

メラン材のロアリング工法を用いた万年橋の施工

高瀬 照久*1・神澤 福男*2・山崎 斉*3・中村 収志*4

1. はじめに

万年橋は、一般国道411号線が多摩川を渡河する東京都青梅市に位置し、上流側がトラス橋、下流側がRCアーチ橋よりなる片側1車線の分離橋である。下流側アーチ橋は、明治30年に木製のアーチ橋として架設され、明治40年に橋長89m、アーチスパン長75mの鋼アーチ橋（床版と高欄は木造）に架け替えられた。同型式としては当時、国内最長、海外を含めても6番目の規模を誇る橋梁であった。その後、昭和18年に鋼アーチリブを鉄筋コンクリートで巻立て、鉛直材と床版をRC構造とする大規模な改修が行われた。本工事は、この旧万年橋の老朽化に伴う架替え工事として、旧橋を撤去し、新たにRCアーチ橋を架設するのである（写真-1）。



写真-1 完成予想図

本橋の架設工法は、同一規模のRCアーチ橋でもっとも実績の多いメラン巻立て工法を採用し、メラン材の架設には大規模なバックアンカーを設置できないことから、おののアーチアバット上で鉛直方向に架設し、所定の位置まで回転降下させてアーチリブを閉合するロアリング工法を採用した。

本稿は、メラン材のロアリング架設工法の計画と管理手法を中心に報告する。

2. 橋梁概要

万年橋の橋梁概要を以下に示す。また、図-1、2に構造

一般図と断面図を、表-1に主要材料を示す。

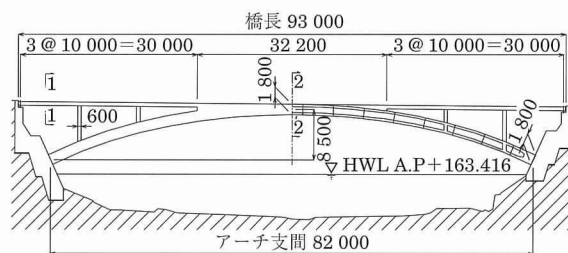


図-1 構造一般図

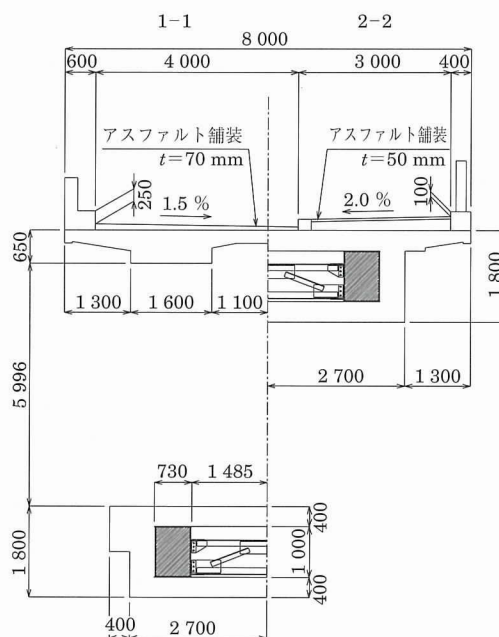


図-2 断面図

表-1 主要材料

項目	仕様	数量	摘要
コンクリート	40 N/mm ²	515 m ³	アーチリブ
	24 N/mm ²	46 m ³	鉛直材
	24 N/mm ²	309 m ³	補剛桁
	24 N/mm ²	723 m ³	アーチアバット
	24 N/mm ²	99 m ³	アンカーブロック
鉄筋	SD 345	71 t	アーチアバット
	SD 345	179 t	アーチリブ
	SD 345	88 t	鉛直材, 補剛桁
メラン材	SS 400~SM 490 YA	91 t	

*1 Teruhisa TAKASE：東京都西多摩建設事務所 工事二課 工事担当係長

*2 Fukuo KANZAWA：(株)建設技術研究所 東京本社 構造部 次長

*3 Hitoshi YAMAZAKI：三井住友建設(株)・東京機工土木(株) 共同企業体 所長

*4 Atsushi NAKAMURA：三井住友建設(株) PC設計部 次長

工 事 名：万年橋 RC アーチ橋製作・架設工事
 設計荷重：B 活荷重
 構造形式：RC 固定アーチ橋
 橋 長：93 000 m
 アーチスパン：82 000 m
 アーチライズ：8 500 m（スパンライズ比 9.65）
 幅 員：有効幅員 7 000 m，総幅員 8 000 m

3. 施工法の検討

3.1 架設工法の選定理由

アーチ橋においては、架設工法の選定が重要課題である。本橋の立地条件および架設条件は、次のとおりである。

- ①河川内には支保工および仮支柱の設置が不可能である。
- ②民家が隣接しており、低騒音・低振動作業が要求される。
- ③架設ヤードは両側橋台の背面に不規則な三角形の幅 15 m～20 m，広さ 200 m² 程の狭小な施工スペースしか存在しないため、昼間の作業用のクレーン車やトラック等のヤード確保が難しい（写真-2）。
- ④風の影響を受けやすいため、早期にアーチ構造とすることが望ましい。

