

## 【技術ノート】

# 吊橋主ケーブルの架設工法

## Erection Method of Main Cable for Suspension Bridge

高橋幸雄\*  
Sachio TAKAHASHI

## まえがき

吊橋はケーブルを主要な構造部分とし、このケーブルにすべての死荷重と活荷重の一部を担わせた橋梁である。したがってこのケーブルの出来上り精度がその吊橋の完成時の形状、精度を大きく左右し、しいては吊橋の寿命をも決定することとなる。

また、歴史的にみて、吊橋の発達は設計理論・解析手段の進歩・ケーブルに使用する材料の進歩とともに、ケーブルの架設工法の進歩によるところが大きいと言える。

本文は、この吊橋主ケーブルの架設工法を、特に長大スパン吊橋の主ケーブル架設に多く採用されているパラレルワイヤーケーブル（平行線ケーブル）の施工方法に焦点を合わせ、述べる事にする。

## 1. 主ケーブルの種類

吊橋の主ケーブルに使用されているロープの種類は、橋の種類・用途・規模などによって、次のようなロープが使い分けされている。（図-1,2 参照）。

一般的には、中・小吊橋ではワイヤーロープケーブル、長大吊橋ではパラレルワイヤーケーブル、と使い分けがなされてきた様である。

しかし近年、中小吊橋においてもパラレルワイヤーケーブルが非常に多く使用される様になってきた。これは、パラレルワイヤーケーブルの特性が強度・弾性係数において優れている点や、施工方法・管理方法が関門橋、平戸大橋の施工実績から広く橋梁技術者の間に修得されてきたためであると考えられる。特にここ数年の傾向としては、プレハブワイヤーストランド工法（P.W.S工法）が採用されることが多く、本四連絡橋にて計画されている吊橋においてもそのほとんどの主ケーブルはプレハブワイヤーストランド工法で計画されている。

## 2. 架設設備による工法比較

主ケーブルの架設工法をケーブル引出しに使用する機材設備からとらえると、

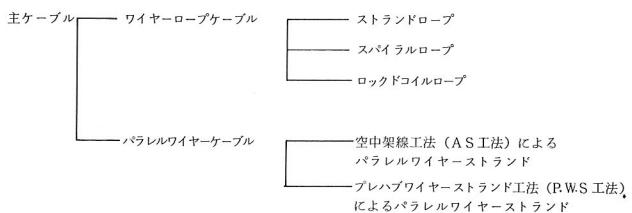
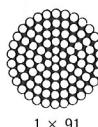


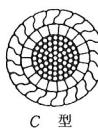
図-1 吊橋主ケーブルの種類



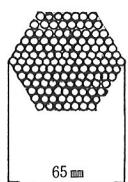
ストランドロープ (I.W.S.C7×19)



スパイラルロープ (1x91)



ロックドコイルロープ (C型)



パラレルワイヤーストランド (P.W.S127)

図-2 ケーブルの断面

\*川田建設工務部長橋課係員

- (1) ケーブルクレーンシステムにて架設する工法。  
 (2) ホーリングシステムにて架設する工法。  
 とに大きく分けることができる。以下この2工法の概要と特色について述べる。

### 2-1 ケーブルクレーンシステムによる架設工法

吊橋主塔上にケーブルクレーン用仮設タワーを設置し、このタワー間にケーブルクレーン用ワイヤーロープを張り渡し、このワイヤーロープにキャリア設備を取付けケーブルクレーン設備を組み立てる。このケーブルクレーンシステムのキャリアをワインチの駆動によって往行させてケーブルの引き出しを行う工法である。

本工法は、このケーブルクレーンシステムを設置することにより、主ケーブルの架設はもとより、キャットウォーク等の設置・撤去、ハンガーバンド・ハンガーケーブルの架設、および補剛桁の架設まで、すべての作業をこのケーブルクレーンシステムにて施工することができる。

本工法の使用は、中央径間が200m～250m程度までの中小吊橋に多くの実績があり、若戸大橋・八幡橋・上若生子橋・マガピット吊橋等がこのケーブルクレーンシステムを使用して架設されている。

### 2-2 ホーリングシステムによる架設工法

吊橋のアンカーレッヂ間に、スプレーベント・塔頂ベントを介してエンドレス形状にホーリングロープを張り渡し、このホーリングロープを駆動装置によりループ状に駆動させながらケーブルの引き出しを行う工法である。

長大吊橋の主ケーブルの架設は、ほとんどがこのホーリングシステム設備により施工されている。これは、長大吊橋になると、主ケーブルの架設設備と補剛桁等の架設設備とを併用させて考えることが非常に無理となり、主ケーブルの架設だけに焦点を合わせて設備を考えた場合、このようなホーリングシステムを設置し、これをループ状に廻しながら連続的にケーブルを引き出す方法が、もっとも効率良く作業が行えるためである。

以下、このホーリングシステムを使用して主ケーブルの架設を行う、長大吊橋の施工方法について述べるものとする。

## 3. 主ケーブル架設の準備工事

吊橋の主ケーブルを前述した、ホーリングシステムに

て架設するための重要な準備工事としては、

- (1) パイロットロープの渡海
- (2) ホーリングシステムの設置
- (3) キャットウォークの設置

等の工事があり、以下、この作業について述べる。

### 3-1 パイロットロープの渡海

両側の主塔間にホーリングロープを張り渡す場合、長大径間の吊橋においては、このホーリングロープの径が太くなり、直接このロープを張り渡すことは困難であり、最初に径の細いパイロットロープの張り渡しを行い、このパイロットロープを利用してホーリングロープの張り渡しを行う方法がとられている。このパイロットロープの張り渡し作業を通常渡海作業と言い、その渡海の方法には次の3工法が考えられている。

- (1) 海中渡海法
- (2) 海上渡海法
- (3) 空中渡海法

#### 3-1-1 海中渡海法

渡海するパイロットロープを海中に落とした状態でタグボートにて引き出す方法であり、渡海の作業中には引き出し径間の船舶航行規制が必要である。また、海底地形・潮流等の影響を強く受けるため、日本の長大橋施工では実施例がない。しかし、機材や段取りの面では簡単で有利な方法であるため、海外の長大橋の施工では広く採用されており、ゴールデンゲート橋、サンフランシスコ・オークランドベイ橋などのパイロットロープがこの方法で渡海されている。

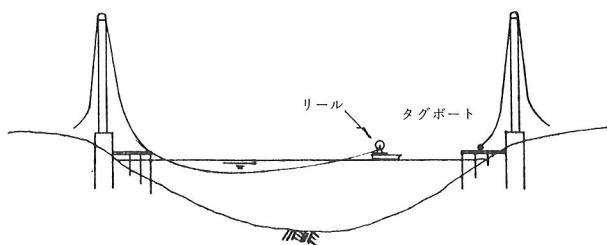


図-3 海中渡海法

#### 3-1-2 海上渡海法

渡海するパイロットロープに適当な間隔で浮子を付け、ロープを水面に浮べた状態、又は、水に浮くロープ

(パイレンロープ等)をパイロットロープとして使用し、海上をタグボートにて引出し、張り渡す方法である。海中渡海法と同様に、引出し径間の船舶航行規制が必要であり、潮流等の影響を受けるが、比較的確実に作業の行える工法であるため、我国においては関門橋・平戸大橋等にこの工法が採用されている。

