

ロアリング工法によるアーチリブの架設

吉田 藤雄*1・蔵菌 範良*2・新鷲 光成*3・田原 文夫*4

1. はじめに

屋久島は、九州南端佐多岬の南方 60 km の黒潮洋上に浮かぶ日本でも 7 番目に大きな島で、総面積 500 km²、周囲 105 km、東西 28 km、南北 24 km のおよそ円形に近い島をなしている。東隣の種子島とは対照的に海からいきなりそそりたつ一大山岳をなし、九州最高峰宮之浦岳 (1 935 m) をはじめとして比類なき大自然が多く残っている。

鯛之川橋は、この島の南南東に位置する鯛之川の河口から約 1 km 上流に建設されている農免農道の RC 固定アーチ橋である。橋の近くには観光の名所、千尋滝など風光明媚な所が多数あり、これらの景観に調和し、経済的な橋梁形式としてアーチタイプを選定した。

アーチ橋の施工方法としてセントル工法、トラス工法等も考えられたが、これらの工法よりも海上運搬の資機材を少なくでき、経済的であるとの考えで、ロアリング工法を採用した。ロアリング工法とは、コンクリート製のアーチリブをあらかじめ 2 つに分割した状態で両岸にて鉛直方向に製作し、この 2 つのアーチリブを前方へ回転降下させ、中央でドッキングするアーチリブの施工方法である。本橋は、ロアリング工法で施工された橋としては、内の倉橋について国内で 2 番目の橋となる。

そこで、本稿ではアーチリブの架設を中心に鯛之川橋の施工概要について報告する。

2. 橋梁概要

2.1 工事概要

工事名：農免農道整備事業鯛之川地区3-1
 発注者：鹿児島県熊毛支庁屋久島土地改良出張所
 施工者：オリエンタル建設株式会社福岡支店
 工期：平成3年7月15日～平成4年3月19日



写真-1 鯛之川橋ロアリング架設中

工事場所：鹿児島県熊毛郡屋久町麦生・原地内

2.2 構造規格

橋格：2等橋 (TL-14)
 道路区分：道路構造令第3種第5級
 設計速度：30 km/h
 有効幅員：5.0 m

2.3 橋梁上部工

橋種：鉄筋コンクリート道路橋
 構造形式：上路式固定アーチ橋
 架設工法：ロアリング工法
 橋長：70.00 m
 アーチ支間：60.00 m
 アーチ軸線：円曲線 ($R=50$ m)
 アーチライズ：10.00 m
 設計震度： $K_h=0.13$

