

道路盛土横断排水工における閉塞軽減構造の土石流及び流木捕捉機能に関する一考察

○坂本 良祐, 原田 紹臣, 高山 翔揮, 里深 好文 (立命館大学理工学部)
 松元志津佳, 吉田 一雄 (JFE 建材株式会社)
 中谷 加奈 (京都大学大学院農学研究科)
 水山 高久 (政策研究大学院大学)

1. はじめに

従来, 高規格道路等において土石流が発生する危険性の高い溪流を横過する場合, 一般的に橋梁形式とされてきた。ただし, 全ての溪流に対して橋梁形式で横過する場合, 建設費用が多大となるため, 近年, 高速道路における土石流対策については, 砂防堰堤や盛土の上流側に確保される空間を有効活用した土石流対策(盛土ポケット)¹⁾が提案されている。なお, 高速道路の盛土ポケットを活用して土石流対策を講じる場合, 盛土横断排水構造物が土石流等により閉塞するのを防ぐため, 横断流入部近傍に閉塞軽減工を設置し, 巨礫や流木の捕捉を目的とした構造が必要²⁾となる。

筆者らは従来の閉塞軽減工¹⁾における課題について実験²⁾により示すとともに, 新たに, 鋼製部材を用いた透過型砂防堰堤³⁾等を参考に道路盛土横断排水構造物の流入部を改良した土石流発生時等における閉塞軽減対策構造(図-1)を提案し, 透過部の河床に対する設置角度の違いが捕捉効果に与える影響や水平部材の礫による閉塞メカニズム等に関して考察している²⁾。しかしながら, これまでの筆者らの実験^{2), 3)}においては, 図-1に示す閉塞構造(透過部)の下流背面に存在する壁体(背面板; Concrete wall)による影響が考慮されていない。そこで, 本研究では実験水路により, 閉塞構造における背面板設置有無の違いが土石流(土砂)や流木の捕捉効果に与える影響の把握を目的としている。

2. 実験条件

今回使用した実験水路の概要を図-2に示す。図-2に示されるとおり, 実規模に対して約1/100程度の縮尺を想定して, 底部に一様砂礫(直径 d_{max} 約7mm, 内部摩擦角38度)及び流木($\phi=1.6$ mm, 長さ $l=4$ cm, 50本, 乾燥状態での比重: 約0.75)を敷き詰めて傾斜(15度)させた水路(長さ1m, 幅10cm)に, 水を上流から供給して土石流を発生させ, 水路下流部に設置された構造物(閉塞軽減工)で捕捉された礫の重量や下流へ流出した流木の本数を計測する。また, 透過部の設置角度 θ_1 (45度), 透過部構造(水平部材), 透過部材の間隔(礫径 d_{max} に対する純間隔比 $1.5d$; $L=10$ mm),

透過部材の断面形状(円柱部材)とし, 上流からの供給水量 q_{in} を変化させて比較している。なお, 予備実験により構造物位置付近における礫の粗粒化(先頭部への大径礫の集積化)³⁾が殆ど発生していないことや, 流木の枝付加, 流木の投入本数, 透過部の設置角度ならびに水路勾配等の違いによる影響に関しても, 事前に把握している。また, 各条件に対してそれぞれ3回実施して実験結果を平均化している。以降に, 紙面の関係より結果の一部を示し, 考察する。

