

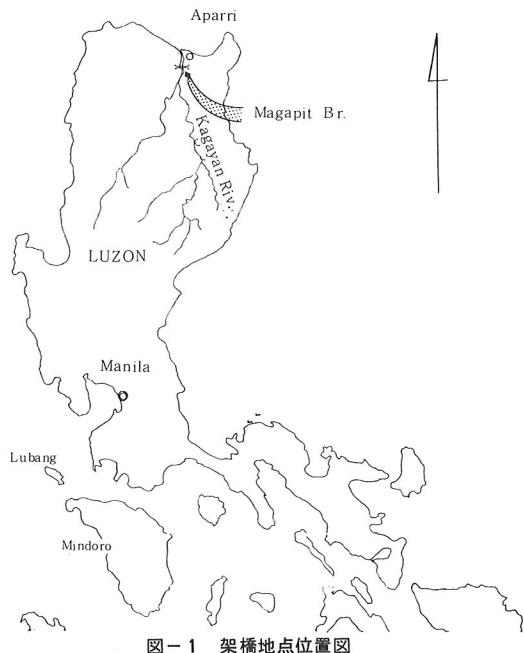
マガピット吊橋工事報告

Construction Report of Magapit Suspension Bridge

金田高康*
Takayasu KANEDA
高橋幸雄**
Sachio TAKAHASHI

1. まえがき

マガピット吊橋は、比国ルソン島を東西に分けながら600 kmに渡り流れてきたカガヤン河が、バシー海峡に注ぐ河口の町アパリ市より、20km上流のマガピット渓谷に架けられた、比国最初の本格的吊橋である。



本橋の架けられたカガヤン河は、比国最大の大河で、その上流部にはまだ治水設備が完備されていないため、洪水期にはかならず氾濫する大変な暴れ河である。本橋の架橋地点では過去2回、河川中央部に橋脚を設置するトラス橋の架設が試みられたが、いずれも洪水期の増水により、建設途中の橋脚を流されてしまうアクシデントに見舞われ、比国政府は、河川の中に橋脚を作る必要のあるトラス橋の建設を断念した。これに伴い当社にて現地調査を行い、種々の橋梁型式の経済比較をした結果、中央径間256 mの単径間補剛トラス吊橋が最適であると提案を行い、この提案が比国政府に受け入れられ、本吊橋の建設が実現するにいたった。

本橋の建設されたルソン島北東部は豊富な木材資源を持ちその開発をいそがれているが、東西をカガヤン河に分断されており、このカガヤン河に架かる橋梁は80kmほど上流に行かなければ無く、交通は全て舟にたよるもので、このため洪水期には全く交通の便がとだえ、地域発展を阻害している。従ってマガピット橋が完成した事により、この地域の発展に大きく貢献すると共にその経済的效果は大きなものである。

以下にこのマガピット橋の工事経過を報告する。



写真-1 全 景

2. 工事概要

2-1 橋梁仕様

発注者 フィリピン道路省
 施工管理 川田工業(株)
 工事場所 カガヤン州マガビット地先
 型式 単径間2ヒンジ補剛トラス吊橋
 橋格 一等橋
 橋長 409.600 m
 支間 中央支間 256.600 m
 側径間 76.500 m
 垂距 26.500 m
 主塔型式 溶接構造箱型断面

主索 P.W.S 91 × 19 ストランド(片側)
 吊構造 補剛トラス 主構幅 10.000 m
 勾配 横断1%直線勾配
 縦断0.5%放物線勾配
 鋼重 吊構造 606.959 t
 主塔 215.818 t
 主索 285.387 t
 アンカーフレーム 90.258 t
 その他 23.108 t
 総鋼重 1221.530 t

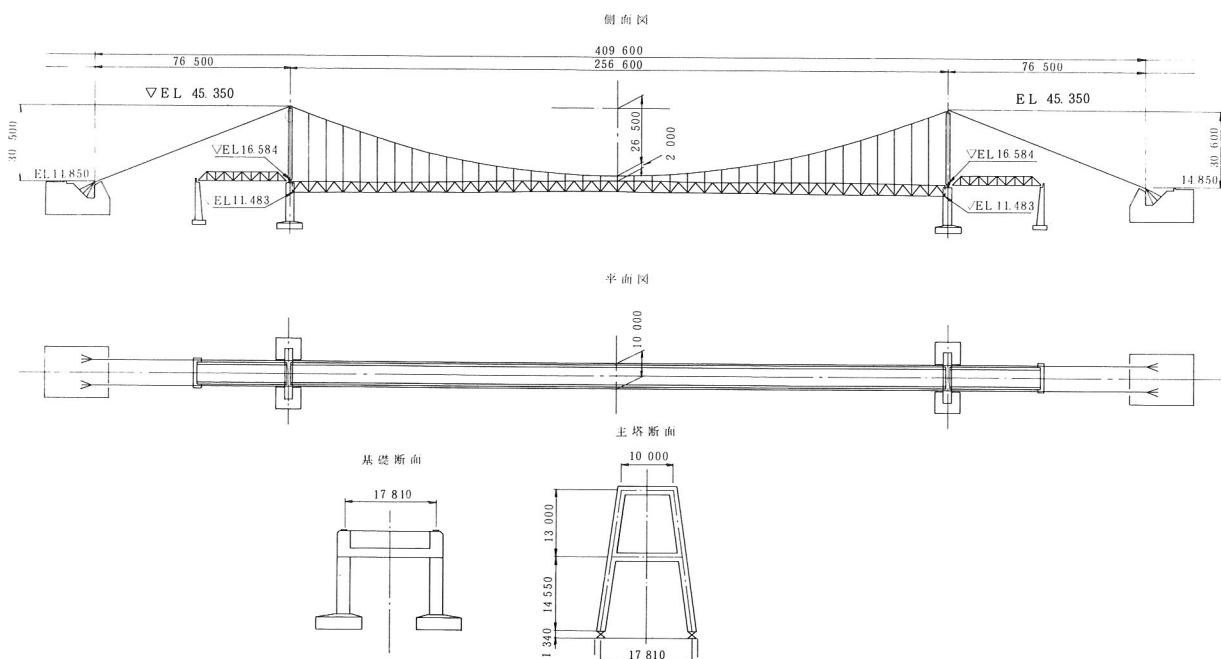


図-2 マガビット橋一般図

2-2 当社の行った業務内容

本橋は日比賠償の最後の物件として、当社にて設計、製作した橋梁部材及び架設用機材の輸出を行った実績と、比国国内業者にて架設工事を行うが、比国政府、比国内業者とも、吊橋架設の工事経験がないという事から、当社が比国政府の特命にて、上下部工一式のコンサルタント業務を受注した。このコンサルタント業務の内容は次の通りである。

- (1) 上部工の施工計画書、特記仕様書及び入札用資料の作成

政府、入札業者とも吊橋の経験がないので、当社にてガイダンス用の工事見積書を作成すると共に施工計画書、仕様書の作成を行い、入札業者は、この施工計画、仕様書をもとに応札をした。

(2) 入札に対する分布と評価

適正な施工業者を決定するため、比国政府にかわり、入札価格に対する分析と評価を行うと共に、入札者によって提出された架設計画、施工工程等の検討を行い、政府が施工業者を決定する際のアドバイスを行った。

(3) 下部工の施工管理

下部工業者により施工されているピア、アバット、アンカー、等の位置のチェック及び施工指導、アンカーレッヂのコンクリート打設指導及び品質管理、ケーブルアンカーフレームの据え付け指導、エレクション用アンカーフレーム等の据え付け指導、上部工部材、機材の整理指導及びチェックリスト作成、その他下部工全般の工程管理及び技術指導等の業務を行った。

(4) 上部工施工管理

a. 比国政府の代理として行った施工管理

工程管理：コントラクターに計画工程をまもらせるための管理

形状管理：正確な製品完成させるため各プロセスにおける管理

安全管理：作業推進上の安全設備等の管理

技術管理：施工記録、施工データーの管理

b. コントラクターに対して行った技術指導

工程に対する指導：機材、資材の手配、月間、週間

工程の遅れに対するフォローアップ指導

作業方法の指導：主塔架設からラッピングまで、各プロセスにおける細かい作業方法の指導

出来形管理指導：ケーブルサグ調整、タワーのセッタバック、キャンバー測定等の施工方法及び管理指導

安全管理指導：保安設備の設置指導及び全般的な安全教育

設備、機械の取扱い指導：特殊施工機械及び設備の設置及び取扱いに関する技術指導

以上の様な業務をコンサルタント契約にもとづき行なった。

3. 工程管理

3-1 当社の指導した工程管理内容

我々の行った工程管理業務はフィリピン政府の代理として行った工程管理とコントラクターに対して行った指導とに分けられ、以下にその管理内容を述べる。

(1) 政府のかわりとなって行った工程管理

コントラクターに計画工程をまもらせ、工事の遅れを生じさせない様週間工程、月間工程の提出を義務付け、細かく工程を把握し管理を行った。また、各作業段階ごとに実施工との比較を行い常に最終工程（吊橋の完成時期）の予測を立て、全体工程を把握し、工

