

天塩沿岸地区における空気弁保護工内の 滞留水対策工法の適用性検証 —空気弁保護工の調査方法と滞留水対策—

留萌開発建設部 土地改良情報対策官

○ 穂原 浩

小笠原 章仁

木村 嘉宏

一般的に空気弁工は、路線の高位部に位置し、保護工内に水が滞留することはない。しかし、天塩沿岸地区の天塩第1送水路及び北川口用水路は、多くの空気弁保護工内に滞留水があり、空気弁の機能が発揮できない状況になっている。空気弁保護工内への水の浸入状況把握のため、可視・熱画像並列処理を行って浸入箇所を特定し、また、浸入水の防止策、耐酸性に着目したモニタリング等を検討した。本稿では、これら調査・検討内容について報告する。

キーワード：計画手法、設計施工

1. はじめに

天塩沿岸地区の天塩第1送水路（以後、天塩）と北川口用水路（以後、北川口）は、畑地かんがい用の農業用管水路である(図-1.1、1.2)。今回の調査対象施設は、

空気弁保護工（以後、保護工）内に地下水が浸入していた天塩の第8号、第9号、第11号、第13号、第14号、第17号空気弁工(6ヶ所)と北川口の炭谷、加納、加藤空気弁工(3ヶ所)の計9ヶ所である。

対象施設の諸元は、表-1.1に示すとおりである。



図-1.1 天塩沿岸地区位置図(Google マップを引用)



図-1.2 施設位置図

表-1.1 対象施設の諸元

施設名称	管種	口径 (mm)	流量 (m ³ /s)	延長(km)	施工年度	空気弁保護工 底板の特徴
天塩第1 送水路	DCIP, VU FRPM管	700 ~450	0.131 ~0.057	9.4	平成9年	基礎砕石 地下水浸透
北川口 用水路	DCIP, VM VP	450 ~300	0.109 ~0.053	12.5	平成11年 平成12年	コンクリート 地下水遮断



写真-1.1 天塩第1送水路保護工内 排水前



写真-1.3 北川口用水路保護工内 排水前



写真-1.2 天塩第1送水路保護工内 排水後



写真-1.4 北川口用水路保護工内 排水後

天塩の保護工底は、基礎砂利で地下浸透により浸入水を排除する方法が採用されている。また、空気弁は周辺の排水路の水面より高い標高に設置している。しかし、保護工内の水位は、周辺排水路の水位より高い状況である。

保護工内の滞水及び排水後の状況の事例を、写真-1.1、1.2に示す。

北川口の保護工底は現場打ちコンクリートを打設し、空気弁の立ち上がり管（以後、立上管）と底版の接続部にモルタルを充填して、浸入水を遮断する方法が採用されている。しかし、保護工内の浸入水は、天塩同様に周辺排水路の水位より高い。

保護工内の滞水及び排水後の状況の事例を、写真-1.3、1.4に示す。

前述の状況から、この原因を究明する調査及び対策工法の選定を行なうことになった。

2. 浸入箇所の特定

(1) 現地調査

対象施設の周辺は地下水位が高く、周辺土壌は主に重粘土からなり、難透水性である。

本地区は、地力保全基本調査成績書(天塩町)によると pH 4.1~6.0の範囲の土壌である。各空気弁工周辺の土壌のpHの測定結果は、表-2.1のとおり、ほぼ酸性土壌である。

表-2.1 各空気弁の周辺土壌の土質と pH

対策工実施地点			
空気弁名	土壌区名	周辺土質	土壌pH
第8号	雄信内	重粘土(硬く、低含水)	4.88
第9号	西産土	重粘土(硬く、低含水)	5.96
第11号	干拓中央	重粘土(軟らかく、高含水)	4.51
第13号	干拓中央	レキ含み(硬く、低含水)	5.08
第14号	干拓中央	重粘土(硬く、低含水)	5.20
第17号	北更岸	重粘土(硬く、低含水)	4.77
炭谷	雄信内	重粘土(中、一般的)	5.01
加納	雄信内	重粘土(中、一般的)	5.39
加藤	雄信内	重粘土(中、一般的)	5.68

