

公表版

露出鋼管（水管橋等）の腐食防止方法と延命措置に関する共同研究

—水管橋外面塗装の塗替え基準の検討—

報 告 書

平成 25 年 3 月

公益社団法人 日本水道協会

W S P 日本水道鋼管協会

はじめに

日本水道協会で行った水道事業体への課題調査において、「水管橋の腐食防止方法と延命措置」に関する研究要望が出された。

水管橋の外表面塗装における点検・調査に関する指標が(社)日本水道協会（JWWA）及び日本水道鋼管協会（WSP）には無く、多くの水道事業体においても、水管橋外表面塗装の保守・点検及び塗替え指針などが、明確になっていないことが判明した。

そこで、日本水道協会（JWWA）と日本水道鋼管協会（WSP）では「既設の露出鋼管（水管橋等）の腐食防止と延命措置」をテーマとして、平成 22 年 9 月から平成 25 年 3 月に亘り、共同研究を進めることにした。

本共同研究では、水管橋に生じる劣化対策として、現場調査・点検により水管橋の塗装外表面の経年的な変化を捉えることが、研究目的である【水管橋の腐食防止と延命措置】につながると捉え、劣化診断手法の確立を中心に検討した。

平成 22 年 9 月から平成 24 年 3 月までの共同研究期間では、水道事業体へのアンケートやヒアリング調査のほか、水道事業体で管理する水管橋の基礎的な現場調査を行い、文献なども参考にして景観性及び防食性の評価方法の検討を行い、水管橋の劣化診断の基本的な項目の整理をした。

平成 24 年 4 月から平成 25 年 3 月の期間においては、景観性、防食性の評価方法の妥当性を確認するため水道事業体の管理する水管橋の詳細な現場再調査を行い、劣化診断手法の検証結果などから、評価項目、評価点のほか、評価・採点事例を盛り込んだ『露出鋼管（水管橋等）～外表面塗装劣化診断・評価の手引き』をまとめた。

また、塗装の塗替えや構造部材についても、補修等の延命措置を計画的、効率的、効果的に行うため、劣化の程度に応じた対策区分を明確にするための検討を行ない、水管橋の適正な維持管理に役立つものとした。

本共同研究に当たっては多くの水道事業体のご協力を受けたことに感謝するとともに、その成果を今後の水管橋の外表面塗装の保守、点検及び塗替えを検討する上での参考資料として、水道事業体をはじめとした水道関係者に広く活用していただくことを切望する。

平成 25 年 3 月

目 次

「露出配管（水管橋等）の腐食防止方法と延命措置に関する共同研究」 水管橋外面塗装の塗替え基準の検討 報告書 平成 25 年 3 月

1. 共同研究の検討経過及び概要	1
2. 事業体へのアンケート	3
3. 水管橋調査（平成 24 年度その 1）	6
4. 水管橋調査（平成 24 年度その 2）	16
5. 水管橋調査（平成 24 年度その 3）	21
6. 総合評価【劣化指数】の検討	33
7. 水管橋等の構造部材の劣化診断について	35
8. デジタルカメラを使用した水管橋の外面塗装の劣化診断	40
露出鋼管（水管橋等）～外面塗装劣化診断評価の手引き	
参考資料	

露出鋼管（水管橋等）～外面塗装劣化診断評価の手引き

平成 25 年 3 月

1. はじめに	1
2. 水管橋の外面塗装の評価方法	1
3. 水管橋外面塗装調査	2
4. 総合評価	6
5. 管理区分	7
6. 補修範囲について	7
7. 診断シートの記入方法	8
8. 評価基準及び診断シート	10
9. 水管橋の構造部材の劣化診断について	23
10. デジタルカメラを使用した水管橋の外面塗装の劣化診断	29

参 考 資 料

資料-1	アンケート調査用紙及び調査結果	資 1
資料-2	主な事業体のアンケート調査結果	資 5
資料-3	ヒアリング調査用紙及び調査結果	資 7
資料-3-1	〇〇〇水道局調査結果	資 10
資料-3-2	〇〇〇水道局調査結果	資 24
資料-3-3	〇〇〇〇〇〇調査結果	資 49
資料-4	〇〇〇〇〇〇水管橋調査結果	資 75
資料-5	〇〇〇水道局水管橋調査結果	資 83
資料-6	投稿論文	資 89
資料-6-1	水管橋外面塗装の効率的維持管理方策の調査検討（その1） ：第62回全国水道研究発表会（2011）	資 90
資料-6-2	水管橋の15年目長期暴露試験報告（I） ：第62回全国水道研究発表会（2011）	資 92
資料-6-3	水管橋外面塗装仕様の長期暴露試験15年目試験結果 ：日本工業用水協会第46回研究発表会（2011）	資 94
資料-6-4	水管橋外面塗装の効率的維持管理方策の調査検討（その2） ：第63回全国水道研究発表会（2012）	資 98

1. 共同研究の検討経過及び概要

水管橋及び橋梁添架管の外表面は、一般の鋼構造物に比べて結露し易く、乾湿が繰り返されるなど過酷な環境にある。また、水管橋の外表面塗装は美観のみでなく、構造上でも水道施設の機能保持の面でも腐食防止という大切な役割があり、適正な維持管理は重要・不可欠である。

しかしながら、共同研究の一環として平成 22 年度において実施した水道事業体へのアンケート調査では、水管橋外表面塗装の劣化診断や塗替え基準・規格が無いほか、水管橋の定期点検を多くの水道事業体で実施しており、水管橋の維持管理が水道事業体においては重要な位置付けにあることが明らかになった。

このことから、共同研究の目的である水管橋の腐食防止と延命措置には、水管橋の外表面塗装の劣化を評価する手法の確立が必要と考えた。評価手法の検討にあたっては、前述の水道事業体へのアンケート調査結果を参考にするとともに、日本水道鋼管協会（WSP）が新日本製鐵㈱(平成 23 年当時)の八幡製鐵所構内のφ1200 鋼製水管橋で実施している 15 年間の外表面塗装調査結果のほか、『機械工事塗装要領(案)(社)日本建設機械化協会』や『鋼構造物塗膜調査マニュアル（JSS IV 03-2006）：(社)日本鋼構造協会』などの知見も取り入れた。具体的には、一般的に用いられている景観性、防食性の 2 つの視点から、塗膜の劣化やさびの進行を定量的に評価するために必要な項目と評価点（指数）などのほか、塗替え時期などを検討した。

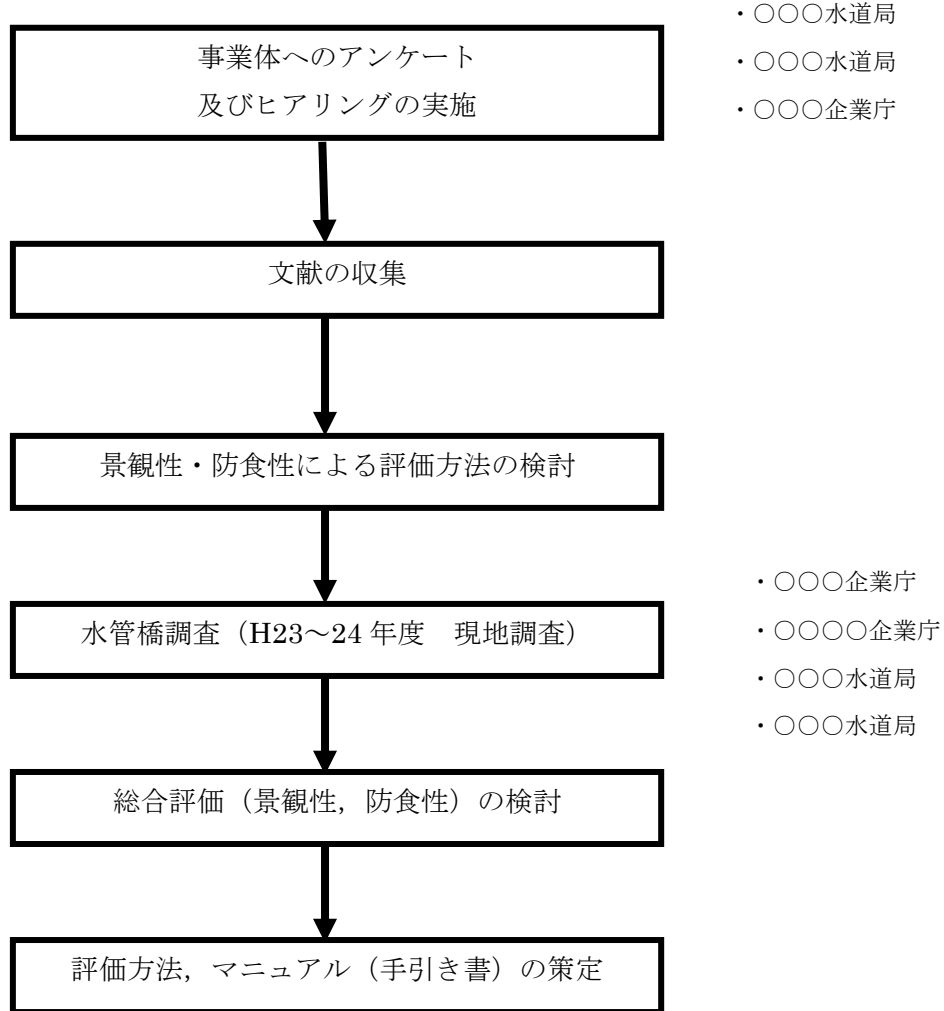
平成 23 年度は、〇〇〇企業庁及び〇〇〇〇企業庁、〇〇〇水道局の管理する水管橋において、水道事業体が管理する水管橋の現状とともに、平成 22 年度までの検討結果をもとにした景観性、防食性の評価手法の課題を把握するために、基礎的な現場調査を行った。

平成 24 年度は、水管橋の外表面塗装に生じる劣化のうち、定期的な点検による経年変化を捉え、塗替え対象の判定を明確にするための検討をした。また、景観性、防食性を評価する手法の妥当性のほか、水管橋の塗替え判定に必要な評価項目や採点（評価指数）の確認と水道事業体で管理する水管橋のより多くの情報収集を目的に〇〇〇水道局の水管橋の現場調査を 3 回に亘り実施した。

調査及び検証においては、複数の調査員が同一条件で水管橋の外表面塗装の劣化について評価を行ったが、評価点のバラつきが生じたため、バラつきの原因と対策の検証を目的に、現場評価を繰り返した。このことにより、これまでの検討結果を水管橋の外表面塗装の評価マニュアル（手引き書）としてまとめ、水道事業体の職員が定期点検時に行う水管橋の外表面塗装などの劣化診断に用いることにより、水管橋の適切な維持管理に寄与できるものとする。

さらに、配管以外の構造部材についても、現地調査に用いる調査票の中で、特記事項を記録することで対応が可能と考え、「構造部材に関する劣化診断手法の検討」として記載した。

これまでの検討の概要フローを以下に示す。



2. 事業者へのアンケート

2.1 アンケート調査結果

全国 69 の事業者へ、「水管橋（添架管）外面塗装の保守、点検及び塗替えに関するアンケート」の調査を行い、回答を得た（アンケート調査用紙及び調査結果を資料-1 に示す）。アンケートの回答率が 94% と高く、水管橋の点検、補修に関心が高いことが伺われた。

