

鋼矢板落差工における腐食対策の長期耐久性について

－施工10年後のモニタリングの調査結果－

稚内開発建設部 農業開発課
農業開発課
農業開発課

○高岡 潤
齋藤 元気
岩田 徳雄

国営総合農地開発事業「沼川地区」の排水路落差工には、鋼矢板が用いられ、昭和52年度から平成元年度にかけて造成された。

鋼矢板が用いられた水路では、腐食による構造性能の低下が課題となっていたため、ストックマネジメント技術高度化事業の試験施工により、耐食性塗料を用いた表面補修を平成27年度に行った。

本報では試験施工10年後のモニタリング結果から、腐食対策の長期耐久性について考察を行う。

キーワード：長寿命化、基礎技術、排水路、鋼矢板

1. はじめに

農業用排水路の構成部材には、地盤条件や施設規模から鋼矢板が用いられることがある。鋼矢板を用いた水路では、他の種類の部材と同様に経年的な劣化が進んでいる。鋼矢板の経年劣化として主たるものは腐食による劣化である。鋼矢板で腐食が進行すると、板厚の減少や開孔により構造性能に支障をきたすことが問題となっている。¹⁾

国営総合農地開発事業「沼川地区」は稚内市の南部に位置（図-1）し、昭和52年度から平成2年度までに実施された地区であり、排水路の落差工の止水壁には、軟弱地盤という条件から、鋼矢板又は軽量鋼矢板が用いられている（写真-1）。これらの鋼矢板は事業完了から20年以上が経過しており腐食が発生していた。

そこで、ストックマネジメント技術高度化事業により腐食が発生した鋼矢板の表面に腐食対策の試験施工を行い、知見を得ることとした。

本報では試験施工後10年間のモニタリング結果から、腐食対策の長期耐久性について考察を行う。



図-1 沼川地区の位置



写真-1 鋼矢板落差工

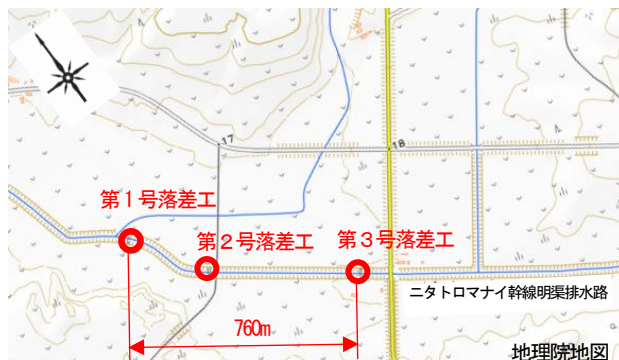


図-2 落差工の位置

2. 試験施工の概要

試験施工は、平成27年8月にニタトロマナイ幹線明渠排水路の3箇所（図-2）の落差工で行った。3箇所の落差工は、図-2に示すとおり施設間の距離が760mと近接し、鋼矢板前面がいずれもほぼ西向きに立地しており環境条件は同

様と判断される。これらの落差工において、表-1に示すとおり 2 種類の素地調整と 2 種類の有機系表面被覆工法を組み合わせた試験施工を行った。²⁾

表-1 素地調整と塗り替え塗装の組合せ

実施箇所	第1号落差工	第3号落差工	第2号落差工
素地調整	ISO8501-1 St3 (2 種ケレン相当)	ISO8501-1 St2 (3 種ケレン相当)	
表面被覆工法	A工法		B工法
塗装仕様	表面洗浄	塗装前処理洗浄剤	
	下塗り (防食下地)	厚膜形有機ジンクリッチペイント[75]	高浸透性下地処理剤 +
	下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り[60]	特殊変性エポキシ 樹脂プライマ[70]
	下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り[60]	
	中塗り	弱溶剤形エポキシ樹脂塗料用中塗り[30]	
	上塗り	弱溶剤形変性ふっ素樹脂塗料用上塗り[25]	弱溶剤形シリカ樹脂 上塗り[25]
設計塗膜厚	250 μm		125 μm
外外用塗り替え 塗装仕様の特徴	一般的な橋梁塗り替え塗装仕様【RC-1】		下塗り剤に特殊な塗料を採用する事により、赤錆を緻密で安定した黒錆に転換できる

[] 数値は標準塗膜厚 (μm) を示す。

3. 調査方法

塗装の劣化は時間が経過すると外観に顕著に現れることから、外観目視調査により評価を行うこととした。
また、外観調査で確認できない塗膜内部の劣化を評価するため塗膜厚調査、塗膜付着力調査、塗膜インピーダンス調査等の精密調査を行い外観調査結果との関連性を確認することとした。³⁾

