

平成29年度

# 鋼矢板式排水路の表面塗装による補修 供用3年経過後のモニタリング結果

室蘭開発建設部 農業開発課 伊藤 充  
河村 英樹  
株式会社アルファ技研 庵跡 直彦

国営直轄明渠排水事業 福畑地区により建設された福畑幹線排水路は、建設後35年以上が経過している。鋼矢板区間は著しく腐食が発生しており、これら腐食の要因を遮断するため、鋼矢板に塗装を行い表面被覆する防食方法の適用性検証を行う目的で、平成26年に対策工事（試験施工）を実施した。対策工法の概要と、供用3年経過後のモニタリング調査結果のとりまとめ、対策工法の有効性、耐久性の検証結果を報告する。

キーワード：表面補修、鋼矢板、腐食、長寿命化

## 1. はじめに

福畑幹線排水路(以下、「排水路」という)の鋼矢板式水路区間は、著しく腐食をしている。

鋼矢板の腐食の要因としては、河川水位の高い時期の溶存酸素による酸化、植物類の分解による酸性度の上昇による酸化、硫化物等の影響や鉄バクテリア等の好気性の水棲菌による酸化、経年変化による腐食、などが考えられる。左記の対策としては、鋼矢板に腐食要因を遮断するための塗装を行い、表面被覆する防食工法が想定される。

そこで、防食工法の適用性検証を目的とし、ストックマネジメント技術高度化事業において、福畑幹線排水路の鋼矢板水路の防食対策工を実施した。施工後は、排水路の防食対策工の効果や使用材料の耐久性、工法の有効性を検証するためモニタリング調査を行っている。

本報告では、防食対策施工の試験施工(平成26年)及びモニタリング調査結果(平成27年度、28年度、29年度)について報告する。

## 2. 対象施設の概要

国営直轄明渠排水事業福畑地区は、北海道日高郡新ひだか町において(図-1)、常襲的浸水被害及び過湿状態を解消して土地の生産性を高め、農業経営の安定を図るため、昭和55年から昭和63年にかけて実施し、福畑幹線排水路を3350.00m造成している。(表-1)

本排水路の構造形式は、鋼矢板水路、積ブロック、連結ブロックである。適用性検証の対象区間は、鋼矢板式水路の延長 L=908m(SP0.0 ~ SP908.0)のうち、SP30.0 ~ SP120.0のL=90.0mである。(図-2)

