の中央側のストツバを締める。

h) リール反対側の側径間の死、活素線サグ調整

——完了後、リール反対側塔のアンカ側のストツバを締める。

i) 中央径間の活素線のサグ調整

——完了後、リール側塔の中央側のストツバを締める。

j) スピニングホイールリール側アンカ到着

k) リール側アンカにて素線をストランドシユーにかけ、スピニングホイールにかける。

l) b) ~ k) の動作をくりかえす。2回目以後は c) で死素線と前回の活素線とを同時に調整する。今回の実験では片側にのみ素線リールがあり、1回に4本の素線が架線されるので、292本に対して73回のくりかえしで、1ストランドが形成された。

5) 継 線 : 架線終了後、ストランドをゆさぶり素線を自由の状態にしてサグのバラツキを見る。所定以上に大きいものは所定量に切りつめ継手1個を用い、小さいものは素線3mを切断し継線用素線(3m+調整量)を入れて継手2個を用いて延ばし、所定のサグ内に入るようにする。作業は素線の切断、切口の整正、直線矯正、接手金物の取付、プレス作業の順に進める。この作業は神戸製鋼所により行なわれた。

なお、工場継手がストランドシユー、サドル上に来た場合も位置をずらすために継線作業を行なうわけであるが、今回はそのようなケースはなかった。

6) バンディング : 継線完了後、1m間隔にバンディングしてストランドを完成させた。バンド用には14#線を用い、1個所15~20回巻いた。

(2) 作業人員

架設作業の作業員の編成は表-5のとおりである。

継線作業は5名で行った。

バンディング作業は架線作業員があたつた。

(2) 測定、観察

測定項目、測定方法、使用機器などを表-6に示す。

4. 試験の結果

(1) 機械設備

(1) 測定値

曳索移動距離、曳索張力(張り側及び弛み側)、リールブレーキトルク(各リール)、曳索緊張用重錘上下量、時間、合図等は2台のペンオツシロに記録された。スピニングホイールの出発及び停止時にマークを入れて2台の読みを同期できるようにした。記録結果を一表に同期させた一例を図-7に示す。図-7はオ2ストランドの69回目のものである。

- 1) 曳索速度——曳索移動距離と経過時間の関係を記録紙より読みとると図-8のようになり、これより各位置における速度を求めると同図のように中央径間では略一定の値を示している。(出発時及び停止時の加速、減速時の状況については1パルス当りの距離が長いために詳しいことが不明であつた。)

各サイクルの曳索速度としては中央の略安定したと思われる範囲の時間及び曳索移動距離とを読み計算で求めた。

なお、曳索移動距離マークは滑草に滑りがなければ曳索移動量3.32mで1パルスであるのであるが実際には、中央径間(水平距離150m、サグ1/30の索長150.444m)に対し44パルスであつたので、曳索速度の計算に際しては1パルスを $150/44 = 3.41\text{m}$ として計算した。

- 2) 曳索張力——曳索張力は張り側は(基本張力+シーブ等の抵抗分)で略一定の値を中心として振動した値を示している。弛み側は(基本張力-シーブ等の抵抗分-素線の張力分)であるので、スピニングホイールの位置により大きく変化する。

図-7で ①はスピニングホイールに素線をかけて出発準備が完了した位置、②スピニングホイールのお発時、③リール側の主塔通過時、④中央径間、⑤リール反対側主塔通過時、⑥リール反対側アンカ・停止時、⑦素線をスピニングホイールから外した時の状態である。

曳索張力としては中央径間での張り側及び弛みの側の張力と基準張力との差を読み張力差を計算した。

なお、スピニングホイールだけを運行せしめた場合の速度と張力差の関係を

図-4に示す。

3) リールブレーキトルク

リールブレーキトルクは図-7のように相当変動するがこれはブレーキ操作の馳れにも関係している。

中央径間における略平均と思われる値を読みとつた。なお、左右とはリール側より中央径間に向つて左、右を示す。

4) 曳索用重錘の上下量

相対的な量だけが測定できるので各サイクル毎に変位量を求めたが上下量は比較的少く、最大で約10cmであつた。

これらのうち、曳索速度、曳索張力差及びリールブレーキトルクを集計したものを表-7に示す。

(2) 計 算

当初は実験結果より中央径間通過時の所要動力、出発の際の加速時の所要動力、1サイクル中の動力の変化と曳索緊張用重錘の上下量の関係、索線平衡重錘の位置、索線張力、リールブレーキの関係などを求める積りであつたが、測定がまゝならず、中央径間の所要動力、索線張力の計算のみが可能であり他は観察記録に終つてしまつた。

1) 所要動力

表-7のうち、作業状態の安定したと思われるオ2ストランドの63回目より73回目まで(うち67回目を除く)の10回分について、曳索速度、曳索張力差の平均を求め 156m/min 及び650kgを得る。

曳索駆動装置のドラム部での曳索の所要動力は

$$\frac{\text{曳索速度 (m/min)} \times \text{曳索張力差 (kg)}}{75 \times 60} \quad \text{PS}$$

で求められるから、上記の数字を代入して23PSを得る。

動力伝達部分の損失を20%とすると原動機の所要出力は29PSである。

2) 索線張力

なお、図-4より曳索張力中、運動部分の損失は180kgと求められるから索線の張力分は470kg、索線1本当の張力118kgを得る。

また、表-4より索線平衡重錘は360kgであり、この位置での索線1本当の張力は静的には90kgである。索線用滑車部での損失、重錘の上昇時の加速力などを明らかにすることが今後の問題であろう。

(3) 観察事項

1) 索線平衡用重錘の移動量

ストローク10mの全域を使用していた。これはスピニングホイール出発時にリールの加速が追いつかないためと思われる。

2) 曳索駆動装置

図-4より明らかなとおり、2速と3速がオーバーラップせず、また、運動部分の慣性が少く抵抗が多いので途中の速度段の変更が不能で、曳索速度の調節は機関の回転速度の変更で行ったが、自動車用機関をパワーユニットとして使用したため速度調整域がせまく、充分とはいえなかつた。このため出発時、塔通過時、停止時には曳索にかなりの衝撃的な張力が加わることになった。

[2] 架線作業

(1) サイクルタイム及びタイムスタディ

架線作業の各回のサイクルタイムを図-9に、サイクルタイムの度数分布を図-10に示す。

今回の実験では、実験担当者、作業員とも初めての作業などで手順についても試行錯誤的な事が多く、作業方法を変えたり、また機械的なトラブルもあり各サイクルタイムを等価のものとして計算を進めるのは適当ではない。これらの結果から今回の実験として到達し得るサイクルタイムは9分と推定される。

(2) 索線の配列

オ1ストランドのリール側主塔上サドル及びオ2ストランドのリール反対側主塔上サドルにおける索線の配列を図-11(a)及び(b)に示す。

オ1ストランドはサドルの隅の円弧部を使用したこと、及びオ1層よりオ3層までは形成されるストランドの端の方より順次索線を並べたために、サドル附近での索線の重なりが多く、オ4層目よりは略中心より両側にそれぞれのリールの索線が別れるように配置した。オ2ストランドはサドル上に四角のストランドを

