

# コンクリートフルームの補修における 工法の検討事例

## — 剣和幹線用水路の補修工法を事例として —

旭川開発建設部 名寄農業開発事業所 ○大庭 伊織  
馬島 修  
鳥海 昌彦

昭和40年代に造成された剣和幹線用水路は、凍害劣化等に起因した経年劣化により農業用水の安定供給に支障をきたしていたことから、国営施設応急対策事業において、幹線用水路の機能を保全するための整備を行った。劣化要因のうち、凍害は、立地条件や気象条件等の影響を受け、同一区間においても劣化の程度が異なる。このため、凍害劣化区間について、現地調査結果に基づく補修工法の検討事例を報告するものである。

キーワード：ライフサイクルコスト、長寿命化、維持・管理、設計・施工

### 1. はじめに

国営総合かんがい排水事業「天塩川上流地区」（昭和42年度～昭和61年度）により造成された剣和幹線用水路は、凍害劣化等に起因した経年劣化により農業用水の安定供給に支障をきたしており、施設の維持管理に多大な費用と労力を要している。このため、国営施設応急対策事業「てしおがわ剣和地区」において、幹線用水路の機能を保全するための整備を行うことにより、農業用水の安定供給及び施設の維持管理の軽減を図り、農業生産性の維持及び農業経営の安定に資することを目的として事業を行っている。

工事の実施にあたり、劣化状況を確認したところ、凍害区間（詳細は後述）では、同一区間においても劣化の程度が異なっていたことから、詳細な現地調査を行い、補修工法の検討を行った。

### 2. 改修区間の劣化区分

用水路の劣化具合を大別すると、凍上により水路側壁が傾倒する凍上区間と凍害によりコンクリート水路表面が劣化する凍害区間に区別される。凍上区間は、内部応力が破綻して破壊が生じたことにより、側壁がコンクリートの終局限界である傾斜角度 $0.2^\circ$ 以上傾倒していることから、全面改修とした。一方、凍害区間は、現地調査の結果、コンクリートフルームの構造上の応力的な破壊が生じておらず、凍害による部分的な劣化現象と判断されたため、補修とした。

事業計画における改修区間と非改修区間及び劣化区分（傾倒区間、凍害区間）を図-1に示す。改修区間は、工

事の実実施設計において詳細な現地調査を行い改修工法を設定した。凍上による傾倒区間は上流部に多く、下流部は専ら凍害区間となっている。

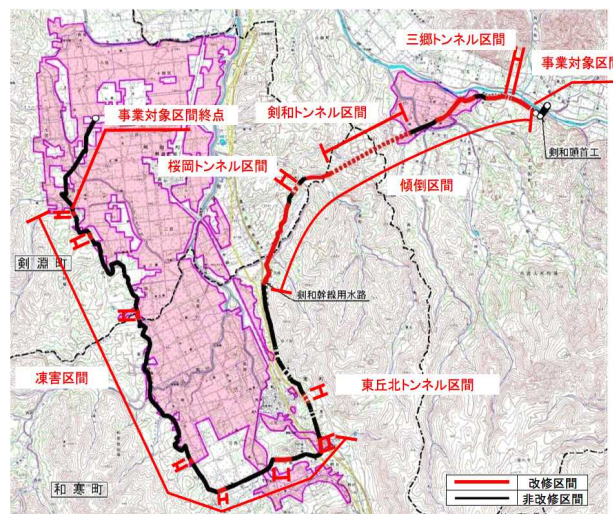


図-1 改修区間、非改修区間及び劣化区分

### 3. 凍害区間の劣化要因と形態

#### (1) 凍害劣化

凍害劣化（写真-1）は、硬化したコンクリート表面内部の水分が凍結するときの体積膨張によって発生するものであり、長年にわたり凍結と融解を繰り返すことでコンクリートのひび割れや剥離等が生じる劣化現象である。凍結と融解による凍害劣化は、コンクリートフルーム水路への太陽光のあたり方や水分の供給並びに外気温の温度変化に大きく影響され、同一区間においても劣化の程

度が異なる。



写真-1 凍害劣化状況

## (2) 摩耗劣化

詳細な現地調査により、凍害区間では摩耗劣化（写真-2）も確認された。摩耗劣化は、コンクリートフルームの底版部においては砂やレキの転がりによる摩耗が生じ、側壁部では流水に接している部分においてセメント成分が溶出して表層部を脆弱化し、脆弱化した部分を流水が剥ぎ取って摩耗が促進される。



