

(72) 白屋橋（PC斜張橋）の施工

建設省近畿地方建設局大滝ダム工事事務所 品川正典
建設省近畿地方建設局大滝ダム工事事務所 平林貞之
鹿島建設（株） 大阪支店 横山雅臣
鹿島建設（株） 大阪支店 正会員 ○山村正人

1. はじめに

白屋橋は、紀の川上流の奈良県吉野郡川上村において建設中の大滝ダムの村道付替え工事の一環として、将来のダム湖面上に建設される2径間連続プレストレストコンクリート（PC）斜張橋である。橋梁形式としてPC橋を選定した主な理由は、完成後の維持管理が容易にできるという点である。

本橋の特徴は、構造的には、橋脚高68m、主塔高50m、全高では124mにも及ぶ高橋脚で、支間長が左右非対称であるという点で、主桁のアンバランスに対する施工管理が重要なポイントとなった。

また工法としては、斜材に現場製作ケーブルであるフレッシュ工法を採用し、防護管として着色が可能で美観に優れるFRP管を初めて使用したもので、斜材架設に関しては新しい工夫を随所に取り入れた。

本橋の設計・施工にあたっては、基本構造、耐震性、耐風性および施工法等の全般にわたる技術的課題に対し、「白屋橋技術検討委員会」（委員長：岡田清京都大学名誉教授、（財）国土開発技術研究センター）において十分な審議、検討を行ってきた。

本報告では、斜材架設工法を中心に、現場製作斜材を用いたPC斜張橋上部工の施工について紹介する。



写真-1 全景写真

2. 工事概要

工事名：白屋橋上部工架設工事
企業者：建設省近畿地方建設局
工事場所：奈良県吉野郡川上村
橋種：PC道路橋
構造形式：2径間連続PC斜張橋
橋格：第3種5級（2等橋, TL-14）

橋長：225.0m
支間長：124.3m + 99.3m
幅員：8.2m（有効幅員5.0m）
勾配：縦断方向1.25%放物線，
横断方向1.50%

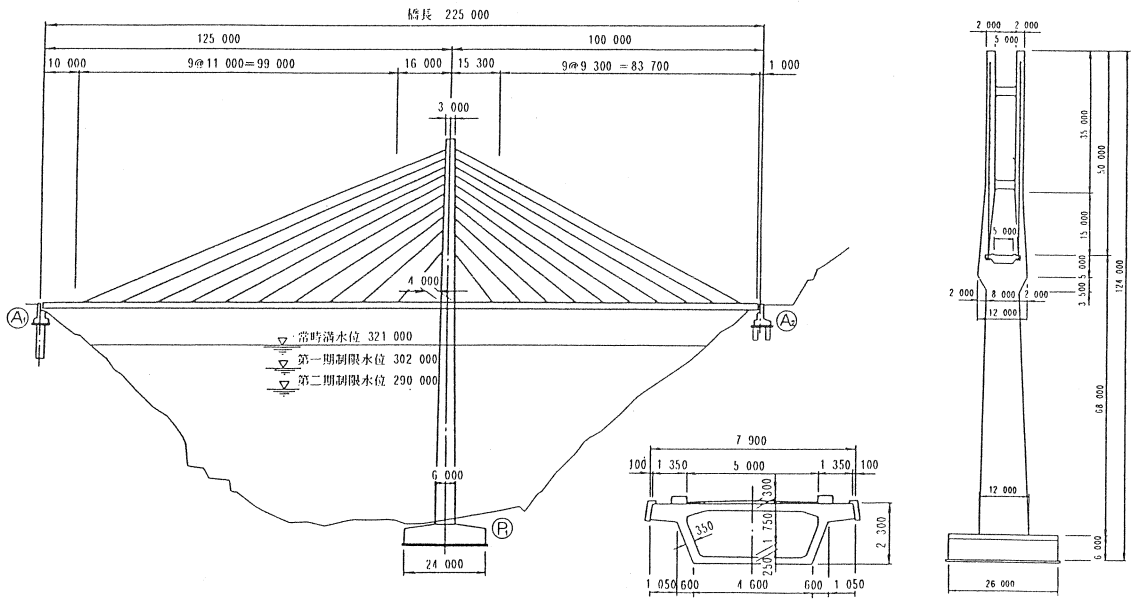


図 - 1 白屋橋一般図

3. 主桁工及び主搭工の概要

本橋の主桁は、長大橋の一般的施工法であるフォルパウアーゲンによる張出し架設工法（ディビダーク工法）で施工したが、架設中の応力上の制約から、主桁を斜材で吊り上げながら張り出す必要があり、そのため、主搭、斜材と併行して施工した。