形成するようにし、最初から中心を振り分けた形で索線を配列するようにしたものである。

ストランドシュー上では索線を内側より外側へ、外側より内側へと順次配列した。

(3) 各作業員の動作、工具等

工具などについて十分な準備がなされず、専用工具も少なかったため作業員の動作にかなり無駄な点が見られた。

1) ドッグ………索線とレバーブロックを結ぶために索線にかけて使用するが、索線をはさんで後、くさびをハンマで叩いて使用するため索線をとめるための所要動作及び時間が多く必要であった。なお、当初使用のドッグは容量の点でも問題があった。

2) レバーブロック、木製滑車………索線を引きよせるのに使用するが、レバーブロックはゆるめるときに微調整がきかないようである。木製滑車は引きよせるときに微調整がきかないようである。また、今回は各調整位置にはそれぞれ1個しか使用せず、最終的には2本の索線に対し、間に滑車を介して同時に調整したが、一方をゆるめ、他方を引く場合など調整量の異なるときは作業が手間どるようであった。

また、側径間はサグが0であり目視により調整したが、どうしても引張りすぎとなり、その前の段階で調整した中央径間の調整を乱しがちであった。

レバーブロックとドッグの使用状況を写真-7に示す。

3) ワイヤストツバ………鋼板の間に調整ずみの索線を挟み4本のボルトをスパナで締付ける形のワイヤストツバを使用した。ワイヤストツバと主塔との固定法は当初索線の重量による引張りのみを考えたが、前述のように次の調整で塔側にワイヤストツバが引張られることもあり、それにも耐えうるように改良したが、孔のガタの分だけは避けられないようであった。なお、4本のボルトをスパナで締めることも時間のかゝつた原因である。ワイヤストツバの使用状況を写真-8に示す。

4) 作業場の広さ、サドルとの関係

作業員3名及び監督員1名の4名が主塔上に居るが、調整1回毎に塔の中央

径間側及び側径間側に位置をかえて調整の段取をすること及び調整作業そのものは殆んどキャットウォーク上でして不安定なことから、作業場は狭いように感じられた。また、作業場の中央をストランドが通るために2分されるので相互に通行可能なようにすること。また、作業員の姿勢よりサドルとの関係をきめるべきであろう。

(4) スピニングホイールの運動との関係

中央径間をスピニングホイールが通過する際に、活素線をローラにかけ、死素線をストランドフォーマにかけて素線を略完成時の姿にしておくと調整量が少くて好結果であつた。また、スピニングホイールの停止位置も活素線を余分に引張らない位置を見出してからは作業も順調であつた。

(3) 継線作業

架線の終った状態で各素線を自由の状態にしたときのサグのばらつきは、最初5%の空隙率を目標として中央径間中央において横方向88mm、縦方向 $88 \times 3 = 264$ mmの範囲に入ればよいと考え、それに外れたものを切りつめまたは切りたして調整のための継線をする予定であつたが、この範囲内には充分に入つたので、1ストランドでは縦方向を $88 \times 2 = 176$ mmとして、この範囲外のものの調整を行い、2ストランドでは特に離れていたもののみについて調整を行つた。調整を行つた素線の状況を表-8に示す。

継線作業に当つては継線部の素線を自由にするために2箇のドッグを介してレバブロックで両側の素線を引張るので、調整済の素線が両サドルより引き寄せられ、他の素線のサグを乱す傾向がみられ、継線作業に先だつて両サドル附近で仮バンドしてこの乱れを防いだ。

継線作業は1箇所約10分を要した。

(4) バンディング作業

継線終了後及びバンディング終了後のストランドの状態を表-9に示す。

バンディング作業終了後の空隙率は2.2%であつた。

バンディング作業の状況を写真-9に示す。

(5) ストランドの張力

バンディング作業が完了し、ストランドが完成した後、リール側の油圧シリンダの油圧の読みがオ1ストランドで132 kg/cm²、オ2ストランドで122 kg/cm²であり、ストランドの張力はそれぞれ 27.5 t, 25.6 tであり索線の張力は、94 kg, 88 kgとなる。

5. 試験結果の考察

(1) 機械設備

(1) 曳索駆動装置

今回の試験装置では156 m/min が期待できる曳索速度として得られたが、長径間の実橋の場合には、さらに高速を期待することは可能である。

索線の張力その他にもとずく抵抗が大きく、運動部分の慣性が少いので、負荷のかゝった状態で速度の変更のできる機構が望ましく、外国でディーゼル機関＋トルクコンバータの組合せ、直流電動機が用いられているのもこのためと思われる。

負荷の特性が定トルク型と考えられるので、それに見合う張力差－速度曲線を選ぶべきであり、出発時、塔通過時の加速性また長径間の場合、索線の重量にもとずく抵抗についてはさらに検討を加える必要があろう。

ウインチドラムは大容量の場合には巻胴を2箇設ける方が望ましいと思う。

(2) スピニングホイール、曳索及び曳索緊張用重錘塔

スピニングホイールを曳索に取付ける継手ボルトは実験中に一度折損事故を起した。原因は材質の不良、隅角部のノッチエフエクトとも考えられるが、この部分は曳索張力の変化する位置でもあり、曳索張力はスピニングホイールの連結金具が塔頂を通過時にかなり(300 kg程度)変化するので構造については更に検討の必要があろう。図-12に事故後の連結金具を示す。

主塔頂部の曳索導輪はスピニングホイールの連結金具が通過する際、導輪の配置により連結金具に曲げがかかるので図-13のように改造するのがよい。

また、中間導輪も図-14のようにスピニングホイール通過時、曳索が跳ね上がらないように下側の滑車を少し上にあげた方がよい。

曳索緊張用重錘は当初、8tと云う設計値であつたが、実際には2.4tのときでもとも運転状態がよかつた。この点、設計について再検討してみたい。

重錘の上下量は架線作業中殆んどなかつたので、長径間の場合どうなるか不明であるが、長期間使用の場合の曳索の伸び、ストランドシユウの位置の変化に対応するよう塔高はきめるべきであろう。

全般に運動部分については耐久性、保守性（給油法、調整法）などを考慮した構造、材料の検討が必要であらう。

(3) 素線平衡用重錘塔及びリールブレーキ

リールブレーキは作業員が素線平衡重錘の動きを見ながら操作し、操作力は不足せず、むしろ、軸受の抵抗が多すぎたように見うけられた。

曳索速度の増加にリールの回転の増加が追いつかず、スピニングホイールの出発時に重錘がストローク一杯に上昇する傾向がみられたので、長径間で加速性を要求される場合はリール軸受の抵抗を減ずるとともに場合により積極的にリールを駆動する方法（例えば油圧モータによる）も必要と思われる。

