

渓流の地形による土石流停止要因の分析（その2）

西日本高速道路エンジニアリング中国
 正会員
 ○中本
 昌希

西日本高速道路エンジニアリング中国
 正会員
 前川
 哲志

西日本高速道路エンジニアリング中国
 正会員
 柳迫
 新吾

高速道路総合技術研究所
 正会員
 中村
 淳

高速道路総合技術研究所
 正会員
 村上
 豊和

1. はじめに

近年、高速道路への土砂流入災害が数多く発生している現状を受け、維持管理段階での自衛対策として危険度が高い渓流から優先的に高速道路区域内で対策可能な高エネルギー吸収型防護柵等の設置が順次検討されている。しかし、高速道路沿線の渓流数は膨大であり、西日本高速道路（株）中国支社管内の約 1,000km だけでも、その沿線に 4,037 渓流が存在¹⁾している。そのため、膨大な渓流のなかから危険度の高い渓流を抽出し、効果的かつ効率的に対策を進める必要がある。本検討では災害発生前のレーザプロファイラデータ（以下、LP データという）を用いて、土石流の地形による停止要因を分析した結果について報告する。これらを整理することで現地詳細調査や対策優先渓流の絞り込みに活用することを検討している。

2. 渓流諸元の整理

2-1. 対象渓流

平成 30 年 7 月豪雨により山陽自動車道と広島呉道路で土砂流出が確認された渓流のうち、現地調査により渓流の現地状況が詳細に把握されている 22 渓流と、土石流が堰堤等の構造物の影響を受けずに渓流内で停止した 10 渓流の合計 32 渓流を検討対象とした。表-1 に示す事例 No.1～18 は土石流が高速道路本線に到達した事例（以下、本線到達という）であり、事例 No.19～32 は高速道路本線に到達せず渓流内で停止した事例（以下、渓流内停止という）である。

2-2. 堆積区間の延長と平均勾配の関係

渓流の溪床勾配について、先行研究²⁾では、崩壊後のオルソ画像や LP データから実際に土砂が堆積区間の起点と終点を設定し、その標高差(m)を堆積区間の延長(m)で除して堆積区間の平均勾配(°)として算出した。しかし、実際には、土石流発生前の渓流を対象に溪床勾配を算出することを想定していることから、災害発生前の LP データを使用した。また、実際の溪床は直線形状ではなく、凹凸形状であることから、溪床勾配の算出は図-1 に示すように、対象渓流の渓流内最長となる谷筋を主溪流線としてまずは設定した。次に、主溪流線上に 1m 間隔の距離標を設定し、距離標毎の水平距離と標高差から、各距離標の溪床勾配を算出し、この作業を下流側から 200m 上流地点まで行い、対象渓流の平均溪床勾配として設定した。なお、200m 未満の場合は渓流上流端を最終地点とした。先行研究²⁾では、堆積区間延長が概ね 150m 以上且つ堆積区間平均勾配が 15°以下の場合（以下、想定堆積区間という）

