

図-1 橋梁の側面図

表-1 点検箇所と点検項目

点検箇所	点検項目
橋梁全体	全体の傾き、撓み、反り、揺れ、振動、移動
メッキ・塗装	剥がれ、浮き、傷、汚れ、錆、変色
橋面（床版）	腐朽、欠損、撓み、干割れ、ささくれ、変色、金具、ゴミ等
橋面（床梁他）	腐朽、欠損、撓み、干割れ、ささくれ、変色、金具、ゴミ等
高欄（束柱他）	腐朽、欠損、撓み、干割れ、ささくれ、変色、金具、ロープ
メインケーブル	腐食、傷、錆、定着具、サグ高
ハンガーケーブル	腐食、傷、錆、定着具、撓み
主塔	傾き、撓み、ねじれ、錆、止め金具、化粧板
塔頂部	サドルの摩耗、金具、錆
支承	止め金具、変形、錆、ゴミ
メインアンカー	浮き、剥離、クラック、ラフロレッセンス、移動、回転、沈下
同アンカー定着具	変形、緩み、腐食、錆、汚れ
ストームアンカー	浮き、剥離、クラック、ラフロレッセンス、移動、回転、沈下
同アンカー定着具	変形、緩み、腐食、錆、汚れ
添架管	止め金具、撓み、漏れ、L型ソケット変形、抜落ち

2.2 下部工

下部工における主塔用橋台の形式はコンクリート重力式橋台であり、基礎には直接基礎を用いている。主索用アンカーおよび耐風索アンカーについても同様である。

3. 点検箇所・項目および方法

橋梁を橋面工、橋体工、下部工に分類し、目視調査、触診、打音調査を行った。なお、橋梁の管理上、橋面は1床梁間を1ブロックとして各ブロック毎に評価を行った。橋梁の側面図を図-1に示す。

目視点検では部材の変状（腐朽、欠損、干割れ、反り、撓み、変色、ささくれ等）を近距離から目視で確認した。触診では部材に直接手を触れ、ささくれ、含水状況、腐朽を確認する。さらに、ドライバーなどを差し込み木材内部の腐朽状態を確認した。また、打音調査では打音検査用ハンマーで点検箇所を叩き、目視からは判別できない内部腐朽や内部の変状を発生する音から調べた。表-1は点検項目と内容を示している。