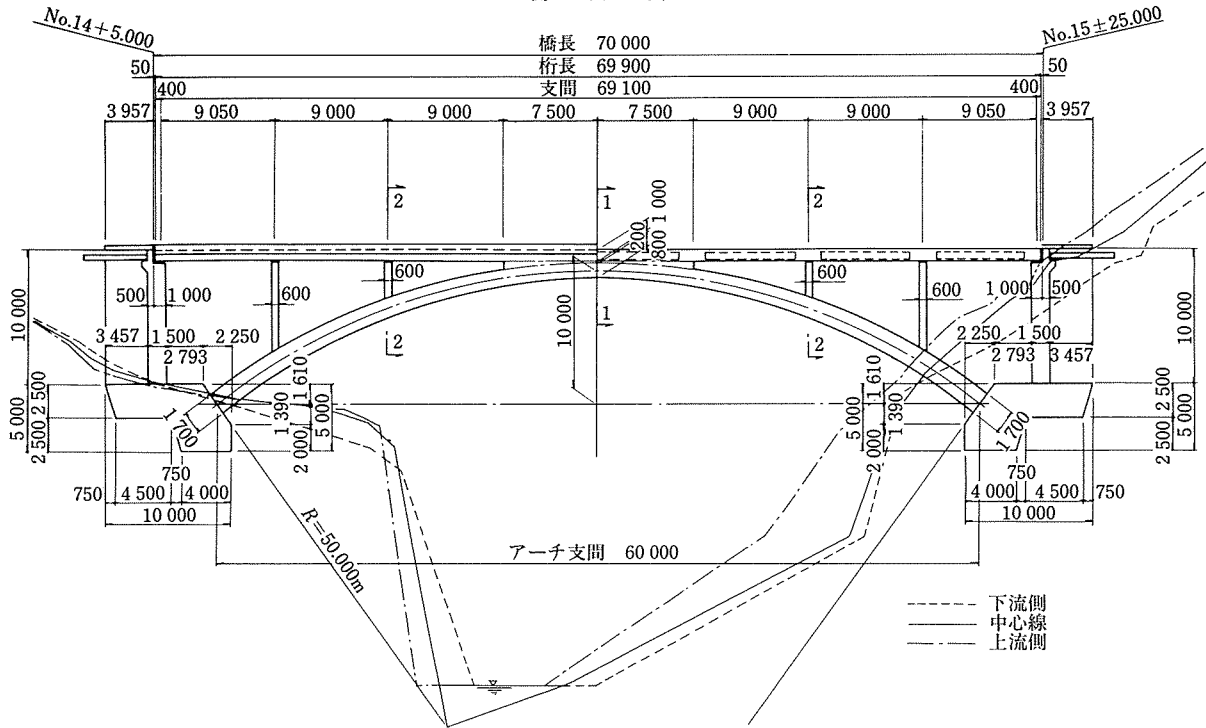
*1 Fujio YOSHIDA：鹿児島県熊毛支庁 屋久島土地改良出張所所長

*2 Noriyoshi KURAZONO：鹿児島県熊毛支庁 屋久島土地改良出張所技術主査

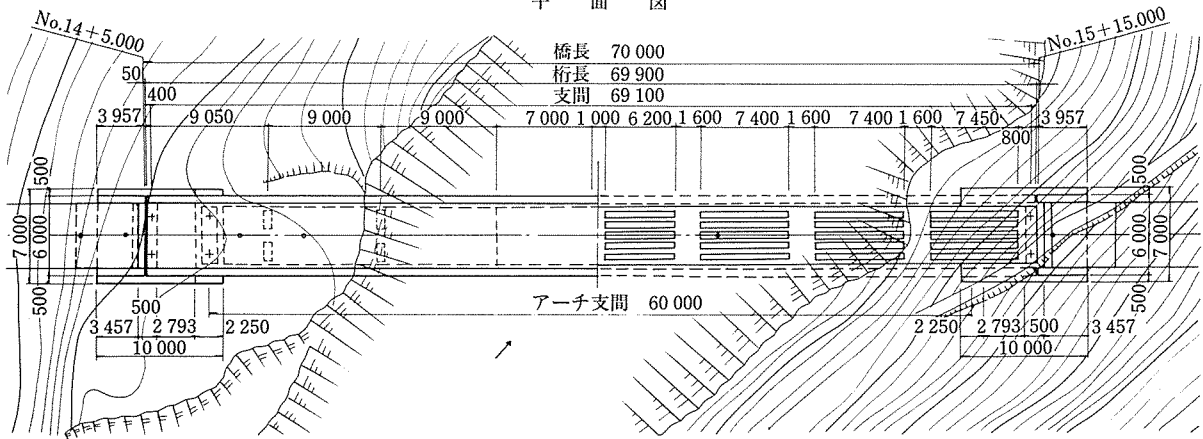
*3 Mitsunari SHINWASHI：オリエンタル建設(株) 福岡支店工事部

*4 Fumio TAHARA：オリエンタル建設(株) 福岡支店工事部

側面図



平面図



断面図

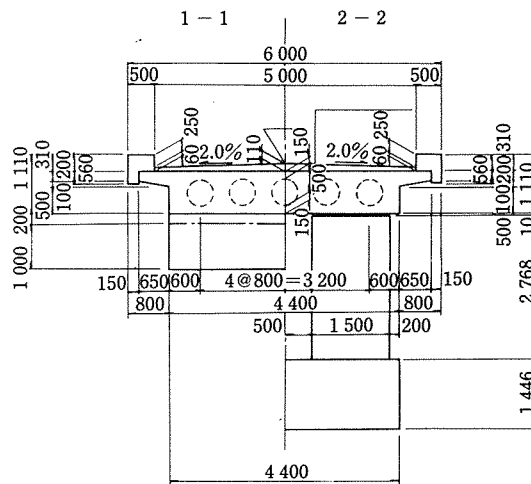


図-1 全体一般図

3. アーチリブおよびアンカーの施工

アーチ橋をロアリング工法で施工するとき、アーチリブを架設するまでに行わなければならない作業を大別すると、回転支承の据付け、アーチリブの製作、アンカーブロックの製作、およびロックアンカー工事などに区分できる。

以下、各作業の目的および施工概要について述べる。

3.1 回転支承

回転支承は、鉛直に製作したアーチリブを所定の位置までスムーズに回転させる働きをするもので、部材当たり2個以上必要になる。したがって、それぞれの支承の回転軸を精度よく一致させる必要がある。

本橋の場合、鉛直荷重に対し220 tf、水平荷重に対し300 tf抵抗できる大型の回転支承が必要であった。そこで、水平に打ち上げられたコンクリート面に直接据え付けることにより、据付け精度を高めることにした。また、下沓を介して水平荷重をアバットに伝達することも必要であり、下沓の形状を図-2に示すようにL形にした。さらに据付け作業を完了した後で、300×300のH形鋼をそれぞれの支承に結合し、H形鋼を回転させることにより、回転軸の一致を確認した。

3.2 アーチリブの製作

アーチリブは、図-3に示すように12ブロックに分けて製作した。アーチリブの製作は、周囲に四角支柱で支保工を組み立て、支保工上部に設置した吊装置(2.8 tf)を用いて、型枠、鉄筋、コンクリート、およびその他の材料を運搬し、支保工上部から吊った移動式足場を用いて行った。また、各ブロック継目における鉄筋の継手は、現場の立地条件、工程、および施工性を考慮してねじ式の継手とした。なお、吊装置、支保工の組立には

