

東京港連絡橋（吊橋）ケーブルアンカーフレームの設計

小俣 静男¹⁾ 石川 貴雄²⁾

首都高速12号線東京港連絡橋（吊橋）のケーブルアンカーフレームの設計・概要について述べる。本アンカレイジは市街地に近接して設置されるため、ケーブルアンカーフレームを比較的小さくすることが要求されており、そのためにスプレーサドル内のストランド配置が複雑になった。また、工期を短縮するために、FCによる一括架設工法を採用することとなっている。

まえがき

本吊橋は、芝浦と13号地を結ぶ首都高速12号線の一部を成しており、一般道、新交通等が併設されている。通行帯は2層に別れており、上層は首都高速、下層は一般道、新交通・歩道となっている。芝浦側の橋詰は、公園になる予定である。そのため美観に特に注意を払っているほか、芝浦側のアンカレイジに展望台が設けられる。アンカレイジの外周は化粧パネルで覆われる。

図-1に位置図、図-2に一般図、図-3にケーブルアンカーフレームの一般図を示す。

1. 本橋の特徴および概要

本工事は首都高速12号線東京港連絡橋（吊橋）の芝浦側の主塔・側塔・ケーブルアンカーフレームの設計・製作・架設を行うものである。台場側についても同時に工事が進められている。本橋は、橋長が798mと、吊橋としては中規模の橋梁であるが、架橋地点が東京港内という地理的条件のため、次のような特徴を有している。

- 1) 側径間が短く、側径間側のメインケーブル角度が急である。これは東京港の航路を確保するためと、アンカレイジが市街地に近接して設置されるため主塔やアンカレイジの位置が自由に選べなかったためである。このため、主塔サドルの左右でケーブル角度の差が大きくなり、ケーブルスリップの問題が出てきた。これを解決するため、主塔サドル内に水平摩擦板を設けて摩擦力を増加させるとともに、エキストラストランドを1面あたり3本設けた。

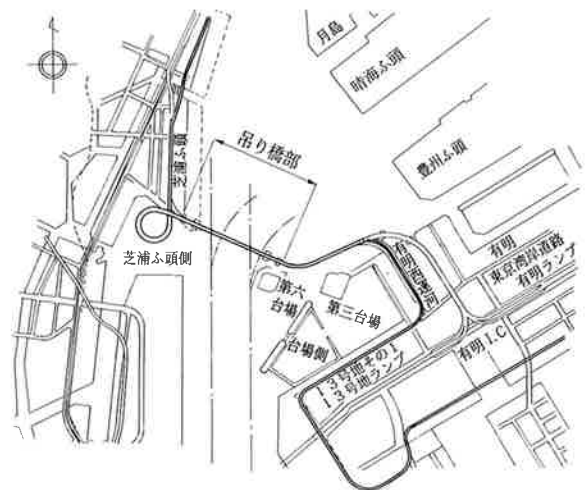


図-1 位置図

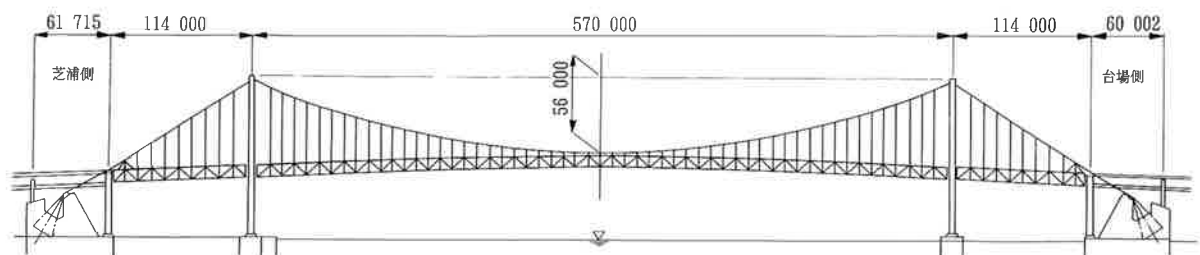


図-2 一般図 a) 側面図

1) 東京橋梁技術部 設計課副課長 2) 東京橋梁技術部 設計課

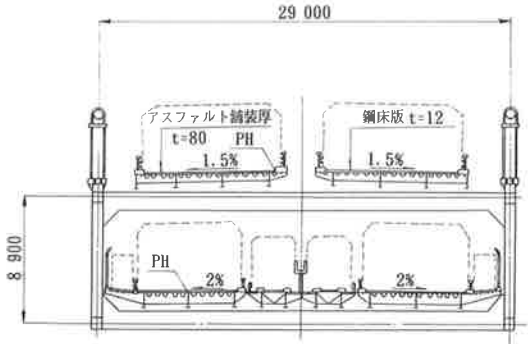
- 2) アンカレイジが岩盤上ではなく土丹層上に設置された。土丹層は基礎およびアンカレイジの重量により圧密沈下を起こす。このため吊橋の解析にはアンカレイジの移動を考慮した。
- 3) 土丹層の上は厚い軟弱層に覆われている。地震時の動的解析には、その軟弱層を考慮に入れた。
- 4) 工期を短縮するために、ケーブルアンカーフレームを現場近くの岸壁にて地組し、3000t級

