

主ケーブル一部破断に伴う鋼吊橋の補強対策工と 長期監視

日本橋梁建設土木施工管理技士会

瀧上工業株式会社

現場代理人

監理技術者

亀山 誠 司[○]

平松 貴 彦

Seiji Kameyama

Takahiko Hiramatsu

1. はじめに

原田橋は主ケーブルの一部破断に伴い、全面通行止めを実施した。近くの河川内に迂回用仮設道路が施工されたが、渇水期が終了し閉鎖されるため、早期開通が望まれていた。ケーブルの安全性を確保するため、プロジェクトチームを立上げ検討の結果、暫定供用時の活荷重への主ケーブルへの負担を減らすために補助ケーブルの追加対策工を実施した。本稿では平成24年5月に実施したこの応急復旧対策と動態監視について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：原田橋補修工事
- (2) 発注者：浜松市 土木部 道路課
- (3) 工事場所：静岡県浜松市天竜区佐久間町川合、



図-1 原田橋（補修前）

中部地内

- (4) 工期：平成24年5月23日～
平成24年6月30日

2. 現場における問題点

本工事にあたっては、下記の問題点があった。

- (1) 当該吊橋を交通解放するためには主ケーブルの安全率(3.0)を確保する設計条件を満たす必要があった。
- (2) 新橋への架替え計画があることが分かったため、施工性および経済性を重視した応急復旧案が対策として望まれていた。
- (3) 大雨により河川内仮設道路が全面通行止めとなった場合、山道を迂回路とした場合、1時間20分(24km)かかり、日常生活に支障をきたす状態であった。このため、工程の大幅短縮が必要であった。
- (4) 橋の重要度から長期監視が必要であった。

3. 対応策と適用結果

先の問題点に対し、下記に示す対策を実施した。

- (1) 立体解析による通行荷重の検討
別途現地調査で実施したレーザースキャナによる塔の倒れや床組沈下量の立体座標の把握およびケーブルの腐食状態を断面欠損にてモデル化した3次元骨組立体解析により、補強方法の検討を実

表-1 立体解析結果による安全率の検討

補強条件	下流側のみ補強			上下流補強
	CASE-5 (現状)	CASE-6 【応急対策後】	CASE-8 【応急対策後】	CASE-9 【応急対策後】
荷重条件	(実モデル) 通行規制(4T車連行)	(実モデル) 通行規制(4T車連行)	(実モデル) 緊急車輛走行時 8T車単独走行	CASE-6の上流側も 追加ケーブル 通行規制(4T車連行)
	10台,14m連行荷重 (T荷重)	—	大型車1台(8T車) (T荷重)	10台,14m連行荷重 (T荷重)
検討断面(下流)	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
検討断面(上流)	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
安全率 (切断荷重/張力)	△	○	○	○

△…安全を確保できない(3.0未満)
○…安全率を確保できる(3.0以上)

施した。表-1に立体解析の検証結果を示す。(解析ケースは抜粋している。)表中、大丸印は有効断面(公称径3%断面欠損を仮定)、白抜き丸印は無効断面(ケーブル無効で計算)、小丸印は補強ケーブル(セーフティーケーブル)追加箇所を示す。解析CASE5,6,8は上流側が健全と仮定した場合、CASE9は上流側の素線破断部の断面欠損を想定している。ケーブルの安全率3を確保できるのはCASE6,8,9であり、4t車両の連行荷重、8t車両の単独荷重のみ走行可能と判断した。現地では損傷がない上流側を片側交互通行とし、普通乗用車は連行で通行可能、4t~8t車は1台限定で規制して通行可能であると想定している。

(2) セーフティーケーブル工法の提案

他の迂回路の確保が困難なこと、河川内に設けた仮設道路が平成24年6月末までしか使用できないことから、早急な補修工法の選定が必要であった。このような制約条件下で安全性を確保できる、補強(セーフティー)ケーブルの追加設置を提案した。本工法は、近い将来の本橋架替の計画に配慮し、①維持管理投資を少なくでき、②腐食したケーブルの活荷重を図-2に示す力を分散させる補助的な役割を果たす特徴を有する。すなわち、暫定供用かつケーブルを簡易的に追加することで現道交通の安全を確保する補強思想である。