(4) リール及びリール架台

木製、鋼製については作業時には差は見られなかつた。

リールについてはバランスをとつても、素線を巻いた状態での動的バランスはとりえないので、架台を相当強固にする必要がある。

(5) 主塔及びキャットウォークその他

作業員の作業姿勢が無理なため能率の落ちている面もあるので、関係高さ、広さを検討する必要がある。

今回の実験ではスピニングホイール出発位置及び停止位置では曳索が高すぎて素線のかけ、はずしに苦労していたようである。主塔上ではストランドをはさんでの連絡路、中央及び側径間の間の移動の便利さを考えるべきである。

キャットウォークの金網を剛性を増した方がよかつた。また、キャットウォーク用のワイヤロープに初張力を与えなかつたため、実験中にキャットウォークがたれたのは失敗であつた。

(2) 架線作業

今回の実験で9分が標準のサイクルタイムであり、その内訳として各単位作業の所要時間はリール側側径間調整77秒、中央径間死索線調整164秒、リール反対側側径間調整104秒、中央径間活索線調整115秒、準備84秒、計544秒と計算される。(日本橋梁建設協会の計算結果)

今回の実験では工具等の不備のための単位作業についての動作数が多いので、このような数字であるが、これらを改良すれば、サグ調整1箇所当たり60~90秒には短縮しうらと思う。

長径間吊橋の場合は調整量が多いので低負荷で高速、規定負荷で微調整のできるウインチを使用するのも一法であろう。今回の実験ではサイクルタイムがスピニングホイールの往復時間に支配された場合(図-15A)とサグ調整時間に支配された場合(図-15B)とがあつたが、長径間吊橋の場合は往復とも索線を運搬するので、各ストランドについてはスピニングホイールの往時間+活索線の調整時間を単位としてサイクルタイムを考えることになる。(ただし、スピニングホイールの往時間中に死索線の調整は完了するものとする。)

調整時の連絡方法も指示者と作業員が直接通話し、またウインチとアンカは別回線の方が望ましい。

サドル上の索線の配列は四角の方が作業はやり易い。またストランドシユー上の配列とサドル上の配列とが関係づけられるようシユーの形状も検討した方がよいと思う。

(3) 継線作業

継線は不安定なキャットウォーク上で行い、非常に作業性が悪かつた。実橋の場合には頻度も多いと考えられるので簡便な道具の開発が望まれる。またこの作業がやり難いことを考えると、サグのバラツキをどこまで許容できるかの検討も必要であろう。

また、索線の性質として直線性のよいものが、切断したときの曲りぐせがなく作業はやり易かつた。

なお、継線のために他の索線の調整を乱すことに対する対策も一考を要する。

〔4〕バンディング作業

バンディング作業は当初空隙率18%を目標としたが結果は22%であり、また形状も真円は期待できなかつた。ケーブル全体を考えたときストランドとしては略一定の形状に完成させればよいのか、あるいはストランドのときに空隙率をなるべく小さくするようにして長平方向の半径の変化があつてもよいのか、いずれの方法をとるかによつて作業改善の道は与えられよう。

6. む す び

以上が平行線ケーブル架設試験について土木研究所で実施した実験の結果の報告である。本実験は平行線ケーブルに関しては初めてのことであり、測定に不備の点もあり十分満足できる結果とはいえないし、今回の実験の範囲はストランド形成までであり、ケーブルとして完成させるためにはさらにストランドのサグ調整、スクイーミング法、ラッピング法などの工法の研究も必要とするし、実橋を想定しての機械設備の検討も必要となろう。

また、平行線ケーブル架設については空中架設法の外に、工場製作の平行線ケーブルの架設も問題になっており、今後調査すべき事項が山積している状態である。

本報告がわが国における平行線ケーブル架設技術の開発に役立つことを期待したい。

おわりに、本実験に種々御指導御協力頂いた日本橋梁建設協会、建設省関東地方建設局東京機械事務所並びに土木研究所橋梁研究室の各位に厚く感謝するものであります。

表-1-1

表-1 試験装置仕様

径間寸法	中央径間	150m
形成されるストランド	側径間	20m
	ストランド数	1本
	素線	5mmφ ノツキ鋼線
	サグ比	1/30
	素線数	292本
	張力	中央径間 25.3t 側径間 26.3t
	索長(中央径間)	150.444m
	重量	約9t
曳索駆動装置	原動機	
	呼称	三菱JH4ガソリン機関
	連続定格出力	40PS (JIS D 1005 準用)
	定格回転速度	2,400rpm
	クラッチ	
	形式	乾式単板手動式
	第1段減速装置	
	形式	Vベルト1段減速
	減速比	0.425 (150/353)
	クラッチ	
	形式	乾式単板足踏式
	変速機	
	形式	すべりかみ合式
	減速比	
	前進1速	0.143
	2速	0.286
	3速	0.598

表-1-2

	4 速	1 0 0 0
	後 進	0 1 4 1
	終 減 速 装 置	
	形 式	平歯車 1 段減速
	減 速 比	0 1 2 7 (21/165)
	ウ イ ン チ	
	ド ラ ム 径	8 0 0 mmφ
	ブ レ ー キ	外部収縮手動式
スピニングホイール 及び曳索	スピニングホイール	薄肉鋼管製直径 1.0 m, 軸受コロガリ軸受
	1 回 の 架 線 数	2 本または 4 本
	曳 索	1 4 mmφ (6 × 37)
曳索速度及び張力差	前 進 1 速	47 (m/min) 3.060 (kg)
	2 速	93 1.550
	3 速	190 7.60
	4 速	320 450
	後 進	46 3.130
曳索緊張用重錘塔	塔	型钢及び鋼板で構成, ボルト締め 高さ 6 m
	重 錘	鋳鉄重量 800 kg/個 × 10 個
	ス ト ロ ー ク	約 3 m
索線平衡用重錘塔	塔	型钢及び鋼板で構成, ボルト締め 高さ 12 m
	重 錘	銅板 25 kg/個 × 各 8 個 鎖 7 kg/m × 10 m
	ス ト ロ ー ク	約 10 m
	索 線 数	4 本
	滑 車	薄肉鋼管製直径 1.0 m, 軸受コロガリ軸受
主 塔	塔	型钢及びエクスパンド鋼板で構成, ボルト締め

表-1-3

ケーブルアンカ	作業場の広さ	高さ9m 想定軸荷重 28t 3.0m×3.0m
	サドル地上高	5.7m
キヤットワーク	コンクリート量	各30.75m ³
	ストランドシュール径	650mm
リール及びリール架台	サグ	1/30
	ロープ	26φストランドロープ 2本
	横材	木材 90×90角×1.7m, 1m間隔
	金網	素線 14号, 網目 13.2mm, 巾 1.6m
	手摺ロープ	6mmφ左右各2本
	リール	
	外径	2.0m
	内径	1.6m
	巾(内法)	1.0m
	材質及び個数	木製, 鋼製各2個(同時には2個使用)
	素線容量	約29,000m
		約4.5t
	軸受	すべり軸受
	リール架台	型钢で構成, 台数2台
	リール用ブレーキ	外部収縮手動式