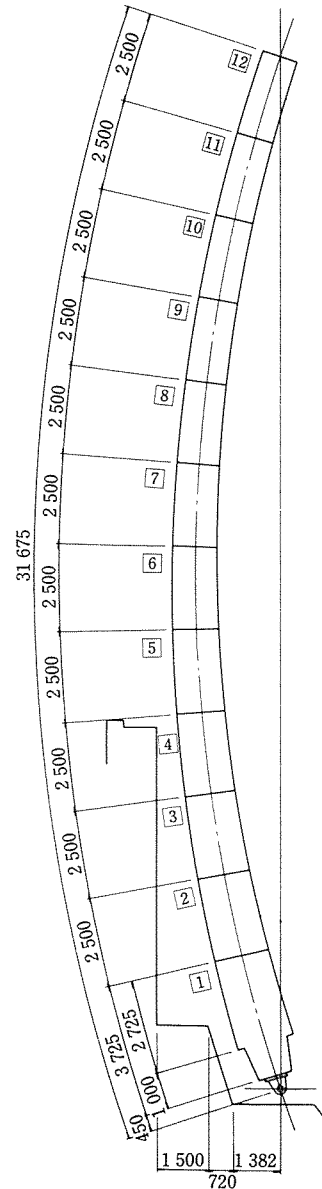


図-3 アーチリブブロック割り図

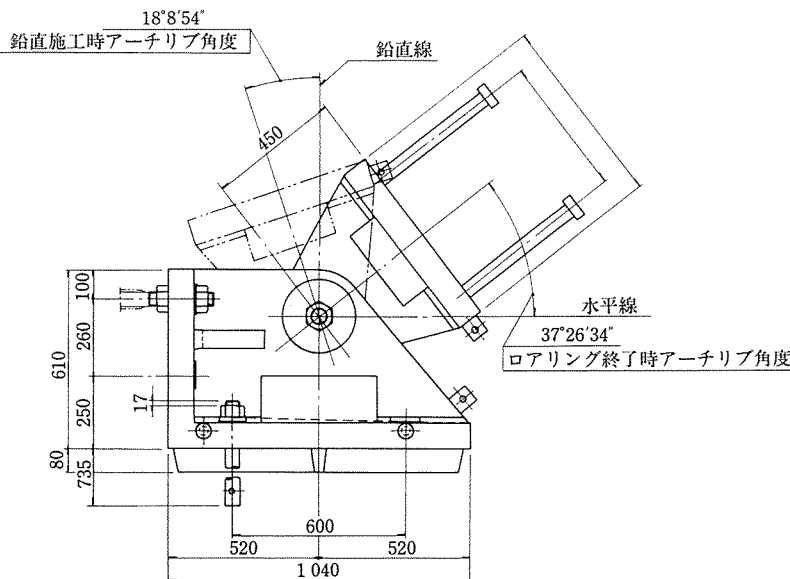
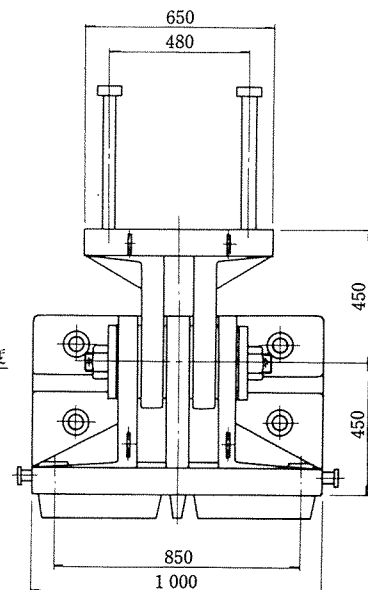


図-2 回転支承



トラッククレーンを用いた。

さらに、アーチリブには、ロアリング架設時に部材を徐々に回転降下させるために必要な控え索としてのロアリングケーブルと、部材を引き降ろすために必要な引寄

せケーブルの2種類の架設ケーブルをセットする必要がある。ケーブルの定着位置は、架設時に部材に生ずる応力が設計荷重時よりも小さくなるように計算して求めた。また、ケーブルの形状は、アーチリブの回転降下とともに変化する。そこで、鋼材に無理な力が働かないようにアーチリブ内に図-4に示すような鋼製ダクトを埋め込んだ。

3.3 アンカーブロック・ロックアンカー

架設ケーブルの張力は、アンカーブロックを介して、ロックアンカーで負担する。

すなわち、アンカーブロックは架設ケーブルおよびロックアンカーの定着体の役目を果たすもので、ロックアンカーは、定着岩盤に架設ケーブルの張力を伝達するものである。

本橋のアンカーブロックの形状は、ブロックの間にトラッククレーンの搬入路を確保するため、凹形とした。また、設置場所は、左岸右岸の支持地盤状況が異なっていたため橋台後方30.0 mと25.0 mの地点にした。

なお、アンカーブロック内にも架設ケーブル通過孔として図-5に示す鋼製ダクトを埋め込んだ。

ロックアンカーは、架設ケーブル最大張力600 tfに抵抗させるために、PC鋼材(10-φ12.7)を8ケーブル用いた。

4. ロアリング架設

ロアリング架設の作業手順は大別すると、架設前作業、架設作業、架設後作業に区分できる。以下に各作業の概要を示す。なお、架設作業中において、引寄せケーブルとロアリングケーブルの両方を使用して作業をして