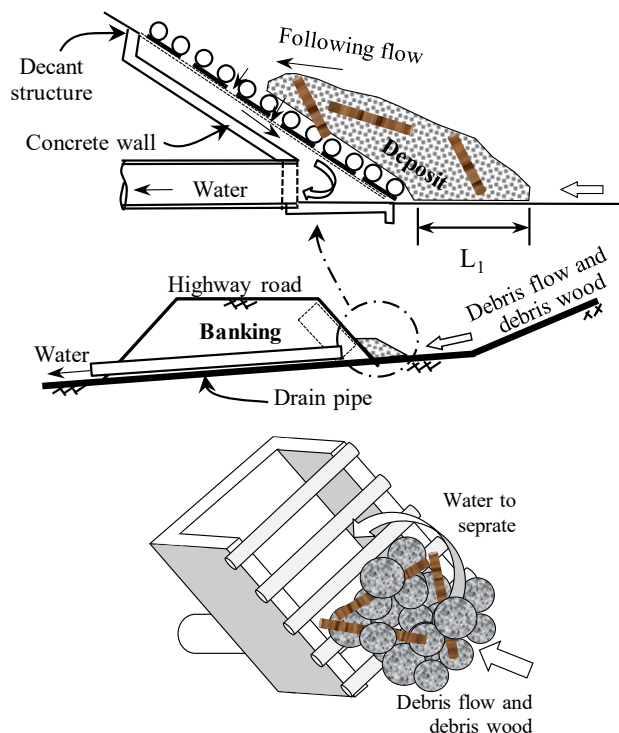


図-1 提案する道路盛土横断排水工における閉塞軽減構造²⁾

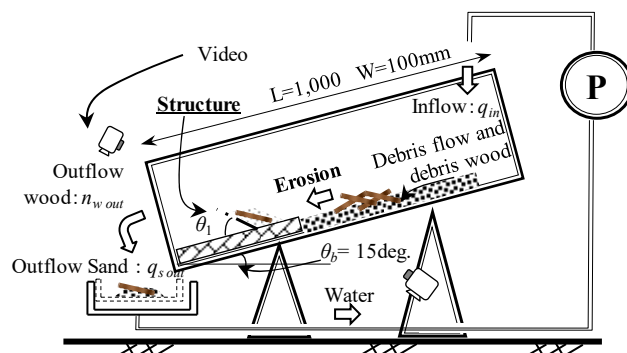


図-2 実験水路の概要

3. 実験結果及び考察

土砂の捕捉率 f_s 及び流木の捕捉率 f_w はそれぞれ、

$$f_s = (q_{s\ in} - q_{s\ out}) / q_{s\ in} \quad (1)$$

$$f_w = (n_{w\ in} - n_{w\ out}) / n_{w\ in} \quad (2)$$

で表される。ここに、 $q_{s\ in}$ は河床に敷き詰めた礫の重量（ただし、全て侵食）、 $n_{w\ in}$ は河床に配置した流木の本数（ただし、全て流下）、 $q_{s\ out}$ は水路下流へ流出した礫の重量及び、 $n_{w\ out}$ は水路下流へ流出した流木の本数である（図-2）。

閉塞構造で背面板が存在しない場合における上部からの供給水量（ q_{in} ：図-2）の違いによる土砂の捕捉率 f_s （式1）の変化を図-3に示す。図-3に示されるとおり、流量やレイノルズ数が大きくなるに伴って、構造物における土砂の捕捉率 f_s は低下する傾向が確認された。これは、礫の閉塞メカニズムとして一般的に知られている礫のアーチ・アクションの形成において、礫が部材を中心に回転する速度が速くなるに伴って、後続からの礫との噛み合わせによるアーチ・アクションの形成確率が低下することにより、礫が閉塞せずにそのまま通過したものと考えられる（図-4：上）。

次に、最大流量（ $q_s=1.4\text{ l/s}$ ）における閉塞構造での背面板設置有無の違いによる土砂の捕捉率 f_s の変化を図-5に示す。図-5に示されるとおり、背面板が無い場合（No-wall, sand +

wood； $f_s=28\%$ ）に比べて、背面板が存在する場合（Wall, sand + wood； f_w ）においては顕著に土砂の捕捉率 f_s が向上した（ $f_s=97\%$ ）。実験中の観察結果によると、閉塞構造（透過部）と背面板との空間において存在する水（水圧）の影響を受けて、閉塞構造直上流で発生する水流のせり上がり効果等により流速が顕著に小さくなったことによるものと考えられる（図-4, 下）。なお、流木を混入させずに土砂と水のみを供給した場合においても同様の傾向が確認された。