起重機船 (FC) にて吊り曳航して一括架設する予定になっている。この際、地形の関係からFCが港外側からは接近できないので、アンカーフレーム主塔側に仮設置した後、あらかじめ頂版上に設けられた軌条の上を滑らせて所定位置まで移動させる。

- 5) メインケーブルにはプレファブストランド工法が採用されている。

本工事の概要は次のとおりである。

型式	3径間2ヒンジ補剛吊橋	
橋長	798m	
幅員構成	図-4参照 ¹⁾	
吊り構造支間割	114 + 570 + 114m	
サグ	56m	
活荷重	TL-20 (高速道) TL-20、TT-43 (一般道) 新交通荷重 (新交通) 群衆荷重 300kg/m ² (歩道)	
概略荷重 (ton)	主塔	9100
	側塔	2100
	ケーブルアンカーフレーム	1900
	ケーブル	8200
	補剛桁	22200
合計	43500	



一般図 b) 断面図

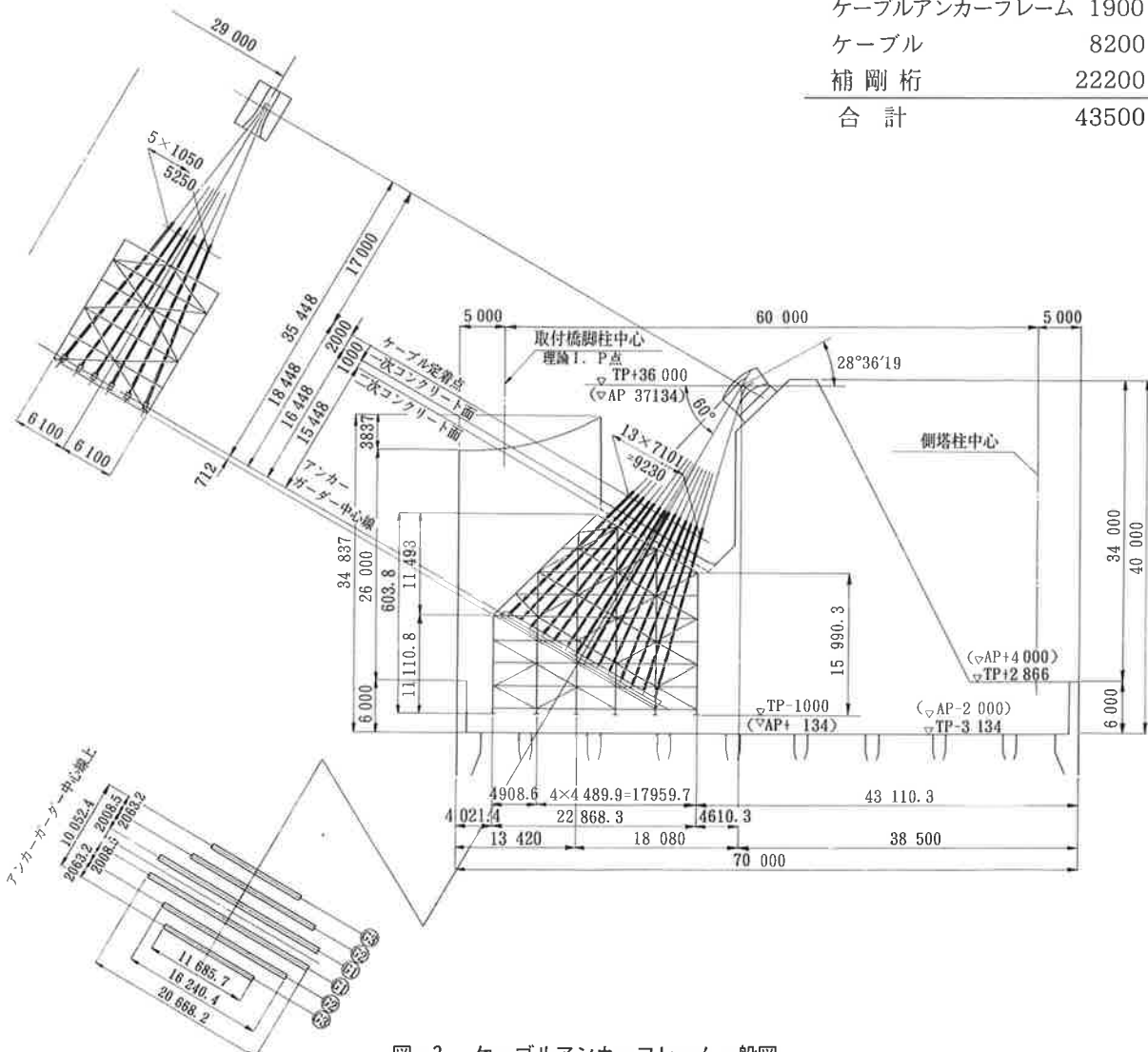


図-3 ケーブルアンカーフレーム一般図

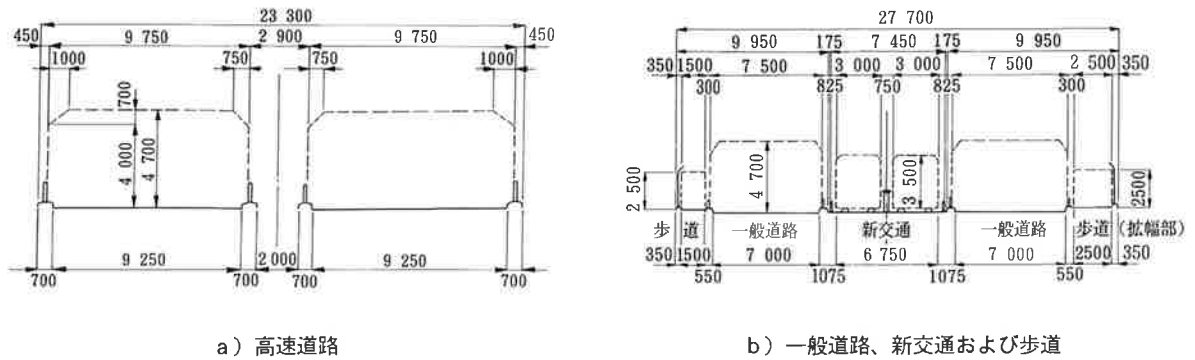


図-4 幅員構成

2. アンカーフレームの構造型式

ケーブルアンカーフレームはケーブル端部を定着し、アンカレイジ躯体に吊橋のケーブル張力を安全・確実に伝達する役目を持つ、吊橋の重要な構造部分の一つである。一般にアンカーフレームはケーブル定着部、引張材、アンカーガーダーからなる本体部、および躯体コンクリート打設完了まで本体部の自重を支え、かつ、本体部を精度良く所定の位置に保持するための仮設的部材である支持フレームより構成される。ケーブルアンカーフレームは、ケーブルの定着方法によってパイプアンカー方式、全面ガーダー方式、および引張材直接定着方式に分類されるが、本橋は引張材直接定着方式を採用している。