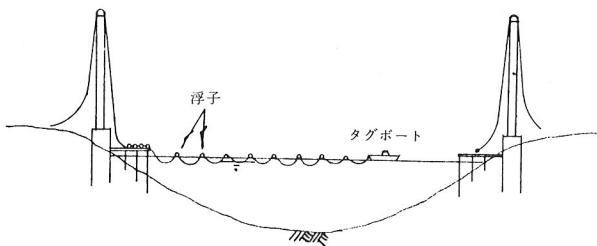


図-4 海上渡海法

### 3-1-3 空中渡海法

パイロットロープをヘリコプター、飛行船等に結び、空中に浮かべたままの状態で張り渡す方法で、船舶航行規制の必要がなく、また、海底地形・潮流等の影響も受けすことのない工法である。しかし、風に対して非常に問題が多く、技術的にも解決されていない点も多い。吊橋の架設に採用された例は見られず、電力用送電鉄塔間のキャリアロープの架線工事等において、たまに実施されている様である。

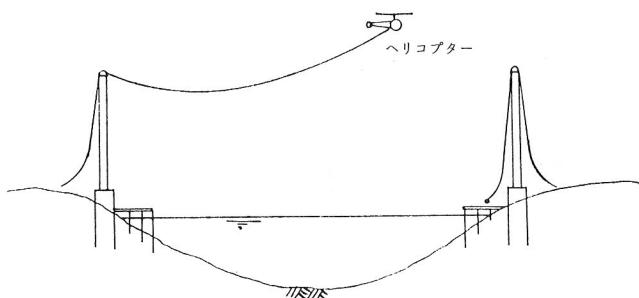


図-5 空中渡海法

### 3-2 ホーリングシステムの設置

ホーリングシステムは、キャットウォーク用ワイヤーロープや主ケーブルを引き出すためのもっとも重要な架線設備である。この設置は、渡海作業によって張り渡されたパイロットロープにホーリングロープを接続し、引出し途中のホーリングロープのサグが航路を侵さぬよう、バックテンションを与えるながら張り渡しを行い、このホ

ーリングロープの両端をロングスライスにて接続するとともに、緊張装置、長さ調整装置、駆動装置、各箇所におけるシーブ、及びケーブル引き出し用キャリア等との取付けを行い、ループ状に動くホーリングシステムとする。

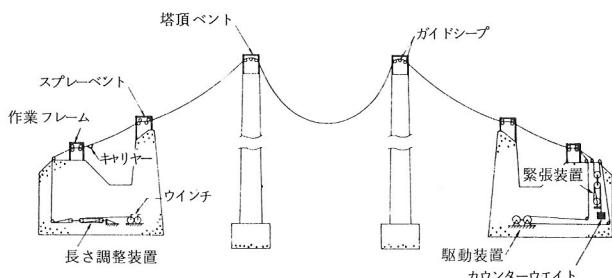
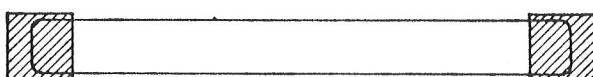


図-6 ホーリングシステム概要図

設置するホーリングシステムのループ形状は、図-7のように、

- (1) 1径間に1ループを設置し、上・下流のケーブルを1ループのシステムで引き出す形式
  - (2) 1径間に2ループのシステムを設置し、上・下流のケーブルを別々のシステムで引き出す形式
- とがあり、関門橋・平戸大橋では、ケーブル引き出し時の作業性、引き出し工程の面において有利である2ループ形式が採用されている。

#### (1) 1ループ形式



#### (2) 2ループ形式

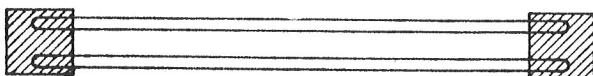


図-7 ホーリングシステムのループ形式

### 3-3 キャットウォークの設置

吊橋の主ケーブル架設には、通常、中央径間・側径間にキャットウォークと呼ばれるワイヤー足場を設置して作業が行われる。

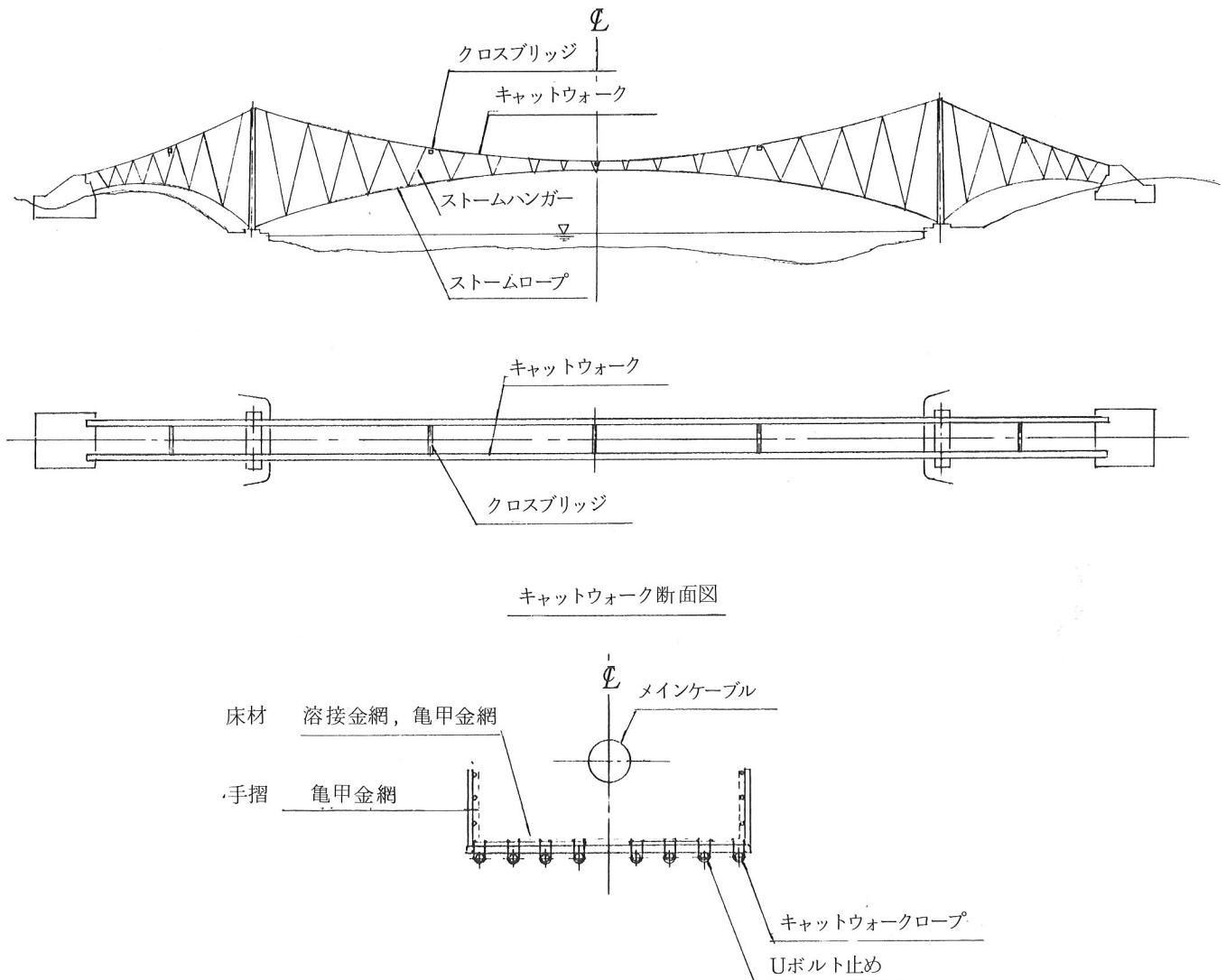


図-8 キャットウォーク一般図

このキャットウォークは、主ロープ、床組、ストームロープからなり、主ケーブルの架設用足場ばかりでなくケーブルスクリジング、ハンガーバンド・ハンガーケーブル架設、ラッピング作業と、吊橋特有の作業すべてに使用され、設置に当たっては次の様な事柄に注意が払われている。