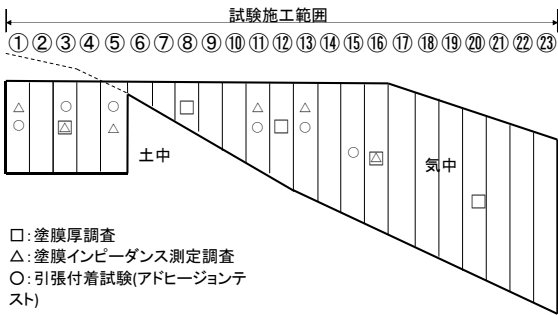


図-3 モニタリング調査位置図 (第2号落差工)

(1) 外観調査

外観調査では、機械工事塗装要領 (案)⁴⁾に基づき、錆び、ふくれ、われ及びはがれの4項目を調査し、各種変状の評価図等 (表-2、表-3、表-4) を元に0から3の4段階で評価する。また、その結果から、劣化度指数を算定しAからDの劣化度を判定する (表-5)。

TAKAOKA Jun, SAITOU Genki, IWATA Tokuo

表-2 錆び、ふくれの評価図

発生面積0%	発生面積0.03%	発生面積0.1%	発生面積0.3%
発生面積0.5%	発生面積3.0%	発生面積5.0%	発生面積10%

表-3 錆び、ふくれの評価点

評価点	3	2	1	0
さび・ふくれ	変状の割合が $X < 0.03\%$ の評価図に該当	変状の割合が $0.03\% \leq X < 0.3\%$ の評価図に該当	変状の割合が $0.3\% \leq X < 5.0\%$ の評価図に該当	変状の割合が $5.0\% \leq X$ の評価図に該当

表-4 われ、はがれの評価図と評価点

評価点	3	2	1	0
われ	異常なし			
はがれ	異常なし			

表-5 外観調査劣化度の判定基準

劣化度	劣化度 指数	判定内容
A	100 ~60以上	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	60未満 ~40以上	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	40未満 ~20以上	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

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

(2) 塗膜厚調査

電磁式膜厚計を用いて1測定箇所当たり5点測定し、最小値、平均値、標準偏差値を算出する。

(3) 塗膜付着力調査

端子を塗膜面に接着剤で接着させ、塗膜が剥離するまで垂直に引張り、塗膜の付着力を測定する。評価点は、鋼構造物塗膜調査マニュアル⁶⁾に準拠し、0から3の4段階とする (表-6)。

表-6 引張付着力の評価点

劣化度	評価点	引張付着力(MPa)
A	0	$X = 0.0$
B	1	$0.0 < X < 1.0$
C	2	$1.0 \leq X < 2.0$
D	3	$2.0 \leq X$

(4) 塗膜インピーダンス測定調査

インピーダンス測定調査は、外観調査で欠陥が現れず劣化度を評価できない場合に推定する目的で行われる。

インピーダンス計測器を用い、塗膜表面と鋼矢板の間に周波数の違う3種類（200Hz、500Hz、1000Hz）の電流を流し、周波数毎の抵抗値と電気容量値を測定し、評価図（図-4）から評価点を決定するとともに、判定基準（表-7）をもとに劣化度を判定する。⁵⁾

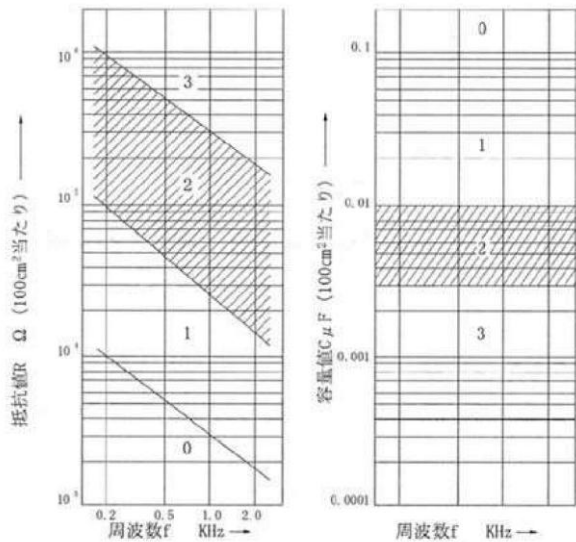


図-4 塗膜インピーダンス評価図

表-7 塗膜インピーダンス劣化度の判定基準

劣化度	塗膜インピーダンス評価点		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	2及び3	3	異常なし。

