

大鳴門橋ケーブルアンカーフレーム 据付工事報告

Construction Report of Installing Cable Anchor Frame
for Ohnaruto Bridge

吉田 慶治 *
Shigeharu YOSHIDA
志内 正明 **
Masaaki, SHIUCHI

まえがき

大鳴門橋は、本州四国連絡橋の A ルート（神戸～鳴門ルート）の淡路島門崎と鳴門市大毛島間の鳴門海峡を渡る中央径間 876 m の道路鉄道併用橋であり、完成の時には、現在日本一長い関門橋を 164 m、現在ケーブル施工中の因島大橋をも 106 m 凌ぎ、南北備讃瀬戸大橋の完成まで東洋一の吊橋となる。

この大鳴門橋の全重量を担うメインケーブルをアンカレッジに固定するのが今回施工したアンカーフレームである。このアンカーフレームは 1 主ケーブル当たり 25,000 ton の張力を支え、その部材数は約 1,500 ピース、鋼重は 1,760 ton にもなる。また、ケーブルアンカーフレームは主ケーブルの最終長さを決定する要素となる重要な構造物であるため、その据付けには高度な精度と緻密な品質管理が要求される。

大鳴門橋のケーブルアンカーフレーム架設においての据付け許容誤差は、ケーブルストランド碇着点座標の X, Y, Z の 3 方向とも 15 mm 以下と規定されていた。

この据付け工事にあたっての施工概要と、精度管理方法について、以下に報告する。



写真-1 アンカーフレーム全景

1. 工事諸元

発注先	西松、青木、東洋共同企業体
工事場所	徳島県鳴門市鳴門町
施工位置	大鳴門橋 5 A アンカレッジ
工事数量	鋼重：約 1,760 ton (2 基分)
	部材数：約 1,500 ピース (2 基分)
	H.T ボルト：約 7 万本 (2 基分)
工事範囲	水切り、架設、H.T ボルト締付け、塗装 引張材添接部の防護

2. 作業概要

アンカーフレームの据付け作業は図-4 の作業フローチャートに示す通り、各段階の架設ごとに調整を行い、据付け精度を確認後 H.T ボルトの締付けを行い、次の段階の架設に移る。また、全部材の架設完了後に、全体の最終形状測定を行い精度を確認してから引張材添接部防護を施し、据付け作業を完了する。

架設ヤードは別図の如く 2 辺を斜面に囲まれており、山側の側面は完全に使用不可能であり、後面も又一部を除いて使用不可能である。又アンカレッジ前面はスプレー一台のコンクリート打設作業を併行して行なうためアンカーフレーム据付け用としては海側の側面およびアンカレッジ後面の一部を使用した。