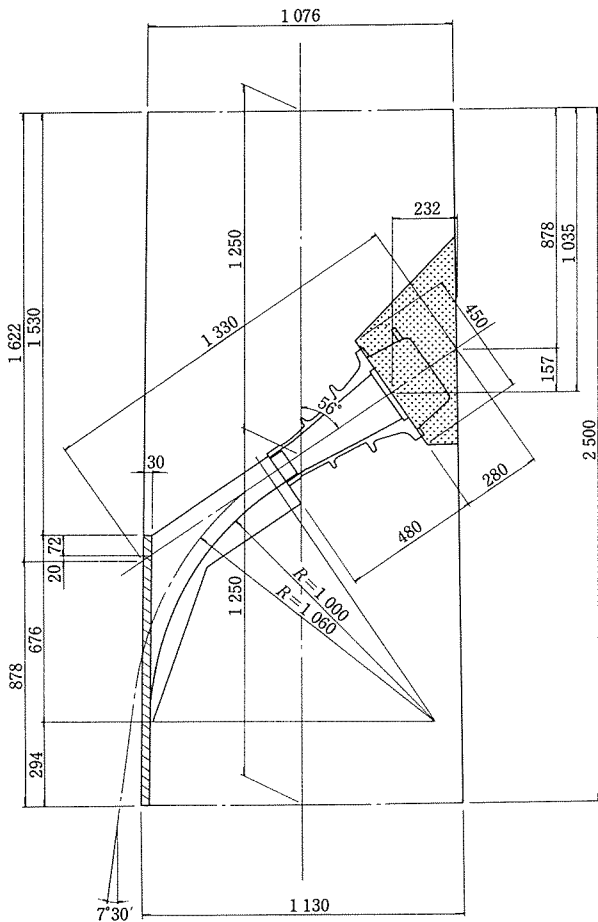


図-4 アーチリブ側鋼製ダクト

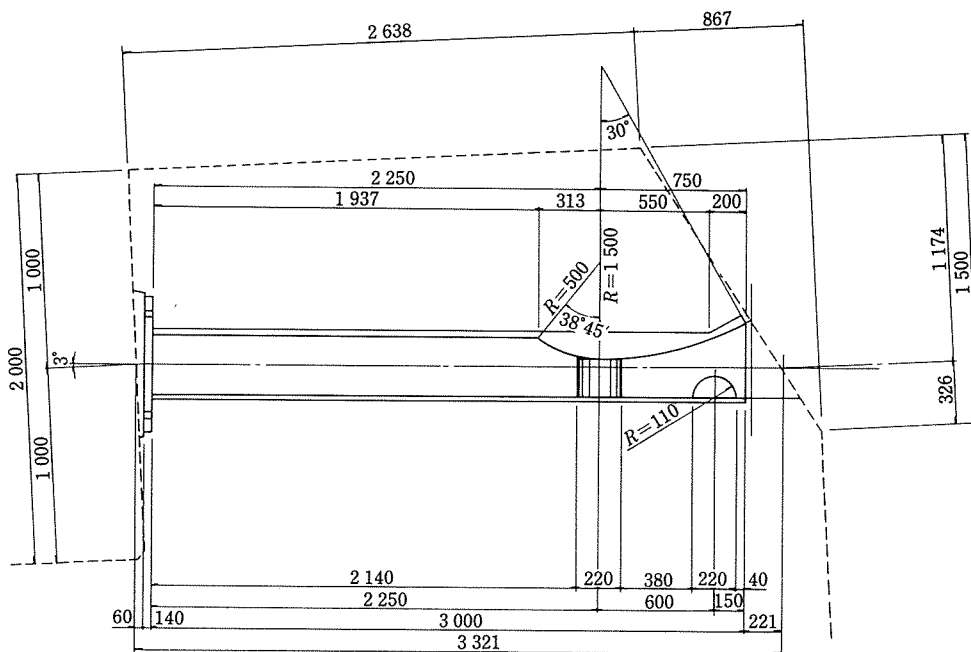
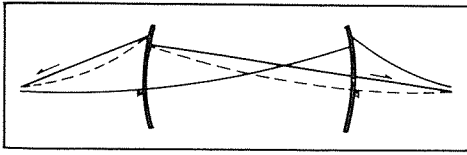


