

コンクリート構造物の寒冷地特有の劣化に関する調査・抑制方法

An Estimation and Control Method of Frost Damaged in Concrete Structures

水工事業本部 水工第2部 澤田 貴司



概要(Abstract)

北海道等の積雪寒冷地に設置されているコンクリート構造物は、冬期間の凍結融解作用による凍害劣化を生じ易く、また、沿岸地域等では設置環境により飛来塩分、或いは道路への凍結防止剤の散布によって、塩害との複合劣化へと進展する可能性がある。

本稿では、道内に設置されている樋門管の劣化事例を紹介した上で、これまで私が担当した樋門劣化度調査の結果に基づき、特に凍害劣化に着目した劣化診断、及び補修対策の概要について紹介するものである。

1. はじめに

河川分野の維持管理については、これまで既存する施設の機能を的確に維持することを目的として、調査点検記録(状態管理)を基に、損傷の有無や進行程度を把握し、施設の保全を図る事後保全的な維持管理手法が実施されてきた。

河川構造物のうち、堤防を横過して設けられる樋門管に関しては、洪水時において確実な堤防機能の確保が重要であり、主要な構造部に対しては的確な機能、十分な安全性を確保・保持していくための保全対策が益々重要である。

今後は、厳しい財政状況の背景もあり、コンクリート構造物の戦略的な維持管理に加えて、これら構造物の長寿命化に向けた予防保全対策が一層求められている。

2. 樋門管の劣化事例

樋門等の水理構造物は、使用条件から、流水の影響を受け易いため、コンクリート表面の摩耗(断面減少)、礫の表出といった経年的な劣化は避けられない。

一方、図-1 に示した地域の設置後 30 年以上の樋門の中には、供用期間の環境条件等によって、複合的な劣化現象を生じているものも少なくない。



図-1 調査地域(赤表示箇所)

一般に既設樋門で顕在化している代表的な外観上の変状として、次の 4 つを挙げることができる。

- ①微細ひび割れ(幅 0.2mm 以下)
- ②エフロッセンス(遊離石灰)の析出
- ③コンクリートの剥離・剥落
- ④ひび割れ部等からの漏水

上記の変状を環境条件より区分すると、概ね以下となる。

①門柱、翼壁等の外部環境の影響を受け易い部材:微細ひび割れ、剥離・剥落

②函体等の外部環境の影響を比較的受け難い部材:エフロッセンスを伴うひび割れ、鉄筋の腐食、漏水



写真-1 門柱・胸壁の劣化状況



写真-2 函体内部の劣化状況

2. 樋門劣化度調査

2.1 劣化度調査

現在、樋門の劣化度調査(一次調査)では、主に次の項目について実施している。

- ① 外観目視調査
- ② 鉄筋腐食調査 : はつり ※中性化試験併用
- ③ 強度測定試験 : 非破壊表面強度試験
- ④ 函内沈下調査 : 水準測量又は水深測定

2.2 調査結果に対する評価

以下に、調査結果に対する評価・検討の手順、及び箇所別の発生変状とその分類の例を示す。

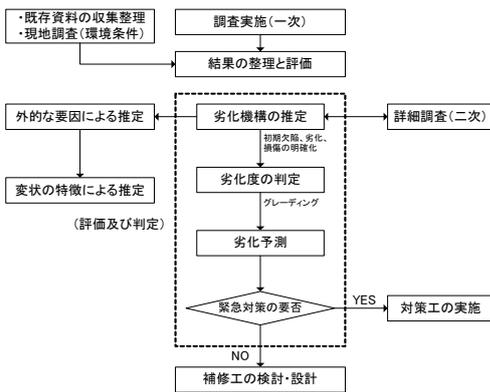


図-2 損傷原因の評価・検討フロー

表-1 樋門構造部の発生変状とその分類の例

箇所	主な変状	変状の分類		
		初期欠陥	損傷	経年劣化
A. 門柱・翼壁	表面の肌荒れ			○
	ひび割れ	○	○	○
	コンクリートのスケーリング			△
	変色(エフロレンセンス)			△
	コンクリートの剥離と内部鉄筋の露出・腐食	○		
B. 函体内部	ジャンカ			○
	ひび割れ	○	○	○
	コンクリートの剥離・剥落			△
	ハンチ部の内部鉄筋の露出・腐食	○		
	漏水・変色		△	△
	礫の表出			○

凡例○: 主因, △: 副因

備考)