4. 調査結果

(1) 外観調査

平成27年度から令和7年度までの調査結果を表-8に示す。

第2号落差工では、評価点が低い部分もみられるものの、図-5、図-6、図-7のとおり、いずれの落差工においても劣化度指数が40未満であり、健全度がC・Dであることから、健全な状態の評価となった。

表-8 外観調査評価点結果一覧表

調査箇所	外観調査	H27調査 (施工年)	H28調査 (1年目)	H29調査 (2年目)	H30調査 (3年目)	R 2調査 (5年目)	R 7調査 (10年目)
第1号	土中部	さび	3	3	3	3	2
		ふくれ	3	3	3	2	2
		われ	3	3	3	3	2
	気中部	はがれ	3	3	3	3	2
		さび	3	3	3	2	2
		ふくれ	3	3	3	3	2
第2号	土中部	はがれ	3	3	3	3	3
		さび	3	3	3	2	2
		ふくれ	3	3	3	2	2
	気中部	われ	3	3	3	3	3
		はがれ	3	3	3	3	3
		さび	3	3	3	2	2
第3号	土中部	さび	3	3	3	2	2
		ふくれ	3	3	3	3	3
		われ	3	3	3	3	2
	気中部	はがれ	3	3	3	2	2
		さび	3	3	3	2	2
		ふくれ	3	3	3	2	2

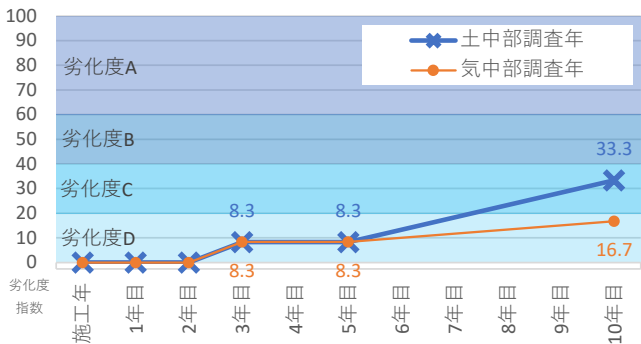


図-5 外観調査劣化度の推移（第1号落差工）

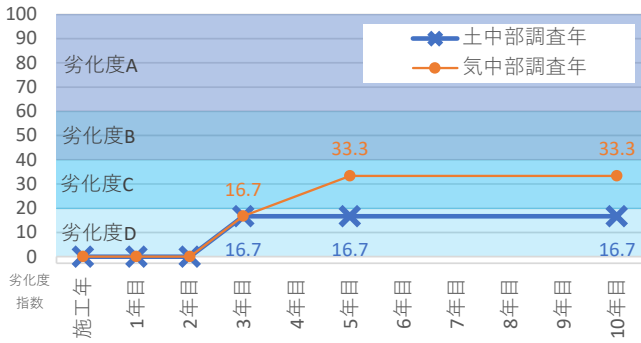


図-6 外観調査劣化度の推移（第2号落差工）

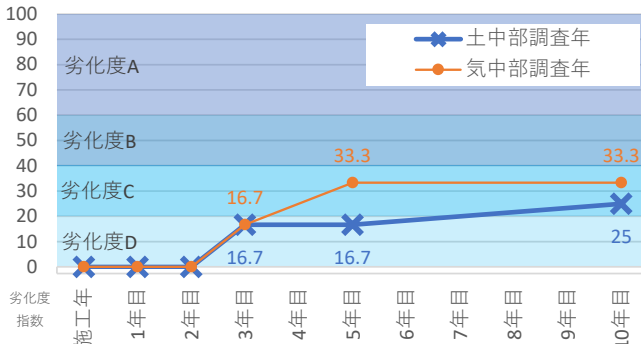


図-7 外観調査劣化度の推移（第3号落差工）

(2) 塗膜厚調査

平成27年度から令和7年度までの調査結果を図-8、図-9、図-10に示す。

塗膜厚は全ての落差工で5年目から10年目の間、ほぼ横ばいであり、管理基準値とした設計塗膜厚の90%以上が確保されているため、健全な状態の評価となった。

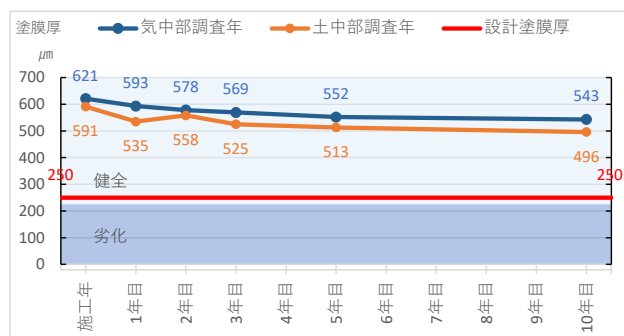


図-8 塗膜厚の推移 (第1号落差工)

