

東京港連絡橋（吊橋）

ケーブルアンカーフレームの大ブロック一括架設

吉田 栄司¹⁾ 庄山 修²⁾ 小島 勝義³⁾

東京港連絡橋は、21世紀にむけて、東京全体の均衡ある発展をめざした多心型の都市建設の一環として計画された大型プロジェクトである。ケーブルアンカーフレームは、吊橋上部工工事における最初の大型架設工事となった。

本報告は、先の本工事の設計編（駒井技報 Vol. 9）に続くもので、地組・輸送・架設について報告するものである。

まえがき

本吊橋は、都心と新副都心（13号地）を結ぶ大動脈の首都高速12号線を代表する橋梁である。ケーブルアンカーフレームの架設場所は、東京湾の入口である芝浦埠頭先端に位置し、大型起重機船（2200t吊りFC）を使用する大ブロック一括架設工法で架設した。本工事の特長は、

- ① 地組立場より本体吊り曳航にて現地へ搬入。
- ② 地形上の制約により、本体吊り上げ形状に所定の角度を持たせる。
- ③ 直接所定位置に架設が出来ないため、縦取りおよび横取り作業を行う。

などがあげられる。ここでは、地組立、浜出し、輸送（吊り曳航）、架設までの概要について述べる。

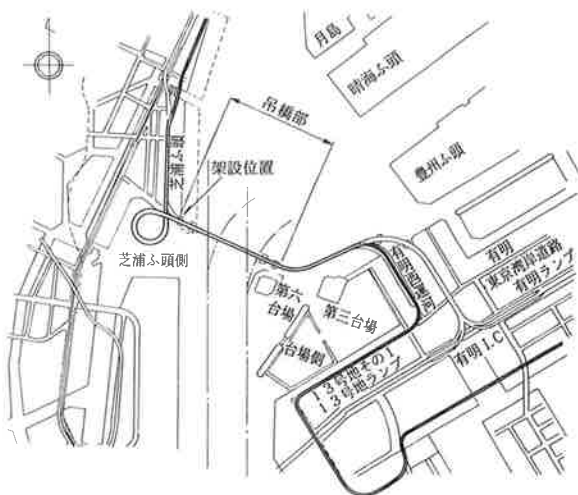


図-1 位置図

1. 地組立

(1) 概要

ケーブルアンカーフレームの地組立は、東京湾内に位置した当社の京葉鉄構センターで行った。各部材は東京工場で作成・塗装を行い、陸上輸送した。組立は支持フレームを3段階に分け、アンカーガーダー、引張材を順次組上げ、調整後、高力ボルトで締付けて完成状態とした（図-2）。

(2) 基礎および架台

地組立場所は、浜出し用FCの能力、地耐力および組立機械の作業などにより制約を受けるため、ヤード内（コンクリート床版： $d = 150\text{mm}$ ）の岸壁に最も近い位置（FCアウトリーチ： $L_{\text{max}} = 63.2\text{m}$ ）に組立てた。完成時の支持フレームの柱（18柱）1本に作用する最大反力は70tonとなるため、既設の床版上に補強コンクリート（ $d = 100\text{mm}$ ）を打設し、天端