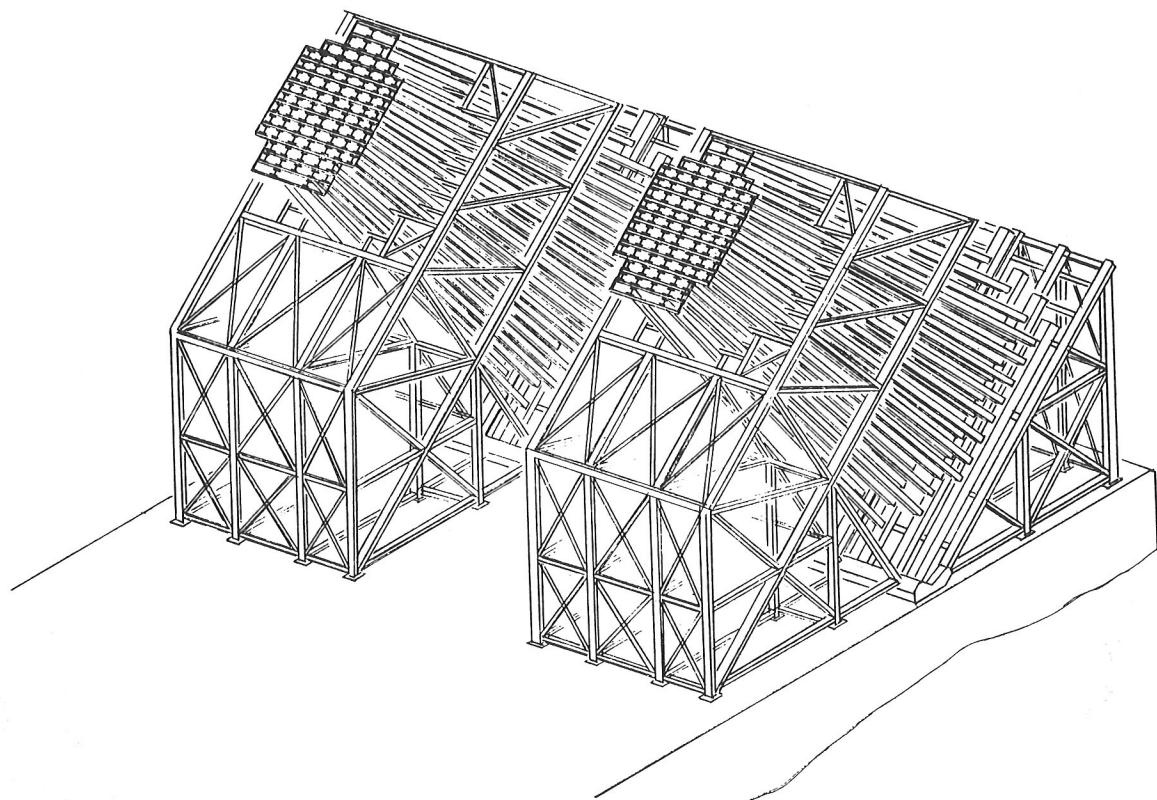


図-1 アンカーフレーム全体見取り図

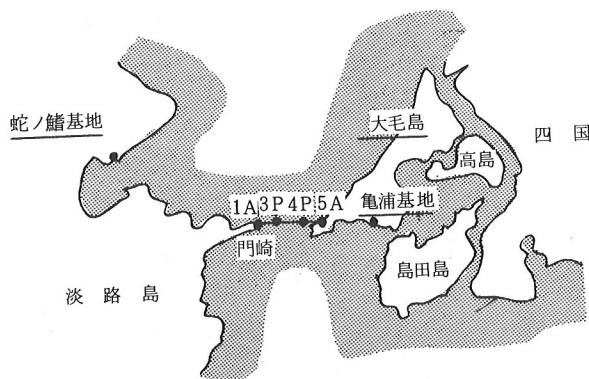


図-2 現場位置図

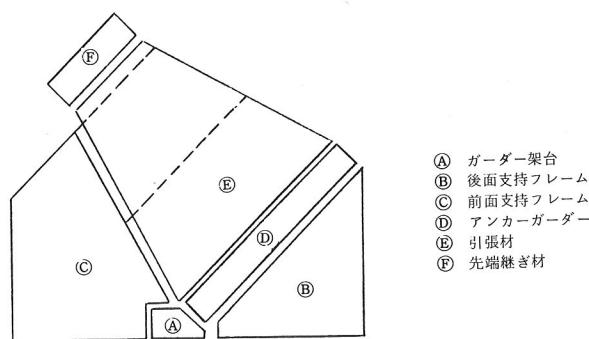


図-3 構造部の各名称

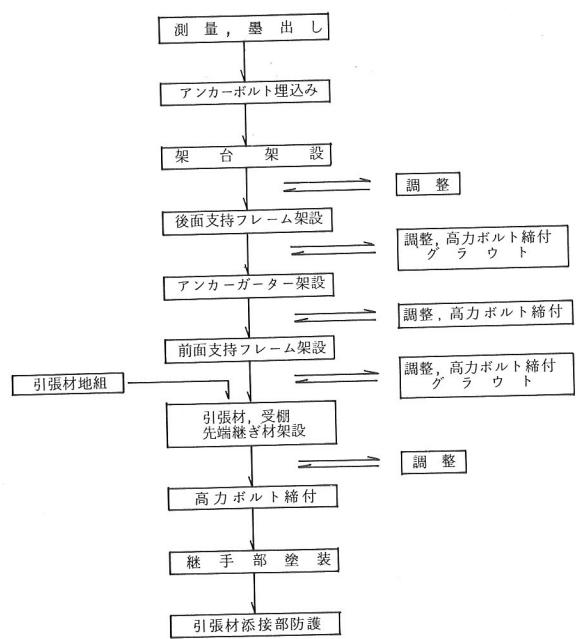


図-4 作業フローチャート

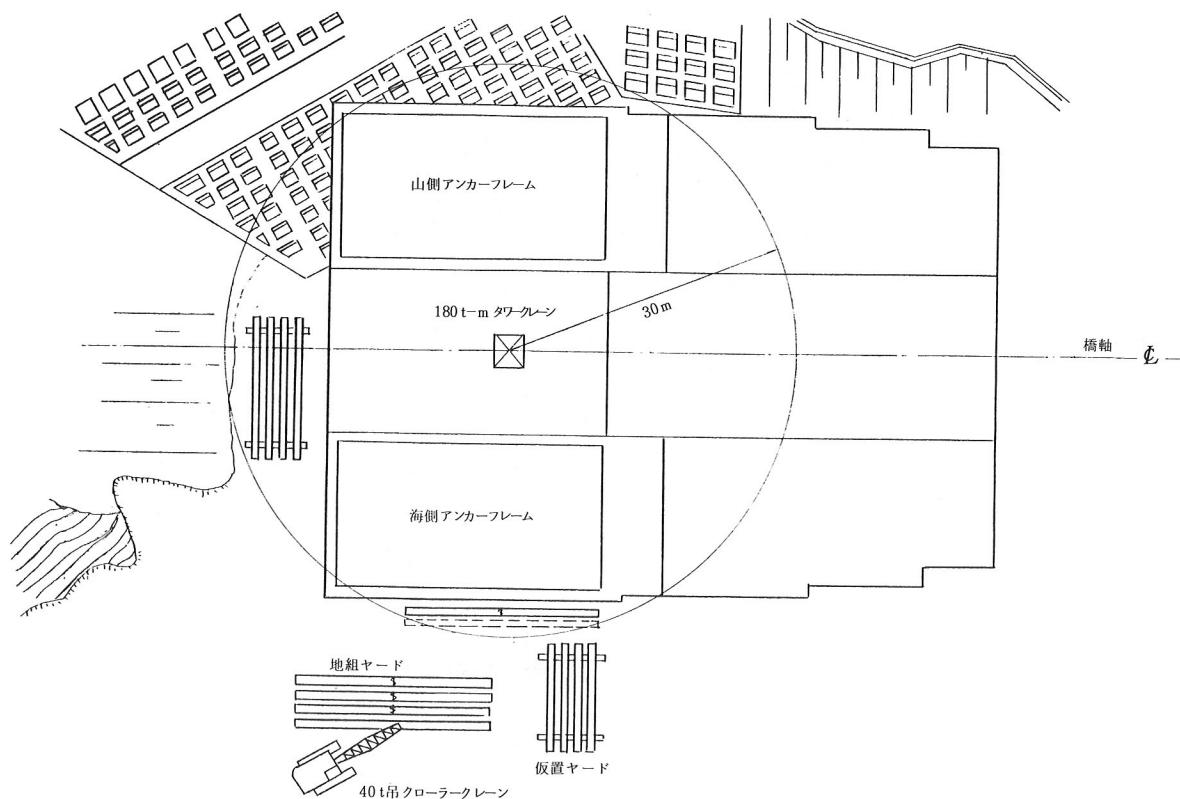


図-5 架設ヤード全体図

表-1 据付工事工程表

工種	所要月数	月別施工スケジュール						
		1	2	3	4	5	6	7
山側 フレーム 準備	準備							
	架台、後面フレーム架設、HT							
	ガーダー架設、HT							
	前面フレーム架設、HT							
	引張材地組架設							
	塗装							
海側 フレーム 準備	準備							
	架台、後面フレーム架設、HT							
	ガーダー架設、HT							
	前面フレーム架設、HT							
	引張材地組架設							
	塗装							
足場解体								



写真-2 部材水切場にバージで搬入されたフレーム部材

3. 部材の水切り、小運搬工

3-1 水切り作業

全ての架設部材は、1,200 ton 積デッキバージにて4回に分け、製作工場より亀浦基地まで海上輸送され、亀浦基地に一時ストックされた。

水切り作業は、40 ton 吊りクローラークレーンと25ton 吊りトラッククレーンで行い、1回の水切り作業（約40ton）には2日間要した。また、各架設部材は、現場への搬入が便利なように架設順序に従って選別して仮置きをした。

3-2 小運搬工

アンカレッジ囲りの架設現場付近は、部材仮置き用地が狭く、現場内には約2日間分の部材しか仮置きができないため、亀浦基地より架設工程に合わせて部材を計画的に現場搬入した。亀浦基地より現場までの輸送サイクルタイムは約2時間であり（積込～運搬～取卸し～回送）、11ton 積トラックとポールトレーラーを使用してこの輸送にあたった。