本橋のアーチリブ架設工法は、立地条件、構造的性、安全

性、経済性および実績からメラン巻立て工法を採用した。本工法は、メラン材と呼ばれる鋼部材をアーチ状に先行架設して閉合した後、メラン巻立て用の移動作業車を用いて RC 部材となるアーチリブをスプリング部より構築する架設方法である。メラン材の架設工法としては、全長の 1/2 ずつをおのおのアーチアバット上で鉛直方向に組立てて、所定の位置まで回転降下させてアーチリブを閉合するロアリング工法を採用した。ロアリング工法に重量の軽いメラン材を使用することにより、ロアリング設備の規模は、コンクリート製のアーチリブをロアリングする場合と比較して 1/10 程度となる。

メラン材は、メラン長 84.5 m，メラン重量 91 ton の鋼 2 主桁箱桁構造で、アーチ支間全体をメラン長としたことにより、早期に安定したアーチ構造が得られるとともにアーチリブ完成までに必要な水平力が不要となる。

また、本橋のメラン工法は、ウェブコンクリートの内部に埋め込み配置していたメラン材を箱桁内に配置する新メラン工法を採用した。本工法は、RC アーチ橋の合理化施工によるコスト削減を図るため、従来のメラン工法を改良したもので、小規模アーチから大規模アーチまで適用可能な新しい架設工法である。

新メラン工法の実績表を表-2 に示す。

3.2 全体施工要領

図-3 に全体施工要領、図-4 に全体工程を示す。架設工法選定理由で述べたように橋台背面の架設ヤードが狭小なため、メラン材の組立てからアーチリブ完成までに必要な架設機械とアンカブロックの規模を最小化しているのが特徴となっている。

アーチリブの施工は、スプリング部 4.0 m を吊り支保工により構築した後、メラン巻立て用移動作業車を組み立てる。その後、スプリング部からアーチクラウン部に向かって 7 ブロックを巻立てる。最後に、中央連結部を施工してメラン巻立て用移動作業車を解体する。

アーチリブの完成後、鉛直材、補剛桁、橋面工を施工して RC アーチ橋の完成となる。

3.3 ロアリング方法の検討

図-5 にロアリング架設方法の比較図を示す。メラン材のロアリング架設としては、立地条件、作業条件、交通規制条件等から以下の 3 案について検討を行った。なお、ケーブルに作用する張力が小さいロアリング初期段階を 1 次ロアリング、それ以降のロアリング架設を 2 次ロアリング



写真-2 架設ヤード

表-2 新メラン工法の実績

橋名	所在地	アーチ支間長	有効幅員	メラン配置区間長	メラン配置比率	メラン重量	鋼材の種類	備考
		(m)	(m)	(m)	(%)	(ton)		
頭島大橋	岡山県和気郡	218.0	6.50	130.4	60	383	SS 400～SM 570	メラン併用張出し架設
菅合大橋	三重県大台町	65.0	7.00	65.0	100	67	SS 400～SM 400	全長にメラン材配置
万年橋	東京都青梅市	82.0	7.00	82.0	100	91	SS 400～SM 490 YA	全長にメラン材配置 メラン材のロアリング工法

項目	平成 15 年			平成 16 年												平成 17 年							
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	
準備工	■	■	■																				
下部工				■	■	■	■	■	■	■													
支承工											■	■											
メラン材組立て工													■	■									
ロアリング架設工																							
アーチリブ工																							
鉛直材工																							
補剛桁工																							
後片付け																							

図 - 4 全体工程

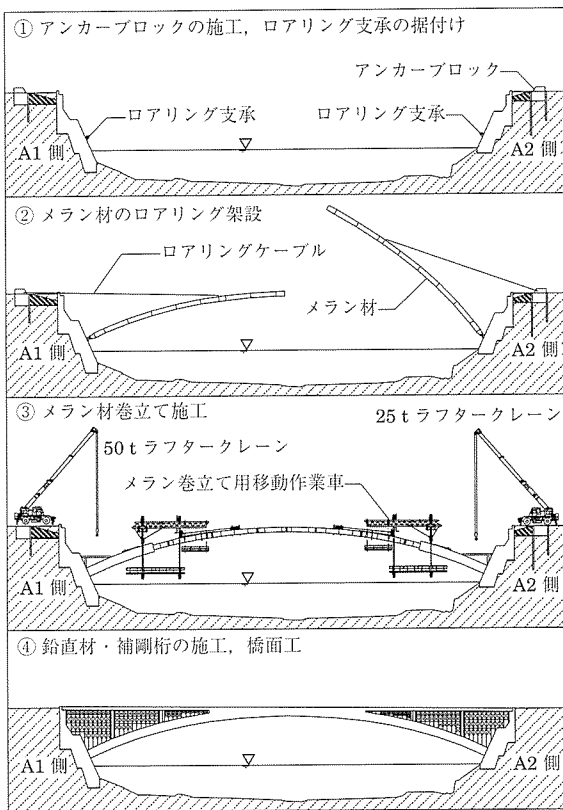


図 - 3 全体施工要領

とする。

CASE 1 ; ロアリングジャッキシステム (ケーブルに PC 鋼より線を使用) による架設。

CASE 2 ; ウインチ (ケーブルにワイヤロープを使用) による架設。

CASE 3 ; CASE 1 と CASE 2 の複合案。

1 次ロアリングはウインチ (直引能力 2 ton, 3 車) を使用し, 2 次ロアリングにロアリングジャッキシステムに切り替える。

CASE 1 の場合, 1 次ロアリング時のケーブル張力が小さいことから, PC 鋼より線のくさび定着に課題が生じる。最低張力を確保するためには引き込みウインチや押しジャッキの併用が必要となり, 1 ストロークごとに盛替え作業が必要なロアリングの架設時間を短縮することは非常に困

