既設小規模鋼鈑桁橋の温度変化による実挙動の計測 (株)小野工業所 高橋 明彦* 岩手大学(院)〇近藤直輝** 葛西 智文*** 昭和土木設計(株)岩崎 正二**** 岩手大学(院) 岩手大学 大西 弘志***** 岩手大学 出戸 秀明****** The measurement of behavior of an existing small steel plate girder bridge influenced by the change of temperature Akihiko TAKAHASHI*, Naoki KONDO**, Tomofumi KASAI***, Shoji IWASAKI****, Hiroshi ONISHI***** and Hideaki DETO***** *ONO KOGYOSYO CO..LTD. 3-1 Horinouchi, Niwasaka, Fukushima, Fukushima 960-2261, Japan E-mail: akihiko_t@ono-net.co.jp **Graduate School of Engineering, Iwate University 4-3-5 Ueda, Morioka, Iwate 020-8550, Japan E-mail: t2516007@iwate-u.ac.jp *** Graduate School of Engineering, Iwate University 4-3-5 Ueda, Morioka, Iwate 020-8550, Japan E-mail: t2515002@iwate-u.ac.jp ****SHOWA CIVIC DESIGN CO.,LTD 4-1-23 Ryutsu-center-minami, Yahaba, Shiwa, Iwate 020-0891, Japan E-mail: S.iwasaki@showacd.co.jp ***** Faculty of Science and Engineering, Iwate University 4-3-5 Ueda, Morioka, Iwate 020-8550, Japan E-mail: onishi@iwate-u.ac.jp ***** Faculty of Science and Engineering, Iwate University 4-3-5 Ueda, Morioka, Iwate 020-8550, Japan E-mail: deto@iwate-u.ac.jp

1 はじめに

我が国で建設, 共用されている道路橋は, 約70万橋で あり, その多くは自治体が管理している¹⁾²⁾. また, 自治 体が管理している橋梁の多くは, 中小規模の橋梁である. これらの利用状況はそれぞれで異なり, 交通量の少ない 路線に配置され, 交通による負荷が小さいものから, 重 要路線に配置され負荷が多い環境に置かれたものまで存 在する. また, これらの橋梁の老朽化のケースも様々で あり, 前述のように, 重交通による活荷重の影響による もの以外にも日常的な環境負荷によるものなどが知られ ている. 本研究では、40年以上供用し、補修対策を施してない 小規模鋼鈑桁橋における全体的な挙動と支承の挙動を把 握し、維持管理の合理化を検討するための基礎データの 収集を行ったものである.

2 試験内容

対象橋梁は、市町村に多く架橋され、温度変化による 影響を大きく受ける単純 H 桁橋とした。今回は岩手県内 陸部の金ヶ崎町に架橋されている鋼単純 H 桁橋である下 渋川橋を選定し、2016 年 5 月に現地試験を実施した。今 回の試験を実施した橋梁の全景を Fig.1, 2 に示す。 上部工の水平変位および垂直変位の発生状況や下部工 の変位を確認できるように計測機器を設置し,24時間連 続で計測を実施した.

変位の計測には、変位計とレーザー距離計を用い、 舗装表面及び主桁の温度は赤外線カメラと熱電対を用い て計測した.水平変位は変位計を主桁下フランジから橋 台堅壁前面に向けて、鉛直変位は変位計を支間中央から 桁下に設置した矢倉に向けて設置した.レーザー距離計 は可動支点側橋台のパラペットの地覆上に設置し、固定



Fig.1 The front view of Shimoshibukawa bridge



Fig.2 The side view of Shimoshibukawa bridge

| Table.1 Spec | ifications | of measured | bridge |
|--------------|------------|-------------|--------|
|--------------|------------|-------------|--------|

| | 諸元 | | |
|---------|--------------------------|--|--|
| 構造形式 | 鋼単純合成H桁+逆T式橋台 | | |
| 竣工年 | 昭和 49 年 3 月 | | |
| 補修更新 | なし | | |
| 設計基準 | 昭和 37 年道路橋示方書 | | |
| 活荷重 | TL-14 | | |
| 橋長 | 20.000m(桁長 19.900m) | | |
| 幅 員 構 成 | 0.400+5.500+0.400=6.300m | | |
| 床版形式 | 鉄筋コンクリート床版 t=18cm | | |
| 舗装形式 | コンクリート舗装 t=5cm | | |
| 補修履歴 | なし | | |

支点側にも同様にターゲットを設置した.計測間隔は1 時間毎とした.