セーフティーケーブルは、死荷重に対応する現状の主ケーブルに追加し、活荷重無載荷状態で微少のケーブル張力を導入することで、活荷重のみに抵抗する部材とした。解析結果より、規制する活荷重(4t車の連行、8t車の単独走行)に対し、

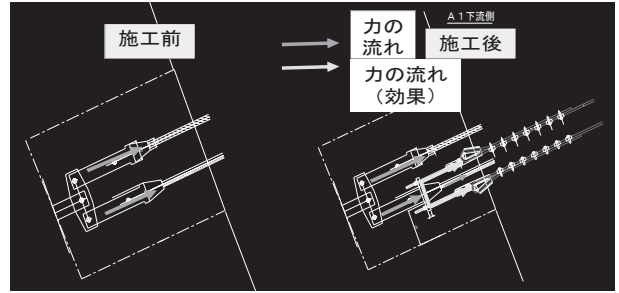


図-2 セーフティーケーブルの設計思想

腐食ケーブルのバイパス効果を發揮できる荷重耐力を想定し、1本あたり負荷張力80kNと設定した。ケーブルは片側2本とし、上下ケーブルが引張合う構造で不均等荷重係数1.5を加え(80/2×1.5=)60kNとなるよう設計した。具体的には、図-3に示すように、市場性のあるストランドロープ(φ30、7×7)を使用し、既設吊索部の幅62mmを通る最大径としてφ30×2本を配置した。

主塔の上の追加サドルは、図-4に示すように既設のサドル上に被せた構造とし、現地の3次元計測で得られた構造寸法で形状を決定した。原寸から製作まで1週間で現場搬入した。既設サドル

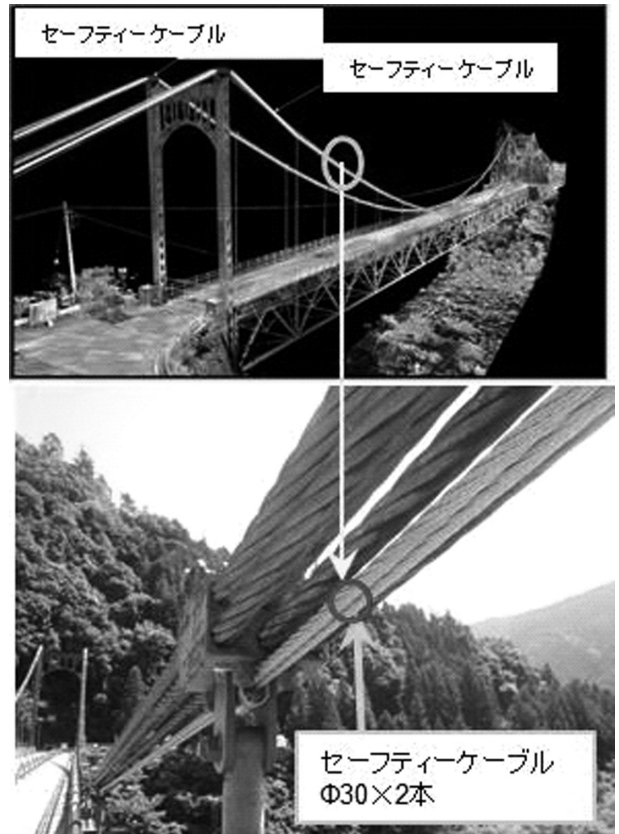


図-3 セーフティーケーブルによる追加対策

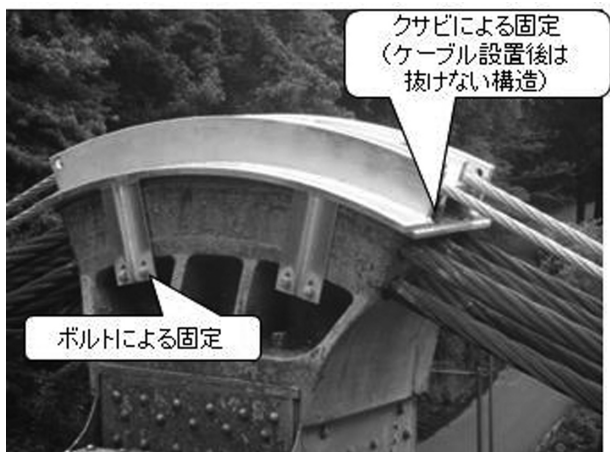


図-4 塔頂部の追加サドル



図-5 ロッド定着構造

との設置は、4点固定ボルトとクサビによる打込み構造を併用した。既設サドルが鋳物であり、溶接施工性の低下が懸念されること、主ケーブルの鉛直分力による摩擦抵抗力が十分であることを考慮し提案した。