アンケートより、水管橋の点検期間及び点検頻度に関する結果を、図 1 及び図 2 に示す。

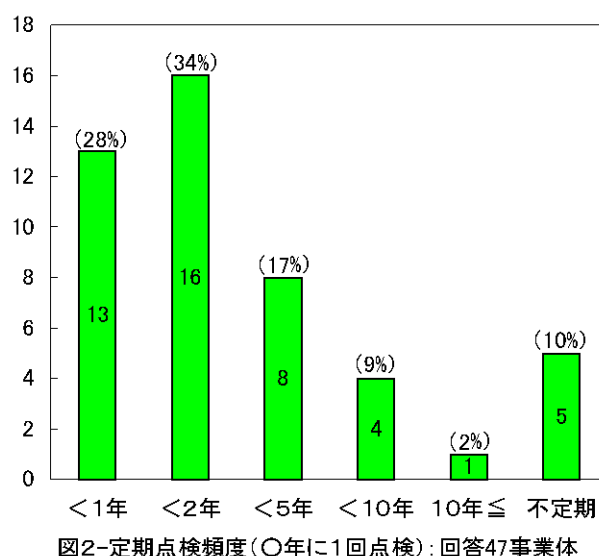
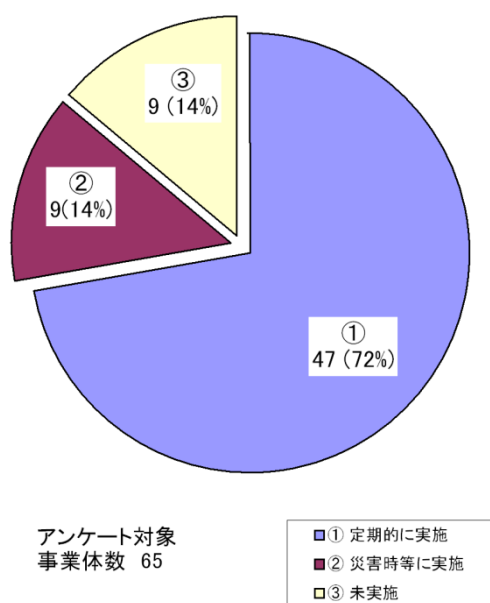


図1-水管橋の点検について

この結果から、定期的に点検を行っている事業者は 72% を占めており、5 年以内の周期で点検している事業者は全体の 80% 程度もあり、多くの事業者で定期的に点検していることが分かり、水道施設の維持管理のうえで、水管橋が重要な位置付けにあることが明らかになった。

点検の方法の結果を図 3 に示す。ここでは、目視で点検を行っている事業者が約半数の 46% であり、次いで写真撮影による点検を行っている事業者が 26% であった。

さらに、水管橋の点検や塗装の塗り替えに関する独自の指針や基準などを持っている事業者は 17% (11 事業者) であった (図 4 参照)。この指針や基準を持つ事業者に基準等の提供を依頼し、その結果をまとめたものを資料-2 に示す。

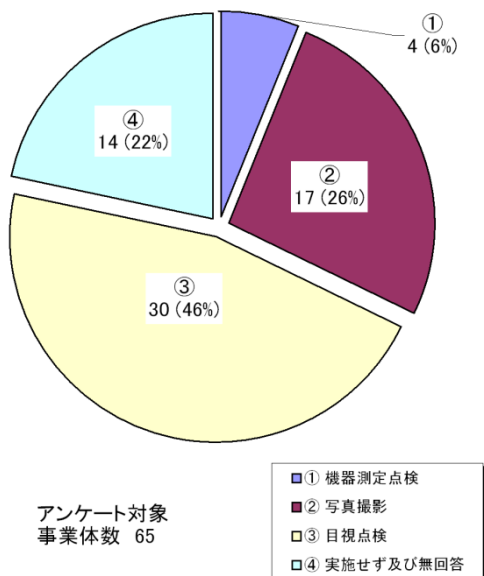


図3-外面塗装の点検方法について

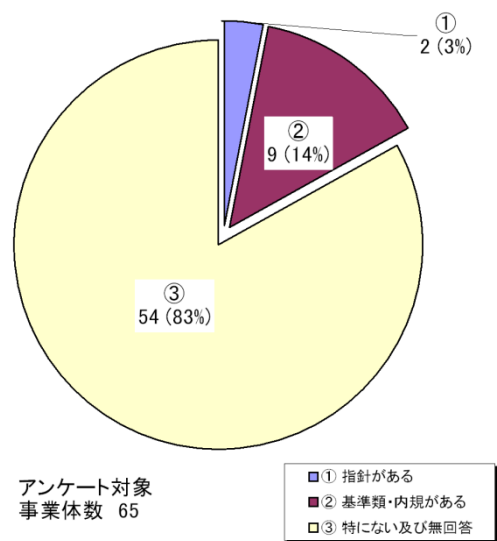


図4-外面塗装の塗替え周期など具体的な仕様又は方法について

2.2 水道事業体へのヒアリング調査報告

主な事業体の基準等を整理（資料-2 参照）したが，その中から独自の基準で運用していると思われる広島市水道局，尼崎市水道局，愛知県企業庁の 3 事業体に追加のアンケート調査とヒアリング調査を行った（調査用紙及び調査結果を資料-3 に示す）。

広島市水道局，尼崎市水道局，愛知県企業庁の 3 事業体とも水管橋は管理台帳などで，記録・管理されており，目視調査が中心で劣化の程度を写真にて示しており，視覚的にも分かり易くなっている。しかし，塗装塗替え時期の決定には点検結果が直接反映されて訳ではなく，塗装後の経過年数他の要因で決めている。なお，複数の水管橋を塗り替える際の優先順位の判定に活用していた。ヒアリング調査の結果を，次項表 1 に示す。

表1-3水道事業体の水管橋維持管理状況

事業体名	A 水道事業体	B 水道事業体	C 水道事業体
部署名	配水課 管路整備係	管路補修課	管理部 水道事業課
【一般的な共通事項について】			
1. 他事業体・他団体と維持管理しているかどうか。	NTT等と共同で添架した支持金物について、維持管理協定を締結し管理している案件もあるが、大部分は水道局単独で維持管理している。	していない。 [〇〇市との市境の水管橋は共同で維持管理している。]	他の水道事業体と一体となった水管橋では維持管理協定を結び塗装時は費用負担してもらっている。
2. 参考としている指針・基準はありますか。	「鋼道路橋塗装便覧(平成2年6月版)」 「防錆・防食塗装技術」 「JIS塗料の選び方・使い方」 「鋼橋塗装工事現場管理者教育テキスト」 「塗膜劣化程度標準写真帳(平成2年6月)」	大日本塗料(テクニカルデータ№403) 「鉄けた塗装工事設計施工指針(案)(昭和56年3月)」国鉄 「鋼道路橋塗装・防食便覧」 [規定値は独自に決めている]	現段階での参考は無し。 今後の塗装については「鋼道路橋塗装・防食便覧」(平成17年)を参考とする。
【その他関連事項について】			
1. 調査は内部か外部か(専門家か)	局職員が行っている。船上調査は会社に依頼している。	内部(職員にて)。	担当課の県職員が現地にて確認。
2. 近接調査が可能かどうか。(近接の場合、どのような調査方法か)	・目視により、出来るだけ近接して調査を行っている。 ・船上調査では満潮時に調査を行うなど、出来るだけ近い場所から調査を行っている。	目視または望遠鏡で調査している。ただし、目視及び望遠鏡で点検できない水管橋については定期的に塗装の塗替えを実施している。[平均15年程度]	現地での目視。(ほとんどの水管橋が歩廊付き)
3. デジカメ写真でも判定していますか。	・管路点検における一般不良箇所について、デジタル写真を撮っている。 ・船上調査では全箇所でのデジタル写真を撮っている。	判定している。	デジカメ写真では判定していない。 [デジカメ写真は記録として撮影している]
4. 画像解析していますか(あればソフト名など)	していない。	していない。	していない。
【水管橋維持管理基準・指針について】			
1. 期待耐用年数・塗替え時期について	塗替え周期は新設時で7~8年、補修塗装後で6~7年としており、それまでの実情を基に、局独自に決定した。	期待耐用年数は「WSP009水管橋外面塗装基準」などを参考に独自に決めている。 [塗替え周期は市街地で10年、工業地帯で8年としているが、実際15年程度で塗替えを実施している。]	[塗替えは平均6年、最大8年でやっている。]
2. 点検頻度について	一般部:1回/年の目視点検 デルタ部:1回/2年の目視点検 橋梁添架部:橋梁点検に合わせる ただし、重要幹線は1回/年実施。	通常点検:1回/年、 臨時点検:1回/3ヶ月 臨時点検対象:布設替え予定の水管橋・漏水歴のある水管橋・劣化の激しい水管橋	1回/年
3. 外面塗装の点検項目及び点検記録表の有無について	さび、はがれ、われ、ふくれ、変退色、汚れ(6項目) 決まった点検記録表はないが、調査報告書はある	変退色、ふくれ、われ、はがれ、錆(5項目) 点検調査表あり、台帳への点検履歴記入あり	錆、ふくれ、塗膜欠落(はがれ)(3項目) 点検調査表あり。
4. 点検項目の個別評価について	標準写真などと対比して4段階(1.健全、2.ほぼ健全、3.劣化している、4.劣化が著しい)に評価する。	3~4段階で評価し、 さび>はがれ>変退色の順に重み付けをしている。	サンプル写真から6段階(I~VI)で評価している。(評価Iは健全な状態)
5. 総合判定について	「鋼道路橋塗装便覧(平成2年6月版)」を参考にさびとはがれから、3段階(①当面塗り替える必要はない、②数年後に塗替えを計画する、③早い時期に塗替えを検討する。)で判定を行っている。	評価点数により3段階(A.塗替えが必要なまでに劣化した。B.塗膜が部分的に劣化した。C.塗膜は健全である。)で判定している。	実績ではⅢ、Ⅳでの塗替えが多く、Ⅴ以上の塗替えはない。

3. 水管橋調査（平成 24 年度その 1）

3.1 調査目的

水管橋調査（平成 24 年度その 1）では，外面塗装の景観性，防食性の劣化を評価する方法の検討や評価基準の策定のほか，評価基準の妥当性の確認を目的として，〇〇〇水道局の水管橋（〇〇〇，〇〇〇 11 橋）を現地調査し，必要なデータ収集を行った。

3.2 調査日

平成 24 年 10 月 24 日（水）～25 日（木）の 2 日間

3.3 調査箇所

- 1) 柳島下流側水管橋（亀戸線 SP φ 1000 L=41.0m）
- 2) 菊花橋水管橋（豊住線 SP φ 1000 L=44.4m）
- 3) 新高橋水管橋（豊住線 SP φ 800×2 L=63.0m）
- 4) 沢海橋水管橋（永代通り線 SP φ 800 L=23.1m）
- 5) 汐見橋水管橋（江東永代線 SP φ 800 L=24.4m）
- 6) 平木橋水管橋（第一豊住ポンプ線 SP φ 1200 L=28.6m）
- 7) 汐浜橋上流側水管橋（第一豊住ポンプ線 SP φ 1200 L=47.9m）
- 8) 七枝橋水管橋（第一豊住ポンプ線 SP φ 1200 L=111.2m）
- 9) 八枝橋水管橋（第一豊住ポンプ線 SP φ 1000×2 L=28.6m）
- 10) 茂森橋水管橋（豊住線 SP φ 1000 L=27.0m）
- 11) 崎川橋（豊住線 SP φ 800×2 L=42.0m）

3.4 調査内容

- 1) 目視及び触手による調査：
 - ・ 景観性；白亜化，外観，変退色，汚れの評価（4 段階）
 - ・ 防食性；さび，はがれ，われ，ふくれの評価（4 段階）
- 2) 写真撮影（望遠含む） ※ デジカメ（1400 万画素程度）
- 3) 調査位置のスケッチ：各スパンに分割して評価した。