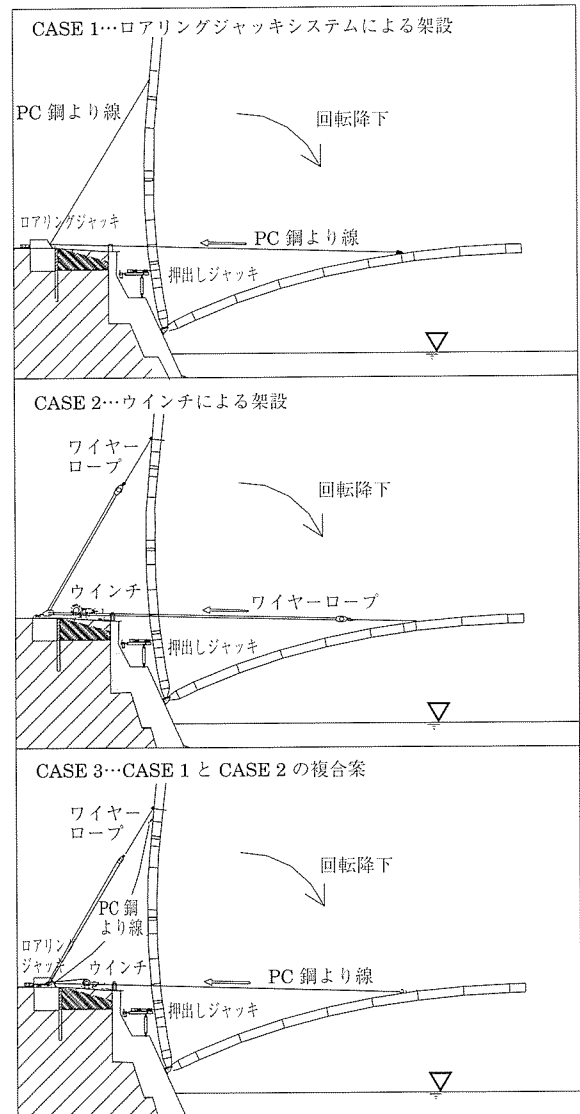


図 - 5 ロアリング架設方法

難である。CASE 2 の場合, ウインチケーブルをシャックルでメラン材に固定し, ロアリングジャッキの盛替え作業も必要ないことから, ロアリング架設時間は短時間で完了する。しかしながら, 直引能力 6 ton ウインチ (6 車) が 2 台必要となるなど, ウインチ設備の大型化による経済性の問題が生じる。よって本橋では, 2 次ロアリング時の架設

時間 (22:00~4:00) を考慮し、安全性と経済性を両立させるため、複合案の CASE 3 を採用した。

4. アンカーブロックの施工

表 - 3 にアンカーブロックの構造比較を示す。

メラン材ロアリング時のケーブル取付け用のアンカーブロックは、当初計画では、ロアリング反力をアンカーブロック底面の基礎地盤およびグラウンドアンカーにて抵抗する構造であった (①案)。しかしながら、地盤定数の不確定要素を排除するため、アンカーブロックと橋台の間に厚さ $t = 500 \text{ mm}$ のコンクリート版 (連結版) を 2 枚設置し、ロアリング荷重を橋台で受け持たせる構造に変更してロアリング時の安全性を向上させた (②案)。また、アンカーブロックの設置位置は、ロアリングジャッキの緊張作業に必要な空間と 11 kW 減速ウインチの配置位置の関係から、A1 側は 14.80 m、A2 側は 12.95 m、ロアリング支承から後方に設置することとした (表 - 3 ②案)。

表 - 3 アンカーブロック構造比較

	①案…グラウンドアンカー	②案…連結版
構造	<p>◎アンカーブロック底面の基礎地盤とグラウンドアンカーで抵抗</p>	<p>◎連結版を介して、橋台本体で抵抗</p> <p>連結版 $t = 500 \text{ mm} \times 2$ 枚 A1 側 = 14.80 m A2 側 = 12.95 m</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・用地の関係からアンカーブロックの大きさが制限され、基礎地盤の地盤反力度が大きくなる。 ・掘削土量が少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・応力の伝達機構が明確なので、計測管理が容易である。 ・基礎地盤の地盤反力度に期待しなくて良い。 ・狭い架設ヤードでも施工が可能である。
備考	—	採用

アンカーブロックの上方には、高さ 1 m、幅 1 m、長さ 2 m の定着突起を 2 個設置し、これにロアリングケーブルを定着することとした。この定着突起は地表面から 1 m 突出しているため、メラン材組立て時の資機材搬入の邪魔になる。このため、地表面の部分で取り外し可能なマッチキャスト構造とした。

アンカーブロックの施工時は掘削土の搬出やコンクリート打設時の作業用車両の駐停車スペースがほとんどないことから、上流側トラス橋 (国道 411 号線) 2 車線の内、1 車線を通行止めにしてもう 1 車線を交互通行にすることで対処した。