- (1) 長径間に張り渡されたワイヤーロープを主体とする不安定な構造物であるため、撓性が大きく、耐風安定性については細かな検討がなされる。
- (2) キャットウォークの支持点は、主ケーブル架設完了まで吊橋の主塔にとられており、キャットウォークの

出来上り形状によっては、主ケーブルの作業性、精度に影響を与えることとなる。このため設計荷重、中央径間と側径間とのバランス等に細かな検討がなされる。

(3) キャットウォークは、主ケーブル架設後その形状が主ケーブル形状の変化と同調するように、主ケーブルに盛り換えを行い分布荷重として作用させるため、主ケーブルの形状管理に際しても考慮しなければならない要素となる。

以上のようにキャットウォークは特殊な吊足場であり、その施工は通常次のように施工される。

### 3-3-1 主ロープの架設

キャットウォーク主ロープの架設方法としては、主ロープを1本づつ海底につけて引きずり出す方法と、前に述べたホーリングシステムにより、空中をフリーハンギング状態で張り渡す方法があり、ここではホーリングシステムにて引き出す場合について説明する。

ホーリングシステム組立完了後、キャットウォークロープのリールを所定の位置に据え付け、リールからロープ端のソケットを取り出し、橋台上に設置された延線機を通してホーリングシステムのキャリアに取付け、延線機にてバックテンションを与える。キャットウォークロープのサグの垂れ下がりを管理しながら、ホーリングロープの駆動により所定の定着金物位置まで引き出し、定着金物に取付けを行う。キャットウォークロープの架設は、左右のロープ本数、中央と側径間の架設ロープ本数のバランスを取りながら架設し、すべての主ロープ架設後、塔頂部定着金物にてロープサグの調整を行う。

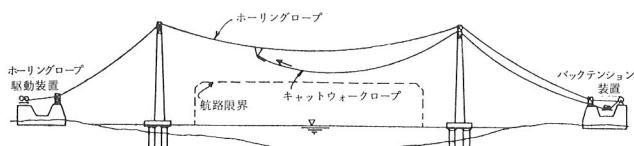


図-9 キャットウォーク主ロープの架設

### 3-3-2 床組の架設

キャットウォークは主ロープ架設後、横材・金網・ステップ材からなる床組の架設を行う。

床組の架設方法としては、

- (1) 塔頂足場にて順次床組の組立てを行い、 $\frac{1}{4}$ 点付近までのロープ勾配の強い部分は主ロープ上を滑らせ、ロープ勾配の緩い部分はホーリングロープにて引張り、引き出して行く滑り出し方式
- (2) 床組架設用作業台車をキャットウォークロープに取付け、この作業台車を走行させながら順次床組をロープに取付けて架設して行く作業台車方式

とがある。滑り出し方式は、関門橋・平戸大橋において採用されている。作業台車方式は、これまで幾度か計画され、実験もされているが、作業台車の安定性及び、走行性等にまだ技術的な問題点があり、我国ではまだ施工例を見ない。しかし、今後南備讃瀬戸大橋、明石大橋のような長大径間の吊橋のキャットウォーク床組架設を考

えた場合、滑り出し方式では、床組を滑らせると摩擦力が大きくなり、施工の困難が予想される。したがって、今後、長大径間のキャットウォーク床組施工には、作業台車方式の研究を進める必要があるものと考える。

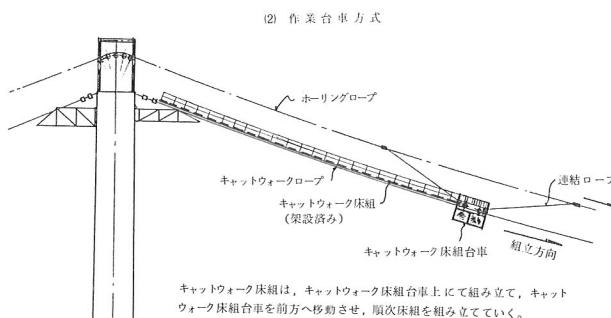
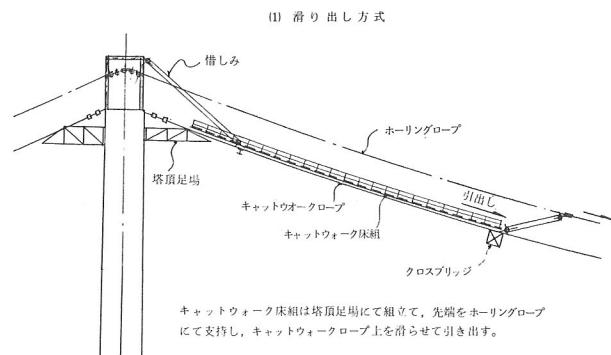


図-10 キャットウォークの架設方式

### 3-3-3 ストームロープの架設

キャットウォークは、そのままでは耐風安定性に欠けた不安定な構造物であり、台風などの強風に対処できるものではなく、また、活荷重などの集中荷重によるタワミも大きく、作業性が良くない。そこで、ストームロープと呼ばれる耐風索を設け、キャットウォークにプレストレスを与えることによって剛性を増し、安定性と作業性を高める方法が取られている。

このストームロープは、ストーム主ロープとストームハンガーロープからなり、ストームハンガーロープの取付け形式から、

- (1) ダイヤゴナル形式
- (2) パラレル形式

とがある。両者の違いとしては、耐風安定性や剛性面においてはダイヤゴナル形式の方が良く、設置・調整の施工面ではパラレル形式の方が施工しやすいと言う特色をもっている。

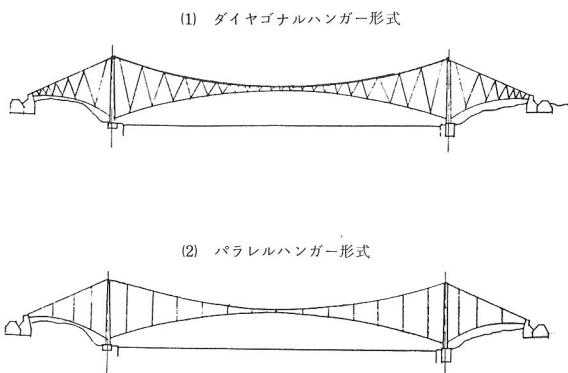


図-11 ストームロープの形式

ストームロープの架設は、ストーム主ロープをキャットウォーク上に配置したローラ上を引き出し、キャットウォーク上にて主ロープのマーキング位置にストームハンガーロープを取付ける。ハンガー取付け完了後主ロープ両端を塔頂ワインチで引き込み、キャットウォーク上からストームロープを浮かせ、このストームロープをキャットウォークの外側に垂らす。キャットウォーク外側に出たストーム主ロープ両端を塔頂クレーンに吊替え、主塔基部まで下ろし、主塔基部の定着金物に取付ける。この定着金物を計画位置まで引き込むことにより、プレストレスをキャットウォークに与え、ストームロープの架設を完了する。