セーフティーケーブルのハンガーロッド定着部は、図-5に示すように、既存のケーブルソケット鋳物の裏側孔を利用した構造とした。具体的には、曲線の支圧部の加工精度を上げるため、φ170の丸鋼より削り出して製作した。

(3) 作業人員増による工程の短縮

現地施工はケーブルの引込み作業などを行い、平成24年6月14日～25日の11日間で完了した。当初の完成予定は6月末であったが、6月19日の大雨により佐久間ダムが放流され河川内の迂回用仮設道路が流された。街は孤立した状態となり、JR線での移動や車で1時間以上の迂回が必要になっ

た。そのため、作業員の増員、昼夜間作業、材料搬入の前倒し、重機や機材の増強で対応し、6月25日正午に片側交互通行規制で開通することができた。

(4) モニタリング技術を駆使した24時間監視

橋の老朽化を踏まえると、大型車両による重交通は鋼橋の疲労および腐食の複合劣化のさらなる進行の恐れがあるため、大型車8t以上を禁止し、救急車や消防車など緊急車両である中型車(4t以上8t未満)は1台ずつの橋面上の通行としている。

本橋の重要性から、交通誘導員、パトランプ、ウェブカメラ、風速計設置、ひずみゲージモニタリング技術を駆使した24時間の安全監視を続けながら供用することになった。ここでは、長期観測について述べる。

長期監視は、主ケーブル(ソケット)およびハンガーロッドにひずみゲージを貼付し計測を実施した。平成24年6月末から平成25年2月末まで約8ヶ月間の観測ひずみの挙動を考察する。

観測ゲージは図-6に示す主ケーブル基部のソケット定着部(24箇所)およびハンガーロッド(12箇所)および補助(セーフティー)ケーブル(4箇所)に2軸のひずみゲージ(東京測器研究所製FCA-3-11)を貼付している。外気温は、日照の影響を避けるため、A1側の桁下空間に熱電対を設置し測定している。観測ひずみは、10分毎にデータを採取している。ここでは主ケーブルの観測途中結果について示す。

車両通行による一時的なひずみ増加の影響を排

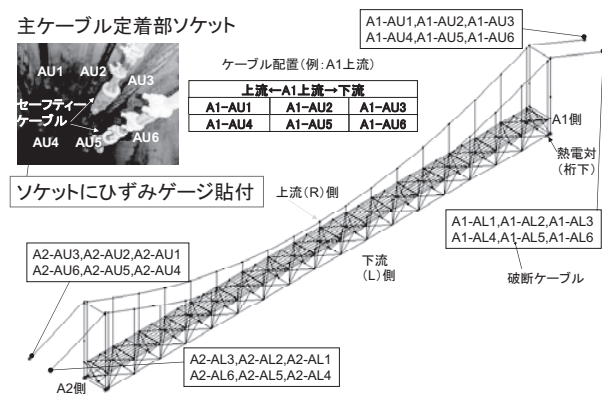


図-6 主ケーブル定着部ひずみゲージ設置箇所

除するため、交通量調査において1日の中でほとんど車両載荷のない午前2～3時の計測データの最小値を算出し、経年変化の影響を考察する。

A1上流側ケーブルソケット定着部のひずみ履歴を図-7に示す。最大ひずみが生じているA1-AU3（上段下流側）ケーブルにおいて、観測開始（H24.6月末）から約2ヶ月（H24.8月末）にかけてひずみの増加が顕著に生じた。

約4ヶ月（H24.10月末）経過後からの増分は少なく、約半年（H24.12月末）のピーク値（57 μ ）からひずみの減少がみられる。

ケーブルソケット定着部のケーブルのひずみ履歴の平均値を図-8に示す。全てのケーブルソケット定着部において、観測開始から約3ヶ月（H24.9月末）までは増加傾向にあるが、その後ひずみは概ね一定値（最大24 μ ：A1-AU部）を示している。すなわち観測開始から約3ヶ月以後は、ケーブル全体のバランスが保たれており、劣化は進行していないことが推察される。H24.9月末以後のケーブルソケット定着部ひずみと外気温