施工順序は、橋脚頭部施工後、ブラケット支保工上で主桁柱頭部を施工した。それから最初の斜材架設時に主搭と主桁がほぼ同様に進行するように、まず主搭を4リフトまで先行し、柱頭部上でフォルパウアーゲンを2台組み立てた後、主桁張出し部の施工を開始した。

主桁斜材吊点間隔は、長径間側11m、短径間側9.3mで、主桁ブロック割は各斜材間で3ブロック（最大ブロック長3.75m）とした。したがって、張出し部の施工サイクルとしては、標準ブロックを2ブロック施工、斜材定着ブロック施工、斜材架設で1サイクルとなり、これを約1カ月で施工した。

本橋は、径間が非対称であるため、張出し架設時のアンバランスを解消するため短径間側主桁内にカウンターウェイトコンクリートを打設しながら施工した。張出し架設終了後、橋台との連結部は両側ともに吊支保工で施工した。

主搭の施工方法は種々考えられるが、本橋の場合、足場は主搭施工用としてだけでなく、斜材架設のための足場も兼用するので総足場とし、大パネル型枠によるジャンプアップ工法を採用し、

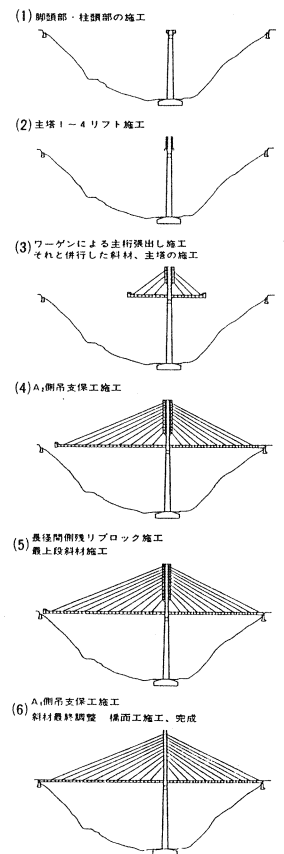


図 - 2 施工順序図

17リフトに分割して施工した。

主塔は高い鉛直精度を要求されるとともに斜材定着体を正確に据え付けなければならぬので鉄骨を利用したが、現場内の鉄骨組立架台上で精度良く地組し、斜材定着体を固定した状態で吊り上げ、既設の鉄骨に接続してコンクリート中に埋設した。主桁および主塔のコンクリート打設は、ポンプ車と主塔に設置した中継ポンプを併用して行った。

4. 斜材工

4.1 斜材架設と1次緊張

(1) FRP防護管の架設

FRP管の架設方法としては、架設用のケーブルにFRP管の荷重を預け、橋面上の接合架台でFRP管を順次接合しながら引き上げていく逐次架設方式で行った。架設用のケーブルとして、従来はワイヤロープを別途設置する方法が考えられていたが、本橋では斜材に用いるのと同じφ15.2mmのPC鋼より線（仮設ストランドと称する）を用い、さらに架設する斜材の定着