この計測から、床版部及び主桁部の時刻歴温度変化、 桁体伸縮挙動による橋台への影響、各支点の挙動、支間 中央付近の鉛直変位の挙動に関するデータを収集した.

3 試験結果

3.1 試験時の周辺環境状況

計測は,平成28年5月28日8:00から同年5月29日 7:00にかけて行った.天候は両日共に晴れであった.下 渋川橋の交通量は,全観測時間にわたって10台/時間未 満であり,大型車の走行は確認されなかった.



Fig.3 The outlines of Shimoshibukawa bridge (Side view)



Fig.4 The outlines of Shimoshibukawa bridge (Plan view)



Fig.5 The outlines of Shimoshibukawa bridge (Cross section)

3.2 床版部及び主桁部の時刻歴温度変化

各部材温度の時刻歴変化を Fig.9 に, 対象時刻の赤外線 カメラから得られた温度状況画像を Fig.6~8 に示す. 今 回の試験で確認された熱伝達の特徴は,以下のとおりで ある.

- ① 舗装表面温度(Pavement surface)については、計測開 始時から 17 時頃までにかけて、ほかの計測部材に対 して温度が高くなっていることが確認できた. Fig.6 ~7は時刻10:00における舗装表面と床版下面の温度 分布である.この画像からも舗装表面温度が床版下 面温度より高い温度を示していることが確認できる. 対象橋梁の周辺に日影を生じさせるような樹木が少 ないこともあり、日射の影響が大きく表れたもので あると考えられる.
- ② 18時以降の温度変化を確認すると、主桁部や舗装表 面温度に対して、床版下面温度(Surface under the)



Fig.6 Infrared camera image of upper surface at 10:00



Fig.7 Infrared camera image of lower part at 10:00



Fig.8 Infrared camera image of lower part at 22:00

slab)が高くなっていることが確認でき,温度差は最 大で7℃程(22時地点)になっている.このことから, 主桁は外気温の温度変化に顕著に反応し,床版は鈍 い反応を示すことも確認された.

③ Fig.9より、対象橋梁において、舗装面が最大温度に 到達した時刻から、各主桁の床版下面温度が最大温 度に到達するために要した時間は3時間から4時間 後の時刻であることが確認された。

3.3 桁体伸縮挙動による橋台への影響

主桁伸縮挙動及び橋台間の距離を計測し,関係性を検 証した.レーザー距離計による計測の精度を向上させる ため、1時間毎の計測では、3回測定を行い、その平均値 をその時刻の橋台間距離として採用した.Fig.10に計測 結果を示す.また、グラフに示した線膨張係数(12×10⁻⁶) による伸縮量(Theoretical value)の算定は、対象時刻の計測 部材温度の平均温度から算出した.



Fig.9 Temperature changes of components



Fig.10 Temperature changes of components and horizontal distance between bridge abutments

Fig.10は、橋体の平均変動温度から求めた伸縮変化量 と試験により得られた実測値を表したものである.この グラフから、上部工への外気温の入熱変動に伴う実挙動 と実測値に同様の変動が確認された.この結果から、左 右の橋台に移動が生じている可能性がある.以上より、 支承に腐食が確認される場合、支承に求められる伸縮機 能が低下することで、橋台の滑動または転倒といった、 弾性体としての変形に伴って伸縮量を代替えする機能が 働いている可能性が推定される.

3.4 各支点の挙動

各支点の挙動は, 主桁下フランジから橋台堅壁前面に 対して設置した変位計を用いて, 温度変化による主桁に 対する橋台の水平変位の計測を行なった. 計測機器設置 状況を Fig.11 に示す.

しかし,支承構造としてアンカー孔は,ルーズホール で製作されていることや支承台座モルタルの破損などに よるガタツキなどが懸念される.よって,計測データの ばらつきが予測される中で計測を実施した.対象橋梁は, 架橋後修繕が未実施であった.



Fig.11 Arrangement of sensors under lower flange to measure the horizontal displacement and strain



Fig.12 The support of Shimoshibukawa bridge

Fig.12 に示す通り,支承は外観的に腐食が進行し,桁 座周辺には土砂堆積も確認された.

