

シハニ吊橋の全面補修

—The Chiani Suspension Bridge : A Complete Overhaul—

はじめに

19世紀末から20世紀初頭にかけて建設された中小径間のさまざまな吊橋が、現在、補強や補修を必要としている。これらの吊橋の大半において、メイン吊りケーブルの架け替えが必要となっている。

アルジェリアに架設されているシハニ吊橋では、一般的には困難とされる補剛桁の主要部材を保持しながらの吊りケーブルの架け替えを含む補修工事を行っており、その概要について紹介する。

シハニ橋(写真-1)は中央径間長100 m程度の小規模な吊橋で、20世紀の初めにフランス人技術者F・アルノダンによって設計された。

この橋梁は、アルジェリア北東部に位置するアンナバ県のシハニ村の郊外を流れるシハニ川に架設されている。

シハニ橋は、図-1に示すように、吊りケーブルと補剛桁の水平方向の変位を抑制する斜張ケーブルから構成される複合的な構造が適用されており、メイン吊りケーブルのバックステイは、岩盤に掘削された4箇所

のコンクリートブロックに定着されている。

また、塔頂のサドルは橋軸方向に可動する構造となっている。

補修前には、主要構造の広範囲にわたって腐食の兆候が認められた。

1. 既設および新設の構造

1-1 既設の吊り構造の状態

本橋の吊りケーブルは、片側あたり直径75 mmの6本のケーブルから構成されている(図-2)。6本のケーブルは束ねられておらず、主塔上部のサドルと地上のアンカレイジで支持されている。それぞれの吊りケーブルには、Uボルトとナットによって、直径33 mmのロッドからなるハンガーに接続された鋳鋼治具が固定されていた。

補剛桁の両側の57本のハンガーは、床版を支持するI形鋼床桁と直接接合されていた。

両側の各主塔からの20 m区間の補剛桁は、直径35 mmの6段の斜張ケーブルによって支持されている。これらの6段の斜



写真-2 補修前のサドル

張ケーブルは、サドル上の3つの滑車をループする3本のケーブルから構成されていた(写真-2)。

サドルはスライドすることが可能であり、このスライド構造部についても広範囲にわたって劣化していたものの、補修の段階でもサドルはスライドしていた。

斜張ケーブルはかなりの数の素線が破断しており、ケーブル撤去後に実施された精密検査において、ケーブルには局所的な孔食現象が生じていることが判明した。

1-2 床版の状態と拡幅・補強方法

既設補剛桁の鋼製部分は、ハンガーによって直接支持される下路桁構造である。鋼製部分には、広範囲にわたって表面的な腐食が生じていた。木製板材からなる床版の一部は欠落して走行面に隙間が生じており、劣悪な状態にあった(写真-3)。

床版に大きな隙間が生じていたため、橋梁は通行止めとされていたが、実際には、歩行者、小型原付自転車、および家畜が往来していた。

車両の通行を可能にするために、床版にはコンクリート構造を適用することが決定された。コンクリート床版は、車両に対して堅固な路面を提供するとともに、上部工の曲げおよび軸方向の挙動に対しても大幅な補強となる。

