

新小金沢橋の施工

森下 全人¹・國島 正弘²・佐藤 誠³・九富 理⁴

¹工修 佐藤工業株式会社 土木本部技術部門 (〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4-12-20)

²株式会社白石 横浜支店 (〒231-0013 神奈川県横浜市中区住吉町4-45-1)

³佐藤工業株式会社 九州支店 (〒810-8661 福岡県福岡市中央区赤坂2-6-11)

⁴工修 佐藤工業株式会社 土木本部設計部門 (〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4-12-20)

本橋は架橋位置に供用中の国道があり、周辺も急峻な斜面であったため方杖付ラーメン橋の形式が採用された。本工事では国道の迂回が困難であったことなどから、斜材の施工を斜吊支保工で行い、さらに斜材支保工を水平に組立てた後に斜めに引上げる工法を採用した。斜材の施工を斜吊支保工で実施した例はわが国では初めてである。

この工法により、斜材下方の支保工基礎が小規模となり、地形改変を少なくできたことや、下方の交通を阻害することなく施工できたことなどの利点が生かされた。本論文は、斜吊支保工の架設方法や側径間の支保工計画についての紹介と、施工中の各種計測結果を取りまとめたものである。

キーワード: 方杖付ラーメン橋, 斜材, 斜吊支保工, 計測,

1. はじめに

新小金沢橋は、山梨県が多目的ダムとして、大月市に建設中の深城ダム建設事業の一環として計画されたダム貯水湖を跨ぐ林道橋である。本橋梁は深城ダムの湛水に伴い、平成 14 年秋から一時国道 139 号線の迂回路として供用が開始される予定である。

本橋梁は急峻な地形と供用中の国道 139 号線の上空に架設しなければならないため、方杖付ラーメン橋として計画された。また、斜材部の支保工は仮支柱や全面支保工を設置するには、国道の仮迂回路の施工が困難であったため、斜吊支保工で計画された。

方杖付ラーメン橋の斜材の施工方法には表-1 に示すようにいくつかの方法が報告されているが、一般的には斜材下方から仮支柱などで支保される。方

杖付ラーメン橋の斜材の施工に斜吊工法を適用した事例はわが国ではなく、特に多段吊の斜吊ケーブルの場合は、解析モデルの設定や荷重の載荷状態の仮定が難しく、十分な事前解析が必要であった。また、厳しい地形条件での斜吊支保工の組立てを実施するために、水平に組み立てた支保工を所定の位置に引上げる方法により架設を実施した。

また、側径間部の支保工についても、斜材の支保工に使用した斜吊ケーブルを使用し、中間ベントを併用した梁式支保工と、ブラケット式支保工により施工を行った。

本報告では、斜材及び側径間の支保工形式と、斜材支保工の架設方法の紹介、また施工時の計測結果についても考察を加える。

表-1 方杖付ラーメン橋の斜材施工方法実績表

橋梁名	施工時期	スパン割及び橋長	全幅員	斜材施工方法
祖山橋 ¹⁾	1988.6	46.35+66.0+40.35 橋長 154.0m	7.2m	メラン+仮支柱+補助支柱
霧積川橋梁 ²⁾	1994.3	26.30+51.0+31.50 橋長 110.0m	11.1m	ロアリング
小原橋 ³⁾	1997.3	45.40+68.0+45.40 橋長 160.0m	11.1m	メラン+仮支柱+補助支柱
うすゆき大橋 ⁴⁾	1999.6	55.30+95.0+55.30 橋長 207.0m	11.0m	総支保工+仮支柱

4. 斜材施工方法

方杖付ラーメン橋は急峻なV字谷に架設されたり、跨道橋として施工されるなど、橋脚の位置が限定される場合に計画される。本橋の架設位置は急峻な渓谷で、右岸には供用中の国道があるため、橋台と橋脚位置が限定されている。また、斜材を施工するための仮支柱などの設置も困難である。そこで斜材の支保工は吊支保工で計画された。

支保工の架設方法を計画するにあたり、以下のような問題が明らかになった。支保工を地組して斜吊状態で一括架設するには地組ヤードや大型クレーンの設置スペースがなく、支保工は部材毎に斜めに組み立てなければならない。また、組み立て途中段階で斜材支保工を保持する必要がある、補助工法を必要とした。

