

R C 多径間連続アーチ橋の施工

古俣 智洋¹・池庄司 和臣²

¹株式会社フジタ 東北支店 土木部 (〒980-0803 宮城県仙台市青葉区国分町2丁目14-18)
²株式会社フジタ 土木本部 生産技術部次長 (〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷5丁目8-10)

本工事は、東北新幹線盛岡～八戸間（フル規格）延伸事業のうち岩手県の北端（二戸市）において、一級河川馬淵川・JR東北本線・国道4号線・県道を横断する施工延長326mの橋梁上・下部工事である。

本橋は主要交通の交差点になることから景観に配慮した形式として、鉄道橋では我が国初のRC5径間連続アーチ（開腹式）が採用された。本橋の特徴は、アーチリブが橋脚上にあり、水平方向の変位を拘束できない為、上床版を引張り材としたバランスドアーチ構造である。本橋は橋脚上にアーチリブを有するため施工時に橋脚の変形による大きな断面力が発生する。この問題に対処する為、橋脚間をPC鋼棒で仮緊張を行なった。本論文はこの種のアーチ橋の施工法と施工時の問題点と対策法について述べる。

キーワード：施工技術，橋梁，連続アーチ橋，セントル式支保工架設工法

1. 工事概要

(1) 工事概要

工事名称：東北幹，第3馬淵川B他
発注者：日本鉄道建設公団 盛岡支社
工事場所：岩手県二戸市金田一地内
線路規格：新幹線
軌道線形：直線 $v=260\text{km/h}$
軌道構造：スラブ軌道
線路本数：複線
基礎構造：直接基礎（深礎杭，場所打ち杭）
列車荷重：P-17，N-16
橋梁形式：RC5径間連続開腹アーチ橋
上床版：PC充実断面床版 ($t=50\text{cm}$)
橋長：RC5径間連続アーチ橋 ($L=184\text{m}$)
単純T桁 ($L=20\text{m} \times 2$ 連, $12\text{m} \times 1$ 連)
縦断勾配：15‰
施工基面幅：12.5m
ライズと支間の比： $(f/l)=1/3.8$
橋脚高：9.5m～15.6m

(2) RCアーチ橋の概要

構造概要は、橋脚上に側径間（支間長：29m×2）及び中央径間（支間長：42m×3）の5径間のアーチリブからなり、アーチリブ部材厚は1.1m～1.3mの変断面となっている。アーチリブ上には12本の柱（6本×2列/1径間）が配置され、その柱の上に版厚500mm上床版が配置される構造となっている。上床版はタイド（引張り材）構造の必要性から全径間連続化が図られており、側径間端部と中央径間クラウン部でアーチリブと剛結されている。

この構造形式の場合、上床版には大きな引張り力と側径間アーチリブに大きな曲げモーメントが作用する。この為ひび割れ防止処置（クリープ，乾燥収縮，温度変化の引張り力）及び側径間アーチリブの曲げ耐力を向上させる事を目的として、PC鋼材による緊張力（21600kN）を導入している。

