

砂防堰堤の劣化・損傷の要因分析とリスク評価事例

国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所 草野慎一・樫野誠<sup>※1</sup>  
 (\*1 現中部地方整備局木曾川上流河川事務所)  
 一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構 星野和彦・中居暁  
 明治コンサルタント株式会社 ○滝口潤・乾哲也・田口誠二

1. はじめに

既存の砂防設備の老朽化や、経年的な施設機能の低下が進行しつつあり、これらの施設の適切な維持管理が喫急の課題となっている。効果的・効率的な維持管理のためには、砂防設備の状態を十分に把握した上で、その劣化・損傷の要因を検討することが重要である。

砂防設備の劣化・損傷の要因分析事例としては、城ヶ崎<sup>1)</sup>や田中<sup>2)</sup>があり、経過年数や流域面積等と変状レベルとの2変量の関係性が詳細に分析されている。しかしながら、施設諸元や設置環境に関連する因子は多数あるため、2変量での傾向分析には限界がある。

そこで、本報告では砂防堰堤の複数ある施設諸元や設置環境の因子を主成分分析により集約し、砂防堰堤の特徴を説明する上で関係性の高い因子を抽出する。また、クラスター分析により主成分得点を用いて砂防堰堤の類型区分を行い、各グループの変状の特徴と要因を検討する。さらに、変状が多いグループをリファレンスとして、リファレンスとの類似性から各砂防堰堤の劣化・損傷リスク検討した事例を報告する。

2. 検討方法

庄内川流域妻木川の57基のコンクリート砂防堰堤を検討対象とした。これらの砂防堰堤は、砂防関係施設点検要領(案)<sup>3)</sup>に基づいて、「天端摩耗」、「ひび割れ」、「基礎洗掘」及び「漏水」の各部位の変状に対してレベル区分(a, b, c 区分でcが最も変状が大きい)が成されている。また、施設諸元及び設置環境情報の8項目が整理されている(表1)。

検討は図1の流れで実施した。なお、主成分分析は表1を説明変数とし、相関行列を用いて累積寄与率70%以上に達する主成分の主成分得点を算出した。

また、クラスター分析では、クラスター連結方法はWard法、距離尺度は平方ユークリッド距離を用いた。乖離度の算出は村上ほか(2008)を参考にした。

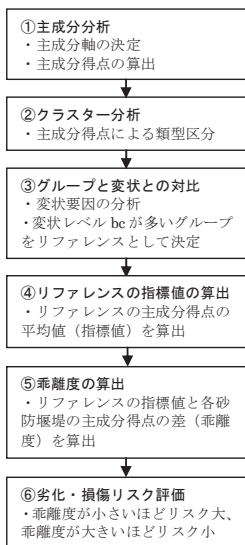


図1 検討の流れ

表1 施設諸元・設置環境情報

分類	項目
施設諸元	堤高・堤長・経過年数
設置環境	標高・流域面積・元河床勾配・設計流量・地質

3. 検討結果及び考察

3.1 主成分分析結果

主成分分析の結果、第3主成分までの累積寄与率が76.78%であり、良好な結果が得られた(表2)。第1主成分軸は、堤高と正の相関が、経過年数と負の相関が認められた。古い施設ほど堤高が低いことを示している。第2主成分軸は流域面積、設計流量と正の相関が見られ流量の大小を示す軸と考えられる。第3主成分軸は、堤長と正の相関がある。堤長の大小は堤体の規模あるいは、流路幅の大小を示していると推測される。

表2 主成分分析結果

	主成分軸		
	PC-1	PC-2	PC-3
固有値	3.013	2.185	0.944
寄与率 (%)	37.67	27.31	11.8
累積寄与率 (%)	37.67	64.98	<b>76.78</b>
	固有ベクトル		
堤高	<b>0.502</b>	-0.085	-0.069
堤長	0.326	0.225	<b>-0.629</b>
流域面積	0.134	<b>0.620</b>	0.304
標高	0.382	0.041	-0.386
設計流量	0.170	<b>0.618</b>	0.275
元河床勾配	0.345	-0.322	0.257
経過年数	<b>-0.472</b>	0.085	-0.138
地質	-0.328	0.252	-0.444

