

砂防関係施設の長寿命化計画策定における劣化予測の検討事例

日本工営(株) ○松野千華 亀田尚志 早川智也 笠原菜月
和歌山県 坂口英雄 太田和樹 橋本和夫

1. はじめに

砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン（案）¹⁾では砂防関係施設の劣化予測について、「各施設・部位の劣化予測を行い、砂防関係施設の健全度の低下を把握することが重要である。」と示されている。

本検討では、砂防関係施設の長寿命化計画策定にあたり、累積ハザード法と変状発現実績の集計による方法の2つを用いて、和歌山県内の砂防設備を対象に劣化予測を行った結果を報告する。

2. 累積ハザード法を用いた検討

2.1 累積ハザード法

「累積ハザード法」は、信頼性工学分野において用いられるデータ解析手法の一つで、河川事業においては河道及び河川管理施設の長寿命化計画策定の手引き²⁾にて、樋門・樋管等を対象として適用されている。また、砂防事業においても、国土交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）³⁾においてガイドラインが作られるほか、予防保全型維持管理、ライフサイクルコスト算定など、土木構造物の長寿命化を図るため、砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドラインが改定されている。

一般に故障（寿命）データを解析する代表的な手法として、故障率が一定の場合は「指数関数を用いた解析法」、一定でない場合は「ワイブル分布を用いた解析法」がある。

今回は変状発生時期が不明な施設、現在までに施設健全度が要対策(C)となっていない施設が多数ある不完全データを対象とすることから、「ワイブル型累積ハザード紙を用いた解析法（累積ハザード法）」を採用した。

具体的には、砂防設備台帳に基づく完成後から施設点検結果に基づく健全度評価がCになった時までの経過年数を整理し、平均寿命の予測値として累積不良率が50%に達した年数を「標準とする平均修繕年数（変状レベルc発現年）」として定めた。なお本検討では、変状レベルcが1か所でも発生している施設は健全度Cとした。

2.2 算定に用いたデータ

点検履歴を確認の上で平均経過年数を算定した施設は、和歌山県管内で点検評価が実施されている「全ての砂防設備（3,540施設）」とした。

対象施設について、「要対策」（≒健全度C（変状レベルcの発現））に至った点検評価の「履歴」（≒竣工から変状発現までの経過年数）を、最新の点検結果から抽出して整理した。

2.3 算定結果

施設全体と部位別に累積ハザード法を用いて平均経過年数を算定した（表1）。また、参考として変状種別ごとに算定を実施した。

健全度がCとなる平均経過年数は、砂防設備全体で78年（図1）、部位別では86～127年となった。一方で変状種別ごとの場合、平均経過年数は74～323年と大きくばらつきのある結果となった。

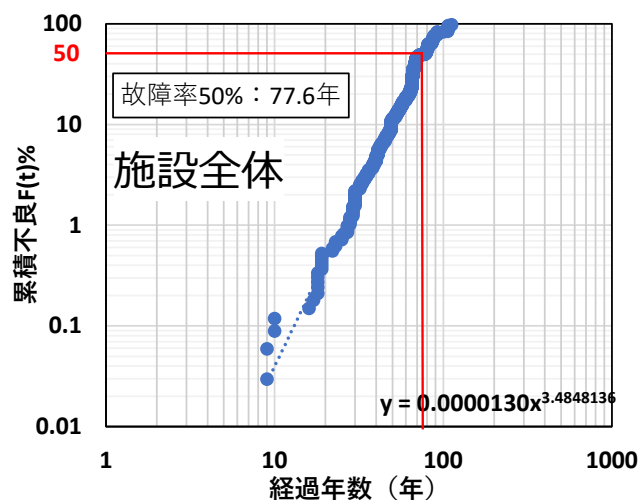


図1 累積不良率と完成時からの経過年数（施設全体）

3. 変状発現実績の集計による検討

和歌山県管内で点検評価が実施されている全ての砂防設備（3,540施設）に対し、変状を確認した点検時と竣工からの経過年数を元に変状発現までの経過年数を整理した。健全度がCとなる平均経過年数は、施設全体で46年、部位別では28～66年、変状種別ごとでは34～63年となった（表2）。

4. 平均経過年数の比較

累積ハザード法を用いて算定した健全度C（変状レベルc）となる平均経過年数と、変状の発現実績から算定した平均経過年数について比較を実施した。変状の発現実績を整理して算定した健全度C（変状レベルc）となる平均経過年数は、累積ハザード法を用いて算定した健全度C（変状レベルc）となる平均経過年数と比較して、29年（副堤袖部）～93年（本堤袖部）短くなることが確認された（表1、表2）。

5. 考察

今回対象にした施設数が3,540、施設数に対する変状レベルcの発現件数（760件）とその抽出比率が20%程度であることから、整備されている施設の80%が変状非発生データとなっている。変状発現実績の集計によって推定した場合、総施設数に対して数%～20%程度にしか発現していない変状発生データのみを取り扱っていることから、変状非発生データも含めて解析した累積ハザード法より、健全度C（変状レベルc）となる平均経過年数が短くなったと考えられる。一方で、総施設数に対する抽出比率が小さいことで、累積ハザード法により推定した際に外挿が生じてしまったこと、合わせて、竣工からの経過年数が長い施設が多くあり、最新の点検成果を使用したことで、健全度Cとなる経過年数が結果的に長くなってしまいうことも、累積ハザード法による部位別・変状種別ごとの推定年が長くなった要因と考えられる。今後、施工年代で分けて劣化予測を行うことで、竣工からの経過年数の影響を最小限にすることも考えられる（図2）。