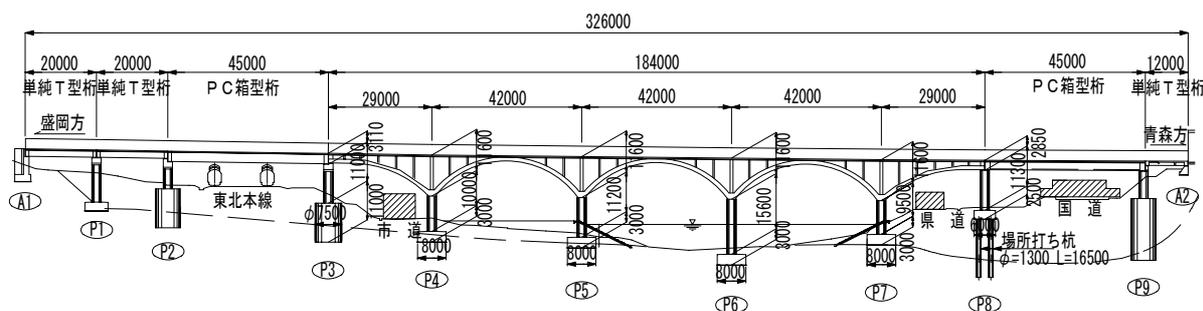


図-1 全体側面図

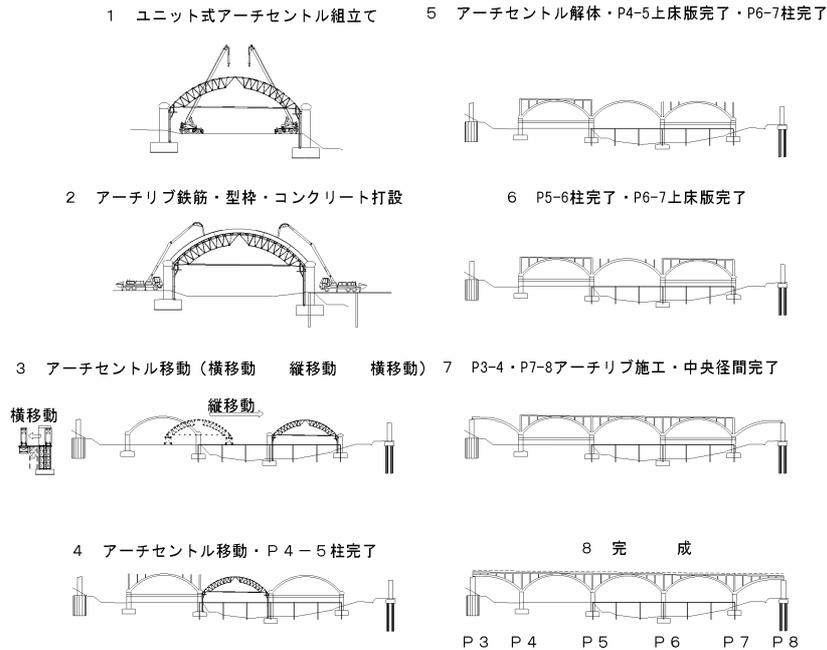


図-2 施工手順図

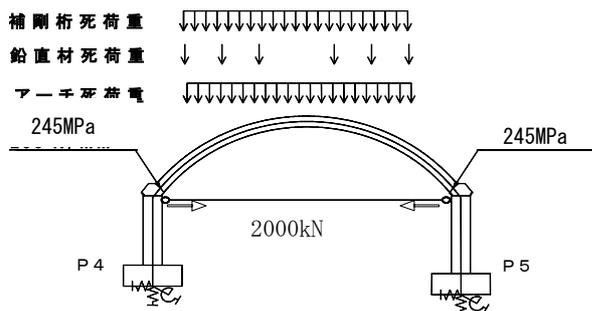


図-3 構造モデル図

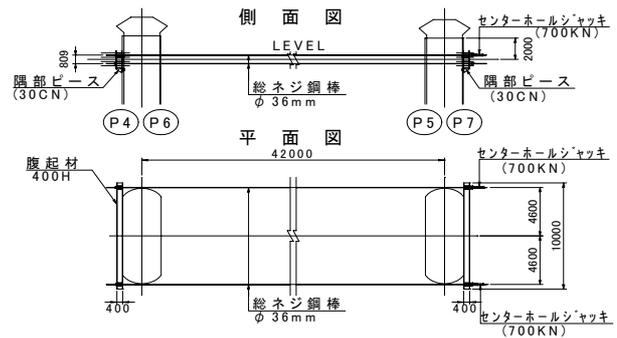


図-4 橋脚間仮緊張図

2. RCアーチ橋の施工

(1) 施工上の留意点

本RC 5径間連続アーチ橋の施工では、施工順序が重要となる。つまり上床版施工前のアーチリブ施工段階において、アーチ反力により橋脚頭部が変形する構造のため、橋脚ならびにアーチリブに最も影響の少ない施工順序を選択することが望ましい。当初設計時の施工順序は、5径間アーチリブ完成→全鉛直材施工→上床版施工→プレストレス導入というものであった。

(2) 施工順序の変更と工期の短縮

工事着手後に以下の問題点が発生した。

- 1) 当初工程より3ヶ月の工程短縮要請
- 2) 施工ヤードの制約による施工順序の見直し
- 3) 河川部基礎が深くなったことによるアーチリブスプリング部断面力の増大