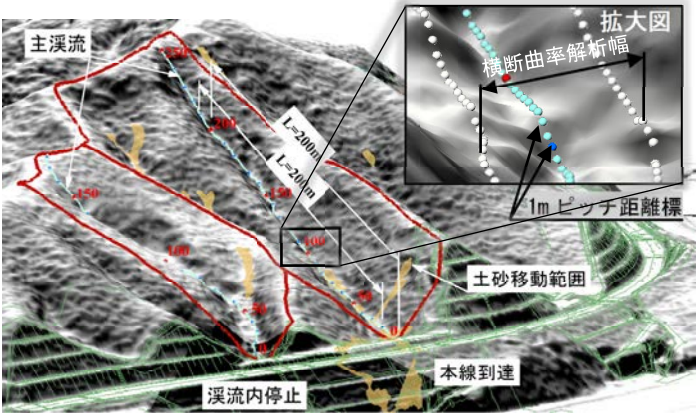


図-1 想定堆積区間の設定方法

表-1 渓流諸元

事例 No	流域 面積 (ha)	渓流長 (m)	想定堆積 区間長 (m)	横断面率					高速道路 到達実績
				解析幅 5m	解析幅 3m	解析幅 1m	解析幅 31m	解析幅 51m	
1	8.0	610.8	136.0	0.340	0.190	0.120	0.075	0.041	本線到達
2	3.0	528.7	85.0	0.330	0.317	0.175	0.046	0.017	本線到達
3	2.5	390.8	0.0	0.381	0.324	0.171	0.062	0.014	本線到達
4	4.9	491.2	119.0	0.235	0.169	0.124	0.045	0.016	本線到達
5	5.1	439.6	209.0	0.569	0.421	0.251	0.079	0.037	本線到達
6	6.7	509.6	61.0	0.536	0.493	0.263	0.070	0.026	本線到達
7	16.7	708.4	316.0	0.596	0.670	0.350	0.092	0.036	本線到達
8	6.7	601.0	243.0	0.336	0.373	0.249	0.076	0.032	本線到達
9	1.8	247.6	0.0	0.381	0.356	0.179	0.038	0.009	本線到達
10	8.2	818.2	295.0	0.562	0.425	0.221	0.046	0.018	本線到達
11	50.9	1,467.4	935.0	0.372	0.492	0.232	0.114	0.059	本線到達
12	2.1	290.0	0.0	0.621	0.369	0.201	0.059	0.016	本線到達
13	3.8	407.9	68.0	0.633	0.753	0.303	0.087	0.043	本線到達
14	4.2	373.2	85.0	0.344	0.265	0.188	0.051	0.027	本線到達
15	1.1	185.7	0.0	0.279	0.241	0.182	0.035	0.005	本線到達
16	2.3	253.1	0.0	0.639	0.377	0.236	0.071	0.027	本線到達
17	2.1	320.5	0.0	0.379	0.270	0.170	0.044	0.016	本線到達
18	19.9	902.1	451.0	0.275	0.400	0.236	0.082	0.039	本線到達
19	10.6	808.5	262.0	0.402	0.315	0.197	0.072	0.044	渓流内停止
20	41.7	1,334.5	1,222.0	0.233	0.200	0.162	0.136	0.111	渓流内停止
21	28.0	955.3	857.0	0.304	0.226	0.199	0.108	0.074	渓流内停止
22	25.9	854.5	574.0	0.027	0.100	0.109	0.084	0.058	渓流内停止
23	77.4	2,085.6	1,963.0	0.175	0.291	0.172	0.081	0.061	渓流内停止
24	7.8	607.7	239.0	0.300	0.358	0.185	0.049	0.025	渓流内停止
25	8.0	648.9	254.0	0.552	0.380	0.189	0.064	0.031	渓流内停止
26	3.8	459.9	47.0	0.411	0.267	0.145	0.037	0.012	渓流内停止
27	24.4	1,116.8	717.0	0.335	0.361	0.218	0.059	0.022	渓流内停止
28	35.1	1,151.2	801.0	0.221	0.198	0.094	0.037	0.023	渓流内停止
29	4.5	382.5	132.0	0.190	0.188	0.169	0.048	0.021	渓流内停止
30	192.2	2,458.4	2,400.0	0.273	0.398	0.269	0.120	0.082	渓流内停止
31	1.2	137.8	0.0	0.426	0.211	0.119	0.030	0.009	渓流内停止
32	1.8	305.1	3.0	0.376	0.227	0.105	0.025	0.004	渓流内停止
平均	19.1	714.1	389.8	0.376	0.332	0.194	0.066	0.033	全渓流平均
平均	34.9	1,059.9	733.6	0.346	0.351	0.209	0.081	0.047	150m超平均

※ 想定堆積区間（溪床勾配15°以下連続区間）延長150m以上の渓流

キーワード 土石流停止要因，危険渓流，堆積区間，曲率

連絡先 〒733-0037 広島県広島市西区西観音町 2-1 西日本高速道路エンジニアリング中国(株) TEL082-532-1430

を土石流が渓流内で停止する地形的特徴とした。今回の方法では、渓流内停止の 14 渓流のうち、想定堆積区間に該当する事例は、10 渓流であり約 7 割が該当した。また、本線到達 18 渓流のうち、堆積区間が 150m 未満の事例は約 7 割の 12 渓流であった。

3. 土砂停止条件の精度向上の検討

3-1. 横断曲率算定

先行研究²⁾による堆積区間延長と平均勾配の関係については、前述の 2-2 に示すとおり算出方法を見直しても、約 3 割はこの条件には該当しない結果となった。そのため、新たな地形的特徴の条件として、地形の凹凸を表す横断曲率を用いて検討した。

先行研究²⁾では溪床勾配や溪流延長といった溪流縦断方向のみの指標を条件としたが、溪流横断方向の地形条件を加えた試みとして、横断形状を定量的に表現できる横断曲率を採用した。