- 注: 1. 曳索速度及び張力差は機関回転速度2,400rpm定格出力時に効率80%滑り0として計算
2. 前進とはスピニングホイールが素線を架線して行く側を示し, 後進とはスピニングホイールが空で戻る側を示す。

表-2 工 具 等

作業種別	名 称	規 格 個 数	備 考
架 線	ワイヤストツバ	4 個	主塔上, 各 2
	サドル成形金具	2×2 個	"
	ド ツ グ	4 個	"
	レバーブロック	3 t 2 台	主塔上, 各 1
	木 製 滑 車	2 車	"
	ストランドフォーマ	5 個	中 央 径 間
	ターンパツクル	500 Kg 4 個	
	スリリングロープ	16φ, 22φ 各 4 本	
紐 線	オイルジャツキ	25 t 1 組	
	ド ツ グ	2 個	
	レバーブロック	1 台	
	ワイヤカツタ		
	ヤ ス リ		
	サンドペーパー		
バンディング	仮 バ ン ド 金 具	1 組	
	番 線	16 # 60 Kg	(材 料)
準 備 工	測 量 機 器	1 式	
	溶 接 工 具	1 式	
	トラック クレーン	7 t 1 台	

表-3 実 施 工 程

作業名称		昭和 4 1 年 1 月																														
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	日								
第一 スト ランド	準備（仮設及び測量ほか）																															
	ガイドワイヤ架設，治具取付け，調整																															
	架線（数字は回数）				1	3	15	18	24	4	8																					
	継線																															
	バンディング																															
	ストランド取外し																															
第二 スト ランド	準備																															
	ガイドワイヤ架設，治具取付け，調整																															
	架線（数字は回数）																8	20	25	20												
	継線																												-			
	バンディング																											-	-			
	事故回復																															
	後片づけ																												-	-		

表-4 作業条件

	条 件	摘 要
ストランド架線回数	2 回	ガイドフレームを含む
素線の性質	直線性普通及び良 各1種	
一回の架線数	4 本	
素線平衡重錘	約 360Kg	
曳索緊張重錘	2,400Kg	

表-5 架線作業員編成

位 置	指 揮 , 監 督	作 業
全 般	-1 総 指 揮	2. 世 話 役
ウィンチ リールブレーキ リール側 アンカ		2 正, 副運転手 2 { リールブレーキマンはスピニングホイール出発の準備も兼務
リール側 主塔	1 (2) { サドル上の素線の配列の点検 中央監督との連絡	3 { ストップ、ドック、レバプロック (又は木製滑車) を各1名で担当
中央径間	1 { 中央点のサグを見ながら有線 電話で塔上監督に調整量を指示	3 { 1/4, 1/2, 3/4点に各1名配置し、スピニングホイール通過後死素線をストランドフォーマに、活素線をローラにかける作業を行い、調整された素線を逐次調整済の素線群に移していく
リール反対側 主塔	1 (2) リール側主塔に同じ	3 リール側主塔に同じ
リール反対側 アンカ		2 { 素線をスピニングホイールより外し、ストランドシユールにかける。
計	4 (6)	16

() 内は第2ストランド架設時の変更分を示す。

表-6 測定項目，方法など

作業種別	項目	方 法	使用機器	人員
架 線	曳索張力 (張り側及びゆるみ側)	滑車型張力計を用いロードセルの読みを記録(図-5)	ロードセル 5 t 2個	5
	曳索移動距離	ロープと接触して回転する滑車(直径705mm)の回転を減速機(減速比1/15)を介して伝え出力軸1回毎に発振するパルスを記録(時間の読みと合せて速度を計算する)(図-5)	ストレインメータ 6 c 1 直流増巾器 6 c 1 直流増巾器 3 c 1 ペンオシロ 6 c 1 ペンオシロ 8 c 1	
	リールブレーキトルク (各リール)	リールとリールブレーキの間にトルクメータを装入し読みを記録	トルクメータ 100 m-Kg " 200 m-Kg 各1	
	曳索緊張用重錘の上下量	重錘の移動量をワイヤの移動量におきかえ、ワイヤと接触して回転する滑車の回転量をブリッジを介して記録する(図-6)		
組線	各単位作業毎のタイムスタディ サイクルタイム 素線の配列 (主塔サドル上) 気 温 風 速	観 察 記 録 " " 温 度 計 風速計, 風向計		※リール側塔 2(1) ※リール反対側塔 2(1) ※ 1 ※各塔上の作業監督員 ※1
	作業状況	観 察 記 録		
終了後	作業状況 作業前後のストランドの形状	" "		
	ストランドの張力	リール側のストランドシユューは油圧ジャッキを介してアンカに固定されているので油圧計の読み及び受圧面積より計算		

注) 人員中()は第2ストランド架設時の変更分を示す。

※印は日本建設橋梁協会の担当を示す。

第7 曳索張力差、速度、リールブレーキトルク

表-7-1

サイト ル 数	第1 ストランド架設時				第2 ストランド架設時			
	曳索張力差	曳索速度	リールブレーキトルク		曳索張力差	曳索速度	リールブレーキトルク	
			左	右			左	右
1	K_g	m/min	$m-K_g$	$m-K_g$	245 K_g	93 m/min	$m-K_g$ 54	$m-K_g$ 87
2					—	—	—	—
3					674	127	108	108
4					602	119	—	103
5					673	86	54	103
6	625	—	112	94	613	86	—	103
7					658	86	81	124
8					440	141	54	83
9					576	86	54	—
10					613	84	—	—
11					613	71	—	124
12					674	79	89	104
13					613	116	27	62
14	562	90	70	94	—	—	50	51
15	500	88	64	86	613	132	—	62
16	438	114	52	75	613	123	54	41
17	500	90	84	75	613	131	41	41
18	625	139	—	—	651	142	—	46
19	249	88	42	38	735	131	54	—
20	500	89	84	75	759	142	—	41
21	563	88	126	—	759	121	68	—
22	—	—	—	—	722	75	—	52
23	500	152	—	—	674	—	—	62
24	500	88	106	75	698	131	81	41
25	625	89	84	75	637	86	54	52
26	625	88	84	38	674	152	54	—
27	625	87	84	75	735	131	54	41
28	625	88	84	38	613	142	54	31
29	625	89	84	38	575	89	54	85
30	625	88	42	38	500	90	42	85
31	625	88	84	—	610	90	94	99
32	563	89	42	38	695	91	73	92
33	563	88	42	66	600	90	59	97
34	563	89	42	—	580	90	59	102
35	563	88	126	75	690	91	50	82
36	563	89	84	75	640	90	84	82
37	500	40	—	—	700	92	71	98

