

支川からの土石流流入が合流点付近の本川流砂量に与える影響

北海道大学大学院農学院 ○染谷 哲久 (現 アジア航測株式会社)
山田 孝 (現 三重大学大学院生物資源学研究科)

1. 目的

豪雨出水中に支川から掃流区間の本川へ土石流が流入した場合の流砂量変化に対応するためにも、合流点からの距離が異なる地点において、土石流の流入が本川流砂量に対して、どの程度、影響するのかを把握する必要がある。よって本研究では、支川から掃流区間である本川に土石流が流入した場合を想定し、土石流の流入が本川流砂量に対して、どの程度、影響を与えるのかを、水路実験により把握することを目的とした。特に土石流規模と土石流の流入タイミング、および合流点からの距離が異なる地点での本川流砂量に対する影響の違いに着目した。

2. 研究方法

計測項目を図-1 および表-1 に示す。本川流砂量への影響は、土石流流入開始後の本川ピーク流砂量を指標とした。また流入タイミングの指標は、本川平衡流砂量とした。土石流規模は、土石流ピーク流量（土砂の量のみ）により評価した。また表-1 に示す無次元指標を用いて、合流点からの距離が異なる地点における（ L/L_d 別）、土石流規模と流入タイミングを考慮した本川流砂量への影響（ Q_{dp}/Q_{se} と Q_{sp}/Q_{se} との関係）を調べた。

右岸に複数の合流口を設けた長さ 4m、幅 0.2m の本川水路、長さ 1m、幅 0.07m の支川水路を用いて、合流角を 90° に固定して実験を行った。均一粒径 2mm の土砂を使用し、支川水路からは土石流による供給のみとし、本川水路には芦田・高橋・水山の式により求められた平衡流砂量を常に供給した。

実験ケースは、本川流量 3 ケース ($474 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{s}$, $923 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{s}$, $1624 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{s}$)、本川勾配 2 ケース (2° , 4°) 設定して、本川平衡流砂量を 6 ケース設定した。支川堆積土砂量を 2 ケース ($500 \times 10^{-6} \text{m}^3$, $800 \times 10^{-6} \text{m}^3$) 設定して、土石流ピーク流量を 2 ケース ($148 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{s}$, $231 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{s}$) 設定した。また合流点からの距離は 3 ケース (0.10m, 0.25m, 0.40m) 設定した。以上より、合計 36 ケースにおいて実験を行った。

土石流流量および本川流砂量は、流路末端での直接採砂とビデオ映像より求めた。また、本川水路上部および左岸側面よりビデオ映像を撮影し、土石流堆積物による地形変化、流砂形態、水面形の変化を計測、把握した。

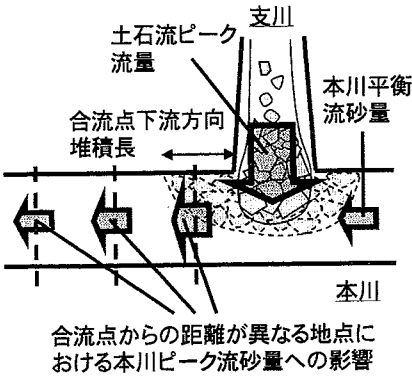


図-1 対象とする土砂移動現象と計測項目

表-1 着目点に対する計測項目および無次元指標

着目点	計測項目	記号
本川流砂量への影響	本川ピーク流砂量 (m^3/s)	Q_{sp}
土石流規模	土石流ピーク流量 (m^3/s)	Q_{dp}
流入タイミング	本川平衡流砂量 (m^3/s)	Q_{se}
合流点からの距離	合流点からの距離 (m)	L
距離を無次元化するための指標	合流点下流方向堆積長 (m) ※本川流水なし	L_d
無次元指標		
本川流砂量への影響		Q_{sp}/Q_{se}
土石流規模と流入タイミング		Q_{dp}/Q_{se}
合流点からの距離		L/L_d

3. 結果および考察

本川流砂量の時間的変化の結果を図-2 に示す。本川流量 $1624 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ 本川勾配 2° 土石流ピーク流量 $231 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ での結果を代表的な事例として示す。

①合流点からの距離が 0.10m の地点では、土石流流入開始直後に本川平衡流砂量の3倍の本川ピーク流砂量を計測した。これは、合流点付近に元の本川勾配よりも急な勾配の土石流堆積物地形が形成され、その堆積面での流砂が掃流状集合流動で移動するためであったと考えられる。