4. 架設

アンカーフレームは多数の部材によって構成されており、部材個々の取り付け精度が全体形及び引張材先端位置の精度に影響を与える。したがって、部材の架設は各段階毎に精度の確認測定及び調整を行い、精度確認後ただちに高力ボルトでの締付けを行って据付け精度の確保につとめた。

また、部材架設に使用した主機材であるタワークレーンは、アンカレッジ施工用クレーン（最大吊能力6ton、最大作業半径30m）を共同企業体より貸与された。

4-1 架設準備作業

部材の架設に先だって、支持フレーム固定用アンカーボルト位置の測量及び墨出し、アンカーボルトの設置を行う。墨出しは、支持フレーム据付け位置、計測用補助線及びアンカーボルト孔位置をコンクリート面にマークを行った。アンカーボルト孔位置マーク後コアーカッターにより孔明けを行い、マーキング位置にアンカーボルトをセットした。このときアンカーボルト位置を固定するためテンプレートを用いて、アンカーボルトの位置と高さを保った状態で無収縮モルタルの充填を行った。

4-2 ガーダー架台の架設

ガーダー架台は、アンカーフレームの中心に位置し、アンカーガーダーを搭載するとともに、前面フレーム・後面フレーム分岐点となる重要な構造物である。また、最初の架設部材であるためこのガーダー架台の据付け精度が今後架設されるアンカーガーダー・支持フレームの架設精度をも決定する。したがって、このガーダー架台は特に慎重な計測により据付け位置と高さを確認しながら架設を行なった。

4-3 後面支持フレームの架設

後面支持フレームは全て単材にて、柱部→水平材→斜材、の順に架設を行い、図-6に示す実線の部分を最初に組み立て、据付け高さと鉛直度の計測・調整のうち、点線部分の組み立てを行った。すべての後面支持フレーム部材架設後再度据付け高さと鉛直度の計測・調整を行い精度確認の後、高力ボルトの締付け、ベースプレート下面の無収縮モルタルの充填を行い、後面支持フレームを固定させた。

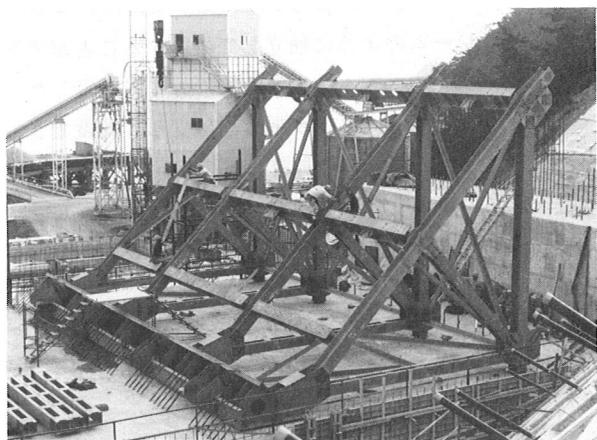
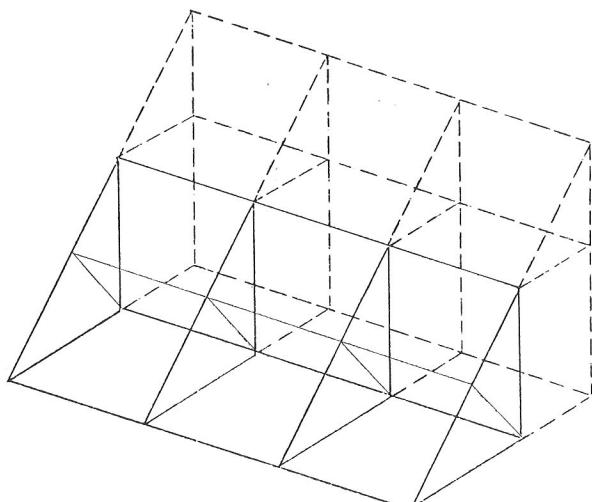


