

六十谷水管橋（ランガー橋）

点検の留意事項

令和4年11月

和歌山市企業局



はじめに

令和3年10月3日、紀の川以北に水道水を送水する六十谷水管橋が崩落し、約6万戸が断水、約14万人の生活に影響を及ぼした。この事故をうけ調査委員会を設置し、事故原因の究明をおこなった。安全確保の観点からも早急な再発防止対策の実施が必要であるため、調査委員会の意見も取り入れ、再発防止策を検討し、安定した水道水の供給が可能な施設運用を行うため、六十谷水管橋の点検に関する留意事項について明記した。

1. 適用の範囲

六十谷水管橋を点検する上で「和歌山市企業局 水管橋維持管理マニュアル」に従って点検する他に、特筆すべき事項を定めたものである。

2. 水管橋の基本構造

水管橋の基本構造として、表－1「水管橋の基本構造（既設部）」、表－2「水管橋の基本構造（更新部）」を示す。

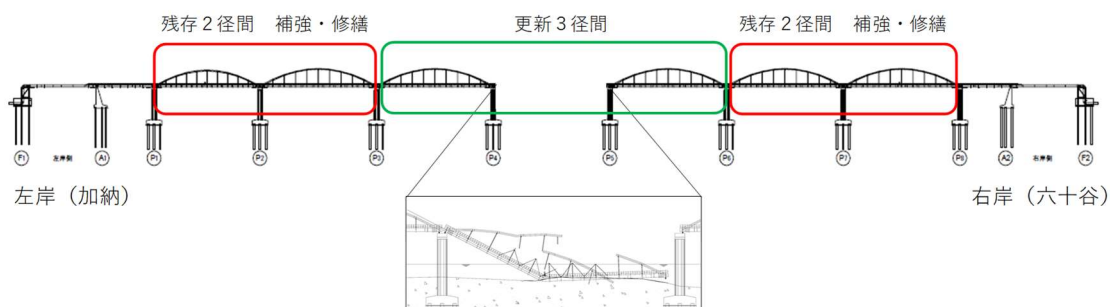
六十谷水管橋については落橋部を含む3径間を更新しており、六十谷水管橋の全体構成を図－1、六十谷水管橋の各部の名称を図－2に示す。

表－1 水管橋の基本構造（既設部）

水道管径	900A（外径914.4mm）×2条
形式	ランガー補剛形式及び二径間連続支持パイプビーム形式
橋長	364.15m
使用鋼材	STPY41、STK41、SS41
使用塗料	ふっ素樹脂塗装（外面）、エポキシ樹脂塗装（内面）
伸縮管	クローザージョイント
支承	ローラー及びピン支承

表－2 水管橋の基本構造（更新部）

水道管径	900A（外径914.4mm）×2条
形式	ランガー補剛形式
橋長	182.4m
使用鋼材	STPY400、STK400、SS400
使用塗料	ふっ素樹脂塗装（外面）、エポキシ樹脂塗装（内面）
伸縮管	クローザージョイント
支承	支承板支承（固定及び可動）



図－1 六十谷水管橋の全体構成

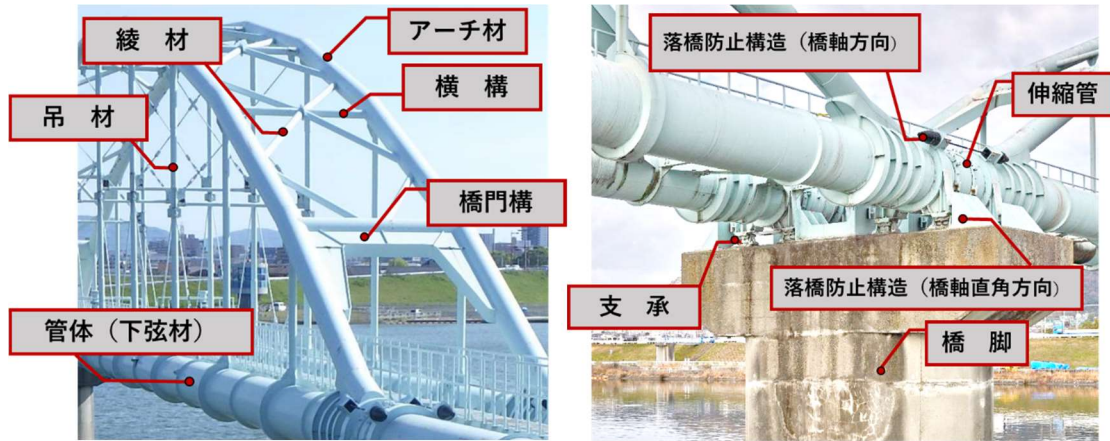


図-2 六十谷水管橋各部の名称

3. 点検について

(1) 安全基準

六十谷水管橋の点検にあたっては高所での作業となるため、墜落制止用器具を着用し、2人以上の点検者により十分に安全に配慮したうえで点検を行うこととする。

(2) 点検頻度 【水管橋マニュアル P.13 (2) 点検頻度】

企業局職員による点検は半年に1回の頻度で点検を行う。また、専門業者による点検委託を5年に1回の頻度で行い、維持管理区分が「重点管理点検」以上に判定された場合には、2年に1回の頻度で点検委託を行う。

