

R C アーチ橋の合理化施工への取り組み - 頭島大橋 -

杉田興平¹・伊藤稔明²・淵本安志³・山脇正史⁴・荒巻武文⁵・中村收志⁵

¹財団法人岡山県開発公社 建設部 (〒700-0818 岡山県岡山市蕃山町1-20)

²財団法人海洋架橋・橋梁調査会 中国支部 (〒730-0012 広島市中区上八丁堀7-1)

³備前市 産業建設部都市整備課 (〒705-0022 岡山県備前市東片上126番地)

⁴正会員 株式会社長大 大阪支社 (〒550-0013 大阪府大阪市西区新町二丁目20-6)

⁵正会員 三井住友建設株式会社 九州支店 (〒810-0075 福岡県福岡市中央区港一丁目3-1)

頭島大橋は、瀬戸内海に位置する岡山県備前市日生町の頭島と鹿久居島とを結ぶアーチ支間長218mを有する国内最大規模のRCアーチ橋である。本橋は、コンクリートアーチ橋の建設コストの縮減を図るため、数多くの新しい技術を導入した。特に本橋の架設工法においては、RCアーチ橋の合理化施工への取り組みとして、新しいメラン工法によるRCアーチ橋の架設工法を開発した。

本稿は、頭島大橋の特徴を紹介するとともに、本橋で行ったRCアーチ橋の合理化施工への取り組みについて報告するものである。

キーワード：RCアーチ,メラン工法,ピロン工法,合理化施工,コスト縮減,海洋架橋

1. 橋梁概要

頭島大橋は、瀬戸内海に位置する岡山県和気郡日生町の頭島と鹿久居島とを結ぶアーチ支間長218mの複合アーチ橋である。構造形式は、上部桁を鋼少数主桁構造、アーチリブと鉛直材をRC構造とした複合アーチ構造とし、長大アーチ橋としてはスパンライズ比が8.0という非常に扁平なアーチ橋を実現している(写真-1)。

本橋の架設工法は、アーチ中央部を鋼製の補強材で閉合するメラン併用工法を採用し、メラン材は海洋架橋の特色を生かしてフローティングクレーン船による一括架設を行っている。また、メラン材を配置する区間が長いことから、従来のメラン工法を改良した新しいメラン工法を採用している。

本橋の工事概要を以下に示す。

路線名：町道日生頭島線

道路規格：第3種第4級

設計速度：40km/h

設計荷重：A活荷重

構造形式：【上部工】複合アーチ橋

【下部工】直接基礎

橋長：300.000(m)



写真-1 頭島大橋完成写真

ア - 子支間：218.000(m)