一方、図-5に示されるとおり、背面板が無い場合（No-wall, sand + wood）、殆どの流木は捕捉されずに閉塞構造（透過部の部材間）を通過してそのまま下流へ流出した。なお、比重の影響を受けたものと考えられ、流木は土砂と比較して流れの先頭部に集積して流下した。また、背面板が存在する場合（Wall, sand+wood）、礫の捕捉効果と同様に殆どの流木が閉塞構造部で捕捉された（ f_w ）。実験中の観察によると、礫と同様に閉塞構造と背面板との間に発生する水圧の影響を受けて、流木は透過部直上流で流木が鉛直方向に急激に回転することにより、容易に捕捉されたことによるものと考えられる。今後、閉塞メカニズムにおける流木と土砂の相互作用に関する理論の一般化等が望まれる。

参考文献

- 1) JH日本道路公団：土石流対策の手引き，2003.
- 2) 原田紹臣・内藤秀弥・中谷加奈・里深好文・水山高久：道路盛土横断排水構造物の高機能化に関する研究，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.72, No.4, pp.871-876, 2016.
- 3) 原田紹臣・里深好文：粒径分布特性を考慮した透過型砂防えん堤の土砂流出調節機能に関する研究，土木学会論文集B1, Vol. 70, No. 4, pp. I_931-I_936, 2014.
- 4) 原田紹臣・高山翔輝・里深好文・水山高久・中谷加奈：不透過型砂防堰堤における鋼製部材を用いた流木対策工の捕捉機能に関する基礎的な実験，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.73, No.4, pp. I_1351-1356, 2017.

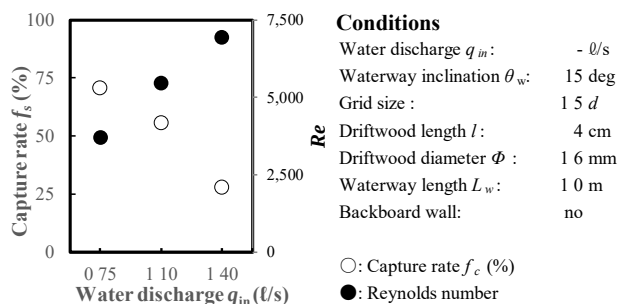


図-3 供給流量の違いによる土砂捕捉率の変化

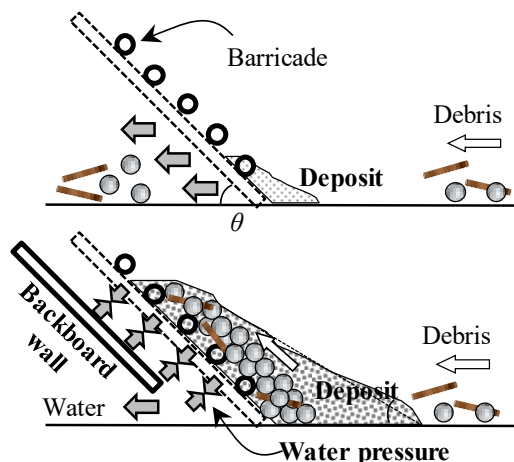


図-4 閉塞構造における背面板が捕捉機能に与える影響の概要

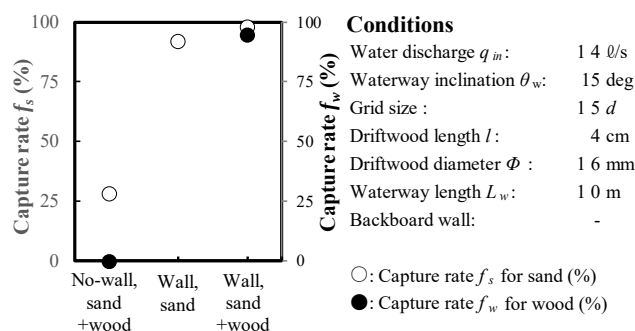


図-5 閉塞構造における背面板の設置有無の違いによる土砂及び流木捕捉率の変化