

木製歩道橋「鶴の舞橋」の形状測定調査について

Measurement of three dimensional shape of timber pedestrian bridge named "Tsuru no mai bridge"

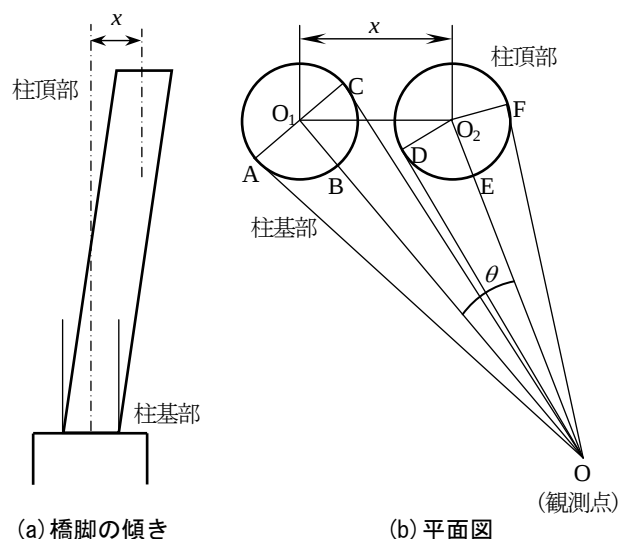
函館工業高等専門学校	○正 員	平沢 秀之	(Hideyuki Hirasawa)
函館工業高等専門学校		長尾 賢汰	(Kenta Nagao)
秋田県立大学	正 員	佐々木 貴信	(Takanobu Sasaki)
福岡大学	正 員	渡辺 浩	(Hiroshi Watanabe)
鶴田町産業観光課		佐藤 一人	(Kazuto Sato)
鶴田町産業観光課		佐々木 明彦	(Akihiko Sasaki)

1. はじめに

「鶴の舞橋」は、青森県鶴田町に平成6年に建設された木製歩道橋で、写真-1のように橋長300[m]、幅員3[m]の3連アーチ形状の橋梁である。構造形式は、アーチ形状を呈しているが、各橋脚間毎に長さ5[m]の桁が支持された単純桁構造である。木材には主桁、床版、高欄、橋脚ともに青森県産のヒバが使用されている。橋端部付近は陸上に位置するが、大部分の橋脚は湖水の水面下から立ち上がっている。

供用開始後13年を経た平成19年には健全度調査が行われ、橋梁全体の形状計測並びに主桁の腐朽の程度が評価された^{1),2)}。調査の結果、安全性が確保できないほどの不具合は認められなかったが、腐朽が認められた床版の一部と高欄の一部が交換されている。

本橋梁のその後の経年変化による部材のゆがみや接合部劣化等による変形を定量的に捉えるため、また部材の普及による劣化度を評価するため、平成25年9月に第2回目の健全度調査を行った。本報告はそれらのうち、形状測定(橋脚の水平変位、アーチ形状、橋脚基礎の傾斜)について報告するものである。



(a) 橋脚の傾き

(b) 平面図

図-1 橋脚の水平変位測定

2. 橋脚の水平変位

2.1 測定方法

柱基部の中心点に対する柱頂部の中心点の水平変位 x を求める。図-1(a)に示す通り、 x は橋軸直角方向の柱頂部の相対変位である。しかし、観測点は橋軸から左右に離れた場所となるため、橋脚と観測点は図-1(b)のような位置関係となる。角度 θ 、距離 OB 、 BO_1 、 OE 、 EO_2 をトータルステーションにより算出し、 x は次式により得られる。

$$x^2 = (OB + BO_1)^2 + (OE + EO_2)^2 - 2(OB + BO_1)(OE + EO_2)\cos\theta \quad (1)$$

トータルステーション(観測点)を橋脚基部と頂部が視準できる位置に設置する。写真-2のように橋脚基部はコンクリート基礎を視準する。基礎が水面下にある場合は、水面上を視準し、水面下の橋脚長による補正を行う。観測点は、橋脚が視準できるようその都度位置を変える。写真-3は大ステージ上に観測点を設けた場合の例である。