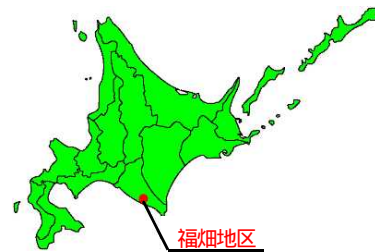


図-1 福畑地区位置図

表-1 排水路構造諸元

| 測点                    | 延長<br>(m) | 構造形式   | 断面規格      |           |      | 施工年度       |        |       |      |      |            |
|-----------------------|-----------|--------|-----------|-----------|------|------------|--------|-------|------|------|------------|
|                       |           |        | 上幅<br>(m) | 下幅<br>(m) | H(m) |            |        |       |      |      |            |
| SP0.00 - SP130.57     | 130.57    | 壁型鋼矢板  | 4.00      | 4.00      | 1.76 | S56(1981年) |        |       |      |      |            |
| SP130.57 - SP520.00   | 389.43    |        |           |           |      | S57(1982年) |        |       |      |      |            |
| SP520.00 - SP820.00   | 300.00    |        |           |           |      | S58(1983年) |        |       |      |      |            |
| SP820.00 - SP908.00   | 88.00     |        |           |           |      |            |        |       |      |      |            |
| SP908.00 - SP1080.00  | 172.00    | 積ブロック  | 5.02      | 3.50      | 1.90 | S59(1984年) |        |       |      |      |            |
| SP1080.00 - SP1176.00 | 96.00     |        | 268.0     | 5.26      | 3.50 |            | 2.20   |       |      |      |            |
| SP1176.00 - SP1197.00 | 21.00     | 積ブロック  | 5.00      | 3.50      | 1.88 | S60(1985年) |        |       |      |      |            |
| SP1197.00 - SP1420.00 | 223.00    |        |           |           |      |            | 21.0   | 合流工   | 5.62 | 3.50 | 2.20       |
| SP1420.00 - SP1520.00 | 100.00    |        |           |           |      |            | 724.5  |       |      |      |            |
| SP1520.00 - SP1670.00 | 150.00    |        |           |           |      |            |        | 積ブロック | 4.86 | 3.50 | 2.60       |
| SP1670.00 - SP1921.50 | 251.50    | 連結ブロック | 5.84      | 2.00      | 1.28 | S62(1987年) |        |       |      |      |            |
| SP1921.50 - SP1968.40 | 46.90     |        |           |           |      |            | 46.9   | 取水施設工 | 4.86 | 3.50 | 2.60       |
| SP1968.40 - SP2142.00 | 173.60    | 1381.6 | 連結ブロック    | 5.48      | 2.00 | 1.16       |        |       |      |      |            |
| SP2142.00 - SP2600.00 | 458.00    |        |           |           |      |            | 連結ブロック | 5.00  | 2.00 | 1.00 | S63(1988年) |
| SP2600.00 - SP2800.00 | 200.00    | 連結ブロック | 5.00      | 2.00      | 1.00 | S63(1988年) |        |       |      |      |            |
| SP2800.00 - SP2900.00 | 100.00    |        |           |           |      |            | 連結ブロック | 5.00  | 2.00 | 1.00 | S63(1988年) |
| SP2900.00 - SP3350.00 | 450.00    | 連結ブロック | 5.00      | 2.00      | 1.00 | S63(1988年) |        |       |      |      |            |
| 合計                    | 3350.00   |        |           |           |      |            | -      | -     | -    | -    | -          |

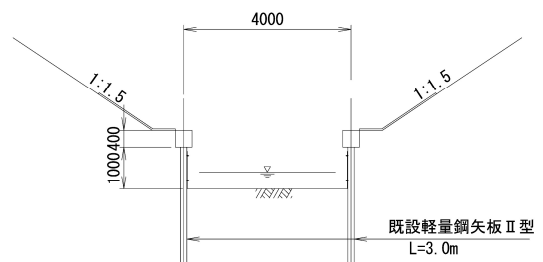


図-2 鋼矢板式排水路標準断面図

### 3. 試験施工の概要

試験施工範囲は、施工性及びモニタリングの効率を考慮し、現地周辺へのアクセスが良好であり、健全度 S-4 範囲を選定した。各対策工法の試験施工延長は、30m とした。このうち 25m を既設軽量鋼矢板への直接施工し、残り 5m に試験用鋼板を設置して施工した。(図-3)

試験用鋼板の設置は、素地調整の際、腐食による減肉の影響で鋼矢板に一部で穴が開いてしまい、十分にケレンができない状態であった。そのため、試験施工用鋼板を設置し、素地条件を均一にした。鋼板は、軽量鋼矢板 5mm に最も近い JIS G3101 SS400(一般構造用 圧延鋼材)に規定される鋼板 6mm を使用するものとした。(写真-1)