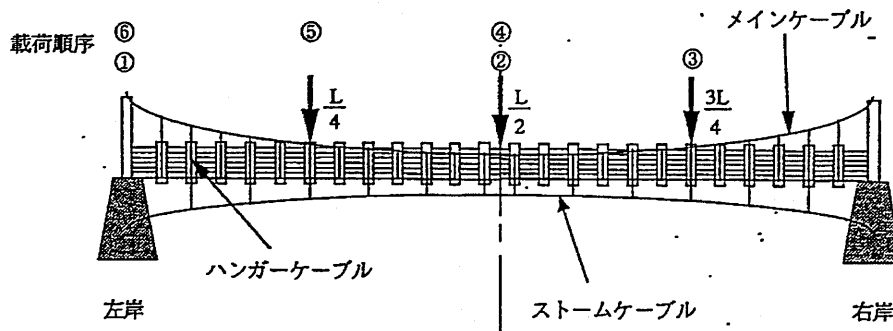


図-2 荷点及び荷順序

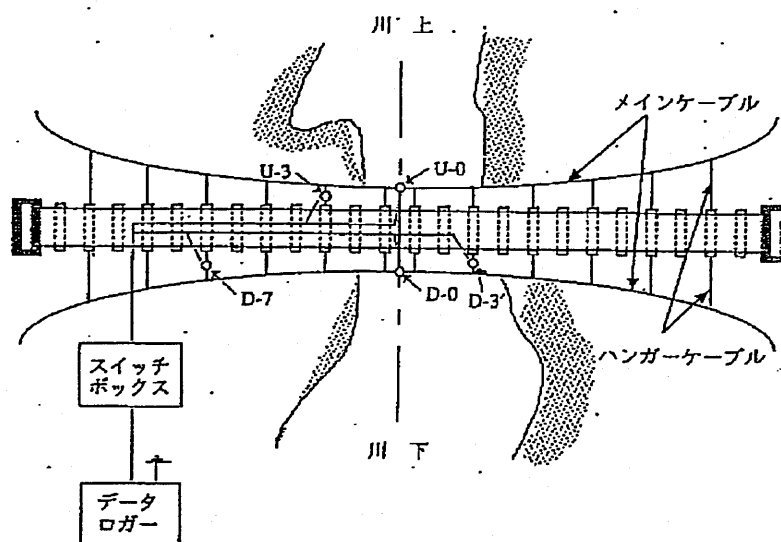


図-3 変位量測定用の変位計の配置

4. 荷試験

4.1 試験条件

荷試験としては、吊り橋の安全性を確認するため荷荷重と荷点の変化の2つを試験条件としてメインケーブルとハンガーケーブルの変位量の計測を行った。なお、変位量を比較する条件として、荷開始時と荷終了後に無荷状態の時の各ケーブルにおける変位量を計測した。

荷点は、図-2に示すように $L/4$ 、 $L/2$ 、 $3L/4$ の3ヶ所とした。荷は、1tと2tの荷車を往路で $L/2$ 、 $3L/4$ 、復路で $L/2$ 、 $L/4$ に移動した。

4.2 変位量の計測

メインケーブルのひずみの大きさを求めるために、各荷重時のケーブルの変位量を計測し、変位量計測には、感度 $1/500\text{mm}$ のパイヤー型変位計を使用した。

変位量の計測点は、図-3に示すようにメインケーブルの中央に変位計を設置し、上流側を U-0、下流側を D-0 とした。また、中央より左岸側へ3本目のハンガーケーブルに設置した変位計を U-3、同様に7本目のハンガーケーブルに設置した変位計を D-7 とし、中央より右岸側へ3本目のハンガーケーブルに設置した変位計を U-3' とした。

これらの各荷重時における変位量を計測した。変位計の設置状況を写真-1、写真-2に示す。

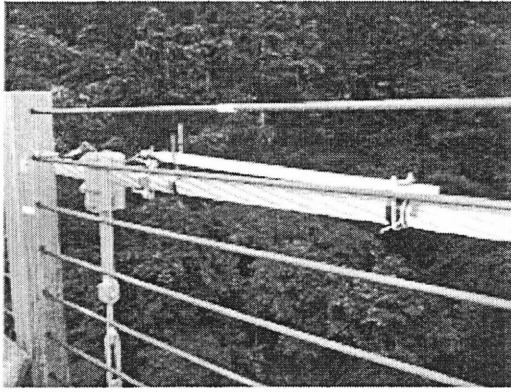


写真-1 メインケーブル変位計

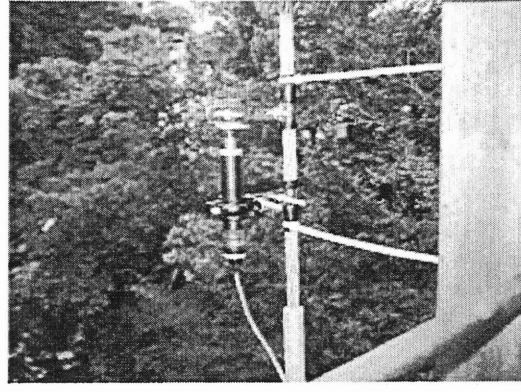


写真-2 ハンガーケーブル変位計

4.3 載荷および計測方法

載荷は、載荷車に水タンクを搭載し、最初に 1t で載荷試験を行い、試験完了後に再び水を注入し 2t の載荷試験を行った。計測は、データロガー (TDS-302) を用い計測点よりスイッチボックスを介してリード線で接続した。

計測は、載荷直後は吊り橋に揺れが生じ振動が起こるため、振動が収束してから行ない、各荷重に対して 11 回ずつ行い、その結果から変位量の最大値と最小値を除いたすべての値を平均しその値を各計測点における変位量とした。それらの計測手順をフローチャート化したものが図-4 である。また、各計測点における標点距離を計測してひずみ計算を行った。

5. 調査の結果と検討

現地調査は、平成 17 年 10 月 26, 27, 28 日に実施した。調査期間中の天候は快晴であった。吊り橋全体の遠望目視調査から始め、主塔、橋面、高欄、床梁、ケーブル、金具、支承、橋台、アンカー、添架管、塗装の順で点検箇所と項目に従い、近接目視調査、触診、打音調査を行った。目視調査、触診、打音調査を完了し、27 日に載荷試験を行った。