写真-2 摩耗劣化状況

## (3) コンクリート劣化の形態

剣和幹線用水路におけるコンクリートフルームの凍害区間では、側壁上部において凍害劣化が生じ、用水が通水する水位以下で摩耗劣化が生じている。改修区間において凍害劣化と摩耗劣化が重複して生じている部分は、踏査の結果存在しなかった。従って劣化状況は、左右岸の側壁上部の凍害劣化と通水時水位以下の摩耗劣化の組み合わせによる劣化形態となる。凍害劣化は、凍結融解により進行するため、劣化が著しい部位では、鉄筋が露出するまで発達する場合もある。一方、摩耗劣化は流水に起因した摩耗であることから用水が流れる水位以下しか生じない。また、劣化の程度も最大で1cm程度の摩耗となっている。現地で確認された劣化の組み合わせ（以下3ケース）について解説する。

OBA Iori, MAZIMA Osamu, TORIUMI Masahiko

## a) 摩耗劣化のみの区間

太陽光の直射が用水路にあたらなため、凍結融解の繰り返しが発生せず側壁上部の凍害劣化が生じず通水による摩耗劣化しか生じていないケース（図-2、写真-3）

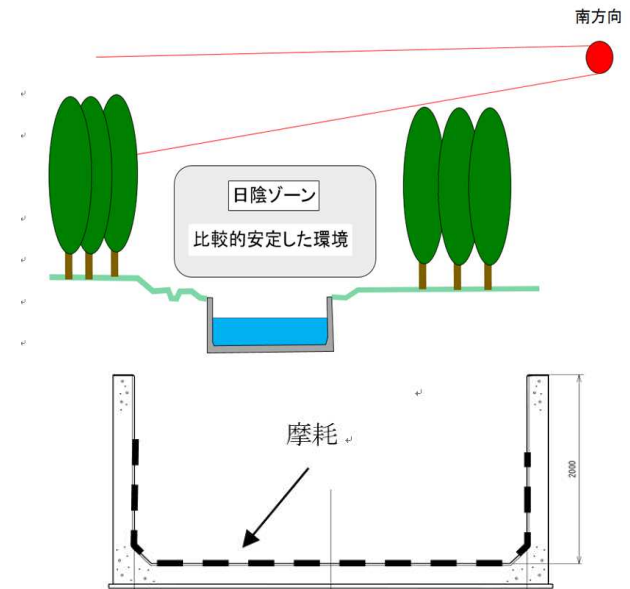


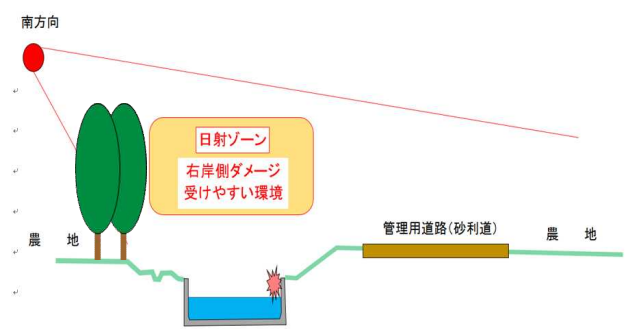
図-2 日射条件と凍害劣化の関係（直射無し）



写真-3 遮光物がある用水路

## b) 片側側壁上部凍害劣化+摩耗劣化区間

水路側壁の片側のみ太陽光の直射があたる場合や水分の供給が片側側壁しかなく、片側側壁上部に凍害劣化が生じ通水による摩耗劣化が生じているケース（図-3、写真-4）



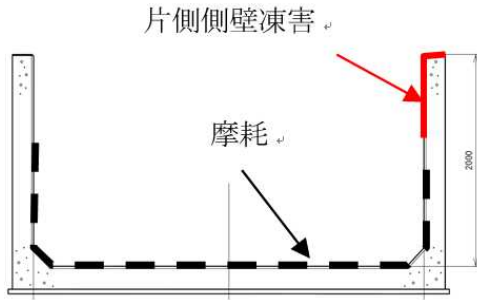


図-3 日射条件と凍害劣化の関係 (片側直射)