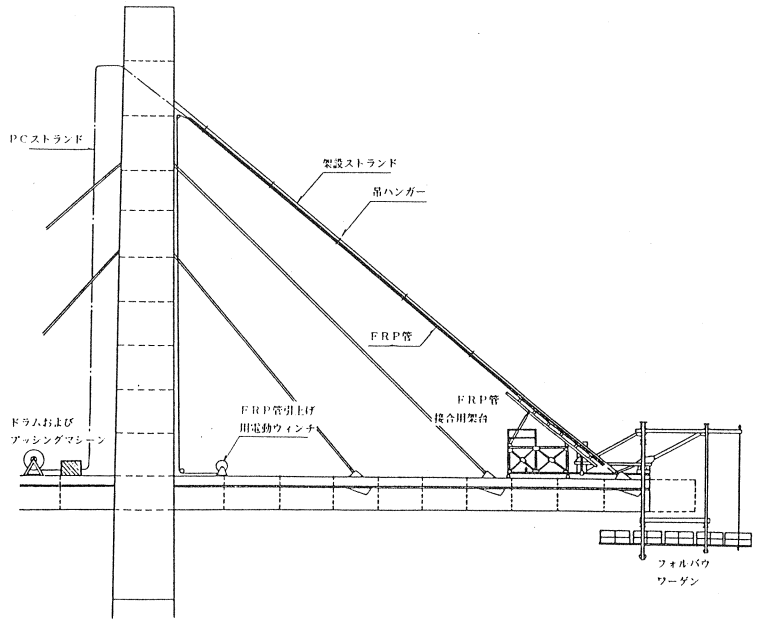


図-3 斜材の架設要領

体には本設ストランドと同様にくさび定着する方法を採用した。これにより、仮設ストランドに比較的大きな張力を導入でき、サグを小さくすることができるので、FRP管の接合を正確かつスムーズに行うことができた。

本橋はファン形の斜材形式を採用し、斜材ごとに角度が異なるので、角度調整のできるFRP管接合架台を製作した。FRP管は、接合前にスペーサーのスパイラル筋を挿入し、気化性防錆剤をスプレーガンで吹き込む。気化性防錆剤は、グラウトまでの架設期間中のストランドの1次防錆のために本橋で新たに使用したもので、実用に先立って暴露実験によって防錆効果を確認した。防錆剤を吹き込んだFRP管をクローラークレーンで接合架台にセットし、テーパ継手部に接着剤を塗布して接合する。接着剤の硬化を早めて接合時間を短縮するため、接合部を加温器で加熱し、ターンバックルで締

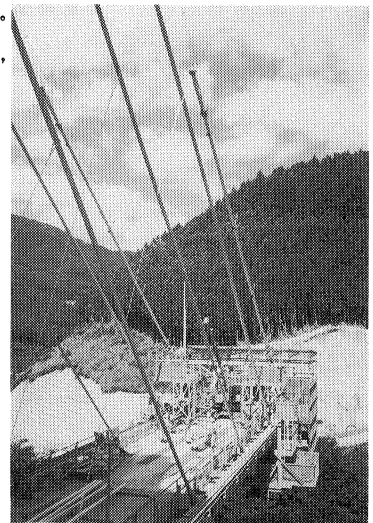


写真-2 FRP管の架設

め付けた。

接着剤が硬化すると、ハンガーを取り付けて仮設ストランドに吊しながらウインチで引き上げる。接合したFRP管の長さ（定尺6m）だけ引き上げると、次のFRP管を後ろにセットして接合する。以上の接合・引き上げ作業を繰り返し、所定の斜材長のFRP管を仮設ストランドに吊したところで、本設ストランドの1本目をFRP管に挿入して緊張する。これによってFRP管の重量は挿入した本設ストランドが負担するようになり、まずFRP管を吊していたハンガーを下から引張り順次撤去し、続いて仮設ストランドをジャッキで緩めて撤去する。

以上で、中にストランドを1本通した状態でFRP管の架設が終了する。

(2) ストランドの挿入と緊張（1次緊張）

ストランドは、橋面上に設置したプッシングマシンにより主搭側定着体からFRP管の中に上段より1本ずつ挿入し、挿入するごとに主搭側のシングルストランドジャッキで緊張した。

緊張管理は、各ストランドの張力をできるだけ均等にするために伸び管理を採用し、管理の精度を上げるため、ストランドにはあらかじめ工場で切断箇所と緊張の引き止め点を示すマークをつけて現場に搬入した。現場では、この切断マークに従って挿入するごとに正確にストランドを切断し、引き止め点マークに従って緊張管理を行った。