横断曲率は、マッピングプログラムソフト (surfer) と LP データを用いて、谷筋に直角方向となる横断曲率を、主溪流線上 1m 間隔で算出し、表-1 に溪流毎の平均値として整理した。また、横断曲率の解析幅は様々な土石流幅を想定し、解析幅は 3m,5m,11m,31m,51m の 5 パターンで算出した。なお、横断曲率が正の値を示す場合は谷地形、負の値の場合は尾根地形を表す。

3-2. 検証結果

図-3 及び図-4 に解析幅 5m、11m の横断曲率と想定堆積区間長の関係を示す。この結果より、各解析幅の横断曲率は、解析幅 5m で 0.37、解析幅 11m で 0.22 を閾値とし、本線到達と溪流内停止の境界線を引くことができた。なお、横断曲率の検証結果は、災害発生前に実施していた山陽自動車道と広島呉道路の溪流現地調査結果において、溪床堆積土砂幅平均値は 6.96m (最小：4.4m～最大：10.4m) であったが、解析幅 5m および 11m と近い値であることから妥当と考えられる。

3-3. 検討ケース毎の結果

本研究では、以下の 3 ケース (①～③) を検討ケースとした。表-2 に各ケースの到達・非到達と想定した溪流と災害実績の関係を整理した結果を示す。表-2 より、検討ケース③が最も到達と非到達を分類できる結果となった。

検討ケース①：災害発生前地形の想定堆積区間長 150m 以上のみで評価

検討ケース②：想定堆積区間長 150m 以上且つ横断曲率 (解析幅 5m) で評価

検討ケース③：想定堆積区間長 150m 以上且つ横断曲率 (解析幅 11m) で評価

5. おわりに

今回検討した手法により、LP データを用いて算出した溪流諸元のうち横断曲率や溪床勾配 15° 以下の延長から、高速道路への土石流到達をある程度予測可能であることが確認できたことから、現地詳細調査や対策優先溪流の絞り込み指標の一つとして適用できる可能性を示した。ただし、検証数が 32 渓流と少なくその地域も限られていることから、実用化に向けては、今後も災害事例を収集・整理し検証数を増やすとともに、流域面積や谷次数といった他の溪流諸元も新たな検討項目とするなど高速道路の防災・減災に資する研究として今後も検討を続けていきたい。

参考文献

- 1) 村上豊和, 下野宗彦, 中田幸男: 高速道路に影響を与える土石流危険溪流の資料調査に基づく評価手法, 地盤と建設, Vol.34, No.1, pp.19-27, 2016.
- 2) 村上豊和, 中村淳, 中本昌希, 前川哲志, 柳迫新吾: 溪流の地形による土石流停止要因の分析 (その 1), 第 78 回土木学会年次学術講演会 2023 (投稿中)

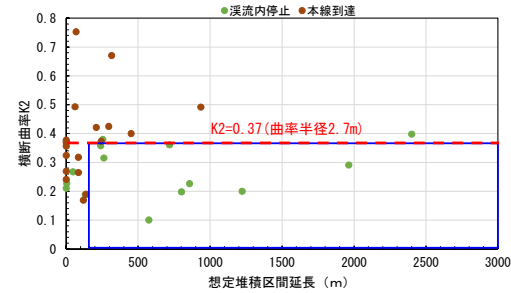


図-3 想定堆積区間長と横断曲率の関係 (解析幅 5m)

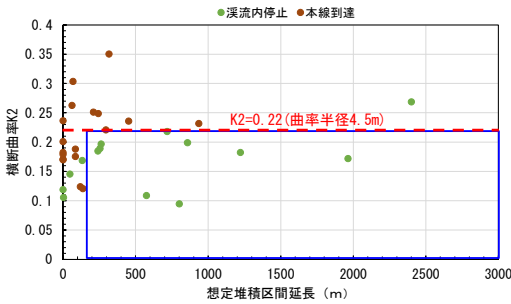


図-4 想定堆積区間長と横断曲率の関係 (解析幅 11m)

表-2 各ケースに該当した割合

		検討ケース① (想定堆積区間)		検討ケース② (+曲率解析幅5m)		検討ケース③ (+曲率解析幅11m)	
		到達	非到達	到達	非到達	到達	非到達
実績	到達	66.7%	33.3%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%
	非到達	28.6%	71.4%	14.3%	85.7%	7.1%	92.9%