程の遅れに対してはその原因を解明し、遅れを取りもどす対策を立て政府に報告すると共にコントラクターに対して指示を行った。

(2) コントラクターに対して行った工程指導

全体工程に従って使用機材、資材、人員等の手配時期を指示すると共に、コントラクターが作成した週間、月間工程を各工種ごとに細かく検討し、手直し及び補足等の指導を行い、特に使用機材、資材の現場搬入時期に関してはコントラクターの手配能力を考慮して細かく指導を行った。また、工程の遅れに対しては、そのフォローアップ方法をコントラクターと共に検討し、コントラクターの能力に合った対策を考えた上で指導を行った。

3-2 比国における工程管理に対する考え方

フィリピンでは、政府、施工業者とも工程管理に対する考え方方が日本とは異なり、日本の様にどのような事があっても契約工期をまもって工事を完成させると言う考えがない。これは契約時の契約日数が竣工期限を指定するものではなく、ただ単に実労働日数を指定しただけのものであり、工程上の目標期限がはっきりせず、また、契約労働日数の延長や工事一時中止命令による工期延期が簡単に行うことができるためである。したがって政府、コントラクター共、事前に施工手順を検討したり、工程表を作成して資材、機材及び労務者の手当てを行い、工程を管理する習慣が見受けられず、この手もどり、手まちが常に工程を遅らす原因となっていた。

4. 測量管理

4-1 当社の行った指導内容

本橋は主塔間隔が256.6mと長く、橋梁形式が吊橋であることから高精度の測量が要求される。

そのため技術指導の一環として測量方法を指導するとともに、コンサルタント、政府技術者、施工業者が一体となって実際の作業を行った。

具体的な測量方法は以下の通りである。

支間測量：三角測量

ピアノ線測量

水準測量：Yレベルによる測量

4-2 三角測量

両岸にある平坦部に基線を作りトランシットにて各ピア間にトラバーゼを設置し、測定した。

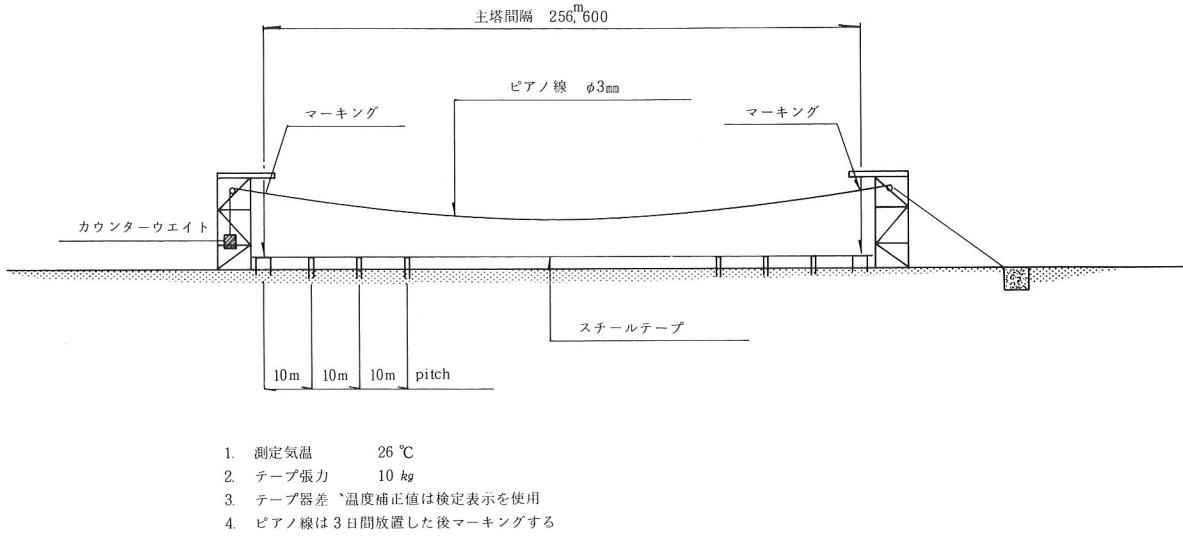


図-3 ピアノ線のマーキング

4-3 ピアノ線測量

図-3に示したように平坦な岸上に主塔間隔より多少長めの間隔をおいて2基の櫓を設け、 $\phi 3\text{mm}$ のピアノ線を張り3日間放置しピアノ線の張力が安定した後、スチールテープにて主径間長をピアノ線にマーキングした。次にこのピアノ線を巻取り、マーキング時と同じ条件にて再度ピヤー間に張渡し、先にマーキングした主径間長をピヤー上にプロットした。

5. 塔架設

5-1 架設工法の選定

塔の架設方法としては当初以下のような案が考えられ種々の角度から比較検討を行なった。

- 1案：トラッククレーン工法（地盤上にクレーンを据え付け）
- 2案：トラッククレーン工法（ポニートラス上にクレーンを据え付け）
- 3案：特殊設備（タワークレーン等）による工法

1案は最も一般的な方法であるが、本橋の場合塔頂の高さが地盤面より約45mもあり、非常に長いブームを必要とするため作業半径も大きくとらなければならない。加えて塔頂部材（横梁）の重量は7.3tもあるため、比国としては非常に大きなクレーンを用意しなければならない。検討の結果本工法に必要なクレーンは最低60t吊であった。又作業地域は地盤が必ずしも良好とはいえないた

め、本工法のような大きな作業半径で吊上げ作業を行なう場合には、アウトリガーフラクターのチェックを行ない、かつ充分な養生を行なわなければならない。

2案は1案の欠点であるブーム長を短くするために考えられた方法である。本工法の場合クレーン据え付け位置から塔頂までの高さは約30mとなるため、1案に比べ多少小さなクレーンにて架設可能である。但し本工法の場合ポニートラスの断面をチェックした結果、応力がオーバーすることが判明したため、トラス部材を何らかの方法で補強しなければならない。又このポニートラスは完成後数年程経過しており、部材耐力をどこまで信頼できるか不明な点もあるため危険である。

3案の場合は本橋の塔架設専用に架設設備を設ける方法であり、作業性も安全性も充分満足できる設備を計画することができる。しかし本案の場合、比国内では本工事のような例は少なく、極めて汎用性の悪い機械設備を設けることになり、非常に不経済な工法となる。

以上の3案を比較した場合安全面から考えると第2案は好ましくなく、経済面から考えると第3案は好ましくない。幸い比国内で60tクラスのクレーンを調達できることになったため第1案にて架設することに決定した。

5-2 塔架設順序及び部材重量

塔架設順序及び部材重量は図-4に示したとおりである。

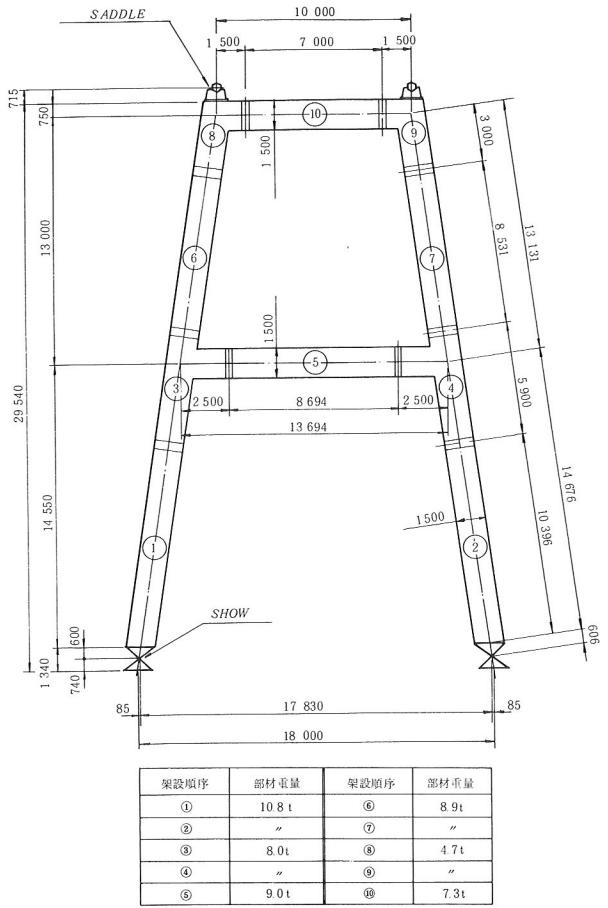


図-4 塔架設順序及部材重量

5-3 塔沓の架設

塔沓は図-4の如くピボット構造をしており取り扱いが不安定なためプレート及びI型鋼をもちいて、下沓、上沓の順に架設後これらの鋼材にて所定の位置、向きに調整し仮固定した。