床版厚は死荷重を軽減するために140 mmとし、最小限に抑えられた。

新設の床版において、車両走行を可能にするため主桁間に一車線の車道スペースを



写真-1 補修前のシハニ橋

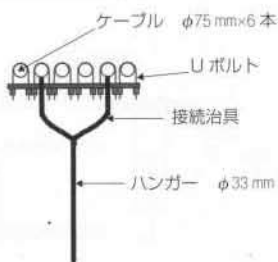


図-2 補修前の吊りケーブル構造

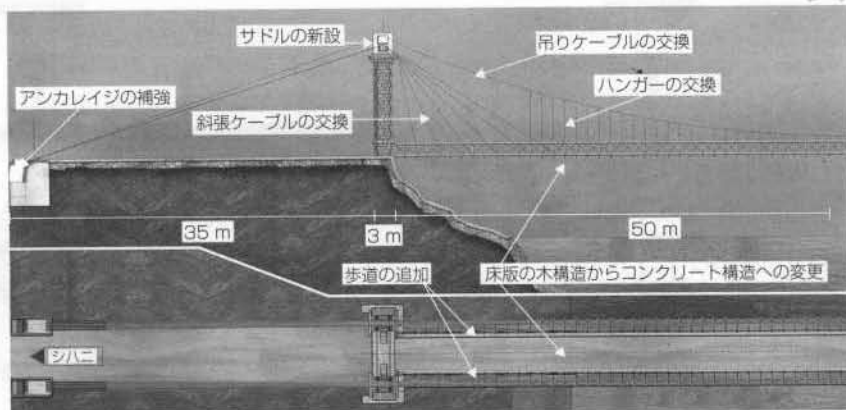


図-1 橋梁の構成と補修部位



写真-3 補修前の床版の状態

確保する必要がある、横桁の拡幅と補強を行っている。

横桁の下フランジは、追加鋼板を溶接して補強され、スタッドジベルを上フランジに溶接して、コンクリート床版と一体化する構造とした。歩道は主桁の外側に配置され、歩道を支持する横桁については、鋼板を既設横桁にボルト接合することによって延長している。

新設ハンガーの定着位置も既設ハンガーの定着位置と干渉しないように、外側に0.5m移動する必要がある。この結果、吊りケーブルの位置は既設の位置より外側に変更されている。

さらに、床版コンクリート重量に対する補強のため、主桁の上弦材に追加の鋼板が溶接されている。

1-3 新設吊り構造の架設方法

新しくケーブルを取り替えるために2つの案が考えられた。

第1案は、既設サドルを維持しながらメイン吊りケーブルと斜張ケーブルを1本ずつ取り替える方法であるが、いくつかの欠点がある。例えば、最大2本の吊りケーブルを一度に取り替え、続いて斜張ケーブルとハンガーが取り替えられるため工事が煩雑となり時間を要することや、サドルのすべり支承の補修が必要な場合には、補剛桁重量の作用している既設サドルを持ち上げなければならなくなり困難である。

第2案は、最新の材料や技術を利用して、既設吊り構造と独立した新たな吊り構造を、既設吊り構造の撤去前に架設する方法である。

本橋においては、効率的で経済的な理由により第2案が採用された。第2案で解決すべき問題点は、既設吊り構造に作用している荷重を、新設吊り構造に確実に移動させるために必要とされる複雑な作業の実施である。

1-4 新設サドルおよび吊りケーブル

新構造の重要な要素は新設サドルである(写真-4)。新設サドルは、1回の casting による既存の作製方法ではなく、圧延により製作された小規模な部材を溶接することで製作されている。

既設サドルは鋼製ボックスで覆われた後、セメントグラウトが注入されている。

鋼製ボックスは、橋軸方向に移動可能なように、鋼・テフロン製支承パッド上に設

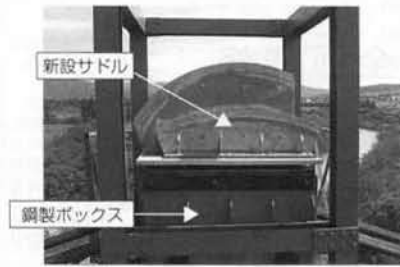


写真-4 新設サドル



写真-5 新設の吊りケーブル構造

置されている。また、新設サドルは鋼製ボックスの天端に設置されている。

吊りケーブルには、エポキシ樹脂被覆PC鋼より線が適用されており、1本の吊りケーブルは13本のより線からなる3本のケーブルで構成されている。クランプは六面体であり、2つの鋳物をボルトで接合して組み立てられている。ハンガー1組は、2本のより線から構成され、それぞれ標準

的なモノstrand PCアンカーによってクランプに固定されている(写真-5)。

1-5 アンカレイジの補強

新設の吊りケーブルと斜張ケーブルは、既設アンカレイジ上の現場打ち鉄筋コンクリートで構築されたブロックに定着されている(図-1)。また、追加ブロックを含むアンカレイジ全体の重量は、吊橋の重量の増加に対して十分抵抗できるものである。