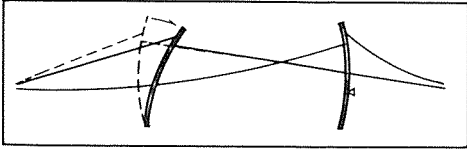
図-5 アンカーブロック側鋼製ダクト

◇工事報告◇

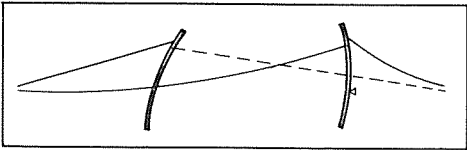
① 左岸リブ各ケーブルのサグ取り・初期緊張力導入



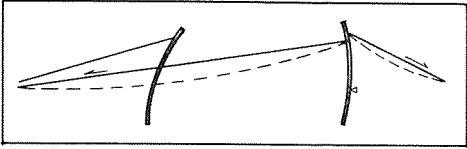
② 左岸リブの一次ロアリング



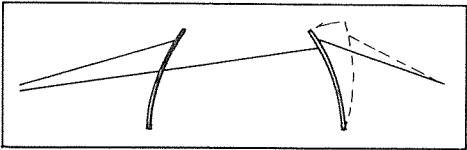
③ 左岸リブの引寄せケーブル解放



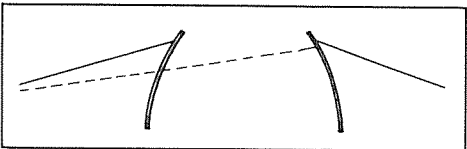
④ 右岸リブ各ケーブルのサグ取り・初期緊張力導入



⑤ 右岸リブの一次ロアリング



⑥ 右岸リブの引寄せケーブル解放



⑦ 両岸リブの二次ロアリング

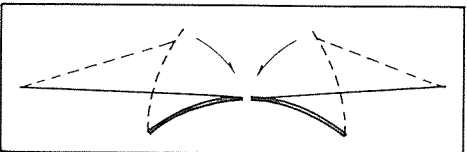


図-6 ロアリング架設手順図

いる状態を一次ロアリング、ロアリングケーブルのみの使用で可能となる状態からの作業を二次ロアリングと呼ぶことにした。二次ロアリングの状態では、アーチリブは、引寄せケーブルによる引寄せがなくても自重のみで回転降下し、かつ偶発荷重が作用しても安定している(図-6)。

4.1 ロアリング架設前作業

① 吊装置および支保工の解体

アーチリブ製作時に使用した吊装置およびアーチ

リブ支保工を解体・撤去した。

② アーチリブ作業足場組立

サグ取り、1本ごと緊張、定着具セットなどの作業を行うため、アーチリブの定着部付近に足場を設置した。

③ アンカーブロック回りの掘削および整地

ロアリング架設に先立ち、ケーブル通過空間・緊張作業空間を確保するため、アンカーブロック回りの掘削・整地を行った。

④ 架設ケーブルの配置

架設ケーブルは、まず、所定本数分のPC鋼材を所定の長さに切断し、アンカーブロック後方にそれぞれケーブル単位で仮置きした。次に、引寄せケーブルの配置は、1ケーブルを単位としてウィンチを使用して行った。ロアリングケーブルは、PC鋼材の構成本数が多く、また回転角も大きいので、鋼材が絡み合う可能性が大きく、それを防止する意味で、ダクト内を精度よく配列する必要がある。そのために、ロアリングケーブルの配置は、PC鋼材に番号をつけ1本単位で行った。

4.2 ロアリング架設工

ロアリング架設における各施工ステップの内容を施工手順に沿って以下に記す。なお、引寄せケーブルはアンカーブロック中央に1ケーブル、ロアリングケーブルはアンカーブロック左右に各1ケーブルずつの計2ケーブル使用している(図-7)。

① 左岸リブ各ケーブルのサグ取り・初期緊張力導入

ロアリング架設は左岸側から順に行い、まず、各ケーブルのサグを取る作業を行った。

引寄せケーブルのサグ取りは、1本ごとの緊張は特に行わず、アーチリブ側を固定した後、アンカーブロック側から引寄せジャッキ(SF-M型)を使用してケーブル全体を緊張することにより行った(写真-2)。

ロアリングケーブルのサグ取りは、まず、全体の

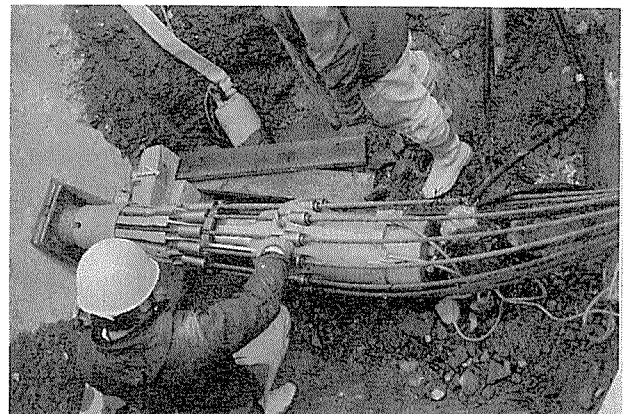


写真-2 引寄せ用ジャッキ(SF-M型)