表-7-2

サイ トル 数	第1ストランド架設時				第2ストランド架設時			
	曳索張力差	曳索速度	リールブレーキトルク		曳索張力差	曳索速度	リールブレーキトルク	
			左	右			左	右
	K_g	m/min	$m-K_g$	$m-K_g$	K_g	m/min	$m-K_g$	$m-K_g$
38	—	87	—	—	710	23	60	112
39	—	87	—	—	660	91	64	92
40	—	86	—	—	640	90	64	88
41	437	88	42	19	640	90	55	75
42	437	86	126	75	640	99	55	82
43	500	89	—	75	—	—	—	—
44	448	152	252	56	710	90	70	50
45	687	153	42	—	675	90	70	63
46	687	149	84	150	640	85	70	63
47	—	153	—	—	750	117	70	63
48	687	151	—	113	710	155	60	50
49	625	153	210	75	710	158	60	50
50	563	153	126	75	710	154	60	50
51	563	149	—	94	680	157	60	60
52	625	152	—	75	710	155	60	60
53	625	152	—	38	680	153	60	60
54	625	153	—	75	640	84	60	65
55	625	157	126	113	680	87	55	60
56	563	149	—	75	630	127	60	65
57	625	149	—	75	640	—	70	65
58	563	154	—	75	640	143	70	65
59	625	152	84	75	585	130	56	52
60	625	154	84	75	610	142	50	52
61	625	98	62	56	620	152	45	50
62	—	151	—	—	650	154	45	45
63	625	151	126	113	650	155	55	52
64	625	152	126	113	640	155	45	40
65	562	83	63	56	640	155	45	40
66	563	84	63	38	640	156	50	50
67	500	87	—	56	600	113	45	45
68	570	119	37	42	640	155	50	45
69	500	122	63	38	640	157	50	50
70	500	144	63	47	640	157	50	55
71	—	108	—	—	680	157	50	55
72	437	144	42	19	660	157	50	50
73	500	132	—	56	640	157	50	50

表-8 サグの調整量と調整前のサグ

第 1 ス ト ラ ン ド			第 2 ス ト ラ ン ド		
サ グ	調 整 量	備 考	サ グ	調 整 量	備 考
+200	40	上側8本	-55	11	下側8本
+160	35		-50	10	
+145	29		-35	7	
+140	28		-35	7	
+125	25		-30	6	
+120	24		-25	5	
+115	23		-20	4	
+105	21		-10	2	
-160	35	下側8本			
-135	27				
-130	26				
-125	25				
-120	24				
-120	24				
-115	23				
-115	23				

注：1 サグはストランドをゆすつた後の値

2. 調整量とは切りつめ、あるいは延ばした素線の長さ

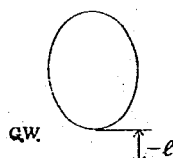
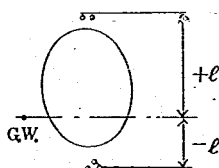
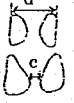
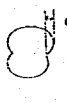
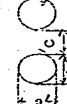
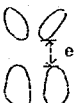


表-9 バンド前後のストランドの形状

単位: mm

測定位置	架線終了後			バンド締付後		
	形状	第1回	第2回	形状	第1回	第2回
リール側側径間 サドルより 1200		a 115 b 110	105 95		a 98 b 97	101 95
" " 1800		a b	110 115		a 99 b 99	101 99
" " 2400		a 150 b 145 c 55	110 130 70		a 99 b 99	96 101
" " 3000		a 120 b 180 c 20 d 90	113 165 13 87		a 84 b 123 c	83 117 10
" " 3600		a 130 b 210 c 30 d 90	126 185 20 89		a 66 b 71 a' 72 b' 65 c	69 69 75 62 12
" " 4800		a 140 b 250 c 20 d 100 e 80	130 280 30 100 80		a 52 b 52 a' 44 b' 44 c	69 66 79 59 66
中央径間リール側 サドルより2000		a	95		a	91
"		b	105		b	103
" 1/8点		a	120		a	99
"		b	120		b	99
" 1/4点		a	140		a	97
"		b	101		b	99
" 3/4点		a	150		a	97
"		b	210		b	95
" 7/8点		a	140		a	96
"		b	110		b	96
"		a	115		a	99
"		b	110		b	99
リール反対側サドル より2000		a	100		a	90
"		b	95		b	104

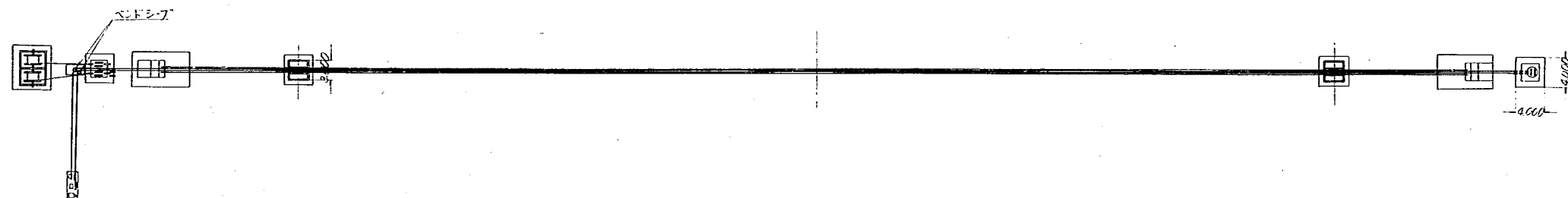
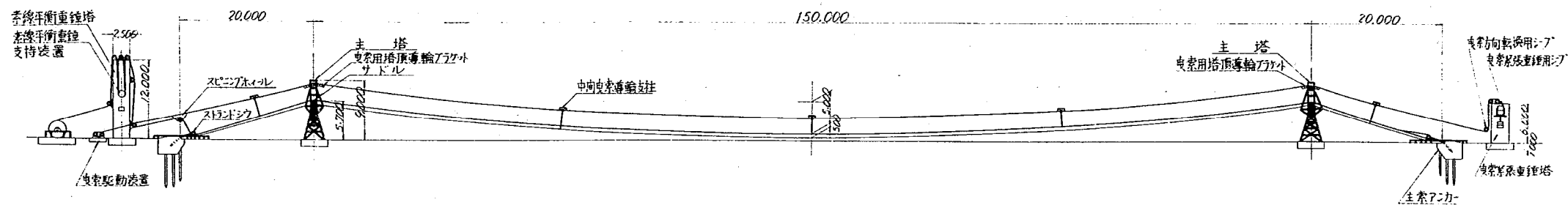