(3) 点検位置の細分化 【水管橋マニュアル P.7 (3) 点検位置】

六十谷水管橋は、全長546.55m、全9径間と橋台で構成されており、和歌山市企業局が所管する水管橋としては最大の水管橋となる。

水管橋全体の劣化状況を確認すると、径間毎に大きく状態が異なっており、それぞれ構造部材の腐食に違いがあり、鳥が多くとまっている箇所は糞が堆積しており、腐食の度合いも高かった。水管橋の劣化状況を図-3に示す。

これらのことから、点検評価を水管橋全体で見ると正確に評価ができないため、六十谷水管橋については点検位置を径間毎に区切り、細分化して点検する必要がある。

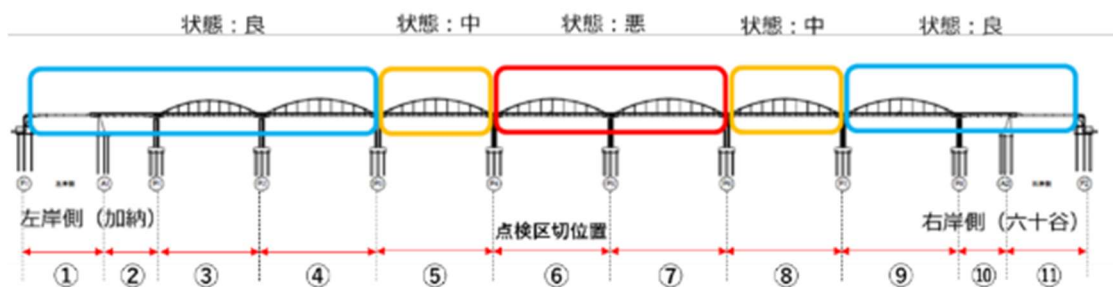


図-3 水管橋の劣化状況と点検区切位置

(4) 鳥の糞害について 【水管橋マニュアル P.2 (1) ②景観性】

水管橋付近では多くの野鳥が見られるが、そのなかでもカワウが多く生息しており、糞の量についても水管橋が真っ白になるほど堆積している状況となっている。構造部材の腐食状況と鳥の糞が堆積している部分は、図-3の状況と同じような結果となった。鳥の糞にはアンモニアや酸の成分が含まれており、大量かつ長期間堆積すると塗膜劣化や鋼材腐食が生じることが知られている。そのため、カワウが多く留まっている箇所や、糞が堆積している部分については、十分に注意して点検を行う。

鳥の糞害の一番の対策として、鳥が水管橋に集まらない環境とすることが重要である。鳥が集まる時間に点検を行うなど、できる限り人の気配がする水管橋としての環境づくりを行っていく必要がある。



図-4 水管橋に留るカワウと糞の堆積状況

(5) 構造部材の腐食について 【水管橋マニュアル P.2 (1) ①構造部材・付帯設備】

鋼材の腐食には、高温環境下で水分の影響によらず生じる「乾食」と、一般環境下で水分が関わって発生する「湿食」に大きく分類される。鋼橋において発生する腐食損傷のほとんどは「湿食」が原因である。

令和3年の水管橋崩落における腐食箇所については、接続部の腐食(吊材、アーチ材、水道本管、後付け材料)、凹凸部の腐食、溶接部の腐食と考えられ、その誘因として塗装更新の遅れ、塗装効果の限界、鳥の糞害、塩害(風の状況)、スケール付着など複数の要因によるものと考えられる。また、風対策として取り付けた後付け材料に起因する疲労(振動)により腐食が進んだことも考えられる。

水管橋の吊材部など、構造的に雨や結露の水が溜まりやすい箇所や、鳥の糞が堆積する箇所を意識的に点検する必要がある。

ア 吊材

上部工主構部においては吊材の腐食が激しく、風対策として設置されていた後付け部補強材のバンド接続部が破断している状況となっていた。

更新した径間の吊材に関しては、吊材の口径を大きくすることにより風対策のための補強材を必要としなくなったため、雨水や鳥の糞が堆積し難い構造となっている。

既設の斜材部分については、図-5に示す通り、補強材を溶接し、雨水などが侵入せず、スケールが堆積し難い構造となっている。

このように、更新部と既設部については腐食対策がされているが、補強材接続部や溶接部などは腐食リスクが高く、吊材が破断した場合には落橋に至る可能性が非常に高くなると考えられるため、十分に注意して点検をしていかなければならない。