上記より、試験用鋼板区間は適正なケレンを行った場合のモニタリング調査、直接施工区間は、十分にケレンができない場合のモニタリング調査と位置づけた。

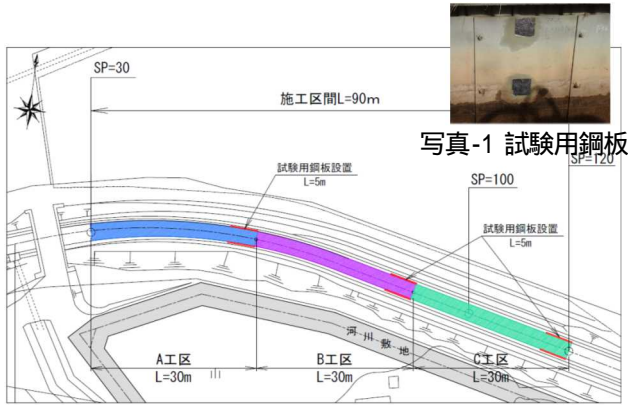


図-3 試験施工位置図

### 4. 対策工法の選定

#### (1) 基本方針

排水路に使用されている鋼矢板は経済性から軽量鋼矢板(板厚5mm)が使用されており、発錆による劣化で一部が開孔していた。特に喫水部付近の鋼材腐食の進行が速いことが予想され、「防食対策」を講じることとした。(写真-2、写真-3)



写真-2 気中部の腐食



写真-3 錆による腐食

#### (2) 条件設定

対策工法は、鋼矢板の劣化状況・劣化要因を踏まえ、現場施工の適用性や施工実績等を考慮し、経済性も含め被覆防食の塗装工法を選定した。(図-4)

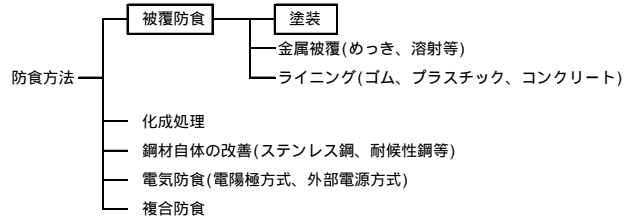


図-4 防食方法の種類<sup>1)</sup>

#### (3) 塗装の選定及び塗装仕様と施工時の環境条件

塗装の選定にあたり、現場条件、耐久性、経済性及び寒冷地である北海道内での施工実績等を踏まえ比較検討し、A工法～C工法を選定した。(表-2)

素地調整は、A工法及びB工法を1種ケレンとし、C工法は表-2に示す特徴から3種ケレンとした。標準塗膜厚は、各対策工法で現場条件等を考慮して決定した。施工は、各工法の適用条件下で行った。(表-3)

表-2 塗装の選定および塗装仕様

| 材料名       | A工法   | B工法   | C工法   |
|-----------|---|---|---|
| 材料区分      | ポリウレタン系   | エポキシウレタン系   | エポキシ系   |
| 特徴        | 溶剤をまったく含有しない100%ソリッドのポリウレタン樹脂。<br>2液内部混合型塗装機を使用することにより2～3mmの厚膜塗装が可能。<br>塗装後30～60分で乾燥。 | マイナス20℃まで施工可能。<br>一度の塗布で500μmまで施工可能。<br>タール、重金属を含まない塗料。<br>気中環境・水没環境等への防食塗装として利用可能。 | 赤錆を緻密で安定した黒錆に転換することができる。<br>1種ケレンが不要で3種ケレンに対応可能。<br>有害金属未使用。<br>再塗装時は素地が黒錆化しているため、剥がれ等がない場合は中、上塗のみ。 |
| 湿潤状態での施工  | ×   | ×   | ×   |
| 適用範囲・適用条件 | 表面油分は完全除去。<br>雨天時屋外作業禁止。<br>夏場、直射日光が当たると急激な水分蒸発が予想されるのでシート養生が必要。<br>気温5℃以上            | マイナス20℃まで施工可能。<br>湿度85%以下。  | 気温5℃以上。<br>湿度85%以下。<br>表面温度60℃以下。   |
| 耐久性       | 沿岸部での耐久年数15年程度。   | 耐久年数15年程度。  | 沿岸部での実績耐久年数20年。<br>各種試験により40年以上耐久。  |
| 塗装仕様      | 素地調整<br>1種ケレン<br>標準塗膜厚<br>2030μm  | 1種ケレン<br>645μm  | 3種ケレン<br>140μm  |
| 経済性       | 25,000円/m <sup>2</sup> 程度   | 35,000円/m <sup>2</sup> 程度   | 7,000円/m <sup>2</sup> 程度  |
| 総合評価      | 官公庁で100件前後の実績がある。   | 寒地用のため冬季施工が容易。<br>厚膜型のため長期耐久性にも勝れる。<br>比較的高価。                                       | 過去に矢板護岸工事での実績がある。<br>NETISに登録済みであり、有用技術のVに昇格済み。<br>道外を含めると公共事業において200件近い実績がある。                      |

