

地形解析図を用いた砂防施設の現況把握について

宮城県土木部 防災砂防課
株式会社パスコ

渡邊 英彦, 村林 拓海

○笹本 和希, 小更 亨, 向平 拓司, 榊 仁一,
栃山 龍平, 井關 登喜夫, 大澤 昭久, 豊田 徹

1. はじめに

砂防施設点検は、国土交通省が策定した「砂防関係施設の長寿命化計画策定のガイドライン(案)」や「宮城県砂防関係施設点検マニュアル(案)」等に基づいて行われている。現行手法では、過去の点検調査や施設台帳などを参考に現地調査にて施設点検を行っている。しかし、今後の施設の老朽化の進行や、損傷劣化による機能不全となる施設の増加、点検に係る技術者不足といった課題も顕在化していることから、定期的な点検調査を効率的に行うことが必要とされている。以上の状況を踏まえ、本研究ではLPデータを活用した地形解析図を用い、砂防堰堤の施設諸元や損傷劣化状況、堆砂状況等の現況把握を試行することで、施設点検の効率化を検討するものである。

なお、本研究で整理している内容には、今後公表される情報も含まれる可能性があるため、具体的な地名等についての掲載は控えることとする。

2. 手法

2.1. 地形解析図の作成

現況把握に使用する地形解析図として、1m²あたり4点以上の高密度なLPデータ（グラウンドデータ）から微地形表現図を作成した。なお、作成した微地形表現図の出力解像度は0.5×0.5mとした。

2.2 砂防施設の諸元、損傷劣化状況の把握

砂防施設点検の点検項目のうち、表1に示した施設諸元および、損傷劣化状況について地形解析図を用いて机上調査により把握した。次に、机上調査結果と現地調査結果との比較を行うことで精度検証を行った。なお、本研究においては、高密度なLPデータを用いた地形解析図により精緻な現況把握が可能であるかの検証を行うものであるため、対象施設は、LPデータが適切に取得された範囲に存在する、施設形状が明瞭に判読できる堰堤を選定した。

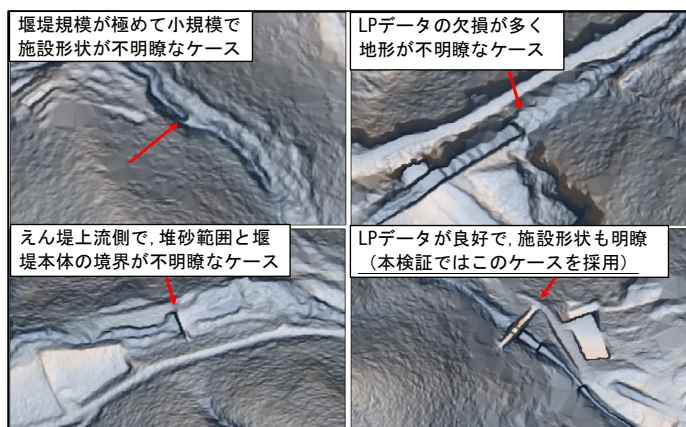


図1 本検証での対象施設の条件

2.3 堆砂状況の把握

LPデータによる地形解析図を用いて、現況の堆砂状況を把握した。砂防堰堤を含む上下流域の縦断面図を作成し、堆砂状況（満砂、未満砂、未満砂高）、元河床勾配、現況堆砂勾配を計測し、現時点の捕捉率を把握した。

3. 結果と考察

3.1 砂防施設の施設諸元の計測結果

今回試行した砂防施設3基において、LPデータを用いた机上計測と現地計測の結果を表1に示す。施設諸元の把握では、机上と現地の計測結果の差異は、堤長でも最大0.8m程度であり、その他の諸元では、概ね0.3m以内の精度を確保できた。また、施設諸元のほかに、堰堤軸断面の横断形状から堰堤の構造形式（透過型、不透透型）の判定も可能であった。しかし、堰堤本体の法勾配は、堰堤の鉛直方向に当たるレーザー点数が少なく、A堰堤下流法勾配等では、正確な値とならないケースもあった。

表1 机上と現地での施設規模の比較（3施設）

施設名称	調査種別	型式	堆砂状況	堰高 (m)	有効高 (m)	堤長 (m)	水通し高 (m)	水通し (m)	水通し天端幅 (m)	袖天端幅 (m)	上流側法勾配 1:N	下流側法勾配 1:N
A堰堤	机上	透過型	未満砂	-	9.9	39.5	2.1	6.2	3.8	3.2	0.26	0.10
	現地	透過型	未満砂	12.8	-	39.3	2.0	6.0	3.5	3.0	0.30	0.50
B堰堤	机上	不透透型	未満砂	-	7.9	49.2	1.9	10.4	1.7	1.2	0.46	0.24
	現地	不透透型	未満砂	10.0	8.2	50.0	2.0	10.0	2.0	1.5	0.45	0.20
C堰堤	机上	不透透型	満砂	-	7.3	48.5	1.0	3.3	2.2	2.0	-	0.30
	現地	不透透型	満砂	8.5	7.2	48.0	1.0	3.0	2.0	1.8	0.30	0.20