Fig.13 は対象橋梁の可動支点側, Fig.14 は固定支点側 の水平変位の計測結果を表したものである.結果として は,温度変化に伴う伸縮移動量に比べ,上部工伸縮移動 量の実測値は小さい値となった.試験から得られた可動 支点側の温度変化に伴う伸縮変化量の最大値は, 0.33mmであり理論値の1/10程度であることが確認さ れた.また,Fig.14に示すように固定支点側の伸縮量の 最大値は0.15mmと僅かであった.

以上より,鋼製線支承は経年劣化により,支承機能が 当初の設計上の設定よりも低下していると考えられる.



Fig.13 Temperature changes of components and horizontal displacement at movable bearing



Fig.14 Temperature changes of components and horizontal displacement at pin bearing

3.5 支間中央付近の鉛直変位の挙動

鉛直挙動に関しては,支間中央に変位計を設置し,鉛 直挙動の計測を24時間に渡り,1時間ごとに計測を実施 した.計測機器設置状況をFig.15に示す.

鉛直変位計測結果を Fig.16 に示す.鉛直変位と温度変 化の関係について,18時あたりから翌朝に掛けて,変化 曲線勾配に差異が生じている傾向が確認された.これら の差異は,舗装表面の急冷と床版の鈍冷時間から生じた 温度変化による応力重心軸の変化に伴い,発生したもの と考えられる.

4. まとめ

今回の試験で得られた結論を以下にまとめる.

① 下渋川橋の支承部水平変位および橋台間の橋軸方向の挙動から,橋梁主構の支持条件は pin-pin 支持に近い挙動となっていることが明らかになった.このため,線支承を採用している他の橋梁についても経年劣化で支承のすべり機能の低下が予測される.



Fig.15 The situation of to measure



Fig.16 Temperature changes of components and

vertical displacement of girders

- ② 対象橋梁の温度変化は日射による影響や材料によっ て異なり、今回の計測では、床版は外気温に対して 鈍い反応を示し、舗装や主桁は外気温と日射の影響 に強い反応を示すことを確認することができた。
- ③ 温度変化に伴う設計伸縮移動量とレーザー距離計に よる橋台間の距離の変化量を対比すると、同様な挙 動を示していることが確認できた.このことから、 支承に異常が見られる場合、上部工の伸縮挙動が橋 台間距離を変化させる要因となっており、支承に求 められる伸縮機能が低下したことによる橋台の滑動 か転倒が生じている可能性が推定された.
- ④ 線膨張係数から求めた伸縮量(理論値)と可動支点側の水平移動量(実測値)を比較した結果,実測値が理論値の1/10程の移動量であったことが確認できた.また,支承の環境状況も踏まえて考慮すると,鋼製線支承の支承機能が低下していると想定される.
- ⑤ 鉛直変位の実測値と各部材温度の変化に差異が生じる傾向が確認される時間帯があった.この現象は、 床版と舗装表面の温度変化の違いによる応力重心軸の変化に伴い、発生したものと考えられる.

今後,対象橋梁の FEM モデルを構築し,FEM の解析 結果と実測結果の比較を実施する予定である.

今回の計測では、24時間にわたって計測を実施したが、 応力頻度計測のように72時間計測を行うことでデータ の精度向上が図られるものと推察される.

謝辞

本研究において,金ヶ崎町役場建設課 菅原睦課長に は,橋梁補修設計図および橋梁定期点検調書の提供,試 験調査橋梁の提供,地域住民への周知など様々なご配慮 をいただきました.ここに記して謝意を表します.

参考文献

 日本道路協会,道路橋点検必携,平成27年版~橋梁点 検に関する参考資料,2015年4月
三木博史,萩原良二,河野広隆,福井次郎,山元 弘, 柳沢雄二,二瓶正康他:社会資本ストックの健全度評価・ 補修技術に関する研究(土木研究所) 3)今西直人,曽根 彰,増田 新,太田佳秀:赤外線映 像装置で測定されたサーモグラフィーについての等温線 表示による劣化部の鮮明化,構造工学論文集 Vol.51A (2005 年 3 月)

4)高木優任,横山功一,原田隆郎:鋼合成桁の温度分布 に影響を及ぼす環境要因に関する実験的研究,構造工学 論文集 Vol.50A(2004 年 3 月)

5)小林裕介,三木千壽,出野真由子,斎藤勝晶:合成桁 橋梁の健全度モニタリングを目的とした温度変形挙動の 検討,構造工学論文集 Vol.48A(2002 年 3 月)

6)理科年表 平成17年, 丸善㈱, 国立天文台編