下沓仮置後バール、大ハンマーにて所定位置まで横移動し、下沓ベースプレートの四辺の高さを計測しながら高さ調整した後、球面頂部の高さをチェックした。

高さの調整はライナープレートにて行った。

高さ調整後、沓下面に無収縮モルタルを圧密注入して固定した。

5 - 4 塔部材の架設

本橋の塔部材は前項「工法の選定」で述べたようにトラッククレーンにて架設した。

作業を安全に進行させるため吊部材重量、クレーン作業半径、アウトリガー反力、地盤支持力等に関して詳細な検討を行なった。

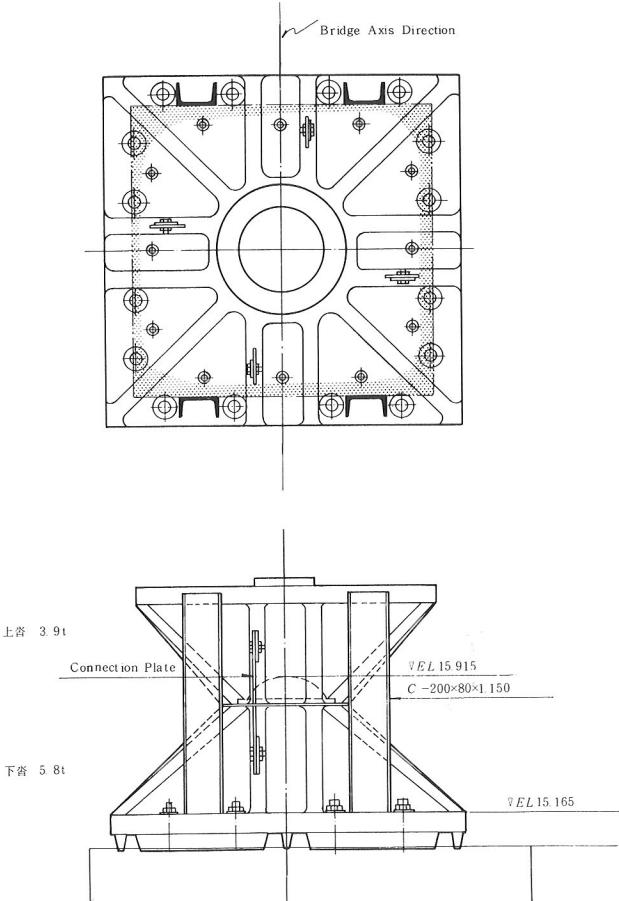


図-5 塔 脊

クレーンの能力に余裕がなく、塔の部材を予め地上で数ブロックを門型に組立てて架設することができないで、一部材ずつ吊上げる毎に3方向にトラワイヤーを張り転倒防止を施さなければならぬ。トラワイヤーは図-6のように張渡した。

バンバグサイド側のPier 2前面は川幅がすぐ近くまで迫って来ているため地上部には適切なアンカー位置がなく、対岸の主塔からトラワイヤーを取り転倒防止とした。

主塔部材には工事用の仮設物として以下のものを取付けた。

- 1 : H T B 締付用足場
 - 2 : 塔頂足場
 - 3 : トラワイヤー, 及びトラワイヤー連結金具
 - 4 : キャットウォーク固定金具
 - 5 : 部材吊上げ用吊ピース