図 - 1 平行線ケーブル架設試験全体図

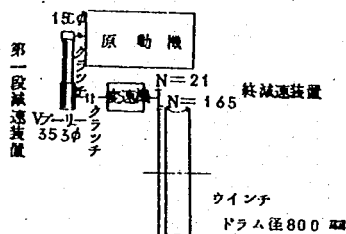


図-2 曳索駆動装置

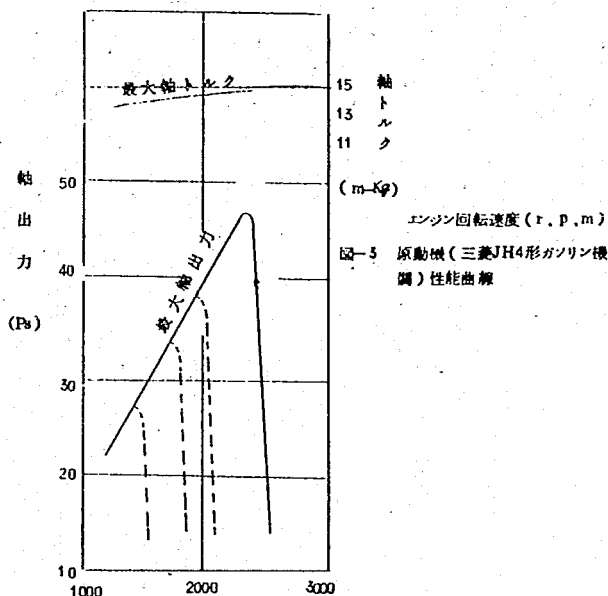


図-3 原動機(三菱JH4形ガソリン機関)性能曲線

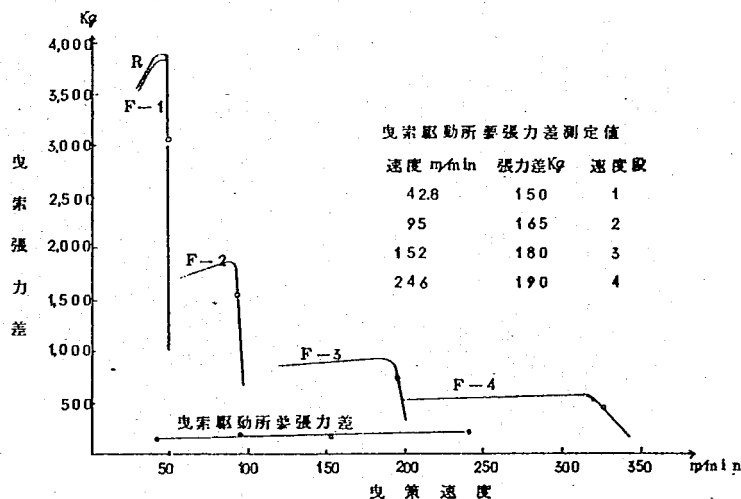


図-4 曳索駆動装置性能曲線

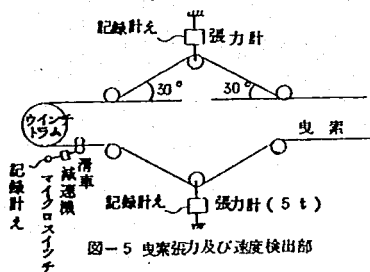


図-5 曳索張力及び速度検出部

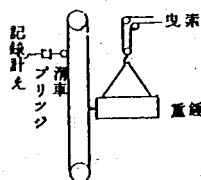


図-6 曳索緊張用重錘上下量検出部

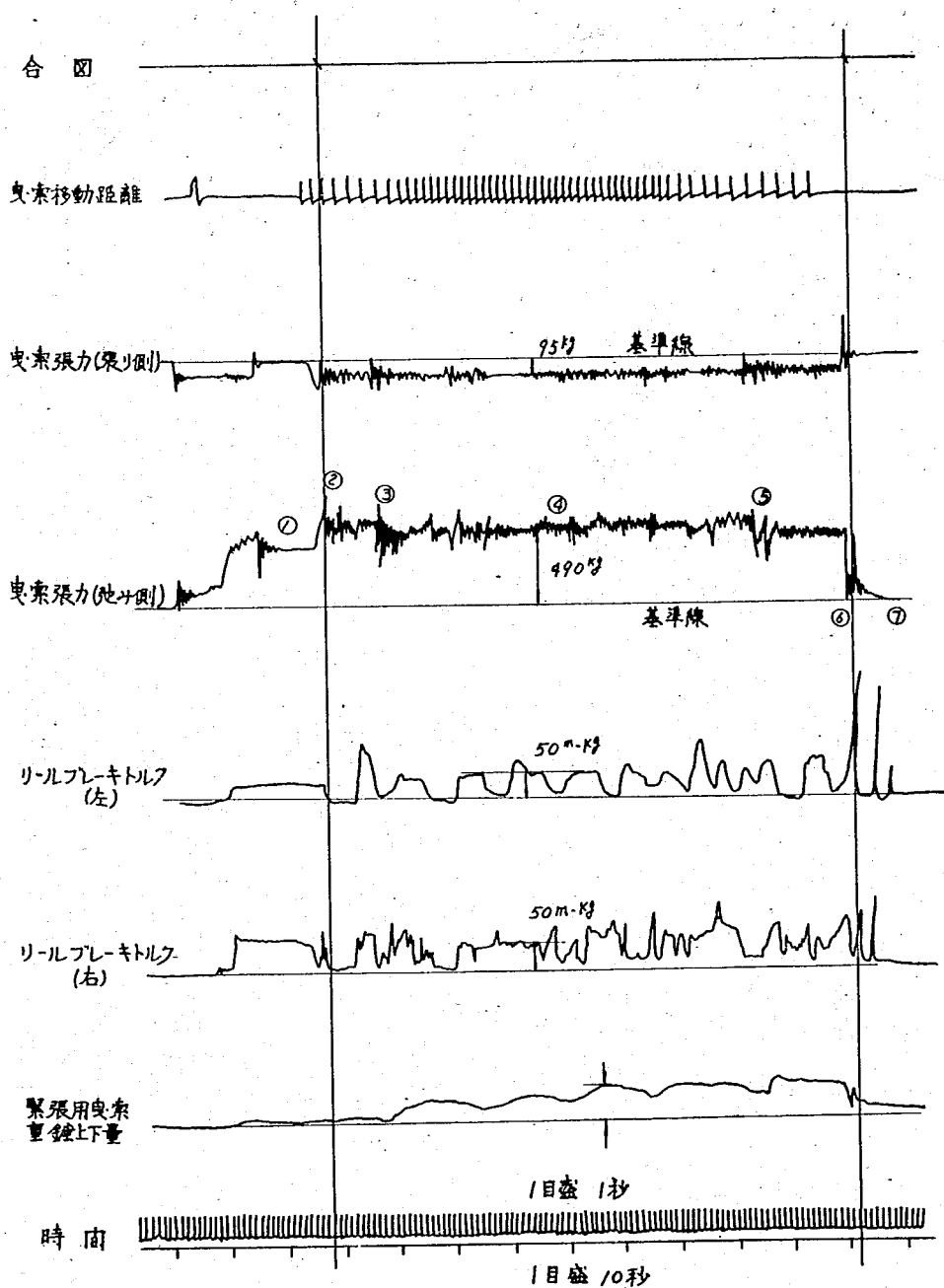


図-7 架線作業中の記録 (第2コストランド69回目)