3.5 外面塗装の評価方法の検討

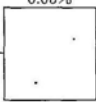



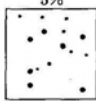




次項「景観性と防食性の評価」を用いて，各々の水管橋において外面塗装を評価した。

・「景観性と防食性の評価」

表-2 景観性の評価

評価点 (RN)	景観性の評価項目と基準			
	白亜化	外観	変退色	汚れ
	状態	外観の程度	変退色の程度	汚れの程度
3	ほとんど変化なし	さび、剥がれ、割れ、膨れ、白亜化、変退色、汚れなどが認められず、塗膜は健全な状態。	初期と比べてほとんど変化なし	汚れはほとんどなし
2	僅かに白っぽい	さび、剥がれ、割れ、膨れ、白亜化、変退色、汚れなどがわずかに認められるが、塗膜は防食機能および景観機能を維持している状態。	初期と比較して変化している	やや汚れあり
1	かなり白っぽい	さび、剥がれ、割れ、膨れ、白亜化、変退色、汚れなどが顕在化し、塗膜は防食機能および景観機能が損なわれている状態。	初期と比較して著しく変化している	中程度の汚れあり
0	ほとんど真っ白である	さび、剥がれ、割れ、膨れ、白亜化、変退色、汚れなどが進行し、塗膜は防食機能および景観機能が失われている状態。	初期の色をほとんどとどめていない	汚れは著しい

表-3 防食性の評価

評価点 (RN)	防食性の評価項目と基準					
	さび		はがれ		われ	ふくれ
	発生状態	標準図	発生面積(%)	標準図	標準図	発生面積(%)
3	異常なし。 誰が見ても外観的にはさびが認められないか、さびらしきものがあっても無視し得る程度のもの。 発生面積(%)： $X < 0.03$		0			$X < 0.03$
2	僅かにさびが見られる。 さびが観察される部分以外の塗膜の防食性能はほぼ維持されていると思われる状態。 発生面積(%)： $0.03 \leq X < 0.3$		$0 < X \leq 0.5$			$0.03 \leq X < 0.3$
1	明らかにさびが見られる。 誰が見ても発錆部分が多く、何らかの処置をほどこさなければならない状態。 発生面積(%)： $0.3 \leq X < 5.0$		$0.5 < X \leq 2.0$			$0.3 \leq X < 5.0$
0	見かけ上ほぼ全面にわたってさびが見られる。 早急に塗料を塗り直さなければならない状態。 発生面積(%)： $5.0 \leq X$		$2.0 \leq X$			$5.0 \leq X < 5.0$

1) 景観性の評価

景観性については、表—5のA～Dの4案で評価を行い、それぞれの妥当性について検証した。

表-4 景観性の評価方法サンプル

番号	場所	部位	景観性					案C:最も悪い総合点
			白亜化	外観	変退色	汚れ	合計	
①	右岸	頂部	1	2	1	1	5	58
		側部	1	1	1	1	4	67
		底部	1	1	1	1	4	67
②	配管部	頂部	1	2	1	1	5	58
		側部	-	1	1	1	3	67
		底部	1	1	1	1	4	56
③	左岸	頂部	1	2	1	1	5	58
		側部	1	1	1	1	4	67
		底部	1	1	1	1	4	67
			案D:各部位の総合点の平均値					63
案A:平均値による評価			1.0	1.3	1.0	1.0	4.3	64
案B:各部位の最低い評価点			1	1	1	1	4	67

表-5 評価案と評価方法

案	評価方法
A	部位毎の評価点を平均して、当該項目毎の評価点を算出する方法
B	各部位の最も低い評価点を当該項目の評価点とする方法。
C	従来の評価方法である調査結果の全体から、評価点の最も悪い評価列の総合点を最終評価とする方法。
D	各部位総合点を平均して総合点を算出する方法

1) 防食性の評価（採点方法）

防食性については、腐食による漏水を最重要の確認事項としているため、上記の案Bの評価方法が、最も安全側であるので、総合評価する方法として検討することにした。

表-6 防食性の評価方法サンプル

番号	場所	部位	防食性					総合点
			さび	はがれ	われ	ふくれ	合計	
①	右岸	頂部	3	3	2	3	11	8
		側部	3	3	2	3	11	8
		底部	3	3	2	3	11	8
②	配管部	頂部	3	3	2	3	11	8
		側部	1	1	1	3	6	50
		底部	3	3	2	3	11	8
③	左岸	頂部	3	3	2	3	11	8
		側部	1	1	1	3	6	50
		底部	3	3	2	3	11	8
案B:各部位の最も低い評価点			1	1	1	3	6	50

表-7 評価案と評価方法

案	評価方法
B	各部位の最も低い評価点を当該項目の評価点とする方法。

3.6 水管橋調査(平成24年度その1)のまとめ

水管橋調査(平成24年度その1)の結果、各評価項目の平均点が、水管橋全体を評価していると考えられた。これは、現地調査時の評価レベルが水管橋全体から受けた調査員の実感に近いことから、妥当性があると判断した。しかし、水管橋を評価した調査者間の採点にバラツキが確認された。このため水道事業体において水管橋の外面塗装の劣化診断が客観的で妥当性のある評価になるように、評価項目及び評価点を分かり易く整理してまとめることにした。

1) 景観性の評価 (採点方法)

水管橋調査(平成24年度その1)の結果から、景観性の評価方法は、案Aを採用した。

今回実施した11橋の調査結果の評価を全体傾向から見て、案Aの各部位の平均点を当該項目の評価点として総合点を算出する方法は、現場調査結果や調査者の現場で得られた実感と近似しているため、妥当性が高いと判断した。

また、案 D（各部位の総合点を平均して、景観性の総合点を算出する方法）は、案 A と評価結果において大きな差は出なかった。

2) 防食性の評価（採点方法）

防食性の評価は、腐食による漏水を最重要の確認事項としていることから案 B（各部位の最も低い評価点を当該項目の評価点とする方法。）を採用することにした。この案は、最も安全側であり、妥当性が高いと考える。

しかし、現地調査（その 1）の結果、採点した調査者によって、評価にバラツキが出たことから、景観性の評価と同様に評価の整合性を図るため、評価項目や評価点を整理してまとめることにした。

現地調査（その 1）の結果をもとに調査者で検証を進め、評価項目を以下の内容に変更した。

- ① 景観性：「外観」の評価は、腐食、錆による塗装の割れを重点に評価を行なった。
「汚れ」については、上流側下流側の内、側部は状態の悪い方を評価対象とした。
- ② 防食性：防食性の「ふくれ」は、「さび」に伴い生じることから、「はがれ」、「われ」との区別が困難なため、項目から除くこととした。

次項以降に水管橋調査（平成 24 年度その 1）の評価データと「手引き抜粋『評価項目と評価点及びチェックポイント（第一次案）』」を示す。

・水管橋の評価データ

調査者（6名）の水管橋の評価結果（抜粋）を下図に示す。

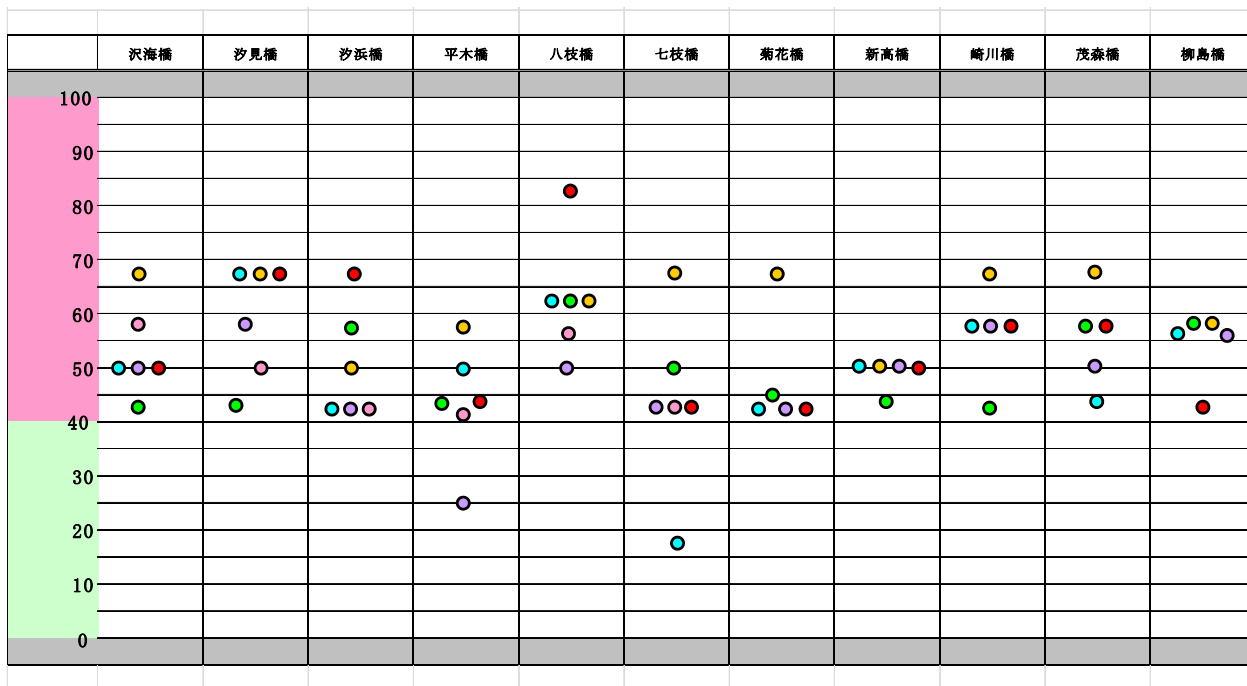


図-5 景観性の総合点（平均点）

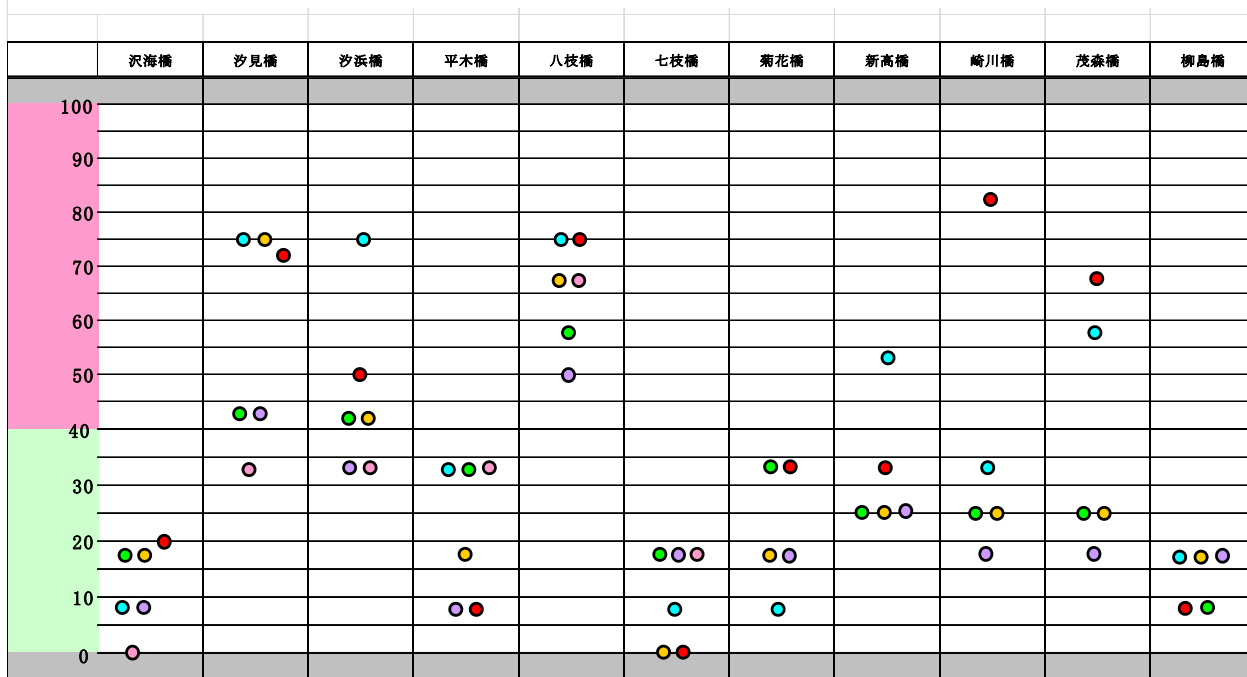


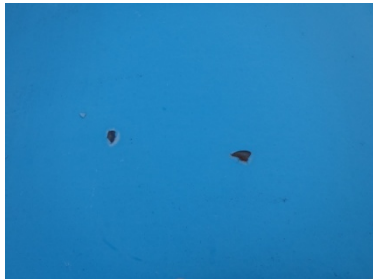






図-6 防食性の総合点（最低点）






3) 評価項目と評価点及びチェックポイント (第一次案)