これらの仮設物は各部材毎に予め地上で取付けた後架設した。

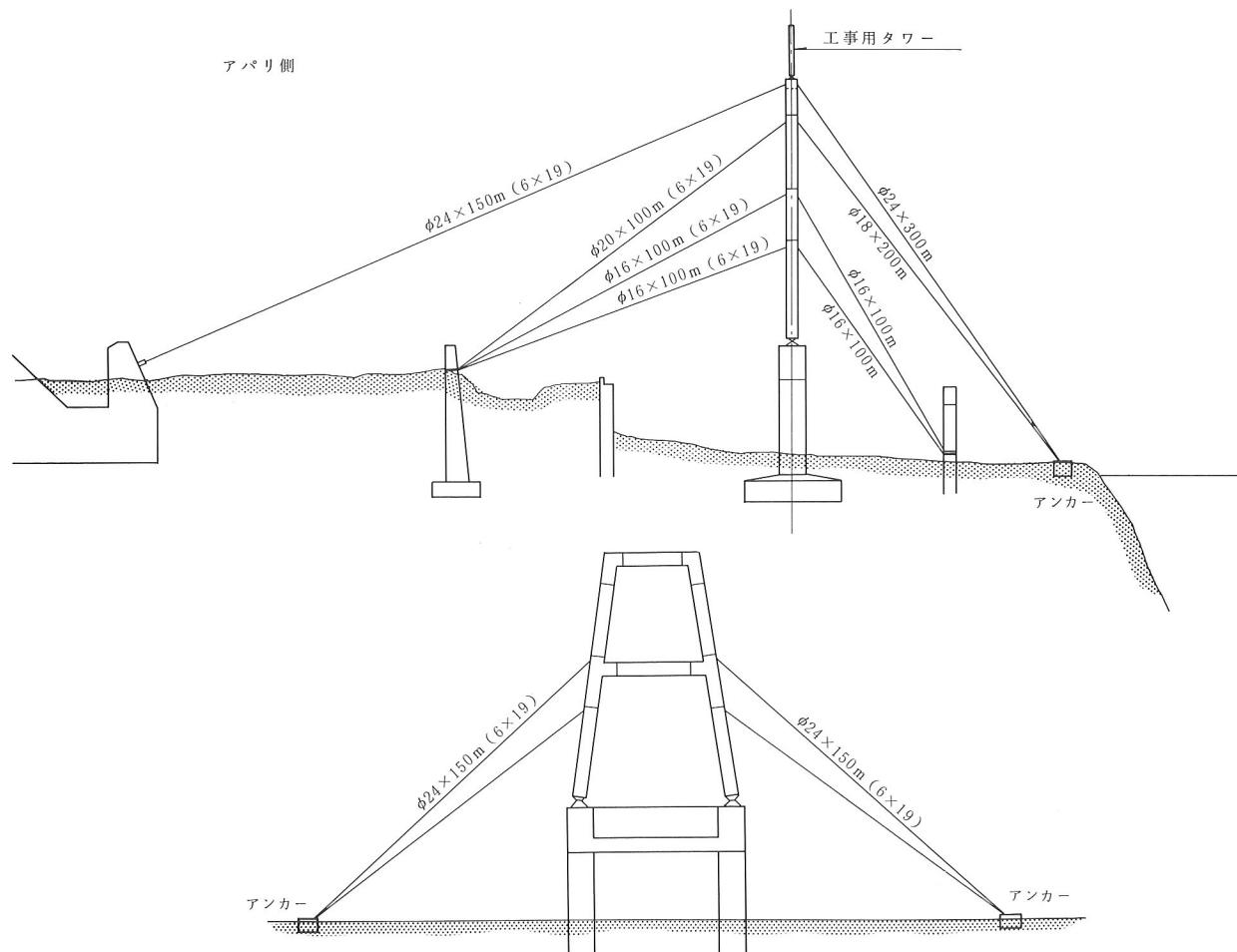


図-6 トラウイヤー張渡図

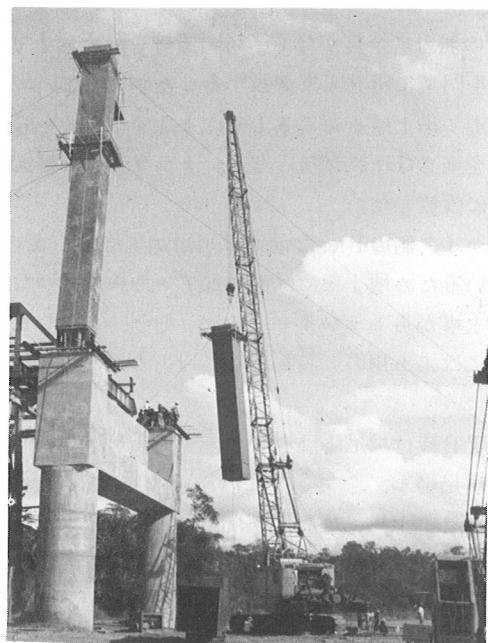


写真-2 塔基部の架設

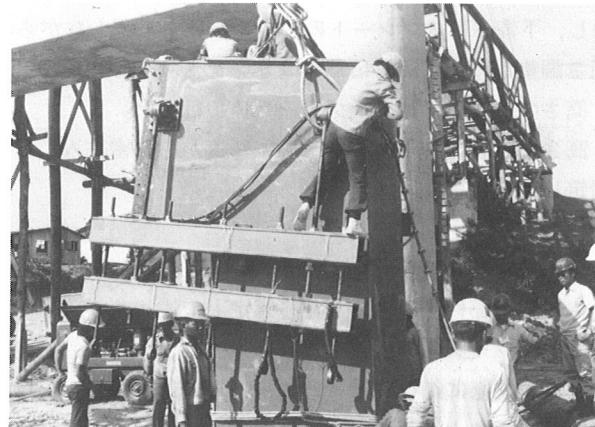


写真-3 キャットウォーク金具の取付け

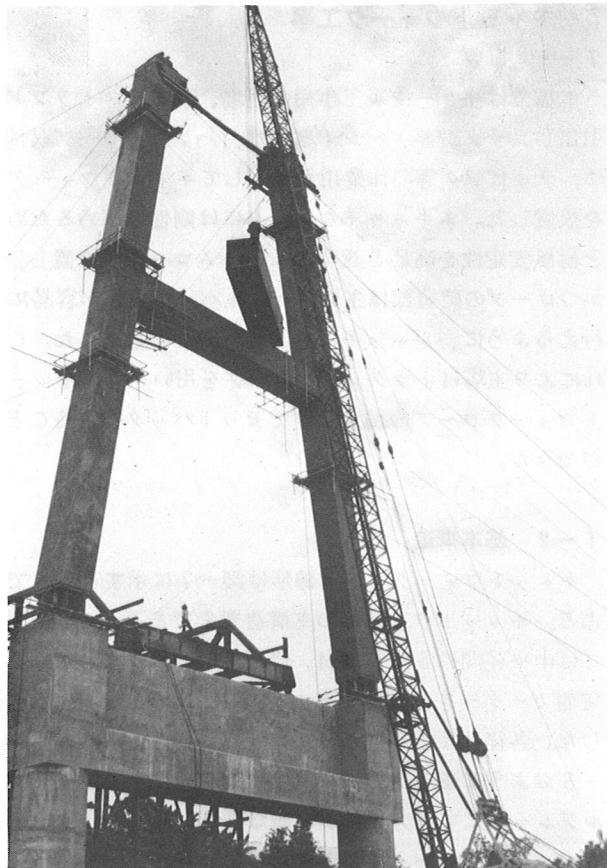


写真-4 塔頂水平梁の架設

6. 主ケーブル及び補剛桁架設設備

6-1 架設設備の選定

補剛トラスの架設設備はその架設単位と密接な関係があり、吊橋の架設工法は架設単位としては、単材架設、面材架設、ブロック架設の3種類が考えられ、架設設備としては、ケーブルクレーン、リフティングクレーン、トラベラークレーン等の工法が考えられる。

単材架設や面材架設はブロック架設に比べて架設工期が長くなるため本工事のように限られた工期内に施工しなければならない場合には好ましい方法ではない。又本橋の場合ブロックにしても約24tなのでこれ以上細かい架設単位で行なう必要はない。したがってトラベラーケーンによる方法は不適当といえる。又、リフティングクレーンの場合は本橋専用の特殊機械となるため汎用性が全然なく不経済となる上に架設ブロックを架設地点まで運ぶためバージ、タグボートを必要とし、バージを流速に対して固定することについても問題があるため適当な方法とはいえない。それに対してケーブルクレーン工法の場合は吊荷重からみても通常の規模のケーブルクレー

ン設備で可能であり、ブロックを架設地点まで運搬する設備も不用であり、更にケーブルの引出しに兼用することもできる。又汎用性についても他の形式の橋の架設工事に使用できるので経済的といえる。

以上のような検討のもとに本橋の架設はケーブルクレーンによるブロック架設工法を採用した。

6-2 ケーブルクレーン設備概要

本工事の架設設備として主ケーブルクレーンを2系統補助ケーブルクレーン1系統を設備した。主ケーブルクレーンは補剛トラスブロック及び主ケーブルを架設することを目的としたものであり、補助ケーブルクレーンは縦桁、横桁等の小部材架設を目的としたものである。

各ケーブルクレーンの能力及び仕様は別表の通りである。

表-1 ケーブルクレーン仕様

	主ケーブルクレーン	補助ケーブルクレーン
吊 能 力	15 t 吊	5 t 吊
支 間	256.6 M	256.6 M
トラックケーブル	56 φ MM	28 φ MM
吊上げワイヤー	20 φ " "	16 "
縁 口	6	4
横行ワイヤー	18 φ " "	16 φ

吊橋のタワーを利用し、その上にケーブルクレーン用として約5mの工事用タワーを設置した。

ケーブルクレーン用アンカーはアンカーレッジより取った。そのためアンカーレッジ施工時に予め所定位置にケーブルクレーン用アンカーフレームを設置しておいた。

6-3 ケーブルクレーンの設置

前述の如くケーブルクレーンは工事用タワー、トラックケーブル、キャリヤーフック、吊上げワイヤー、横桁ワイヤー、ワインチ、各種金具等から構成される。主塔架設に引き続き同じトラッククレーンにて工事用タワーを吊橋タワー上に吊上げ据え付けた。工事用タワーは大別してアングル構造の柱部とH型鋼構造の横梁部からなり、先ずアングル構造の柱部を地上にて門型に組立て、塔柱間隔を塔柱沓に合わせ正確にセットしクレーンにて吊上げ、吊橋主塔上に据え付けた後、H型鋼構造の横梁を柱上に固定した。

工事用タワーの建方終了後 トラックケーブルを張渡さ

なければならない。これまで左岸及び右岸はそれぞれ独自に作業を進めてきたが、トラックケーブル張渡しにより、両岸は始めて連絡され、以後両岸一体として作業を進行させることになる。トラックケーブルφ56は重量約12.5kg/mもあるため、その先端にパイロットロープとしてφ16のワイヤーを取付け、河川部をボートにて横断し、トラックケーブルに先立って主径間に張渡した。

その後右岸アンカーレッジ上よりワインチにてφ16ワイヤーを巻き取りながら順次トラックケーブルφ56の引き出しを行った。中央径間のトラックケーブルがある程度まで引き上げられたところでキャリヤーフックを取付け、吊上げワイヤー、横行ワイヤーを繰り込み、最後にケーブルのサグを所定の値になるよう調整した後両岸のアンカーフレームに固定した。

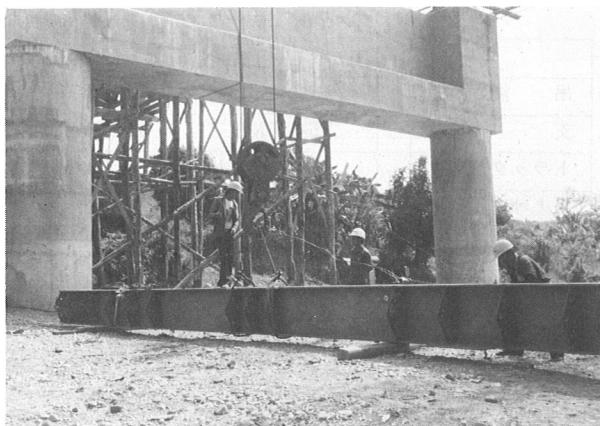


写真-5 工事用タワー横梁の架設

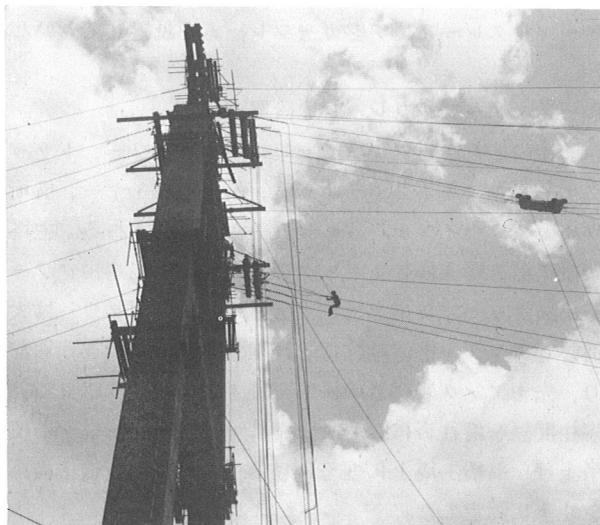


写真-6 ケーブルクレーン完成

7. キャットウォーク工事

7-1 概要

本橋では主ケーブル工事用の足場、つまりストランド引出し、サグ調整、バンド取付け、ハンガーロープ取付け、ラッピング等の作業用足場としてキャットウォークを設置した。本キャットウォークには剛性を高めるためと耐風安定性を高める意味でストームロープを設置し、かつロープの碇着部は主塔のセットバック調整が容易に行えるように、ジャッキにて調整可能な構造とした。これにより主塔はトラクションロープを用いずに、キャットウォークロープの調整だけでセットバックを行うことができた。

7-2 基本構造

キャットウォークの基本線形は図-7に示すとおりである。キャットウォークの主構造要素であるメインロープは中央径間は5本×φ24、側径間は5本×φ24であり、碇着ガーダーを介して主塔およびアンカーレッジに碇着した。各径間に1ヶ所張力調整装置を設け、これらは図-8のように碇着ガーダーをダブルに使用し、ジャーナルジャッキにて張力調整が可能な構造とした。

キャットウォークの設計荷重は表-2のとおりである。

7-3 メインロープの架設

メインロープは予め地上にて無応力長にてマーキングを行ない、両端にシンブルを取付けてクリップ止めをした。

所定の長さに両端末をクリップ止めしたメインロープの一端はトラッククレーンにて吊上げ、塔架設中に取り付けた碇着ガーダーとシャックルにより連結した。一方対岸側の端末はケーブルクレーンにて引き出し、対岸側主塔の碇着ガーダーに連結した。