写真-3 後面支持フレームの架設



組立て順序

- (1) 実線部の組立て（柱部→水平材→斜材→継ぎ材）
- (2) " " 測定、調整
- (3) 点線部の組立て（柱部→水平材→斜材→継ぎ材）
- (4) " " 測定、調整

図-6 後面支持フレームの架設順序図

4-4 アンカーガーダーの架設

後面支持フレームの無収縮モルタル硬化後アンカーガーダーの架設を行った。アンカーガーダーは後面支持フレームにより支持されるが、鋼重が重いため後面支持フレームが変形しないよう、中央より左右対称に1部材ずつ架設していった。全部材架設完了後に据付け精度を確認し、継手部の高力ボルトを締付けた。

4-5 前面支持フレームの架設

前面支持フレームは引張材の前面側の支持点となるが、後面支持フレームのように独立して架設することができないため、別図に示すように5段階に分けて架設した。

図中で①、②ブロックは引張材と独立して架設できるため、後面支持フレームと同様に部材の組立て調整を行った後、高力ボルトの締付けを行いベースプレート下面に無収縮モルタルを充填し固定した。

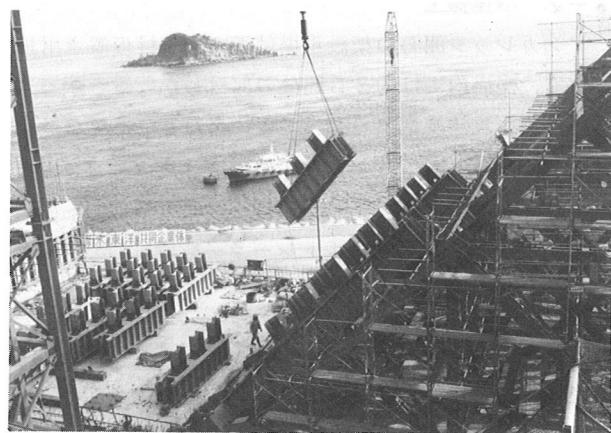


写真-4 アンカーガーダーの架設

また③、④、⑤ブロックは引張材を支持する受柵が取り付く部分であるため、各ブロック毎に引張材を架設しながら架設して行った。

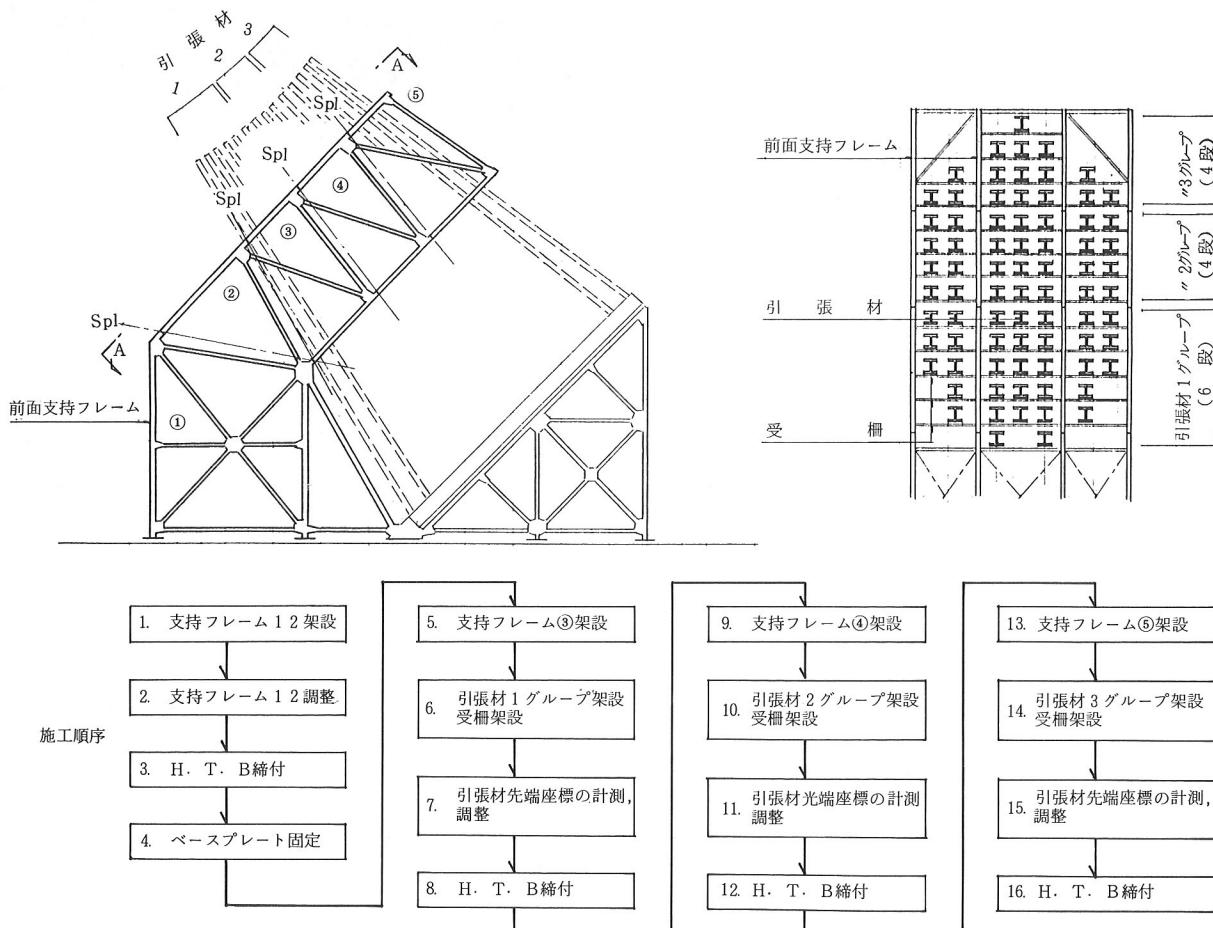


図-7 前面支持フレームおよび引張材の施工手順

4-6 引張材の地組、架設