<景観性>

項目	チェックポイント	評価点	写真など
白亜化	1) 僅かに白っぽい <ul style="list-style-type: none"> 塗料のつやがある。 粉化した塗料の付着無 <p>----- 2</p>	2	
	2) かなり白っぽい <ul style="list-style-type: none"> 粉化した塗料が少し付く 部分的な色味の差が少ない <p>----- 1</p>		
	3) ほとんど真っ白である。 <ul style="list-style-type: none"> 粉化した塗料が著しく 部分的な色味の差が大きい <p>----- 0</p>	1	
外観	1) 塗膜は防食機能、景観機能を維持している。 <ul style="list-style-type: none"> 一部 剥がれが見られる。 下地の塗装は機能している。 <p>----- 2</p>	2	
	2) 塗膜は防食機能、景観機能が損なわれている。 <ul style="list-style-type: none"> 塗膜は防食機能、景観機能が損なわれている 錆が点在している。 <p>表面のみの錆と推定される。</p> <p>----- 1</p>		
	3) 塗膜は防食機能、景観機能が失われている。 <ul style="list-style-type: none"> 漏水がある。 腐食があり、減肉している。 <p>広範囲に塗装が剥がれている。</p> <p>----- 0</p>		
		1	
		0	

項目	チェックポイント	評価点	写真など
変退色	1) 初期と比較して変化している。 ----- 2	2	
	2) 初期と比較して、著しく変化している。 初期の色が部分的に残っている。 ----- 1 3) 初期の色をほとんどとどめていない。 白亜化も進んでいる。 ----- 0		1
汚れ	1) 汚れが部分的に見られる。 塗装面が出ている。 ----- 2	2	
	2) 汚れが全体的に見られる。 塗装面の大部分が汚れあり ----- 1 3) 結露の有無 4) 苔、樹木等の影響 5) 上流，下流側の確認。		1

<防食性>

項目	チェックポイント	評価点	写真など
さび		2	
	<p>1) 僅かに、さびが見られる。 錆が見られるが、減肉無し 範囲が微少で、点在している。 ----- 2</p>	1	
	<p>2) 明らかに、錆が見られる。 塗装が割れて、錆が見られる。 錆の範囲が点在している。 ----- 1</p>	1	
	<p>3) 全面にわたって錆が見られる。 水が溜まっている構造となっている。 配管が腐食により、減肉している。 錆，腐食が多数確認される。 ----- 0</p>	0	
		0	

項目	チェックポイント	評価点	写真など
はがれ	1) われが部分的に見られる。 水管橋全体から見ると、微少な範囲に割れが見られる。 ----- 2	2	
	2) はがれが全体的に見られる。 塗装面の大部分がわれて、錆、腐食が見られる。 ----- 1		1
われ	1) 僅かに、われが見られる。 範囲が微少で、点在している。 下地は確認出来ない。 ----- 2	2	
	2) 部分的に、われが見られる。 塗装が割れて、下地が見える。 われの範囲が点在している。 ----- 1		1
	3) 全面にわたってわれが見られる。 割れた下地（鋼面）錆、腐食が確認される。 ----- 0	0	

4. 水管橋調査（平成 24 年度その 2）

4.1 調査目的

現地調査(平成 24 年度その 2)は、現地調査(平成 24 年度その 1)の結果を受けて、「手引き『評価項目と評価点およびチェックポイント（第一版）』」の妥当性を検証するため、現地調査（平成 24 年度その 1）の中から抽出した水管橋（4 橋）の再調査を実施したものである。

このため、「手引き『評価項目と評価点およびチェックポイント（第一版）』」を評価規準として実施した。

4.2 調査日

平成 24 年 12 月 21 日（金）の 1 日間

4.3 調査箇所（水管橋 4 橋を再調査）

- 1) 沢海橋水管橋（永代通り線 SP φ 800 L=23.1m）
- 2) 汐見橋水管橋（江東永代線 SP φ 800 L=24.4m）
- 3) 平木橋水管橋（第一豊住ポンプ線 SP φ 1200 L=28.6m）
- 4) 汐浜橋上流側水管橋（第一豊住ポンプ線 SP φ 1200 L=47.9m）

4.4 調査内容

- 1) 目視及び触手によって調査
- 2) 記録用紙，写真撮影
- 3) 評価事例の検証

4.5 外面塗装の評価方法の検討

平成 24 年度その 1 の結果を踏まえ、景観性、防食性の評価は、下記に示す内容で実施した。

1) 景観性の評価方法

景観性については、案 A で評価を行った。

表-8 評価案と評価方法

案	評価方法
A	部位毎の評価点を平均して、当該項目毎の評価点を算出する方法

2) 防食性の評価方法

防食性については、案 B で評価を行った。

表-9 採点案と評価方法

案	評価方法
B	各部位の最も低い評価点を当該項目の評価点とする方法。

4.6 水管橋調査（平成 24 年度その 2）のまとめ

水管橋調査（平成 24 年度その 2）の結果、水管橋現地調査（平成 24 年度その 1）と同様に調査者による評価点のバラツキが見られ、評価手法の更なる見直しが必要と考えられた。

評価点は、景観性、防食性ともに、採点において、塗替えが必要としたグループと塗替え不要とした 2 つのグループに調査者が分かれる傾向が見られた。

2 つのグループに分かれた景観性と防食性の総合点は、最終的な管理区分に影響が出る程、大きな相違であった。

相違の生じた理由は下記に示すものと想定された。

- ① 塗替え必要と評価したグループは、劣化が進行している各項目の採点が概ね 1 点（1～2 点）を付けていて、景観及び防食機能は維持されているか、もしくは損なわれていると評価し、評価点の合計が 4～5 点となっている。このため、管理区分の判定に用いる総合点（指数）は、基準点 40 を超える。
- ② 塗替え不要と評価したグループは、各項目の採点が概ね 2 点（2～3 点）を付けていて、塗膜は健全な状態、もしくは景観及び防食機能は維持されていると評価し、評価点の合計が約 8 点となっており、総合点（指数）は、基準点 40 以下となる。

以上の相違点から、評価に調査者による差異が生じないようにするには、2 点の評価点と 1 点の評価点を明確に区別出来る内容にする必要があることから、事例写真及びチェックポイントを明瞭化することで評価のバラツキを解消するため、「露出鋼管（水管橋等）～外面塗装劣化診断の手引き～」を見直した。

・水管橋の評定データ

調査者（7名）による各水管橋の評価結果（抜粋）を下図に示す。

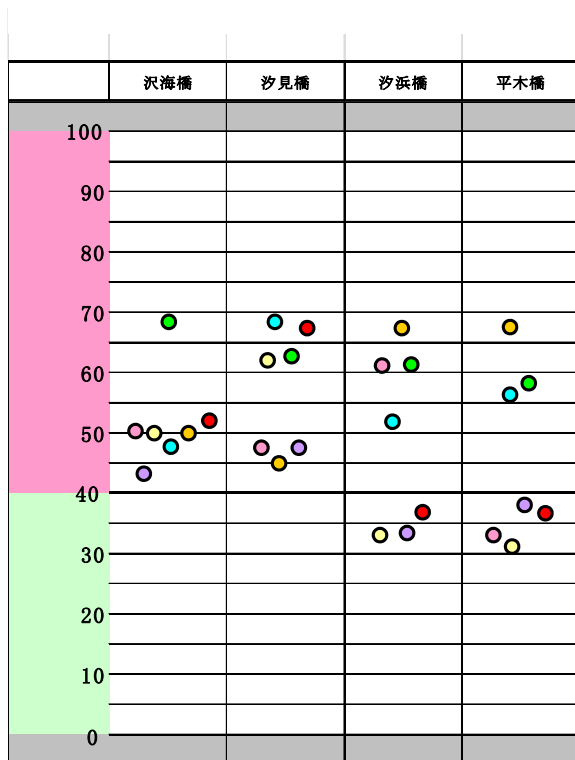


図-7 景観性の総合点（平均点）

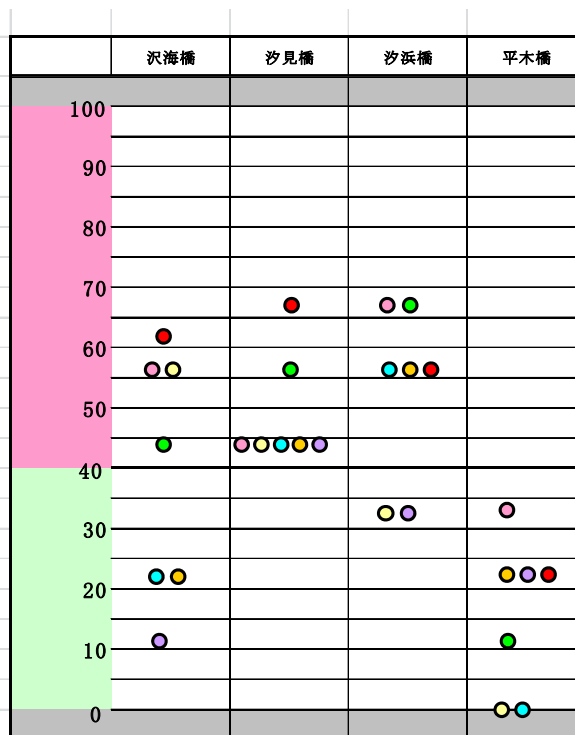


図-8 防食性の総合点（最低点）

・景観性：「白亜化」及び「変退色」については、調査者による差が少ない傾向が見られたが、「外観」及び「汚れ」の評価にバラツキが見られた。

・防食性：「さび」「はがれ」の大きさ、範囲等による評価点の取扱いに評価者によるバラツキが見られた。水管橋の全体から見た「さび」「はがれ」の発生状況と評価を明確にする。

1) 水管橋調査で得られた知見

以下に、景観性及び防食性の採点、評価の具体的な留意点を示す。

① 景観性

各項目について、評価事例を参考に0～3点に採点する。採点は、「白亜化」、「変退色」、「汚れ」、「外観」の順に行なうと齟齬が少ない。「外観」は防食性の内容を取り込むこととし、塗装のきず及びさびを中心に評価する。

水管橋が、高所又は直近で調査が出来ない場所にある場合、また劣化部分について詳細に評価を行う場合、デジタルカメラの光学高倍率ズームを活用して撮影

し、画像データを PC などに取り込み、拡大して評価する。

景観性の評価における各項目のポイント及び留意点を以下に示す。

・白亜化

塗膜の白亜化は、紫外線などにより塗膜表面が分解して粉状になった現象であり、全体に白っぽく変化する。近接調査が出来る場合は、塗膜表面を指先などでこすり、白亜化の確認を行う。なお、塗膜表面が濡れている場合は、適格な評価が出来ないので、塗膜が乾いているときに行う。

・変退色

変退色とは、退色と変色を総称した現象をいう。変色は塗膜の色合い（色相）、彩やかさ（彩度）、明るさ（明度）のうち、いずれか一つ、またはそれ以上が変化する現象であり、退色は主として彩やかさが低下するか、または明るさが増す現象である。初期の色と推定される部分と変退色の程度を目視により評価する。