図-5 補強材接続部 (左：補強前 右：補強後)

イ アーチ材及び横構材

上部工のアーチ材及び横構材は、鳥が直接留まる箇所であり水管橋の頂部にあるため、部材の接続部には雨水や糞などが溜まってしまうことがある。

上弦材や斜材などの構造部材は、塗装の弱点となりがちな現地溶接部や、上弦材と斜材などの交差部を重点的に点検する必要がある。塗装が健全であれば雨水により糞が洗い流されると考えられるため、塗装の状態を保つことが重要となる。



図-6 アーチ材及び横構材

令和3年10月3日の崩落では、図-7に示す通り、アーチ材については溶接部から破断している状態となっていた。通水管と違い外面からのみの溶接であるが、昭和40年代後半では、裏波棒の普及前であり、なおかつ、格点部（曲り部）での裏当て金が密着しきれない箇所での溶接であったことから、内面側に未融合部が存在した可能性がある。残存する4径間にも未融合部が存在する可能性があるが、吊材が健全であれば水管橋自体の強度に問題はないため、吊材の点検が重要となる。

更新した3径間については、端部にダイヤフラムを用いることにより確実に完全溶け込み溶接を行っている。



図-7 落橋アーチ材破断部と新設アーチ材ダイヤフラム

ウ 支承

支承は水管橋の重量を支え、温度変化時に生ずる水管橋の伸縮を吸収する重要な構造である。支承並びにアンカーボルトが損傷すると、伸縮管に過度の変位を生じさせて漏水の原因になることがあり、落橋の原因になるため重要な調査ポイントとなる。アンカーボルトや底板の状態、腐食、ゆるみ、可動状況などについて注意して点検する。

既設部はローラー支承及びピン支承、更新部は支承板支承となっている。既設部及び更新部の支承を図-8に示す。



既設支承部 (左：ローラー支承 右：ピン支承)



更新支承部 (左：支承板支承【可動】 右：支承板支承【固定】)

図-8 既設部及び更新部の支承

エ 空気弁

空気弁は、主に充水時の管内空気の排除を目的として設置される重要な設備である。その用途から空気弁からの漏水被害が多くみられ、腐食がしやすい設備といえる。フランジ部に鳥の糞が堆積しやすくなっているため、ボルトの腐食にも注意して点検する。



図－9 空気弁（左：既設空気弁 右：落橋後の空気弁）

(6) 塗装について 【水管橋マニュアル P.11 (1) ②景観性、③防食性】

構造物の腐食対策として、塗装による防食が基本となる。海塩粒子や糞などの影響による腐食を抑えるためには塗装の役割が非常に高く、塗装の状況を点検記録し、防食性を保つことが重要だと考えられる。

既設水管橋については、平成5年に水管橋全体の塗装の塗りなおしを行っており、上塗り塗装をはがして再塗装している。しかし、調査委員会の調査により、下塗り塗装として建設当初の鉛が含有している塗料が残っており、塗装の付着力が低下していることが判明している。そのため、上塗り塗装が劣化した時に水分が鋼材まで達してしまう可能性があるため、通常のふっ素樹脂塗装の耐久年数である30年間は劣化しないという固定観念を持つのではなく、10年間でも塗装が劣化するかもしれないという意識を持って点検を行い、劣化症状が現れた場合には早急にトップコートの再塗装を行うという体制づくりが必要となる。

塗装の正確な評価を行うためには、「和歌山市企業局 水管橋維持管理マニュアル」に従って塗装の評価を行い、塗装の評価が悪化した場合には、構造物に腐食が発生する前に、迅速に再塗装や補修を実施していくことが重要となる。上塗り塗装が劣化し、茶色の下塗り塗装が露出している様子を図－10に示す。



図-10 塗装の劣化状況

(7) 落橋防止装置 【水管橋マニュアル P.2 (1) ①構造部材・付帯設備】

落橋防止装置は、支承が損傷した場合に、伸縮管からの漏水防止と上部工の橋台及び橋脚からの脱落防止を目的とした、フェイルセーフ機能として有効な設備である。六十谷水管橋の落橋のように、径間の中央付近から座屈するような、水平方向でない方向に引っ張られると PC ケーブルが破断する可能性はあるが、水管橋全体が健全であれば地震などによる脱落を防止することができる。