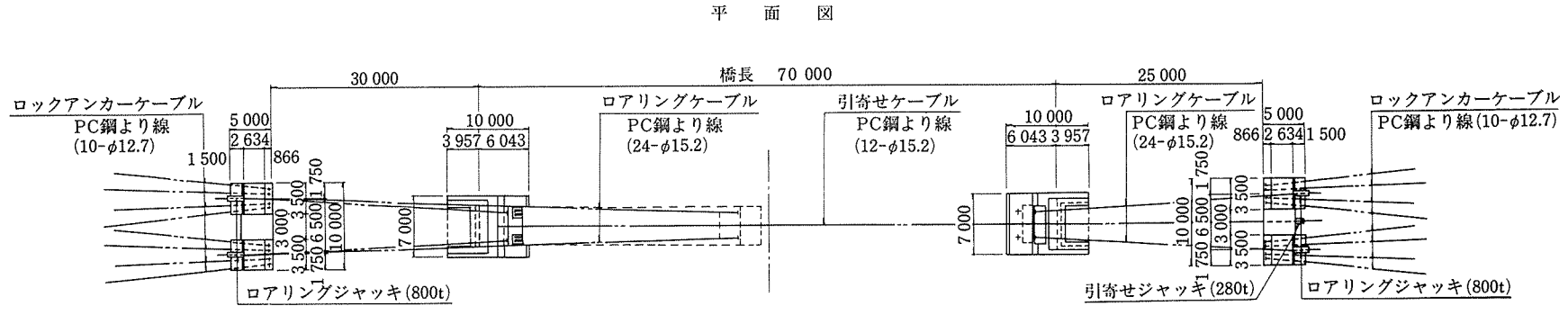
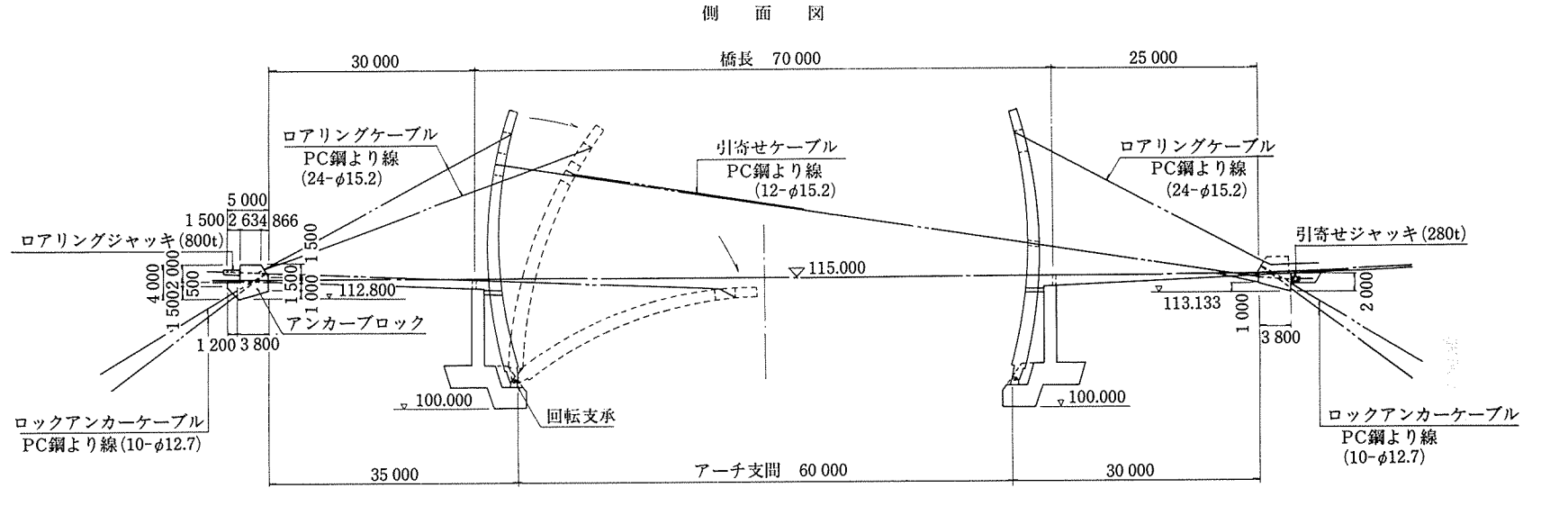


図-7 ロアリング架設要領図

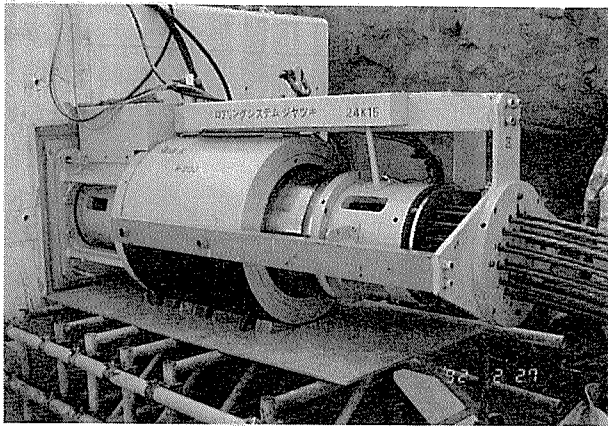


写真-3 ロアリング用ジャッキ (H-800型)

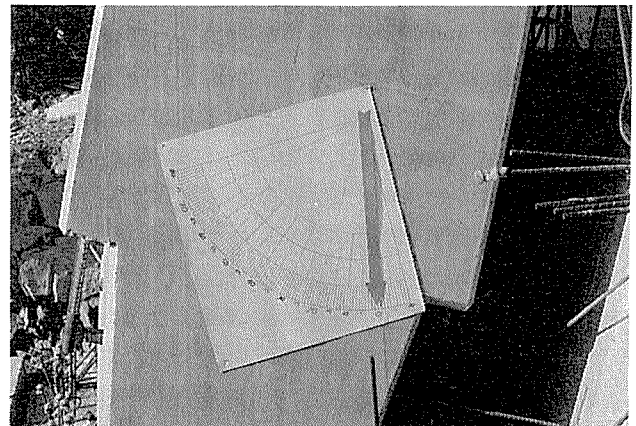


写真-4 傾斜角度計

たわみを少なくするため、ロアリングジャッキ (H-800型) によって (写真-3) アンカーブロック側から、緊張を行った。その後、不揃いの PC 鋼材についてはアーチリブ側から 1 H 15-200 型 FK ジャッキにより鋼材 1 本ごとに緊張を行う予定であったが、特にその必要はなかった。また、初期緊張力の導入は、各ケーブルの張力を調整しながら引寄せケーブルの張力が 70 tf になるまで各ジャッキを緊張することによって行った。初期緊張力を導入したアーチリブは、偶発荷重 (風荷重、地震荷重) が作用しても安定した状態となっており、この時点でアーチリブ製作時にあらかじめ設置していた転倒防止材を撤去した。