当工事では、斜材支保工の架設方法として、支保工を水平に組み、底版型枠、下鉄筋までを組み立てた後、所定の位置まで上げる計画とした。

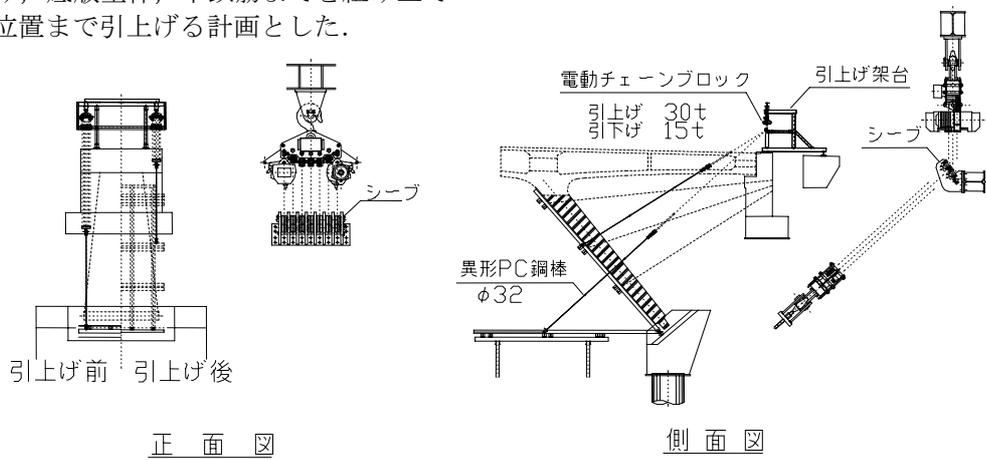


図-3 斜材支保工引上げ装置構造図

支保工の組立は斜材下方に H 形鋼による組立用架台を設置し、その上で斜材支保工を水平に組み立て、斜材底版型枠、下方の主鉄筋、帯鉄筋までを水平な状態で仮組みを行った。その後、引上げ装置を組み立て、電動チェーンブロックにより、支保工を所定の位置まで上げた。（斜材基部はアジャストボックスによるピン構造）

その後、斜吊ケーブルを所定の位置に配置し、残りの鉄筋や型枠の施工を行い、躯体コンクリートは斜材に直角に 2 リフトに分割して打設を行った。この際、荷重の増加によって斜吊ケーブルに伸びが生じるので、事前の解析によりケーブルの引き越しを行った。

躯体支承部は仮設のせん断型鋼製ピン支承とし、斜材及び側径間の施工を行い、中央径間の張出し施工前に斜材基部をコンクリートで巻き立て剛結構造とした。

支保工解体時は、同じ装置により、15t 吊電動チェーンブロック 2 台を使用して、架台上に引き下し、解体を行った。

斜材支保工の引上げは、①ストランドとジャッキを使用する方法、②ウィンチを複数台使用する方法、③大型クレーンを使用する方法などが考えられた。①はジャッキの誤操作を防止するためには制御装置のコストがかかること、②、③はウィンチまたはクレーンの能力と設置場所の問題があった。そこで、最も確実に安全性が高く、現場の状況にあった方法として、電動チェーンブロックによる支保工引上げ方法を採用した。

支保工引上げの際には全張力 30t 程度が必要であったので、安全率を 2.0 として、30t 吊電動チェーンブロック 2 台を使用して引上げる計画とした。電動チェーンブロック取付用として、橋台上に H 形鋼による製作架台を設置し、電動チェーンブロックを垂直に設置し、シープ車を介してチェーンを斜めに引上げる構造とした。図-3 に引上げ装置架台の構造を示す。



写真-2 斜材支保工引上げ後の状況

5. 側径間の施工方法

斜材の躯体完成後3段6本のケーブルを最上段の1段4本のケーブルに盛替え、側径間は完成した斜材、ベント支保工及び橋台に反力支持される梁式支保工及びブラケット式支保工で施工を行った。斜材躯体に作用する鉛直力は斜材の軸力と斜吊ケーブル張力で支持させるため、側径間自重による斜吊ケーブル張力増加によって、60mm程度のケーブルの伸びが生じることが予測された。コンクリート打設に伴う斜材の変位は躯体に悪影響を生じるため、事前に斜吊ケーブルを緊張できるような橋台と斜材に山留材による圧縮部材を配置し、斜吊ケーブルの緊張を行った。