5. ロアリング支承の施工

図 - 6 にロアリング支承構造図を示す。アーチアバットの傾斜部に設置するロアリング支承の据付けは、左右の独立した支承のピン中心位置 (通り、高さ、傾き) の関係が重要となる。本橋の場合、ピン中心位置が左右の支承で 1 mm ずれると、メラン材の先端では橋軸直角方向に最大

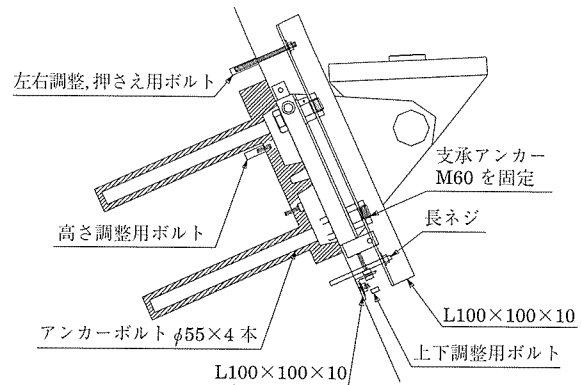


図 - 6 ロアリング支承構造図

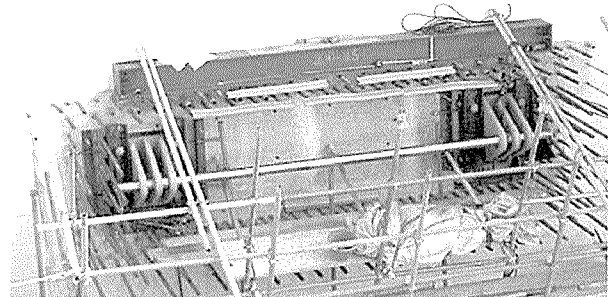


写真 - 3 ロアリング支承セット状況

120 mm 程度ずれる。このため、支承はアーチアバット施工完了後に微調整の可能な後据付けタイプ構造とした。さらに、左右の支承を 1 本のピンで一体化して、左右 2 基の回転軸線を完全に一致させることにより設置精度の向上を図った (写真 - 3)。この結果、ロアリング支承の据付け誤差は 0.5 mm 以下であった。

6. メラン材の組立て

メラン材は片側の組立て分として約 42 m を 5 部材 (部材長 = 6.0~9.4 m、重量 = 4.8~11.4 tf) に分割し、最下段のブロックは単材で架設、他の 4 部材は高所作業を少なくするため、地組みヤードで 2 主鋼を対傾構で連結した状態で 100 t 吊りラフタークレーンを用いて架設した。

メラン材の組立て作業は交通規制を伴う夜間に行うため、隣接する民家に対して以下の騒音・振動対策を実施した。

- ①発動機には超低騒音型を選定し、その周囲は防音シートで覆う。
- ②100 t 吊りラフタークレーンは騒音の低い機種を選定する。
- ③メラン材接合部の穴合わせには消音型ノックピン、電動式のセンターレンチを使用する。

これらの対策により、騒音・振動による問題は発生することなくメラン架設を完了することができた。

メラン材は垂直に近い形状で組立てるため、自重により生じる水平力はロアリング支承から高さ $h = 6.65 \text{ m}$ の押出しジャッキ位置で 78 kN とわずかであった。組立て時の風に対する対策は、架設期間が 14 日間 (組立ては 9 日間) の短期ではあるが、風速 30 m/s を想定した風荷重 882 N/m² で照査した。橋軸方向で 1 主構あたり 83 kN の水平力が作

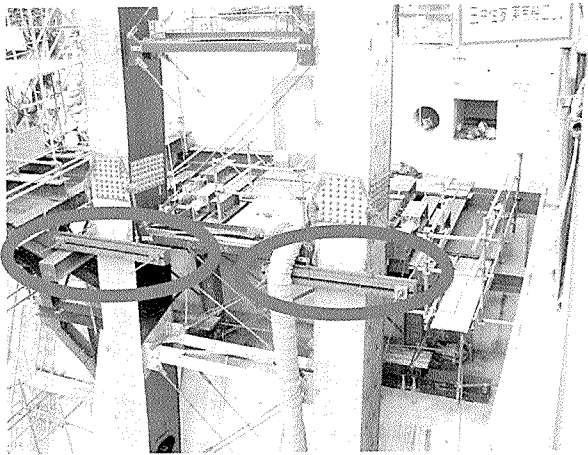


写真-4 フェイルセーフ鋼材

用するため、転倒防止対策として、メラン材先端付近と対岸の支承部付近をワイヤーφ12mmで緊縛固定するとともに、写真-4に示すようなフェイルセーフ鋼材（ゲビンデφ26×2本/主構）を設置した。

なお、組立て完了時の架設精度は、橋軸直角方向のずれがA1側、A2側ともに17mm程度（下流側）であった。

7. ロアリング架設

7.1 ロアリング架設概要

図-7にロアリング架設のフロー、図-8にメラン材ロアリング架設要領図を示す。本橋のロアリング架設は次の3工程に分類され、A1側のロアリングが終了した後に、A2側のロアリングを実施した。