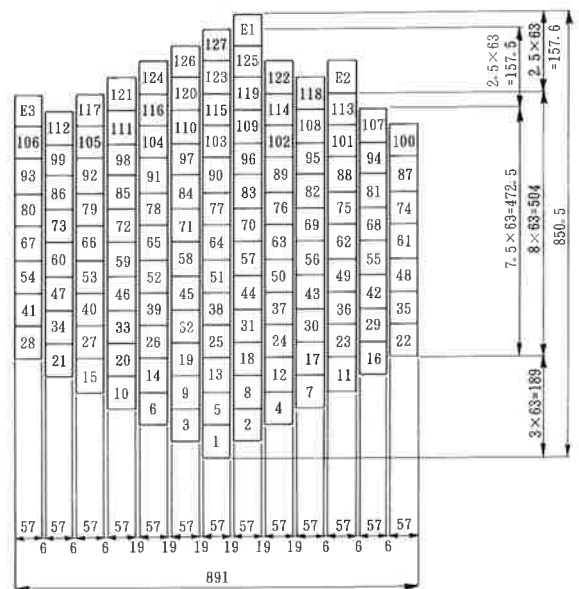
3. 引張材

(1) ストランド定着部の配列

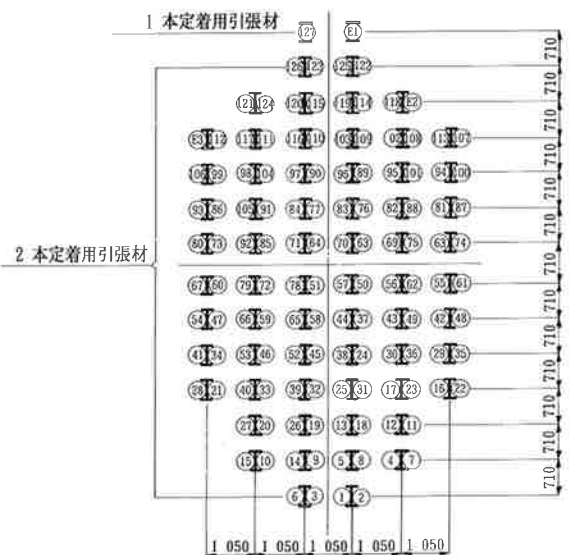
本橋のケーブルは127本の主ストランドと、3本のエキストラストランドよりなる。スプレーサドル内のストランド配置と相似形に引張材を配置しようとすると、1本定着と2本定着が混在するが、アンカレイジをコンパクトにするために、2本定着を基本とし上段2本の引張材のみ1本定着とした。ストランド定着部配置は、作業スペースが確保出来る範囲でなるべくコンパクトになるように決められた(図-5参照)

(2) 引張力方向

引張力の方向は、ストランドの配列に不都合が生じないように、サドル内でストランド配置を検討した後決定した。図-6に引張材方向の決定手順を示す。ストランドの配置を検討する際に必要な条件は次のとおりである。また、設計に用いたケーブルの諸元を表-1に示す。



a) スプレーサドル部



b) ケーブル定着部

図-5 ストランド配置図