したがって当初の施工順序の大幅な見直しが必要となった。

そこでアーチリブ施工順序を決定する上で①施工可能な順序②橋脚変形量が最小となる順序③独立径間で順次、柱・上床版を施工する条件で各施工段階毎にFRAME解析を実施し、最終的な施工順序を決定した。その施工順序は、第2径間→第4径間→第3径間で、5径間アーチリブの完成前に各径間の鉛直材、上床版を施工することにし、工期の短縮を図った。本橋の施工は、図-2の施工手順で行なった。

(3) 橋脚間の仮緊張

この施工順序の場合、架設時のアーチリブスプリング部には、設計時よりも大きな曲げ応力が生じるようになった。これはP4～P5橋脚間の場合、独立アーチリブ上に順次鉛直材、上床版を施工する

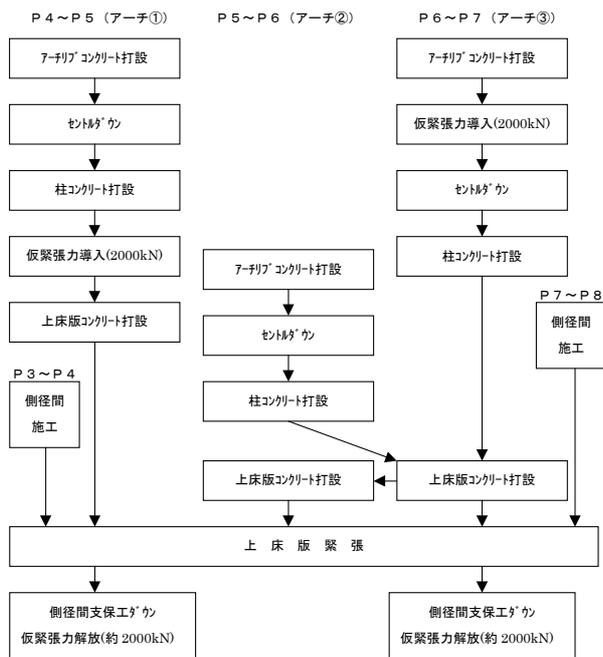


図-5 施工フロー図

と、鉄筋の引張応力度が295Mpaを越えてしまうことが検討結果より判明した。これは各施工段階の死荷重によって両側の橋脚頭部に外向きの水平力が作用し、橋脚頭部が水平方向に変位するためである。

それを防ぐために、アーチリブコンクリートが硬化した時点で橋脚頭部間を総ネジPC鋼棒を用いて緊張することによってタイドアーチ構造とし、水平変位を拘束することにした(図-3, 4参照)。

与える仮緊張力は導入設備や鉄筋応力度を総合的に判断し2000kNとした。

施工フローを図-5に示す。

3. アーチリブの施工

(1) 支保工の選定

現在では、支間、地形及び技術的な要求に対して合理的に対処する為、多岐にわたる工法が採用されている。本橋は、3径間の全径間アーチの両サイドに半径間アーチが各々伸びた形状である。全径間のアーチリブ形状が統一されていることにより、①支保工や型枠の転用が可能となり、②作業の単純化、③施工の効率化を図ることが出来る。したがって、計画の際は上記3点を重要項目として計画し、工期短縮が図れる構造として、セントル式アーチ支保工を採用した。そして、3径間分を横移動装置と縦移動装置により転用する施工方法を計画した。アーチ支保工の縦移動には、河川内仮設棧橋を利用する計画を立て、省力化を図った。

(2) セントル式アーチ支保工による施工

a) 支柱建方

セントルを支持する方法として、橋脚からブラケットにより支持する方法が考えられたが、より信頼性が得られる支柱式を採用した。これは、各橋脚基礎から4本のH鋼を立上げ、計8本の支柱により支持する工法である(半径間は計10本)。

b) 地組・支保工架設

上弦材(2×[-250]1本、腹材(2×[-100]2本をφ40結合ピンにて固定し三角形の1単位ユニットトラスを組立てる。このユニットトラスをφ50のピン及び下弦材(1×□-100)にて連結し、半径間のフレームを完成させ、2台の45tクレーン(半割フレーム1基/1台)で架設を行なう(写真-1参照)。