- 1) 表面の肌荒れ : 経年的な使用環境条件によるペースト部の軟質化。
- 2) スケーリング : 主として微細ひび割れの進展に伴う二次的な変状。
- 3) 鉄筋の露出 : 鉄筋腐食に伴うコンクリートの剥離剥離によるもの。
- 4) ジャンカ : 施工不良 ※表層のペースト部分の剥離により顕在化したものも含む。
- 5) 漏水・変色 : ひび割れや継手から生じている二次的な変状による。経年劣化として評価。
- 6) 礫の表出 : 函体底版部に発生。流水によるモルタル部の摩耗。

一般に、ひび割れの発生は、コンクリートの体積変化と拘束条件に起因するものであるが、その要因は非常に多く、複合して発生していることが多い。

このため、ひび割れの発生原因を推定する際には、コンクリートの配合条件や施工方法、ひび割れの発生時期、荷重条件等の情報が必要となる。

これらの資料が不足する場合には、以下に挙げるような事象を総合的に評価・判定する。

- イ) 供用年数、使用環境条件(気温、日射)
- ロ) ひび割れの位置、パターン、表面の乾湿有無
- ハ) 地盤条件と基礎形式、沈下状況

なお、調査結果を図-3のように整理しておく、堤防とひび割れ等の変状の位置を明確化できるため、外力との因果関係を比較的把握し易く、かつ今後点検の際のベンチマークとしても有効である。

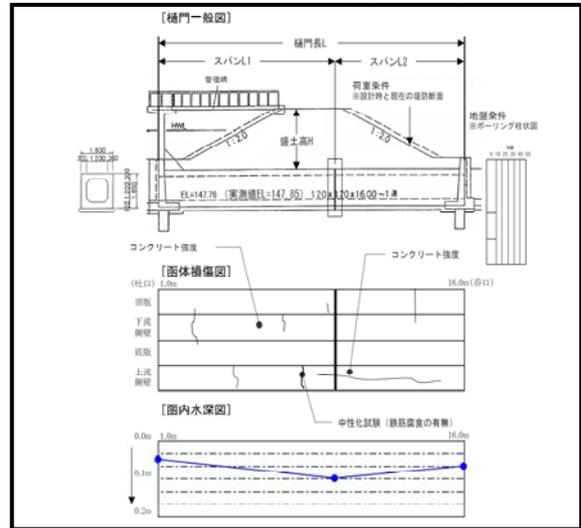


図-3 調査結果の取りまとめ例

3. 劣化診断

構築年の古い樋門で発生しているひび割れは、調査結果から、主にコンクリートの品質要因(使用材料、施工)と供用期間の環境要因の影響が大きいと想定され、ひび割れの進展によって内部鉄筋の腐食やコンクリートの剥離を生じている場合が多い。

特に操作台で見られるひび割れの大半は、凍害によるスケーリングとともに発生している。

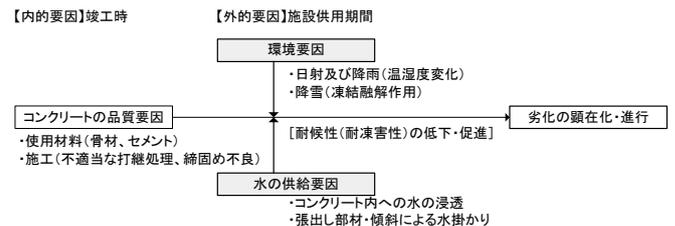


図-4 操作台劣化の過程図

3.1 凍害劣化の把握

凍害とは、コンクリート中に含まれた水が凍結する際の膨張圧(約 9%)により、コンクリートにひび割れ、スケーリング、ポップアウト等を生じさせる現象であり、これらは時間経過にほぼ比例して進行する。

凍害劣化の進展に伴う部材の性能低下の概念は、次図のように整理される。

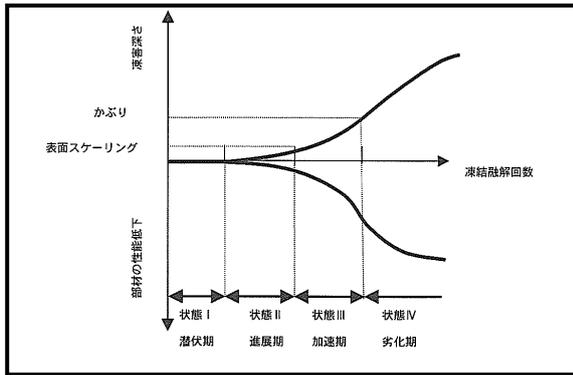


図-5 凍害劣化過程の概念図

樋門の門柱部は、地上より突出した状態で設置されるが、中でも水平部材である操作台は、他部材に比べ長期間の積雪によって、凍結融解作用の繰り返しを受け易いため、表面の脆弱化やスケーリングを顕在化する傾向にある。