側径間支保工部のうち、中央側はブラケットによる張出支保工で施工し、ブラケット組立解体時の足場として、斜材支保工の足場を利用して実施した。



写真-3 側径間部施工状況

6. 計測管理

(1) 計測概要

本橋梁は斜材の施工から中央径間閉合に至るまで、仮設系の構造物の安定と支保工の安全性確保を確認しながら施工を行う必要があった。特に、橋台背面に設置されるグラウンドアンカーやストラットは張出し施工時に最大約9,800kN(1,000t)の水平力を分担し、確実に地山に定着していなければならない。また、斜吊ケーブルにおいては、3段のケーブルの張力分担が荷重状態によって異なり、張力の変動はケーブルの伸びの変動につながるため、所定の位置に斜材を構築するためにはこれら張力に応じた引き越し修正が必要であった。

したがって、施工中はこれらの荷重や変位などに計画との差異が生じた場合、早期の対応が可能となるように計測管理を実施した。計測内容の一覧を表-2に、計測位置を図-4に示す。

表-2 計測内容一覧

計測内容	計測方法	記号
グラウンドアンカーの張力計測	ロードセル ひずみゲージ	①
アンカーブロック変位	測量	②
ストラットコンクリートの応力計測	埋込型ひずみ計 鉄筋ひずみ計	③
ストラットケーブルの張力計測	ロードセル	④
斜吊りケーブルの張力計測	ロードセル	⑤
橋台の曲げ応力、水平変位	鉄筋ひずみ計 測量	⑥
斜材の曲げ応力	鉄筋ひずみ計	⑦

計測方法は、計測位置が兩岸にわたることや、計画との差異を早めに把握して対応が取れるように、自動計測システムを導入し、パソコンによる集中管理を実施した。これにより各種経時変化グラフを簡単に表示でき、任意インターバルを設定して連続計測もできるため、コンクリート打設中の支保工の安全性確認など、施工管理に反映させることができた。

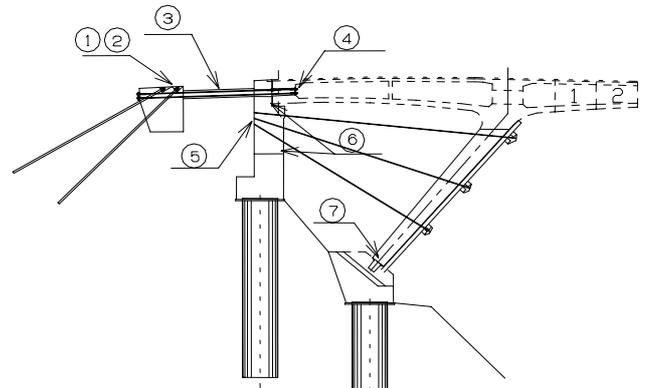


図-4 計測位置図

(2) グラウンドアンカー緊張力

グラウンドアンカーは、本工事の斜材、側径間及び中央径間の張出し期間すべてにおける水平反力を分担させる重要な仮設構造物であり、張力の低下は重大な結果につながる。グラウンドアンカーは設計水平反力に相当する緊張力を導入しているため、岩盤クリープやリラクゼーションによる荷重の低下が想定されたが、水平力の増加に伴う緊張力の変動は微小と考えられた。したがって、施工中は緊張力の一次管理値を予定張力の±10%とし、管理値から逸脱した場合は原因の究明を行い、アンカーの再緊張などの対応を検討することとした。なお、アンカー施工時は設計緊張力の1.21倍の荷重において確認試験を実施した。

図-5 に A2 橋台グラウンドアンカー緊張力の経時変化を示す。グラウンドアンカー緊張後側径間施工前まで約 5 ヶ月間は岩盤クリープなどによる緊張力の低下が 3~5%程度認められた。その後側径間及び中央径間施工による水平力の増加に伴い、0~10%の張力増加が生じ、1 次管理値を逸脱する傾向が見られ、2 回の再定着を行い、緊張力の緩和を実施した。グラフ中で変化の大きいものは上段のアンカーであり、下段アンカーの張力増加は微少であった。