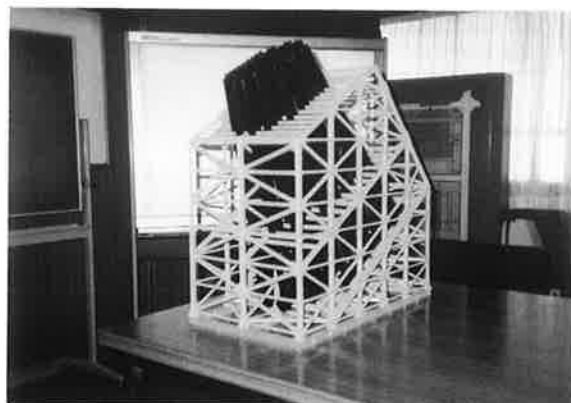


写真-1 試作模型

1) 技術企画室係長 2) 東京工場 橋梁部橋梁課副課長 3) 東京橋梁工事部工事課係長

をレベルに加工したH鋼（300×300×10×15）を
 架台として配置し、ホールインアンカーで固定した
 （写真-2）。

(3) 組立

ケーブルアンカーフレームは、構造上および精度
 確保のため支持フレームは1節、2節、3節、引張材
 は下段、中断、上段に各々分割されており、計測お
 よび調整を各段階ごとに光波測距儀（ELTA3:XYZ3
 次元）とスチールテープにより寸法確認、計測誤差
 の修正を順次繰り返しながら進め、高力ボルトによ
 り締付けた（図-3）。

本体の組立において、特に引張材先端の許容誤差
 ($\alpha = \pm 15 : XYZ$) が厳しく、製作はもちろん組立
 に際しての管理に注意を払った。

(4) 塗装

従来、アンカーフレームなどのコンクリート内に

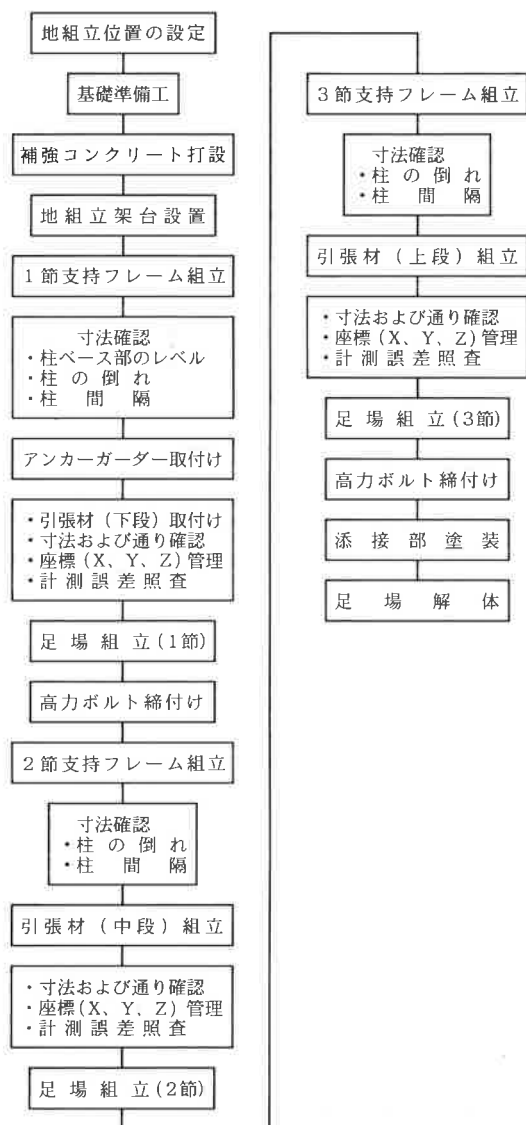


図-2 京葉鉄構センター地組立フロー

埋め込まれる構造物は、防錆の必要がなく、無塗装
 もしくは一次プライマー程度であるが、ケーブルア
 ンカーフレームは、表-2に示す塗装仕様となっている。
 これは引張材が荷重により大きな伸縮を起こす
 ため、コンクリートとの付着を絶ち、クラックなど
 の発生を防ぐためである。

表-1 アンカーフレーム吊上げ重量（1基当り）

本体（支持フレーム、引張材）	582.100t
吊金具（8個）	3.586t
架設用足場（1式）	10.000t
枠組吊天秤（1基）	22.868t
ワイヤー、吊具等（1式）	46.000t
Σ	664.554t