① 1次ロアリング

step 1：1m前方に傾斜した形状で組立てたメラン材は、ロアリング支承と押し出しジャッキ、フェイルセーフ鋼材（ゲビンデφ26×2本/主構）で支持されている。図-9にロアリング装置配置図を示す。

step 2：1次ロアリングはフェイルセーフ鋼材を開放し、ウインチケーブル（φ18mm、3車）の張力を15kN以下にならないよう押し出しジャッキの圧力を増加させながらメラン材を回転降下させる。ウインチケーブルの張力が目標管理値の上限値（60kN）に達した時点で押し出しジャッキの

操作を中断し、ウインチケーブルの張力が目標管理値の下限値（15kN）に達するまでウインチケーブルを送り出す。以上の作業をメラン材が自重で回転降下する回転角度 $\alpha = 9^\circ$ 程度まで繰り返し、回転角度が $6^\circ \sim 9^\circ$ までは作業時間を短縮するため、ウインチケーブル張力の上限値を100kN、下限値を50kNに設定した。

step 3：メラン材の回転角度 $\alpha = 9^\circ \sim 18^\circ$ ではメラン材の自重のみで安定した回転降下作業が可能となるため、押し出しジャッキは使用していない。図-10に押し出しジャッキ配置図を示す。

② 2次ロアリング

step 4：メラン材の回転角度 $\alpha = 18^\circ \sim 77.5^\circ$ では、ケーブル張力が1000kNを上回るため、ロアリング作業をウインチからジャッキシステムに切り替えた。2次ロアリング時のジャッキ装置システムは、ロアリングジャッキ、ロアリングケーブル、油圧系統、操作系統から構成される。ロ