5.1 目視、触診、打音調査の結果

吊り橋全体は、写真-3 に示すように、上部工に、傾き、揺れ、撓み・反り、振動の異常はなく、下部工に移動、沈下、回転の変位もなかった。詳細調査において、床版は、写真-4 に示すように、干割れが 10 ヶ所、両橋台側の床版の濡れとボルト孔の泥とコケあったが、床版と横梁の接合部に腐朽等はなかった。濡れは、キャンパーと縦張り床版および滑り止めの溝が橋軸方向に付いていることから前日の雨の排水が完全でなかったものと考えられる。

高欄は、写真-5 に示すように干割れ 20 ヶ所、ささくれ 1 ヶ所あったものの、横梁、地覆との接合部に腐食等の異常はなかった。床梁は、写真-6 に示すようにハンガーケーブルの梁接金具に錆が 21 ヶ所、白色腐朽が 1 ヶ所あった。地覆木は写真-7 に示すように干割れ 5 ヶ所、白色腐朽が 1 ヶ所あった。

メインケーブルは、写真-8 に示すようにケーブル、ケーブルアンカー、クランプ、サドル、塔柱に異常はないが、ピン、ケーブルアンカーの端部とねじ部に若干の錆が発生していた。ハンガーケーブルは、床梁の金具のボルトに若干の錆はあるが、特に異常はなかった。トレットケーブルは、緩み、錆もなく異常はなかった。

支承、添架管、止め金具には全く異常がなかった。アンカーコンクリートは写真-9、写真-10 に示すように橋台も含め全体にコケが発生し、左岸メインアンカーだけに一部遊離石灰があった。