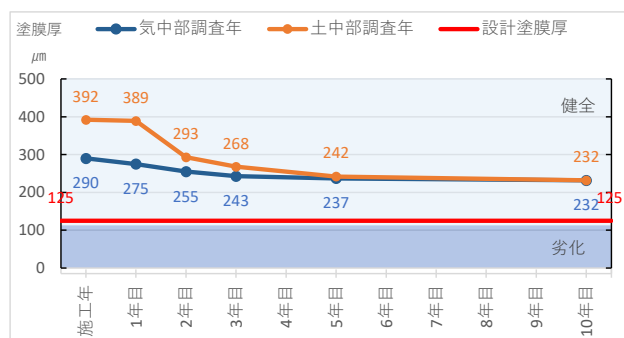


図-9 塗膜厚の推移 (第2号落差工)

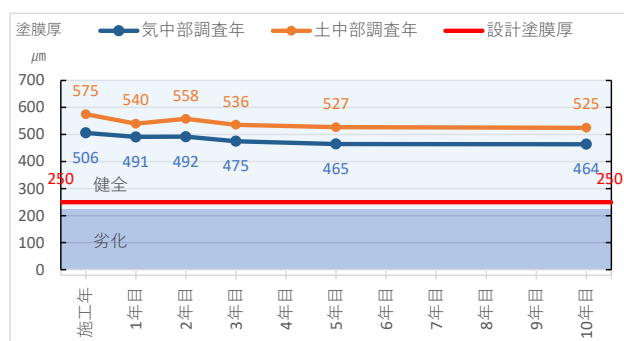


図-10 塗膜厚の推移 (第3号落差工)

(3) 塗膜付着力調査

平成27年度から令和7年度までの調査結果を図-11、図-12、図-13に示す。

全ての箇所において引張付着力が2.0MPa以上確保されているため、健全な状態の評価となった。

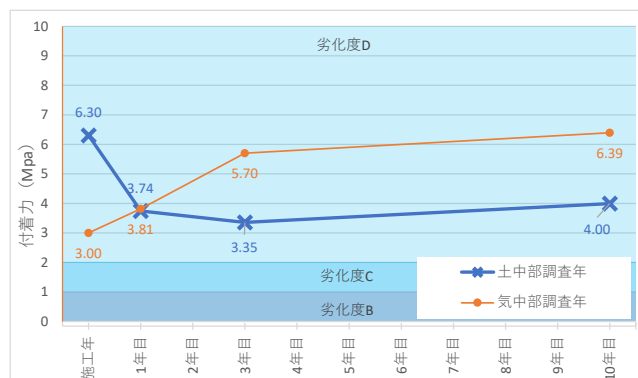


図-11 付着力試験の推移 (第1号落差工)

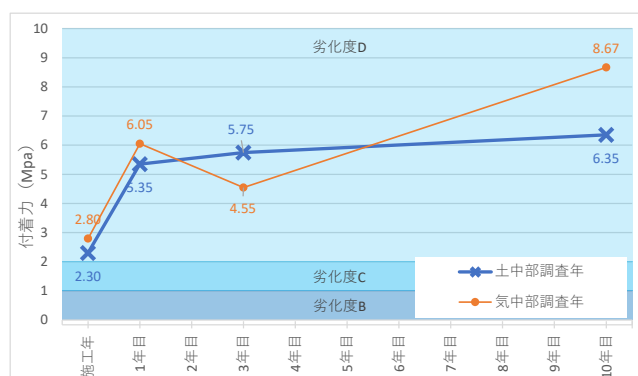


図-12 付着力試験の推移 (第2号落差工)

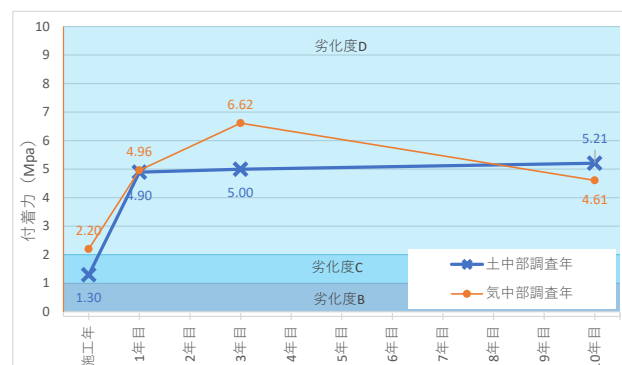


図-13 付着力試験の推移 (第3号落差工)