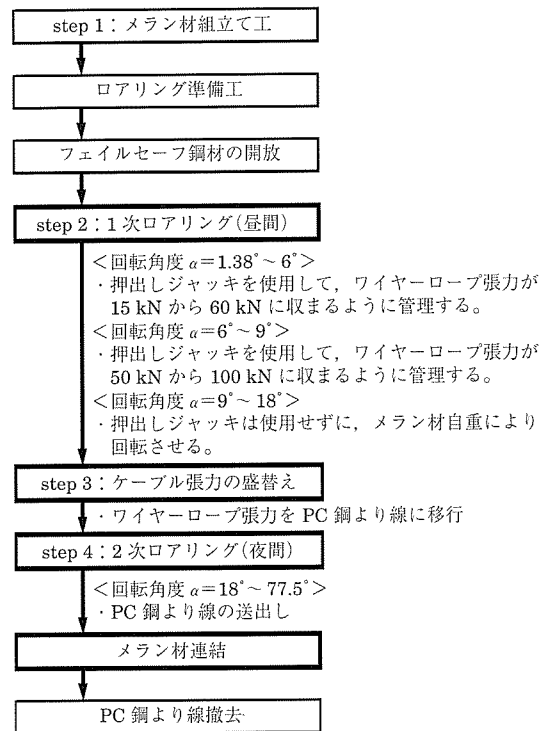


図-7 ロアリング架設のフロー

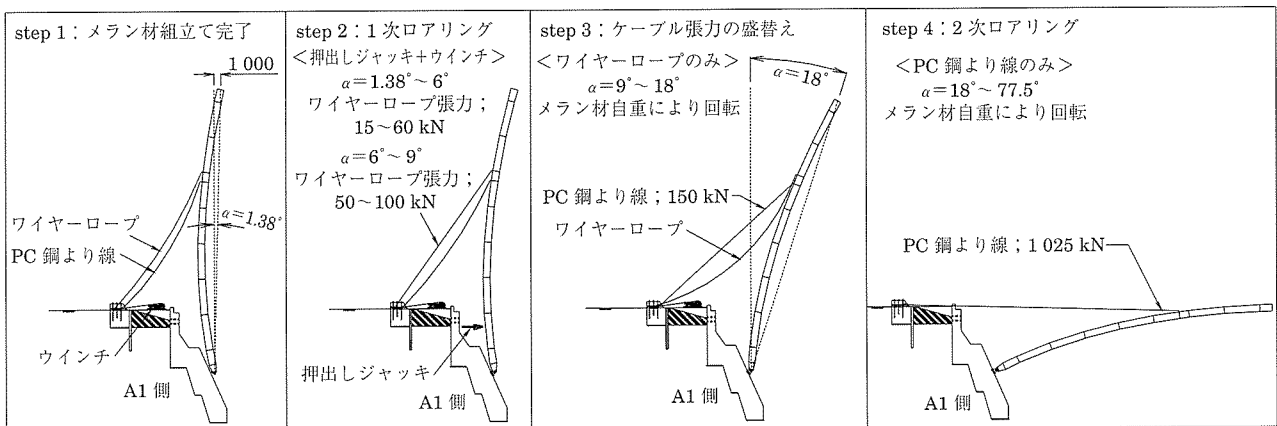


図-8 メラン材ロアリング架設要領図

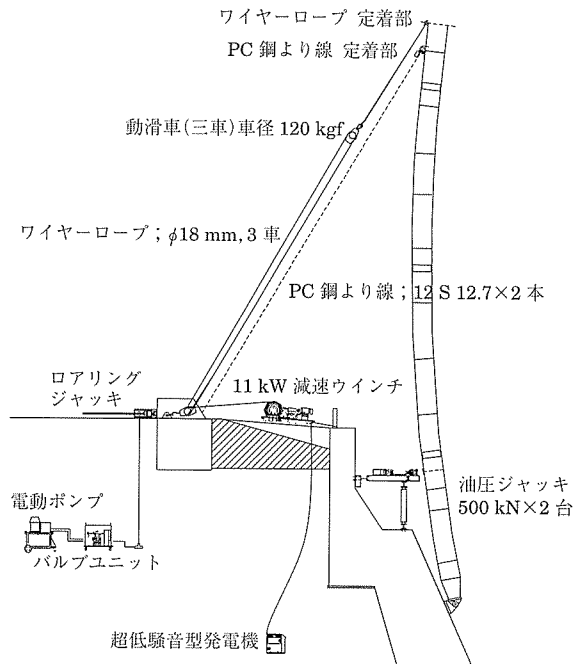


図 - 9 ロアリング装置配置図

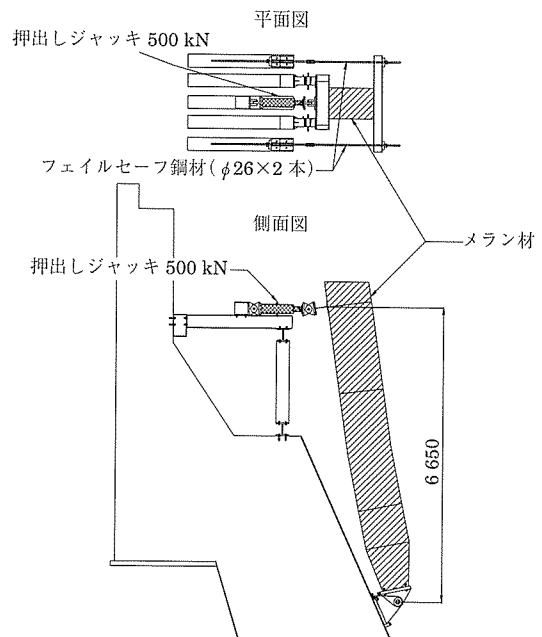


図 - 10 押し出しジャッキ配置図

アリングジャッキは、アンカーブロック定着突起部の後方に2台設置し、電動ポンプ1台により集中制御することとした。また、ロアリングケーブルの最大張力は1025 kNであったため、PC鋼より線 12 S 12.7を2本使用した。ロアリングケーブルを約13.7 m (1ストローク 180 mm, 80回) 送出し、メラン材を計画高さまで回転降下させた。

表-4にロアリング架設に要した作業時間を示す。

1次ロアリングは午前10時から開始し、2次ロアリングは近接する国道411号を通行止めにして架設するため、交通量の少なくなる午後10:30から開始した。

7.2 計測計画

表-5にロアリング架設時の計測項目を示す。安全管理、品質管理に対して十分に配慮しながらロアリング架設を進めるためには、つねにケーブル張力の設計値と実測値との

表 - 4 ロアリング架設に要した作業時間

	1次ロアリング $\alpha = 1.38^\circ \sim 18^\circ$	2次ロアリング $\alpha = 18^\circ \sim 77.5^\circ$
A1側	6.0時間	5.0時間
A2側	2.0時間	4.5時間

差、アンカーブロックの変位等を把握しておく必要がある。万一、安全上または品質上問題となる差が生じた場合は、瞬時にその総合的な判断が必要となる。このため、計測室において全データの一元的な監視を行い、ロアリング作業の中断時間を極力無くすよう工程管理にも重点をおいた。

7.3 ロアリング時の管理手法

7.3.1 ロアリング中の管理手法

ロアリング時における管理手法は、基本的にケーブル張

表 - 5 ロアリング架設時の計測項目

測定項目	測定方法	メラン材組立て時	1次ロアリング	2次ロアリング
風速測定 (最大瞬間風速)	三杯風速計表 (自記録計)	○	○	○
騒音測定	環境調査会社外注	○		○
アンカーブロック変位測定	橋軸方向	光波測距儀	○	○
	橋軸直角方向			
	鉛直方向			
ワイヤーロープ張力測定	引張型荷重計を目視測定		○	
ワイヤーロープ送出し長測定	マーキングを目視確認		○	
PC鋼より線張力測定	油圧ポンプマノメーターを目視確認			○
PC鋼より線送出し長測定	制御装置表示板を目視確認			○
	マーキングを目視確認			
ロアリング角度	角度計		○	○
メラン材変位	橋軸方向	光波測距儀	○	○
	橋軸直角方向			
	鉛直方向			
外気温	自記録計	○	○	○
メラン材温度	自記録計		○	○

表 - 6 管理目標値

	回転角度	管理目標値		管理方法
1次ロアリング	$\alpha = 1.38^\circ \sim 6^\circ$	ワイヤーロープ 張力	$15 \text{ kN} < T1 < 60 \text{ kN}$	押出しジャッキにて調整
	$\alpha = 6^\circ \sim 9^\circ$		$50 \text{ kN} < T1 < 100 \text{ kN}$	
2次ロアリング	$\alpha = 18^\circ \sim 77.5^\circ$	PC鋼より線 張力	$150 \text{ kN} < T2 < 1025 \text{ kN}$	1次と2次の盛替え時 PC鋼より線本数

力の上限值，下限値で行った。

表 - 6 に管理目標値を示す。

7.3.2 メラン形状の管理手法

ロアリング完了時のメラン形状は，閉合後のアーチリブの製作精度および鉛直材，補剛桁の出来形にも影響する。そのため，メラン形状の出来形を確保するため，次の点に配慮した。