3.2 クラスター分析結果

クラスター分析により、砂防堰堤を5グループに類型化した(図1)。

図2にはグループ区分を反映させた主成分得点散布図を示す。グループ1は、堤高が低く堤長が長い、古い施設で、流量が中位の場所に設置されている。グループ2は、古くて堤高が低く、堤長も短い規模の小さい施設で、流量が少ない場所に設置されている。グループ3は、やや新しく、堤高が高く、堤長が短い施設で、流量が非常に多い場所に設置されている。グループ4は、やや新しく、堤高が高い施設で、流量は少ない場所に設置されている。グループ5は、新しい施設で、堤高が高く堤長も長い規模の大きな施設で、流量が少ない箇所に設置されている。

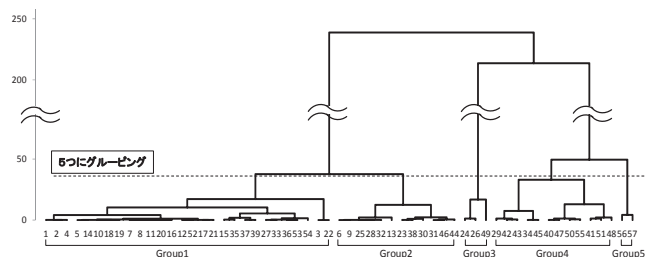


図1 クラスター分析による類型区分

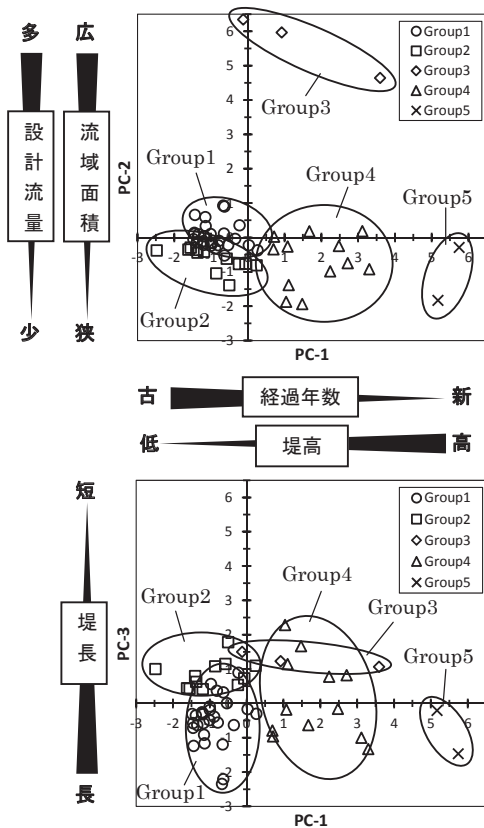


図2 主成分得点散布図とグループ区分

### 3.3 砂防堰堤の変状傾向

表3にグループ区分と変状レベルを示す。天端摩耗は、母数は少ないもののグループ3での発生割合（b・cの割合）が高い。また、グループ3では洗掘の発生割合も高いことから、流量の多さが影響していると考えられる。ひび割れは、グループ1で最も発生割合が高く、次いでグループ2であり、施設の古さが影響していると考えられる。漏水は、グループ4での発生割合がやや高くなっているが、本流域では全体的に少なく、他のグループと明瞭な差は認められない。

表3 グループと変状発生割合の関係

グループ	特徴		天端摩耗		ひび割れ		洗掘		漏水											
	PC-1	PC-2	PC-3	bc割合	a b c	bc割合	a b c	bc割合	a b c	bc割合										
	経過年数	堤高	流量	堤長	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c										
1	古い	低い	中位	長い	26	2	0	7.1	13	11	4	53.6	27	0	1	3.6	27	0	1	3.6
2	古い	低い	少ない	短い	12	0	0	0.0	6	5	1	50.0	12	0	0	0.0	11	1	0	8.3
3	やや新しい	高い	非常に多い	短い	1	1	1	66.7	2	1	0	33.3	1	2	0	66.7	3	0	0	0.0
4	やや新しい	高い	少ない	短い~長い	12	0	0	0.0	8	3	1	33.3	11	0	1	8.3	10	2	0	16.7
5	新しい	高い	少ない	長い	2	0	0	0.0	2	0	0	0.0	2	0	0	0.0	2	0	0	0.0