表 1 累積ハザード法による健全度 C となる経過年数

部位	変状種別	変状レベルc 発現割合	「A⇒C」となる年数		
			変状別	部位別	全体
本堤本体部	摩耗	1.6%	103	87	
	ひび割れ	4.9%	106		
	洗堀	3.4%	119		
	漏水	1.5%	174		
	欠損・破損・剥離	2.1%	102		
本堤袖部	ひび割れ	1.6%	154	127	
	漏水	0.3%	323		
	欠損・破損・剥離	0.6%	150		
副堤本体部	摩耗	1.7%	-	86	
	ひび割れ	3.0%	-		
	洗堀	4.4%	80		
	漏水	0.6%	-		
	欠損・破損・剥離	3.3%	74		
副堤袖部	ひび割れ	0.8%	-	92	78
	漏水	0.0%	-		
	欠損・破損・剥離	0.8%	-		
水叩き	摩耗	5.5%	98	91	
	ひび割れ	0.1%	-		
	欠損・破損・剥離	2.2%	112		
側壁護岸 および 取付護岸等	摩耗	0.1%	-	90	
	ひび割れ	2.1%	128		
	洗堀	4.4%	111		
	漏水	0.3%	-		
	欠損・破損・剥離	2.7%	108		
垂直壁	摩耗	0.6%	104	92	
	ひび割れ	1.6%	117		
	洗堀	1.9%	106		
	漏水	0.4%	-		
	欠損・破損・剥離	1.0%	105		

表 2 変状発現実績による健全度 C となる経過年数

部位	変状種別	変状レベルc 発現割合	実績からの「A⇒C」となる年数		
			変状別	部位別	全体
本堤本体部	摩耗	1.6%	55	40	
	ひび割れ	4.9%	33		
	洗堀	3.4%	38		
	漏水	1.5%	35		
	欠損・破損・剥離	2.1%	49		
本堤袖部	ひび割れ	1.6%	30	34	
	漏水	0.3%	29		
	欠損・破損・剥離	0.6%	46		
副堤本体部	摩耗	1.7%	62	53	
	ひび割れ	3.0%	37		
	洗堀	4.4%	52		
	漏水	0.6%	66		
	欠損・破損・剥離	3.3%	64		
副堤袖部	ひび割れ	0.8%	60	63	46
	漏水	0.0%	-		
	欠損・破損・剥離	0.8%	65		
水叩き	摩耗	5.5%	42	44	
	ひび割れ	0.1%	39		
	欠損・破損・剥離	2.2%	48		
側壁護岸 および 取付護岸等	摩耗	0.1%	61	38	
	ひび割れ	2.1%	37		
	洗堀	4.4%	34		
	漏水	0.3%	28		
	欠損・破損・剥離	2.7%	45		
垂直壁	摩耗	0.6%	61	48	
	ひび割れ	1.6%	41		
	洗堀	1.9%	44		
	漏水	0.4%	58		
	欠損・破損・剥離	1.0%	53		

※「-」はデータ数が少ないため未実施

6. おわりに

累積ハザード法と変状発現実績の集計による方法の2つを用いて、和歌山県内における砂防設備の劣化予測を行った。その結果、健全度 C (変状レベル c) となる平均経過年数は、累積ハザード法を用いた場合と実績を整理して算定した場合とを比較して、実績を整理して算定した場合で 29 年(副堤袖部)～93 年(本堤袖部)短くなることが確認された。乖離が生じた要因としては、以下が考えられる。

- ・累積ハザード法による推定年は変状非発生データを含めて解析しているのに対し、実績から設定した推定年は変状発生データのみを取り扱っていること
- ・整備されている施設の80%が変状非発生データとなり、累積ハザード法により推定した際に外挿が生じてしまったこと
- ・竣工からの経過年数が長い施設が多くあり、最新の点検成果を使用したことで、健全度 C となる経過年数が結果的に長くなってしまったこと

現時点では点検結果の蓄積が少なく、健全度 C となった時期が不明である。上記の要因の解決のため、定期的な施設点検の継続による点検データの蓄積や、変状が進行している施設での詳細点検の実施等を行い、健全度 C となった時期を把握することで、累積ハザード法による劣化予測の精度向上を図りたい。

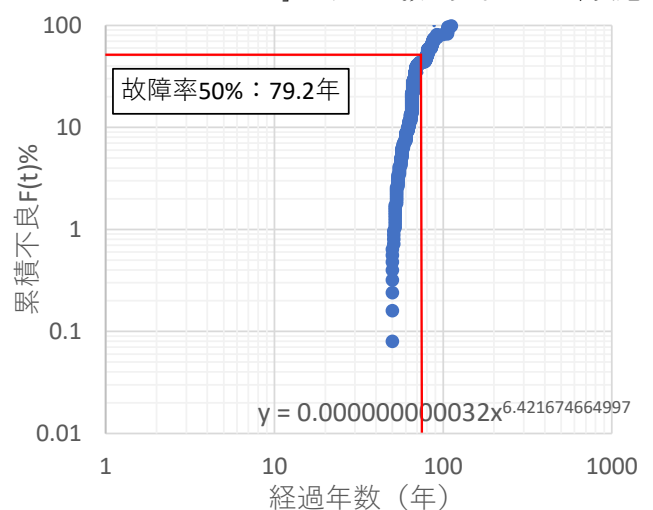


図 2 完成後 50 年以上の施設の累積不良率

参考文献

- 1) 砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン (案), 国土交通省 水管理・国土保全局砂防部保全課, R4. 3
- 2) 河道及び河川管理施設の長寿命化計画策定の手引き, 国土交通省, H30. 3
- 3) 国土交通省インフラ長寿命化計画 (行動計画) 平成 26 年度～平成 32 年度, 国土交通省, H26. 5. 21
- 4) 砂防関係施設点検要領, 和歌山県県土整備部河川・下水道局砂防課, R4. 4