・汚 れ

汚れは、苔、埃等が付着して塗装面が覆われている現象をいう。汚れの範囲及び付着程度を目視により評価する。

・外 観

外観は、塗膜が防食機能及び景観機能を維持しているか否かの確認を行う。

塗装の発錆の状況及び錆汁の有無を目視により評価する。

なお、漏水の有無も当該評価項目にて確認する。

表-10 景観性の評価点と評価内容

評価	白亜化	変退色	よごれ	外観
3	塗料に光沢がある。 塗料の付着が全く無い。	竣工時から変化なし。	よごれはほとんどなし。	塗装に異常は見られない。
2	塗料に光沢がない。 塗料の付着が全く無い。	竣工時の色味がわずかに変化している。	よごれがあるが、塗装面を確認することが出来る。	塗装に微少なキズがあり、錆汁はない。
1	塗料の付着が多少見られる。	竣工時から変化しているが、推定出来る。	まんべんなくよごれがあり、塗装面部分的に確認される。	塗装に部分的にキズがあり、錆汁がある。
0	塗料の付着が著しい。	竣工時の色味が推定出来ない。	よごれがこびりついて、塗装面が見えない。	塗装が剥がれ、錆汁がある 漏水が見られる。

② 防食性

各項目について、評価事例を参考に0～3点に採点する。点数が小さい程、防食性が低下している。採点は、「さび」、「はがれ」、「われ」の順に行なう。「われ」は、錆、腐食の発生等の下地の状態に関わらず、上塗りの状態で判定する。

水管橋が、高所又は直近で調査が出来ない場所にある場合、また劣化部分につ

いて詳細に評価を行う場合、デジタルカメラの光学高倍率ズームを活用して撮影し、画像データをパソコンなどに取り込み、を拡大して評価する。

防食性の評価項目における注意点及び評価点のポイントを以下に示す。

・さび

塗装では、初期に点さびが発生し、その後面的に広がっていくが、塗膜厚が薄くなりやすい鋼材の端部や、打ちキズ、施工不良等による不具合のある限られた部位でさびが発生する傾向が見られる。

塗装の発錆の状況及び錆汁の有無を目視により評価する。

・はがれ

はがれは、さびの発生と同様、塗膜にとって重大な欠陥であり、防食性の低下に直結する。塗装のはがれの有無及び鋼面状態を目視により評価する。

・われ

われは、われからはがれ、さびに進行する可能性がある。

塗装のわれの有無及び鋼面状態（下地）を目視により評価する。

表-11 防食性の評価点と評価内容

評価	さび	はがれ	われ
3	さびがない。	はがれが無い。	われが無い。
2	さびが見られるが、錆汁は見られない。	はがれが見られるが、鋼面は見えない。	われが見られるが、鋼面は確認出来ない。
1	さびが見られ、錆汁が見られる。	はがれが見られ、鋼面が見える。	われが見られ、開いている。
0	さびが見られ、腐食により減肉している。錆汁が見られる。	はがれが多数あり、全体に広がっている。	われが見られ、発錆が確認される。

5. 水管橋調査(平成24年度その3)

5.1 調査目的

これまでの検証結果を踏まえて、評価項目及び評価点などの修正を加えた「手引き」の妥当性を検証するため、新たに〇〇〇水道局の所管する6橋について現地調査を実施した。

5.2 調査日

平成25年 2月 18日(月)の1日間

5.3 調査箇所(水管橋 6橋)

- 1) 高橋水管橋(清澄線 SPφ800 L=62.3m)
- 2) 東深川水管橋(寺島深川線 SPφ800 L=58.8m)
- 3) 新高橋水管橋(豊住線 SPφ800×2 L=63.0m)(再調査)
- 4) 小松橋水管橋(亀戸千石線 SPφ600 L=62.3m)
- 5) 西十間橋水管橋(寺島太平線 SPφ1000 L=17.8m)
- 6) 東武橋水管橋(言問線 SPφ1000 L=18.8m)

5.4 調査内容

- 1) 目視及び触手によって調査
- 2) 記録用紙, 写真撮影
- 3) 評価事例の検証

5.5 外面塗装の評価方法

水管橋調査(平成24年度その1及びその2)の検証を踏まえ、景観性、防食性の評価方法は、下記に示す案(水管橋調査(平成24年度その1)を参照)で実施した。

1) 景観性の評価方法

景観性については、案Aで評価を行った。

表-12 採点案と評価方法

案	評価方法
A	部位毎の評価点を平均して、当該項目毎の評価点を算出する方法

2) 防食性の評価方法

防食性については、案 A 及び案 B にて評価した。

表-13 採点案と評価方法

案	評価方法
A	部位毎の評価点を平均して、当該項目毎の評価点を算出する方法。
B	各部位の最も低い評価点を当該項目の評価点とする方法。

5.6 水管橋調査（平成 24 年度その 3）の結果

水管橋調査（平成 24 年度その 3）における以下の評価データをまとめたものを後頁に示す。

- ・水管橋調査結果 2/18（再々調査 評価点データ）その 1
＜採点案 A 景観性（平均点）－防食性（平均点）＞グラフ
- ・水管橋調査結果 2/18（再々調査 評価点データ）その 2
＜採点案 B 景観性（平均点）－防食性（最低点）＞グラフ
- ・サンプル調査結果 診断シート 2/18 実施（6 橋）

5.7 水管橋調査（平成 24 年度その 3）のまとめ

〇〇〇水道局の水管橋（6 橋）で、景観性及び防食性の評価方法及び評価点などの妥当性について確認することができた。

1) 景観性

各項目に採点した評価点を、平均して総合点を算出する方法で最終評価の総合点を算出したところ、評価マニュアルのチェックポイント及び事例写真を整理、再検討した効果として、最終的な評価点はバラツキが小さくなり、概ねまとまった。

- ・水管橋調査その 1 の「新高橋」「東武橋」調査結果の相違について
変退色及び汚れの判定の違いから、評価点に差が出たと考えられる。
変退色は現在の色味からは 2 点相当、汚れも塗装面が確認されることから 2 点相当と考えられる。これは評価手引きの景観性 2.変退色, 3.よごれのチェックポイントに反映している。

2) 防食性

各部位毎の評価点を平均して当該項目の総合点を算出する方法では、景観性と同様に最終的な評価点はバラツキが小さくなり、概ねまとまった。

また、各部位の最も低い評価点を当該項目の評価点とする方法については、評価点のバラツキが確認された。

最低点による評価は、微少な損傷の取扱い及び見落とし等の影響が顕著に表れることにより、調査者によって評価にバラツキが出てくる原因と考えられる。

このことから、水管橋全体の評価としては、最低点による最終評価よりも各部位毎の評価を平均して総合点を算出する方法が、調査者の思い込み及び見落とし等による影響や誤差の範囲も小さくなることから、評価方法としては妥当性が高いと判断した。

- 水管橋調査その1の「新高橋」調査結果の相違について
さびの判定の違いから、評価点に差が出たと考えられる。
さびは部分的であり、該当する箇所以外は3点で評価するのが妥当と考えられる。
評価の手引きでは、防食性 1.さびのチェックポイントに反映している。
例) さびがない 3点、さびが見られるが、錆汁が見られない 2点
- 水管橋調査その1の「西十間橋」調査結果の相違について
われとはがれの判定の違いから、評価点に差が出たと考えられる。
さびは確認されたが、われ、はがれについては異常が見られないため、3点で評価することが妥当と考えられる。
評価マニュアル(手引き書) 防食性 2. はがれ, 3.われのチェックポイントに反映している。
- 水管橋調査その1の「東武橋」調査結果の相違について
われの判定の違いから、評価点に差が出たと考えられる。
連続したわれは観測されていないため、大部分において3点相当で評価することが妥当と考えられる。
評価手引きの防食性 3.われのチェックポイント, 添付写真に反映している。

以上ことから、景観性、防食性の評価は平均して総合点を算出する方法は、調査者によるバラツキが小さくなり、概ねまとまった。また、現地調査の状況及び算出した評価点からも、妥当性が高いと判断されるため、評価方法として採用することが望ましい。

- ・ 現地調査（平成 24 年度その 3）景観性（平均点）と防食性（平均点）の結果判定調査者（名）による各水管橋の判定結果を下図に示す。

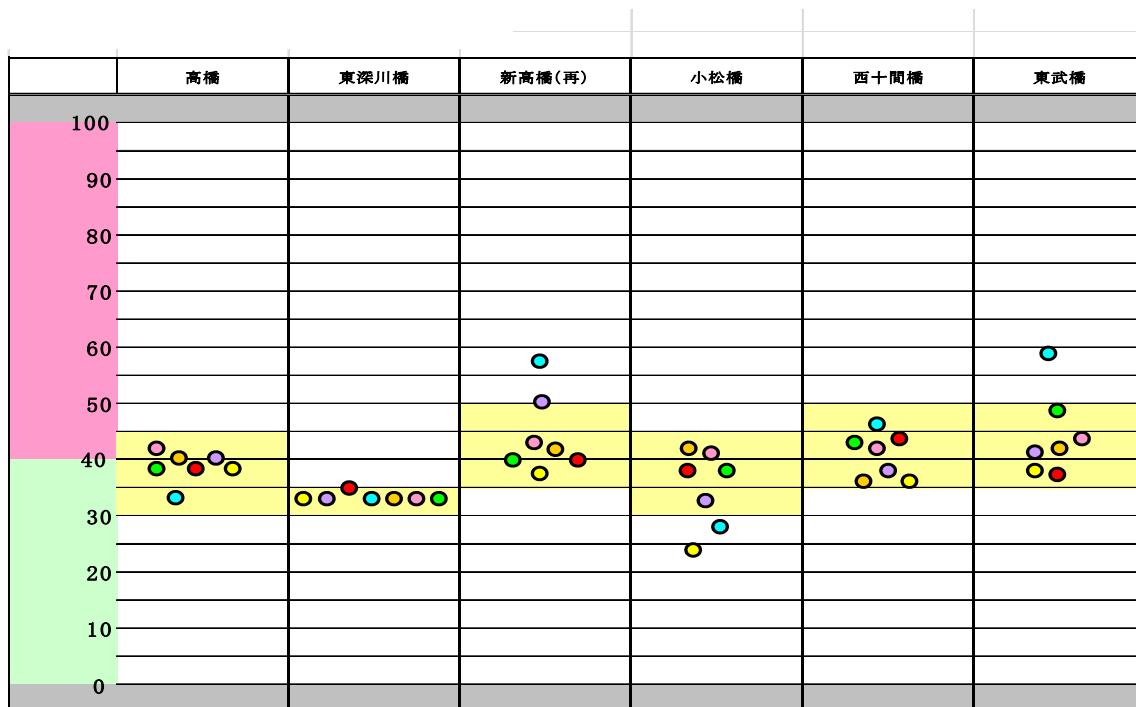


図-14 景観性の評価点(平均点)

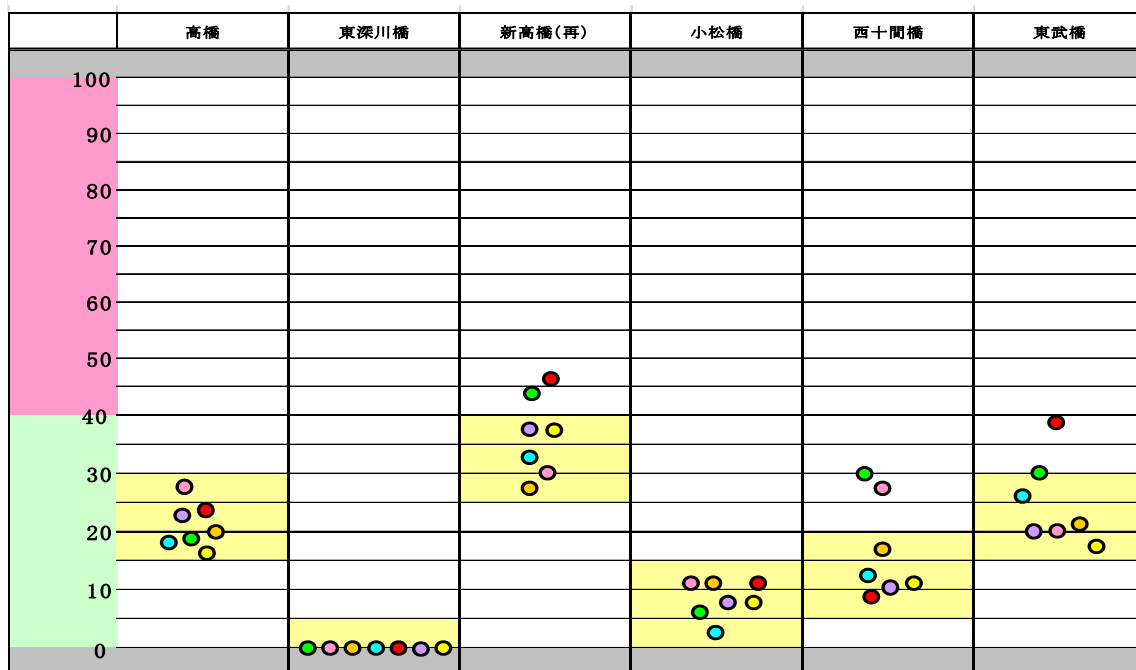


図-15 防食性の評価点 (平均点)