リファレンス

### 3.4 乖離度による劣化・損傷リスク評価

リファレンスグループ（表3）の主成分得点の平均値（指標値）と各施設の主成分得点との乖離度を図3に示す。リスクランクはⅠ～Ⅲの3段階とし、最もリスクが高いリスクⅢの閾値は、リファレンスグループの最大乖離度、リスクⅡの閾値は、最大乖離度+1とした。天端摩耗と洗掘はリファレンスのグループ3以外はリスクが低いと評価される。ひび割れは、リファレンスのグループ1以外にグループ2、4でもリスクが高い施設がある。漏水は、リファレンスグループ4以外にグループ1、2でもリスクが高い施設があると評価される。

### 4. おわりに

本報告で紹介した手法は、2変量の解析では全体像の把握に限界があった、施設諸元・設置環境因子と変状との関係性をより詳細に検討することが可能である。また、砂防堰堤の各変状リスクの程度から今後の維持管理の注意点や点検時の着目点、砂防堰堤を新設する際の設計時の配慮事項を提供できる可能性がある。

今後の課題として、本検討では考慮できなかった天端摩耗等に影響する河床材料や流域の荒廃状況等を説明変数として追加することが挙げられる。また、本検討結果と設置環境や変状の発生・進行状況等を現地に対比することで、グループ区分やリファレンス指標値の算出方法、リスク評価の閾値の妥当性を検証し、解析精度の向上に取り組んでいきたい。

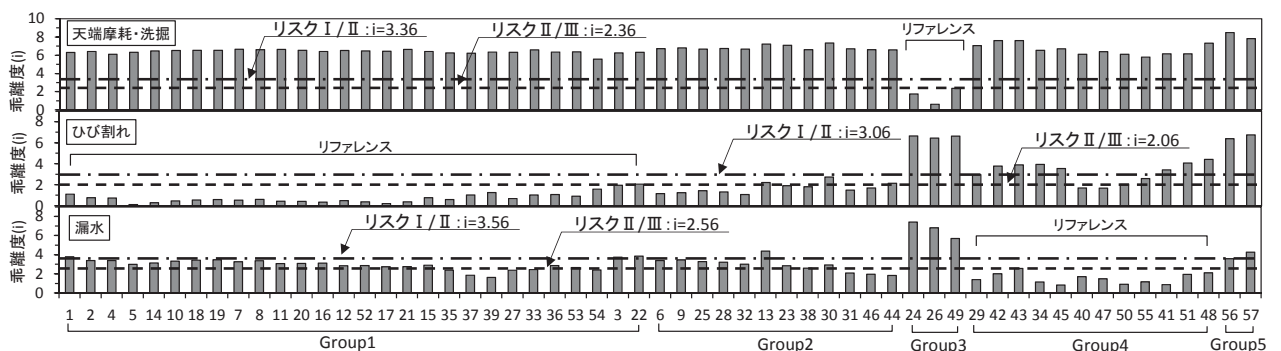


図3 リファレンスとの乖離度と劣化・損傷リスク（リスクランク：Ⅰ<Ⅱ<Ⅲ）

#### 参考文献

- 1) 城ヶ崎正人ほか（2015）：松本砂防事務所管内の砂防設備の損傷傾向に関する考察,平成27年度砂防学会研究発表会概要集,ppB260-261..
- 2) 田中秀基ほか（2014）：砂防堰堤の経年劣化・損傷の傾向に関する考察,平成26年度砂防学会研究発表会概要集,ppB240-241.
- 3) 国土交通省砂防部保全課（2014）：砂防関係施設点検要領（案）,138p
- 4) 村上まり恵ほか（2008）：物理環境による河川環境診断（Ⅰ）ーリファレンスとの乖離度による評価ー,応用生態工学,11(2),pp133-152.