

(69) コンクリートアーチリブの新工法（立石川橋）

本州四国連絡橋公団 第一建設局 洲本工事事務所 高塚 正修
 大成建設（株） 神戸支店 津野 幸三
 大成建設（株） 神戸支店 森田 秀人
 大成建設（株） 土木設計第一部 ○市橋 俊夫

1. はじめに

コンクリートアーチリブの施工には様々な工法が開発・適用されているが、いずれの工法においてもアーチリブ下端付近の急勾配部の作業性、支保工の組立・解体、架設段階での安定性等のいずれかに難点があり、安全性、作業性の面でさらなる工夫を求める声が強い。本稿は、これらの困難を緩和する全く新しいアーチリブ施工法について、立石川橋での適用事例を踏まえて紹介するものである。また、剛性の低い重量構造物を、リフティングジャッキとPC鋼より線を用いて極めて高い精度で上下水平に移動・設置した実績は、橋梁に限らず様々な分野における施工計画上の参考になるものと思われる。

2. アーチリブ工事概要

立石川橋は一般国道28号 本州四国連絡道路“神戸・鳴門ルート”の、明石海峡大橋の南方約3kmに位置する、橋長158.0m、アーチ支間65.0mの上路式RC固定アーチ橋である。このうちアーチリブは幅員9.0m、部材厚1.5m～1.3mの鉄筋コンクリート充実断面で構成されている。図-1に示す様に本橋は上下線分離構造であり、その間隔は水平方向に約27m、高さ方向にも約6mの差を有している。アーチ部の地形は極めて急峻であり、従来のアーチセトル工法を採用した場合には、支保工の組みばらしに多くの困難と多大な工期を要することが予想された。

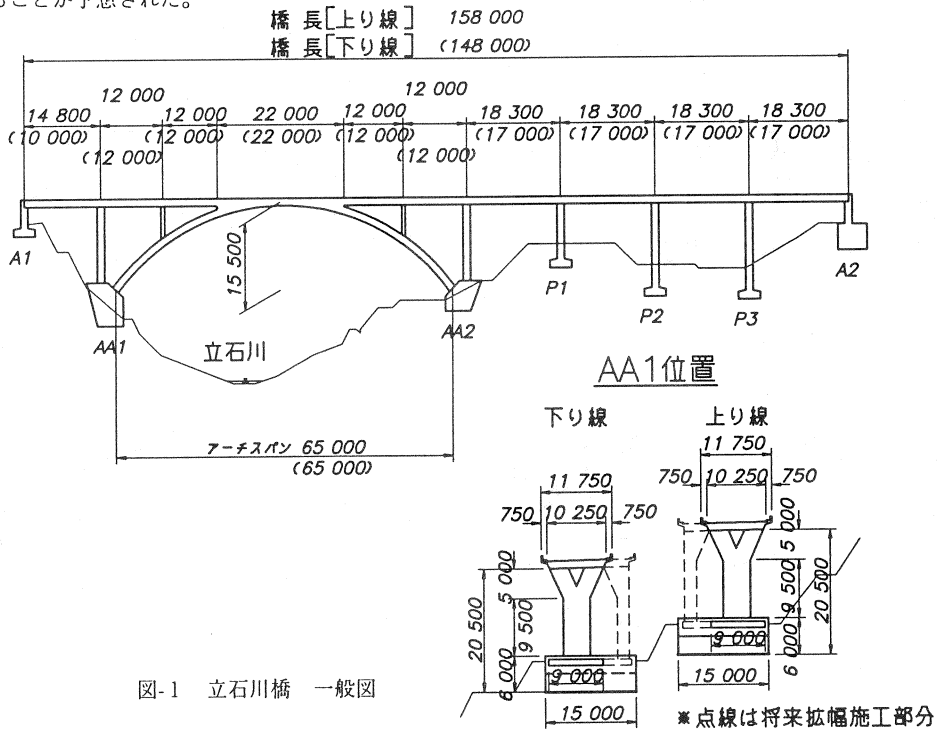


図-1 立石川橋 一般図

そこで、上下線間に構築した栈橋とプラットフォーム上に、鋼製のアーチ形支保工を中央で分割したものをほぼ水平に設置し、型枠、鉄筋組の大半をその状態で行ない(写真-1)、その後アーチ形状になるように支保工中央部をプラットフォームごとリフトアップし、さらに所定の位置へ上下、水平に移動する方法を採用した。図-2に、施工手順図を示す。