引張材は1本で約25mあり、現場へは2分割もので搬入した。引張材の重量は1部材3t、1本に添接しても6tでありタワークレーンの吊上能力内であるため、架設工期の短縮と組立精度の確保を考慮し、引張材は地上で地組し1本物にして架設した。従って現地に搬入した部材は架設に先行して別パートで地組を行い、直線性とレベルを調整した後ジョイント部の高力ボルトを締付けた。

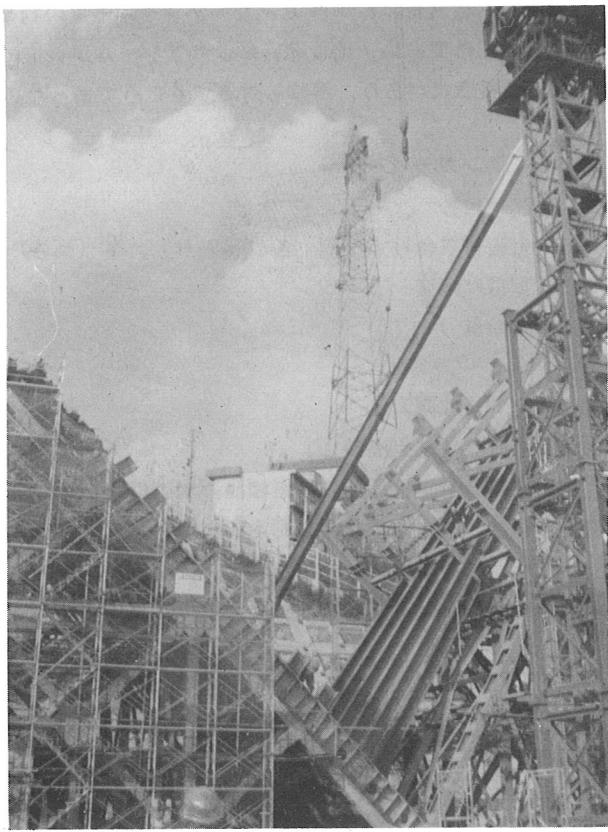


写真-5 引張材の架設

引張材は1基当たり14段あるが前面支持フレームの添接位置により下から6段、4段、4段と3グループに分けて架設した。各グループの架設が終了する毎に引張材先端座標の計測と調整を行い、架設精度が規定内に収まっていることを確認した後、上段の前面支持フレームを取付け次のグループの架設へと進んだ(図-7参照)。

4-6-1 引張材地組要領

引張材は前述の如く組立精度を上げるために、レベルと軸線の通りをチェックしながら地組を行った。地組における測量および調整方法は以下のとおりである。

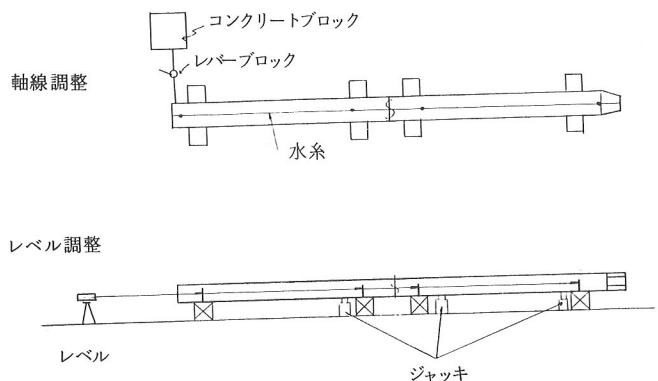


図-8 引張材地組要領図

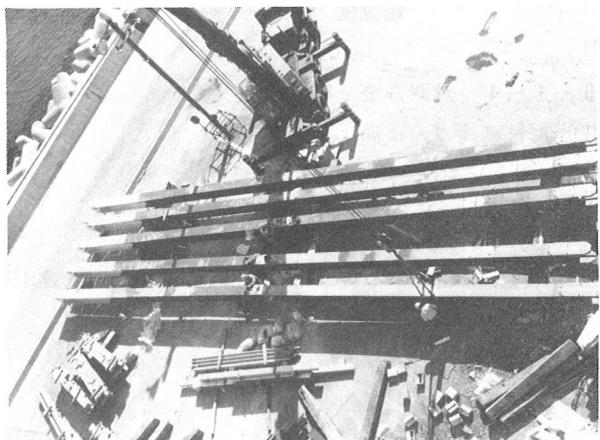


写真-6 引張材の地組

1) レベルの調整

図-8の如く引張材1本当り4基の架台で仮受し、各架台位置の高さをレベルにて視準し、ジャッキにて調整した。

2) 軸線の調整

引張材の各部材毎に2点ずつ軸線位置にマーキングを行う。各部材を1本物に組立後、引張材両端の軸線間に水糸を張り中間2点のマーキングと水糸とのズレを測定することにより軸線の通りをチェックした。