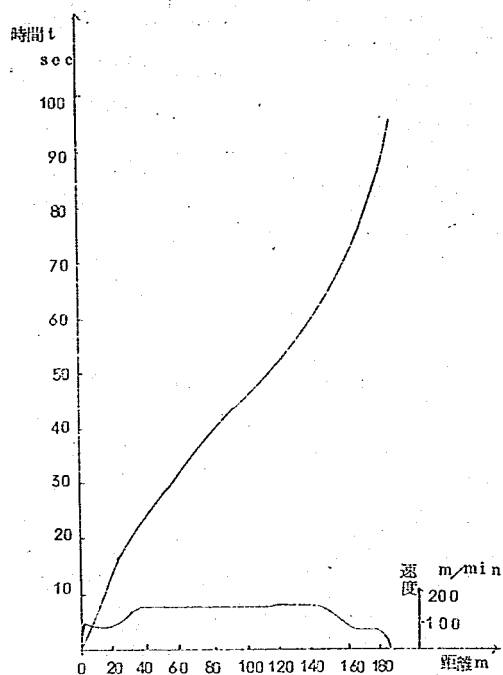


図-8 曳索移動距離と曳索速度(第2ストランド67回目)

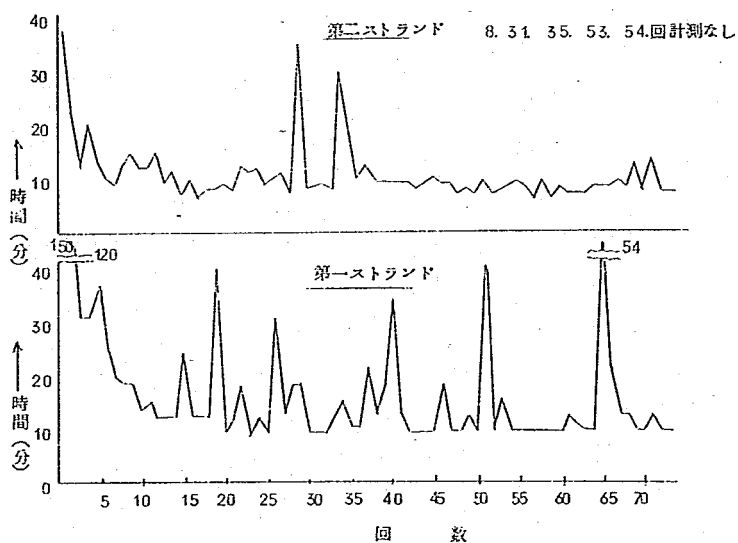
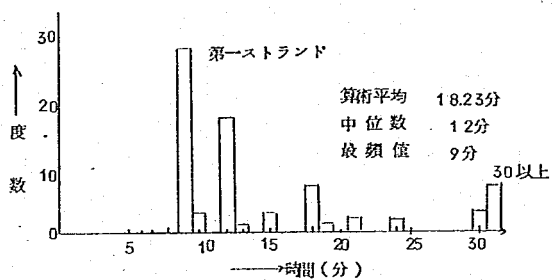
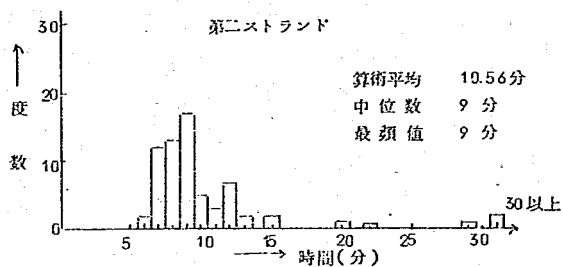
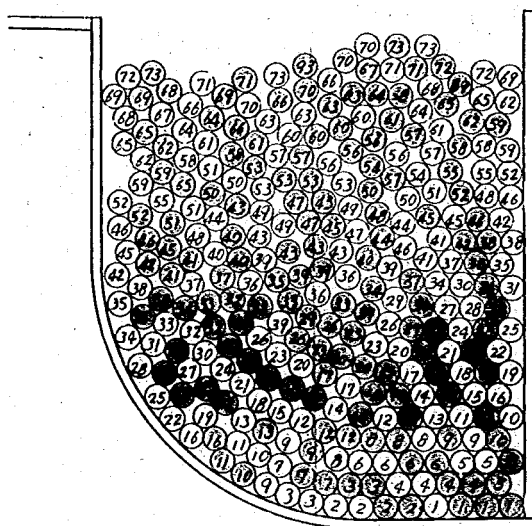


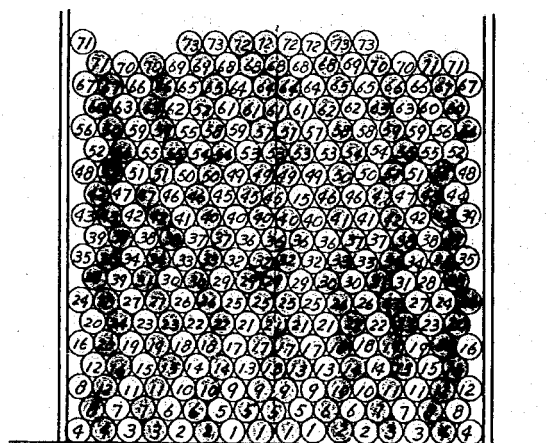
図-9 サイクルタイム



図一 10 サイクルタイム度数分布



(a)



○ 活素線

● 死素線

(b)

図-11 サドル上の素線配列

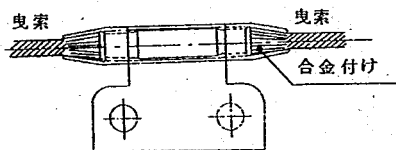


図-12 曳索とスピニングホイールの連結金具

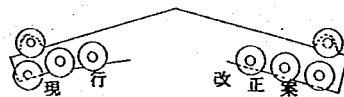


図-13 曳索導輪

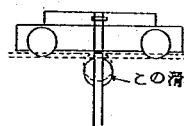
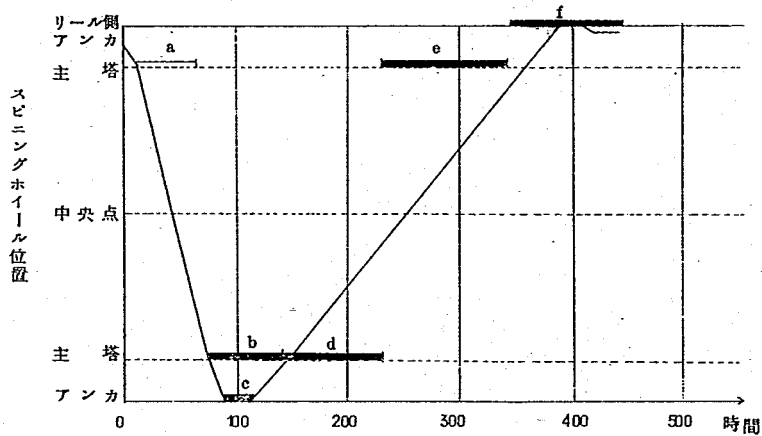