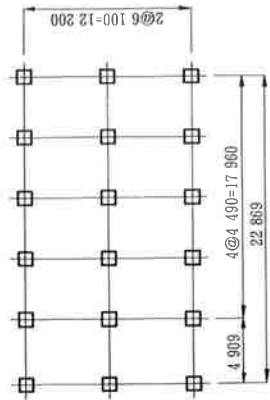
写真-2 地組立架台

表-2 塗装仕様

部位	工程	塗料名	塗方法	標準 使用量 (g/m ²)	標準 膜厚 (μ)	塗装間隔 (20℃)		
Z0 引張材 気中 中部 本体	ミル メーカー	素地調整 プライ マー	1種ケレン 無機ジंकリッチ プライマー	エアレス	200	20	2日～ 6か月	
	工 場	素地調整	2種ケレン					
		第1層	タールエポキシ樹脂塗料	エアレス	330	110	1日～7日	
		第2層	タールエポキシ樹脂塗料	エアレス	330	110	1日～7日	
		第3層	タールエポキシ樹脂塗料	エアレス	330	110	1日～7日	
Z1 引張材 コンク リート 部	ミル メーカー	素地調整 プライ マー	1種ケレン 無機ジंकリッチ プライマー	エアレス	200	20	2日～ 6か月	
Z1 引張材 継手 部	ミル メーカー	素地調整 プライ マー	1種ケレン 無機ジंकリッチ プライマー	エアレス	200	20	2日～ 6か月	
	工 場	素地調整	2種ケレン					
		第1層	タールエポキシ樹脂塗料	エアレス	330	110	1日～7日	
		第2層	タールエポキシ樹脂塗料	エアレス	330	110	1日～7日	
		第3層	タールエポキシ樹脂塗料	エアレス	330	110	1日～7日	
Z2 本体 支持 フレーム	ミル メーカー	素地調整 プライ マー	1種ケレン 無機ジंकリッチ プライマー	エアレス	200	20	2日～ 6か月	
	工 場	素地調整	2種ケレン					
		第1層	厚膜型エポキシ ジंकリッチペイント	エアレス	300	30	1日～7日	
		工 場	素地調整	2種ケレン				
			第1層	厚膜型エポキシ ジंकリッチペイント	ハケ	250	30	
Z3 アン カー ガイ ダ ー 本 体	ミル メーカー	素地調整 プライ マー	1種ケレン 無機ジंकリッチ プライマー	エアレス	200	20		
	工 場	素地調整	1種ケレン					
		第1層	厚膜型エポキシ ジंकリッチペイント	エアレス	700	75		
		工 場	素地調整	2種ケレン				
			第1層	厚膜型エポキシ ジंकリッチペイント	ハケ	300	40	
Z4 アン カー ガイ ダ ー 継 手 部	ミル メーカー	素地調整 プライ マー	1種ケレン 無機ジंकリッチ プライマー	エアレス	200	20		
	工 場	素地調整	2種ケレン					
Z4 アン カー ガイ ダ ー 継 手 部	工 場	第1層	厚膜型エポキシ ジंकリッチペイント	ハケ	300	40		
	工 場	第2層	厚膜型エポキシ ジंकリッチペイント	ハケ	260	35		