表-3 施工時の環境条件

| 材料名     | A工法                      | B工法      | C工法      |
|---------|--------------------------|----------|----------|
| 施工時期    | H26年11月(右岸側)、H27年1月(左岸側) |          |          |
| 仮設      | シート囲い                    |          |          |
| 気温(囲い内) | 13～17                    | 6～16     | 8～13     |
| 湿度      | 34～46%                   | 38～62%   | 44～57%   |
| 鋼板温度    | 8.1～12.2                 | 0.9～14.1 | 7.7～19.9 |

### 5. モニタリング調査

#### (1) 調査内容

塗膜の劣化は、経年的に外観に顕著化することから、a)外観調査(発錆度合、塗膜のふくれ、われ、はがれ)を主体に行い、目視で確認できない劣化について定量的な評価が可能となるよう、b)塗膜厚測定(3

工法×18箇所)、c)塗膜インピーダンス測定(3工法×4箇所)を行った。(表-4) (図-5)

表-4 モニタリング調査一覧

| 調査項目 |                | 外観調査           |              | 塗膜厚測定          |              | インピーダンス試験      |              |
|------|----------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| 調査箇所 |                | 直接試験施工 (L=25m) | 試験用鋼板 (L=5m) | 直接試験施工 (L=25m) | 試験用鋼板 (L=5m) | 直接試験施工 (L=25m) | 試験用鋼板 (L=5m) |
| A工法  | SP30.0~SP60.0  | 右岸側            |              | 2箇所            | 1箇所          | -              | 1箇所          |
|      |                | 左岸側            |              | 2箇所            | 1箇所          | -              | 1箇所          |
| B工法  | SP60.0~SP90.0  | 右岸側            |              | 2箇所            | 1箇所          | -              | 1箇所          |
|      |                | 左岸側            |              | 2箇所            | 1箇所          | -              | 1箇所          |
| C工法  | SP60.0~SP120.0 | 右岸側            |              | 2箇所            | 1箇所          | -              | 1箇所          |
|      |                | 左岸側            |              | 2箇所            | 1箇所          | -              | 1箇所          |

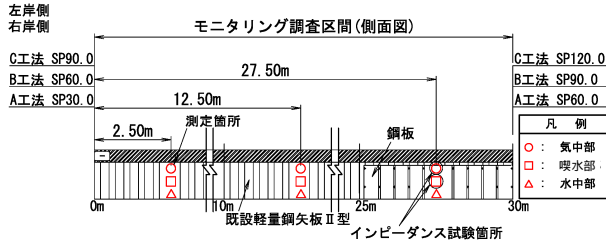


図-5 モニタリング調査位置図

a) 外観調査

塗装の錆、ふくれ、われ、はがれの程度を目視及び簡易器具(コンベックス等)、打音調査ハンマーにより水路表面に発生した変状を確認した。

評価は、「機械工事塗装要領(案)・同解説」より、4段階評価点(RN)の評価基準を用いて外観調査の各項目(さび、ふくれ、われ、はがれ)を評価し、評価点を基に、塗膜の劣化度を定量的に判定・評価した。RNは、Rating Numberを示す。(表-5)