#### 4. 主ケーブルの架設工法

本章では、長径間吊橋の主ケーブルにもっとも多く使用されているパラレルワイヤーケーブルの架設工法である、エアースピニング工法（AS工法）と、プレハブワイヤーストランド工法（PWS工法）について説明を行う。

##### 4-1 エアースピニング工法（AS工法）

エアースピニング工法とは、ホーリングシステムにより、パラレルワイヤーケーブルを素線単位で、両アンカー間に張り渡す方法である。

この工法の原理は図-12に示すように、糸巻きの要領であり、同一作業の繰り返しによりストランドを構成し、さらに主ケーブルを構成していくものである。即ち、両アンカーのストランド背間に素線を巻き付け、始端と終端を継手で結合し、1本のストランドをエンドレスの素線の輪で構成させるものである。

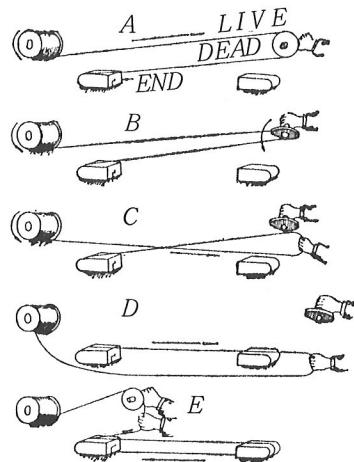


図-12 エアースピニング工法の原理

工場より現場へ、素線を 500 kg～1000 kg ぐらいのコイル形状で搬入し、まずこれをリールに巻き取る作業を行う。これは、継手を用いて素線を長く継ぐとともに高速で引き出しても素線がもつれないようにするもので、この作業を通常リーリング作業と呼ぶ。このリーリング作業は工場でも、現場でも行なえるが、空リールの転用や運搬の点で現場にて行う方が一般的には有利である。

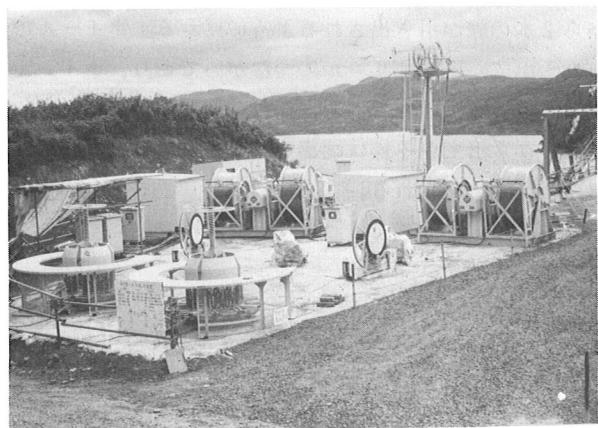


写真-1 リーリング設備（平戸大橋現場）

リーリング作業で素線の巻かれたリールは、アンリーラーにセットし、素線の始端を取り出し、素線緊張塔及びガイドローラーを通して、ストランド背に固定する。

素線始端固定後、ホーリングシステムに取付けられたスピニングホイール（写真2）に素線をかけ、ホーリングシステムを駆動させ対岸アンカーに向って架線を行う。この時、素線はスピニングホイールの進行速度の2倍の早さでリールから解き出され、見かけ上ホイールの上下

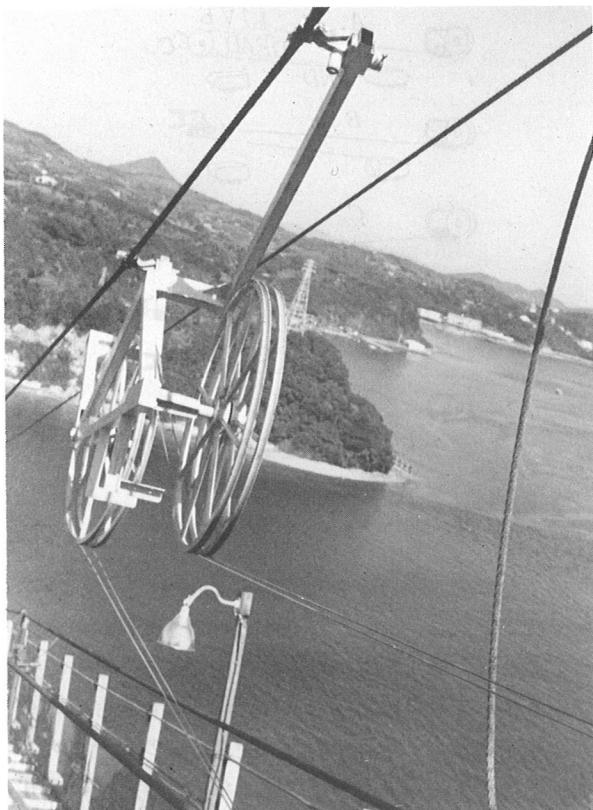


写真-2 スピニングホイール (平戸大橋現場)

から2本の線が引き出されるように見える。ホイールの上から出ている線はリールにつながっており、ホイールの2倍の早さで動いており、これを活線と呼び、ホイールの下から出ている線は端部で固定されており、動かないで死線と呼ばれる。

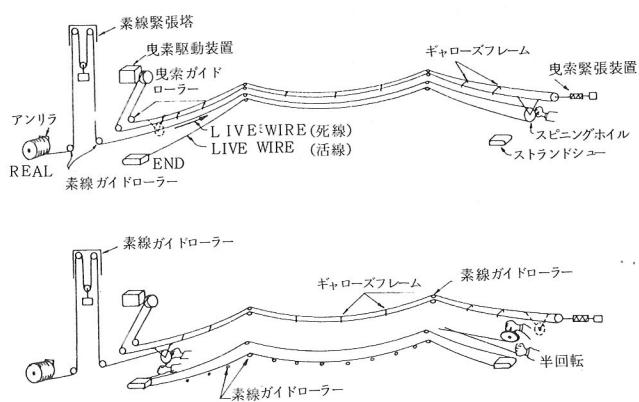


図-13 エアースピニング工法施工概要図

引き出された素線はサドル部において、死線はサドル内へ、活線はサドル脇ローラーへと納め、キャットウォーク上では、死線はストランドフォーマーの整形治具内、活線はローラ上へ置かれて行く。

スピニングホイールが対岸アンカーに到着後、死線にストップバーをかけ、素線張力を抜き、ホイールより素線をはずしてストランド脇にかける(図-14)。その後活線だけ再びホイールにかけ、ホイールをバックさせながらこの活線も死線上同様サドル内・整形治具内に納める(図-15)。

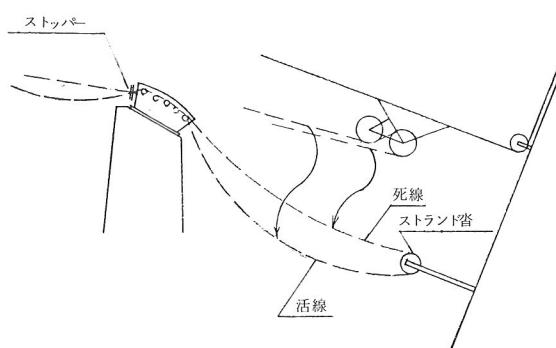


図-14 素線のストランド脇への取付け

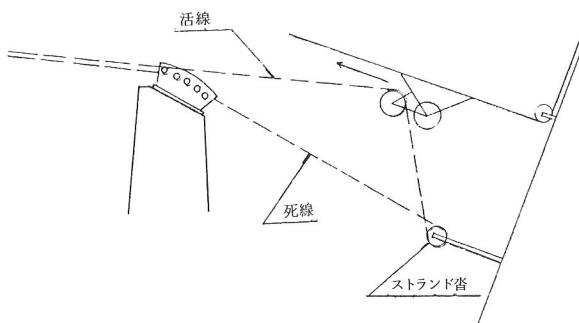


図-15 ホイールの戻りによる活線のサドル内納め

この作業サイクルを所定回数繰り返し、最後に素線の始端・終端を結合し、これを1束にまとめループストランドとする。このストランドを調整するとともに、所定数だけ張り渡し、まとめたものが主ケーブルとなる。