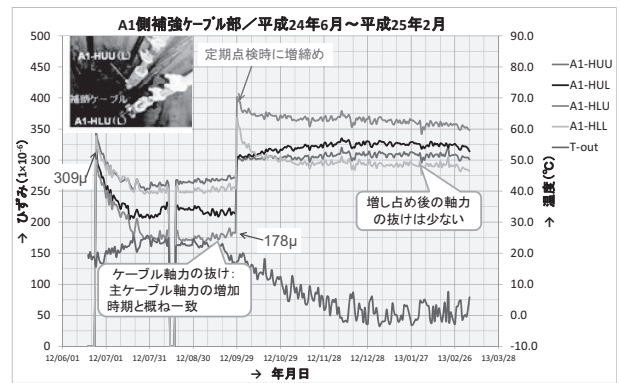


図-9 セーフティーケーブル部ひずみ挙動

（図中 T-out）の相関はみられない。

図-9に対策工で設置した補助ケーブルのひずみ履歴を示す。A1-HLUにおいて観測開始（309 μ ）から約3ヶ月（H24.9月末：178 μ ）までひずみの減少が観察された。この結果、追加ケーブルの張力の抜けと判断し、定期点検（9月末）において、増し締めを実施した。増し締め後の張力の抜けは微量であるが、約8ヶ月（H25.2月末）時点では概ね抜けは落ち着いている状態と推察される。

本橋が危険になった状態に警報を発動する管理値について、当初は観測データも少なく、本橋の劣化状態が正確には把握できていなかった。

現在では観測ひずみの蓄積ならびに劣化に関する考察などを踏まえ、ケーブルの耐力低下や部材の安全率などを勘案し、注意ひずみと警報ひずみの2段階での管理値を提案している。詳細については、今後の別発表に委ねる。

4. おわりに

建設後50年以上供用している中規模吊橋は国内に多数存在していることは容易に想像できるが、長期計測を続けている事例は珍しく、本稿が同形式の橋梁の維持管理の一助となれば幸いである。

最後に、浜松市道路課、天竜土木整備事務所および対策プロジェクトチームの中部地方整備局、浜松河川国道事務所、（独）土木研究所、国土技術政策総合研究所の関係各位に適切な助言、協力を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

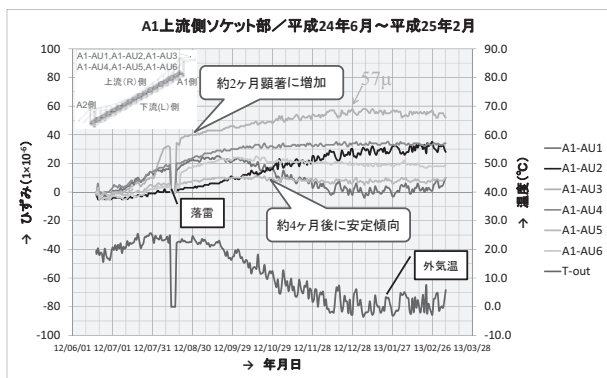


図-7 A1上流側ケーブルソケット定着部ひずみ挙動

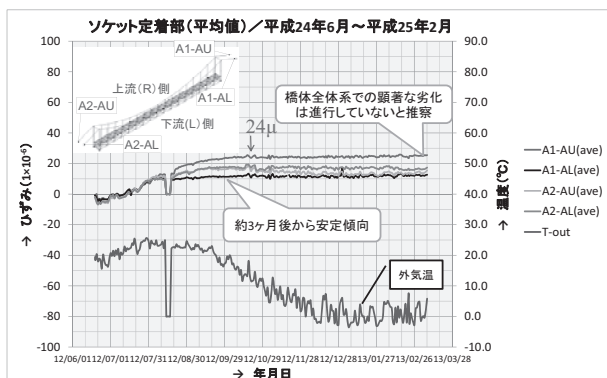


図-8 ケーブルソケット定着部平均ひずみ挙動