表-1 ケーブル諸元

1) 亜鉛めっき素線径	5.37mm
2) 1ストランドあたり素線数	127本
3) 1ケーブルあたりストランド数	127本 (主径間) 130本 (側径間) : エキストラ ストランド3本含む
4) 素線の許容応力度	64kg/mm ²
5) ケーブル入射角	28° 36' 19" (芝浦側) 28° 06' 37" (台場側)
6) ケーブル折れ角	60° 00' 00"
7) ケーブルスプレー長	17.0m
8) ケーブル定着長	16.0m

表-2 引張材の設計荷重

1) ストランド張力	184.1t/st (完成時) 143.3t/st (架設時)
2) 左右ストランドの張力差	設計張力の10%
3) 定着部の設計荷重	設計張力の110%
4) 死荷重	自重

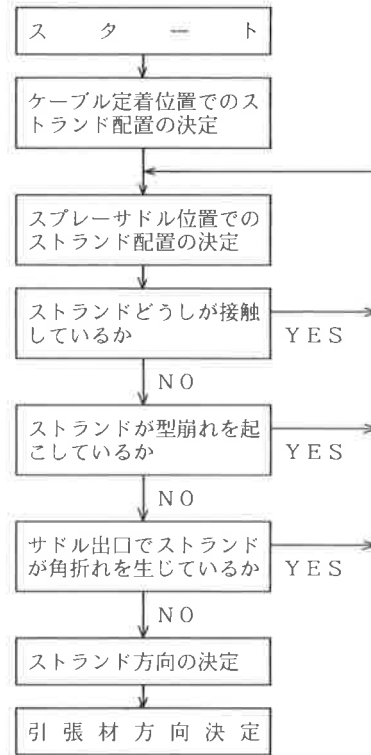
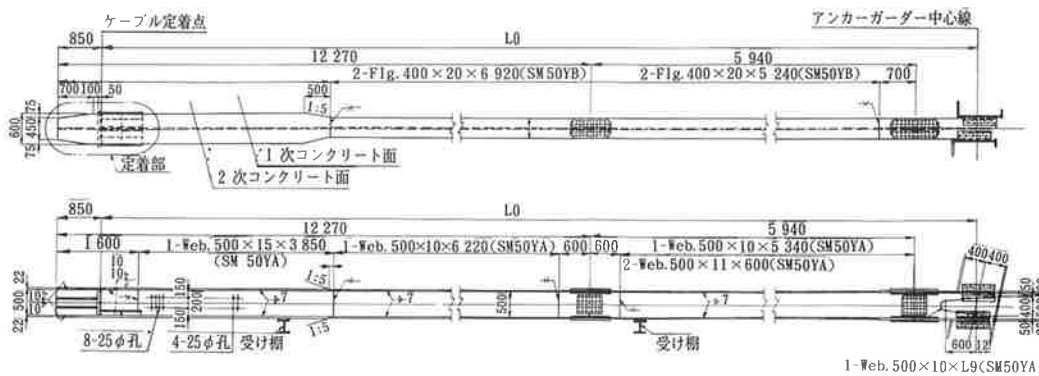
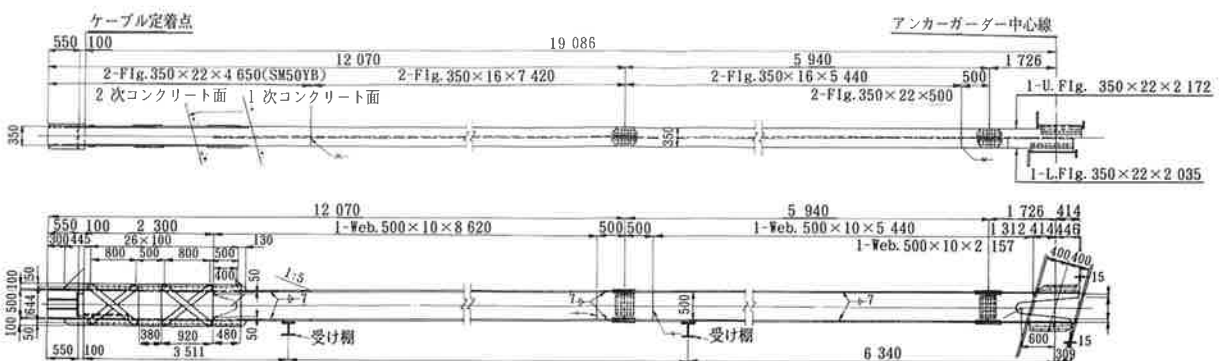