②合流点からの距離が 0.25m および 0.40m の地点では、土石流流入開始よりしばらく時間が経ってから、本川平衡流砂量の $1.5 \sim 1.7$ 倍の本川ピーク流砂量を計測した。この地点では土石流堆積物による地形変化の影響を受けず掃流で移動していたが、本川平衡流砂量を上回った。ここで、合流点付近の左岸水位の時間的変化を図-3 に示す。土石流の本川への流入、堆積により合流点上流が大きく堰上がり、その背水の影響で本川上流から移動してきた流砂が一時的に停止した。土石流堆積物が浸食されるにつれて水位が低下して堰上がり小さくなり、停止していた流砂が移動し始めた。一時的ではあるが、堰上げによりその上流、下流に水位差が生じ、水柱の崩壊のような現象により本川掃流力が一時的に大きくなるため、本川平衡流砂量を上回る流砂が移動したと考えられる。

以上①②の傾向は、他の実験ケースにおいても同様であった。

全 36 ケースの結果より、 L/L_d 別 Q_{dp}/Q_{se} と Q_{sp}/Q_{se} との関係を図-4 に示す。合流点からの距離 (L) が合流点下流方向堆積長 (L_d) の範囲内 ($L/L_d \leq 1.0$) では、土石流規模と本川平衡流砂量との比 (Q_{dp}/Q_{se}) に応じて、本川ピーク流砂量 (Q_{sp}) は本川平衡流砂量の 1.4 倍から 5.3 倍になった ($1 \leq Q_{dp}/Q_{se} \leq 100$)。なお、 $100 \leq Q_{dp}/Q_{se}$ の範囲において、明確なことは言えなかった。 $L/L_d \leq 1.0$ の範囲は先の①に当たる範囲であり、掃流状集合流動で移動するために本川平衡流砂量を大きく上回ると考えられる。合流点からの距離 (L) が合流点下流方向堆積長 (L_d) の範囲外 ($L/L_d \geq 1.0$) では、土石流規模と本川平衡流砂量との比 (Q_{dp}/Q_{se}) によらず、本川ピーク流砂量 (Q_{sp}) は最大で本川平衡流砂量の 2 倍程度であった。 $L/L_d \geq 1.0$ の範囲は先の②に当たる範囲であり、掃流で移動するが、土石流の本川への流入、堆積とその後の堆積物の変化がもたらす水位と掃流力の変化により、本川平衡流砂量を上回ったと考えられる。

※なお、追加実験で合流点からの距離が 0.80m の地点 ($5.0 \leq L/L_d \leq 6.5$) においても流砂量を計測したが、本川ピーク流砂量は本川平衡流砂量を上回った。この距離においても②の現象による影響があると考えられる。

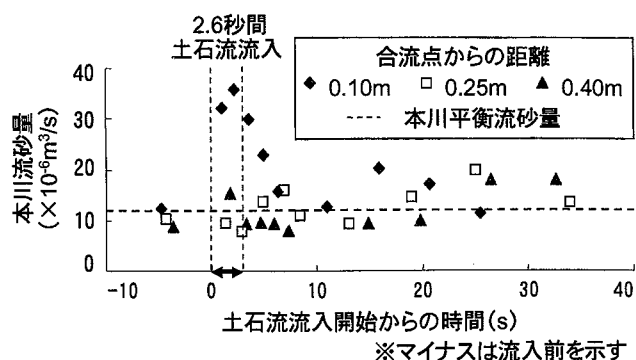


図-2 土石流流入開始からの本川流砂量の時間的変化

※本川流量 $1624 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ 本川勾配 2° 土石流ピーク流量 $231 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ での結果

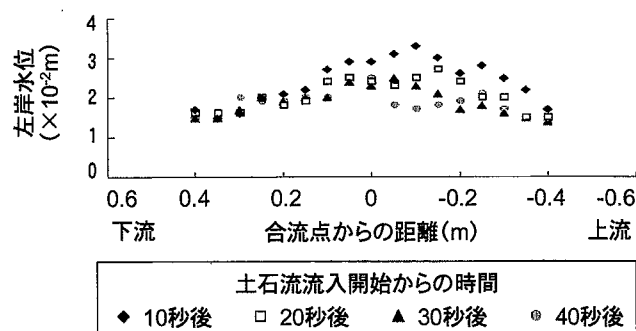


図-3 土石流流入開始からの左岸水位の時間的変化

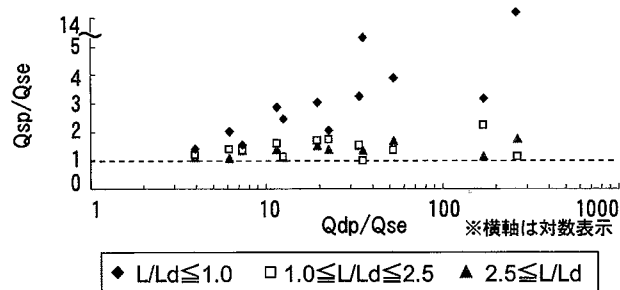


図-4 L/L_d 別 Q_{dp}/Q_{se} と Q_{sp}/Q_{se} との関係