写真-2 柱頂部と柱基部



写真-1 鶴の舞橋の全景と橋脚番号

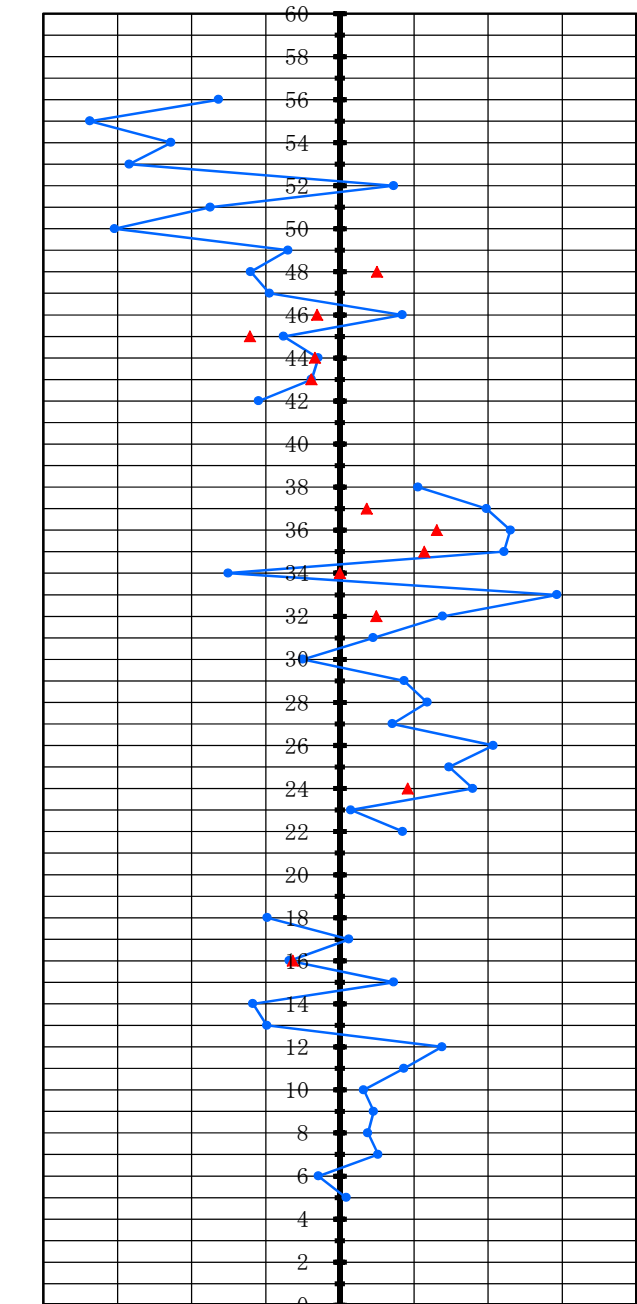


写真-3 トータルステーションによる測定

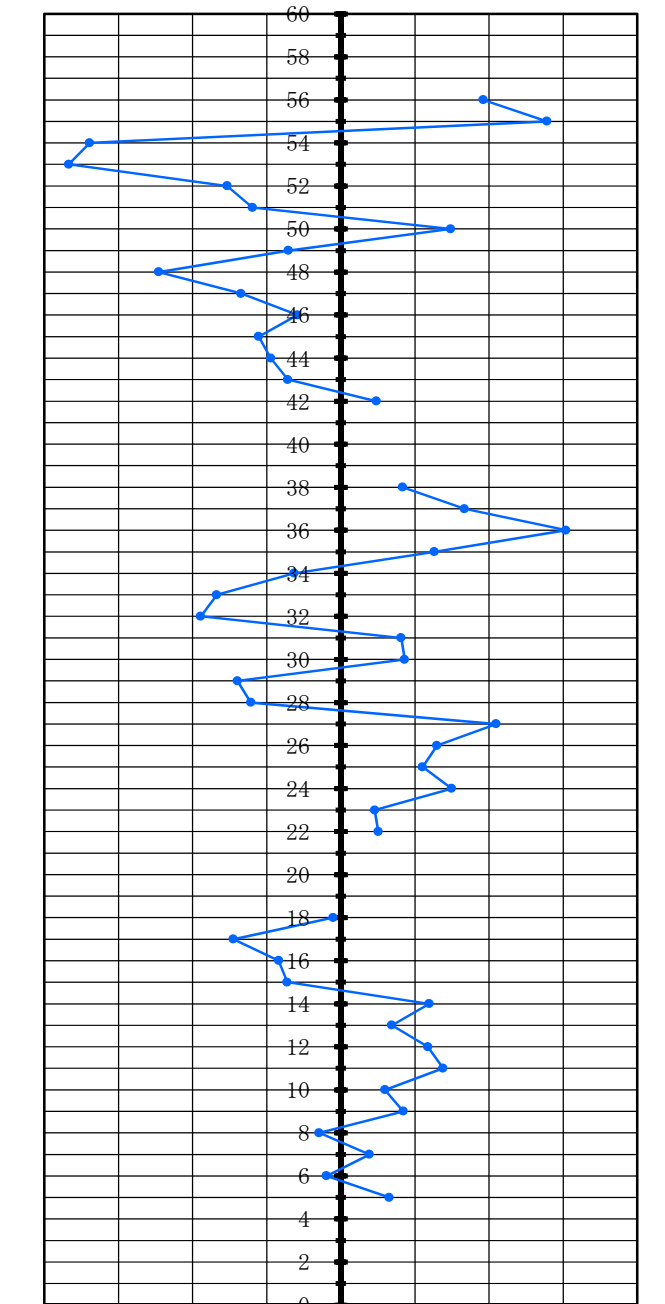
2.2 測定結果

図-2は左右の橋脚の水平変位を図示したものである。ここで左右とは写真-1に示す橋脚番号0～60に関し、0番から60番の方向に見た時の左右を意味している。

左橋脚の最大水平変位は、55Lの-168.5[mm]であり、右橋脚の最大水平変位は、53Rの-183.5[mm]となっている。No. 60～40のアーチ径間において、大きめの水平変位が生じており、左側に傾いている傾向がある。中央径間(No. 40～20)では、右側に傾いている傾向がやや強い。No. 20～0のアーチ径間では、水平変位が比較的小さく、方向については特徴的な傾向は見られない。左右の橋脚は同方向に傾く傾向にあるが、No. 56、55、50、46、42等のように、逆方向に傾いているケースも見られる。しかし、橋脚の頂部は横梁で連結されているため、左右の橋脚が互いに逆方向に変位するとは考えにくい。よって、変形による水平変位



(a) 橋脚L(左側)



(b) 橋脚R(右側)

図-2 橋脚の水平変位 [m]