橋梁全体の干割れ、錆び、変色箇所を図-5 に示す。

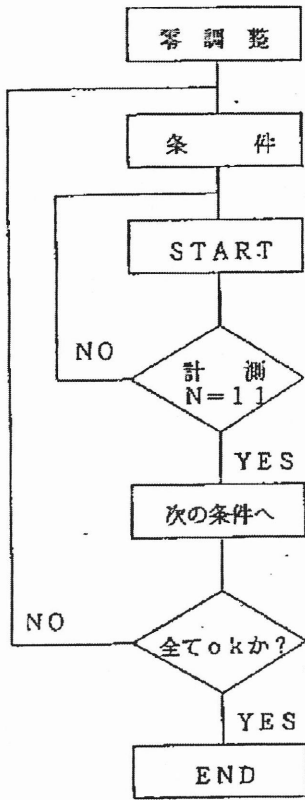


図-4 計測のフローチャート

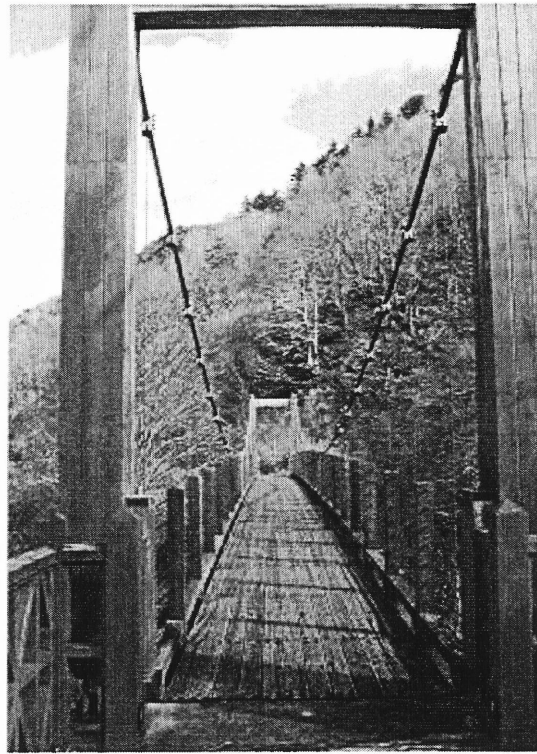


写真-3 吊り橋全体

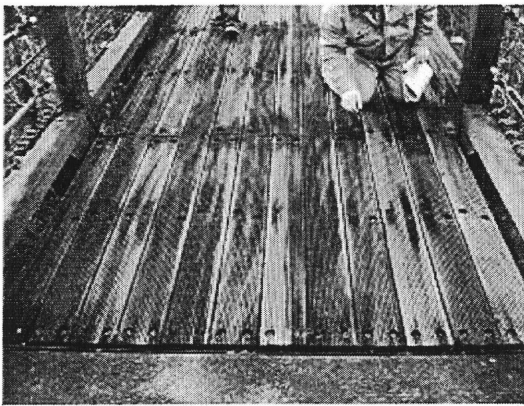


写真-4 床版

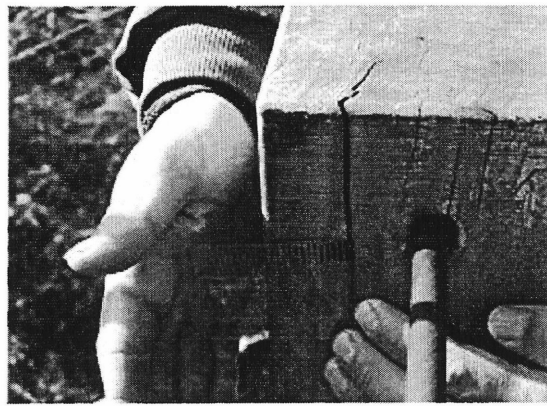


写真-5 高欄

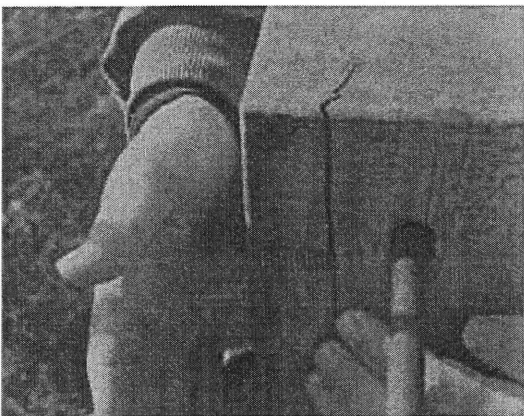


写真-6 床梁

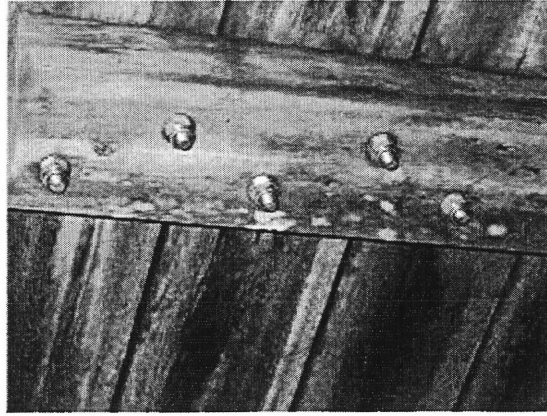


写真-7 地覆木



写真-8 メインケーブル

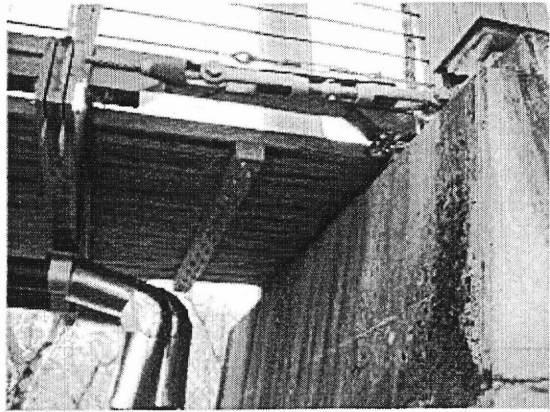


写真-9 アンカーコンクリート



写真-10 アンカーコンクリート

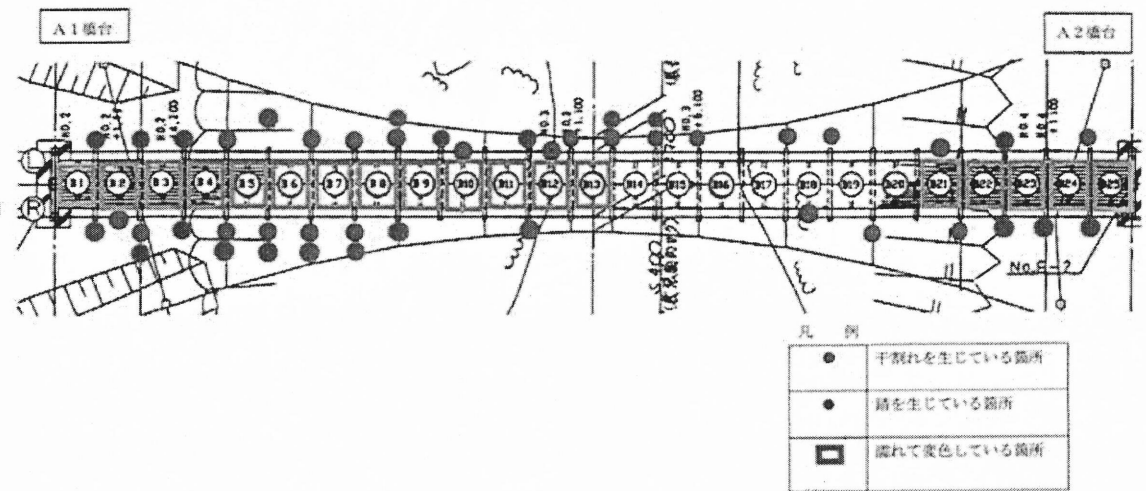


図-5 損傷箇所全体図

表-2 変位量とひずみ結果

載荷重 P=1 t													
平成7年	位置	変位(mm)						ひずみ(μ)					
		0	L/2	3L/4	L/2	L/4	0	0	L/2	3L/4	L/2	L/4	0
	U-0	0.000	-0.152	0.094	-0.126	0.075	0.035	0	-128	79	-106	63	30
	D-0	0.000	-0.165	0.087	-0.126	0.091	0.033	0	-140	74	-107	77	28
	U-3	0.000	-0.072	-0.046	-0.095	-0.101	-0.111	0	-766	-489	-1011	-1074	-1181
	D-3'	0.000	-0.250	-0.068	-0.441	-0.544	-0.544	0	-2381	-3505	-4200	-5181	-5181
	D-7	0.000	-0.230	-0.328	-0.363	-0.424	-0.495	0	-2421	-3453	-3821	-4463	-5211
平成17年	位置	変位(mm)						ひずみ(μ)					
		0	L/2	3L/4	L/2	L/4	0	0	L/2	3L/4	L/2	L/4	0
	U-0	0.000	-0.128	0.053	-0.125	0.051	0.009	0	-149	62	-146	60	11