表-5 外観調査劣化判定基準

| 劣化度 | 劣化度指数  | 判定内容  |
|-----|--------|---|
| A   | 60~100 | 全体にさび、ふくれ、はがれ等の発生が見られ著しく劣化が進んでいる状況                            |
| B   | 40~60  | 全体に小さなさび、ふくれ、はがれ等の発生が見られ、部分的には比較的大きな発生が見られる状況で、かなりの劣化が進んでいる状況 |
| C   | 20~40  | 極小さな劣化は見られるが、劣化部分以外は健全な状況                                     |
| D   | 20未満   | 異常なし、または極小さな劣化が見られる状況   |

$$\text{劣化度指数} = \left\{ 1 - \frac{\text{調査項目別評価合計点}}{\text{調査項目数} \times 3} \right\} \times 100$$

b) 塗膜厚測定

電磁式微厚計を用いて気中部、喫水部、水中部を1測定箇所につき5点を測定し、平均値を算出した。

評価は、各工法で異なる塗膜厚の条件を均一化するため、標準値合計膜厚(以下「標準膜厚」と呼ぶ。)を基準値(1.0)とした基準値比を用いた。

c) 塗膜インピーダンス測定

試験用鋼板で気中部、喫水部で行うものとし、インピーダンス計測器を用い、塗膜表面と鋼材の間に電流を流し、200Hz、500Hz、1000Hzの各周波数における交流抵抗値と電気容量値を測定した。劣化が進行すると、抵抗値

(R)が減少し、容量値(C)が増加する。

評価は、測定値を抵抗値(R)と容量値(C)に変換して評価点を算出し、評価点に応じた劣化度で評価する。評価点は、「機械工事塗装要領(案)・同解説」より、0~3の4段階とした。(表-6)

表-6 塗膜インピーダンス評価点

| 劣化度 | 評価点 |     | 塗膜の状態                      |
|-----|-----|-----|----------------------------|
|     | 抵抗値 | 容量値 |                            |
| A   | 0   | 0   | 塗膜の劣化が著しい。                 |
| B   | 1   | 1   | 塗膜に発錆、ふくれ等が生じている。          |
| C   | 1   | 2   | 塗膜が完全に固く付着し、上塗り塗膜のみ劣化している。 |
| D   | 3,2 | 3   | 異常なし。                      |

(2) 調査結果

a) 外観調査

A工法は、直接試験施工箇所ですでに錆が生じている程度であり、劣化度は直接試験施工部及び試験用鋼板ともDと判定した。

B工法の直接試験施工箇所は、気中部及び喫水部において、特に端部からわれが生じて、はがれに発展しており、劣化度はCと判定した。一方、試験用鋼板に劣化はみられず、劣化度はDと判定した。

C工法の直接試験施工箇所は、特に凹部からふくれが生じて、われ、はがれに発展しており、劣化度はB~Cと判定した。一方、試験用鋼板に劣化はみられず、劣化度はDと判定した。

特に喫水部で劣化の進行が早い傾向がみられた。左右岸で、大きな劣化状況の差異はみられなかった。(表-7)(図-6)

表-7 外観調査結果

| 位置  | 劣化度指数 |     |      |      | 劣化度  |     |     |     |
|-----|-------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|
|     | H26   | H27 | H28  | H29  | H26  | H27 | H28 | H29 |
|     | 工事年   | 1年目 | 2年目  | 3年目  | 工事年  | 1年目 | 2年目 | 3年目 |
| A工法 | 気中部   | 0   | 0    | 0    | D    | D   | D   | D   |
|     | 喫水部   | 0   | 0.85 | 4.15 | 4.17 | D   | D   | D   |
|     | 水中部   | 0   | -    | 1.7  | 4.2  | D   | -   | D   |
| B工法 | 気中部   | 0   | 0    | 0    | 12.5 | D   | D   | C   |
|     | 喫水部   | 0   | 9.2  | 12.5 | 21.7 | D   | D   | C   |
|     | 水中部   | 0   | -    | 2.5  | 12.5 | D   | -   | C   |
| C工法 | 気中部   | 0   | 3.35 | 6.65 | 30.0 | D   | D   | C   |
|     | 喫水部   | 0   | 15.9 | 20.0 | 33.3 | D   | C   | B   |
|     | 水中部   | 0   | -    | 5.0  | 21.7 | D   | -   | B   |