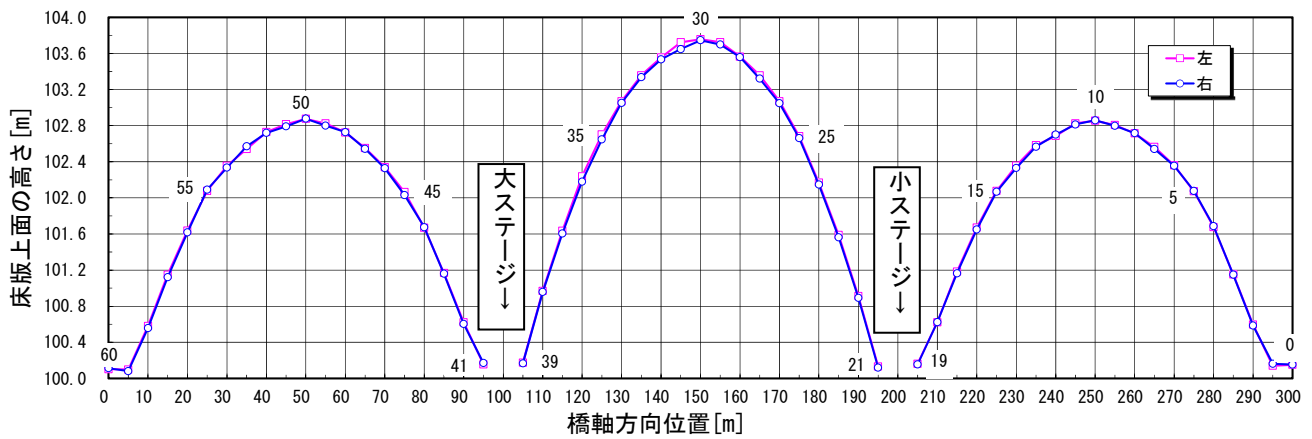


図-3 アーチ形状

ではなく、橋脚のゆがみにより中心線が曲がっていたためと考えられる。

図-2の左橋脚の水平変位には、H19年に測定した値(▲印)もプロットしている。No. 45では、今回の測定値がH19より減少している。No. 42、43、16では、水平変位の変化がほとんどない。その他の橋脚では、今回の測定値がH19より増大している。特に、No. 37、36、35、34、32においては、H19と今回とで水平変位の傾向が類似している。

3. アーチ形状

3.1 測定方法

No. 0～60の左右の橋脚上の床版上面の水準測量を行う。基準点はNo. 60付近の陸上に存在するコンクリート柱とし、この高さが不明なため100[m]と仮定して測定を行った。写真-4は水準測量の状況を表している。



写真-4 水準測量の状況

3.2 測定結果

図-3に水準測量により得られたアーチ形状を示す。No. 60～40のアーチ径間では、右側の方が左側より低くなっている箇所が、No. 58、57、56、54、51、49、45の橋脚位置において見られる。高低差の最大はNo. 45の箇所です34[mm]であるが、その他の位置では30[mm]以下となっている。中央径間(No. 40～20)における最大値はNo. 31で、右側が75[mm]沈下している。また、No. 36および35で、それぞれ59[mm]、55[mm]の高低差が生じており、両者とも右側が沈下している。No. 20～0のアーチ径間では、左右の高低差が小さく、No. 14において右側が26[mm]沈下しているのが最大である。

H19年の水準測量では、中央径間のNo. 36において右側が54[mm]沈下している結果が得られている。今回の測定では、上記の通り59[mm]であるため、高低差の経年変化は5[mm]である。また、No. 60～40のアーチ径間に着目すると、H19年ではNo. 42～56の偶数番号の箇所における高さが測定されており、それらと比較すると最大で55[mm]の沈下(No. 46R)が生じている。

4. 橋脚基礎の傾斜

4.1 測定方法

橋脚の基部はコンクリート製の基礎に固定されている。この基礎そのものが不同沈下して傾けば、橋脚にも傾きが生じる。そこで、基礎の橋脚固定位置の高低差を測定し、



写真-5 水面上の基礎



写真-6 水面下の基礎

表-1 基礎の傾き

基礎 No.	傾き	イメージ	比 較
59			
58			
57			
56			
55	-0.0010		△
54	-0.0033		○
53	0.0090		×
52	0.0010		△
51	0.0067		×
50	0.0067		△
49	0.0083		×
48	0.0117		×
47	0.0033		×
46	0.0050		△
45	0.0000		×
44	0.0050		×
43	0.0050		×
42	-0.0017		△

基礎 No.	傾き	イメージ	比 較
39			
38	0.0017		○
37	0.0150		○
36	0.0183		○
35	0.0117		○
34	0.0083		×
33	0.0000		×
32	0.0017		△
31	0.0017		○
30	0.0017		△
29	0.0033		△
28	0.0017		△
27	0.0100		○
26	0.0183		○
25	0.0100		○
24	0.0050		○
23	0.0050		○
22	0.0033		○