写真-1 支保工架設状況

c) 下枠設置

下枠は維持管理が比較的容易なメタルフォームを採用した。メタルフォームはクレーン作業が可能な大きさのブロックに地組みを行ない、下側よりセットする。その際、根太クランプにて根太曲げ材に固定することにより、セントルの移動の際、一緒に移動できるようにした。これにより3径間で1700m²の熱帯材の削減になる。

d) コンクリート打設

コンクリート打設は、あらかじめ上枠(メタルフォーム)に窓を開けておき、その窓より行なう。しかし限られた打設窓と鉄筋が密に配置されている為、当初設計配合(スランプ8cm)では端部の充填性が憂慮された為、高性能AE減水剤を使用し、水セメント比を変えずに流動性のあるコンクリート(スランプ15cm)に変更を行なった。さらに打設時にセントルに偏荷重による異常な応力が発生しないように2台のポンプ車を使用し、橋脚部からクラウン部に向かって左右均等に打設するよう配慮した。

e) ジャッキダウン

セントルの利点として、応力開放作業が容易な点が上げられる。通常は、支柱とセントルの間に設置された支承金具により荷重を受けているが、支承金具をガスで少しずつ均等に切断し、徐々にジャーナ

表-2 コスト比較表

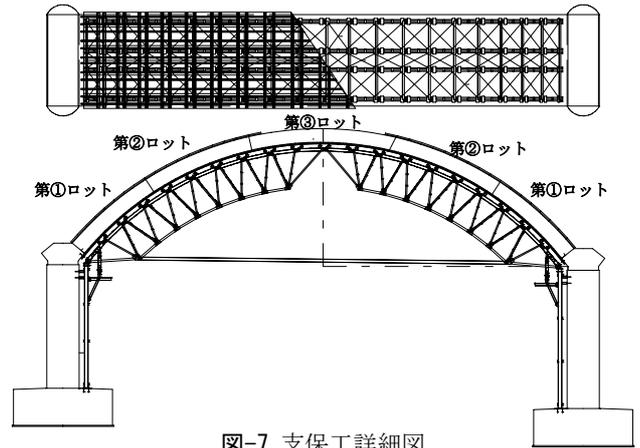
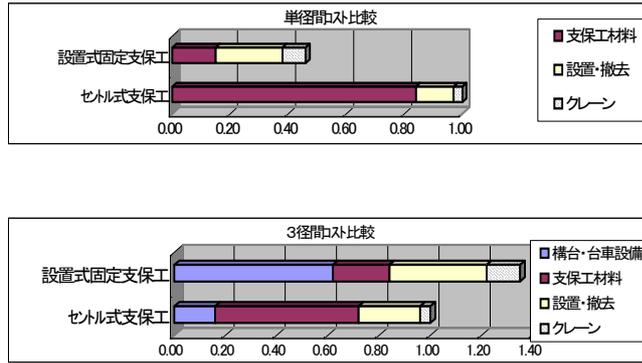


図-7 支保工詳細図

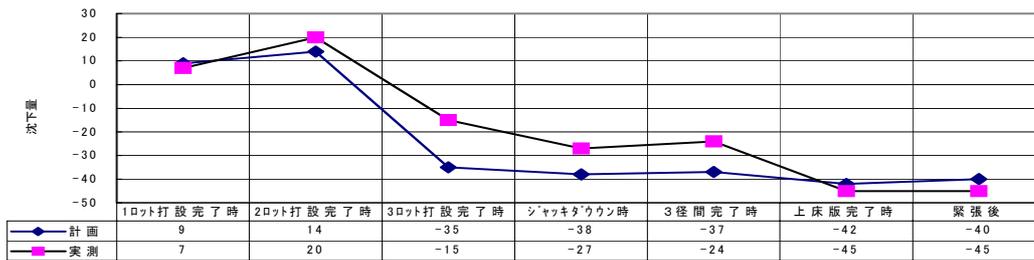


図-8 沈下管理図

を除けば、30日間で2径間分の支保工を架設したことになる（1径間は撤去も含む）。3,000空 m^3 もの設置式支保工（構台も含む）の設置撤去を考えると約半分で完了することになり、工程上かなり有利になる。また当作業所のように資材ストックヤードが少ない場合、撤去・移動による仮置きを必要としないので特に有効である。