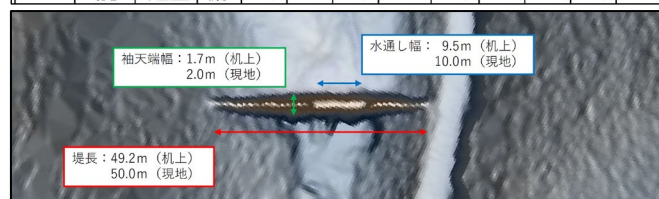


図2 地形解析図による施設諸元の把握（B堰堤）

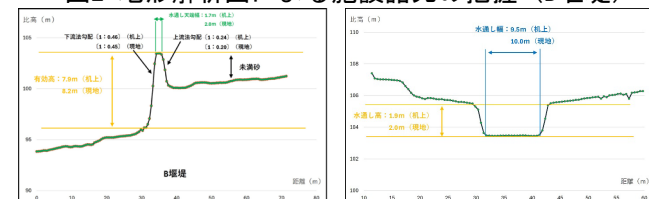


図3 LPデータを用いた縦横断面図による施設諸元の把握

3.2 損傷・劣化状況の把握

図4に示す砂防堰堤では、地形解析図を用いた判読により、左岸側壁に異常があることが確認できた。さらに、現地で調査した結果、幅3mにわたり側壁が崩壊していることが確認された。地形解析図により比較的小規模な損傷・劣化状況も把握できることが確認された。



図4 地形解析図・現地による損傷（崩壊）の把握

3.4 LP計測データを活用した堆砂状況の分析

堰堤の調節量は、その堆砂勾配によって堰堤の調節効果がどのくらいあるのか判断でき、今後の維持管理の基礎資料として役立つと推察される。このため点検調査（現地調査）において満砂が確認できた堰堤について、LPデータを用いてその堆砂勾配を解析し整理した。

(1) 解析方法

- LPデータをもとに堰堤を含む上下流域に河道ラインデータを取得し縦断面図を作成した。
- この際、現河床勾配（堆砂域）と元河床勾配の境界（勾配変化点）が把握できるような距離で縦断面図を作成するため、必要に応じて河道ラインの微修正を行った。
- 作成した縦断面図より各種標高座標を取得し元河床勾配、現況河床勾配、平常時堆砂勾配、洪水時堆砂勾配の設定を行った。

表2 堆砂勾配等の算出方法

記号	項目	計算式
[A]	堆砂長(堆砂数の延長)	$X2 - X1$
[B]	元河床勾配の標高差	$Y2 - Y3$
[C]	現河床勾配の標高差	$Y2 - Y1$
[D]	元河床勾配	$\text{Arctan}([B]/[A]) \times 180/\pi$
[E]	現河床勾配	$\text{Arctan}([C]/[A]) \times 180/\pi$
[F]	平常時堆砂勾配	$[D] \times 1/2$
[G]	計画(洪水時)堆砂勾配	$[D] \times 2/3$

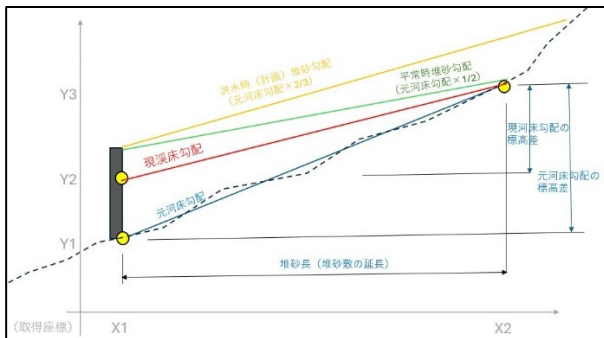


図5 堆砂状況の概念図

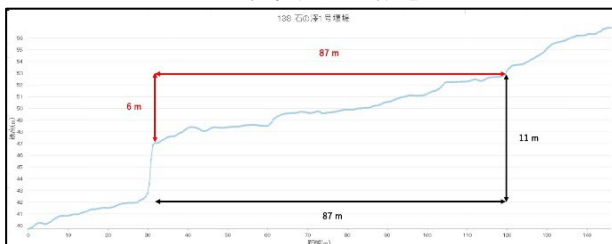


図6 縦断面図による堆砂状況等の把握



図7 堆砂勾配把握のための河道ラインの設定
(背景図に地理院地図を使用)