全径間ロープを架設した後、トランシットにてロープ下端を視準しながらロープ相互のバラツキを碇着ガーダーに取付いたアイバーにて調整した。同時に上下流でのサグ差もないよう調整した。

7-4 床組の取り付け

キャットウォーク用資材としてはワイヤーロープおよび金具類しか日本より送り込んでなかったため、床組は現地での調達が容易な木材を主とした構造とした。つまり日本では通常床組の横材および支柱に角パイプや単管

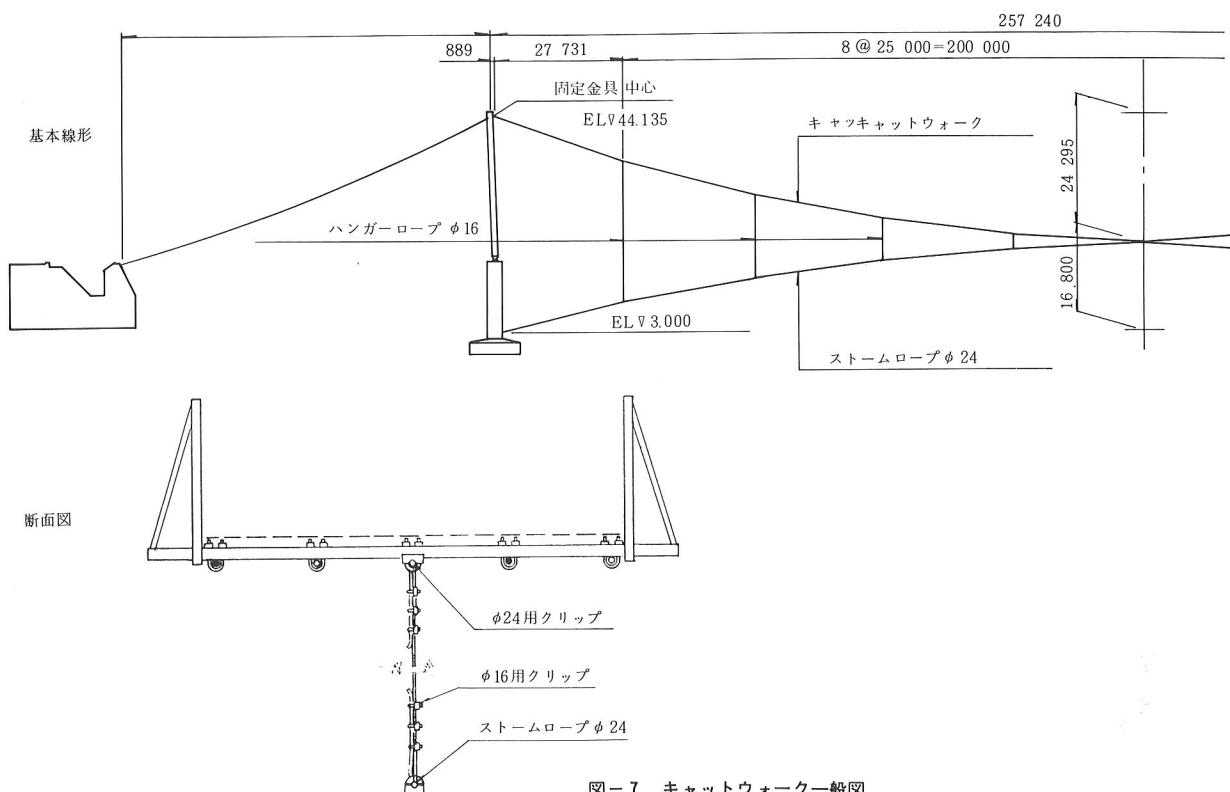


図-7 キャットウォーク一般図

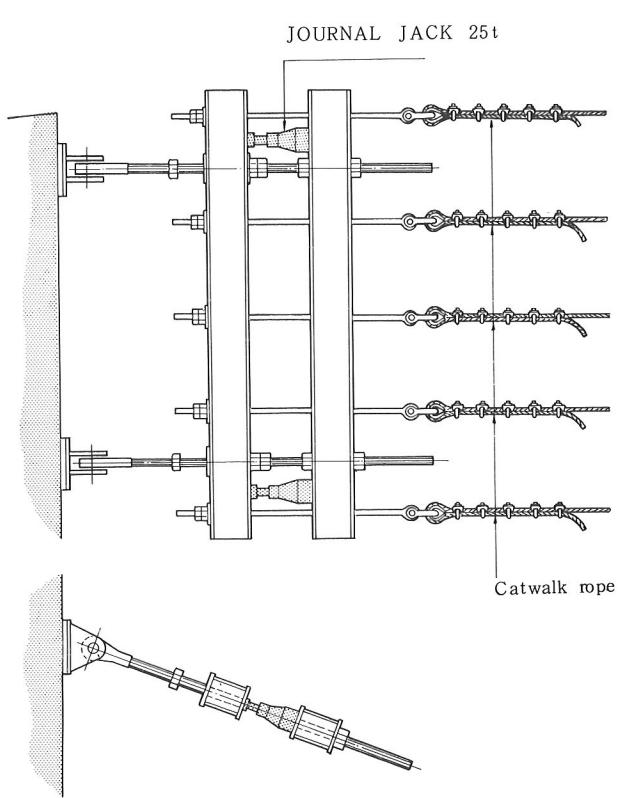


図-8 ロープ碇着部（調整部）

		中央径間	側径間	備考
死荷重	メインロープ	11.45	9.16	中, 5×2.29 側4×2.29
	ハンドロープ	3.16	3.16	
	ストームロープ	2.29	0.	
	ハンガーロープ	2.00	0.	
	床組	33.22	33.22	
	小計	52.12	45.54	
プレテンション		5.47	0.	$f=15m, H=3t W=8fH/\ell^2$
	ストランド	14.00	14.00	
	作業員	15.00	15.00	
	小計	29.00	29.00	
合計		86.59	74.54	

単位はkg/m

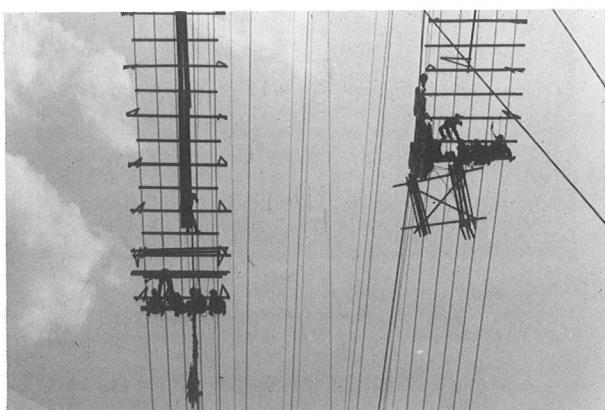


写真-7 床組の取付

を使用しているが、これらは全てラワン材による角材を使用した。床組は張力のバランスや主塔の倒れ量を考慮して取り付け順序を決定し、計画的に取り付けていった。

写真を見ても分るとうり床組の取付け作業は高所における危険作業であったが1人のケガ人も出すことなく無事取付けを完了した。比国においては本橋のような吊橋の工事は初めてであり、現地人式工の技術やスピードは日本人式工に劣るとはいいながら、高所作業も、ものともせず取付けていた。

7-5 ストームロープの架設

床組完成後、中央径間のキャットウォーク上にφ24のストームロープを引出し、キャットウォーク上にてハンガーロープφ16をストームロープとメインロープにクリップ連結した。次にキャットウォークよりストームロープを垂れ下げながら、両端を主塔基部へ引込み、所定の張力にて碇着した。



写真-8 キャットウォークの完成

キャットウォークが完成した各径間の張力がバランスした後これまで主塔を支えていたトラワイヤーは緩めた。

8. ケーブル工事

8-1 概要

本橋の主ケーブルには吊橋の主ケーブルとしては最も弾性性状がよく、国内の長大吊橋でも最も使用されているPWSを使用した。1ケーブルは19本のストランドからなり各ストランドは素線径5mmの素線が91本で束ねられたものである。主ケーブルの断面については図-9に示したとおりである。