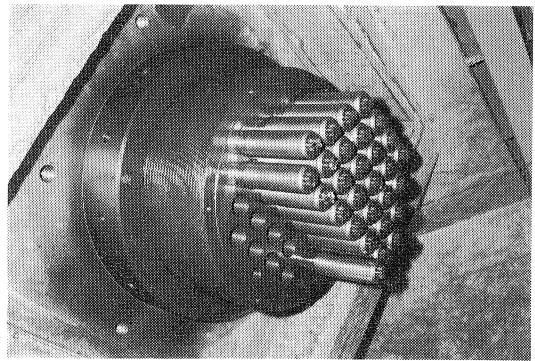


写真-3 主桁側定着体と圧着グリップ

また、主桁側のストランドの定着には伸び管理を容易にするために圧着グリップを採用した。これは、疲労強度を高めるために先端部がくさび状になった特殊なものである。

斜材の1次緊張は2パーティで行い、それぞれ長径間側・短径間側を担当した。主塔・主桁に不均等な力ができるだけ働かないように、ストランドを一定数緊張するごとに2面吊り斜材を交互に緊張し、2パーティで緊張するストランドの本数がほぼ同時に進行するよう配慮した。以上で、斜材の1次緊張を兼ねた斜材架設が終了する。

4.2 400tジャッキによる斜材緊張

(1) 1次確認緊張

1次緊張は、マークをつけたストランドを1本ごとに伸び管理することで、各ストランドの張力をできるだけ均等にするものであるが、さらに斜材全体として設計張力が導入されたことを確認するため400tジャッキを用いて確認緊張を行った。張力確認は、精度を上げるためテンションロッドに取り付けたロードセルで直接に張力を読み取ることによって行った。400tジャッキは1次確認緊張の他に、2次緊張以降の斜材緊張を行うもので、主桁側で緊張した。このため緊張用ワーゲンと400tジャッキ（重量約1.7t）装着のためのリフターを製作した。

確認緊張では、1次緊張において所定の張力が導入されたかどうか確認すると共に、差がある場合には調整した。本橋の実績では、張力の実測値と設計値の差は最大でも±10%の範囲に入っており、ストランドのマークによる伸び管理によってほぼ正確な張力が導入されることが確認できた。

(2) 2次緊張及び3次緊張

2次緊張では、1次緊張した斜材を、緊張後片側2ブロック施工した時点で再度緊張するもので、斜材緊張の中で最も大きな張力となる。緊張方法は、まず緊張前に斜材張力を確認した後、4ヶ所で同時に緊張して所定の張力まで緊張を行い、リングナットを締め込み定着した。さらに定着後の張力をそれぞれのジャッキのロードセルで確認した。

3次緊張は、さらに1ブロック(斜材定着ブロック)施工、斜材架設・1次緊張後に1段内側の斜材を緩めるものであり、2次緊張と同様に4ヶ所同時に行った。

400tジャッキによる緊張の管理はすべてロードセルによる圧力管理とした。

(3) 最終調整

最終調整は主桁連結後に全ての斜材を調整するもので、本橋の場合、施工時のアンバランスを解消するために、一般に長径間側斜材は緩めて、短径間側斜材は緊張した。

緊張時の主桁応力状態を検討して決定した所定の緊張順序に従って、1段ずつ2ヶ所同時に緊張していき、管理の方法は2次緊張・3次緊張と同様に行った。

4.3 斜材グラウト

グラウトは、斜材緊張が全て終了し、全斜材張力を確認した後に行った。

グラウト材としては、経済性、施工性、実績等を考慮して、ノンブリージングPCグラウト混和剤を添加したセメントミルクを使用した。

グラウトは主桁側定着体先端より注入し、主搭側定着体先端を最終排出孔としたが、長い斜材については内圧に対するFRP管の耐力の面から、斜材中間点で一度打ち継いだ。なお中間点での注入は、高所作業車を用いて行った。