1ストランド当たりの素線数は200~500本が一般的であり、これはアンカー構造、ストランド調整装置の能力から決定される。日本でのAS工法の実績は平戸大橋、上吉野川橋(片側ケーブルのみ)があり、本四吊橋では下津井瀬戸大橋がAS工法で計画されている。

#### 4-2 プレハブワイヤーストランド工法(PWS工法)

エアースピニング工法が架設現場において素線を1本づつ架設してストランドを形成するのに対して、プレハ

ブワイヤーストランド工法（PWS工法）は、あらかじめ製作工場において素線を数拾本～百数拾本にまとめたストランド（関門橋では91本、因島大橋では127本が採用されている）を製作し、リールに巻かれた形状で現場へ搬入して、ストランド単位で架設を行う工法である。

工場より現場に搬入されたストランドは、リールに巻いたままで、引き出し側アンカレッヂに据え付けられたアンリーラーにセットし、ストランド先端をホーリングロープに固定されたストランドキャリアに取り付け、キャットウォーク上に配置した引き出しローラー上をホーリングロープの駆動により引き出す。



写真-3 No.1ストランドの引出し (関門橋現場)

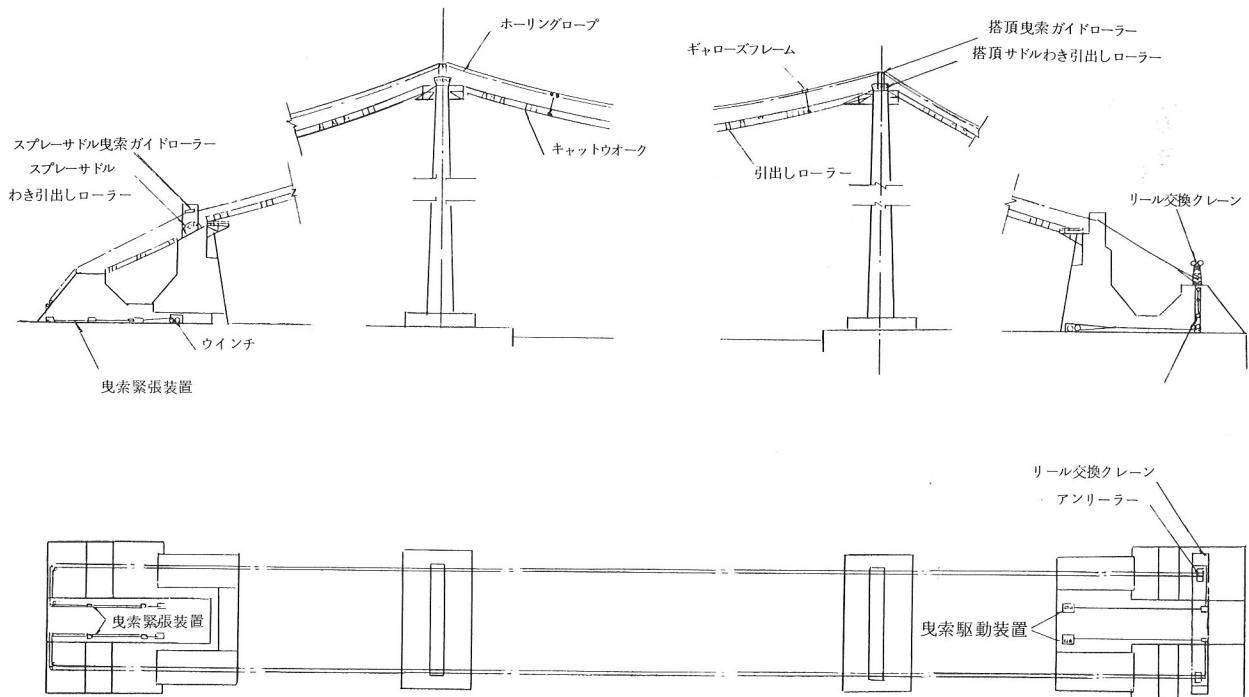


図-16 ストランドの架設設備全体図

対岸のアンカーレッヂまで引き出されたストランドは、キャットウォーク上のローラー上及びサドル脇ローラー上にあり、これをサドル内に収めるため塔頂部にて塔頂ワインチの操り込みシステムで仮引きを行いローラー上より浮かす。この時のサドルに収まる部分のストランドには張力がかかっておらず、これを整形クランプにて四角に整形しながらサドル内の所定位置に収める。この作業は通常ストランドの移設作業と呼ばれている。

ストランド移設後、両端ソケットをアンカーガーダーに引き込み、碇着させ、サドル部での仮引きを解放する。このときのストランドサグ形状は、後の調整作業をスムーズ、かつ正確に行えるよう、計画サグ量より200～300mm上げ越しの状態にしておき、夜間にこれを調整して計画サグとする。この引き出し作業をストランド本数の回数だけくりかえし行いケーブルを形成する。

このプレハブワイヤーストランド工法は、ストランド

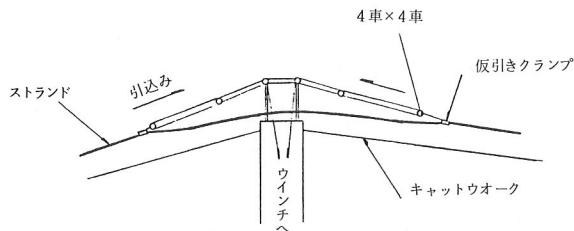


図-17 ストランドの仮引き（塔頂部）

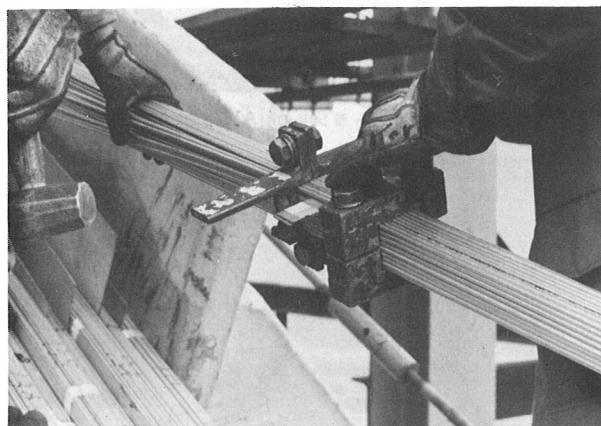


写真-4 サドル部のストランド四角整形（閥門橋現場）

単位でケーブルが架設されるため、エアースピニング工法に較べ工程が短縮でき、現場作業も単純化され、架設精度も高めることができる。その反面、長大径間の吊橋になるとそれに比例してストランドリールが大きくなり、リール重量が重くなるため輸送方法、ハンドリング設備等の面から問題がでてくる。またアンカーレッヂのストランド碇着面（通常スクリーンと呼ばれる）もA S工法で施工する方が通常小さく設計できる。しかし、最近の日本においては、耐風作業性・工期面・精度面から有利であるプレハブワイヤーストランド工法が採用されやすく、閥門橋をはじめ、中小の吊橋に多くの実績が積みかさねられつつある。また、本四連絡橋で計画されている吊橋においてもそのほとんどが、このPWS工法で計画がなされている。