レベルと軸線の調整後、高力ボルト締付けを行なった。

5. 高力ボルトの締付け管理

高力ボルトの締付けは原則的にはナットランナーを使用し、締付け力の管理はトルクレコーダーによる記録紙にて行った。但し支持フレームの添接部には締付け機の使用できない部分が数多くあり、このような場所はトルクレンチにて締付け力の管理を行った。

6. 精度管理

精度管理はアンカーフレーム据付け作業のうちで最も重要な作業の1つである。組立精度を確保するため各架設段階毎に精度の確認を行った後HTBの締付けを行い、次の架設段階へ進まなければならぬ。そのため架設工程に悪影響を与えることなく、精度よく管理できる方法で行うことが重要である。以上のこととを念頭に検討した結果、以下のような方法で精度管理を行った。

6-1 支持フレームの管理（前面・後面フレーム）

計測項目 据付け高さ
鉛直度

6-1-1 計測方法

1) 据付け高さの管理

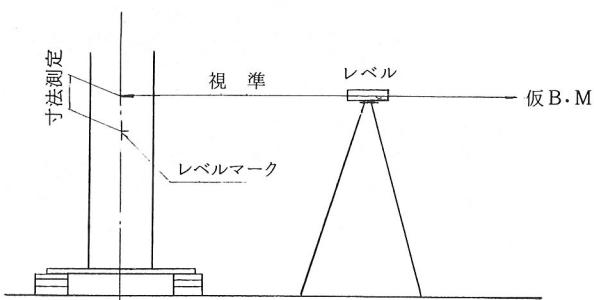


図-9 据付け高さ計測

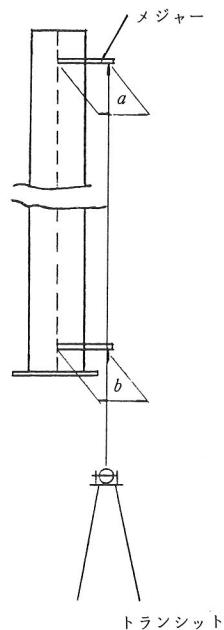


図-10 鉛直度の計測

フレーム支柱には、ベースプレート下面より一定高さのところにマークがしてある。このマークとレベル視準線までの距離を測り据付け高さを求めた。

2) 鉛直度

各支持フレーム支柱の上端と下端にメジャーをはり付け、トランシットにて上下の値を読み取り、読みの差により鉛直度の計測を行った。(図-10)

$$\text{たおれ量} = a - b$$

なお後面支持フレーム鉛直度の計測は、引張材架設途中にも行った。これはアンカーフレーム重量の約半分は引張材で占め、架設進行によりフレームが後方に変形する懼れがあり、追跡し対処するためであった。

6-2 アンカーガーダー

計測項目

引張材取付け点座標 X (出入り), Y (高さ)
据付け角度
回転量

6-2-1 計測方法

1) 引張材取付け点座標

X座標の計測は所定のX座標投影線上にトランシットを据付け視準しづれ量を測定した。

Y座標は引張材取付け点よりテープを下げ、レベルにて値を読み取り高さを求めた。

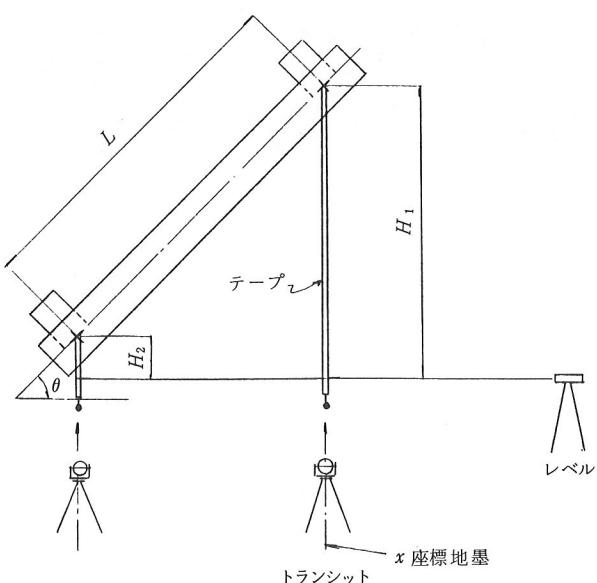


図-11 引張材取付点座標の計測

2) 据付け角度

上記のY座標の計測と同様に上下2点の高さと、斜距離Lを測定し次式にて求めた。

$$\sin\theta = H_1 - H_2 / L$$

3) 回転量

ガーダー上フランジ端部より下げ振りを下げ、下フランジまでの距離を測定し、回転量を求めた。

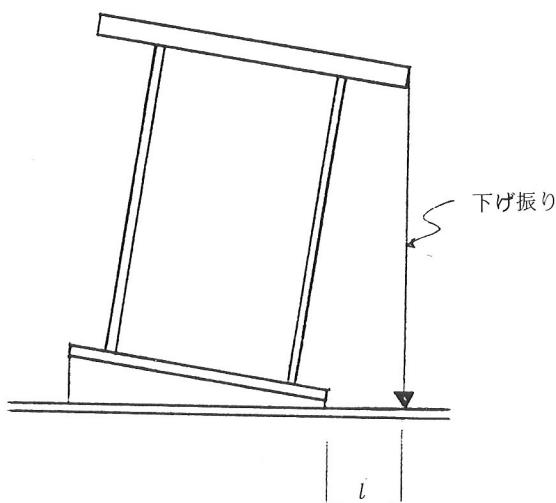


図-12 ガーダーの回転量

6-3 引張材

計測項目

- 先端座標 X (橋軸方向)
- Y (高さ)
- Z (橋軸方向)