- ①メラン材製作時にコンクリート巻立て時および鉛直材，補剛桁の上越し量を考慮して製作する。
- ②メラン材製作時の形状確認は，工場で全長の2分割の仮組立て検査を行う（製作誤差の確認）。
- ③左右独立であるロアリング支承を1本のピンにて一体化し，回転軸を一致させる。
- ④回転角度 $\alpha = 2^\circ \sim 5^\circ$ ごとにメラン材の変形形状とケーブルの張力をあらかじめ算出する（設計値の確認）。

8. メラン材の閉合作業

平成16年9月8日午前7時に天候や風等の気象予測データから，ロアリング架設作業の可否を最終決定し，A1側の1次ロアリングを開始した。その後，順調に作業が進み，9月9日午前3時にA2側メラン材の先端高さが計画高さに到達し，ロアリング作業を完了した（写真 - 5～9）。

メラン材のロアリング架設完了後，メラン材温度が設計標準温度の20℃になった時点で中央連結部の隙間を実測し，スプライスプレートの最終製作（穴加工）を行った。

閉合作業は，ロアリング作業が完了した翌日（9月10日），工場よりスプライスプレートを搬入してメラン材温度が20℃になる午前4時頃に行なった。



写真 - 6 A1側の1次ロアリング開始



写真 - 7 A1側の2次ロアリング状況

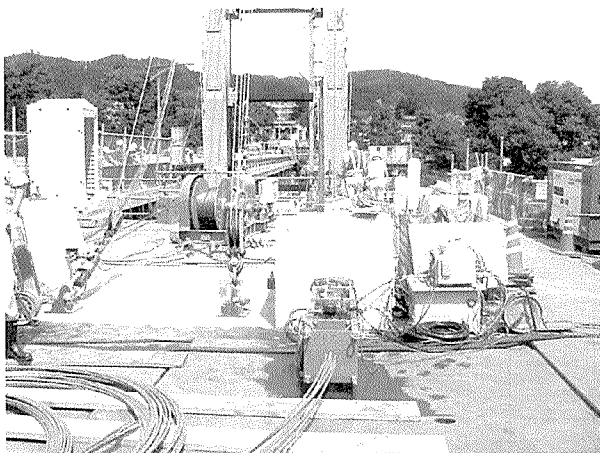


写真 - 5 ロアリング設備

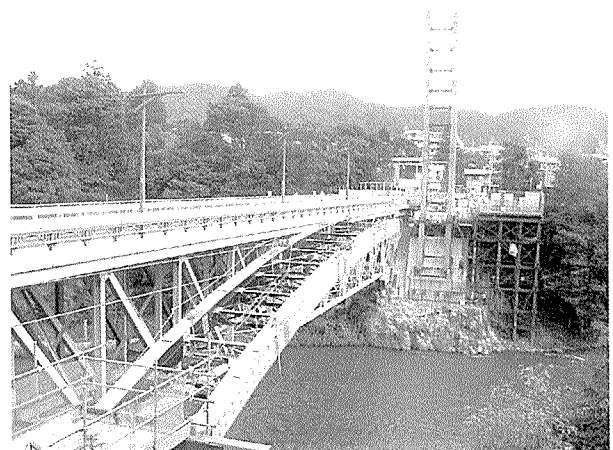


写真 - 8 A1側の2次ロアリング完了

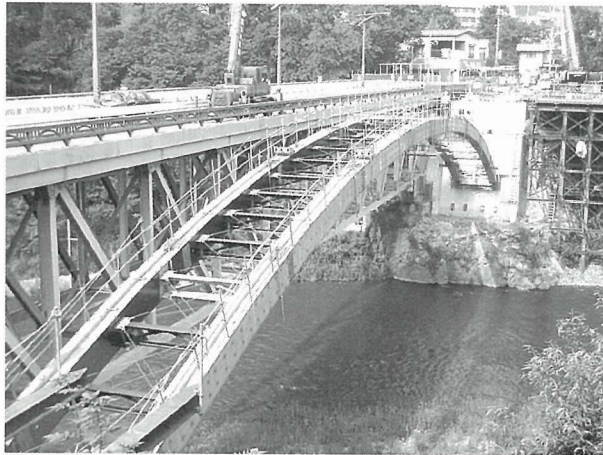


写真-9 メラン材連結完了

9. 計測結果

9.1 1次ロアリング (回転角度 $\alpha = 1.38^\circ \sim 18^\circ$)

図-11にウインチケーブル張力と回転角度の関係を示す。回転角度 $\alpha = 1.38^\circ \sim 8^\circ$ におけるウインチケーブル張力は管理目標値以内に収まっていることから、押し出しジャッキ位置でのメラン材には大きな曲げモーメントは発生しなかったと考えられる。

ロアリング回転角度 $\alpha = 8^\circ \sim 18^\circ$ におけるウインチケーブル張力は設計値とほぼ一致していることから、構造的には安全に施工が進んだものと判断できる。

9.2 2次ロアリング (回転角度 $\alpha = 18^\circ \sim 77.5^\circ$)