幅員：有効幅員 6.500m, 総幅員 7.700m

架設工法：メラン併用ピロン工法

施工期間：平成12年3月～平成16年11月

2. 構造概要

本橋は、アーチリブと鉛直材がRC構造であるのに対し、上部桁を鋼少数主桁構造とした複合アーチ構造を採用している。従来のPC中空床版橋と比較

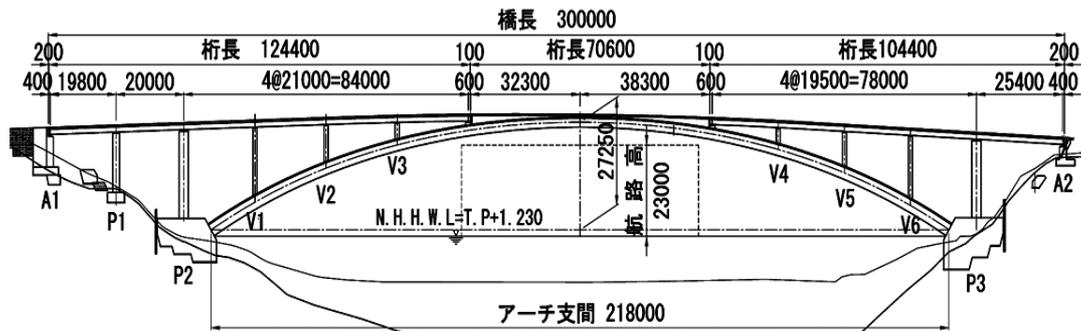


図-1 一般図（側面図，平面図）

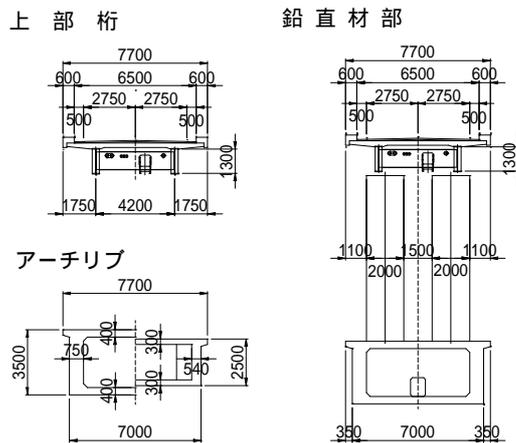


図-2 一般図（断面図）

して上部桁の死荷重反力が小さくなるため、アーチリブに作用する断面力を大幅に軽減できる。

アーチリブが軽量化された結果、アーチ支間長200mを超える長大アーチ橋としては、スパンライズ比が8.0という非常に扁平なアーチ橋が可能となり、建設コストの縮減に繋がっている。

図-1および図-2に一般図を示す。

3. 架設工法の選定

本橋の立地条件および架設条件は、次のとおりである。

海洋架橋で支保工および仮支柱の設置が不可能。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。

架設材の海上輸送や大型のフローティングクレーン船による一括架設が可能。

以上の条件を考慮して、スプリング部よりピロン（斜吊り張出し）工法により施工を行った後、アーチ中央部を鋼製の補強材で閉合するメラン併用

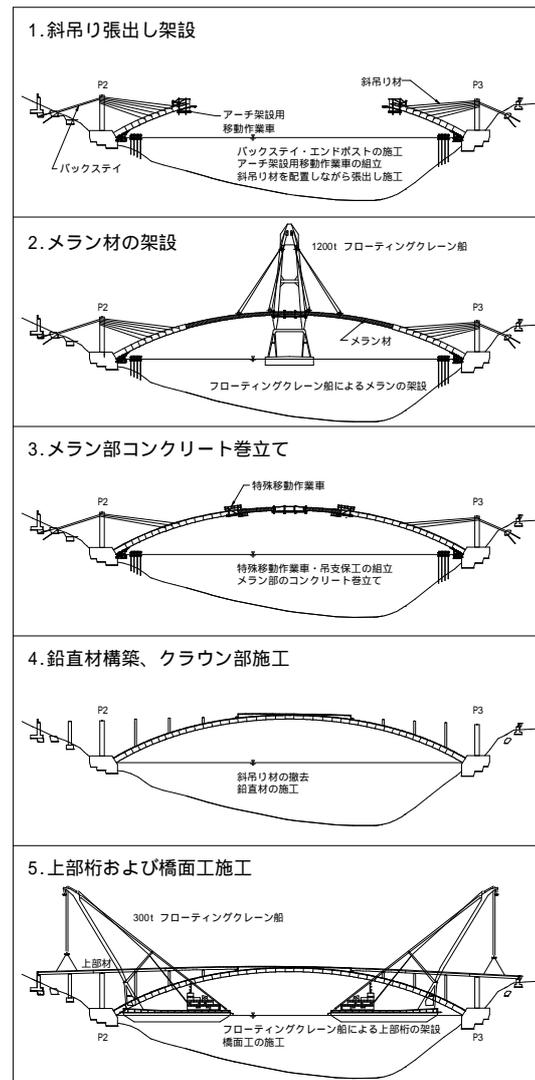


図-3 全体施工要領図¹⁾

工法を採用した。メラン材は、メラン長130.4m、メラン重量383tonの鋼2主桁箱桁構造で、メラン併用工法としては最大規模である。

全体の施工要領を図-3に示す。

4. 新しい架設工法への取組み

(1) 新ピロン工法

本橋で採用した新ピロン工法は、合理的なアーチ橋の架設工法を目的として全ブロック斜吊り材を分散配置する新しい斜吊り張出し工法である。アーチ橋や斜張橋の架設に採用される従来の斜吊り張出し工法は、斜吊り材が移動作業車や推進装置と干渉する。そのため、1~2ブロック施工後、移動作業車が前進してから斜吊り材を集中配置して架設・緊張する例が多い。したがって、片持ち張出し区間が長く、RCアーチ橋であっても張出し架設時のPC鋼材がアーチリブ内に多数配置される。本橋ではアーチ架設用移動作業車を改良して、コンクリート打設直