写真-4 凍害劣化と摩耗劣化の状況

c) 両側側壁上部凍害劣化+摩耗劣化区間

太陽光の直射があたり、両側の側壁上部に凍害劣化が生じ通水による摩耗劣化が生じているケース (図-4、写真-5)

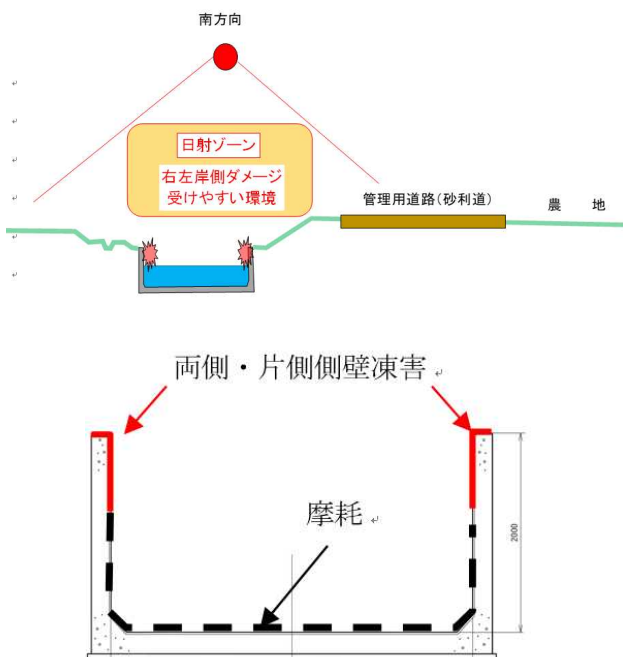


図-4 日射条件と凍害劣化の関係 (両側直射)



写真-5 遮光物のない用水路

4. 凍害区間の設計

(1) 凍害区間の機能診断

実施設計段階のコンクリートフルームの機能診断調査では、バレル毎に近接目視調査を行った。側壁部では、これと合わせて劣化区間毎の代表地点において、リバウンドハンマーによる強度試験、削りだしによる鉄筋検査、中性化調査等を実施した。なお、底版部では、躯体の湿潤により、推定強度試験にて正確な結果が期待できなく、かつ中性化試験(ドリル法)においても試験が困難であるため、コンクリートコアの採取を行い、室内試験でコンクリート圧縮強度試験、超音波伝搬速度試験等を実施した。

試験結果の一覧を表-1に示す。近接目視調査による健全度は、S-2 (補強) 程度が1箇所、その他の箇所はS-3 (補修) 程度であった。しかしながら、S-2箇所におけるリバウンドハンマーによる強度試験ではコンクリート強度が設計基準強度の21N/mm<sup>2</sup>を満たしているのに対し、S-3箇所ではコンクリート強度が16.7N/mm<sup>2</sup>程度であり、設計基準強度を満たしていない箇所も存在した。特に凍害劣化箇所 (側壁上部) において設計基準強度を満たしていない箇所が見られたが、その他の部位のコンクリートは、全く健全であり強度も十分にある状態であった。

以上のことから外観の劣化と内部の劣化は必ずしも相関性があるとは限らないことが推定される。また、底部におけるコンクリートコアの表層5mm未満の箇所での相対動弾性係数が低下している箇所が見受けられるが、コンクリート内部は健全であることから表面のみの摩耗による粗骨材の流失による強度低下と推定される。

表-1 試験結果の一覧

試験項目	凍害の有無	強度		鉄筋腐食調査		中性化調査		コアの強度	
		リバウンドハンマー	判定 21N/mm <sup>2</sup> 以上	判定 0:腐食なし I:部分的腐食 II:全体腐食 III:軽微な欠損腐食 IV:著しい欠損腐食	判定 Ⅲ以上	判定 はつり部	判定 残り10mm以上	判定 21N/mm <sup>2</sup> 以上	
右側壁	あり(上部)	16.7~37.1	△	0.1	○	24.3~75.1	○	-	-
	なし(下部)	26.8~48	○	0.1	○	-	-	-	-
	底版	-	-	-	-	-	-	25.7~47.9	○
左側壁	あり(上部)	21.1~50.8	○	0.1	○	34.8~73.7	○	-	-
	なし(下部)	28.8~45.9	○	0.1	○	-	-	-	-
試験項目	凍害の有無	判定 13.1N/mm <sup>2</sup> 2以上	判定 残り10mm 以上	判定 残り10mm 以上	判定 70%以上	コアの静弾性係数		コアの中性化調査	
右側壁	あり(上部)	-	-	-	-	コア裏層5mmの相対動弾性係数		総合判定	
	なし(下部)	-	-	-	-	70%以上		打換え 補修	
	底版	17.9~33	-	59.3~155.7	△	45~77		補修	
左側壁	あり(上部)	-	-	-	-	-		補修	
	なし(下部)	-	-	-	-	-		補修	