- ・ 現地調査（平成 24 年度その 3）景観性（平均点）と防食性（最低点）の結果判定調査者（7 名）による各水管橋の判定結果を下図に示す。

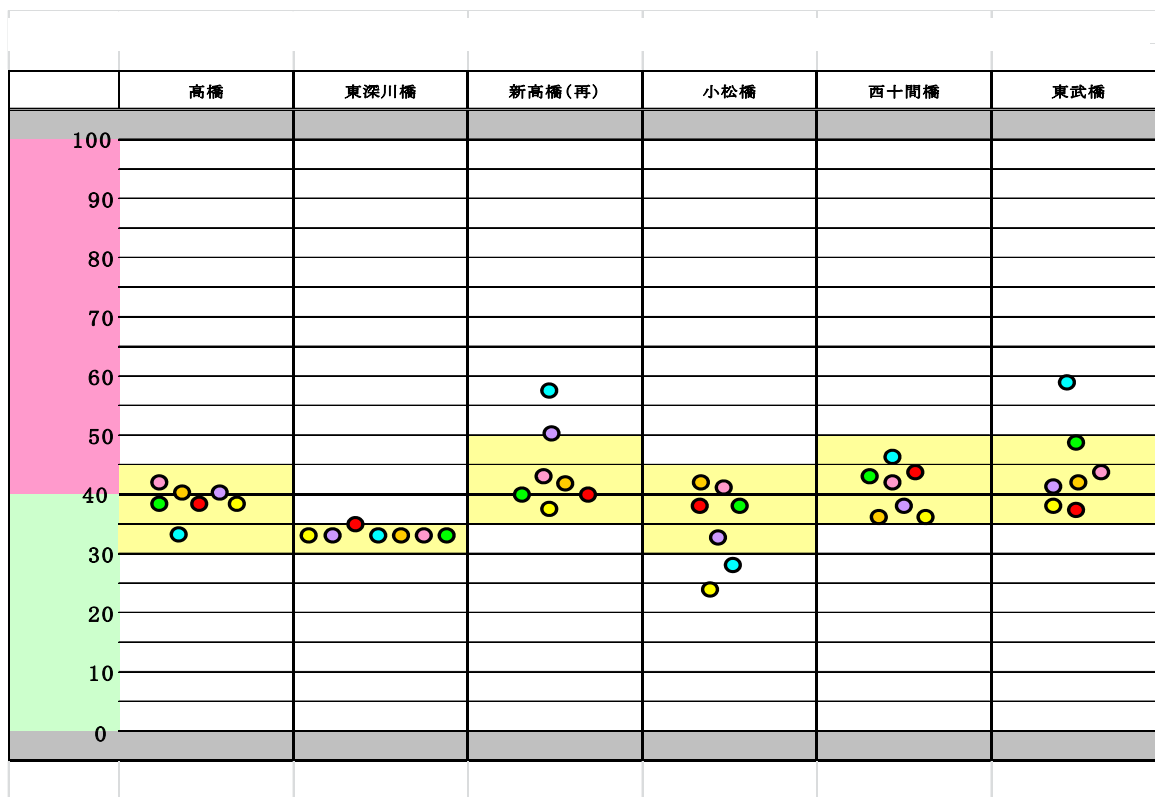


図-16 景観性の評価点（平均点）

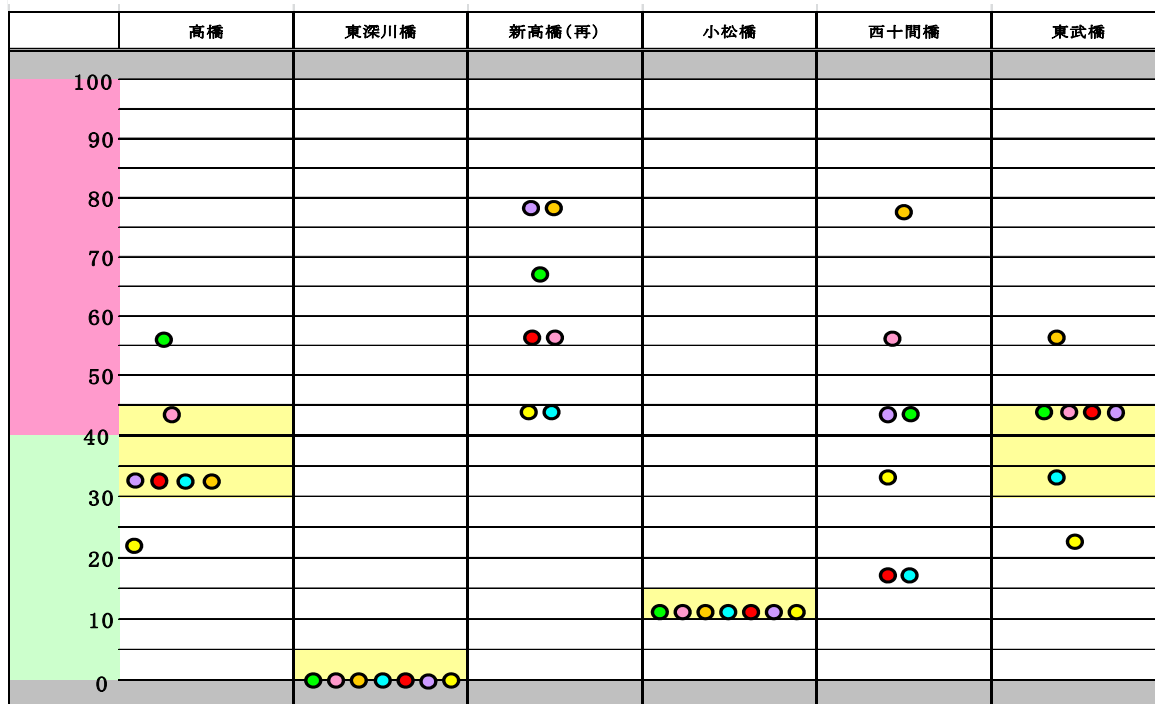


図-17 防食性の評価点（最低点）

調査日	2013.02.18
調査員	

管種・口径	SPφ800	延長(m)	62.30	塗料	ポリウレタン
布設年度	1965	塗替え	2003	WSP009 塗替え時期	L-2 6~8年
環境	市街地		塗替え		

	2.18	
景観性評価	平均	
評価点	39	
防食性評価	平均	最低点
評価点	24	33
判定	定期点検	定期点検

特記事項

部位	コメント(評価)	足場要否

補修範囲	不要	部分	全体
------	----	----	----

26

番号	場所	部位	景観性					総合評価 【劣化指数】
			白亜化	変退色	汚れ	外観	合計	
①	右岸	頂部	1	2	3	1	7	42
		側部(上流)	1	2	2	1	6	50
		側部(下流)	1	2	2	1	6	50
		底部	2	2	3	2	9	25
②	配管部	頂部	1	2	3	2	8	33
		側部(上流)	1	2	2	2	7	42
		側部(下流)	1	2	2	2	7	42
		底部	-	2	3	2	7	42
③	左岸	頂部	1	2	2	2	7	42
		側部(上流)	1	2	3	1	7	42
		側部(下流)	1	2	2	1	6	50
		底部	2	2	3	2	9	25
A:判定(平均値による評価)			1.2	2.0	2.5	1.6	7.3	39

番号	場所	部位	防食性				総合評価 【劣化指数】
			さび	はがれ	われ	合計	
①	右岸	頂部	2	3	2	7	22
		側部(上流)	2	3	2	7	22
		側部(下流)	2	3	2	7	22
		底部	2	3	2	7	22
②	配管部	頂部	2	3	2	7	22
		側部(上流)	2	3	2	7	22
		側部(下流)	2	3	2	7	22
		底部	2	3	2	7	22
③	左岸	頂部	2	3	2	7	22
		側部(上流)	1	3	2	6	33
		側部(下流)	1	3	2	6	33
		底部	2	3	2	7	22
最終判定(平均)			1.8	3.0	2.0	6.8	24
最終判定(最低点)			1	3	2	6	33

写真・図など	左岸	配管部	右岸	部位
				

調査日	2013.02.18
調査員	

管種・口径	STPY800	延長(m)	58.80	塗料	アルミニウム溶射 アクリル塗装
布設年度	2005	塗替え	—	WSP009 塗替え時期	S-1相当 15<
環境	市街地		不要		

	2.18	
景観性評価	平均	
評価点	35	
防食性評価	平均	最低点
評価点	0	0
判定	定期点検	定期点検

特記事項

部位	コメント(評価)	足場要否

補修範囲	不要	部分	全体
------	----	----	----

番号	場所	部位	景観性				合計	総合評価 【劣化指数】
			白亜化	変退色	汚れ	外観		
①	右岸	頂部	1	2	3	2	8	33
		側部(上流)	1	2	3	2	8	33
		側部(下流)	1	2	3	2	8	33
		底部	1	2	2	2	7	42
②	配管部	頂部	1	2	3	2	8	33
		側部(上流)	1	2	3	2	8	33
		側部(下流)	1	2	3	2	8	33
		底部	1	2	2	2	7	42
③	左岸	頂部	1	2	3	2	8	33
		側部(上流)	1	2	3	2	8	33
		側部(下流)	1	2	3	2	8	33
		底部	1	2	2	2	7	42
A:判定(平均値による評価)			1.0	2.0	2.8	2.0	7.8	35

番号	場所	部位	防食性				合計	総合評価 【劣化指数】
			さび	はがれ	われ			
①	右岸	頂部	3	3	3		9	0
		側部(上流)	3	3	3		9	0
		側部(下流)	3	3	3		9	0
		底部	3	3	3		9	0
②	配管部	頂部	3	3	3		9	0
		側部(上流)	3	3	3		9	0
		側部(下流)	3	3	3		9	0
		底部	3	3	3		9	0
③	左岸	頂部	3	3	3		9	0
		側部(上流)	3	3	3		9	0
		側部(下流)	3	3	3		9	0
		底部	3	3	3		9	0
最終判定(平均)			3.0	3.0	3.0		9.0	0
最終判定(最低点)			3	3	3		9	0

27

写真・図など	左岸	配管部	右岸	部 位

調査日	2013.02.18
調査員	

管種・口径	SP φ 800	延長(m)	63.0	塗料	ポリウレタン
布設年度	1965	塗替え	2003	WSP009 塗替え時期	L-2 8~10年
環境	市街地		塗替え		