後に斜吊り材を配置・緊張できる構造とした。

その理由は、以下に示すとおりである。

斜吊り材による張力が張出し部先端より有効に作用するため、アーチリブ内に配置する張出し架設時PC鋼材が低減可能。

斜吊り材が多段配置となるため、アーチリブに生じる架設時応力を容量の小さい外ケーブルシステムで制御が可能。

アーチリブの応力改善が可能となり、エンドポスト上に設置する架設用ピロンが不要。

表-1に従来の斜吊り材の配置方法である集中配置方式と本橋で採用した毎ブロック定着する分散配置方式の比較表を示す。

表-1 斜吊り張出し工法の比較¹⁾

	集中配置方式	分散配置方式
概念図		
特徴	斜吊り材を2~3ブロック毎に集中配置。 2~3ブロック、移動作業車を前方に移動してから斜吊り材を架設緊張。	斜吊り材を全ブロックに分散配置。 斜吊り材を毎ブロック架設・緊張しながら張出し施工を行う。
長所	既存の移動作業車で対応が可能。 斜吊り材を集中して、架設が可能。 施工実績が多い。	張出し架設時の桁内鋼材が大幅に激減する。 斜材本数が多段となるため、最適な架設時張力の設定によりアーチリブの応力改善が可能。 定着横桁およびエンドポスト上の架設用ピロンが不要。
短所	張出し架設時の桁内鋼材が多数必要(完成時不要)。 張出し架設時の応力改善の為に、ピロンが必要となることが多い。	斜吊り材と移動作業車が干渉しないように、移動作業車の改造が必要。 毎ブロック、箱桁内に斜材定着突起が必要。



写真-2 新ピロン工法施工状況

(2) 新メラン工法

メラン工法は、アーチ形状の鋼製補強材であるメラン材によって鋼とコンクリートの複合（混合）アーチ構造を成立させた後、メラン材をコンクリートで巻き立て施工を行ってアーチリブを構築する工法である。本橋のメラン材は、海洋架橋の利点を生かして台船による海上輸送およびフローティングクレーン船による一括架設が可能であるため、アーチ支間長218.0mに対して130.4m（約60%）という高い比率で配置している。したがって、メラン部の施工においても合理化施工に伴うコスト縮減を図るため、新しいメラン工法が採用されている。

本橋で採用された新メラン工法は、メラン材をウェブコンクリートの内部には配置せず、箱桁内のウェブ外部に配置した点が大きな特徴である。これによりメラン材は、アーチ構造を成立させるための鋼製補強材としての機能、メラン部をコンクリートで巻き立て施工するための支保工機能、メラン材巻き立て施工時の内型枠機能の3機能を有することになる。

