

## 透過部の横断的偏りが砂防堰堤の土砂捕捉効果に及ぼす影響

鳥取大学大学院工学研究科 ○和田孝志, 青木秀統, 三輪 浩

**1. はじめに** 火山噴出物の堆積が顕著な火山地帯では、大規模な土砂生産・流出による甚大な土砂災害の発生が懸念されている。このような大規模土砂流出が想定される地域では、その膨大な流出土砂量を処理すべく広域堆積場を有する施設（堆積工・堰堤等）が設置されることが多い。鳥取県西部大山砂防管内では、1 万年以上に火山活動が停止した大山の山頂付近の荒廃に伴う大規模土砂流出に対応すべく広域堆積場を有する砂防堰堤（表-1 参照）が設置されている。これらの堰堤では、表-1 に示すように、既存の溪流筋に沿って透過部が横断的に偏って配置されているが、これらの堰堤の土砂捕捉量は従来の谷幅が狭い（透過部が流心部に配置されている）砂防堰堤と同様の考え方で想定されている。本研究では、当該堰堤の特徴的な形状として「透過部位置の流心部からの横断的な偏り」に着目し、水路実験を通して透過部位置の横断的な偏りが土砂捕捉に及ぼす影響について検討した。

表-1 大山砂防管内の広域堆積場を有する砂防堰堤

	二の沢砂防堰堤	三の沢砂防堰堤(本実験の対象堰堤)
堰堤写真		
堤高(有効高)	14.5 m (11.5 m)	14.5 m (11.5 m)
元河床高幅	313.51 m	267.7 m
透過部	8m幅(右岸), 8m幅×3(左岸) 部材横間隔0.60m, 縦間隔0.55~0.58m	18m幅 部材横間隔0.50m, 縦間隔0.65m
計画日雨量	392.5 mm/日	353.1 mm/日
計画流量	639.1 m³/s (土砂濃度 0.30)	350 m³/s (土砂濃度 0.30)
対象粒径	D95=0.60 m	0.70 m
元溪床勾配	6.48° (=1/8.8)	7.97° (=1/7.14)

**2. 実験概要** 実験対象は表-1 に示す三の沢砂防堰堤である。図-1 (a) に示すように、当該堰堤の横断幅と実験水路幅 0.40 m の比で相似させた透過部断面を作成し、図-1 (b) に示す現況勾配 8° に傾けた固定床水路に設置した。なお、透過部断面高さは本縮尺とは関係なく 0.40 m とし、鋼材の影響は考慮しないこととした。計測器具は堰上げ水位計測のために超音波水位計、下流端通過流量計測のために体重計とデジタルカメラを図のように設置した。供給土石流は水路上部の移動床を侵食させる形で与えた。給水量は高橋<sup>1)</sup>の土石流断面平均流速式と連続式を連立させて  $\tau_c$  を算出し、当該堰堤計画規模土石流の  $\tau_c$  と一致する 7.0 L/s (土砂含有時ピーク値, 流動深 1.8 cm) を採用した。実験ケースは、土石流材料と透過部の組み合わせで表-2 のように設定した。

**3. 実験結果と考察** 透過部断面から上流 10 cm および 50 cm 地点の堰上げ水深(堆積厚も含む)の時間変化を図-2 に示す。横断的偏りが最も顕著な透過部位置では、土石流材料が細かい Case 1-1 の方が Case 2-1 よりも堰上げピークが大きくなったが、水位低減に要する期間は概ね同程度であった。これは、土石流材料が細かい方が土砂流流速が大きく、堰上げ発生直後のピーク水深に反映されたことによると考えられる。また、左右 1 つずつに透過部を配置した形状では Case 2-3 よりも Case 1-3 のほうがピーク時からの低減が早くなった。これは、透過型堰堤からの中小規模洪水時の土砂流出を可能とするためにはスリット幅  $b$  を粒径  $d$  の 2~3 倍以上とするのが望ましいとした池谷・上原<sup>2)</sup>の実験結果を考慮すると、Case 2-3 では  $b/d=4.5$  となり上記の条件に近づいたことで土砂が透過部を通過し難くなったためと考えられる。 $b/d$  が小さい場合の傾向を除くと、堰上げピーク以降の水位低減傾向は土石流材料によらず概ね同様であった。このことから、土石流材料の大きさの違いが堰堤上流の堰上げ傾向に及ぼす影響は小さいと考えられる。