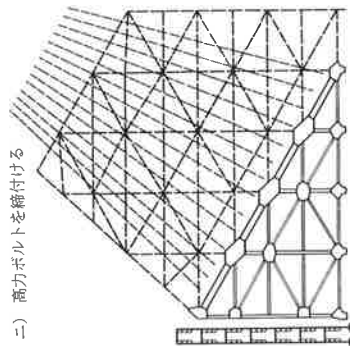
STEP-1 組立架台設置

- イ) 地組立場の床面レベル調整する
- ロ) 地組立基準線を設置する
- ハ) 地組立架台を設置する



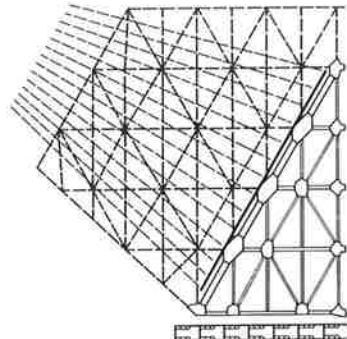
STEP-2 下段支持フレーム組立

- イ) 支持フレームの組立をする
- ロ) 足場を設置する
- ハ) 調整をする
- ニ) 高力ボルトを締付ける



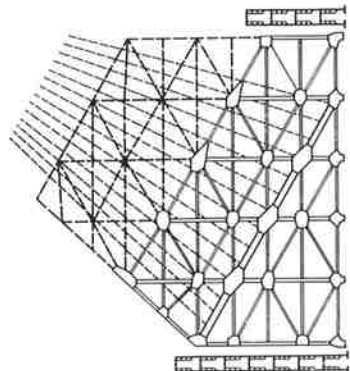
STEP-3 アンカーガーダー組立

- イ) アンカーガーダーの組立をする
- ロ) 調整をする



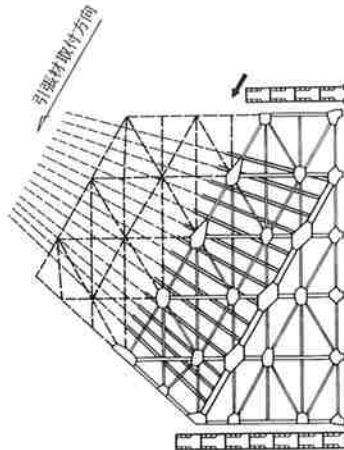
STEP-4 中段支持フレーム組立

- イ) 支持フレームの組立をする
- ロ) 足場を設置する
- ハ) 調整をする



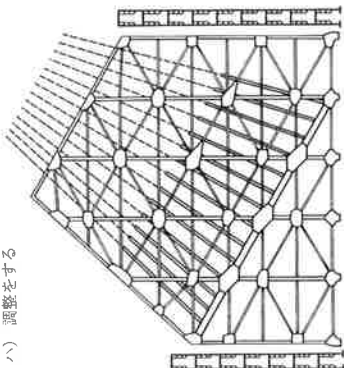
STEP-5 下段受棚・引張材組立

- イ) 下方より受棚・引張材の順番に組立をする
- ロ) 調整をする



STEP-6 上段支持フレーム組立

- イ) 支持フレームの組立をする
- ロ) 足場を設置する
- ハ) 調整をする



STEP-7 上段受棚・引張材組立

- イ) 下方より受棚・引張材の順番に組立をする
- ロ) 調整をする

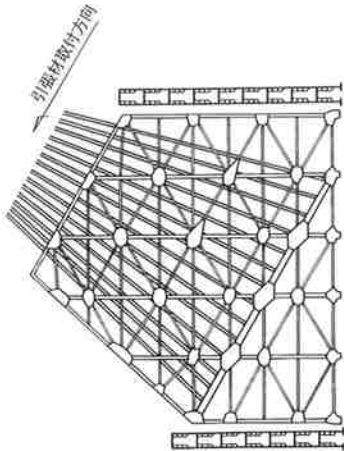


図-3 地組立段階図

2. 浜出しおよび輸送

(1) 概要

京葉鉄構センターにおいて地組立されたケーブルアンカーフレーム2基は、2200t吊りFCにより順次浜出しした。また、輸送は吊り曳航にて行い、架設地点である芝浦埠頭へ向け出航した(図-4)。

(2) 浜出しおよび吊り曳航準備

ケーブルアンカーフレーム2基は、工程の関係で連続して架設するため、FCへのワイヤーリング、吊り天秤および吊り金具装着作業を事前に袖ヶ浦で行い、浜出し場所、架設場所での時間短縮を図った。