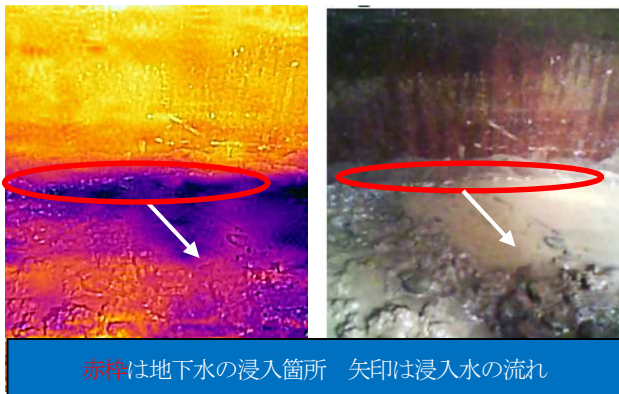
(2) 浸入状況

保護工は、基礎砂利から地下水が浸入していることは、近接目視で確認できたが、通常の写真撮影だけでは、湧水の状況を説明することが困難であった。また、北川口は、立上管周辺のモルタル充填箇所や底版から地下水が浸透してきていたが、天塩と同様に、近接目視で湧水を確認できても、水量が小さいため、通常の写真撮影だけで、説明することは困難であった。

このため、Android (Google) 及びiOS (アップル) 用のスマートフォンに接続することで可視画像と熱画像の両方の写真撮影が可能であり、且つ安価で軽量 (32g) な「FLIR ONE」(写真-2.1) で撮影した画像は、温度が高い場合は赤、温度が低い場合は群青色になる特徴があるため、これを使用して、調査写真の撮影を行なった。



写真-2.1 FLIR ONE (赤枠内)



赤枠は地下水の浸入箇所 矢印は浸入水の流れ

写真-2.2 基礎砂利からの浸入

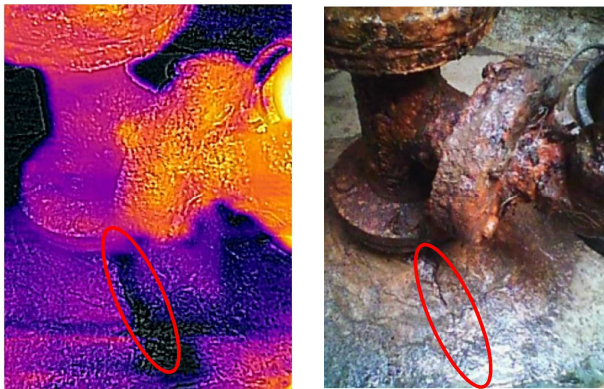
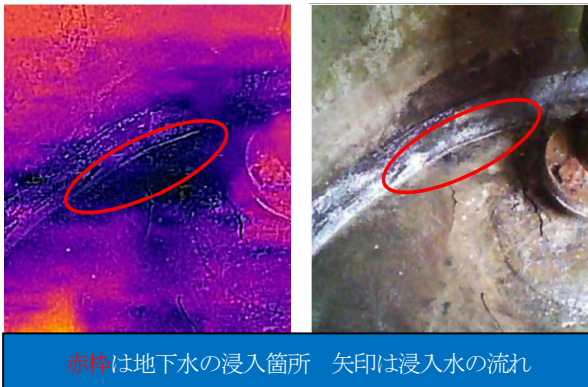


写真-2.3 モルタル部からの浸入



赤枠は地下水の浸入箇所 矢印は浸入水の流れ

写真-2.4 空気弁保護工と底版の接続部からの浸入

また保護工内の滞水は排水後数十分で水位が回復する。

(3) 浸入箇所の特定

天塩では、写真-2.2のように可視画像(写真右側の通常の写真撮影画像)と熱画像(写真左側の赤外線画像)の並列表示を行うことで保護工底の地下水浸入箇所を特定できた。地下水は図-2.1のように基礎砂利から供給されている可能性が高いと考えられる。