図-4に従来工法と新メラン工法の配置位置の比較を示す。

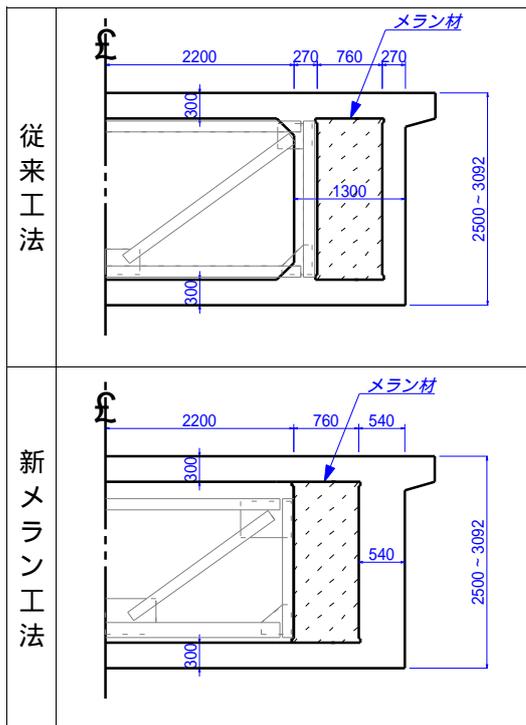


図-4 メラン材配置位置の比較²⁾

また、ウェブ外部に配置したことによる新メラン工法の相乗効果は、次のとおりである。

ウェブ厚をメラン形状に左右されることなく構造上、必要な厚さに設定可能。

ウェブの面外方向の剛性およびねじり剛性が向上。

横構および対傾構を撤去せずにコンクリートが打設可能（架設中のねじり剛性が確保）。

メラン材に影響されることなく鉄筋の配置、コンクリートの打設が可能（施工性の向上）。



写真-3 メラン材組立て状況

(3) 海洋架橋の特長を生かしたメラン架設方法

メラン材の架設計画は、図-5のメラン材架設工フローで示すようにメラン材の運搬からアーチリブへの閉合まで海洋架橋の特長を生かした計画とした。

メラン閉合における一括架設方法においては、大型のフローティングクレーン船による一括架設案と台船上からリフトアップジャッキによる吊上げ架設の2案が考えられるが、後者においてはメラン端部からの2点吊りとなるため、タイケーブルによるメラン材の補強が必要なことから、施工性・経済性から案の一括架設案を採用した。

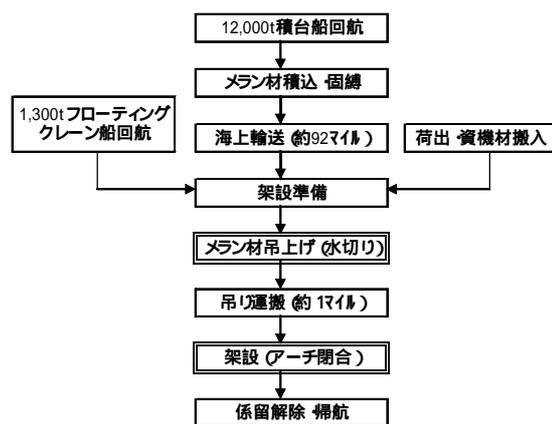


図-5 メラン材架設工フロー¹⁾

図-6にメラン材架設要領を示す。

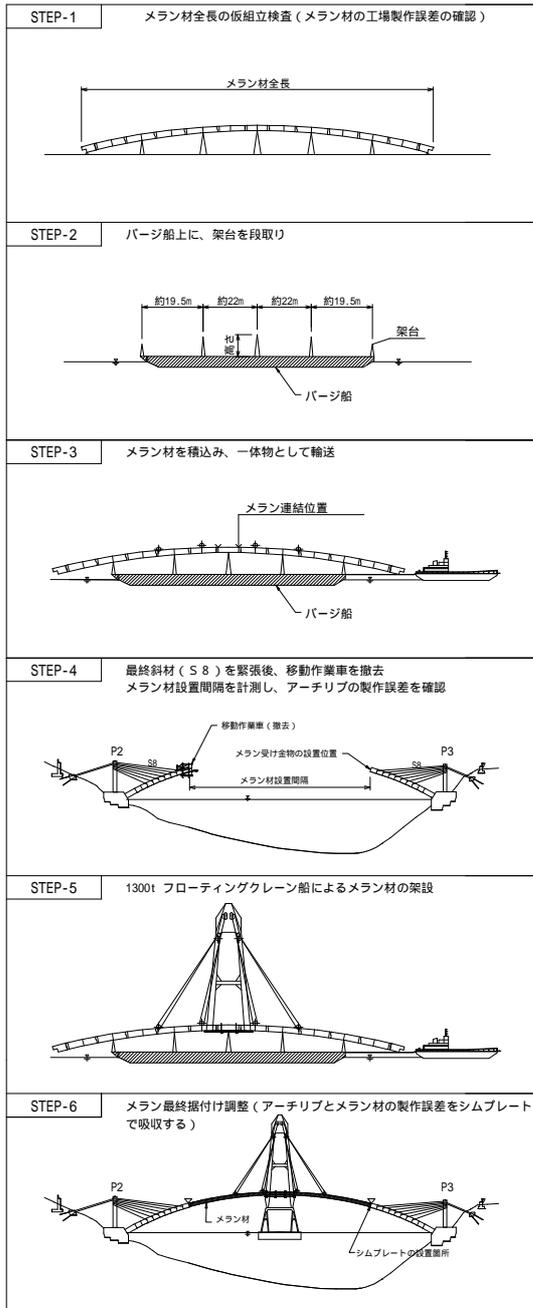


図-6 メラン材架設要領³⁾

5. 施工概要

(1) アーチリブ

斜吊り張出し部は、アーチ架設用移動作業車を用いて、片側当たり 9 ブロック（長さ 4.5m）、全 18 ブロック施工する。

斜吊り材は 2 面吊りで全 8 段、最終 9 ブロックを除く毎ブロックに定着し、急激な温度変化による張力変動の防止と架設中の防食対策として亜鉛メッキ処理した P C 鋼より線を採用した。