6-3-1 全体計画

引張材架設前に、計測に必要な地墨をフレーム側面と前面スプレーコンクリート部に設置しておいた。

前面スプレー部はアンカーフレームの架設と並行してコンクリート打設が行われていたが、引張材架設期間中は打止めにしてもらいY座標とZ座標の計測点とした。

6-3-2 計測要領

1) X座標

フレーム側面所定のX座標位置にトランシットを据付け、引張材計測点を視準し、ずれ量を読み取った。

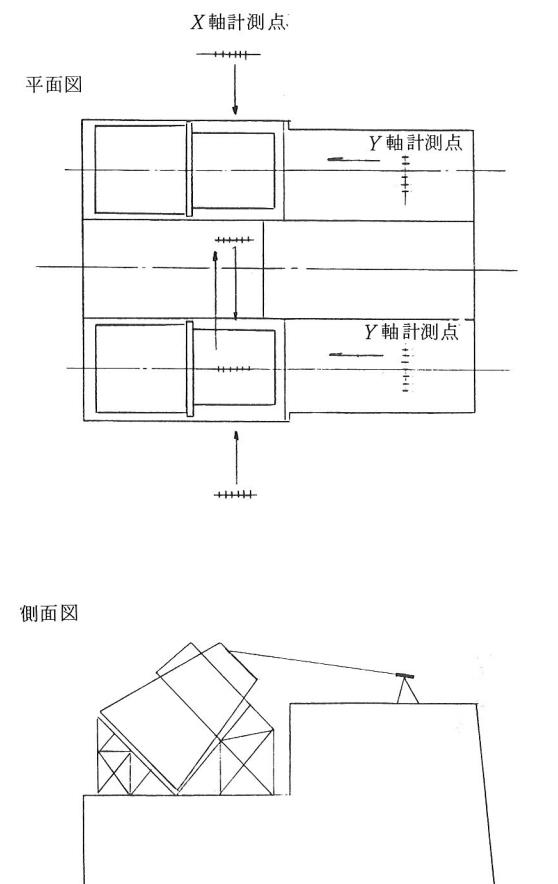


図-13 引張材測量方向図

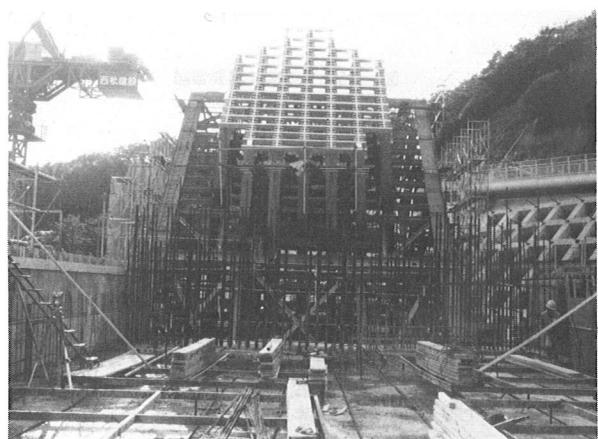


写真-7 前面スプレー部打正面より見たアンカーフレーム

トランシットによる計測は、両外側の列しか視準できないため、内側の引張材は両外側引張材との相対誤差を計測することにより精度管理をした。

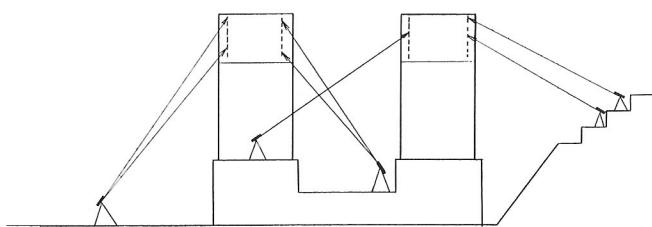


図-14 X座標計測要領図

2) Y座標

前面スプレーコンクリート部にトランシットを据付け、引張材先端の計測点を視準し鉛直角 θ を読み取り次式にて求めた。

$$H = L \times \tan \theta + IH \quad IH = \text{(器械高)}$$

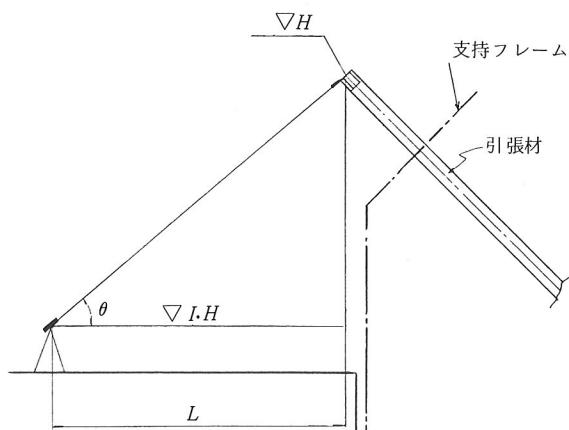


図-15 Y座標計測要領図

3) Z座標

中心列の計測は前面スプレーコンクリート部に墨出ししておいた、所定のZ座標投影線上よりトランシットにて行った。中心列以外の座標点は中心列からの距離をスチールテープで測ることにより求めた。これは中心列以外の引張材は各段毎、僅かずつZ方向に変位しておりトランシット据付け作業の繁雑さと据付け誤差を避けるためであった。