## 5. ストランドのサグ調整作業

引き出し設備にて引き出し、移設されたストランドは、計画サグ位置より200~300mm上げ越しの状態となっており、これを夜間、ケーブル温度が安定してから所定位置に調整する。ストランドの調整には、基準ストランド

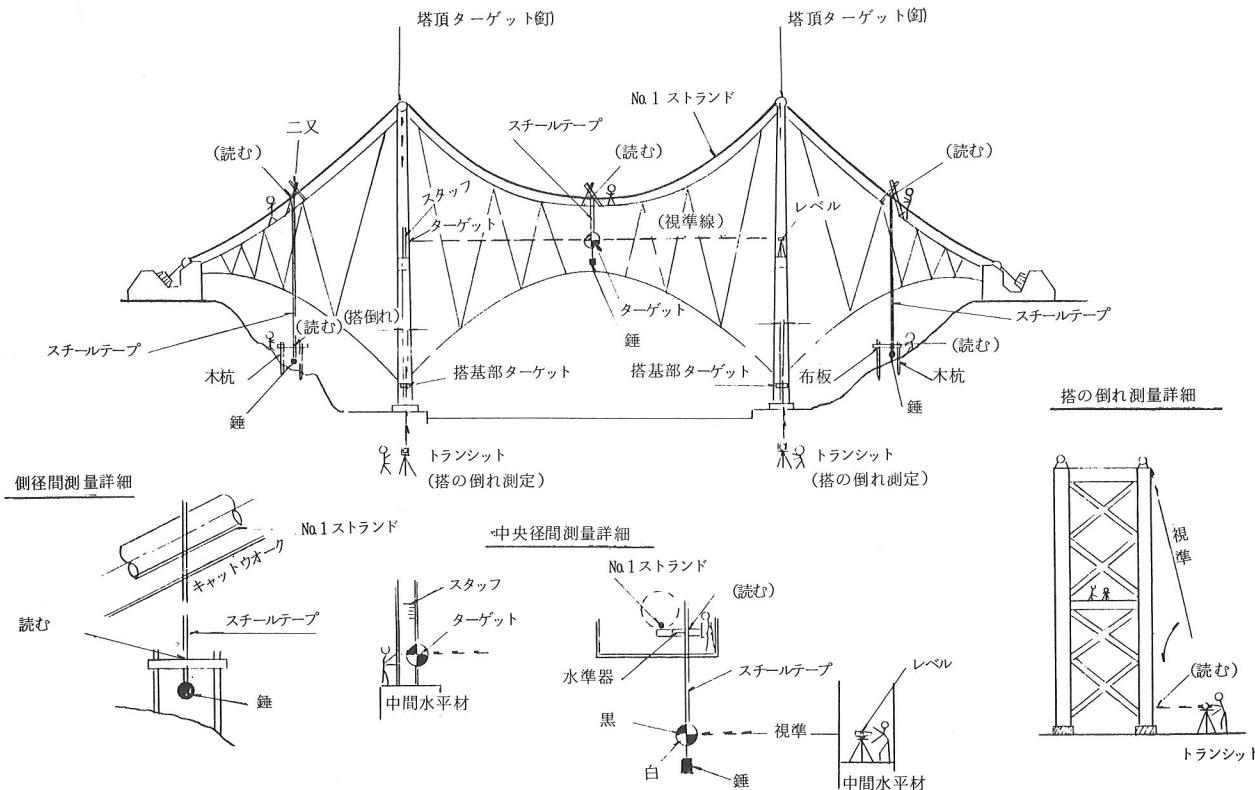


図-18 基準ストランドサグ測量要領

(一般には1番最初に架設されるストランド)の調整と基準ストランド以外の一般ストランドの調整とがあり、この差異は調整するストランドのサグ測定方法にある。以下この測定方法と調整作業手順を述べる。

### 5-1 基準ストランドのサグ測定

一般的に1番最初に架設されるストランド(No.1ストランド)を基準ストランドと言い、この基準ストランドは、今後のサグ調整の基本となるストランドであり、この基準ストランドの調整精度が主ケーブルの架設精度を決定する。したがって、基準ストランドのサグの設定にあたっては、慎重かつ正確な測定が要求される。

このサグ測定要領は図-18に示す通り、主塔中間部にレベル又は望遠鏡を設置し、測定点から吊下げたターゲットを視準し、このときのターゲット視準点とストランド測定点間の距離を読み取り、これからストランド測定点標高(ストランド中央点のサグ高)を算出する。また、側径間等のように下の地形が陸上部の場合には、測定点から垂直にスチールテープを下げ、このテープ目盛りを基準線で読み取り、サグの値を算出する。

なお、サグ測定時にはストランドの標高測定のほか、主塔の倒れ測量、ストランド表面温度測定、左右ストランドの標高比較測定等を行い、サグの調整値に反映させる必要がある。

### 5-2 一般ストランドのサグ測定

基準ストランド以外のストランドのサグ調整は、基準ストランドとの相対サグ差を測定して行う。この相対サグ差の測定には図-19に示す測定器を用いて $\Delta h_1$ ,  $\Delta h_2$ をコンベックスで直接読み取り、これにより相対サグ差 $\Delta f_i$ は

$$\Delta f_i = H - (\Delta h_1 + \Delta h_2 + d_i + D)$$

となる。

また、一般ストランドの架設が進むにつれ、基準ストランドのサグが変動することがあるため、ストランド架設の進捗に併せて段階ごとに(一般ストランド30~40本架設ごと)基準ストランドのサグ測定を実施し、以降の一般ストランドのサグ測定に反映させる。

### 5-3 ストランドのサグ調整

屋間の引き出しにおいて、所定位置より上越しとなって架設されているストランドは、夜間ストランド温度が

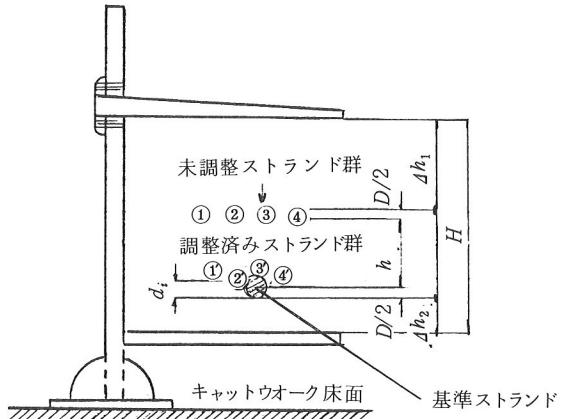


図-19 相対サグ測定要領

安定してから所定位置への調整を次の順序にて行う。

- (1) 片側塔頂サドル中心とストランドのマーキングを合わせて固定する。
- (2) 中央径間のサグを調整。
- (3) 対岸塔頂サドル上を固定する。
- (4) 両側の側径間サグを調整。
- (5) 両側スプレーサドル部を固定する。
- (6) アンカースパン部のサグを調整。

