

第VI部門

## 検査技術・診断(12)

2022年9月16日(金) 16:20 ~ 17:40 VI-3 (吉田南総合館北棟 共北26)

### [VI-832] 東京2020大会ケーブルカメラ架台の設計と施工 (その2) Design and Construction of frame base for the cable camera in Tokyo 2020 (Part2)

\*脇阪 大地<sup>1</sup>、高沢 優人<sup>1</sup>、安田 亨<sup>1</sup>、奥村 祐介<sup>2</sup> (1. パシフィックコンサルタンツ株式会社、2. 東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会)

\*Daichi Wakisaka<sup>1</sup>, Yuto Takazawa<sup>1</sup>, Toru yasuda<sup>1</sup>, Yusuke Okumura<sup>2</sup> (1. pacific consultants, 2. The Tokyo Organising Committee of the Olympic and Paralympic Games)

キーワード：加速計測、モニタリング、変位計測、東京2020、ケーブルカメラ架台

acceleration measurement, monitoring, displacement measurement, Tokyo2020, frame base for the cable camera

ケーブルカメラ架台を設置した橋梁の安全性を確認することを目的とし、東京2020大会実施期間を含む4か月半で橋梁の全体挙動や変動を捉えるモニタリングを実施した。対象橋梁がニールセンローゼという橋梁形式であったことからアーチリブの傾斜、アーチリブ主桁間の距離、斜材ケーブルの張力を捉えるものとして加速度計やレーザ変位計を使用した。これらの計測機器は LPWAおよび LTEにてリアルタイムで計測結果を確認できるものである。計測により架台の設置前と設置後において状態は同程度であることが確認できたと同時に、長期間にわたりモニタリングを実施したことで温度変化による変動も捉えることができた。

## 東京 2020 大会ケーブルカメラ架台の設計と施工 (その2)

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○脇阪 大地  
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 高沢 優人  
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 安田 亨  
 東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会 奥村 祐介

## 1. はじめに

本稿は、「東京2020大会ケーブルカメラ架台の設計と施工 (その1) (以下 (その1))」に続いて、ケーブルカメラ架台の設置に対する橋梁への影響に着目して4か月半にわたりモニタリングした結果について報告する。

## 2. モニタリング計測の目的

(その1) で示したケーブルカメラ架台 (設計荷重約 23t) のアーチリブへの設置に伴い、設置後から使用目的を果たすまで約 4 か月半の期間、既設橋梁上に据え置かれる。そのため、橋梁の全体挙動への影響がないか随時確認するため、モニタリング計測を実施した。この計測により、台風地震時の緊急時対応における判断や、撤去後の復元状態を可視化することで瑕疵責任を明確化できる。ここで、ケーブルカメラ架台が設置される影響を受ける部材は、図-1 に示すケーブル架台設置箇所の近傍であると考え、①アーチリブ、②斜材ケーブル、③主桁を対象部材として抽出した。

上記について、着目状態とその対象からモニタリングにより捉えるべき内容は表-1 のように整理した。このとき、主桁の変形やひずみを長期的に計測する手法も対象になり得るが、アーチリブと斜材ケーブルの状態を把握することで、主桁の全体の挙動も間接的に把握できると考え、本計測の対象外とした。

## 3. 選定したモニタリングシステム構成

ここで、使用したセンサについては、変形を捉える目的として長距離レーザー変位計 (写真-1)、傾斜および張力を捉える目的として加速度センサ (Sonas x02) (写真-2) を選定した。これらは LPDA (Low Power Wide Area) の電波にてセンサ近傍に設置した中継機 (ゲートウェイ) へ取得データ

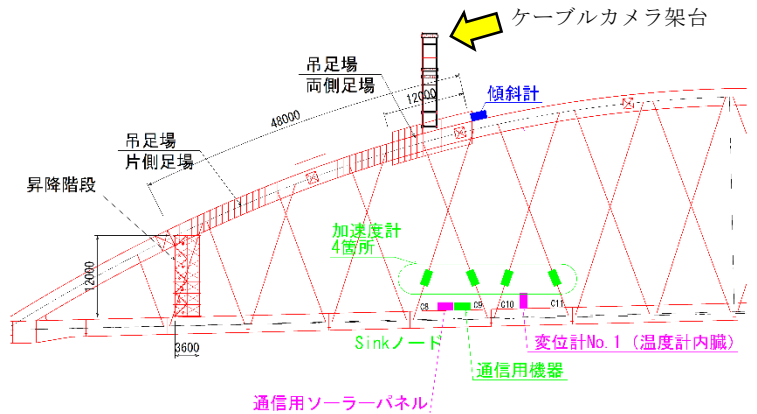


図-1 計測機器設置箇所 (東側アーチリブ)



写真-1 レーザ変位計

写真-2 加速度計

表-1 モニタリングにおける着目状態と着目部材

|                | 設置前と撤去後の比較 | 設置期間を通じた変化  |
|----------------|------------|-------------|
| アーチリブ          | 変形・傾斜の復元   | 変形・傾斜の変動範囲  |
| 斜材ケーブル         | ケーブル張力の復元  | ケーブル張力の変動範囲 |
| 主桁<br>(本計測対象外) | 変形の復元      | 変形の変動範囲     |

表-2 各センサのシステム

|                  | 変位計                    | 加速度計               |
|------------------|------------------------|--------------------|
| 通信方法<br>(中継機まで)  | LPWA<br>(LoRa)         | LPWA<br>(UNISONet) |
| 通信方法<br>(クラウドまで) | LTE                    | LTE                |
| 計測間隔             | 10min<br>(架台設置後 60min) | 100Hz<br>(0.01s)   |
| アラート機能           | 有                      | 無                  |