図-12にロアリングケーブル張力と回転角度の関係を示

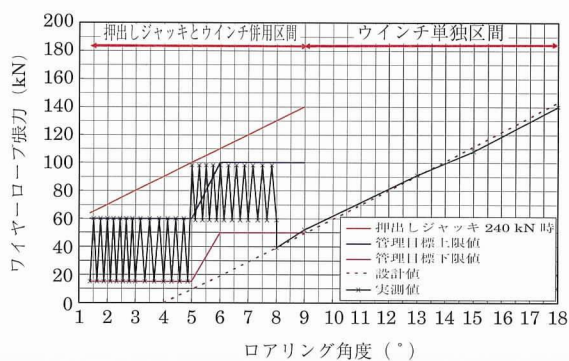


図-11 ワイヤロープ張力と回転角度の関係

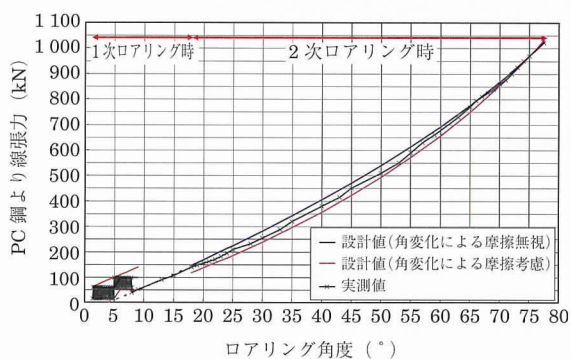


図-12 PC鋼より線張力と回転角度の関係

す。ロアリングケーブルの角変化による摩擦の影響とメラン材回転角の読み誤差があるため、A1側で最大7%程度の誤差が発生している。しかし、ロアリングケーブルの角変化が小さくなるにしたがって、ロアリングケーブル張力は設計値とほぼ一致していることから、構造的には安全に施工が進んだものと判断できる。

また、メラン材中央部の隙間(橋軸方向)は、ロアリング支承の据付け・製作誤差、メラン材の工場製作・組立て誤差、ロアリングケーブルの左右張力差、温度変化等を調整できるように50mmに設定した。メラン材閉合時の誤差は橋軸方向に+2mm、高さ方向に+1mmであった。

9.3 橋軸直角方向変位差と回転角度の関係

図-13に軸直角方向変位差と回転角度の関係を示す。A1側およびA2側ともにメラン材組立て完了時から下流側に変形していたこともあり、ロアリング中はつねに上流側のロアリングケーブルの送出し量を下流側に比べ少なくなるように調整を行った。その結果、ロアリング完了時において、A1側で下流側に19mm、A2側で下流側に20mmの変形量に抑えることができた。

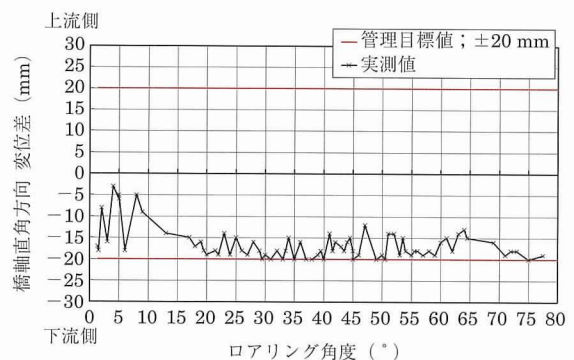


図-13 軸直角方向変位差と回転角度の関係

10. おわりに

アーチ橋は、自然と調和した構造美を有する橋梁形式であるが、架設工法を含め、つねに創意工夫が要求される構造物である。本橋は、本稿以外にもいくつかの新しい試みを実施しながら、平成16年11月現在、メラン材巻立て部



写真-10 メラン材巻立て部の施工

の施工を行っている（写真 - 10）。

最後に、本工事の設計施工について多大なご指導、ご協力を頂いた関係者に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 伊藤, 杉田, 荒巻, 中村: 頭島大橋 (仮称) の施工 - 新しいメラン工法を用いた複合アーチ橋 -, 橋梁と基礎, vol.36, NO.9, 2002 年
- 2) 松橋, 剣持, 山崎, 川田, 浅井: 大型 RC アーチ橋 (万年橋) の解体撤去工事の施工, 第 12 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 2003 年 10 月
- 3) 大野, 上野, 白地, 玉井: 新メラン工法による菅合大橋の設計と施

工, 第 12 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 2003 年 10 月

- 4) 保明, 伊藤, 荒巻, 中村: 頭島大橋におけるメラン材一括架設工法とメラン巻立て部の施工, 第 12 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 2003 年 10 月
- 5) 中村, 春日: 新しいメラン工法を用いた長大 RC アーチ橋の提案 - アーチ支間長 300 m を有する RC アーチ橋の計画 -, 橋梁と基礎, vol.38, No.1, 2004 年
- 6) 上野, 花水, 玉井, 紙永: 菅合大橋の設計・施工 - 新メラン工法を用いた RC 固定アーチ橋 -, プレストレストコンクリート, vol.46, NO.3, 2004 年

【2004 年 11 月 10 日受付】



刊行物案内

プレストレストコンクリート構造物の 新たな動向

第 32 回 PC 技術講習会

(平成 16 年 2 月)

頒布価格 会員特価: 5 000 円 (税込み・送料別途 500 円)
非会員価格: 6 000 円 (税込み・送料別途 500 円)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会