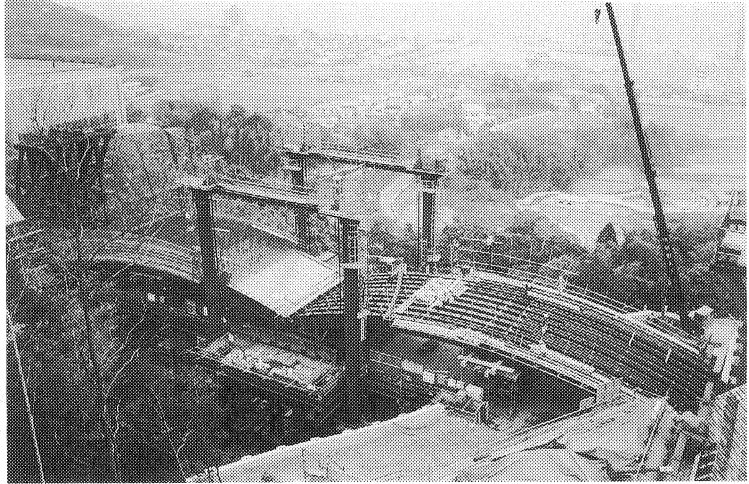


写真-1 鋼製アーチ形支保工と型枠・鉄筋組

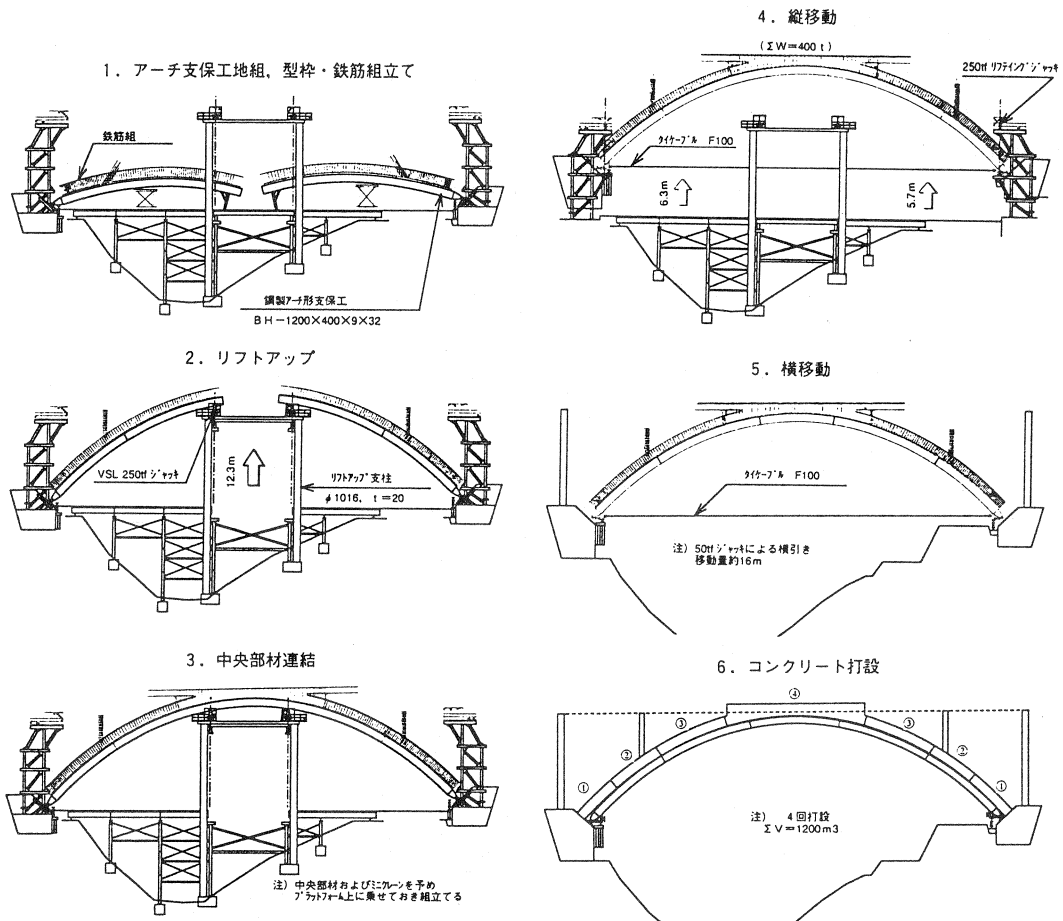


図-2 アーチリブ施工手順

鋼製アーチ形支保工は、ビルトアップH-1200×400×9×32を10本並列に並べ、両下端にヒンジを有する2ヒンジアーチ構造とした。中央部をプラットフォームごと上昇させる「リフトアップ」の際には、上昇とともに支保工間が支間方向に開くのを拘束しないように、仮支持点にはヒンジを設け、その下にテフロン板を敷いて滑らせた(図-3)。また、支保工中央部連結後、横移動および縦移動する際には、支保工自体がタイドアーチ構造として自立するように、両下端同士をP C鋼材で緊結した。

支保工を所定の位置へ移動・設置後、スプリングング部の型枠・鉄筋組を行ない、下から4回に分割してアーチリブのコンクリート打設を行なった。コンクリート硬化後の支保工の撤去は、下端支保部の鋼製支持金物をガス切断することにより軸力を解放した。

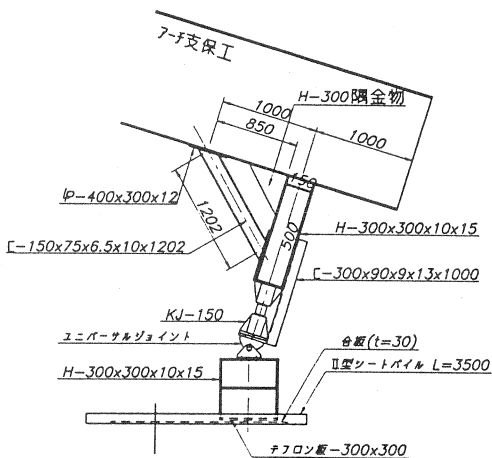


図-3 支保工中間仮支点部の構造

3. 支保工のリフトアップ