② 左岸リブの一次ロアリング

一次ロアリングは、ロアリングケーブルと引寄せケーブルの両方を使用して行った。まず、引寄せ側のジャッキのみを作動させ、引寄せケーブルの張力が 170 tf (増加緊張力として 100 tf) となるまで緊張を行い、次にロアリング側の左右 2 台のジャッキを同時に作動させ、引寄せケーブルの張力が 70 tf (初期緊張力) から 170 tf の範囲になるように両岸で連絡を密に取り合い作業を行った。これらの引寄せ側ジャッキの緊張、ロアリング側ジャッキの解放の操作をアーチリブがロアリング開始から約 20° 回転降下するまで繰り返し行った。

③ 左岸リブの引寄せケーブルの解放

一次ロアリングが終了したアーチリブは、引寄せケーブルによる引寄せがなくても安定した構造となっており、この時点で引寄せケーブルを解放してもよい。実際は、引寄せジャッキを停止した状態でロアリングジャッキを作動させ、引寄せケーブルの張力をゼロとすることにより行った。

④ 右岸リブの各ケーブルのサグ取り、初期緊張力導入

- ⑤ 右岸リブの一次ロアリング
- ⑥ 右岸リブの引寄せケーブルの解放
- ⑦ 両岸リブの二次ロアリング

左岸・右岸共に一次ロアリングが終了した後、二次ロアリングを行った。二次ロアリングは、ロアリングケーブルのみを使用してロアリングジャッキの標準ストローク (200 mm) ずつ繰返し解放を行った。なお、本橋では、ロアリング架設での施工性・安全性を向上させるため、特に改良されたジャッキを使用した。このロアリングシステムジャッキ (H-800 型) は、ストロークを戻してケーブルを緩め出すという通常とは逆の動作が可能なので、ジャッキの前と後に装着したオートチャックが確実に摺り換えられるように工夫されている。さらには、2 台のジャッキの連動制御、異常時の緊急制御などを操作盤で統括し全自動運転を可能にしたものである。二次ロアリングの終了は、アーチリブの傾斜角がロアリング開始から約 70° 傾斜するまでであり、アーチリブに取り付けた傾斜角度計 (写真-4) の角度を読みとることによりこれを確認し、最終的にアーチリブ天端の高さをチェックすることにより終了した。

雨の多い屋久島には珍しく天候にも恵まれ、架設作業は、当初の計画どおり約 3 日間で終了した。

4.3 ロアリング架設の後作業

ロアリング架設終了後の各施工ステップの概要を、施工手順に沿って以下に記す。

① 中央閉合部の矯正

ロアリングを終了した時点での、上下流方向の施工誤差は基準値 ±30 mm に対し左岸 (-5 mm)、右岸 (+10 mm) であったため、特に矯正は行わなかった。

② 中央閉合支保工・作業足場の組立

中央閉合部の連結・クラウン部の施工に備え、足

場パイプなどによる支保工・作業足場を設置した。

③ 中央閉合部の連結

中央閉合部の連結は、クラウン部コンクリートの打設時に安定した施工を行えるようにあらかじめアーチリブ先端ブロックに埋設した H 形鋼に添接板をボルト止めすることにより行った。

④ クラウン部の施工

クラウン部の鉄筋・型枠を組み立て、圧送ポンプを使用してコンクリートを打設し、養生を行った。

⑤ 両岸各ケーブルの撤去

クラウン部のコンクリートが完全に硬化した時点で、ロアリングケーブルを解放し、各ジャッキおよびケーブルを撤去した。

5. 架設管理

回転降下させるアーチリブは、スプリング部の回転支承で支えられた一端ヒンジの不安定な構造系となっており、先端付近に取り付けられたロアリングケーブルと引寄せケーブルで安定を保ちながら架設を行うことになる。したがって、各ケーブルの張力を管理限界内に保持することはもちろん、反力台となるアンカーブロックやアーチアバットの異常な挙動に対しては細心の注意を払う必要がある。さらには、アーチリブを所定の閉合位置まで架設させるために設置した回転支承が、精度良くスムーズに機能しているかを逐次確認することも重要である。これらのことを踏まえ本橋では、以下のような架設管理を行った。

① ロアリングケーブルの管理

ロアリングケーブルの張力は、まずジャッキのストロークを戻すとその分だけアーチリブが回転し、自重によるモーメントと釣り合うところまで増加することになる。この関係を予め計算によって求めておき、回転角約 5° きざみで測定した実測値（傾斜角度計の目読値・スチールテープによる抜け出し量・ジャッキのマノメータ示度）と照合しながら管理