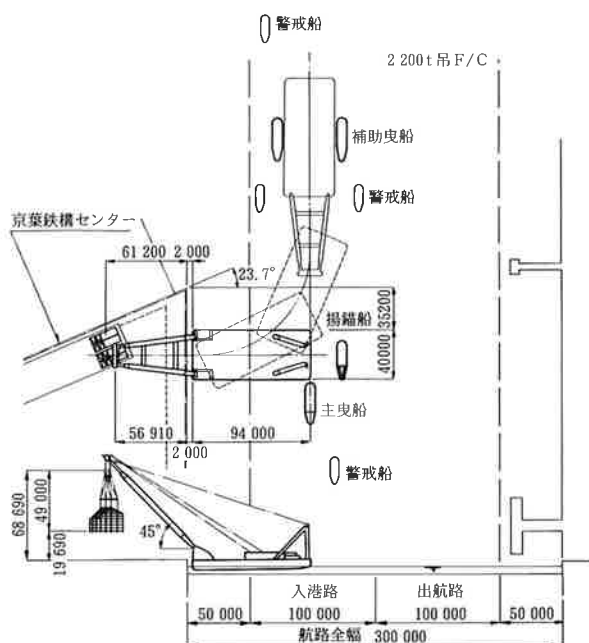


図-4 浜出し要領

(3) 浜出し

1基目の浜出し時に、FCの市川航路運河への入船が強風のため少々遅れたものの、吊り金具の取付作業は順調に進んだ。地切りの際にワイヤー長さ、本体の重心位置および設置角度の誤差による移動(推定値:縦および横方向=約150mm、回転=約3°)を制御するため、控索(φ8×2)を四隅に設けた。

地切りはFCへの吊り上げ荷重を10%、20%、…、90%、100%と順次移行させた。吊り上げ時の移動量は縦および横方向が約300mm、回転が約1.5°であり、計算値以内にはほぼおさまった(写真-3)。

(4) 輸送(吊り曳航)

東京港の入口付近では、羽田沖通過時に航空管制(高さ制限 H = 58.5m 以上のものは、制限時間

23:00~6:00の間のみ通行可)の領域にかかるため、出航は深夜となった(図-5)。

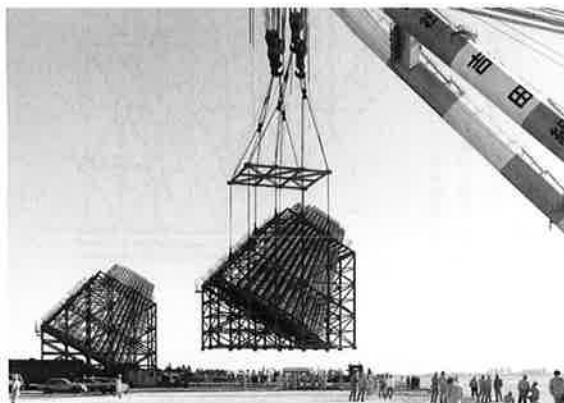


写真-3 浜出し



写真-4 吊り曳航

5月1日	袖ヶ浦 10.5 ^{時間} 3.0 ^{時間}	船橋航路IN 2.5 ^{時間} 0.7 ^{時間}	市川航路IN 3.5 ^{時間} 1.0 ^{時間}	京葉鉄構C
5月2日	京葉鉄構C 12.8 ^{時間} 3.7 ^{時間}	東京灯標 1.0 ^{時間} 0.3 ^{時間}	東京西航路IN 6.0 ^{時間} 2.0 ^{時間}	現場
5月3日	現場 6.0 ^{時間} 2.0 ^{時間}	東京西航路IN 1.0 ^{時間} 0.3 ^{時間}	東京灯標 12.8 ^{時間} 3.7 ^{時間}	京葉鉄構C
5月4日	京葉鉄構C 12.8 ^{時間} 3.7 ^{時間}	東京灯標 1.0 ^{時間} 0.3 ^{時間}	東京西航路IN 6.0 ^{時間} 2.0 ^{時間}	現場
5月5日	現場 6.0 ^{時間} 2.0 ^{時間}	東京西航路IN 1.0 ^{時間} 0.3 ^{時間}	東京灯標 10.5 ^{時間} 3.0 ^{時間}	袖ヶ浦

図-5 作業スケジュール

3. 架 設

(1) 概 要

一般に、ケーブルアンカーフレームは現地にて単材組立されている。しかし、本工事では、下部工の進捗状況および吊橋全体の工程短縮などを考慮して、吊り曳航による大ブロック一括架設工法を採用した。