	2.18	
景観性評価	平均	
評価点	40	
防食性評価	平均	最低点
評価点	46	56
判定	塗替え	塗替え

特記事項

部位	コメント(評価)	足場要否

補修範囲	不要	部分	全体
------	----	----	-----------

番号	場所	部位	景観性					総合評価 【劣化指数】
			白亜化	変退色	汚れ	外観	合計	
①	右岸	頂部	1	2	2	2	7	42
		側部(上流)	1	2	2	2	7	42
		側部(下流)	1	2	2	2	7	42
		底部	2	2	2	2	8	33
②	配管部	頂部	1	2	2	2	7	42
		側部(上流)	1	2	2	2	7	42
		側部(下流)	1	2	2	2	7	42
		底部	2	2	2	2	8	33
③	左岸	頂部	1	2	2	2	7	42
		側部(上流)	1	2	2	2	7	42
		側部(下流)	1	2	2	2	7	42
		底部	2	2	2	2	8	33
A:判定(平均値による評価)			1.3	2.0	2.0	2.0	7.3	40

番号	場所	部位	防食性				総合評価 【劣化指数】
			さび	はがれ	われ	合計	
①	右岸	頂部	2	2	1	5	44
		側部(上流)	2	2	1	5	44
		側部(下流)	2	2	1	5	44
		底部	2	2	1	5	44
②	配管部	頂部	2	2	1	5	44
		側部(上流)	2	2	1	5	44
		側部(下流)	2	2	1	5	44
		底部	2	2	1	5	44
③	左岸	頂部	1	2	1	4	56
		側部(上流)	2	2	1	5	44
		側部(下流)	2	2	1	5	44
		底部	1	2	1	4	56
最終判定(平均)			1.8	2.0	1.0	4.8	46
最終判定(最低点)			1	2	1	4	56

28

写真・図など	左岸	配管部	右岸	部位

調査日	2013.02.18
調査員	

管種・口径	SP φ 600	延長(m)	62.30	塗料	ポリウレタン
布設年度	1996	塗替え	2003年	WSP009 塗替え時期	L-2 6~8年
環境	市街地		塗替え		

	2.18	
景観性評価	平均	
評価点	38	
防食性評価	平均	最低点
評価点	11	11
判定	定期点検	定期点検

特記事項

部位	コメント(評価)	足場要否

補修範囲	不要	部分	全体
------	----	----	----

番号	場所	部位	景観性					総合評価 【劣化指数】
			白亜化	変退色	汚れ	外観	合計	
①	右岸	頂部	1	2	3	2	8	33
		側部(上流)	1	2	2	2	7	42
		側部(下流)	1	2	2	2	7	42
		底部	2	2	2	2	8	33
②	配管部	頂部	1	2	3	2	8	33
		側部(上流)	1	2	2	2	7	42
		側部(下流)	1	2	2	2	7	42
		底部	2	2	2	2	8	33
③	左岸	頂部	1	2	3	2	8	33
		側部(上流)	1	2	2	2	7	42
		側部(下流)	1	2	2	2	7	42
		底部	2	2	2	2	8	33
A:判定(平均値による評価)			1.3	2.0	2.3	2.0	7.5	38

番号	場所	部位	防食性				総合評価 【劣化指数】
			さび	はがれ	われ	合計	
①	右岸	頂部	3	3	2	8	11
		側部(上流)	3	3	2	8	11
		側部(下流)	3	3	2	8	11
		底部	3	3	2	8	11
②	配管部	頂部	3	3	2	8	11
		側部(上流)	3	3	2	8	11
		側部(下流)	3	3	2	8	11
		底部	3	3	2	8	11
③	左岸	頂部	3	3	2	8	11
		側部(上流)	3	3	2	8	11
		側部(下流)	3	3	2	8	11
		底部	3	3	2	8	11
最終判定(平均)			3.0	3.0	2.0	8.0	11
最終判定(最低点)			3	3	2	8	11

29

写真・図など	左岸	配管部	右岸	部位
				

調査日	2013.02.18
調査員	

管種・口径	SPφ1000	延長(m)	17.80	塗料	ポリウレタン
布設年度	1964	塗替え	2000年	WSP009 塗替え時期	L-2 6~8年
環境	市街地		塗替え		

	2.18	
景観性評価	平均	
評価点	44	
防食性評価	平均	最低点
評価点	9	22
判定	重点管理	重点管理

特記事項




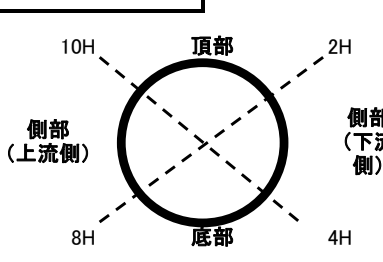
部位	コメント(評価)	足場要否

補修範囲	不要	部分	全体
------	----	----	----

番号	場所	部位	景観性				合計	総合評価 【劣化指数】
			白亜化	変退色	汚れ	外観		
①	右岸	頂部	1	2	2	1	6	50
		側部(上流)	1	2	2	2	7	42
		側部(下流)	1	2	2	1	6	50
		底部	1	2	1	3	7	42
②	配管部	頂部	1	2	2	2	7	42
		側部(上流)	1	2	2	2	7	42
		側部(下流)	1	2	2	2	7	42
		底部	1	2	1	2	6	50
③	左岸	頂部	1	2	2	2	7	42
		側部(上流)	1	2	2	2	7	42
		側部(下流)	1	2	2	2	7	42
		底部	1	2	1	2	6	50
A:判定(平均値による評価)			1.0	2.0	1.8	1.9	6.7	44

番号	場所	部位	防食性				合計	総合評価 【劣化指数】
			さび	はがれ	われ			
①	右岸	頂部	1	3	3	7	22	
		側部(上流)	3	3	3	9	0	
		側部(下流)	1	3	3	7	22	
		底部	3	3	3	9	0	
②	配管部	頂部	1	3	3	7	22	
		側部(上流)	3	3	3	9	0	
		側部(下流)	1	3	3	7	22	
		底部	3	3	3	9	0	
③	左岸	頂部	3	3	3	9	0	
		側部(上流)	1	3	3	7	22	
		側部(下流)	3	3	3	9	0	
		底部	3	3	3	9	0	
最終判定(平均)			2.2	3.0	3.0	8.2	9	
最終判定(最低点)			1	3	3	7	22	

30

写真・図など	左岸	配管部	右岸	部位
				

調査日	2013.02.18
調査員	

管種・口径	SPφ1000	延長(m)	18.80	塗料	ポリウレタン
布設年度	1987	塗替え	2005年	WSP009 塗替え時期	L-2 6~8年
環境	市街地		塗替え		

	2.18	
景観性評価	平均	
評価点	37	
防食性評価	平均	最低点
評価点	39	44
判定	定期点検	重点管理





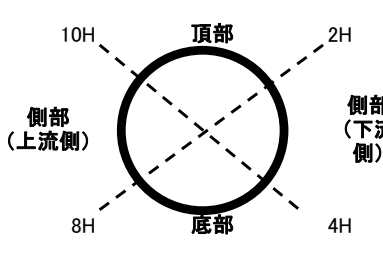
特記事項

部位	コメント(評価)	足場要否

補修範囲	不要	部分	全体
------	----	----	----

番号	場所	部位	景観性				合計	総合評価 【劣化指数】
			白亜化	変退色	汚れ	外観		
①	右岸	頂部	1	2	3	2	8	33
		側部(上流)	1	2	2	2	7	42
		側部(下流)	1	2	3	2	8	33
		底部	1	2	3	2	8	33
②	配管部	頂部	1	2	3	1	7	42
		側部(上流)	1	2	2	2	7	42
		側部(下流)	1	2	3	2	8	33
		底部	1	2	3	2	8	33
③	左岸	頂部	1	2	3	2	8	33
		側部(上流)	1	2	2	2	7	42
		側部(下流)	1	2	3	2	8	33
		底部	1	2	2	2	7	42
A:判定(平均値による評価)			1.0	2.0	2.7	1.9	7.6	37

番号	場所	部位	防食性			合計	総合評価 【劣化指数】
			さび	はがれ	われ		
①	右岸	頂部	1	2	2	5	44
		側部(上流)	1	2	2	5	44
		側部(下流)	2	2	2	6	33
		底部	2	2	2	6	33
②	配管部	頂部	1	2	2	5	44
		側部(上流)	1	2	2	5	44
		側部(下流)	2	2	2	6	33
		底部	2	2	2	6	33
③	左岸	頂部	1	2	2	5	44
		側部(上流)	1	2	2	5	44
		側部(下流)	2	2	2	6	33
		底部	2	2	2	6	33
最終判定			1.5	2.0	2.0	5.5	39
最終判定(最低点)			1	2	2	5	44

写真・図など	左岸	配管部	右岸	部位
				

5) 水管橋調査で得られた知見

① 評価がまとまりやすい水管橋

現地調査（その3）の結果，東深川橋は調査者全員がほぼ同じ評価を行っていた。

当該水管橋は，景観性の「白亜化」以外に劣化している項目が無い状態であり，重複して評価する必要がないため，項目を単体で評価することが出来るので，評価がまとまると考えられる。

② 評価に相違が出やすい水管橋

現地調査（その3）の結果，新高橋は調査者により概ねまとまっていたが，一部評価に相違が見られた。

当該水管橋は，塗膜に「われ」が顕著に見られ，その鋼面に部分的な「さび」確認された。当該劣化部分の評価を，この場合は防食性の「われ」と「さび」項目を重複して評価する必要があり，いずれか一方のみで評価すると相違が出てくる。

③ 景観性の確認事項

景観性「外観」の評価は，腐食，錆による塗装のわれを重点に評価を行なった。また，「汚れ」については，側部は上流，下流の2方向を評価対象とした。

④ 防食性の確認事項

「ふくれ」は，「さび」に伴い生じることから，「はがれ」，「われ」の区別が困難なため，項目から除くこととした。

6. 総合評価【劣化指数】の検討

6.1 総合点の算出方法について

現地調査により算出された評価点を、「機械工事塗装要領（案）：国土交通省総合政策局建設施工企画課 平成 22 年 4 月」の算出式に基づき、景観性、防食性とともに同様の計算式にて総合点を算出して評価することとした。

景観製と防食性の算出式を下記に示す。

$$\text{総合評価【劣化指数】} = \left\{ 1 - \frac{\text{項目別評価点の合計}}{\text{3点（満点）} \times \text{項目数}} \right\} \times 100$$

評価点（採点）は、0～3 点の 4 段階にて評価し、点数が低いほど劣化しているとの評価（採点）となる。

景観性と防食性の結果を総合評価【劣化指数】の算出式にて、0～100 点の総合点に換算する。

総合評価【劣化指数】は、評価点（採点）とは逆の指標となり総合評価【劣化指数】の高いものは劣化が進んでいることになる。

6.2 景観性の総合評価【劣化指数】について

景観性の総合評価【劣化指数】は、「水管橋外面塗装の効率的維持管理方策の調査検討（I）」及び「水管橋の 15 年目暴露試験報告（I）」（第 62 回全国水道研究発表会 H23.5）を参照し、暴露試験の結果と WSP-009：2004「水管橋外面防食基準」で設定している景観性の期待耐用年数を比較すると、総合評価【劣化指数】が 40 を境界として、両者はほぼ合致しており、重点管理時期と判断されていた。このことから、景観性の総合評価【劣化指数】は 40 を目安に重点管理対象とすることは妥当といえる。

また、総合評価【劣化指数】の妥当性を確認するため、水管橋調査（平成 24 年度その 1～その 3）の結果を用いて検証を進めた。これらの結果からも、当該水管橋の景観性は総合評価【劣化指数】が 40 以下は劣化しているとの評価は、現場調査で得られた調査員の実感とも整合があることから、妥当の判断に至った。

6.3 防食性の総合点【指数】について

防食性の総合評価【劣化指数】は、「機械工事塗装要領（案）・同解説：社団法人 日本建設機械化協会 平成 13 年 9 月」の点検結果（塗替え時期の判定）において、劣化度判定基準を参考とすると、総合評価【劣化指数】は、40 以上は全体にかなり劣化が進んでいる状況と 40 未満の劣化部分以外は健全な状況と、40 を境界として劣化度を区分している。その劣化度の区分は、補修（塗替え）の可否の境界でもあるため、当該判定基準を引用して、防食性の総合点【指数】は 40 を