北川口の空気弁工では、立上管と底版の接続部の穴をモルタルで充填して、剛結の状態になっている。このような方法を用いた場合、保護工の沈下などによって写真-2.3のようにモルタル部のひび割れから地下水が保護工内に浸入する。写真-2.3の浸入水は、乾いた布でふき取った後、近接目視で確認できたが、通常の写真では、その状況を明らかにできない。しかし写真-2.3の赤外線画像では、赤枠の位置から地下水が染み出ていることを確認することができた。

各空気弁工では、写真-2.4のように二次製品の保護工と底版の接続部から地下水が浸入していることを赤外線画像で確認することができた。

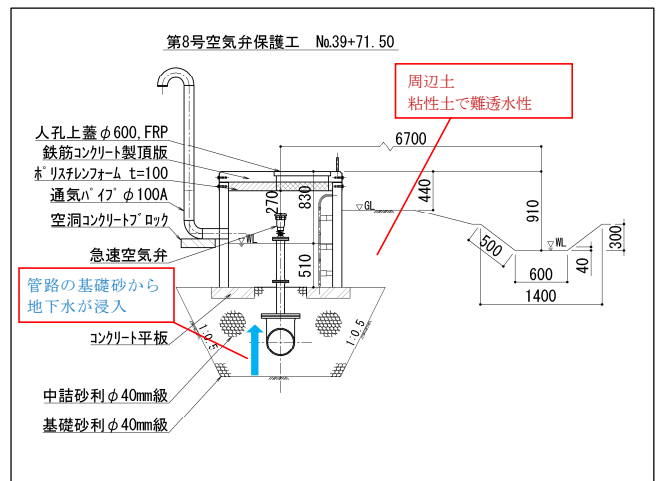


図-2.1 天塩第1送水路の空気弁工

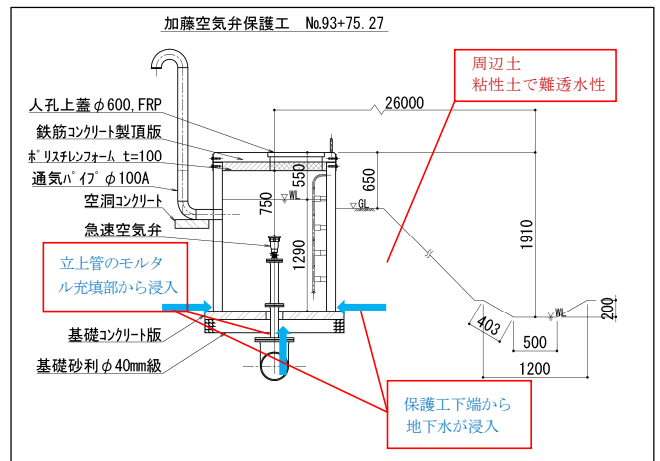


図-2.2 北川口用水路の空気弁工

保護工内の滞水は排水後数十分で水位が回復する。また、周辺の土壌は土壌調査の結果より粘土で難透水性であることから、被圧した地下水が管水路の基礎砂から図-2.2の経路で供給されている可能性が高いと考えられる。

浸入の原因としては、酸性土壌の継続的な接触によって、モルタルの中性化の進行や化学的腐食を生じたことが浸入の原因となった可能性がある。

3. 対策工法の選定

(1) 閉塞工の材料選定

保護工の水没対策工法は以下の2点を考慮した弾性のある資材をもって閉塞し、止水をおこなう。

①保護工基礎から保護工内への水の浸入そのものを遮断すること。②保護工底部の開口部から保護工内への立上管(鋼製管)と保護工の剛結防止を考慮すること。

開口部を閉塞する材料は、水路目地補修工法の内、充填工法で採用されている資材を選定している。しかし、水路の目地補修工としては実績があっても、地下水の圧

力を受ける条件下において、「充填した弾性資材が立上管(鋼製管)と、どの程度、継続して付着し続けられるか」については検証が必要である。

また、当該地域の土壌は、pH 5付近の酸性土壌であるため、「酸性土壌において資材の付着力維持がどの程度可能か」についても検証が必要であり、耐酸性の評価を行う。

以上を踏まえ、以下の3種類の材料を選定する。①農業水利施設で目地充填工法として主に用いられている1成分型ウレタン系樹脂。②耐水性、耐酸性に優れる2成分型エポキシ系樹脂+変性シリコン樹脂。③シーリング材の吸水・膨張作用により高い止水性を有する1成分型水膨張性シーリング+シリコンシーリング。