H27年度は水中部の調査なし

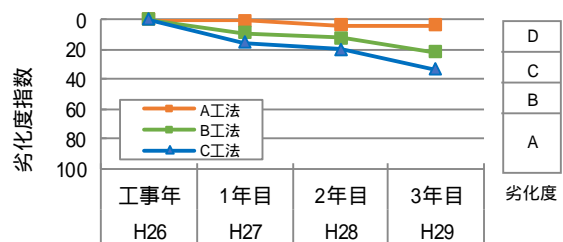


図-6 劣化年数の経年変化(喫水部)

b) 塗膜厚調査

塗膜厚の減少量は、直接施工箇所にして、試験用鋼

板が小さかった。各工法を比較すると直接施工箇所の減少量はA工法<C工法<B工法となった。一方、試験用鋼板では、C工法<A工法<B工法となった。各工法について、基準値(1.0)から品質検査における最小膜厚(基準値比0.7)に到達するまでの年数を試算すると直接施工箇所では3~7年、試験用鋼板では12~19年となった。(写真-4)(表-8)(図-7)



写真-4 塗膜厚測定状況

表-8 塗膜厚測定結果 (基準値比)

| 区分  | 位置  | 基準値比(平均膜厚) |      |      |      |       |      |      |      | 基準値比減少量(3年目) |       |
|-----|-----|------------|------|------|------|-------|------|------|------|--------------|-------|
|     |     | 既設鋼矢板      |      |      |      | 試験用鋼板 |      |      |      | 既設鋼矢板        | 試験用鋼板 |
|     |     | H26        | H27  | H28  | H29  | H26   | H27  | H28  | H29  |              |       |
|     |     | 工事年        | 1年目  | 2年目  | 3年目  | 工事年   | 1年目  | 2年目  | 3年目  |              |       |
| A工法 | 気中部 | 1.37       | 1.27 | 1.22 | 1.20 | 1.11  | 1.08 | 1.05 | 1.09 | 0.17         | 0.02  |
|     | 噴水部 | 1.47       | 1.35 | 1.26 | 1.27 | 1.23  | 1.21 | 1.28 | 1.18 | 0.20         | 0.05  |
|     | 水中部 | 1.42       | 1.35 | 1.28 | 1.27 | 1.22  | 1.21 | 1.27 | 1.15 | 0.15         | 0.07  |
| B工法 | 気中部 | 1.69       | 1.42 | 1.36 | 1.41 | 1.10  | 1.11 | 1.01 | 1.08 | 0.28         | 0.02  |
|     | 噴水部 | 1.51       | 1.47 | 1.32 | 1.35 | 1.10  | 1.07 | 1.01 | 1.02 | 0.16         | 0.08  |
|     | 水中部 | 1.66       | 1.57 | 1.37 | 1.32 | 1.12  | 1.12 | 1.06 | 1.06 | 0.34         | 0.06  |
| C工法 | 気中部 | 1.93       | 2.36 | 2.24 | 2.26 | 1.60  | 2.02 | 1.67 | 1.50 | -0.33        | 0.10  |
|     | 噴水部 | 2.15       | 2.40 | 2.07 | 2.07 | 1.59  | 1.87 | 1.69 | 1.45 | 0.08         | 0.14  |
|     | 水中部 | 2.81       | 3.24 | 2.22 | 2.15 | 1.64  | 2.08 | 1.95 | 1.64 | 0.66         | 0.00  |