図-6 引張材方向決定手順

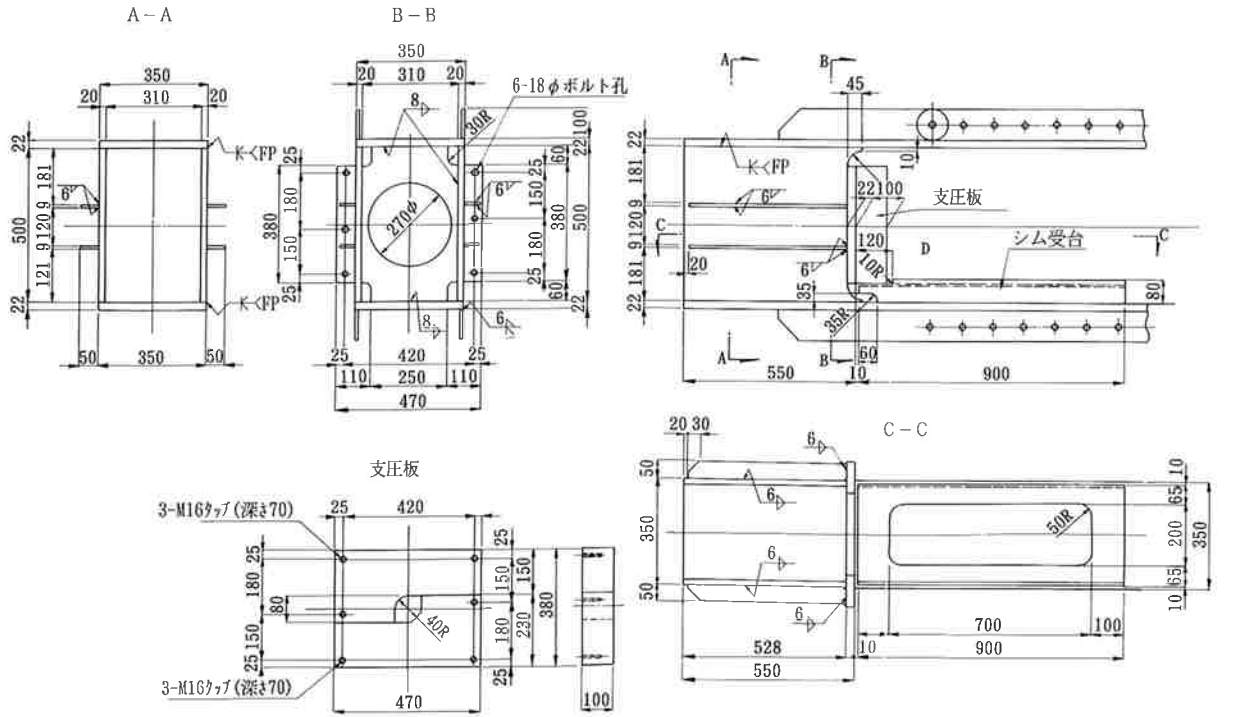


a) 1本定着用引張材

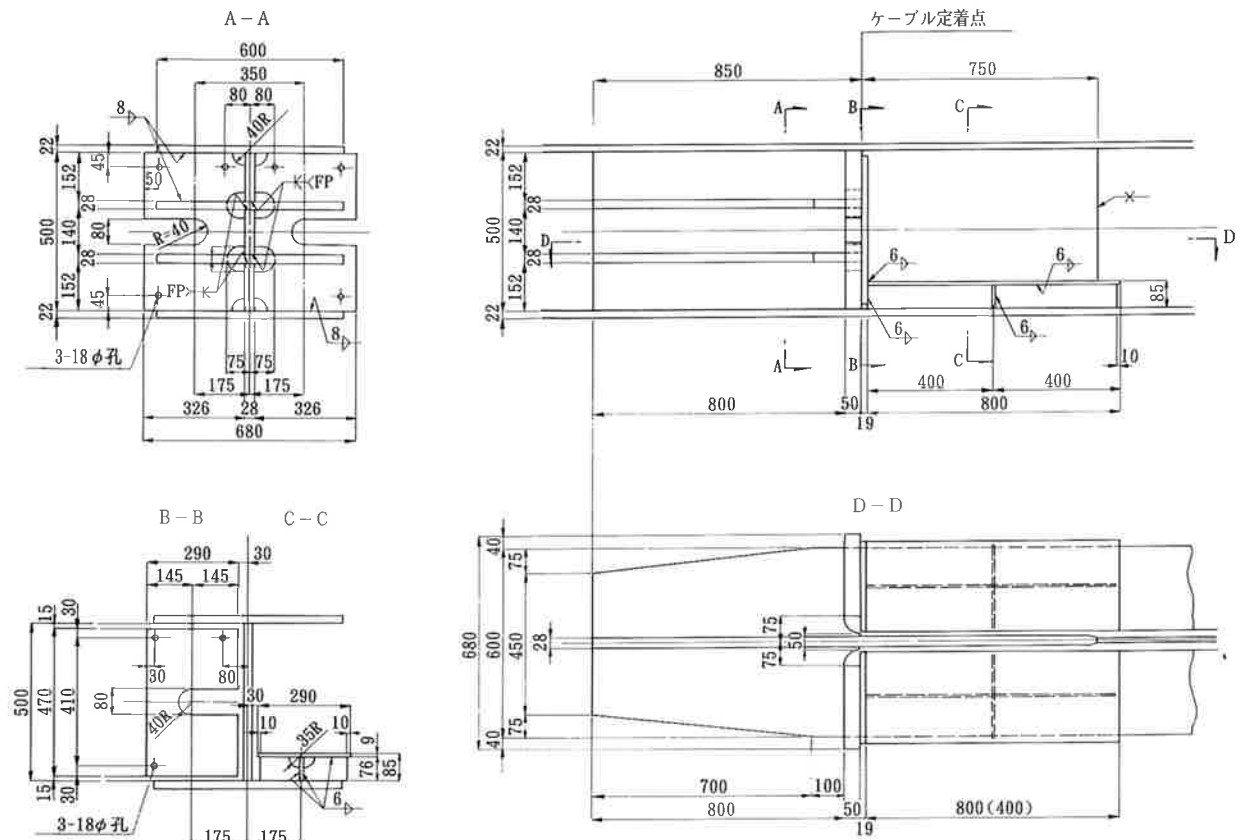


b) 2本定着用引張材

図-7 引張材



a) 1本定着用



b) 2本定着用

図-8 引張材定着部の構造

- 1) アンカースパンにおいてストランドが交差、接触してはならない。ストランド定着位置におけるストランド配列は、スプレーサドルにおける配列と相似形にすることが望ましいが、本橋の場合、アンカレイジを小さくしたため、サドル内でのストランド配列とアンカー定着部のストランド配列が非相似形となっている(図-5参照)。この場合、素線の交差を生じることがある。スペーサーの板厚を厚くするか、あるいはアンカー定着部の縦間隔を大きくすることによって交差を防止することが可能であるが、本橋の場合、アンカレイジの大きさに制限があるため、スペーサー板厚を厚くすることによって防止するものとした。
- 2) ストランドが型崩れを起こしてはならない。これには、ストランドの鉛直曲率と水平曲率の大きさや組み合わせをうまくすることで対処した。
- 3) サドル出口でのサドル形状(溝形状)およびスペーサー形状はストランドの放射方向とし、出口部での角折れを生じさせてはならない。

以上の条件によって決定されたストランド方向をもとに引張材の方向を検討した。一般に引張材の方向は、アンカースパンにおけるストランドの方向と同一が望ましいが、そうすると引張材の方向がばらばらになって、製作上不都合が生じる。本工事では鉛直、水平両方向とも、その列・段を構成するストランドのうちでもっとも数の多いストランド方向に統一してその列・段の方向を決めた。このため、1本定着の引張材でも設計上で、引張材方向とストランド方向の偏心が生じる。