	D-0	0.000	-0.124	0.051	-0.122	0.045	0.007	0	-138	57	-135	50	9
	U-3	0.000	-0.010	0.005	-0.009	0.009	0.007	0	-116	55	-98	102	77
	D-3'	0.000	-0.013	0.026	-0.005	0.006	0.005	0	-165	323	-59	77	59
	D-7	0.000	0.001	0.032	0.008	-0.011	0.005	0	15	415	97	-136	62
載荷重 P=2 t													
平成7年	位置	変位(mm)						ひずみ(μ)					
		0	L/2	3L/4	L/2	L/4	0	0	L/2	3L/4	L/2	L/4	0
	U-0	0.000	-0.187	0.124	-0.189	0.155	-0.015	0	-158	105	-159	131	-13
	D-0	0.000	-0.177	0.153	-0.202	0.193	0.002	0	-151	130	-172	164	2
	U-3	0.000	-0.087	-0.037	-0.093	-0.075	-0.073	0	-926	-394	-989	-798	-777
	D-3'	0.000	-0.076	-0.109	-0.128	-0.220	-0.185	0	-724	-1038	-1219	-2095	-1762
	D-7	0.000	-0.011	-0.137	-0.154	-0.177	-0.241	0	-116	-1442	-1621	-1863	-2537
平成17年	位置	変位(mm)						ひずみ(μ)					
		0	L/2	3L/4	L/2	L/4	0	0	L/2	3L/4	L/2	L/4	0
	U-0	0.000	-0.178	0.085	-0.177	0.094	-0.009	0	-208	99	-207	110	-11
	D-0	0.000	-0.129	0.082	-0.135	0.086	-0.008	0	-143	91	-150	96	-9
	U-3	0.000	-0.010	0.002	-0.011	0.009	0.003	0	-116	25	-125	107	32
	D-3'	0.000	-0.017	0.015	-0.016	-0.002	0.003	0	-212	185	-198	-30	42
	D-7	0.000	0.001	0.033	0.008	-0.013	0.001	0	18	426	105	-172	18