中央部で分割された鋼製アーチ形支保工は、中央側を幅18.0m、長さ12.0mのプラットフォーム上にて支持し、水平に近い状態で型枠・鉄筋工の大半の作業を行なった。その後プラットフォームごと約12mリフトアップし、さらに中央連結作業を行なうため、プラットフォーム上には予め中央連結部材とミニクレーンを設置しておく必要があった。その結果、リフトアップ時の吊上げ荷重はトータルで350tfに達した。

リフトアップ作業は、VSL250tfリフティングジャッキ4台を、φ1016、t=20mmの鋼管4本上に渡した梁の上に設置して行なった。鋼管は地盤面から天端までの高さが27mと長く、曲げ応力度が対座屈安全度に与える影響が非常に敏感なため、予期し得ない荷重に対する管理が極めて重要となる。

そこで、予め厳密に算定した支柱応力度や変位と対比する形で、ひずみゲージ、熱伝対および下げ振りによる計測を行ない、常に想定通りの挙動を示していることを確認しながらリフトアップ作業を実施した。その結果、日射による鋼管支柱の片面温度上昇も含めて、計画値と実測値は高い精度で一致した。なお、リフトアップ速度は、地切りおよび最終微調整時以外は2m/hrと比較的速い速度で進み、4本の吊り材張力のアンバランスや、横風の作用によるプラットフォームの水平方向移動は殆ど観測されなかった。