図-6 は、操作台における諸条件と凍害劣化との関係を示したものである。

これによると、操作台で顕在化する凍害劣化は、損傷程度にバラツキが見られ、凍害環境に加え、コンクリートの内部条件(w/c、空気量等)、経過年数、断面寸法等の影響が複合していることが分かる。

S50年以前に築造された小規模な樋門管では、特に操作台の断面寸法が小さい(1~2m³程度以下)ことから、劣化の進行速度が速く、断面欠損に進展し易い状況下にある。

3.2 耐凍害性の判定

コンクリートの耐凍害性に関しては、一般に水分の移動距離と相関のある気泡間隔係数により説明されることが多く、空気量が一定であれば、微小気泡が密に存在するほど、膨張圧に対する緩和効果が増加し、耐凍害性が高まるとされている。

このため、コンクリートに凍害と思われる変状が認められる場合には、コンクリート中に規定値相当の空気量が確保されているか、また気泡間隔係数がどの程度であるかなどを確認(図-7)することで、比較的迅速に耐凍害性に関する定量的な評価を行うことができる。

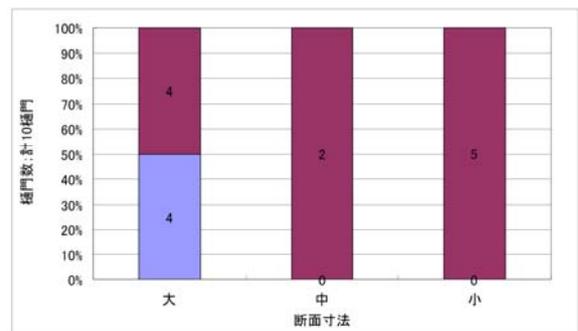
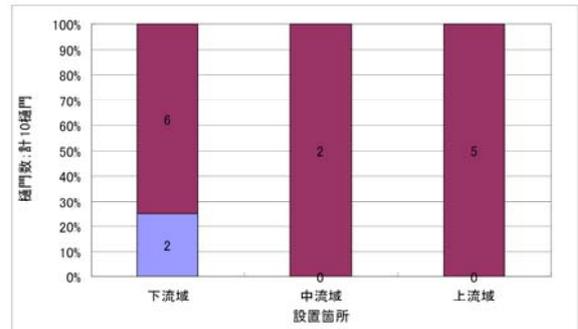
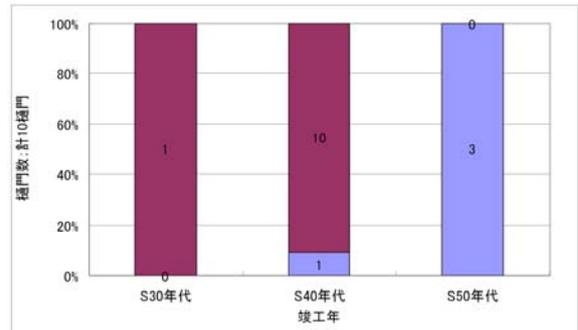
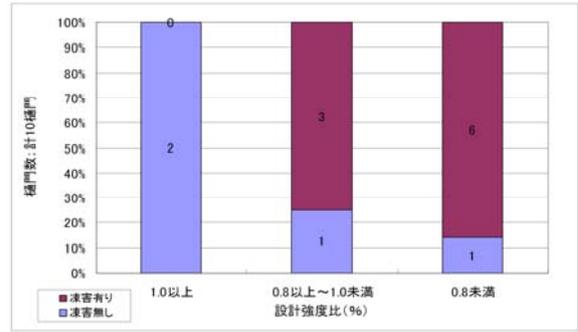