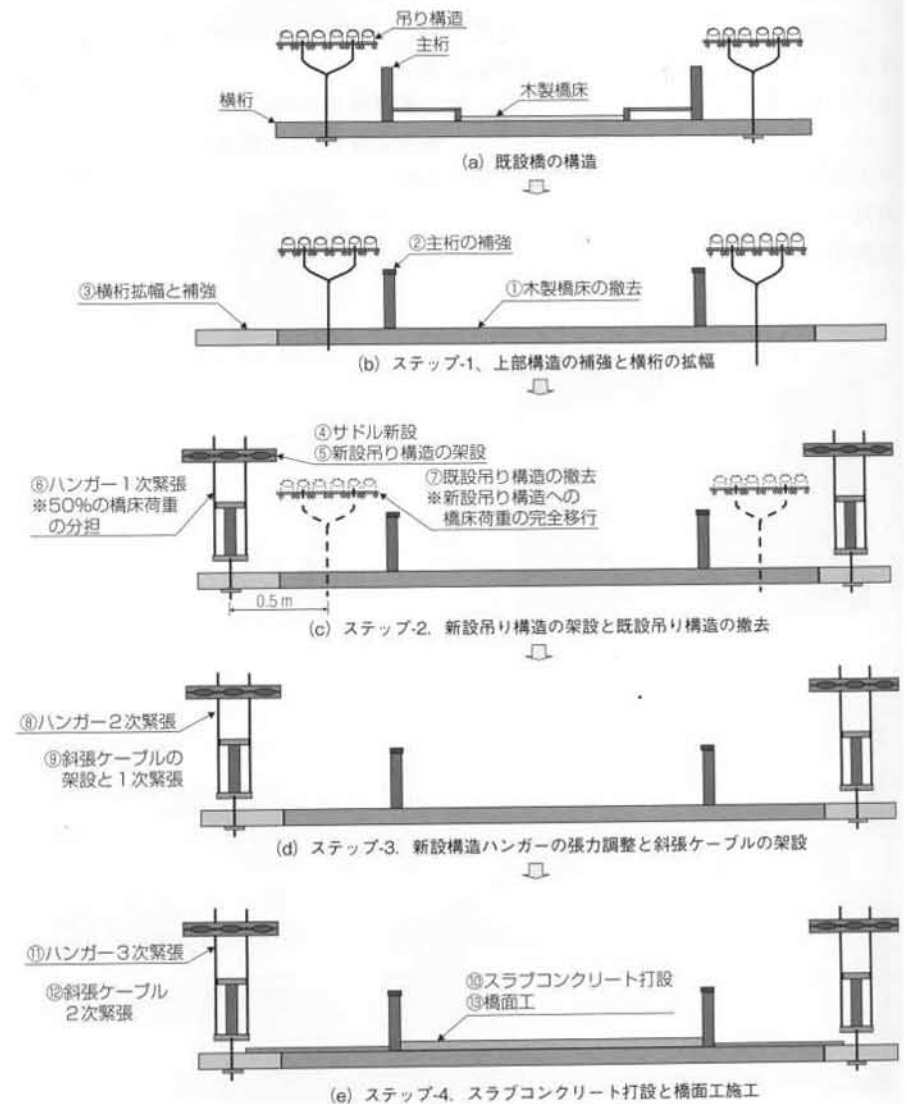


図-3 シハニ橋の架け替え手順



写真-6 横桁の補強および拡張状況

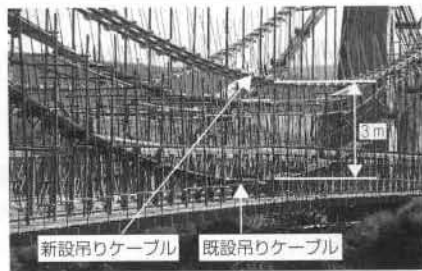


写真-7 荷重移行前の新旧吊り構造



写真-8 補修後の橋面

2. 既設構造から新設構造への架け替え順序

本橋の既設構造から新設構造への架け替え順序を図-3に示し、各ステップの作業方法について詳述する。

2-1 ステップ-1. 上部構造の補強と横桁の拡幅

架け替え工事は、木製敷板の完全な撤去と鋼床版へのサンドブラストから着手している。

上部工は、横桁と主桁の上弦材に鋼板を溶接することによって補強を行う。また、横桁については、拡幅分の横桁部材をボルトによって既設の横桁に接合することにより拡幅を行う(写真-6)。