(4) 塗膜インピーダンス測定調査

平成27年度から令和7年度までの調査結果を表-9、表-10、表-11に示す。

第1号落差工・第3号落差工は、劣化度がC・Dであり、健全な状態の評価となった。第2号落差工の土中部では、劣化度Bの評価が含まれるため、劣化の進行がうかがわれる評価となった。

表-9 劣化度結果一覧表（第1号落差工）

施設名	測定箇所		劣化度					
			H27調査 (施工年)	H28調査 (1年目)	H29調査 (2年目)	H30調査 (3年目)	R 2調査 (5年目)	R 7調査 (10年目)
第1号	土中部	2 抵抗値		D	D	D	D	D
		容量値		D	D	C	D	D
		4 抵抗値	D	D	D	D	C	D
		容量値	D	D	D	D	D	C
		6 抵抗値		D	D	D	D	D
		容量値		D	D	C	C	D
	気中部	12 抵抗値		D	D	D	D	D
		容量値		D	D	D	D	D
		14 抵抗値		D	D	D	D	D
		容量値	D	D	D	D	D	D

表-10 劣化度評価一覧表（第2号落差工）

施設名	測定箇所		劣化度					
			H27調査 (施工年)	H28調査 (1年目)	H29調査 (2年目)	H30調査 (3年目)	R 2調査 (5年目)	R 7調査 (10年目)
第2号	土中部	1 抵抗値		D	D	D	D	B
		容量値		D	D	D	D	C
		3 抵抗値	D	D	D	D	B	B
		容量値	D	D	D	D	C	C
		5 抵抗値		D	D	D	D	D
		容量値		D	D	D	D	D
	気中部	11 抵抗値		D	D	D	D	D
		容量値		D	D	D	D	D
		13 抵抗値		D	D	D	D	D
		容量値	D	D	D	D	D	D

表-11 劣化度評価一覧表（第3号落差工）

施設名	測定箇所		劣化度					
			H27調査 (施工年)	H28調査 (1年目)	H29調査 (2年目)	H30調査 (3年目)	R 2調査 (5年目)	R 7調査 (10年目)
第3号	土中部	2 抵抗値		D	D	D	D	D
		容量値		D	D	D	D	D
		4 抵抗値	D	D	D	D	D	D
		容量値	D	D	D	D	D	D
		6 抵抗値		D	D	D	D	D
		容量値		D	D	C	D	D
	気中部	11 抵抗値	D	D	D	D	D	D
		容量値	D	D	D	D	D	D
		14 抵抗値		D	D	D	D	D
		容量値		D	D	D	D	D

5. 考察

10年間の調査の結果、第1号落差工・第3号落差工については、外観調査及び精密調査の劣化度評価結果に

関連性があり健全な状態であると評価した。

第2号落差工（土中部）については、外観調査等と塗膜インピーダンス測定調査の劣化度評価に関連性が確認できない部分があった。これは、外観に現れない塗膜内部で劣化が進行していることがうかがわれる。

6. おわりに

これまでの調査結果と同様に第2号落差工（B工法）は、第1号落差工・第3号落差工（A工法）に比べ劣化が進行している傾向が確認された。

また、素地調整が異なる第1号落差工・第3号落差工では、劣化状況に大きな差異は表れなかった。

今後、5年、10年経過するとさらなる劣化傾向が確認できると想定されるため、引き続きモニタリングを行い長期耐久性を検証していきたい。

謝辞：本報告の執筆に当たり多大なご指導・ご助言を頂いた関係者の皆様にこの場を借りて深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 佐藤嘉康、小林秀一(2017)：補修・補強に関するマニュアル「鋼矢板腐食対策編」（仮称）を策定するに当たって JAGREE information （一社）農業土木事業協会
- 2) 渡辺義孝、宮崎武博(2017)：排水路鋼矢板の表面塗装による補修工法の試験施工 農業土木北海道
- 3) 須藤勇二(2020)：排水路の鋼矢板落差工における表面補修工法の適用性 農業土木北海道
- 4) 国土交通省総合政策局建設施工企画課(2021)：機械工事塗装要領（案）・同解説
- 5) （社）日本建設機械化協会(2001)：機械工事塗装要領（案）・同解説
- 6) （社）日本鋼構造協会(2018)：鋼構造物塗膜調査マニュアル