橋軸方向の落橋防止装置については、目視により PC ケーブルの損傷などの異常を確認することが必要である。橋軸直角方向の落橋防止装置については、構造物やボルトの腐食、緩衝材の状態に注意して点検する。既設落橋防止装置と落橋後の様子を図-11に示す。



図-11 落橋防止装置（左：橋軸方向 右：橋軸直角方向 下：落橋後）

(8) 下部構造 【水管橋維持管理マニュアル P.10 (7) ④下部構造】

橋台については、雨水が直接かかる部位でひび割れが生じやすく、背面からの水が供給されることから、ひび割れ部では遊離石灰や錆汁が生じやすい。また、地盤の影響を直接受けるため、沈下、傾斜、移動に注意して点検する。

橋脚については、張出部で雨水が直接かかるなど環境が厳しく損傷が生じやすい。特に張出付け根部の上部では、大きな応力が発生する部位でありひび割れが生じやすい。



図-12 橋台及び橋脚

(9) 点検委託 【水管橋マニュアル P.13 (1) 点検業務委託】

六十谷水管橋については特別管理対象と位置付け、企業局職員による点検に加え点検委託を行い、ロープ高所作業、ドローン、ロボットカメラなどを活用した専門業者による点検を実施する。

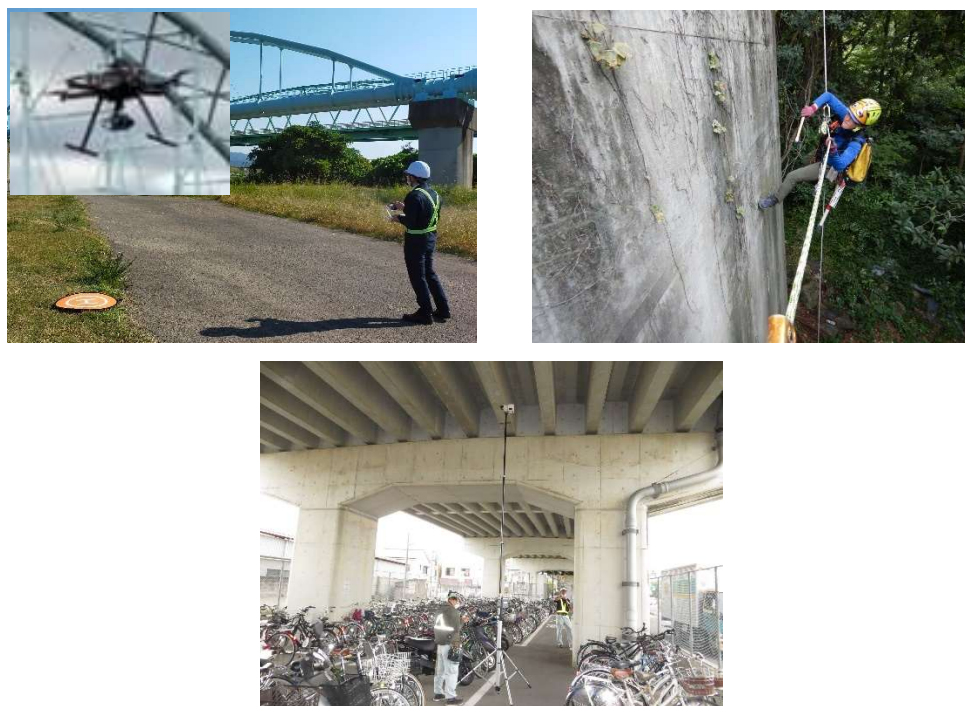


図-13 点検委託

(左：ドローン点検 右：ロープ高所作業点検 下：ロボットカメラ点検)

六十谷水管橋の改修履歴

日 時	内 容
1974年 (昭和49年)	六十谷水管橋完成
1976年 (昭和51年)	吊材に亀裂が発生し、風対策として上下部をφ150の二重管とする補強を実施
1978年 (昭和53年)	吊材に亀裂が再度発生
1980年 (昭和55年)	補強材として後付け部材を設置
1993年 (平成5年)	塗装塗替え実施、トップコートを除去し、ふっ素樹脂塗装
2006年 (平成18年)	耐震診断実施 上部工は耐震性なし、下部工はL1地震動のみ耐震性あり
2015年 (平成27年)	落橋防止装置設置工事 吊材補強材の横材を取り換え
2021年 (令和3年10月)	六十谷水管橋の中央部1径間の崩落
2022年 (令和4年6月)	中央3径間の更新、残り4径間の補強、修繕 更新部：吊材の大きさをφ125からφ250に変更、上部工はL2耐震性あり 補強部：吊材の大きさをφ125からφ150に変更、補強材を溶接取付に変更