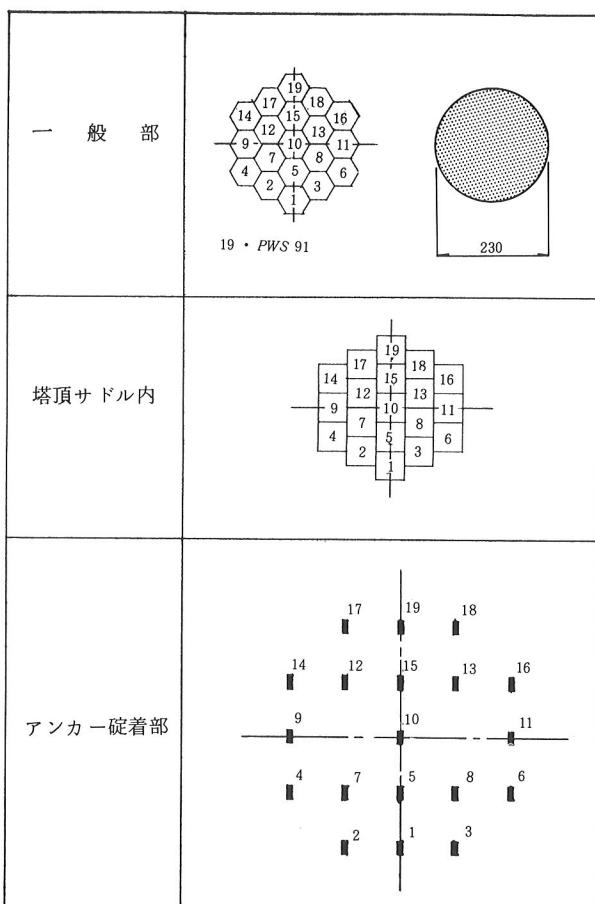


図-9 ケーブル断面

8-2 引出し準備

ストランドの引出し作業に先立ち以下の準備を行なった。

(1) アンカー部

アンリーラーの設置

ストランド碇着用鋼棒の取付け

スプレーサドルの架設およびセットバック

スプレーべンドの設置

各種ローラーの設置

(2)キャットウォーク部

ガイドローラーの設置

側径間ホーリングシステムの設置

主塔のセットバック調整（キャットウォークにより調整）

(3)塔頂部

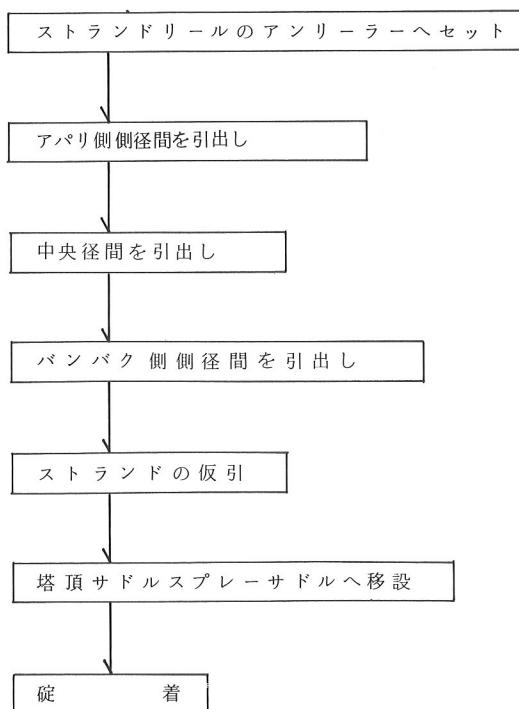
サドル脇ローラー設置

ストランド仮引、移設設備の設置



写真-9 スプレーサドルの据付け

表-3 ストランド架設手順



8-3 ストランドの引き出し

ストランドはアパリ側アンカーレッジ上のアンリーラーにセットし、バンバグへ向って引出した。引出し設備としては中央径間はケーブルクレーン、側径間はウインチによる引き出し設備にて引出した。架設作業の手順は以下のとおりである。



写真-10 ストランドの引出し（側径間）

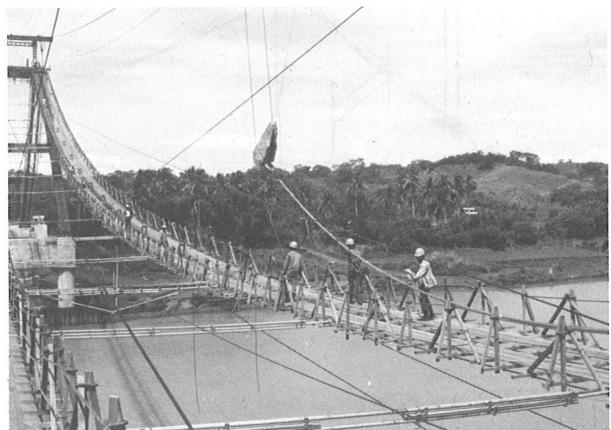


写真-11 ストランドの引出し（中央径間）

8-4 サゲ測定、サゲ調整

ストランドの架設に引き続きサゲ測定、サゲ調整を行った。比国では日中は気温が40°C以上にも上昇し日射によりケーブルに与える影響も大きいため、サゲ測量及び調整は気温の安定した夜間に実行された。

ストランド架設時のケーブル形状および温度変化に対するケーブル形状の変化量等は、予め電算機にて詳細に

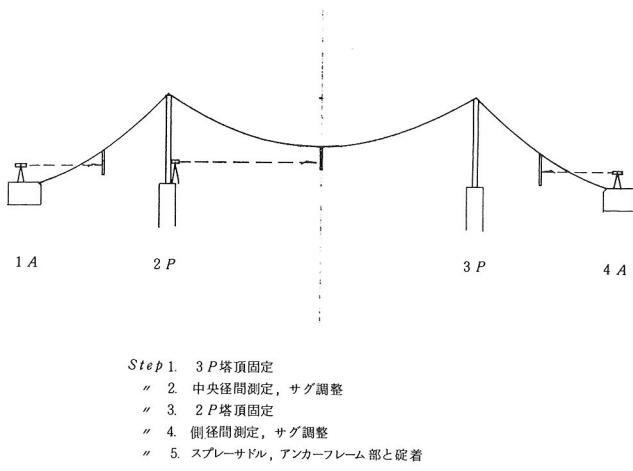


図-10 サグ調整

表-4 溫度変化

	- 10 °C	± 0 °C	+ 10 °C
主塔 セットバック量	342	332	322
スプレーサドル "	10.9	10.3	9.7
中央径間サグ 量	24 135	24 241	24 346
側径間 "	2 216	2 226	2 237

検討した結果、図-11、表-4のとおりであった。

最下段ストランドを基準ストランドとして使用するため、第1ストランド架設後詳細にサグ測定を行ない調整を行なった。このとき主塔のセットバック量は予めキャットウォークにて調整してあるが、気温の変化等によりサグ調整時には多少の誤差が生じていた。そのため基準

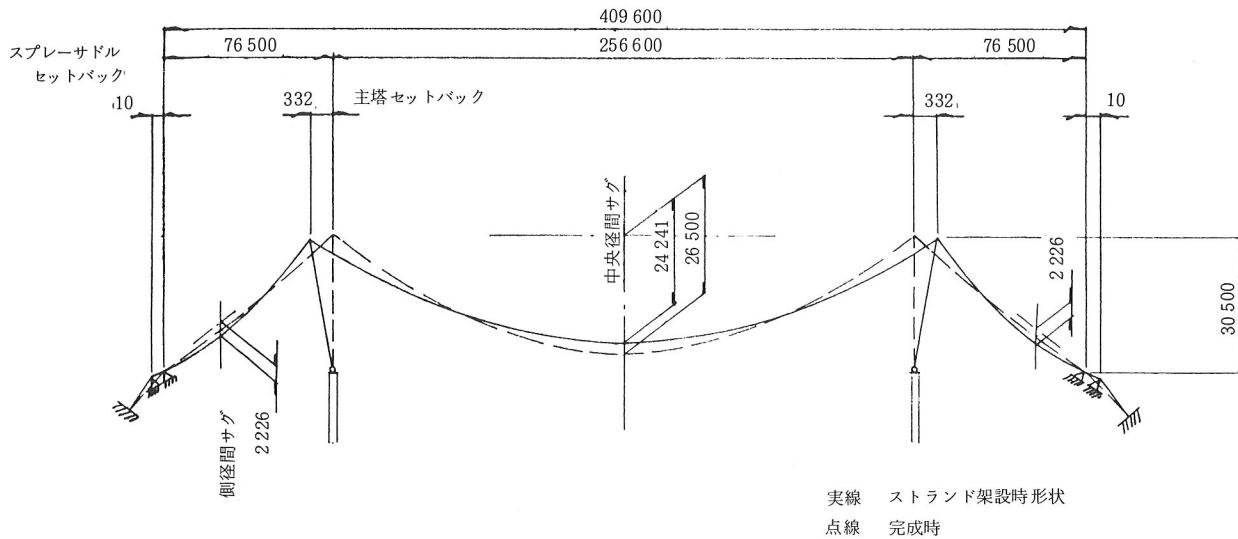


図-11 ストランド架設時形状

ストランドのサグ調整時にはこのセットバック誤差をも考慮して調整を行ないセットした。

基準ストランドのセット後、他のストランドについては基準ストランドからの相対サグを測定することにより調整した。

8-5 スクイズイング

架設完了したストランド群をケーブルバンドが取付けられるよう円形かつコンパクトなものにするため、スクイズイング作業を行った。作業は円形にすることを目的とするプレスクイズイングとコンパクトにすることを目的とする本スクイズイングの2段階に分けて行った。