図-6 既設操作台の凍害劣化

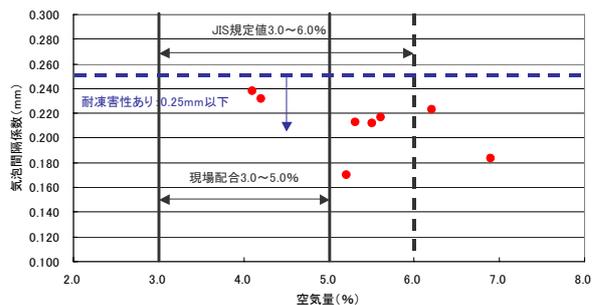


図-7 空気量と気泡間隔係数の関係例

4. 操作台等コンクリート部材の凍害対策

4.1 抑制対策(予防保全)

操作台等での凍害劣化に対する予防保全としては、次のような対策が挙げられ、その選定に当たっては対策効果の確実性・信頼性、施工性、経済性、環境配慮を総合評価する。

①表面含浸材(シラン系、ケイ酸塩系)、②表面被覆工法、③形状等の工夫

上記①については、現在、道路設計要領(北海道開発局)等において、主にコンクリートの新橋に対する塩害対策の予防保全としての適用・実用化が図られており、概ね以下の特徴を有している。

・シラン系は、コンクリート表面及び空隙の内壁に吸水保護層を形成する

・ケイ酸塩系は、水和(固化)反応により、空隙を充填、緻密化する

また、①及び②の施工範囲は、基本的に全面処理が望ましいが、図-8 に示す凍害劣化の影響を受け易い天端部分を最優先とすることが適切である。

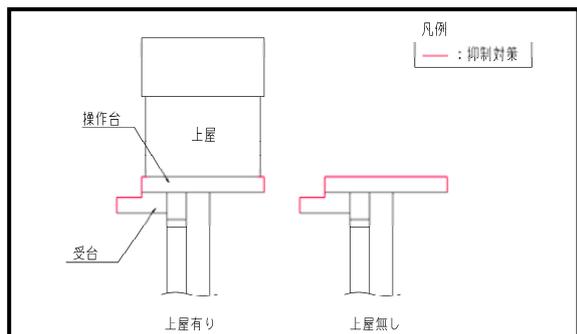


図-8 操作台への適用のイメージ

上記③に関しては、主に次のような対策が挙げられる。

- イ) 操作台天端(開閉機箇所以外)の勾配の確保
- ロ) 隅角部の面取り、下面の水切り
- ハ) 操作台のシート等防雪材による被覆
- ニ) 手摺基礎の固定方法の変更(水分浸入防止)



コンクリート埋込み型

ベースプレート型

写真-3 手摺基礎の固定方法の例

4.2 補修対策

凍害劣化が顕在化した樋門の補修としては、劣化状況及び程度に応じた要求性能、使用環境条件等を考慮して、次のような対策について検討する。

- ①表面処理、②ひび割れ注入、③断面修復、④増厚・打換え・巻立て

5. 今後の留意点と展望

5.1 劣化補修の際の留意点

既設樋門の補修を行う場合の留意点としては、主に下記事項が挙げられる。

(1) 補修計画

樋門補修は、主に門柱や翼壁、函体といった構造部が対象であり、補修する時期や方法、補修箇所の状況(水深、土砂堆積の有無)、出水頻度等を適切に考慮した補修計画を立案することが必要となる。

特に厳寒気象下に立地する樋門においては、使用する補修材料の性質を十分に把握し、適切な下地処理や温度管理(5~10℃以上)を行うことが補修効果の確実性(既設コンクリートとの一体化)、持続性等を確保する上で重要となってくる。

(2) 補修時期

補修時期は、出来る限り気象条件の良い穏やかな時期に実施することが適切と考えるが、操作台等を打ち換える場合には、開閉機の一時的な撤去を要するため、開閉機能の確実性を最優先に考え、非出水期に実施せざるを得ない。このため、適切な防寒養生の実施が必要となる。

5.2 今後の展望

樋門等のコンクリート構造物について、長期的な維持管理(更新投資)を行っていくためには、今後、以下が技術的課題と考える。

- ①最適補修期の評価手法の確立
- ②対策効果の持続性等に関する追跡調査と評価指標、モニタリング手法の確立
- ③複合劣化の場合の劣化速度の評価と予測精度の向上

(以上)

<参考文献>

- ・コンクリート標準示方書[維持管理編]:土木学会
- ・北海道開発局道路施工要領
- ・北海道におけるコンクリート構造物維持管理の手引き(案):北海道土木技術会コンクリート研究会、コンクリート維持管理小委員会