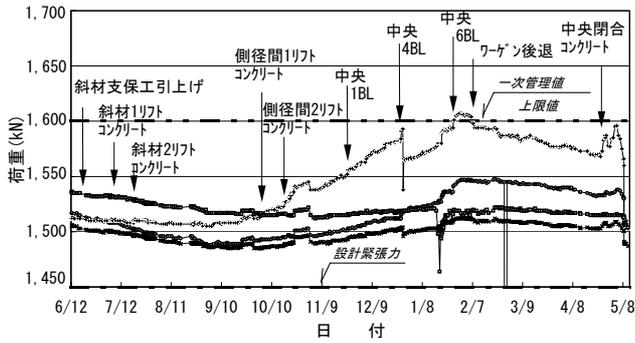


図-5 グラウンドアンカー張力の経時変化

(3) ストラットコンクリート応力

施工中において橋台側に生じる水平力は橋台の設計荷重としては考慮されていないため、橋台とアンカーブロックはストラットコンクリートとストラットケーブル (SEEE F230 片側 8 本) によって結合され、水平力を伝達する構造となっている。このストラットコンクリートのひずみ挙動などにより、コンクリートの軸力を算出し、過大な軸力発生の有無などを検証した。図-6 にストラットコンクリート中に設置した埋込み型ひずみ計から算出した応力の経時変化と計算値の比較を示す。

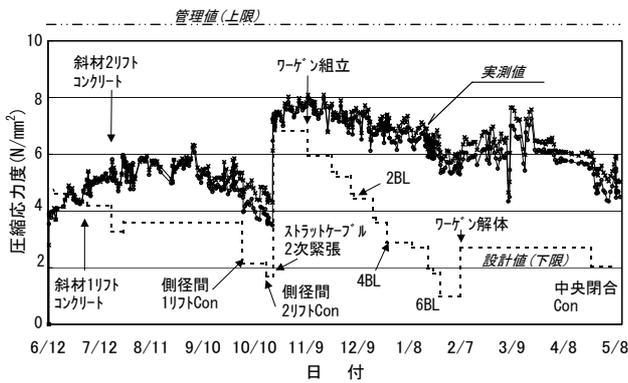


図-6 ストラットコンクリート応力の経時変化

解析では、橋台やアンカーブロックの拘束による応力低下は考慮せず、橋台に作用する水平力が単純にプレストレスの減少を生じるものとして算出し、これを下限値として管理した。

ストラットケーブルは2段階に分けて緊張を行った。1 段階として、斜材および側径間施工前に、斜吊りケーブルによって生じる水平力相当分を一次緊張力として緊張を行い、その後、中央径間張出し施工に生じる水平力の増分を二次緊張として与えた。

一次緊張後にストラットコンクリートには 4N/mm^2 程度の圧縮力が生じ、その後斜材施工中は圧縮力が 6N/mm^2 まで増加した。その後側径間施工時は水平力の増加に伴い圧縮力は暫時減少している。これは、緊張後の初期段階はクリープ変形によるひずみ増加が圧縮力の増加に現れているものと考えられる。

張出し施工前に二次緊張を実施し、張出し施工の進捗に応じ、ストラットコンクリートに生じている圧縮力は減少している。しかしながら、計算値に比べるとその低下割合は小さくなった。これは、計算値がアンカーブロックや橋台を含めたモデルで算出していないため、これらの拘束によって、コンクリート応力の変動幅は計算値に比べ小さく現れたものと考えられる。

(4) 斜吊ケーブル

斜材と側径間施工中は、支保工に生じる水平力を、斜吊ケーブルで分担している。斜吊ケーブルの張力を計測することによって、斜材支保工の上げ越し管理や、架設中の構造物の安定性の確認を行った。