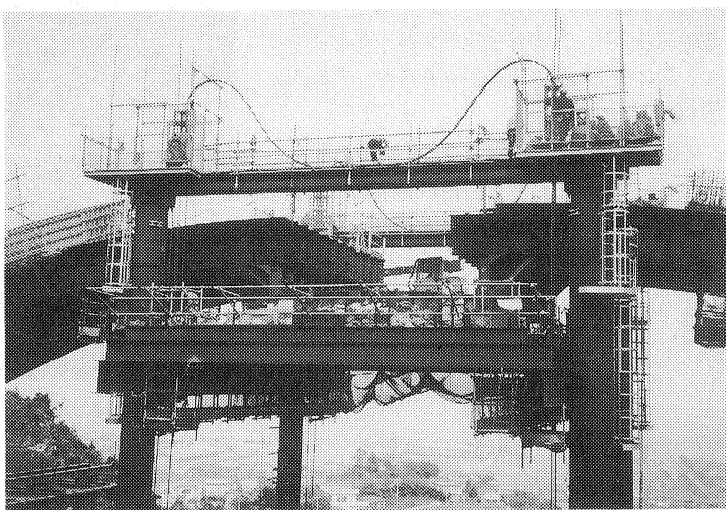


写真-2 リフトアップ状況

4. 支保工の縦移動, 横移動

本橋は、上下線間で水平方向に間隔が開いている上にエレベーションにも約6mの差があるため、リフトアップ後に支保工全体を鉛直方向および橋軸直角方向に移動する必要があった。ところが、支保工にはその時点で自重、型枠、鉄筋の重量が合計400tf作用しており、アーチ形状を保持するためには、下端における水平方向移動(股開き)を拘束する必要がある。そこで支保工両端をPC鋼材で緊結し、タイドアーチ構造にした上で移動作業を行なった(写真-3)。PC鋼材としてはSEEBケーブルF100を11本用い、横移動時に鋼管支柱をかわせる様に中央に接続カブラーを設けた。

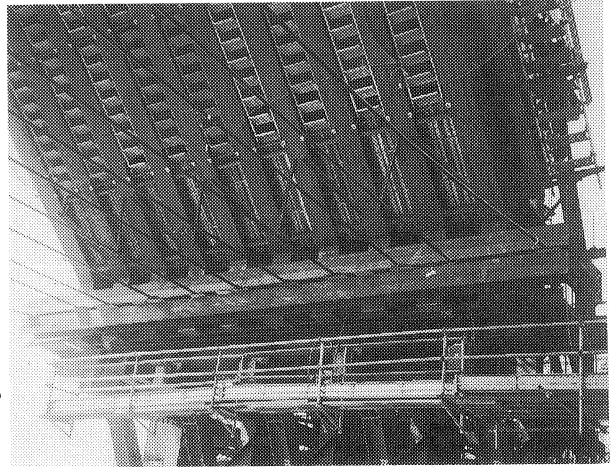


写真-3 タイケーブル

縦移動(鉛直方向移動)は、H形鋼を組合わせて構築した縦移動架台上に設置した4台の250tfリフティングジャッキとPC鋼より線を用い、支保工下端に設けた横梁を吊り点にして上昇させた(写真-4)。移動速度は最大2m/hrであり、形状をしっかりと保持したままスムーズに上昇させることができた。

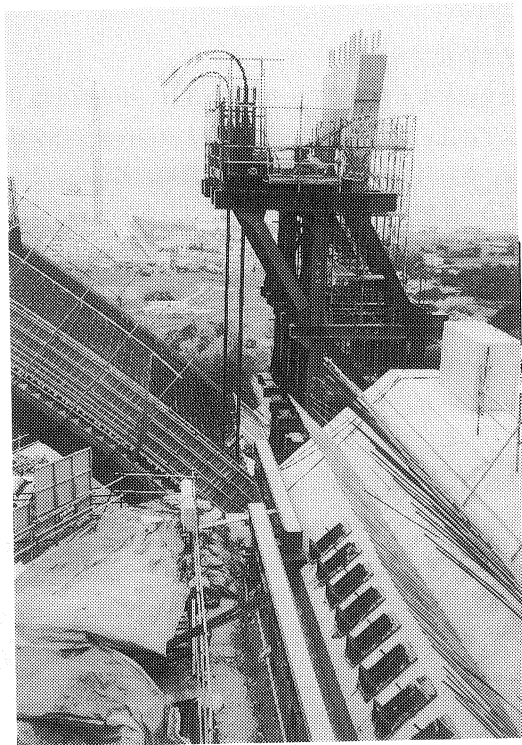


写真-4 縦移動装置と横移動架台

横移動は支保工本体をH形鋼上にステンレス板とテフロン板を介して仮置きし(写真-4 手前の2本のH形鋼)、50tfリフティングジャッキとPC鋼より線を用いて移動させた。静止摩擦係数は0.10、動摩擦係数は0.06と比較的小さく、特に衝撃を感じることなくスムーズな移動が実現できた。