このうち①からは留萌開発建設部管内で開水路の目地材として試験施工実績のあるAS-920を選定した。②からは下水道などの酸性環境で施工実績のあるAS-910を選定した。③からはシーリング材の中で唯一水膨張性の製品であるリークマスターを選定した。各材料選定の詳細は、表-3.1に示す。

表-3.1 対策工法の材料の選定

成分	特性	工法名	施工性・耐酸性・コスト	選定理由
・1成分型 ウレタン樹脂	・水路の目地部の補修工法として普及 ・施工性に優れる ・対候性、耐水性に優れる	・AS-920 ・シーカフレックスPRO2UV土木 ・高機能シール材PU1 ・HS-シーリング ・PW目地(タイプA) ・ボンド土木用シール極	各工法の特性が類似しているため、代表的な性能を示す。 (施工性) ・1液性のシーリング材であり施工が非常に容易 ・施工温度5℃以上 (耐酸性) ・主材料がウレタン樹脂であり、弱酸性環境下であれば使用可能。試験結果なし。 (標準単価) ・□10×10mm 2.5千円/m程度(延長100m、下地処理なし)	・類似した工法であり、物性・施工性・コストに大きな違いなし。 ・留萌開発建設部管内において開水路の目地材として試験施工実績があり、比較検討が容易であるAS-920工法(S社)を採用する。
・2成分型 エポキシ系樹脂 + 変性 シリコン樹脂	・高伸縮性、高接着性 ・耐水性、耐酸性に優れる	・AS-910 ・TS目地ガード	(施工性) ・2液性のシーリング材であり、材料の混合が必要となるが施工は容易 ・施工温度5℃以上 (耐酸性) ・AS-910:下水道での施工実績あり。 試験結果として10%の硫酸水溶液に60日間浸漬してもふくれ・割れ・軟化・溶出なし。 ・TS目地ガード:主材料がシリコン樹脂であり、耐酸性を有す。試験結果なし (標準単価) ・□10×10mm 両工法2.5千円/m(延長100m、下地処理なし)	・下水道などの酸性環境で施工実績のあるAS-910工法(S社)を採用する。
・1成分型水膨張性 シーリング + シリコン シーリング	・吸水膨張による拘束圧により高い止水効果を発揮	・リークマスター	(施工性) ・2液性のシーリング材であり、施工は容易 ・施工温度5℃以上 (耐酸性) ・主材料がシリコン樹脂であり、耐酸性を有す。試験結果なし。 (標準単価) ・□10×10mm 2.3千円/m(延長100m、下地処理なし)	・シーリング材の中で唯一、水膨張性の製品であるリークマスター工法(SI社)を採用した。従来工法代表の「AS-920」、耐酸性環境代表の「AS-910」と、効果を対比する。

(2) 路線別の保護工の対策

天塩の保護工は、図-3.1のように底版を打設して、3種類の材料を保護工と底版の接続部及び立上管と底版の接続部に充填する。

北川口の保護工は、図-3.2のように立上管と底版の接続部のモルタルを撤去後、3種類の材料を保護工と底版の接続部及び立上管と底版の接続部に充填する。

(3) 対策工法の配置

北川口の保護工底版に作用している地下水の圧力水頭は、0.46~1.43mである。このため、表-3.2に示すように各対策工法の材料を0.5m、0.9m、1.4mの3種類の圧力水頭区分に配置した。