5.2 載荷試験の結果

平成7年と平成17年時の載荷重1tと載荷重2tの変位量とひずみの結果を表-2に示す。

計測データは、除荷時にほぼ初期状態に戻り、不自然な挙動もないことから正常な試験結果と考えられる。左右のひずみ量の誤差は載荷の偏心によるものである。尚、平成7年度のハンガーケーブルの除荷時の変位およびひずみ量が載荷時より大きいのは、当時測定器具の取付けの不具合から生じたものである。

5.3 メインケーブルの張力の照査

平成7年度の張力照査は、設計値との整合を検証したもので、平成18年度の張力照査は設計値との整合に加え、経年変化による金属疲労等の検証も行うものである。

・張力の算定

ケーブルの種別：構造用ストランドロープ Φ66

ヤング係数： $E=1.4 \times 10^6 \text{Kgf/cm}^2$

標準断面： $A=2,060 \text{mm}^2=20.6 \text{cm}^2$

張力： $T=\varepsilon \times E \times A$

ここで、 ε ：ひずみ

設計値の張力、測定結果との比較を表-3、表-4に示す。また、張力-荷重グラフを図-6に示す。

表-3 設計値の張力

荷重区分	死荷重 水平張力(kgf)	活荷重 水平張力(kgf)	設計張力(kgf)
無載荷	19.055	—	19.055
支間中央載荷(P=1tf)	19.055	1.563	20.618
支間中央載荷(P=2tf)	19.055	3.125	22.180
支間 1/4・3/4 載荷(P=1tf)	19.055	1.563	20.618
支間 1/4・3/4 載荷(P=2tf)	19.055	3.125	22.180

表-4 測定結果との比較

年度	荷重	測定時の 平均張力(kgf)	設計張力 (kgf)
平成7年度	載荷 1t	1.276	1.563
	載荷 2t	3.980	3.125
平成17年度	載荷 1t	1.377	1.563
	載荷 2t	3.144	3.125

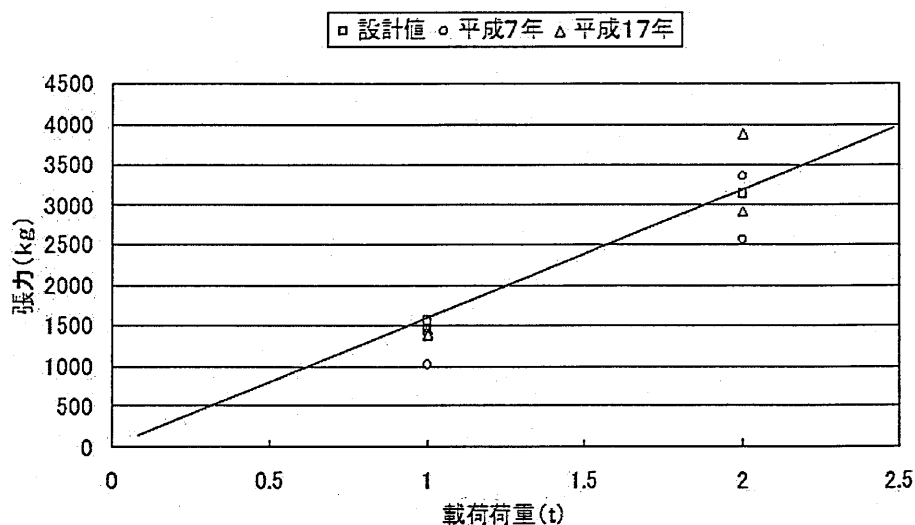


図-6 載荷荷重と張力の関係

5.4 10年間の変化

上記の表およびグラフから、測定結果と設計値はほぼ近似していることから設計と整合がとれているものと考えられる。また、平成7年と平成17年の測定時の張力を照査しても多少のバラツキはあるが、経年変化による疲労はないと考えられる。

6. まとめ

10年経過により定期点検を行った結果、干割れ・日焼け変色・2箇所白色腐朽・コケはあるが、特に問題になるような劣化はなく、ケーブルの疲労・損傷も問題はないことが分かった。本橋は、定期的に巡回が行われ、同年経過の木橋と比較しても状態は良いため、今後も同様の巡回・清掃・点検等の維持管理を継続することが必要と考えられる。

参考文献

- 1) (社)土木学会：木橋技術の手引き 2005，木橋の保全
- 2) 木橋技術協会：木橋の点検マニュアル（第1版），2001.