写真-4 コンクリート打設状況

アーチ施工用の移動作業車は、傾斜を有するアーチリブ上に設置しなければならない。固定用の台座は、施工ブロックのコンクリートおよび移動作業車の重量を支持するため、安全性の確保から RC 構造のコンクリート台座が一般的であった。しかしながら、1 ブロック当たり 4 箇所必要であることや施工完了後の撤去方法によっては耐久性の問題が残る。

そこで、本橋では施工の合理化を図るため、サンド式アーチ台座を考案した（図-7）。本構造は、せん断抵抗刃 2 本によって箱抜きしたアーチリブに固定する。28～16° に変化するアーチリブの勾配に対しては、砂の量で調整を行うことによりジャッキを常に水平に保持できる。なお、本台座の採用に当たっては、せん断載荷実験を実施して耐荷力の確認と施工性、安全性を検証している。

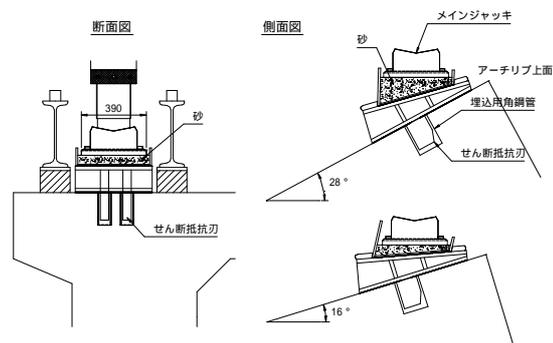


図-7 移動作業車固定用サンド式アーチ台座²⁾

(2) メラン材

メラン材の架設は、斜吊り張出し工法によりアーチリブを9ブロック施工した後、フローティングクレーン船で一括架設を行った(写真-5)。台船にて、海上輸送し現地に搬入したメラン材を9ブロック先端に設置したメラン受け金物に固定した(写真-6)。メラン材架設図を図-8に示す。

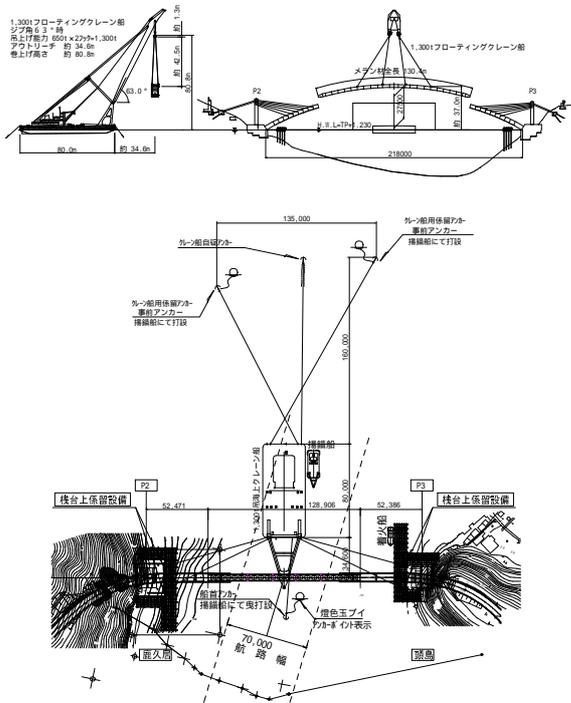


図-8 メラン材架設図³⁾

メラン材には上越し量を考慮して製作されているため、一括架設の架設精度の確保は、形状管理(品質管理)において重要なポイントとなる。そのため、次の手順により架設精度を確保した。