その後、エポキシ樹脂プライマーを構造物全体に塗布する。

2-2 ステップ-2. 新設吊り構造の架設と既設吊り構造の撤去

(1) サドル部の施工

主塔の頂部に仮設された鋼製プラットフォームを利用して、既設サドルを鋼製ボックスで覆った後、鋼製ボックス上に新設サドルの設置を行う。新設の吊りケーブルを架設して、既設の吊りケーブルと斜張ケーブルを撤去した後、鋼製ボックス内にグラウトを充填することにより、新設サドルを支持するための強度と剛性の確保を行っている。

(2) 新設吊り構造の架設

サドル部構築後に新設吊り構造の架設を行う。新設吊りケーブルは、既設吊りケーブルに支持されるキャットウォークを利用して1本ずつ架設を行う。新設ケーブルの位置は、径間中央において補剛桁から約3.5 mの高さに位置し、既設ケーブルの高さよりも3 m程度高い(写真-7)。

これによって、新設ケーブルへの荷重載荷後においても、径間中央の新設ケーブルに対する歩道の建築限界として、2.2 mの

空間を確保している。新設ハンガーの一次緊張は、補剛桁の重量の約50%を負担する緊張力を導入するように、ハンガーの伸び管理により実施している。

緊張作業は径間中央のハンガーから、左右対称に両側の主塔に向かって実施している。吊りケーブルへの緊張力導入により、吊りケーブルの剛性を確保している。

(3) 既設吊り構造の撤去

既設のハンガーは1本ずつ取り外され、補剛桁が新設ケーブルによって吊り下げられることにより、既設吊り構造に作用していたケーブル荷重を新設の吊り構造に移行させている。

既設の吊りケーブルは、一時的にクランプに仮固定された後に径間中央で切断され、両主塔側から撤去を行う。この作業ではケーブルを既設サドル上で円滑に通す必要があり、サドルには摩擦を軽減するために、事前にグリースを塗布している。

2-3 ステップ-3. 新設構造のハンガーの張力調整と斜張ケーブルの架設

新設ハンガーの二次緊張は、床版のコンクリート打設に先立って行う。コンクリート打設により補剛桁のたわみが生じるため、二次緊張により補剛桁を上げ越しておく必要がある。

二次緊張後にハンガーのより線は定着され、定着部の余分なより線は切断する。また、アンカー部をグリースで塗布した後、鋼製キャップで密閉する。

ハンガーの二次緊張に続いて、斜張ケーブルを取り替える。新設の斜張ケーブルは、吊りケーブルと同様のより線から構成されている。伸び管理によって実施されたハンガーの緊張と異なり、斜張ケーブルの緊張は緊張力管理により実施している。

2-4 ステップ-4. 床版コンクリート打設と橋面施工

吊り構造の総取替えの後、床版のコンク

リート打設を実施する。床版のコンクリートは、横桁で支持された波形鋼板を型枠として打設され、床版先端はアクリル系塗料で防水処理を行っている。

この段階で、補剛桁重量は全重量の80%に達しており、二次緊張後に700 mmであった補剛桁のキャンパーはコンクリート打設後に350 mmに減少した。ケーブル架設時のサドルのセットバック量は、吊りケーブルの緊張力の増加により、サドルが中央径間方向に約100 mm移動することにより回復した。

床版のコンクリート打設後、ハンガーの三次緊張と斜張ケーブルの二次緊張を行う。これまでと同様に、ハンガーは伸び管理、斜張ケーブルは緊張力管理により、緊張作業が実施されている。

最後に仕上げ作業として、30 mm厚のアスファルト舗装が床版上に敷設され、ハンガーを支持治具として歩道部の高欄の架設を行う(写真-8)。

おわりに

スクラップ アンド ビルドに代わる架け替え工法として、シハニ吊橋における既設構造を活かした架け替え技術を紹介した。

本事例が、補修・補強および架け替え工事が今後増加すると予想される我が国において、リユースを最大限に考慮した新しい補修・補強工事のアイデアとなれば幸いである。(佐野 演秀)

【参考文献】

The Chiani Suspension Bridge : A Complete Overhaul Structural Engineering International (2009.3)