

北海道における砂防堰堤の劣化予測と長寿命化計画の検討

北海道建設部建設政策局維持管理防災課 ○小野田篤史
 北海道室蘭建設管理部静内総合治水事務所 佐々木 卓
 北海道建設部土木局河川砂防課 榎林 基弘

1. はじめに

北海道が管理する砂防堰堤は、2011 年度末、現在 1,125 基あり、昭和 50 年(1974 年)、56 年(1980 年)の大災害を含む、1969 年から 1988 年までの 20 年間で約半数の砂防えん堤が整備されている。また、2011 年度末、現在、建設後 50 年を経過した砂防堰堤は約 8% (89 基) となっているが、20 年後には約 60% (670 基) が建設後 50 年を迎える。今後、建設後 50 年を経過する砂防えん堤の数が急増することから、財政負担を軽減しながら、土砂災害を防止する砂防堰堤の安全性を確保し、計画的に補修・更新を進めるため 2018 年度を目標として、『砂防堰堤の長寿命化計画』の策定を検討することとなった。

北海道は積雪寒冷地であるため、コンクリート構造物の凍害危険度が高い地域である⁽¹⁾。凍害とは、コンクリート中の水分が 0℃以下になった時の凍結膨張によって発生する現象であり、長年にわたる凍結、融解を繰り返すことによって進行し、コンクリート断面の欠損拡大やひび割れが生じるほか、他の劣化と相乗的に作用することで劣化がさらに進むことが知られている。よって、全道の既設砂防堰堤の劣化状況を調査し、建設後の供用年数と劣化レベルの関係を分析することとした。劣化状況の調査は全道の砂防堰堤を対象として 2012 年～2013 年度に行った。その結果、砂防堰堤を本堤工、前庭工、取付護岸工に区分し、本堤工では天端摩耗、ひび割れ、漏水、前庭工では天端摩耗、ひび割れ、水叩損傷、基礎洗屈、取付護岸工では基礎洗屈、ひび割れ、漏水について劣化状況を把握した後 2014 年～2016 年度に、『ガイドライン⁽²⁾』に基づき長寿命化検討を行った。

2. 劣化状況の特徴とその要因

砂防堰堤の劣化状況調査から、本堤工の天端摩耗 110 箇所、ひび割れ 147 箇所、漏水 120 箇所と多くの劣化が確認された。一般に鉄筋コンクリートの劣化要因としては、鉄筋の腐食、塩害、中性化、凍害、アルカリシリカ反応等が考えられる。しかし、無筋コンクリートである砂防堰堤では、鉄筋の腐食やそ

れに起因して劣化が進行する塩害や中性化が劣化要因とは考えにくい。また、本堤工のひび割れ、漏水発生箇所に遊離石灰が認められる箇所があるものの、ひび割れが限られた方向に生じていること、亀甲状のひび割れを呈していないことなどからアルカリシリカ反応による劣化も考えにくい。一方、本堤工の天端摩耗（断面欠損を含む）については、そのほとんどが常時流水の影響を受けない袖部で発生（写真－1）しており、常時流水の影響で比較的寒暖差が少ないと考えられる水通し天端ではほとんど認められない。そして、その傾向は常時流水の影響を受ける前庭工のひび割れや水叩損傷においても同様である。本堤工における天端摩耗、ひび割れ、漏水の経年劣化の傾向は、ほとんど同じ傾向を示している（図－2）。これらの劣化要因は、乾燥収縮などにより生じたひび割れに水が浸透、凍結融解を繰り返すことでひび割れが拡大し、天端摩耗が生じたり、漏水が発生するものと推定され、北海道における砂防堰堤の経年劣化の要因は凍害による影響が大きいと考えられる。

3. 劣化予測の検討

劣化予測に当たっては、経年劣化の傾向が強い本堤工の①天端摩耗、②ひび割れ、③漏水の 3 つの劣化状況を対象とするものとする。劣化レベルの区分は『砂防関係施設点検要領（案）⁽³⁾』に基づき、a（軽微な損傷）、b（損傷あるが性能劣化に及ばない）、c（損傷により性能上の低下が懸念）とし、これら以外に簡易調査のため「劣化なし」の 4 区分とした。



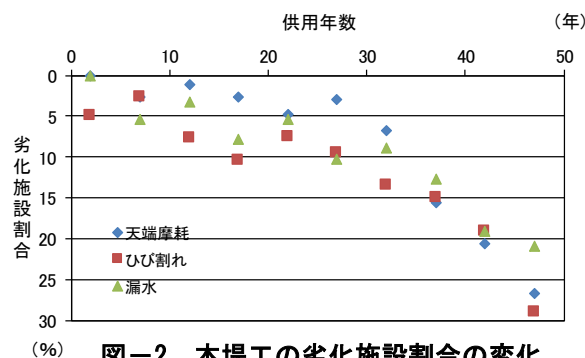
写真－1 凍害による本堤工の断面欠損の状況

1. ○内の数値は凍害危険度。

凍害危険度	凍害の予想程度
5	極めて大きい
4	大きい
3	やや大きい
2	軽微
1	ごく軽微



図－1 凍害危険度分布図（文献(1)より）



図－2 本堤工の劣化施設割合の変化

本堤工の各劣化状況は、いずれも砂防施設の安定性や強度に対して著しい影響を及ぼすと考えられる。よって、本堤工の3つの劣化状況のうち、どれか一つの劣化レベルが上がった時点で、その砂防施設の健全度が低下すると考える。よって、健全度のグレードA（対策不要）、B（経過観察）、C（要対策）の評価は、3つの劣化状況の劣化レベル a, b, c にそれぞれ対応させた。全施設の健全度を評価した結果、供用年数が長くなればなるほど健全度が低下する特徴が読み取れる（図-3）。