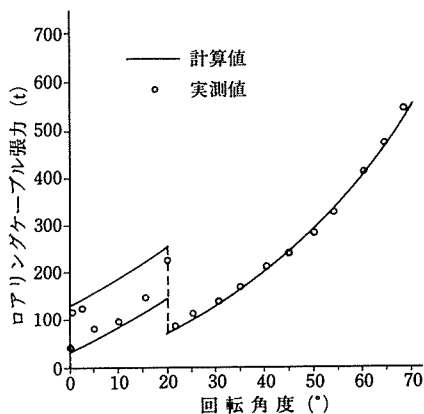


図-8 張力管理図

を行った。管理結果は図-8、図-9 に示すが、微小変形理論による平面骨組解析で求めた計算値と大きなずれはなく、ほぼ一致したと言える。

② 引寄せケーブルの管理

引寄せケーブルの張力は、アーチリブが山側へ倒れ込むのを防ぐため、施工時の地震力 ($K_h=0.1$) や風荷重 ($W=150 \text{ kg/m}^2$) に抵抗する張力 70 tf をもって管理下限値とした。また張力の上限は、アーチリブの耐力によっても制約を受けるが、本橋では耐力に余裕があったため、使用ジャッキのストローク 300 mm とほぼ同じ伸び量を与える 100 tf を増加張力とし、管理上限値を 170 tf に設定した。管理方法は、ロアリングケーブルとの同時作業となるため、ジャッキのマノメータ示度を常にこの管理範囲内に保持することとした。また、ケーブルの引込み量については、回転角約 5° ごとの測定時に抜出し量と同様にスチールテープで測定し計算値と照合した。

③ アンカーブロック等の変位

アーチアバットおよびアンカーブロックについては、水平器と下げ振りを設置し変位の有無を随時検測していたが、とくに異常は認められなかった。

④ アーチリブ先端のずれ量

架設中のアーチリブ先端のずれ量は、回転支承の設置精度に大きく支配されているが、その他にも左右のロアリングケーブルの張力差や支承部の摩擦などによっても影響を受ける。アーチリブの曲げやねじりの耐力は十分ではあるが、最終の閉合位置で所

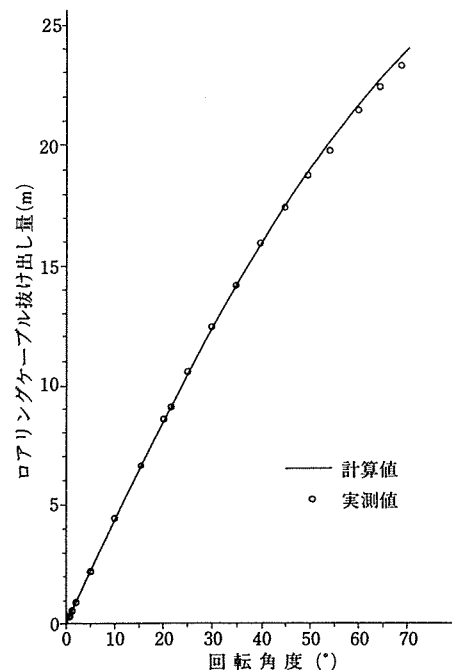


図-9 抜け出し量管理図

◇工事報告◇

定の架設精度を得るために、随時トランシットによってアーチリブ先端のずれ量を測定し、基準値を超えていないことを確認した。

6. おわりに

本橋梁は、現在スプリングまでの施工が終わって

おり、平成4年度の工事として、鉛直材・補剛桁・橋面工などの工事が行われる予定である。

本橋梁のロアリング架設にあたって、極東鋼弦コンクリート振興(株)をはじめとして多くの方々のご尽力に対し、紙面をかりて謝意を表します。

【1992年5月6日受付】

◀新刊図書案内▶

PCプレキャスト部材

本書は、プレストレストコンクリート第33巻特別号として刊行されたもので、最近のPCプレキャスト部材の概要・特色を分野別に分類し紹介したものです。

体 裁：B5判 162頁

頒布価格：3000円（送料：350円）

内 容：〈総論〉PCプレキャスト部材の展望 〈道路〉概論／プレテンション方式プレストレストコンクリート橋桁／軽荷重スラブ橋用プレストレストコンクリート橋桁／ポストテンション方式プレストレストコンクリート橋桁／PC合成床版工法／PPCS工法／プレキャスト床版／PCスノーシェッド（逆L型）／PCスノーシェルター（アーチ型）／ロックシェッドプレキャストPC部材／ボルト連結式ロックシェッド／ドーピーシェッド／キャンティール工法 〈鉄道〉概論／PCマクラギ／軌道スラブ／〈建築〉概論／ダブルTスラブ／FC板スラブ工法／CS版／ π スラブ／CSTスラブ／DV合成スラブ／KS合成スラブ／DTアーチ合成スラブ／FPC合成スラブ／アサノダイナspan合成床工法／spanクリート合成床工法／高層PCラーメン組立工法 プレストレス圧着接合による柱自立工法 〈地下〉概論／プレストレストコンクリート矢板／既成コンクリート杭／PCウェル工法／AJパイル／PCボックスカルバート／プレキャストボックスカルバート／プレキャストコンクリート共同溝／PCフレーム／KKEクロスビーム／PC-壁体／プレキャストPC可撓性樋管／地中横断構造物構築工法（非開削工法）PCR工法用PCR桁 〈海洋〉概論／PC栈橋用プレキャストホロー桁／フローティングピアシステム／ベイテックポンツーンシステム 〈その他〉PCプレキャスト版舗装／プレキャストPCタンク／防火用水貯水槽 TAR耐震性貯水槽