(2) 安全管理

セントルのメリットとして、高所危険作業の省力化が挙げられる。1径間目の架設においては約半分の作業を地組という地上での作業となり、移動においても2分割する為のプレスの撤去・設置及び昇降階段の撤去・設置のみに限定される為、設置式支保工に比べ、30%程度の高所危険作業削減になり、安全上も有利といえる。

(3) 工事費の縮減

昨今の経済状況及び発注者要求事項の観点から、いかにコストダウンを図れるかがポイントとなる。表-2に設置式支保工とのコスト比較表を示すが、セントルの工事費に占める割合が最も多いのは、部材の制作費である。つまり単径間の場合、施工場所等の条件にもよるが、決してセントルがコスト的に有利とは言えない。しかし当工事のように河川上で支保工を計画する場合、多径間でセントルを転用することが出来れば、工程短縮及び省力化につながり大幅なコスト削減につながる。

5. 計測管理

アーチ構造は完成段階では曲げが小さく軸方向圧縮力が卓越するため、他の構造形式に比べスレンダーな断面で済むことが特徴である。その反面、施工時は構造系が刻々変化し、それが完成時の構造系とは異なるので、スレンダーな断面である分、施工時の曲げ応力や変形が問題となる事が多い。したがって、アーチ構造系の施工に当たっては、施工中の応力や変形が過大とならないように検討することが極めて重要である。

本アーチ橋の施工では、クラウン部の鉛直変位、アーチリブの鉄筋応力等に関する計測管理を実施し、構造物の応力状態を監視しながら施工を進めた。

(1) 沈下予測

本アーチ橋のように上路形式の場合、アーチリブの変形は即上床版に伝わり、出来形に大きな影響を与えてしまう。今回のアーチリブの施工にあたっては、支保工の変形とアーチリブ自体の変形を考慮して高さを決定した。

支保工については、5ブロックに分割し、各々ブロック打設完了ごとの鉛直荷重及び水平荷重の組み合わせにおいてFRAME解析を行なった（図-7参照）。またアーチリブ自体の変形においては、固定死荷重・付加死荷重・プレストレス・クリープ・乾燥収縮等の条件によりFRAME解析を行なった。計画沈下量と実測値との比較を図-8に示す。