キーワード 東京五輪 2020, ケーブルカメラ架台, モニタリング, 変位計測, 加速計測

連絡先 〒101-8462 東京都千代田区神田錦町 3-22 パシフィックコンサルタンツ株式会社

を転送し、さらにゲートウェイから4G-LTE回線を通じてクラウド環境へ通信し、リアルタイムで計測結果を確認できるように設定した。実際には、100Hzの加速度データをリアルタイムで送信することが不可能であるため、移動平均値のみの送信とし、異常があれば、回線を通じて取り出す運用を行った。配置した計測箇所は図-1のとおりであり、西側アーチリブにも同様に配置した。

#### 4. 計測結果

以下に本計測結果の抜粋した内容を示す。

##### (1) 主桁-アーチリブ間変位計計測 (図-2)

変位計設置時の状態を基準とし、その基準距離からの変位量を計測した。計測期間中変動は、橋梁の温度変化による伸縮によるものと推定されるが、変位計設置当初と撤去ごろ結果を比較すると変位量が、凡そ設置時に回帰していることが確認できる。架台設置時(5/8)のデータを見ると、最大2mm程度の鉛直変位が観測されているが、橋梁全体の変動が大きく、ほとんど影響が生じていない状況であった。なお、2mmの変化は、一次管理値(設計変位量112mm)の約2%程度であり、主桁-アーチリブ間距離と比べても0.001%以下であり、微小である。

##### (2) アーチリブ傾斜計計測 (表-3)

アーチリブの傾斜は、加速度計の重力方向の成分を示すデータを解析し、算出した。予め設計計算書から得られた活荷重作用に対する変動角度は $\pm 0.3^\circ$ 以下である。それに対して計測結果は東アーチリブで初期値が $12.17^\circ$ であり、最大 $12.33^\circ$ 、最小 $12.11^\circ$ 。差は $0.22^\circ$ であり、計算値に基づく変動角度よりも小さいことから傾斜角の変動も微小であったと言える。

##### (3) 斜材ケーブル張力計測 (図-3)

斜材ケーブルの張力は、取得した加速度を基に、時刻1分間(6000個)の波形データの周波数解析を行い1次~4次までの固有振動数を求めて、高次振動法の運動方程式にて算出した。実際には、振れ止めクランプの存在により、振動計測結果からの張力の換算が精緻でないこと、活荷重載荷状態が不明な状況であるなどの要因で、誤差を含んだものであるが、設置前と撤去後で概ね同程度の張力が作用していると言える。

#### 5. まとめ

以上の計測結果から、①架台設置・撤去に対し、アーチリブは元どおりとなった。②架台設置位置の傾斜角の変動は微小であった。③ケーブル張力は、設置前と撤去後で同程度の張力が作用しており、橋梁への影響は生じなかった。本計測においては外気温による橋梁全体の伸縮による影響が大きく、今回の測定期間が、4月開始と9月終了であり、気温条件が似通っていたことが、比較的分かりやすい結果につながったと推察される。また、傾斜計代わりに用いた加速度計を天地逆に設置したことで、機器の中に浸水が発生するトラブルがあったが、計測を継続することができた。最後に、当モニタリングの実施にあたり、ご指導いただいた東京大学長山准教授、蘇特任准教授、グレートスタージャパン社の安田代表、Sonas社の神野氏に謝意を表します。

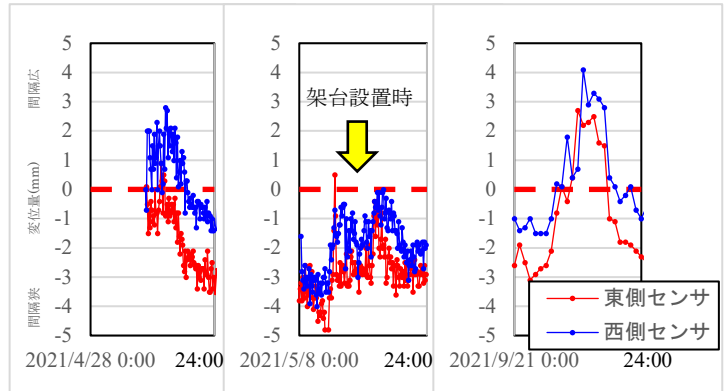


図-2 変位計計測結果

(左：変位計設置時，中：架台設置時，右：変位計撤去時)

表-3 アーチリブ上傾斜角の変動

| 計測時    | 東側アーチリブ<br>(度 vs horizontal) | 西側アーチリブ<br>(度 vs horizontal) |
|--------|------------------------------|------------------------------|
| 傾斜計設置時 | 12.17                        | -                            |
| 架台設置時  | 12.18                        | 10.37                        |
| 傾斜計撤去時 | 12.27                        | 10.40                        |

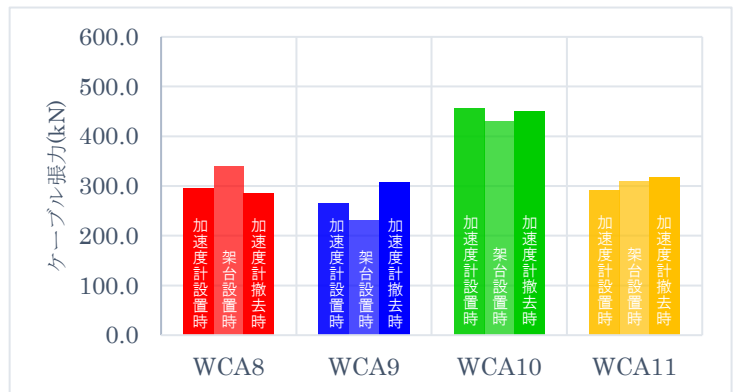


図-3 斜材ケーブルの張力 (西側ケーブル)