8-5-1 プレスクイズイング

締付け位置のケーブル表面に麻袋を巻付けてケーブル表面を保護し、ワイヤーロープを巻付け、その一端はキャットウォークに固定する。この状態でケーブル表面を木ずちで叩きながらレバーブロックを締付けてゆき、ある程度まで締付けた後、なまし鉄線を巻付けて固定した。プレスクイズイングは各支間の $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ 点について行った。

8-5-2 本スクイズイング

プレスクイズイング終了後、スクイズイングマシンを使用して本スクイズイングを行った。スクイズイングマ

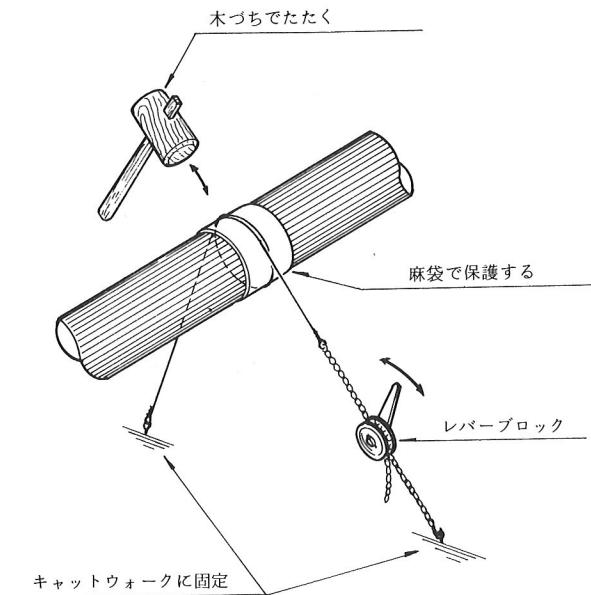


図-12 プレスキズイング

シンは木製鼓型のローラーを装備しており、これによってケーブル上を移動することができる。本スクリズイングは1mピッチにて行った。

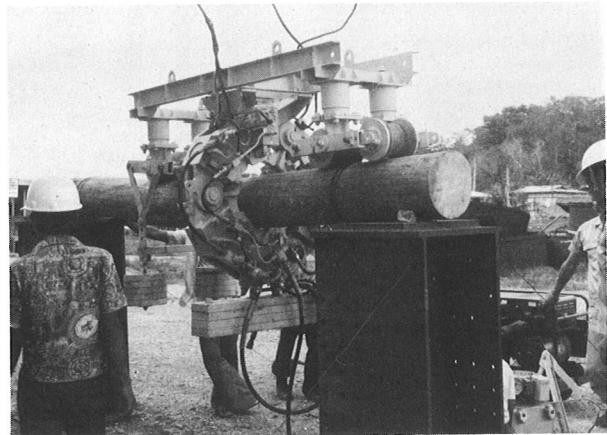


写真-12 スクリズイングマシン

8-6 ケーブルバンドの取付け、ボルト締付け

8-6-1 マーキング

ストランドには製作時に以下の位置にマーキングをしておいた。

1. スプレーサドル中心
2. 塔頂サドル中心
3. 支間中央

スクリズイング完了後、各塔頂間を測量しケーブルバ

ンド取付け位置をマーキングした。

8-6-2 バンド取付け

アパリサイドの主塔下に集積したケーブルバンドは補助ケーブルクレーンにて塔頂足場に仮置した後、主ケーブルクレーンにてキャットウォーク上を運搬し取付けた。

8-6-3 ボルトの締付け

使用ボルト H.T.BF11T M24

ボルト軸力の管理はトルクレンチにて行った。

空隙率は当初17~19%を想定してバンド等の設計を行なっていたが、ボルトに設計軸力を導入した段階ではほぼ予定通りの結果が得られた。主ケーブルは死荷重の増加に伴って空隙率が減少しボルトの軸力が低下するので、バンド取付け後以下の5段階で増締めをした。

第1段階 補剛桁 $\frac{1}{2}$ 架設後

第2段階 補剛桁完了後

第3段階 床版 $\frac{1}{2}$ 打設後

第4段階 床版、地覆完了時

第5段階 ラッピング終了後（チェック）

8-7 ハンガーロープの取付け

ハンガーロープは右岸側よりバージに積み込み、架設地点直下まで水上運搬した。一方取付け位置のキャットウォーク上からは段取用ワイヤーを垂下げ、バージ上のハンガーロープに連結した後、ワインチにて主ケーブルまで巻上げケーブルバンドとハンガーロープを連結した。

8-8 ラッピング、ケーブル塗装

主ケーブルの防錆、保護を目的としてワイヤーラッピングを行った。ラッピングの開始時期としては死荷重の大部分が載荷され、主ケーブルの素線が張力的に安定したと考えられる床版打設後とした。

使用ワイヤー 3φ亜鉛メッキワイヤー

ラッピング作業は表-5に示す順序で行った。

ラッピング作業は他の作業と異なり全て特殊な機械による作業のため、これらの機械類は予め国内にて本橋のケーブルに合わせて詳細な設計を行ない、同径のワイヤーにて実験作業を行ってその機能を確認した後現地へ搬入した。そのため比国人にとって始めてであるラッピング作業も我々の指導のもとにスムーズに進行していく。



写真-13 ケーブルバンドの締付け



写真-14 バンドの空隙量測定

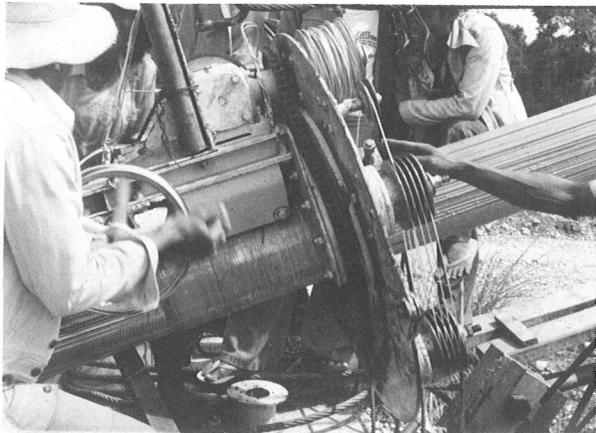


写真-15 ラッピング作業

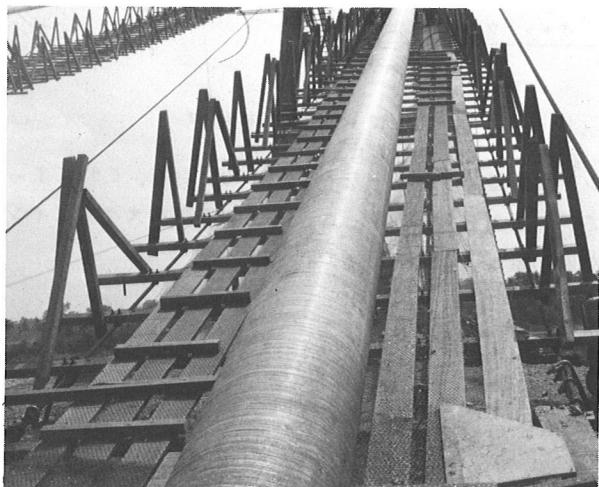
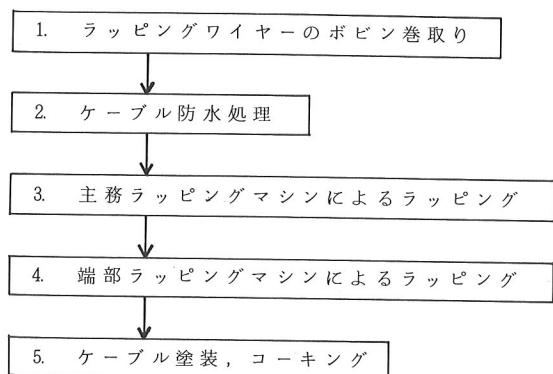


写真-16 ラッピング完了後の主ケーブル

表-5 ラッピング作業手順



9. 補剛桁の架設

9-1 概要

本橋は2パネルを1ブロックとして地組しケーブルクレーンにて架設した。地組ヤードはアパリ側の主塔下に設けトラッククレーンにて地組を行った。部材の架設順序は両主塔から支間中央へ向い、閉合は支間中央にて行った。架設途中の桁形状はケーブル架設時と同様に予め電算機にて詳細に検討され、予定通りの成果を得た。

9-2 架設準備、地組

アパリ側塔下部を地組場とするため付近を整地し、定盤としてH型鋼を据えた。地組時には部材にねじれを生

じないよう常に定盤のレベルチェックを行ない、ブロック組立毎にHTBを締付けた。

9-3 補剛トラスの架設

アパリ側主塔下にて地組をした補剛桁ブロックをケーブルクレーンにて吊上げ橋軸線に沿って架設位置まで運搬した後、既設桁に取付けた。ケーブルクレーンのフックはトラスの主構間隔よりも外側にあるためブロックはH型鋼を組んで作った受桁に載せ、受桁に溶接した吊ビース位置を吊上げた。1ブロックの形状、重量は以下の通りである。