なお、支保工は2ヒンジアーチ構造であるため、両下端の設置位置の誤差が支保工の応力に与える影響が大きく、高い精度での設置位置管理を必要としたが、縦移動、横移動ともに5mm以内の精度での管理を実現できた。

5. 支保工の設計と実挙動との比較

本橋で用いた支保工は支間長に比べて梁高が小さいため、コンクリートの打設に伴い大きな変形が生じる。打設は下端側から4回に分割して行なうため、2ブロック目以降の打設時の挙動を解析するためには、支保工に既に発生している変形と応力、並びに既設ブロックと支保工間での応力伝達を正しく評価出来るモデルを用いる必要がある。そこで、支保工の設計には「ABAQUS」を用いて有限変形解析を行ない、既設コンク

リートアーチリブと支保工の間には圧縮のみに抵抗するバネ部材を設置することにより評価した。解析はリフトアップ直後の単純支持状態(中央連結前の状態)から初め、支保工撤去までを16ステップに分けて構造系の変化を追い、前ステップまでの変形と累積応力を考慮した計算を行なった。解析の結果、以下のことが判明した。

(1) 支保工中央部連結前の挙動

リフトアップ後中央連結部材接合前の時点では、2連の支保工がそれぞれ単純支持されているため下方へのたわみが発生する。その結果、上凸曲線形状の支保工が直線に近付き、中央連結部の空間が狭まることになる。構造解析の結果、中央連結部の空間は40mm狭くなるため、所定の距離を確保するには36mm余計にリフトアップする必要があることが判明した。

尚、実際の施工において計測した結果、36mm余計に上昇させた状態での連結部材用の空間の誤差は解析値に対して9mmであった。

(2) 打設時の支保工変形挙動

第1～第3ブロックまでの打設では、支保工は支間1/4点付近で内側へたわみ、中央付近が上方へせり上がる変形モードとなる。ところが、クラウン部打設による変形モードはそれまでとは逆になる(図-4)。その結果支保工全体の累積変形量は比較的小さく、上越し量を部材全長に亘り30mm以下に抑えることができた。

なお、実際の変形量を計測した結果、支保工自立直後からクラウン部打設までの支保工上端部における累計鉛直変位は、設計値の-13mm(下方移動)に対して、実測値は-30mmであった。誤差が17mm発生したものの、出来形形状としては満足の得られる範囲の精度である。