架設地点は芝浦埠頭の先端に位置し、水深および他工事区域よりFCの進入角が制限された。設置位置までの作業距離が100m以上あり、日本最大級のFC(4100t吊り)でも、直接所定位置への架設が不可能であった。そのため、下部工頂版(厚さ1.2m)上に軌条桁、ジャッキ受け、ガイドなどの仮設備を設け、軌条上の手前側に仮置きした。そして、押し引き油圧ジャッキで所定の位置まで、縦取りおよび横取りして架設した(図-6)。その際、支持フレーム柱側の移動架台にステンレス板を装着し、軌条面にテフロン板を取り付けることによって、摩擦力の低減を図った。

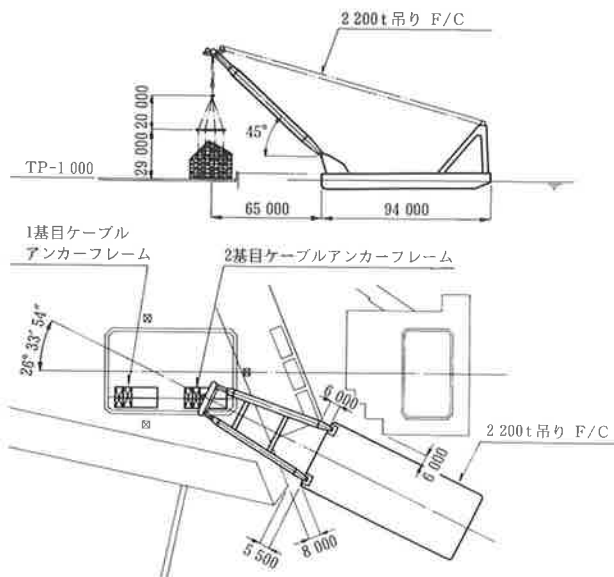


図-6 現場架設要領

(2) FCの選定

進入角が $\theta = 27^\circ$ 前後であり、通常の吊り状態では回転作業がFC構造上困難であった。本工事では2200吊りFCの4フックのうち対角($\theta = 26^\circ 33' 54''$)の2フック(吊り上げ能力:1100t)を使用することにより、進入角の問題を解消した。

(3) 吊り天秤

支持フレームは経済設計されており、全体が柔構造であるため、吊り形状保持が困難であり、吊り点への作用力(鉛直力以外)が極端に制限される。これらに対処するため、吊り天秤を用いる必要があった。なお、吊り天秤は対岸の台場側ケーブルアンカー

フレーム架設に転用されるため、どのような吊り形状にも対応できる構造に設計しなければならなかった。設計にあたっては風、波浪、各種誤差などの影響を考慮して、不均等係数として $i = 0.5$ を吊り荷重に負荷した。吊り天秤と吊りワイヤーの連結部の構造は、自由度の高いガイド方式を採用し、吊り形状の変化に対応させた。

また、吊り天秤は吊りワイヤーの張力を一定に保つイコライザーとしての機能を持たせた(図-8)。

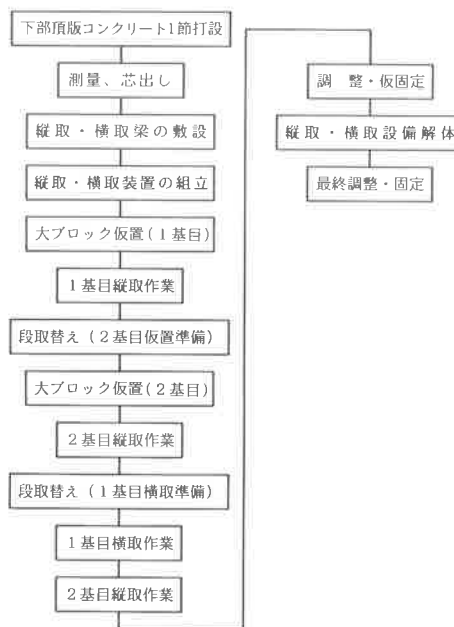


図-7 現場架設フロー

(4) 縦取りおよび横取り軌条

軌条(H-400×408×21×21)は、頂版上に突き出た鉄筋を避けるため、梁構造(縦軌条は2.5mピッチ、横軌条は2.715mピッチ)とし、本体設置位置には受け架台(XYZ方向調整:100t、50tジャッキ)を配置した。軌条の天端は本体の設置高さに合わせ、高さ調整はライナー、固定は無収縮モルタルを用い、天端の仕上げ精度は $\pm 3\text{mm}$ とした(図-9)。