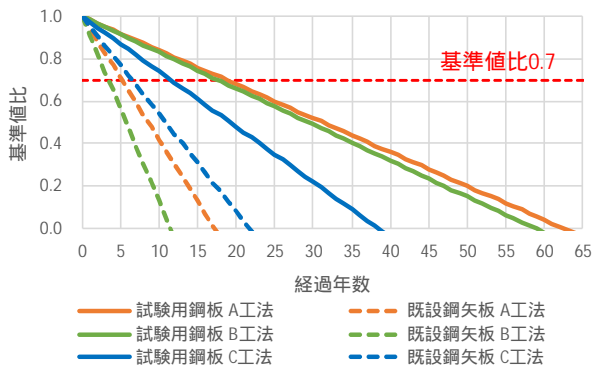


図-7 塗膜厚(基準値比)の経年変化推定図

### c) 塗膜インピーダンス試験調査

A工法とB工法は、抵抗値の評価点に低下傾向がみられるが、劣化度はDのみである。容量値については、施工時から変化がない。C工法は、初年度から評価点が1~2点の箇所があるが、変化はない。

左右岸または、気中部、噴水部、水中部で、劣化状況の差異は特にみられない。(写真-5)(表-9)



写真-5 塗膜インピーダンス試験状況

表-9 塗膜インピーダンス試験結果

| 塗装工法 |     | 評価点(最低値)    |     |             |     |             |     |
|------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|
|      |     | 施工後1年目(H27) |     | 施工後2年目(H28) |     | 施工後3年目(H29) |     |
|      |     | 抵抗値         | 容量値 | 抵抗値         | 容量値 | 抵抗値         | 容量値 |
| A工法  | 気中部 | 3           | 3   | 3           | 3   | 2           | 3   |
|      | 噴水部 | 3           | 3   | 3           | 3   | 2           | 3   |
| B工法  | 気中部 | 3           | 3   | 3           | 3   | 2           | 3   |
|      | 噴水部 | 3           | 3   | 2           | 3   | 2           | 3   |
| C工法  | 気中部 | 3           | 3   | 3           | 3   | 3           | 3   |
|      | 噴水部 | 2           | 3   | 2           | 3   | 2           | 3   |
| 塗装工法 |     | 劣化度(最低値)    |     |             |     |             |     |
|      |     | 施工後1年目(H27) |     | 施工後2年目(H28) |     | 施工後3年目(H29) |     |
|      |     | 抵抗値         | 容量値 | 抵抗値         | 容量値 | 抵抗値         | 容量値 |
| A工法  | 気中部 | D           | D   | D           | D   | D           | D   |
|      | 噴水部 | D           | D   | D           | D   | D           | D   |
| B工法  | 気中部 | D           | D   | D           | D   | D           | D   |
|      | 噴水部 | D           | D   | D           | D   | D           | D   |
| C工法  | 気中部 | D           | D   | D           | D   | D           | D   |
|      | 噴水部 | D           | D   | D           | D   | D           | D   |

H26年度の塗膜インピーダンス調査は、供試体で実施しているため比較検証対象外とする。

### (3) 総評

施工後3年経過段階において、外観調査の結果、直接施工では、ほとんど劣化がみられなかったA工法に対し、B工法及びC工法は、端部からの劣化が顕著であった。一方、試験用鋼板ではいずれの工法にも劣化は確認されなかった。塗膜厚調査では、直接施工、試験用鋼板ともに、いずれの工法も減少傾向はみられるが塗膜厚が基準値を上回っている。インピーダンス試験では、抵抗値に低下傾向がみられるが、劣化度に変化はない。

以上より、素地調整の十分でない直接施工では、B、C工法に比してA工法が優れている。A工法は、3工法で最も塗装が厚く、水分の浸入等による錆の進行が抑えられている可能性が考えられる。一方、素地条件が良好な場合は、A~C工法に差異はみられなかった。

### 6. おわりに

今回のモニタリング調査では、直接施工区間において、素地のケレンが十分にできない場合での各工法の劣化状況を把握することができた。特に矢板の防食塗装の場合、現場施工となること、凹凸面や継目等での均一な塗装が難しいことから、本調査結果は、今後の施設の長寿命化に有効に活用できるものとする。

今後は、対策工のモニタリング調査を継続し、試験用鋼板区間において、素地条件が良好な場合の各工法の劣化状況を把握したいと考える。

### 参考文献

- 1) 社)日本建設機械化協会:「機械工事塗装要領(案)・同解説」(平成13年9月)