劣化予測を行う方法としては、理論的手法、回帰分析手法や確率論的手法などがある⁽⁴⁾が、健全度は物理量ではなくグレードであるので理論的手法は適さない。本堤工の3つの劣化状況の要因は凍害が多いものと推察され、出水による損傷など突発的な現象ではないこと、北海道の全砂防堰堤を対象とした十分なデータ量があること、劣化予測線の解析及び予測線により健全度の評価が簡便なことから、今回の健全度評価に回帰分析手法を用いることとする。

回帰分析手法を適用するにあたっては、健全度の各グレードに対して代表値（劣化レベルスコア）を与える。今回の劣化調査の結果『劣化なし』が約9割を占めている。図-3より供用年数25年以上の施設において、健全度が下がる傾向にあることから、供用期間が25年に満たない施設のスコアを1.0、25年以上の施設は何らかの劣化が生じていることを想定し、スコアを0.8とする。供用年数を経過年数として読みかえ、10か年ごとの経過年数に対して全施設の平均スコアを算出する。経過年数に対して平均スコアを回帰分析することにより劣化予測線を決定する。健全度が変化する経過年数の評価は、健全度スコアを階級区分し、劣化予測線が階級区分線を交差する年数として求める。

検討の結果、劣化予測線より健全度が要対策Cになる経過年数は、92年と評価される（図-4）。経過観察B及び対策不要Aも同様に求めると、それぞれ

表-1 劣化予測の条件

健全度	劣化レベルスコア	階級区分	摘要
劣化なし	1.0	—	供用年数25年未満
劣化なし	0.8	—	供用年数25年以上
対策不要A	0.6	0.5~0.7	
経過観察B	0.4	0.3~0.5	
要対策C	0.2	0.0~0.3	

■劣化なし ■対策不要A ■経過観察B ■要対策C

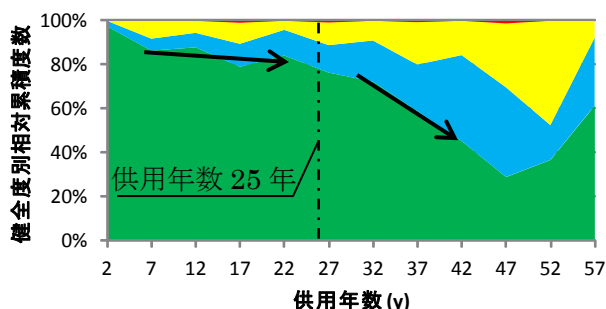


図-3 供用年数と健全度のグレード

68年、42年となる。

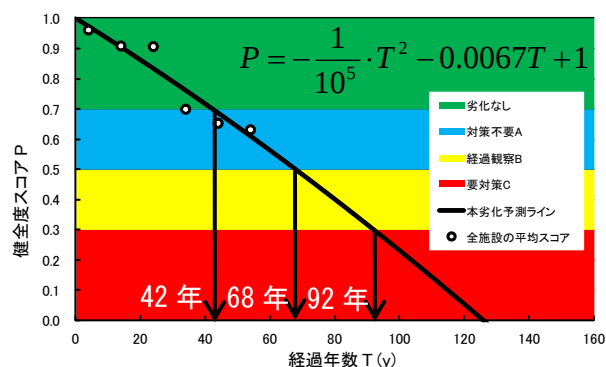


図-4 北海道の砂防施設の劣化予測線

4. ライフサイクルコストの試算

以下のケースでライフサイクルコストを試算した。

ケース1：各劣化が進行（要対策C）してから、大規模な補修・更新を行う機能回復。

ケース2：各劣化が問題となる性能劣化には至らない段階（経過観察B）で補修・更新を行う対症療法。

ケース3：定期的な点検により、劣化が進行する前（対策不要A）に適宜補修を行い、健全度を維持する予防保全。

検討の結果、「機能回復」は総額約245億円、「対症療法」は約126億円、「予防保全」は約45億円を要し、総費用を約1/5まで圧縮することが期待できる。この違いの原因は、「機能回復」は、腹付け補強などにより補修規模が大きくなるのに比較して、「対症療法」、「予防保全」では、ひび割れ注入など補修方法が簡易となること、さらに、「予防保全」は「対症療法」と比較して、補修面積が少ないことによる。ただし、ケース1（予防保全）の計算は、補修した後、42年間は補修の必要がないとしてライフサイクルコストを計算しており、補修をしなかった部位に新たな劣化が42年以内に発生する可能性が高いことに留意する必要がある。

表-2 ライフサイクルコストの比較

単位：百万円				
ケース	2012～2107 総費用	2012～2016 初年度費用	年平均費用 (初年度を除く)	最大年費用
ケース1 機能回復	24,465	840	249	693
ケース2 対症療法	12,568	1,960	112	280
ケース3 予防保全	4,520	2,172	25	100
(ケース1)-(ケース3)	19,945	▲1,332	224	593

引用文献

- (1) 長谷川寿夫 (1975) : コンクリートの凍害危険度算出と水セメント比限界値の提案, セメント技術年報, Vol.29, p.248-253.
- (2) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課 (2014) : 砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン (案) .
- (3) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課 (2014) : 砂防関係施設点検要領 (案).
- (4) 吉村 明・高橋 至 (2010) : 立山砂防事務所管内における砂防設備の点検・保全計画の向上について, 平成22年度 北陸地方整備局管内事業研究