以上の作業を図で示すと図-20の通りである。

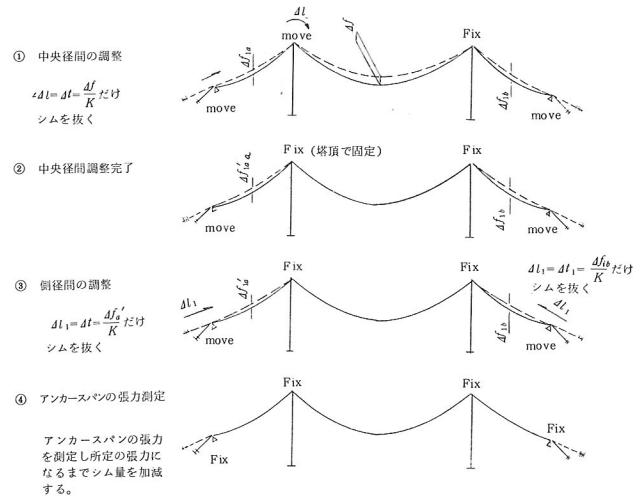


図-20 サグ調整順序

調整するサグ量 $\Delta f_i$ とこのための送り込み量 $\Delta l_i$ の関係は、 $\Delta l_i = 1/K \times \Delta f_i$ であり(この時の定数Kは通常、中央径間で2~3、側径間で8~10程度となる)この $\Delta f_i$ と $\Delta l_i$ との関係を表にして作成しておき、 $\Delta f_i$ 測定後、関係サドル部にて $\Delta l_i$ 分だけの送り込みを行う。

調整方法は、中央径間の場合では、可動側の塔頂において測定点の指示値  $\Delta l_i$  だけレバーブロック等にて中央へ送り込む、この際サドル部では、木製カケヤ等にて調整ストランドを叩き、調整ストランドと既設ストランドとの摩擦を切り、送り込みを容易にしてやる。送り込み量はサドル内のストランドマーキングで確認し、所定量送り込んだ時点で再度サグ測定を行い、これの繰り返しにて所定のサグ精度とする。

また、アンカースパンでは、サグ量が小さく測定が困難なため、ストランドの張力にてサグ管理を行う。すなわち、調整するストランドのソケットを油圧ジャッキで引張り、そのときのソケットの移動量をダイヤルゲージにて読み取り、この移動量の変曲点をストランド張力として管理する。

## 6. ケーブルスクリジング

すべてのストランドの架設が完了すると、このストランド群を空隙率20%前後の円形断面のケーブルにまとめあげるためのプレスを行う。この作業をケーブルスクリジングと言い、一般的には、だいたい円形にしてスクリジングマシーンのセットが可能な状態とするプレスクリジングと、完全な円形でコンパクトな状態にする本スクリジングとの2段階の作業を行う。

### 6-1 プレススクリジング

サグ調整後においても屋間のストランド群は、日照の影響でストランドのはらみ出しやうねり等が生じている。また、中央部におけるストランド群は横長の橢円形状となっている。このためスクリジングマシーンによる本スクリジングに先だって、夜間にプレススクリジングを行う。

この作業は、夜間ストランドの温度が安定したときまず、くし型金物（ケーブルフォーマー）を用いて髪をよく要領でストランド群をすき、ついで、表面をカケヤでたたきながら細いワイヤーロープおよび軟鋼帶板でほぼ円形となるように締め付けを行う。

### 6-2 本スクリジング

プレススクリジング完了後、スクリジングマシーンを使用してケーブルを円形かつ、コンパクトに締め付ける。

スクリジングは図-21に示すような順序にて、通常1m程度の間隔で行い、スクリズ形状を保つため仮バンドにて留める。

本スクリジング時の目標ケーブル径は、通常空隙率を20%程度に設定してケーブル径を決めて締め付けを行い、スクリジング完了後ケーブルバンド取り付け点のケーブル径、およびケーブル周長を実測してこれらの結果から実施空隙率の確認を行う。

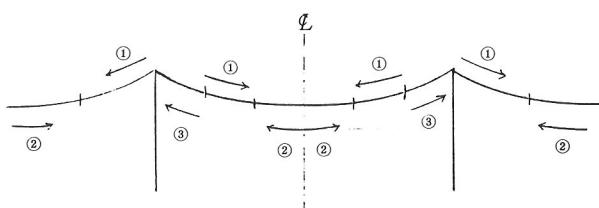


図-21 スクリジング作業順序

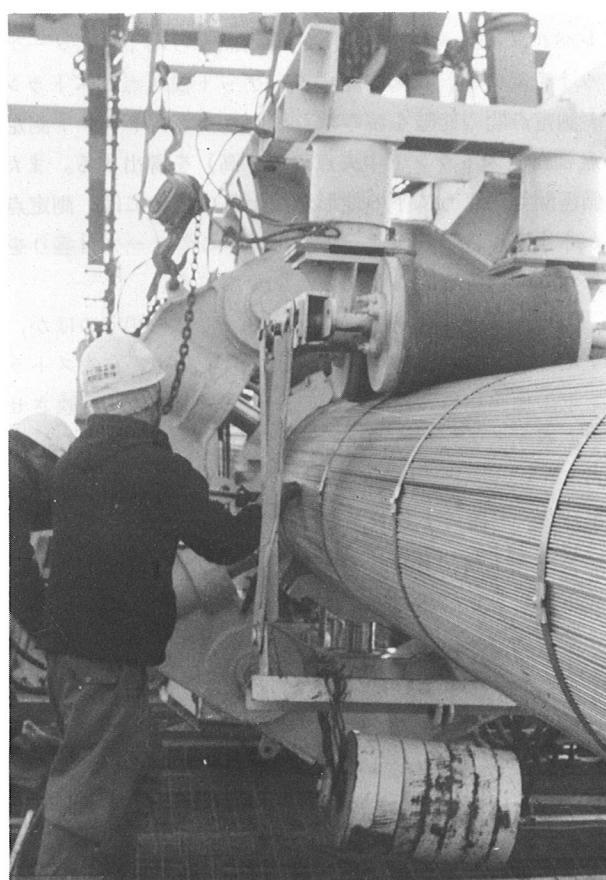


写真-5 主ケーブルの本スクリジング（関門橋現場）

## 7. 主ケーブル架設後のケーブル工事

主ケーブル架設関連工事として、主ケーブル架設以後の主な作業には、

- (1) ケーブルバンド架設
- (2) ハンガーロープ架設
- (3) ケーブルラッピング作業

等があり、以下これらの作業方法について述べる。

### 7-1 ケーブルバンド架設

ケーブルスクリイジングが完了し、最終サグ測量の終了後、ケーブルバンド架設のための位置測定、マーキングを行い、ケーブルバンドの取付けを行う。

ケーブルバンド取付け位置は、主ケーブル架設完了時のサグ測量データーをもとに、吊橋完成形状のハンガーロープが鉛直になり、かつ補剛桁が所定の縦断曲線となるようにバンド位置を計算し、これをガイドストランドにマーキングする。このガイドストランドを架設された主ケーブルに平行に沿わせて設置し、夜間、主ケーブルとガイドストランドの温度差がなくなつてから、このガイドストランドのマーキング位置を主ケーブル上に落とす。また、ケーブルバンドの取付け角度を正確に行うため、主ケーブル天頂に大型ノギスを使用して天頂マークを施す。