メラン材製作時の形状確認は、陸地での全長仮組立て検査により行う(製作誤差の確認)。

フローティングクレーン船による吊り荷重ごとにメラン材の変形形状と作用軸力をあらかじめ算出する(設計値の確認)。

メラン材に軸力が発生した時点(吊上げ荷重2,830KN)でアーチクラウン部の高さをシムプレートにて補正する(閉合誤差の補正)。

吊り荷重500KNごとにアーチクラウン部の高さやメラン材作用軸力を確認し、メラン荷重をすべてアーチリブへ移行する。

図-9に吊り荷重とメラン材の変形形状の関係を示す。なお、メラン材の軸力管理と形状管理の補助を

目的として、フラットジャッキをメラン材とアーチリブの間に設置している。

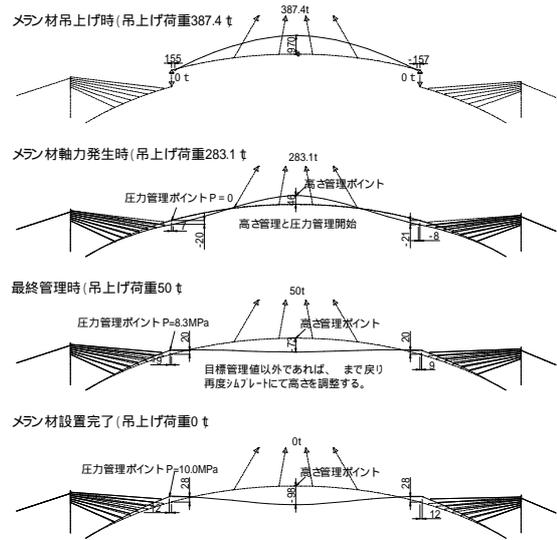


図-9 吊り荷重とメラン材の変形形状の関係²⁾



写真-5 メラン材架設状況



写真-6 メラン材セット状況

(3)メラン材巻立て部

メラン材巻立て部の施工は、新メラン工法の採用によりメラン材が支保工と内型枠を兼用しているため、足場と外型枠を移動させる構造の簡易移動作業車を使用している(図-10)。本移動作業車は、2本のH鋼(600×300)を主部材とする構造で本体重量は総重量で約700KNである。

その特徴としては、

作業車の重量と打設時のコンクリート重量は、前方をメラン材、後方を既設側のコンクリートで支持する。

推進装置はセンターホールジャッキ2台(揚量500KN, ストローク510mm)からなり、前方のメラン材で固定し、最大角度15°で移動可能。

鉄筋の組立てを1ブロック先行して作業できるように前方足場を備えている。

片側当たり長さ5.5~6.0mを10ブロック、アーチクラウン部は吊り支保工を用いて3ブロック施工する。

1ブロック当たりのコンクリート打設数量は36~40m³となる。

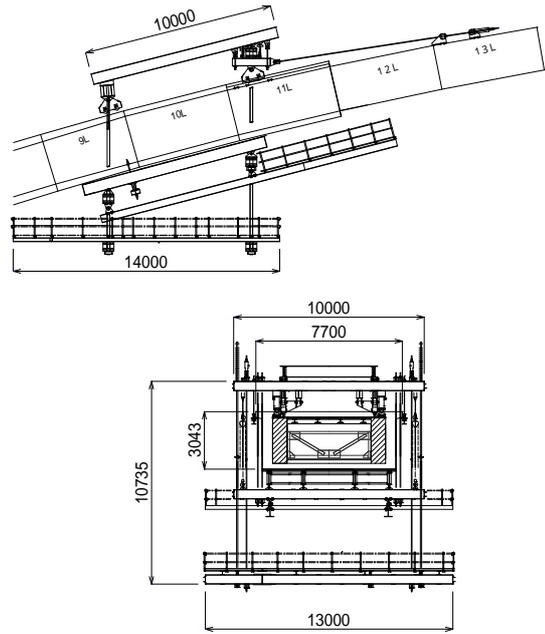


図-10 簡易移動作業車²⁾



写真-7 メラン材コンクリート巻き立て状況



写真-8 メラン材クラウン部施工状況

6. 計測概要

(1)目的

アーチ橋の架設は、桁橋や斜張橋と異なりスプリング部から一方向に張り出すため、連結までのすべての荷重は斜吊り材およびバックスティを経由してグラウンドアンカーで受け持つ構造となる。したがって、架設中の安全管理やメラン材架設時の品質管理においては、設計値と実測値との比較が重要となるため、自動計測による計測管理を実施した。