基礎 No.	傾き	イメージ	比 較
19			
18			
17			
16			
15			
14	-0.0023		△
13			
12	-0.0007		×
11			
10	-0.0027		×
9	-0.0020		×
8	-0.0007		△
7	-0.0050		×
6	0.0007		×
5	-0.0013		×
4			
3			
2			

基礎の傾斜を算出する。写真-5のように基礎の上面が水没していない場合は、トータルステーションで橋脚固定部のレベルを観測する。写真-6のように橋脚基部が水没している場合は、基礎上面の水深を直接測り、左右の橋脚部の水深の差から基礎の傾斜を算出する。

4.2 測定結果

表-1に基礎の傾きを示す。傾きは左右の橋脚基部の高低差を橋脚間隔(橋軸直角方向間隔=3[m])で除した値である。傾きがマイナスの値は、基礎の上面が左側に傾いていること、プラスの値は右側に傾いていることを意味している。ここで左および右とは2.2で述べた説明と同様である。イメージの欄は、コンクリート基礎を橋脚番号0から60の方向に見た場合の傾き方を図示している。比較の欄は以下の通りである。

- ：左右2本の橋脚の水平変位の方向と基礎の傾きの方向が一致している。
- △：2本の橋脚のうち、1本のみの水平変位の方向が基礎の傾きと一致している。
- ×

×：2本の橋脚の水平変位と基礎の傾きが一致していない。

No. 60～40のアーチ径間及びNo. 20～No. 0のアーチ径間では、ほとんどが×または△であり、基礎の傾きが橋脚の傾き(頂部の水平変位)に影響を及ぼしているとは言い難い。中央径間では基礎の傾きと橋脚の傾きがかなり一致している。しかしながら、いずれの径間も基礎の傾きは非常に小さく、これが直接橋脚の傾きの原因とみなすことはできないと考えられる。

5. おわりに

「鶴の舞橋」を測量機器を使用して橋脚と上部工の3次元的な立体挙動、および基礎の傾斜を計測した。結果を以下のようにまとめる。

- (1)ほとんどの橋脚が橋軸直角方向に傾きを有している。しかし、その値や方向には明確な規則性は存在しない。また、直ちに耐荷力を失うほどの変形状態とは言えない。

- (2)アーチ形状は、中央径間で一部の橋脚において沈下が生じているため、ややゆがみが認められる。しかし、本橋はアーチ橋ではなく単純桁橋であるため、沈下が生じて過大な不静定力は発生しない。よって、アーチ形状のゆがみにより耐荷力が低下する可能性は低い。

- (3)一部の基礎を除いて、基礎はわずかに傾斜している。基礎の傾斜と橋脚の傾きは必ずしも一致しない。

我が国の木橋建設は、近代木橋が供用され始めた1980年代後半～1990年代の頃の勢いが最近衰え、建設件数は少なくなっている状況にある。また、架設した木橋が適切に維持管理されずに撤去されたり、鋼またはコンクリート橋に架け替えられるケースも見られる。一方、木の持つ質感や温もり、木構造物のシンボル性に加えて環境志向の高まり、二酸化炭素排出量削減への取り組みも活発化し、木材利用拡大の必要性が叫ばれている。このような状況の中、耐久不足による木橋の安易な撤去や架け替えを選択せず、長寿命化を意図した本報告のような調査検討は、木材利用を考える上での好適な例と考える。こうした事例の蓄積が木橋を含めた木製土木構造物の維持管理には重要である。

参考文献

- 1)佐々木貴信, 黄元重, 平沢秀之, 渡辺浩, 佐藤一人: 青森ヒバ材を用いた木橋「鶴の舞橋」の健全度調査, 第7回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集, pp. 95-100, 土木学会鋼構造委員会 木橋の高度化技術研究小委員会, 2008.
- 2)黄元重, 金高悟, 佐々木貴信: RESISTOGRAPHを用いた木橋部材の劣化診断, 第7回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集, pp. 101-104, 土木学会鋼構造委員会 木橋の高度化技術研究小委員会, 2008.