(2) 分析結果

今回は、満砂している116施設について、堆砂状況の解析を行った。堆砂状況については、平常時堆砂勾配（元河床×1/2）を0%、計画堆砂勾配（元河床×2/3）を100%としLPデータによって現況河床がどのくらいの勾配で堆積しているかパーセンテージで評価を行った。この結果を表3に示す。

解析の結果、116施設のうち110施設では平常時堆砂勾配を上回る勾配で堆砂していることが確認され、その他6施設は平常時堆砂勾配以下の堆砂状況であった。

これにより、LP成果を用いることで砂防堰堤の堆砂状況を簡易的に把握することができた。

表3 現況堆砂状況の判定結果

施設名	[A] 堆砂数の延長 (X2-X1)	[B] 元河床勾配の 標高差 (Y2-Y3)	[C] 現河床勾配の 標高差 (Y2-Y1)	[D] 元河床勾配 ([B]と[A]の Arctan)	[E] 現河床勾配 ([C]と[A]の Arctan)	[F] 平常時堆砂勾 配 (元河床勾配× 1/2)	[G] 洪水時堆砂勾 配 (元河床勾配× 2/3)	傾向 (左側は平常時堆砂勾配寄り、 右側は洪水時堆砂勾配寄り)
第514堰堤	40.13	8.89	7.66	12.49	10.81	6.25	8.33	
第558堰堤	22.71	6.81	4.86	16.69	12.09	8.35	11.13	
第327堰堤	102.91	12.12	8.07	6.72	4.48	3.36	4.48	
第751堰堤	128.65	9.86	6.57	4.38	2.92	2.19	2.92	
第554堰堤	110.22	21.28	14.06	10.93	7.27	5.47	7.29	
第314堰堤	58.95	10.29	6.78	9.96	6.56	4.95	6.60	
第569堰堤	97.19	13.04	8.60	7.64	5.06	3.82	5.09	
第316堰堤	62.79	13.68	8.97	12.25	8.13	6.15	8.19	
第337堰堤	145.15	12.68	8.36	4.99	3.28	2.94	3.93	
第724堰堤	374.34	16.60	10.91	2.54	1.67	1.27	1.69	
第572堰堤	69.24	6.74	4.39	5.56	3.63	2.78	3.71	
第318堰堤	53.91	6.58	4.29	6.96	4.54	3.48	4.64	
第569堰堤	144.38	15.11	9.78	5.97	3.98	2.99	3.98	
第570堰堤	60.36	14.38	9.21	13.40	8.67	6.70	8.93	
第407堰堤	139.76	27.21	17.46	11.02	7.12	5.51	7.35	
第134堰堤	110.07	9.47	6.10	4.92	3.17	2.46	3.28	

中 略

第1223堰堤	108.61	8.14	4.08	4.29	2.15	2.15	2.86	
第75堰堤	88.66	5.74	2.87	3.70	1.85	1.85	2.47	
第335堰堤	33.85	9.09	3.94	15.03	6.64	7.52	10.02	
第533堰堤	23.14	5.30	1.87	12.89	4.63	6.45	8.59	
第31堰堤	89.81	5.46	1.69	3.48	1.08	1.74	2.32	
第210堰堤	69.70	3.40	0.61	2.79	0.50	1.40	1.86	
第559堰堤	7.59	0.23	0.02	1.73	0.15	0.87	1.15	

4. 今後の展望と課題

本研究では、高密度なLPデータを活用した地形解析図を用いて机上調査での砂防施設の現況把握を試行した。本手法により、砂防施設の施設諸元の取得、損傷劣化状況の確認、堆砂状況の把握が可能であった。最近計測されている高密度なLPデータにより、条件が整えば、机上調査でも、かなり高精度に現況把握が可能であることが判明した。これにより、従来の施設点検手法と比較して、大幅な効率化と省力化を図ることができると考える。

また、現況堆砂状況の把握においては、計画堆砂勾配までの余裕率を数値（パーセント）化することができたため、今後の維持管理や優先度評価においても有用な判断指標となると考える。

しかし、施設規模が極端に小さい堰堤や、LPデータに欠損がある範囲内に存在する施設においては、正確な現況把握ができない可能性が高いことも判明した。加えて、今回は机上による施設諸元の把握を実施した箇所が3箇所と少ないことから、本手法による検証を継続させ、サンプル数をさらに増やし、ノウハウの蓄積と新たな現況把握手法の研究を推進させることで、更なる効率化と省力化を実現することが可能であると考えられる。

また、砂防施設の判読や計測事例をAIに学習させることにより、施設諸元や損傷劣化診断の自動化など、新技術を組み込んだ技術展開も期待できる。

5. 参考文献

- 国土交通省：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：砂防関係施設点検要領（案）
- 宮城県：砂防関係施設点検マニュアル（案）
- 宮城県：令和5年度砂防メンテ109-B01号 砂防施設点検業務委託（その1）業務報告書