斜材施工時における斜吊ケーブル張力の経時変化を図-7 に示す。

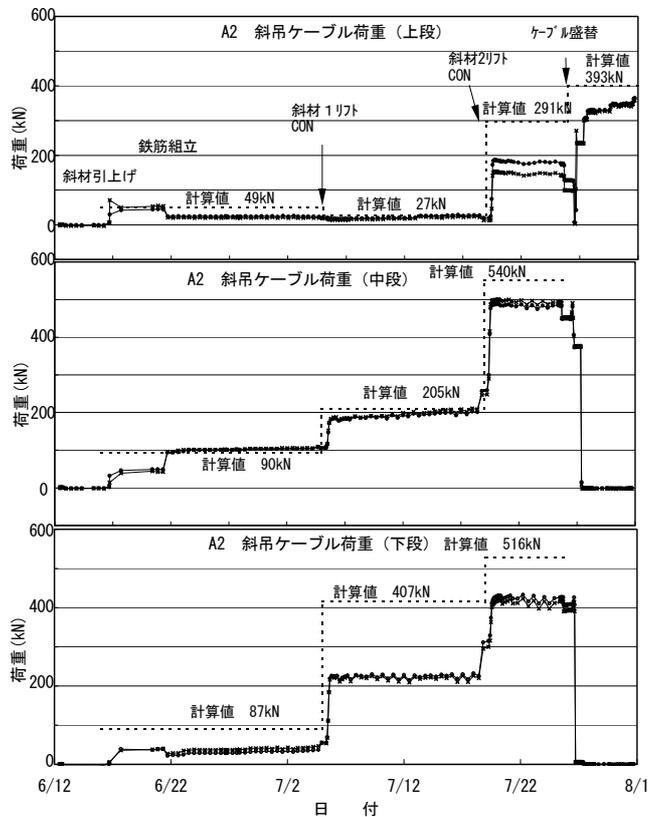


図-7 斜吊ケーブル張力の経時変化

3段6本の斜吊ケーブル全体の張力の合計は計算値の約70%程度の値であった。これは、事前の解析モデルと荷重の載荷状態を安全側で設定したためによるもので、実際のモデルとしては、コンクリート荷重による斜吊ケーブル方向分力が小さく、斜材軸方向分力が計算値より大きかったものと考えられる。また、3段のうち中段ケーブルはほぼ計算値に近い値を示しているが、他のケーブルは計算値より小さな値を示している。これは、中段ケーブルを主体として上げ越しを実施し、張力調整を行ったためである。

ケーブル張力の相違はコンクリート打設後の躯体位置の相違につながるが、側径間完成までは支承部をピン構造としているので、コンクリート硬化後斜吊ケーブル緊張端（橋台背面）で伸び調整と張力調整を行うことで修正した。

7. まとめ

急峻な地形などの施工条件の厳しい場所における橋梁の計画が今後増えることが予想されるだけに、橋脚位置が限定される方杖付ラーメン橋の計画も増大するものと考えられる。この方杖付ラーメン橋では、特に斜材の施工の難易度が高く、事前の解析と十分な計測計画が必要とされる。当工事で採用した工法では、以下に示す利点が確認された。

- ①斜材下方に支保工組立用架台を必要としたが、基礎としての根固めを必要とした程度で、地形改変を最小に押えることができた。
- ②作業ヤードとしては、兩岸の橋台に設けられた栈橋構台を主体として行い、下方の供用中の道路を迂回や阻害することなく施工が可能となった。

③斜材の施工時は、斜めの状態で鉄筋や型枠組立作業が足場の確保など難しいが、水平の状態である程度の施工まで行えるため、比較的スムーズかつ安全に施工できた。

また一方では、斜材及び側径間施工時の斜吊ケーブルの張力管理や、上げ越し管理が煩雑であり、今後の課題と言える。また、本工事では事前の解析を多ケースにわたり実施したが、今後は実績を踏まえ、適切なモデル化を行い、解析の単純化を行う必要があるものと考えられる。

本橋の計測結果により、グラウンドアンカーに引抜け方向の荷重が作用する場合は、緊張力が増大することが判明したため、今後同種橋梁の設計時は、グラウンドアンカーの定着力に余裕を持たせる必要があるものと考えられる。あわせて、適切な計測管理を実施し、架設時の安全性を確認することが必要である。

新小金沢橋は平成13年7月に完成し、深城ダムの完成後は林道橋としての機能だけでなく、ランドマークとして観光や地域住民にも親しみの持てる橋梁となることが期待されている。最後に、本工事の施工にあたり多大なるご指導、ご協力を頂いた関係各位に心から感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 得能・小西：祖山橋の設計と施工，プレストレストコンクリート，Vol.32,No.1,pp.6～20,1990.1
- 2) 熊耳・高橋：霧積川橋梁の設計・施工と景観，橋梁，Vol.29,No.11,pp.1～6,1993.11
- 3) 大槻ほか：舞鶴一号橋（小原橋）の施工，プレストレストコンクリート，Vol.39,No.3,pp.45～53,1997.3
- 4) 後藤ほか：うすゆき大橋の設計・施工，プレストレストコンクリート技術協会 第9回シンポジウム論文集，pp.665～668,1999.10