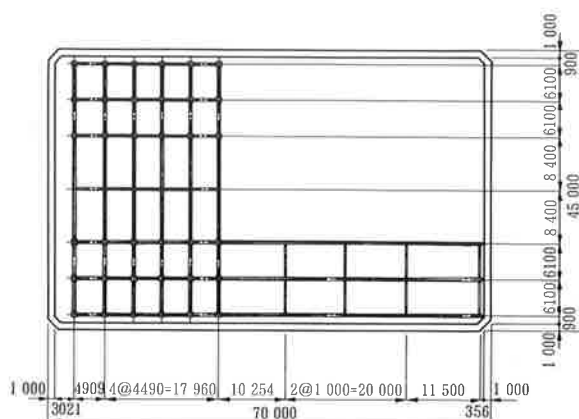


図-9 縦取りおよび横取り軌条

(5) 吊り降ろし

FCは、アンカー4点、岸壁設置のボラード4点によるウインチ操作および曳船にて所定位置に係留した。ケーブルアンカーフレームの大略位置決めは、FCのウインチ操作で行い、微調整は8tヒッパラ4台およびケーソン壁に装着したガイドを使用して仮置き位置に吊り降ろした。国際航路を背にした状態における架設であり、波浪などのFCへの影響が懸念された。しかし、動揺はほとんどなく、位置決めはスムーズに行われた（写真-5）。



写真-5 吊り降ろし

(6) 縦取りおよび横取り作業

1基目の縦取り距離は40.11m、横取り距離は29.00mであった。移動の動力は水平油圧ジャッキ（縦取りは50t×600stを3台、横取りは25t×1000stを6台）連動方式とした。また、軌条をクサビ型H鋼クランプ装置で固定してジャッキ反力をとらせた。縦取りおよび横取りジャッキは常に最前の移動架台を押しものとし、支持フレーム下段水平支材に圧縮力が作用しないように施工した。移動時のずれは、移動架台に取付けた軌道修正ボルト（M24を1箇所当たり4本）により制御し、ずれ量の大きい場合は水平ジャッキによって修正を行った。