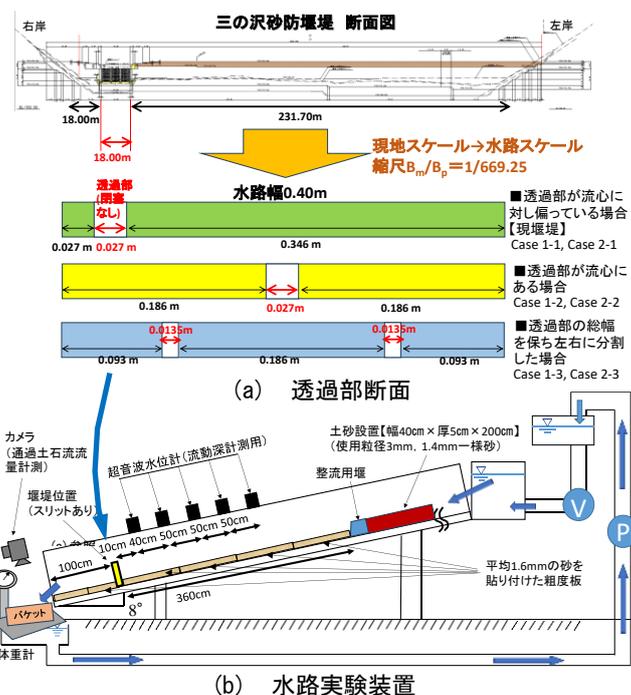


図-1 水路実験概要

表-2 実験条件

Case	実験砂	透過部位置	土石流波形	水路勾配 $\theta$ (°)
Case 1-1	粒径 1.4mm 一様	右岸寄り	7.0L/sをピークとする一波	8
Case 1-2		流心		
Case 1-3		左右1つずつ		
Case 2-1	粒径 3.0mm 一様	右岸寄り		
Case 2-2		流心		
Case 2-3		左右1つずつ		

図-3 は水路下端の通過土石流流量の時間変化を示している。Case1, Case2 ともに堰堤がない場合と比べて、堰堤を設置することで土石流流量のピークを大きく抑えられている。その後、図-2 に示す水位変化を受け、透過部中央の場合が流量低減が最も早く、透過部右偏の場合が最も遅い傾向も両者で同じであった。このことから、堰堤上流の堰上げ傾向と同じく、粒径の大きさの違いが流出量時間変化に及ぼす影響も小さいと考えられる。両者の傾向が異なったのは左右1つずつに透過部を配置した場合で、Case2-3 のほうが Case1-3 よりも流出量の低減がやや小さくなった。これは前述のとおり、Case2-3 では  $b/d > 2 \sim 3$  の条件に近く土砂が透過部を通過し難くなったことが影響していると考えられる。

図-4 に透過部右偏の場合の土石流材料別の堰堤周辺堆積厚分布を示す。土石流材料が小さい Case1 のほうが土砂堆積厚が大きい。これは、土石流材料の大きさに伴う移動限界掃流力の違いと水位堰上げから減衰までの水位変化傾向の違いが影響していると考えられる。水路側方から撮影した動画によると、土石流による堰上げ発生後、透過部から排水すると同時に上流部で水深の薄い流れが形成され、それに伴って土砂が徐々に堰堤付近まで流下し、堰堤付近で堆積する様子が確認できた。このことから、土石流材料が小さい Case1 のほうが移動限界掃流力が小さく、堰上げ減衰期に形成される流れに対してより従順に移動したことで堆積厚が大きくなったと推察される。図-5 に透過部位置が異なるケースの堰堤上流側の堆積厚分布を示す。左右1つずつ透過部を設けた場合が最も土砂捕捉量が大きく、効率的に土砂を捕捉可能な透過部位置であると考えられる。これは、前述したように、 $b/d$  が小さく土砂が透過部を通過し難くなったためと考えられる。表-3 は、各ケースの堰堤上流部・下流部堆積土砂量と流出土砂量(重量)を示している。Case1, Case2 ともに透過部の位置によらず堰堤上流で80%以上の土砂を捕捉しているが、土石流材料の大きさによって最も捕捉効果が高い透過部配置が異なった。透過部右偏 (Case1-1, Case2-1) ではより小さい材料のほうが有利、透過部左右 (Case1-3, Case2-3) ではより大きい材料のほうが有利であった。一方、最も捕捉効果が低かった透過部配置も土石流材料の大きさによって異なった。以上より、土石流材料の大きさによって透過部の横断位置と土砂捕捉能力の関係が異なることが示唆された。

**4. あとがき** 本研究では広域堆積場を有する砂防堰堤の「透過部位置の横断的な偏り」が土砂捕捉に及ぼす影響を実験的に把握した。その結果、効率的な土砂捕捉が期待できる透過部位置は土石流材料の大きさ(移動限界掃流力)によって変化することが示された。今後は供給土石流の後続流の規模や継続時間、土石流材料を混合砂とした場合について、横断的な透過部の偏りが捕捉効果に及ぼす影響を実験および数値解析を用いて把握する予定である。