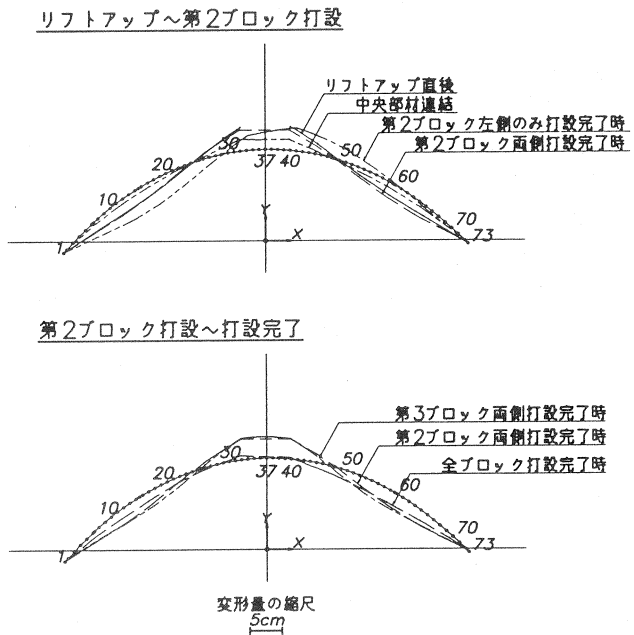


図-4 支保工の変形形状

(3) コンクリートアーチリブへの負担軽減

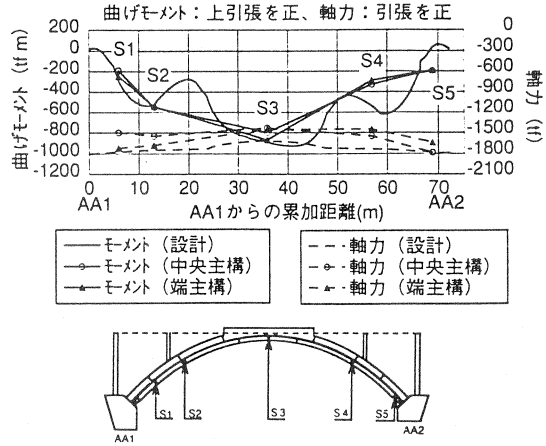
既設のコンクリートブロックはそれ自体がアーチアバットと剛結されているため、2ブロック目以降のコンクリート打設による支保工の変形は、既設ブロックに曲げモーメントを発生させることになる。このことは、逆にブロック割を工夫し、支保工の変形量を調整することにより、支保工に発生する応力は勿論のこと、既設アーチリブに発生する応力もある程度コントロールすることが可能なことを意味している。

一般にアーチリブのコンクリート打設は、スプリング部の曲げモーメントを軽減するためにその部分を最後に打設する方法を採用することが多いが、本工事ではブロック割を工夫することにより、下端から順次打設した場合でも、残留する曲げモーメントを低く抑えることに成功した。その結果、全アーチリブを瞬時に一括打設した場合に比べ、スプリング部の軸方向鉄筋量を1割増加するだけで対処可能な設計となっている。

(4) 支保工断面力

鋼製アーチ形支保工は、クラウン部ブロック打設時に、軸力と曲げモーメントによる局部座屈に対して最も厳しい状態となる。図-5にクラウン部ブロック打設直後の支保工に発生する主構1本当たりの軸力と曲げモーメントを、計算値と実測値(応力計測から逆算)を対比して示す。図より、軸力、曲げモーメントともに概ね一致していることがわかる。

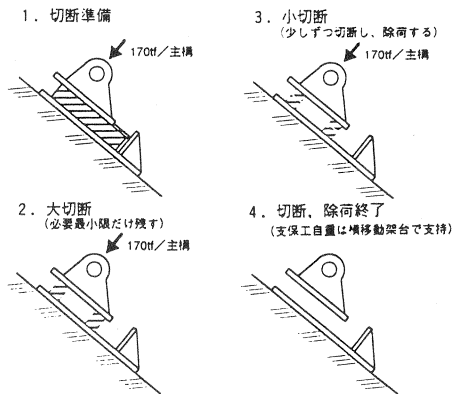
なお、実測値が計画値に比べて若干小さい値を示している原因としては、解析値には作業荷重として一律150kgf/m²を載荷していることが挙げられる。



(5) 支保工撤去

アーチリブコンクリート硬化後に支保工を撤去するには、何らかの方法により支保工に作用している軸力を解放する必要がある。本支保工では、両端支承の下側に設けてある鋼製の台座を、図-6に示す手順でガス切断した。

切断時に支保工に作用している軸力は、主構1本当たり170tfであり、計算上は切断長として軸力解放だけで片側9mm必要である。さらにコンクリートアーチリブが脱型とともに下方にたわむ分を考慮に入れた場合、必要切断長は片側合計36mmと算定された。実際には14mm切断した時点で軸力がほぼ解放されたが、これは予め両下端同士をタイケーブルを用いて緊結したことによるものと考えられる。



6. まとめ

本工法の適用による利点は以下の通りである。

- ① アーチリブ下端の急勾配部の型枠、配筋作業を、施工性に優れた緩い勾配の状態で行なえるため、安全性および工程の面で優れている。
- ② 上下線間が大きく離れているにもかかわらず、アーチ支保工を解体せずに移動できるため、危険作業を回避できる上に、工程を短縮することができる。
- ③ アーチ支保工の組みばらしを栈橋およびプラットフォーム上の安定した足場上で行なえるため、安全面において優れている。
- ④ 支保工は、リフトアップ時にはプラットフォームで支えられており、縦移動、横移動時にはタイドアーチ構造となっているため、架設段階での安定性に優れている。

なお本工事では、従来のアーチセントル工法を採用した場合に比べて、アーチリブ工において約1割の工程短縮を果たすことができた。