5. 施工管理

PC斜張橋の施工管理項目のうち、特に重要となるのは、斜材の張力管理と主桁・主搭のたわみ管理である。

本橋の施工管理には、マイクロコンピュータを用いた施工管理システムを使用した。このシステムは大型コンピュータにより事前に計算された施工時計画値に基づき、実測値と

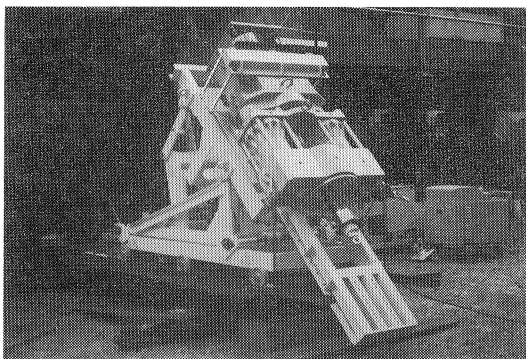


写真-4 400tジャッキ・リフター

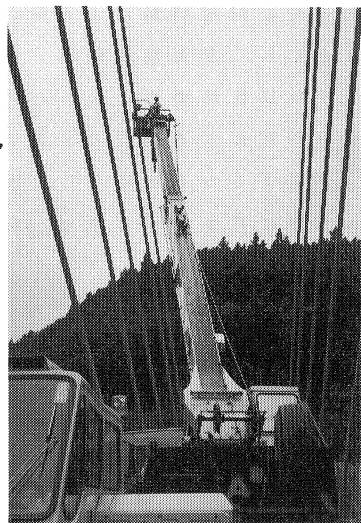


写真-5 斜材グラウト状況

の比較分析を行って、各施工段階での形状や応力状態を考慮した最適な上げ越し量や斜材張力調整量を迅速に求めるものである。

施工管理の時期として、通常施工時と点検時を設定した。通常施工時には、コンクリート打設前後と斜材緊張前後に測定を行い、たわみと調整する斜材張力が主な管理ポイントになる。点検時には通常施工時の測定のほかに、既に設置されている全斜材の張力を測定した。このとき、斜材張力とたわみに関し、実測値と設計値とを対比して管理値を超えたものについては最適斜材調整によって修正を行う。本橋では、点検時として斜材を片側3段、6段および9段設置した時点に設定した。

張出し架設時には特に非対称荷重による主桁たわみに注目しながら管理を行い、主桁コンクリート打設時のたわみデータを全て解析した結果、非対称荷重によるたわみは、非常によく設計値と一致しており、橋脚剛性の評価が良好であり、また、カウンターウェイトの主桁剛性への影響はなかったものと判断された。

斜材緊張によるたわみについては、導入力に対して主桁変形が非常に敏感なこともあり、第2点検時までに主桁たわみの誤差が累積してきた。そこで、通常施工時のたわみ測定結果、斜材張力測定結果、主桁応力度測定結果を総合的に判断して、第2点検時に斜材調整による補正を行うことにし、計画高にほぼ一致させた。

それ以後は要因となった作業荷重の補正をより正確に行うことにより、第3点検時には斜材調整による補正の必要なく、吊支保工部を計画通り施工することができた。

斜材グラウトを終了し、橋面工施工前の現段階では、主桁標高値の計画値との差は±3cm以内におさまっており、斜材張力もほぼ計画値通りに導入されている。

5. おわりに

以上、2径間連続PC斜張橋としては我が国で最大級となる白屋橋の設計と施工の概要を紹介した。

平成2年8月末現在、橋体工は完了し、橋面工の施工を残すのみである。

本工事は、現場製作斜材（フレシネー工法）による本格的な張出し架設PC斜張橋としては最初のもので、関係者の注目を集め、多数の見学者を迎えた。本橋が今後の長大PC斜張橋工事の参考になれば幸いである。

最後に、本橋の設計・施工にあたり適切な御指導、御協力を頂いた技術検討委員会の委員の方々ほか関係各位に深く感謝の意を表します。

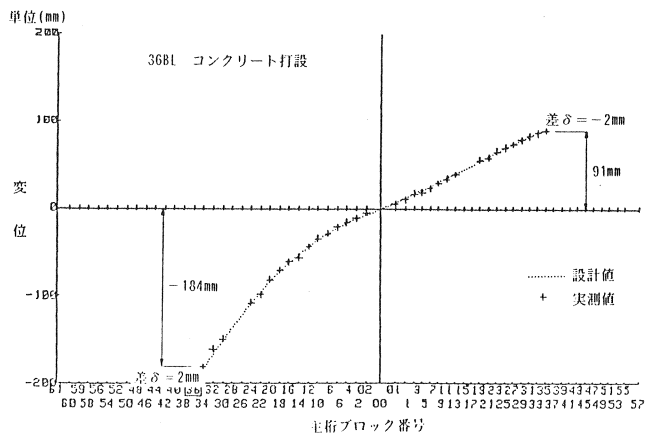


図-4 主桁変位の実測値-設計値比較の例