図-14 中間導輪



単位：秒

図-15(A) 作業分析図

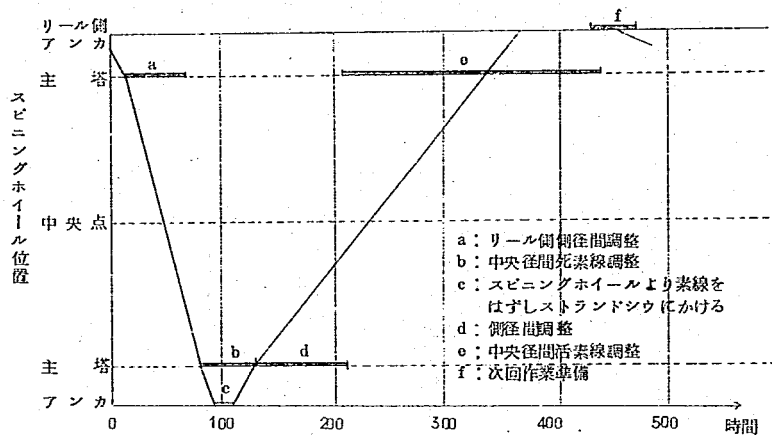
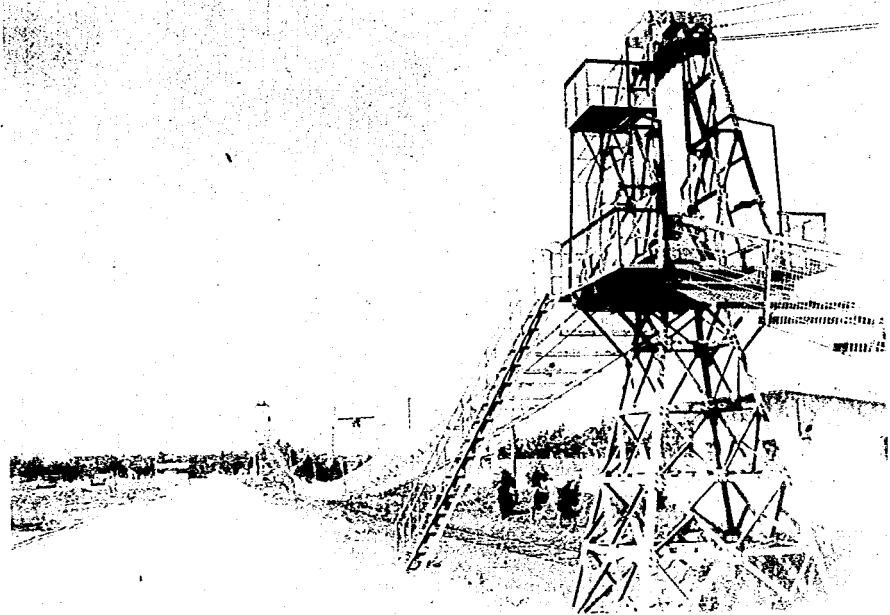
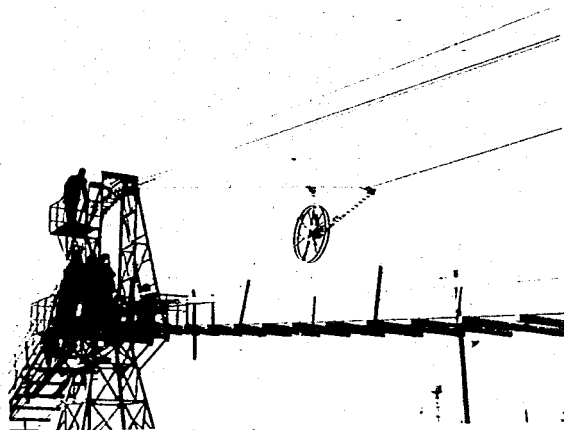


図-15(B) 作業分析図



写真一 試験装置全景



写真二 スピニングホイール

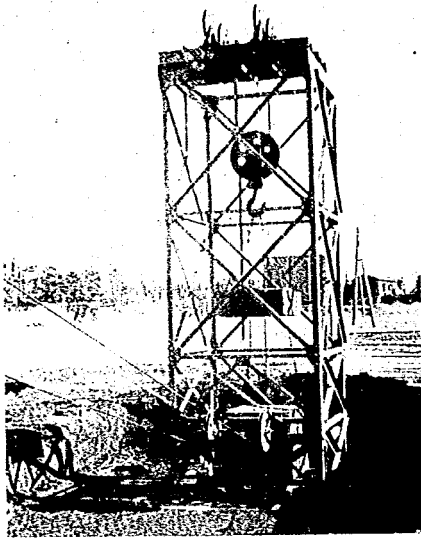


写真-3 曳索緊張用重錘塔

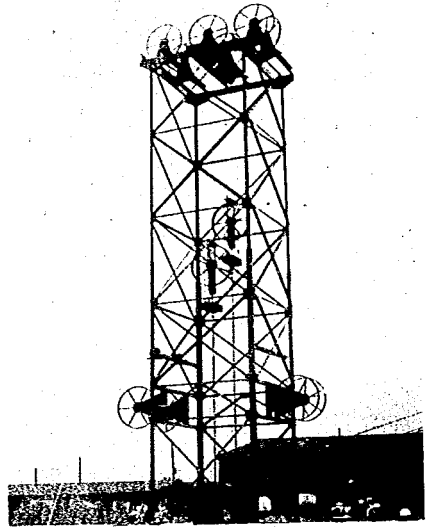


写真-4 素線平衡用重錘塔

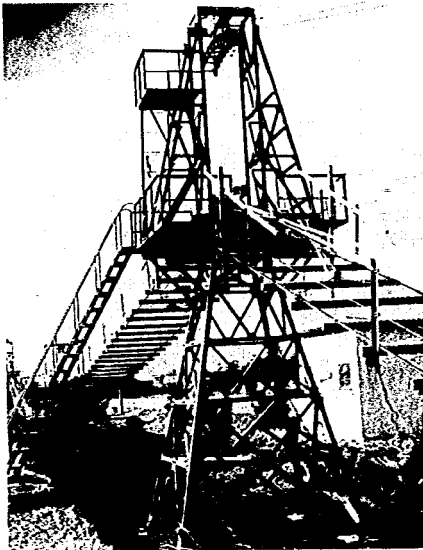


写真-5 主塔及びキャットウォーク

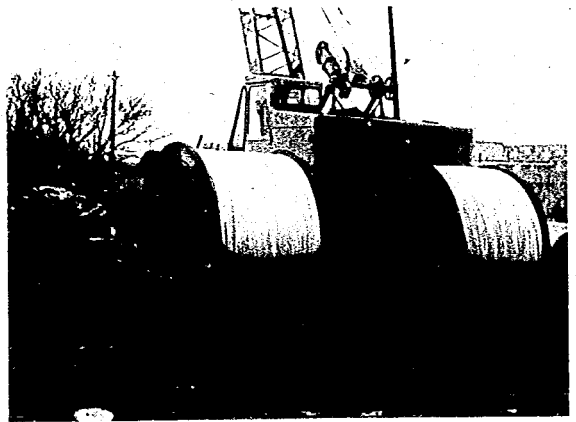


写真-6 リール及び同架台



写真-7

レバーブロック及びドック



写真-8 ワイヤストッパ



写真-9

バンディング作業