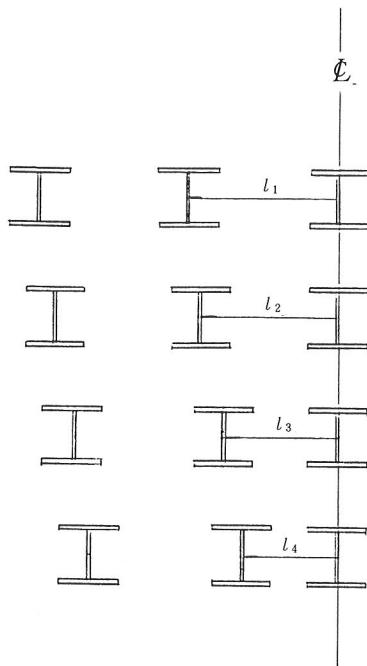


図-16 Z座標計測

7. 引張材添接部の防護

吊橋完成後主ケーブルに荷重が作用することにより、主ケーブルを碇着している引張材には約20mmの伸びが生ずる。このとき添接部には応力が集中し、ボルトがアンカーコンクリートによりセン断破壊したり、添接部回りのコンクリートが破壊される恐れがある。このため添接部とアンカーコンクリートが直接付着しないよう添接部を防護し、コンクリートとの縁切りを行った。

具体的な方法としては予めボルトピッチに合わせて孔明した発泡スチロール板で添接部を覆い、その上にベニヤ板を貼り付けることにより縁切りを行った。

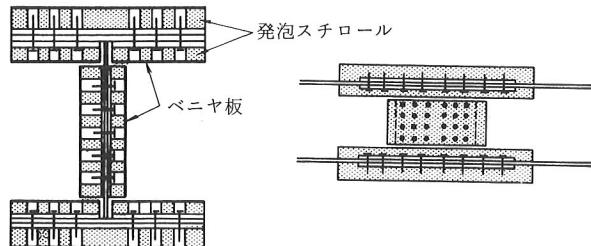


図-17 引張材添接部の防護

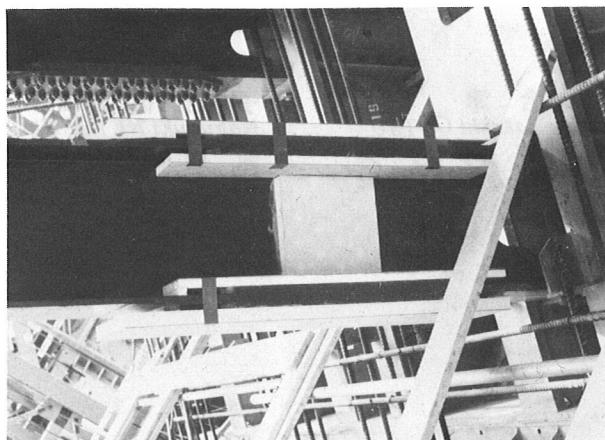


写真-8 引張材添接部の防護

あとがき

大鳴門橋の架橋地点である鳴門海峡周辺は、風光明媚な瀬戸内海国立公園内に位置し、鳴門海峡の複雑な海底地形と速い潮流によって発生する渦潮は「鳴門の渦潮」として全国的に有名であり、春秋の観光シーズンには、おおぜいの観光客でぎわう所である。また、この鳴門海峡は風の強い所として架橋技術者に良く知られている。実際、このアンカーフレーム架設中に、冬場の季節風と重なった強い風が、連日、架設作業を妨げた。特に、地上40m以上の高所作業の多い引張材の架設、足場の架設時においては、毎日が緊張の連続であった。しかし、幸いにも全作業を、無事に、無事故で、工期内に完成することができた。これは作業に従事した全員の安全に対する強い心構えと、発注者である本四連絡橋公団、西松・青木・東洋共同企業体の適切な御指導があったからと考えています。

また、ケーブルアンカーフレーム架設における生命はその据付け精度の確保にあり、本工事においては目標精度を引張材先端で15mm以内においていたが、実際には5~6mm以内という高い精度で据付けを完了することができた。これは引張材の精度のみにとらわれず、後面フレーム、アンカーガーダー等の部材についても入念な精度チェックを行い、妥協せず調整を行った結果であると考えます。

現在、大鳴門橋現場において、淡路側、鳴門側とともに、アンカレッジのコンクリート打設が急ピッチで行われています。また、吊橋の主塔架設工事も着々と進められており、これから主ケーブル、補剛桁の架設と引継がれていき、夢のかけ橋といわれた大鳴門橋も、いよいよ現実

のものとなって、その雄姿を鳴門海峡の渦潮上に現す日も近いでしょう。

最後に、本アンカーフレーム架設工事を無事に完了できましたのは、工事全般について御指導いただいた本四連絡橋公団鳴門工事事務所、西松・青木・東洋共同企業体の皆様のおかげであり、紙上を借りて深く感謝いたします。