境界とすることにした。さらに、景観性と同様に、現地調査（その1～その3）の結果からも、水管橋の現場調査員の実感とも近似していることから、妥当と判断した。

6.4 評価区分について

景観性及び防食性の評価から、総合的な判定を行い以下に示す管理区分に分類する。

また、表-18 に総合評価【劣化指数】と管理分類一覧を示す。

1) 景観性の評価

調査結果から、算出された景観性の総合評価【劣化指数】が40を超えた場合、当該水管橋は**重点管理**と判断した。

景観性の評価点（指数）が40以下の場合、当該水管橋は今後も**定期点検**を推奨する。



2) 防食性の評価

調査結果から、景観性の総合評価【劣化指数】が40を超え、防食性も40を超えた場合、当該水管橋は**塗替え対象**と判断した。

3) その他

調査結果から、景観性の総合評価【劣化指数】が40を以下であっても、防食性が40を超えた場合、当該水管橋は**重点管理対象**と判断した。

表-18 総合評価【劣化指数】と管理分類一覧

防食性 景観性	総合評価【劣化指数】 0～40点	総合評価【劣化指数】 40～100点	
総合評価【劣化指数】 0～40点	定期点検	重点管理	良好 
総合評価【劣化指数】 40～100点	重点管理	塗替え対象	
	良好		劣化進行

7. 水管橋等の構造部材の劣化診断について

鋼製水管橋の劣化は大きく次の2点に区分できる。

- a) 塗装（腐食）劣化
- b) 構造部材の劣化

本共同研究では、鋼製水管橋に生じる劣化のうち点検により経年的な変化を捉えることができる外面塗装の劣化（腐食）を中心に検討し、水道事業体に対して「水管橋（添架管）外面塗装の保守、点検及び塗替えに関するアンケート」の調査を実施した。その中で「水管橋外面塗装の塗替え基準の作成」が重要課題であると判明したことを受け、水管橋外面塗装の塗替えについて、景観性および防食性の観点からまとめた。

しかし、水管橋の保守点検作業の中では、構造部材の劣化も評価しなければならないケースも想定されるので、構造部材についても考察を加えることにした。

a) 塗装（腐食）劣化

これまで、外面塗装の塗替えは、「景観性」及び「防食性」の2点について評価を行い、これらの結果から「定期点検」、「重点管理（要塗替え）」に区分して、維持管理を行なうものとした。

さらに、以下に示す構造部材の劣化に応じた対策区分を判定し、区分に応じた補修等の延命措置を行い、効果的、効率的な維持管理により、水管橋の健全性を維持し長寿命化を図るものとした。

b) 構造部材の劣化

構造部材の劣化*については、以下の【構造部材の点検】に示される個別の部位の損傷程度（7区分）でC区分以下に該当する個所がある場合は、外面塗装の劣化診断で評価された当該水管橋の管理区分を1段階引き上げるものとする。（定期点検 → 重点管理）

<外面塗装の管理区分>

重点管理：2年毎の点検

定期点検：5年毎の点検

構造部材は点検による損傷状態により対策区分を判定することが基本であり、ここでは国土交通省及び各自治体で行われている「橋梁定期点検要領」で示されている考え方を参考にまとめている。しかしながら、これらは主に道路橋を対象としており、水管橋とは構造等が異なることもある。そこで今後も必要に応じて詳細な検討を行い、水管橋に適したものに進化させる必要があることを予め理解しておく必要がある。

【構造部材の点検】

1) 構造部材部位と点検内容

水管橋の構造は、以下の部位に区分できる。

部位	点検内容
送水管	漏水（塗装については塗替え基準による）、変形
リングサポート	腐食、傾き、変形、破損、アンカーボルトの状態
サドルサポート	腐食、傾き、変形、破損、アンカーボルトの状態
ブラケット	Uバンドの状態 腐食、傾き、変形、破損、ボルトの緩み・脱落
沓（アンカーボルト）	移動可能量（ストッパーとの当たり） 腐食、変形、破損、アンカーボルトの緩み コンクリート部のクラック
伸縮管（継輪）	漏水、腐食、異常変形（伸び、縮み）
空気弁	漏水、フランジ部の腐食
管理歩廊	腐食、変形、破損
補構部材（送水管以外）	腐食、変形、破損、溶接部のわれ
落橋防止	腐食、変形、破損、ボルト/ケーブルの状態

2) 点検結果

上記の部位を目視等により点検・記録し、劣化・損傷の評価として以下の損傷程度（3区分）に区分けする。

評価区分	状況	備考
A	劣化・損傷なし	—
B	軽微な劣化・損傷あり	次回の点検で再確認・評価
C以下	劣化・損傷あり	点検等のデータにより詳細検討で状況に応じた次のような対応を行う

3) 評価・対策区分の分類

点検結果に、一箇所（部位）でもC以下区分に該当する部位があった場合は、塗替え基準で判定された管理区分を1段階引上げる。

対策区分は、部材の重要度や損傷の進行状況、環境の条件など様々な要因を総合的に評価し、部位ごとに損傷状況に対する判断を行なうものである。

評価・対策区分

評価区分	内容
A	劣化・損傷が認められないか、有っても軽微で補修の必要はない
B	劣化・損傷はあるが原因・規模が明確で補修しなくても安全性・耐久性に問題が無いもの
C	重点管理 ／劣化・損傷が進行し補修等が必要なもの
E1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある
E2	二次災害などの恐れがあり、緊急に対応する必要がある
M	日常の維持補修のなかで対応する必要があるもの
S	詳細調査により対応方針を決める必要があるもの

上表の評価・対策区分に分類しを判定し、対策区分に応じた以下に措置を講じる。

- ① 緊急対応が必要（漏水、もしくは漏水の可能性が高い）【E1、E2】
- ② 詳細調査が必要【S】
- ③ 日常の維持・補修の中で対応が必要（緊急性が低い）【M】
- ④ **重点管理**／次回の点検までに補修が必要【C】
- ⑤ 状況に応じて補修【B】

4) 記録

構造部材の点検結果、部位、対策区分及び措置の情報を特記欄に記述する。

5) 対策区分の基本的な考え方

① 対策区分 A

定期点検では、劣化・損傷が認められないか、劣化・損傷が有っても軽微で次回点検までは補修を必要としない状態をいう。

② 対策区分 B

補修の必要と思われる 損傷があるが、劣化・損傷の原因、規模が明確で、直ちに補修をするほどの緊急性はなく、次回の定期点検（5年後）までは構造物の安全性や耐久性が損なわれることがない状態をいう。

例えば、

- ・補剛各点部の部分的な腐食（数箇所、孔はあいていない）
- ・歩廊取付け部や歩廊踏み板の等の部分的な腐食

③ 対策区分 C

劣化・損傷が進行し、当該部位、部材の機能や安全性（率）の低下が認められ、遅くとも次回の定期点検（5年後）までに補修等をする必要がある状態をいう。

例えば、

- ・歩廊踏み板、支柱、手摺の腐食による切断
- ・支承の全面腐食（支承の形状は保っている）
- ・腐食部よりの漏水跡（にじみ）
- ・補剛部材の貫通腐食
- ・空気弁やフランジの腐食（漏水なし）

④ 対策区分 E1

水管橋の安全性が著しく損なわれており、緊急に対処する必要がある状態をいう。

例えば、

- ・伸縮管、空気弁および腐食部からの漏水
- ・管体の大変形およびサポートの変形・移動（沓座からの支承の脱落）等により漏水の恐れがある場合
- ・補剛部材の破断（断裂）

⑤ 対策区分 E2

歩行者等、第三者への影響が懸念され、緊急に対処する必要がある状態をいう。

例えば、

- ・E1 と同様

⑥ 対策区分 M

劣化・損傷があり、当該部位、部材の機能を良好な状態に保つために日常の維持補修作業などのなかで速やかに対処する必要がある状態をいう。

例えば、

- ・ 支承部の土砂詰まり
- ・ Uボルトの緩み

⑦ 対策区分 S

損傷があり、補修等の対応の検討にあたり構造上の問題など原因の特定に詳細調査が必要な状態をいう。

例えば、

- ・ 塗膜の鋼面からの脱落（剥がれ）

- <参考文献> 橋梁定期点検要領（案）（平成 16 年 3 月、国土交通省）
北九州市橋梁維持管理ガイドライン（平成 24 年 3 月、北九州市建設局）
橋梁点検マニュアル（案）（平成 21 年 3 月、長崎県土木部）
山形県橋梁長寿命化総合マニュアル（案）（平成 23 年 6 月、山形県）

8. デジタルカメラを使用した水管橋の外面塗装の劣化診断

水管橋に近接して現地調査ができない行えない場合には、写真を用いる場合がある。

国土交通省中部地方整備局では「塗装の劣化診断に関する手法の開発」として橋梁の画像処理（解析）を行っており、この中で推奨されていたカメラは200～400万画素数、光学ズーム3倍のものであった。

しかしながら、近年カメラの性能の向上が著しく、コンパクトカメラでも1600万画素数、光学ズーム15倍程度が一般向けに市販されているので、写真画像で診断・評価が可能なのかを検討した。

その際、カメラの性能・機種による相違についても調べるため、市販されている汎用機種の中から、「A社（光学ズーム5倍/デジタルズーム5倍、1400万画素数）」と「B社（光学ズーム30倍/デジタルズーム120倍1600万画素数）」の2機種を使用した。

- ① デジタルズーム：レンズは動かさずに、画像の一部切り取り、補完拡大によって拡大する。画像は劣化する。
- ② 光学ズーム：焦点距離を変化させて、画像を拡大する。画像は劣化しない。

<使用カメラ（参考）>

1) A社

- ・カメラ部有効画素数：1400万画素
- ・光学ズーム/デジタルズーム(静止画)5倍/5倍
- ・撮影範囲(レンズ先端より)通常：0.6m～∞



2) B社

- ・カメラ部有効画素数：1620万画素
- ・光学ズーム/デジタルズーム(静止画)30倍/120倍
- ・撮影範囲(レンズ先端より)通常：1.0cm～∞



表-19 高解像度カメラを使用した評価事例（さび）






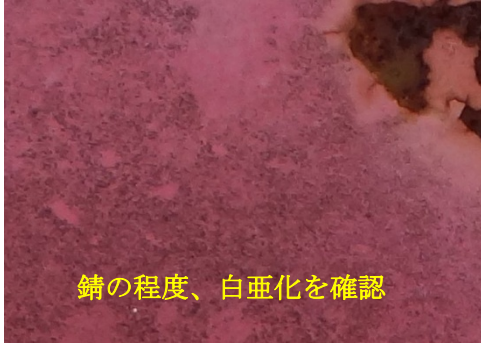

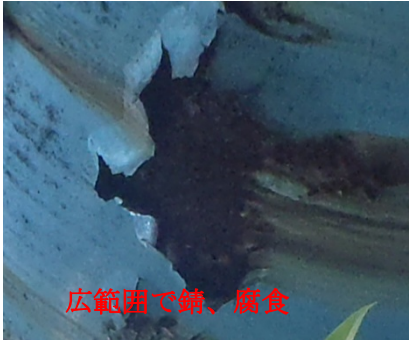







項目	通常の写真		拡大写真
さび		→	 <p data-bbox="1134 633 1366 712">歩廊からの貫い錆 本管異常無し</p>
		→	 <p data-bbox="1090 1021 1374 1055">錆による膨れ、減肉有</p>
		→	 <p data-bbox="1082 1424 1398 1458">錆の程度、白亜化を確認</p>
		→	 <p data-bbox="1082 1854 1313 1888">広範囲で錆、腐食</p>

表-20 高解像度カメラを使用した評価事例（はがれ、われ）

項目	通常の写真		拡大写真
はがれ		→	
		→	
われ		→	
		→	