※ 1:底版の相対動弾性係数不足は摩耗によるものと判断。  
2:鉄筋腐食のうち、0~1については施工時に防錆処理を行うことから問題なしと判断。

## (2) 機能診断結果による凍害区間の補修工法

機能診断調査の結果、日射の影響が大きい南向き及び西向き側の側壁に対しては、凍結融解の頻度が高く凍害による変状が多く確認された。一方、日射の影響が少ない側壁及び流水部となる底版及び側壁については、凍害による影響が少なく、表面の摩耗部分を除いて健全な状況であった。以上の結果から、凍害が劣化要因となっている箇所については、必要な対策として、該当箇所の「部分打換え工法」を選定した。打換え部は、各区間において凍害変状が確認された範囲とし、水垢及び流水による経年摩耗を確認した上で、水路天端から90cmの範囲を対象とした。また、通水部においては躯体強度を有しているものの、側壁及び底版ともに経年劣化による摩耗が見受けられ、粗度係数の増加による水路機能低下の要因となっている。この状況を踏まえ、中長期的に施設の機能を適切に保全する観点から、その対策として「表面被覆工法」を選定した。

## (3) 施工前調査結果による凍害区間の補修工法

機能診断結果により選定した工法では、各区間において凍害劣化が確認された範囲について、一律に水路天端部から90cmの範囲を打換え工法の対象とした。しかしながら、工事実施前の現地確認において、凍害劣化が確認された範囲は、水路天端部から90cmの範囲まで進行していた区間は一部であり、劣化が水路天端部から20cm程度の範囲も存在した。加えて、凍害劣化がコンクリートフルーム全体まで進行していた範囲についても一部であり、表層10cm未満の表面的な劣化に留まる範囲も存在した。以上の結果から、「部分打換え工法」(写真-6)を行う範囲は、各区間において凍害劣化がコンクリートフルーム全体に確認された範囲を基本とし、劣化の進行状況を確認した上で、水路天端部から20~90cmの範囲を対象とした。また、凍害劣化が表層10cm未満の表面的な劣化に留まる範囲については、「断面修復工法」(写真-7)を選定した。



写真-6 部分打換え工法



写真-7 断面修復工法

また、劣化が軽微な箇所については、必要な対策として摩耗部と同様の観点から「表面被覆工法」(写真-8)を選定した。

R3年度より着手した凍害区間の工事では、コンクリートフルームのバレル毎の劣化状況を、凍害劣化部の有無及び劣化進行状況によりに4パターンに分類し、以下の補修工法を検討し、工事を実施した。



写真-8 表面被覆工法

表-2 検討した補修工法の一覧

劣化区分	補修工法
凍害劣化(全体)+摩耗劣化	打換え工法+表面被覆工法
摩耗劣化	表面被覆工法
凍害劣化(表面)+摩耗劣化	断面修復工法+表面被覆工法
凍害劣化(全体)+凍害劣化(表面)+摩耗劣化	打換え工法+断面修復工法+表面被覆工法

## 5. おわりに

国営施設応急対策事業「てしおがわ剣和地区」は平成27年度に着工し、令和5年度末に完了を予定している。コンクリートフルームの改修は、令和4年度までで凍上区間とトンネル区間の改修が完了し、残りは凍害区間の

一部を残すのみである。

令和3年度からの凍害区間の工事にあたり、コンクリート側壁の取壊しや既設鉄筋コンクリートとの接合など施工方法について詳細に検討してきた。令和5年度の完了を滞りなく迎えらるよう、今後も現場状況の実態に合わせた施工方法の検討に努めていきたいと考えている。

**謝辞：**（株）三幸ランドプランニング福原新五氏には調査設計の細部にわたってご協力をいただいたことに謝辞を申し上げる。