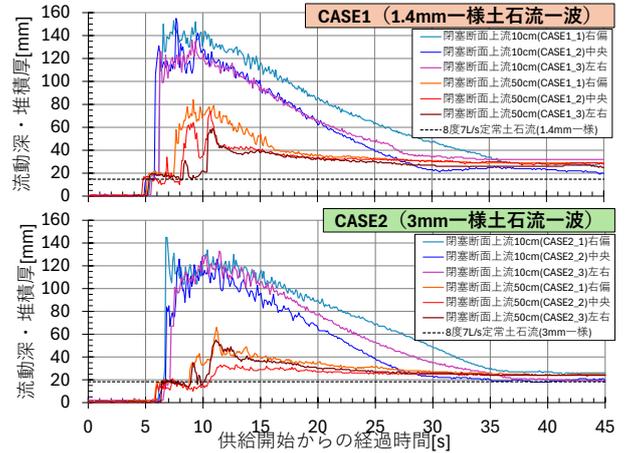


図-2 堰上げ水深(堆積厚も含む)の時間変化

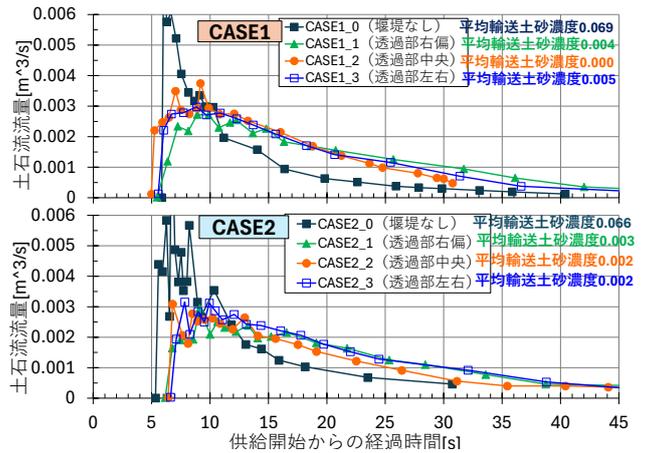


図-3 水路下端の通過土石流流量の時間変化

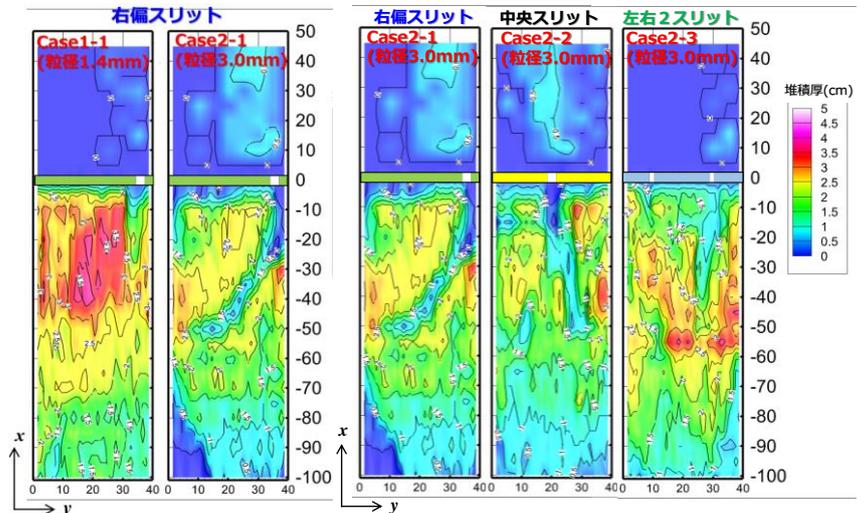


図-4 土石流材料別の堆積厚分布【透過部右偏】

図-5 透過部横断位置別の最終堆積厚分布【材料3mm径】

表-3 透過部断面上下流の土砂量(重量)

	Case1-1 (右偏)	Case1-2 (中央)	Case1-3 (左右)	Case2-1 (右偏)	Case2-2 (中央)	Case2-3 (左右)
堰堤上流 捕捉土砂(kg)	14.62 (95.06%)	13.10 (88.99%)	12.50 (83.11%)	12.06 (89.22%)	10.38 (91.53%)	12.16 (94.41%)
堰堤 堆積土砂(kg)	0.30 (1.95%)	1.62 (11.01%)	1.86 (12.37%)	1.06 (7.84%)	0.76 (6.70%)	0.38 (2.95%)
下流 通過土砂(kg)	0.46 (2.99%)	0.00 (0.00%)	0.68 (4.52%)	0.40 (2.94%)	0.20 (1.77%)	0.34 (2.64%)

**謝辞** 本研究は国交省河川砂防技術研究開発 地域課題分野(砂防)の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表します。  
**参考文献** 1) 高橋, 京大防災研年報, Vol.20, B-2, pp.405-435, 1977. 2) 池谷・上原, 砂防学会誌, Vol.32, No.3, pp.37-44, 1980.