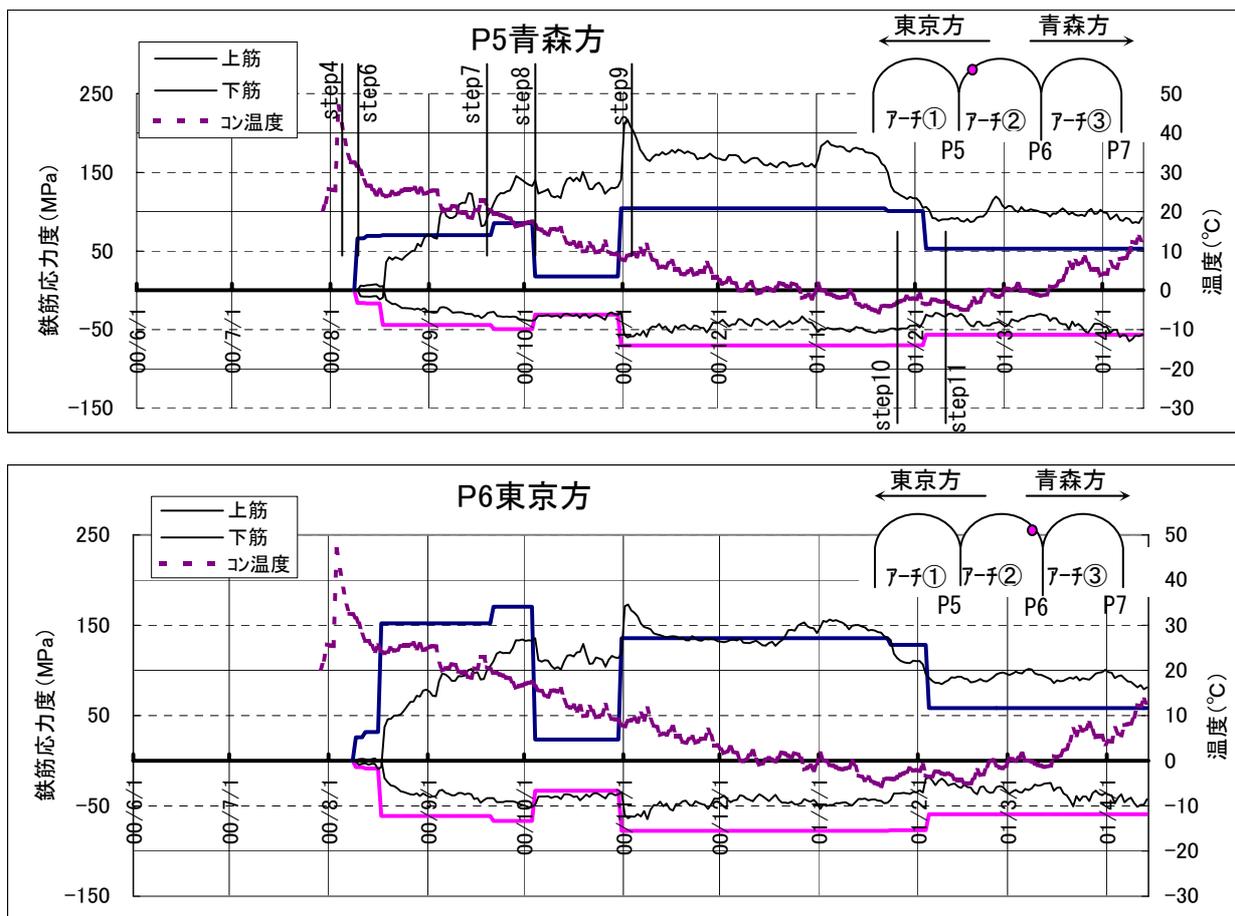


図-9 鉄筋応力図

表-3 各ステップにおける施工状況

ステップ 4	: 7-arch①上床版完了
ステップ 6	: 7-arch②ジャッキダウン
ステップ 7	: 7-arch②鉛直材完了
ステップ 8	: 7-arch③上床版完了
ステップ 9	: 7-arch②上床版完了
ステップ 10	: 側径間完了
ステップ 11	: 上床版緊張・仮緊張解放

(2) 応力管理

完成段階での応力度が許容値以内であれば、施工時の応力度が一時的に高レベルになっても、弾性範囲内である限り問題ない。しかし、施工時の応力度が高レベルになると、強度面からは問題なくとも残留ひずみやひび割れ幅が増大して耐久性の面から好ましくない。そこで施工中の管理値は長期許容応力度の25%増245Mpaに設定した。なお各施工段階での管理の目安はFRAME解析による逐次解析をもとに算出した応力値とした。但しこの応力値は、施工期間が短いため乾燥収縮やクリープの影響については考慮していない値である。

(3) 考察

予測値において構造解析や応力度の計算で仮定の不正確さが含まれていることを考慮すると、実測値と予測値とが完全に一致するとは限らない。実際、全体的にみて実測値は予測値に比べて大き目の傾向

であった。しかし、施工状態の変化に伴う沈下及び応力変動の傾向は実測値と予測値とでおおむね一致していることが認められた。

またステップ8において、予測値が減少するにもかかわらず実測値はそれほど減少していない。いったん生じた応力や変形はなかなか復元しにくいことが認められた。施工中の応力や変形はできるだけ低レベルに抑えるのが望ましいことを示唆している。

本アーチ橋は5径間完了・プレストレス導入を行なって初めて安定した構造物となることから、施工時の応力・変形を照査し、必要に応じて補助工法を検討することが重要であることが確認できた。

6. あとがき

以上、第3馬淵川橋りょうにおける施工について述べた。本工事では、工期の短縮要請、それに伴う施工順序の変更等の問題を補助工法の採用と計測管理により対応した。この結果、工事は順調に進捗し、これらの対策法は妥当なものであったと現時点では判断している。

本橋梁は、平成14年1月に無事竣功し、アーチのもつ優美さと雄姿を馬淵川の川面に映し出している。景観にマッチした東北新幹線第3馬淵川橋りょうは、二戸市の新しいシンボルとして存在しつつある。