(3) 引張材の設計

引張材は、ストランド張力およびその差による水平曲げ、引張材方向とストランド方向の偏心による水平鉛直曲げ、および自重により設計した。偏心量は設計上のずれ・製作誤差等を見込んで、最大、水平方向に150mm、鉛直方向に210mmを考慮した。表-2に引張材の設計荷重を示す。

(4) 引張材の構造

引張材の構造は本四連絡橋などの実績や施工性を考慮して、図-7、8のような構造とした。

4. アンカーガーダー

(1) 構造概要

アンカーガーダーは、引張材の張力を直接アンカレイジに伝える構造部材である。その形状を、図-9に示す。

(2) 設計概要

アンカーガーダーの設計は、引張材位置を支点とする連続桁として設計する方法と、コンクリート弾性床上の梁として計算する方法の2方法で設計した。支圧を受けるフランジについては、上記応力に、板としての応力を加えて照査した。

(3) アンカーガーダーの構造

アンカーガーダーの構造は、施工性を考慮して、本四連絡橋の因島大橋にならった。²⁾

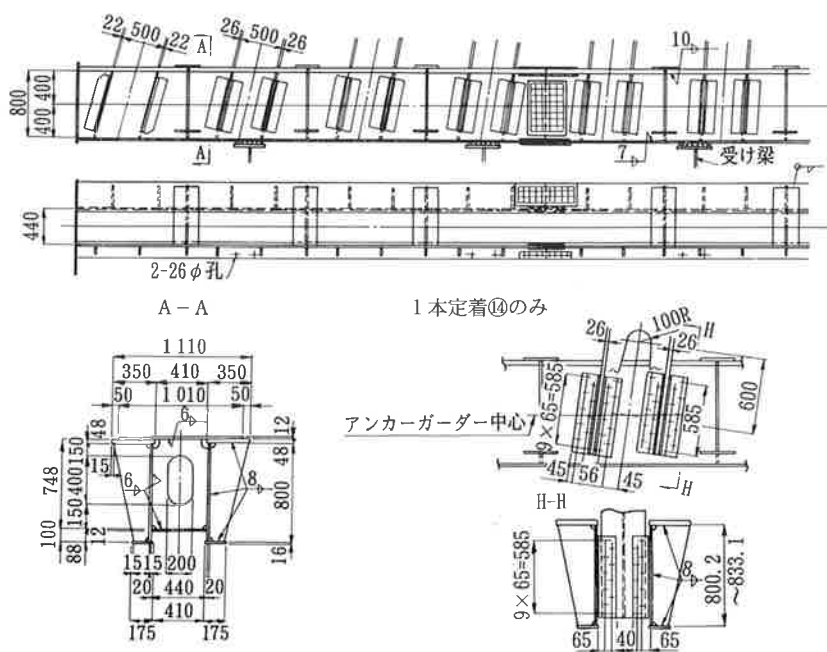


図-9 アンカーガーダー

5. 支持フレーム

(1) 概要

支持フレームはアンカーガーダー・引張材を所定の位置に精度良く据え付けるための架台としての剛性のみでなく、FCによる一括吊り運搬、縦引き、横取りあるいは風や地震にも耐えられるように設計した。

(2) 支持フレームの設計

地組から、アンカレイジのコンクリート打設寸前までの状態における荷重条件を表-3に示す。風荷重・地震荷重については道路橋示方書と鋼構造物架設設計指針（土木学会）の値を変更する積極的理由がなかったため、それらに従った。FCの動揺については、本四連絡橋の南北備讃瀬戸大橋の4Aケーブルアンカーフレームの例を参考にして、衝撃係数と不均等係数を合わせて0.5とした⁹⁾。吊り状態を図-10に示す。