本橋における計測目的は、次のとおりである。

a)安全管理

アーチリブ閉合までに発生する20MNの水平力は、グラウンドアンカーにより支持させるため、架設アバットの変形とグラウンドアンカーの張力監視は、施工時の安全管理において重要となる。また、予期しない架設材への応力発生は、自動計測を実施することにより、未然に防止することができる。

b)品質管理

斜吊り材やメラン材などの構造架設部材に生じる応力を設計値と比較しながら補正することにより、完成構造物への品質管理を向上させることができる。

また、温度補正時や予期しない地盤の変形に対しては、主要部材の変位や張力等を自動計測することにより、適切な判断を下すことができる。

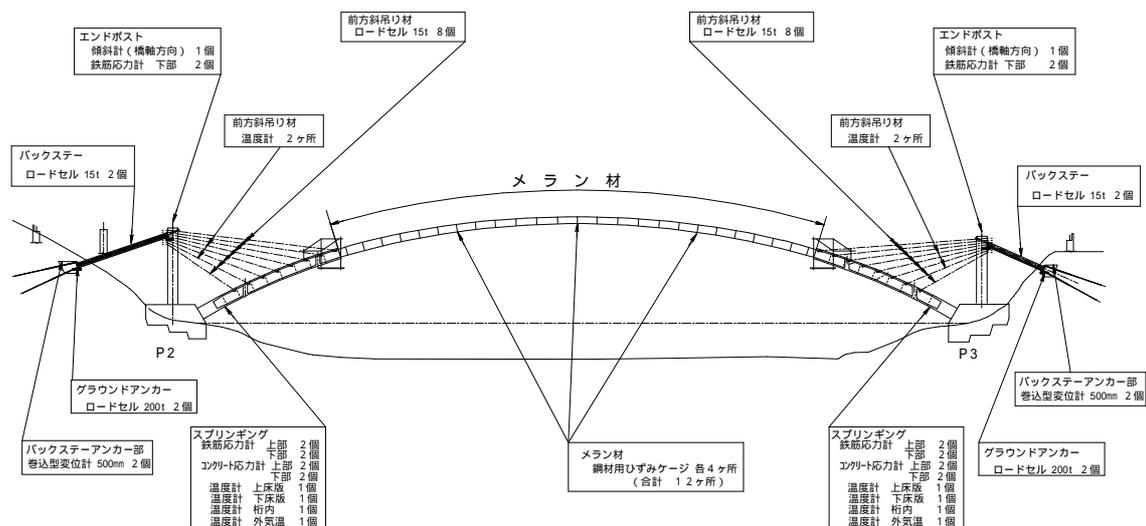


図-11 計測計画概要図²⁾

c) 工程管理

安全管理，品質管理に対して十分に配慮しながら施工を進めるためには，常に設計値と実測値との差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，施工工程を止めることなく瞬時にその総合的な判断が必要となるため，自動計測による監視は工程管理においても重要となる．

(2) 計測項目

計測項目および計測位置を図-11の計測計画概要図に示す．

a) 変位測定

エンドポスト頭部の傾斜量とバックスティアンカー部の水平橋軸方向の変位を測定し，斜吊り材張力に与える影響を監視する．

b) 張力測定

斜吊り材，バックスティ，グラウンドアンカーの張力の大きさとその変化を測定し，応力測定結果等と併せてアーチリブの安定性を監視する．

c) 応力測定

アーチリブのスプリング部，メラン材の上下フランジに発生する応力とその変化を測定し，応力状態を把握する．

d) 温度測定

アーチリブコンクリート，メラン材および斜吊り材の温度と外気温を測定し，温度変化に対する応力変化の影響を把握する．

7. 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，常に創意工夫が要求される構造物である．本橋で取り組んだ新しい架設工法は，小規模アーチから大規模アーチまで適用可能⁴⁾であることから，RCアーチ橋を計画される技術者にとって参考となれば幸いである．

最後に，新メラン工法を頭島大橋において採用するにあたり，多大なご協力，ご指導を賜った関係各位に深く感謝の意を表す次第である．

参考文献

- 1) 杉田興平，山脇正史，荒巻武文，中村收志，保明淳二：頭島大橋（仮称）の設計と施工，第11回PCシンポジウム論文集，pp.225-230，2001．
- 2) 伊藤稔明，杉田興平，荒巻武文，中村收志：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，pp.2-11，2002．
- 3) 土木学会構造工学委員会，コンクリート製長大アーチ橋の設計手法に関する研究小委員会：コンクリート長大アーチ橋 - 支間600mクラス - の設計・施工，2003．
- 4) 中村收志，春日昭夫：新しいメラン工法を用いた長大RCアーチ橋の提案，橋梁と基礎，vol.38，No.1，pp.31-40，2004．