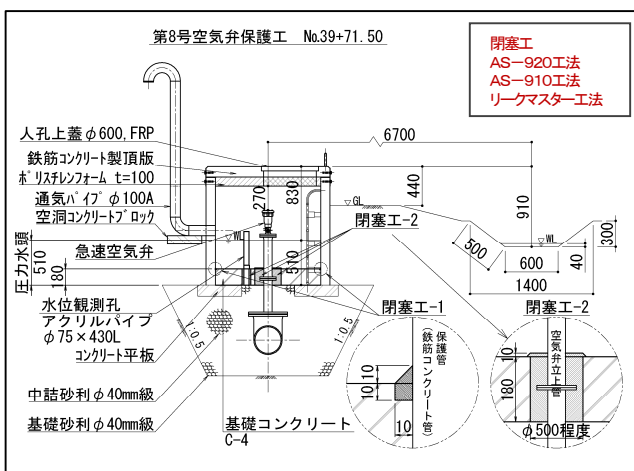


図-3.1 天塩第1送水路 空気弁工の対策工法

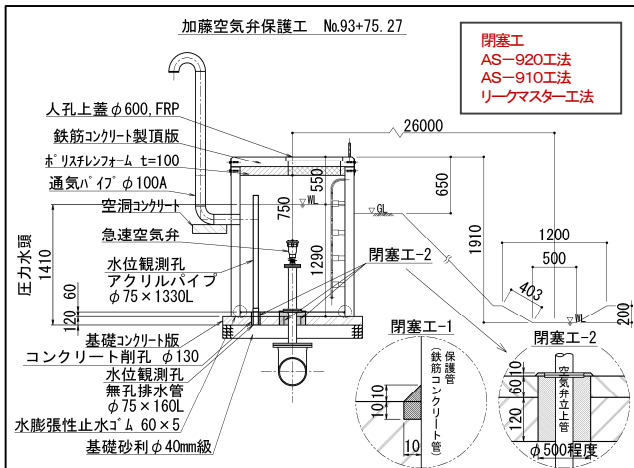


図-3.2 北川口用水路 空気弁工の対策工法

表-3.2 対策工法の配置

路線名称	天塩第1送水路						北川口用水路		
	第8号	第9号	第11号	第13号	第14号	第17号	炭谷	加納	加藤
地下水の圧力水頭 0.5m	AS-920				AS-910	リークマスター			
地下水の圧力水頭 0.9m		AS-920	AS-910	リークマスター					
地下水の圧力水頭 1.4m							AS-920	AS-910	リークマスター

4. おわりに

赤外線（熱画像）撮影は、今まで専用の赤外線カメラを用いて、ブロック下面の空洞や大規模構造物やマンションなどの高層建築物のひび割れ調査に利用されてきた。

今回の調査では、スマートフォンに取り付ける安価な赤外線カメラを利用して、漏水箇所調査を試みることにした。その結果、今まで漏水箇所を明確に示すことができなかったコンクリートのひび割れからの微量の漏水や水中部の漏水箇所を写真で表現することができた。

今後は、近接目視ができない大規模構造物やブロック下面の空洞調査だけではなく、各種構造物のひび割れや漏水箇所調査に広く用いることが望まれる。

地下浸透型の施工条件となる空気弁保護工は、雨水や地下水の浸入を防止するための浸入を防止するための閉塞工の対策として、pHや地下水の圧力水頭に応じた良好な材料の選定が必要となること、施工時の施工管理、品質管理で留意すべき点を把握することが、対策工法の検討において重要であると考えられる。

次年度以降は、閉塞工の比較試験工事及びモニタリング調査を実施し、これらの検証をする予定である。

モニタリング内容は、①閉塞工に対する近接目視調査、②赤外線カメラによる漏水箇所調査、③材料硬度の計測、④赤外線分光分析（FTIR フーリエ変換型）を用いた劣化状況の確認、⑤赤外線分光分析の加水分解度合の定量分析値と材料硬度の関連に関する分析、⑥周辺環境の影響を確認するための地下水のpH調査、水位調査を予定している。

その検証結果により、地下浸透型の現場条件に適合した工法としての評価をすることで、空気弁保護工の長寿命化に大きく貢献することが期待される。