移動時間は、縦取りに約3時間（縦・横軌条の交差部でのジャッキ盛り替え時間を含む）、横取りに約1時間半（ジャッキ盛り替え時間を含む）であった（図-10）。

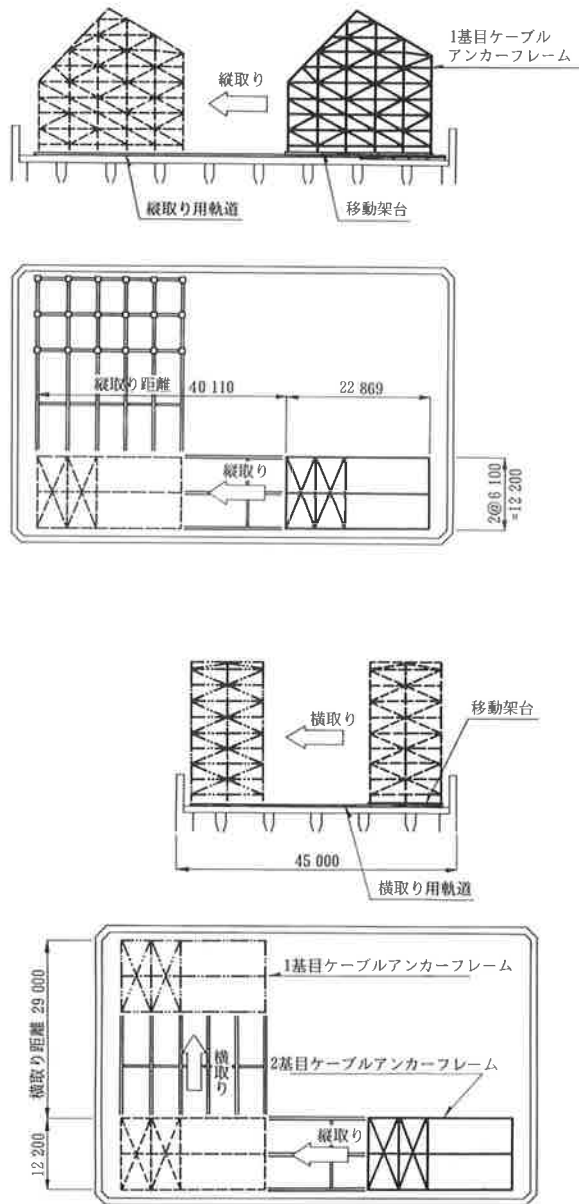


図-10 縦取りおよび横取り要領

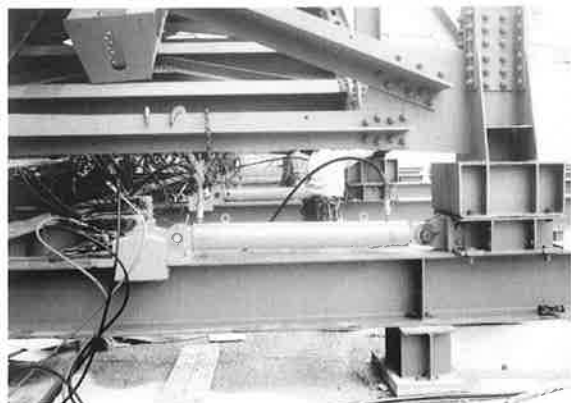


写真-6 縦取り装置

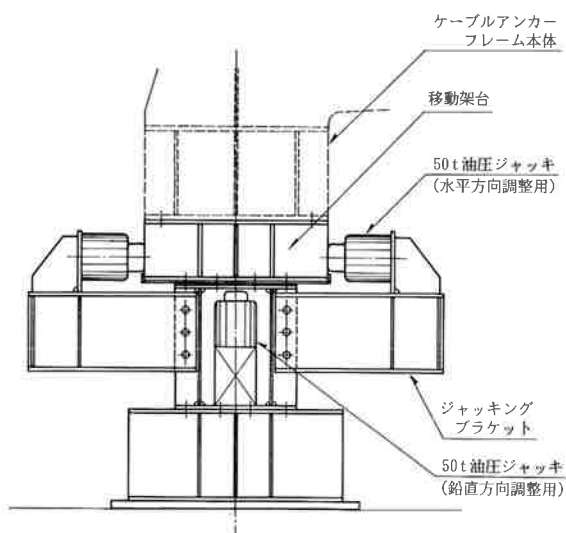


図-11 調整装置



写真-7 完成

(7) 調整および固定

所定の位置まで移動完了した後、基本測量ラインとあらかじめ支持フレームに落としたマークをトランシットで確認しながら、油圧ジャッキで平面位置を修正した。高さ調整は、地盤の圧密沈下などを考慮した結果に基づき、光波測距儀 (XYZ) により引張材先端のマーク (地組立時) を確認して行った。固定は支持フレーム付移動架台と受け架台とを高力ボルトで締付けて行った。

あ と が き

本工事では、特殊構造物であるケーブルアンカーフレームの縦取りおよび横取り併用一括架設という数少ない工法を採用した。現場施工期間はわずかな日数であったが、これに至るまでのおよそ1年間は試行錯誤の日々であった。京葉鉄構センターでの地組立、浜出し、吊り曳航そして現場架設までの概要を述べたが、この報告が、今後特殊構造物に限らず大型橋梁工事におけるFC架設の参考資料の一部となれば幸いである。現在、本吊橋の側塔および主塔架設工事が進行中である。この工事に従事された首都公団、下部工ならびに上部工共同企業体の関係各位のご指導ご助言に対し、深く感謝の意を表わす次第である。