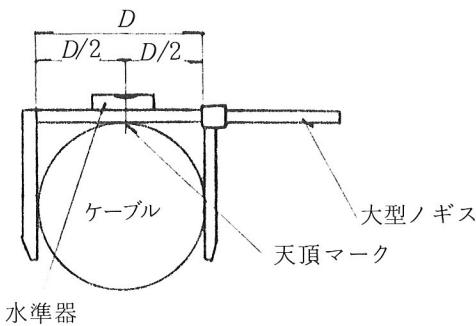


図-22 天頂マーク要領

ケーブルバンドの架設は、図-23に示すようなバンドキャリアを使用して主塔塔頂より取付け位置まで運搬し、主ケーブルセンターから主塔方向へ向って順番に架設を行う。また、ケーブルバンドは架設後ただちにボルトテンショナーを使用し、所定軸力による一次締め付けを行う。

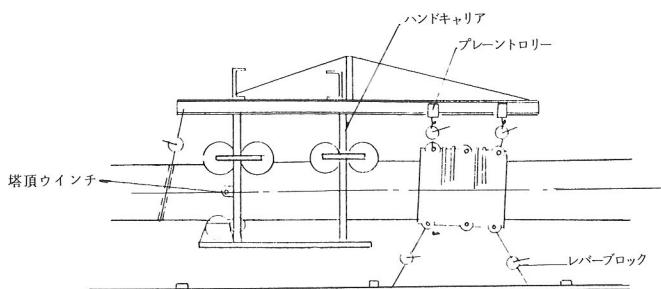


図-23 ケーブルバンドの架設要領

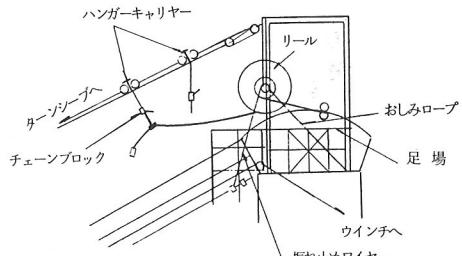
### 7-2 ハンガーロープ架設

ハンガーロープは通常、製作長さにより荷姿を次のように分けて現場に搬入される。

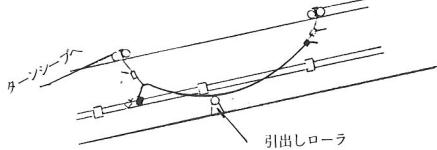
- (1) 鋼製リール巻き（ロープ長 100 m以上）
- (2) 木製井桁巻き（ロープ長 20 m~100 m）
- (3) コイル巻き（ロープ長 20 m以下）

ハンガーロープの架設はすべて、塔頂からケーブル中央へ、トラムウェイエサポートロープに取付けたハンガーキャリアで取付け位置まで運搬し、取付け位置のキャットウォーク床面に開孔部を設け、この開孔部からハンガーロープを吊り落として架設する。また、この時のキャットウォーク状態は、ハンガーロープ架設に支障するストームロープは取り払われ、主ケーブルに吊り替えられた状態となっている。

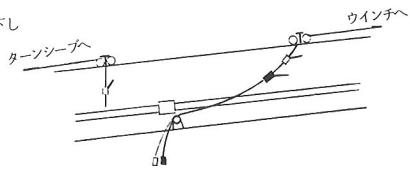
①先端ソケットのキャリヤー取付け  
リールの据付け



②ハンガーロープの運搬



③ハンガーロープの下し



④ハンガーロープの落し込み

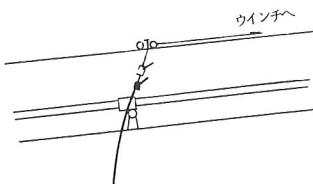


図-24 ハンガーロープ架設要領

### 7-3 ケーブルラッピング作業

主ケーブルの長期防錆をはかるため、ケーブル全体をラッピングする。この方法として従来施工されてきたものに、ワイヤーラッピングと樹脂ラッピングがある。

#### 7-3-1 ワイヤーラッピング

ワイヤーラッピングは、円形に締め付けられた主ケーブル周囲に所定の張力を導入した亜鉛メッキ鋼線を密に巻き、この鋼線で主ケーブルを完全に包む方法である。

主ケーブル上にラッピングマシンをセットし、ラッピングワイヤー尻手をケーブルバンドに仮固定して巻付けを開始する。3~4回巻いた時点で隣り合うワイヤーどうしをテルミット溶接で接合し、仮固定ワイヤーを切断し、再度マシンを駆動させ巻かれたワイヤーをバンド内に押込み、以下順次マシンを回転させながらラッピングを行う。

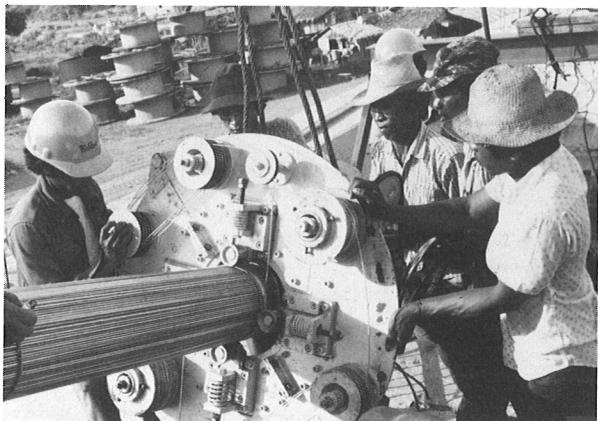


写真-6 主ケーブルのワイヤーラッピング（マガビット吊橋現場）

#### 7-3-2 樹脂ラッピング

樹脂ラッピングは、樹脂カバーにて主ケーブルを覆い、長期防錆をはかる方法である。

この方法には、使用材料・施工法から色いろな種類があり、代表的な方法の施工手順の一例を挙げると次の通りである。

- (1) ケーブル表面を清浄し、ポリエステル系被膜を巻く。
- (2) 樹脂をハケで塗布し、ガラス繊維マットをはり付け、その上からもう1度樹脂を塗布する。
- (3) 再度樹脂を塗布しながらガラスクロスを巻き付ける。
- (4) 最後に仕上げ用樹脂を塗布し硬化させる。

なお、主ケーブルラッピング完了後、ケーブルバンドのすき間にコーティング材を充填するとともに、主ケーブ

ル上の塗装を行い防水効果を高める。

### あとがき

以上、吊橋の主ケーブル架設工法について過去の長大吊橋の施工実績をもとに紹介してきましたが、本文内容の通り、吊橋主ケーブルの架設とは、我々橋梁技術者にとってあまりなじみの少ない特殊作業の多い分野であります。

特に、これから本四連絡橋の吊橋において多く実施される事となるPWS工法については、過去の施工実績も少なく、その施工方法については、施工性・安全性・経済性の面からまだ多くの研究開発すべき課題が有り、現在、各方面で新しい施工法の研究、開発がなされています。しかし、現在研究が進められている新しい施工法においてもその基礎となっているのは、今まで施工してきた関門橋等の施工方法の実績です。このことから、今回の本文内容では、現在研究されている新しい施工法の紹介より、今までに施工実績のある工法に焦点を合わせて紹介してきました。

ここ1~2年内には、本四連絡橋の因島大橋・大鳴門大橋の主ケーブル工事の施工が実施され、さらにそのあとには、超大形吊橋である南北備讃瀬戸大橋・明石大橋の施工が控えております。我々としても、今ここでもう1度今まで実施してきた施工方法を見直すとともに新しい工法についての勉強をさらに進めて行かなければならぬものと思っております。