表-3 支持フレームの荷重

	設計荷重強度
1) 風荷重	150kg/m ² (風上側) 75kg/m ² (風下側)
2) 地震荷重	Kh = 0.1
3) FCの動揺	Kv = 0.5

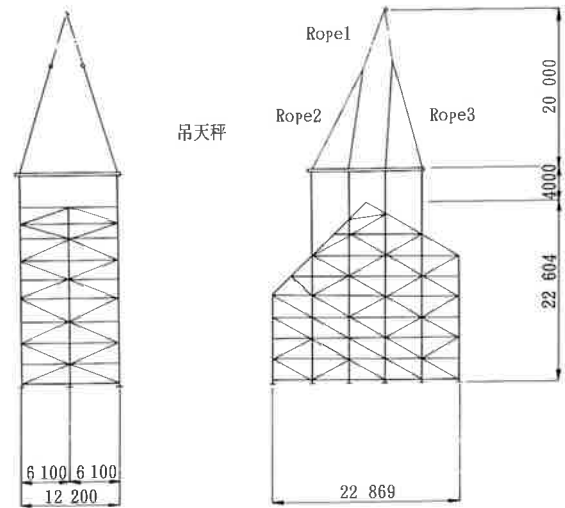


図-10 吊り状態図

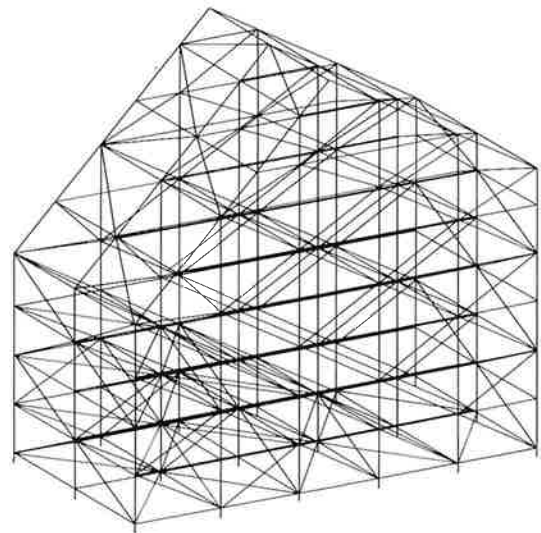
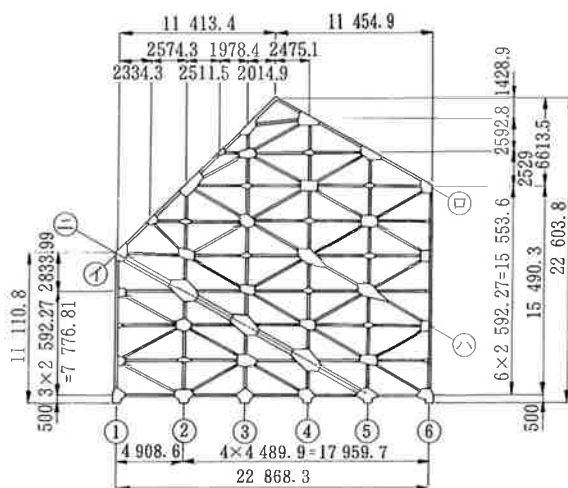


図-11 骨組図



- 柱 ①~⑥ H 294×302×12×12
- 柱 ⑦~⑧ H 294×302×12×12
- 受け桁 ⊖ BOX 625×294×12×19
- ブレース CT 118×176×8×8
- }
- BT 296×280×28×16

図-12 支持フレーム断面

必要細長比については、やはり道路橋示方書の値を用いたが、一次部材と二次部材の区分については次のように考えた。構造を立体解析で解くとすべての部材が一次部材となってしまうが、この状態は一時的なものであり、いたずらに剛性を高めた設計は経済的でない。そこで据え置き状態で断面力の生ずる柱とアンカーガーダーの受け梁を一次部材とし、他は二次部材と考えた。

解析には引張材とアンカーガーダーを除く部材を骨組みとする構造系を考え、立体解析プログラムにて断面力の算出を行った。解析に使用した骨組み図を図-11に示す。

許容応力度の割り増し率は、地震時1.7、風時1.25、その他地組み立てから据え置き状態までは一時的な施工時状態と考えて1.25とした。

(3) 支持フレームの断面

支持フレームに使用した断面を図-12に示す。柱等の一次部材にはH型鋼・箱断面を用いたが、ブレース類の二次部材にはCT型鋼やビルドアップTなどを用いたため、鋼重の軽減を図ることができた。

あ と が き

本橋は、都心より臨海部副都心へのアクセス道路の重要な部分になっている。⁴⁾ 将来の発展を約束されたこのウォーターフロントのシンボルともいえる本橋が、皆に愛されることを願って止まない。また本報告が今後の参考となれば幸いである。

本橋のケーブルアンカーフレームは現在製作中であり、平成2年5月に現場に据えられる。最後に、首都公団をはじめ、東京港連絡橋設計事務所および関係各位のご指導ご協力に深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 首都高速道路公団 第三建設部：東京港連絡橋（吊橋部）設計基準（案）（昭和63年6月）
- 2) 林：因島大橋ケーブルアンカーフレームの設計 本四技報No.11（'80.1）
- 3) 山本、栗原：南北備讃瀬戸大橋4Aケーブルアンカーフレームの設計 本四技報No.24（'83.4）
- 4) 東京都：臨海部副都心開発基本計画および豊洲・晴海開発基本方針（昭和63年3月）