主構間隔	10 m
主構高	4 m
ブロック長	13.5 m
重量	25 t



写真-17 補剛桁の地組運搬

補剛桁ブロックは既設の桁とボルト結合した後にケーブルクレーンにて引上げハンガーロープに碇着したが、ある時点までくるとハンガーへの引上力がケーブルクレーンの能力をオーバーするため、 $\frac{1}{4}$ 点にヒンジを設けた。

桁は最初は支間中央へ向かって落込んだ形状であったが、ヒンジ点を越えてから上向きにそり返った形状となつた。

ルソン島北部は非常に台風の多い場所であり、我々の滞在期間中にも3度程台風に見舞われた。そのうち最も大きなものは補剛トラスを $\frac{2}{3}$ 程度架設したときに来ており、地組ヤードが水没する等大きな被害を受けた。幸い既設の補剛トラスは台風養生を十分に行い、これに対処したため被害は受けなかった。



写真-18 台風通過後の架橋現場



写真-19 最終ブロックの架設

最終ブロック取付け時には両側主塔より既設の補剛桁を引込み、中央部の間隔を押し広げて取付けた。閉合部分は最終ブロック取付け後も上向きに折れた状態となっており、一部のボルトを取ることができない。そこで桁下が水面であることを利用し台船を支間中央へ係留し、台船をアンカーとしてプレストレスを導入し桁を引込み、トラスの打れ角をなくしてボルトを取り閉合完了した。

補剛トラス架設完了後におけるキャンバー測量結果では上流側+24mm下流側+12mmの誤差であった。主ケーブル架設後における誤差は上流側+14mm下流側+4mmであったためほぼ同じ傾向で来ている。何れにせよ支間256.6mに対して+24mmの誤差は満足すべき結果と考えられる。

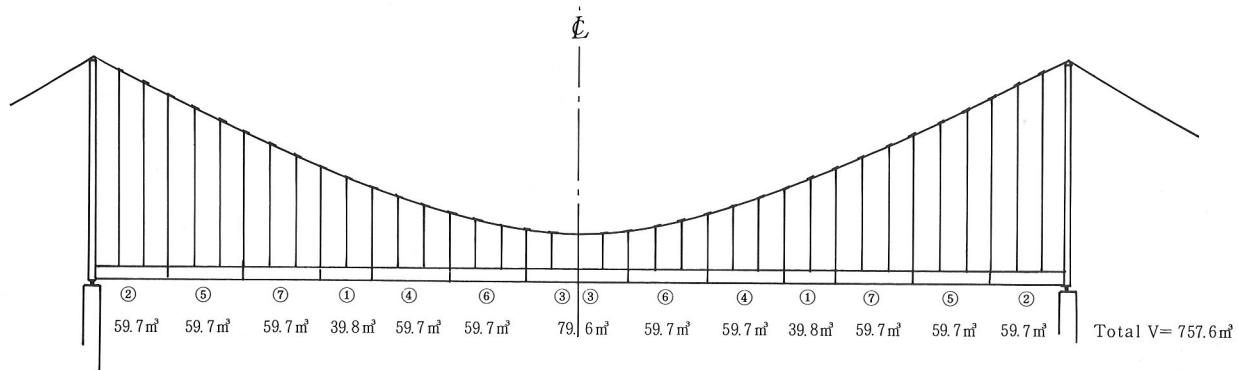
10. 床版工事

10-1 概要

吊橋の補剛トラスはそのスパン長に比べ非常に剛性が少しく、撓み易い性質を有する。そのため床版のコンクリート打設に当たっては補剛トラスの応力がオーバーしないよう又打設完了した部分のコンクリートに悪影響を与えないように慎重に検討しなければならない。従って

床版は数ブロックに分割して打設するが、そのブロック数および打設順序は重要な要素となる。

本橋ではコンクリートの打設進行と共に順次発生するトラスの変形をできるだけ抑えることを主眼に電算にて検討した結果、図-13に示した順序にて施工した。又床版の施工に先立ち、比国工事仕様に則りコンクリート試験及び鉄筋検査を行った。



- 1) 打設順序は、上図の様にスパン 1/4、トラス端部、中央の順で行なう。
- 2) 打設は、左右対称に同時に行なうものとする。

図-13 床版打設順序

10-2 型枠組立

比国は木材が非常に豊富で安価なので型枠は全て木材を使用した。材料は1回使いとし全橋分の材料を準備した。床版が取付く縦桁上フランジと同一面上に上横構が通っており、上横構をかわして型枠を組み上げなければならず、同一断面で全橋組めないという点で多少困難があった。しかしさすがに木材の豊富な国だけあって現地人大工も日本人に劣らないくらいの技量を持っており、写真的如くみごとな型枠が組み立てられた。

10-3 鉄筋組立

型枠組立作業と併行して、アパリ側作業場では鉄筋の加工作業を進めた。比国では機械式の加工機が普及していないため写真-21のように人力にて行った。加工、組立とも全橋同一断面であり、人力による単純作業の連続であった。

10-4 床版打設

コンクリートの打設は床版部と歩道部の2段階に分けて行ない、床版部については計画通り7段階に分けて行



写真-20 型枠組立

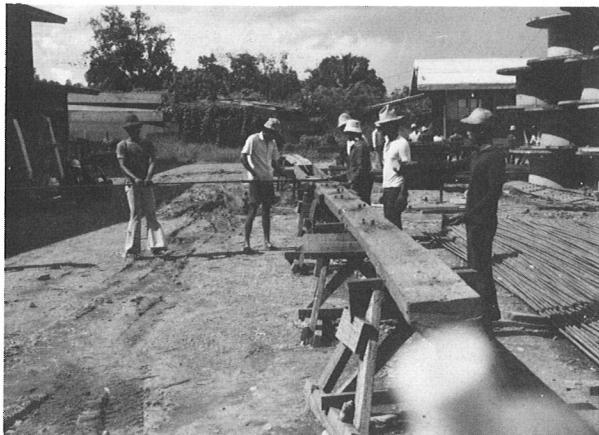


写真-21 鉄筋加工



写真-24 床版コンクリート完了

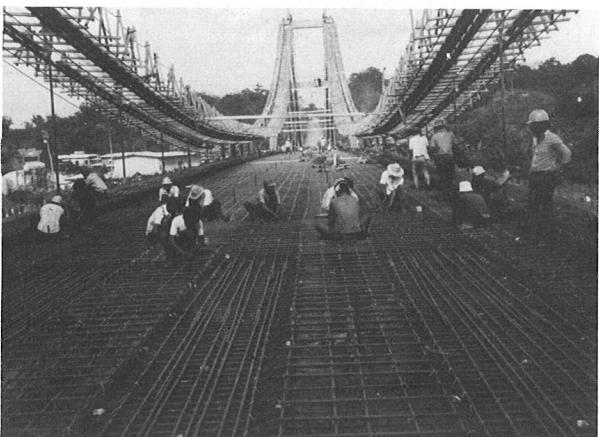


写真-22 鉄筋組立

った。補剛トラスに大きな変形を起こさないよう打設作業は支間中央に対して常に対称に行なった。多くのブロックに分けて打設したが、鉄筋は連続しているため打継目に設けたジョイント部の構造、特に漏水防止対策に頭を悩ました。



写真-23 コンクリートの打設

11. 残工事

床版打設およびラッピング終了後、塗装工、キャットウォーク等段取りの解体を行い、吊橋は完成するわけであるが、これらはコンサルタント契約期間中に施工することができなかったため、作業方法をリコメンデーションで指示するとともに、コントラクターに対しても細かく作業要領を指導し我々は帰国の途に着いた。これらの残工事は現地技術者の手により施工され、54年9月にはアプローチ道路も含め全ての工事が完了し開通した。

あとがき

マガピット吊橋の架設されたルソン島北部は、太平洋戦争の激戦地であった所で、今もなお多くの戦跡と共にこの国の人々の胸の奥にその傷跡をのこしておりました。しかし今ここに日本の経済協力のもとに、日本人技術者の技術指導によって立派な吊橋が完成し、この地域の発展と人々の生活に大きく貢献することは、新たな記憶としてこの国の人々の胸の中に長くのこるものと思います。また、言葉の障害、民族性の違い、社会習慣の違い等多くの難問を乗り越えて、日本の橋梁業界にとって初めての試みであった、ソフトウェアの輸出としての本工事を立派に完成させた事は、当社の技術力を国内外に証明するとともに、今、海外で困難な作業に取り組んでいる方々、今後海外にて活躍される方々への大きな励みになるものと思います。

さいごに、我々が施工管理業務を遂行するに当たり、現地において、またマニラにおいて全面的な協力を下さいましたフィリピン道路局の多くの技術者の方々、我々の技術指導を良く理解され、熱意をもって立派な吊橋を完成してくれた施工業者の方々、および日本国内において御支援、御指導下さった多くの方々に深く感謝します。