

土石流の入射角が鋼製透過型えん堤の捕捉機能に及ぼす影響

(株)神戸製鋼所 ○加藤 光紀
 勝田 貴志
 葛西俊一郎

1. はじめに

透過型えん堤の土石流捕捉効果は、土石流がえん堤軸(捕捉面)に直角に作用するときの実験結果に基づいて決められている。しかし、えん堤軸は、河川の下流方向に対して直角に計画されるため、必ずしも上流方向に対しては直角ではない。このため、えん堤が湾曲部や合流点に設置される場合、土石流は傾斜して捕捉面に作用することになり、この傾斜が捕捉効果に影響を及ぼす可能性がある。しかし、このような傾斜に関する研究成果や実験結果は極めて少ないのが現状である。

本報告は、土石流の入射角が土砂の捕捉効果に及ぼす影響を実験的に調べた結果、および、実験結果を定性的に検討するために行ったシミュレーションの結果を述べたものである。さらに、実験では、流下土砂の粒度構成および河床勾配による捕捉効果への影響も調べたので併せて報告するものである。

2. 実験概要

2.1 実験装置と試験体

実験装置を図-1に示す。幅20cm、長さ10mの直線水路に土砂を敷き、その上部から1.5l/secの水を流して土石流を発生させる。図-1には、試験体の平面図を示している。試験体は縦材の配列別にタイプ1~4と名付ける。タイプ1~3は、それぞれ入射角が $\theta=0^\circ$ 、 20° 、 40° の場合で、縦材純間隔 b は最大礫径 d_{max} の1.5($n=b/d_{max}$)倍である。また、タイプ4は 40° の場合であるが、縦材投影間隔 b' が d_{max} の1.5倍(純間隔は2.2倍)である。

土石流が傾斜してえん堤に作用する状況を実験で再現するには、タイプ1のようにセットした捕捉面に、それより上流側を傾斜させた水路を設け、その水路から土石流が作用する状態を作る必要がある。しかし、水路を折り曲げることは難しいため、直線水路に傾斜させた試験体を設置することで代用した。このため、入射角が大きい試験体ほど透過幅 B が大きくなっている。

2.2 実験条件

実験ケースを表-1に、流下土砂の粒度構成を図-2に示す。実験のパラメータは、表-1から、入射角 θ 、実験砂、水路勾配 i である。入射角は、上記の2.1で示したとおりである。実験砂は、 $d_{max}(=d_{95})$ を15mmとして粗い礫を多く混入したものと細かい礫を多く混入したものとした。また、水路勾配は急勾配($i=1/3$)と緩勾配($i=1/5$)の2種類とした。

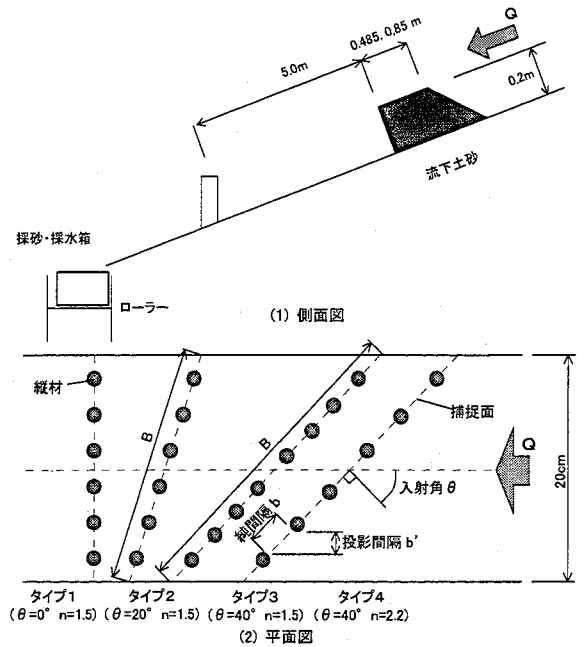


図-1 実験装置概要

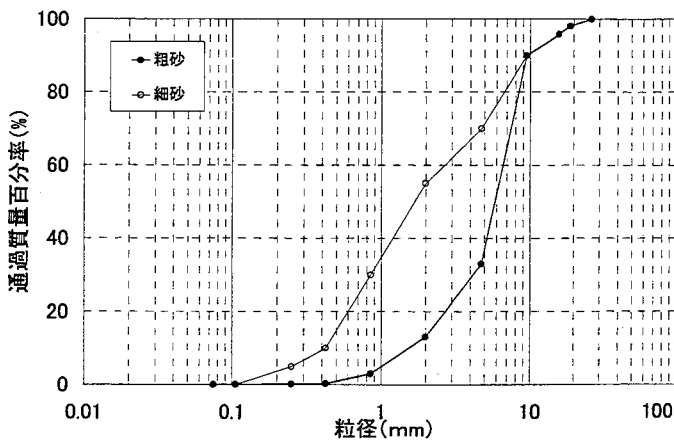


図-2 実験砂の粒度構成

表-1 実験ケース

| タイプ | 入射角 (θ°) | 縦材純間隔比 ($n=b/d_{max}$) | 実験砂 | 水路勾配 (i) |
|-----|------------------------|--------------------------|-----|--------------|
| 1 | 0 | 1.5 | 粗砂 | 1/3 |
| | | | | 1/5 |
| | | | 細砂 | 1/3 |
| | | | | 1/5 |
| 2 | 20 | 1.5 | 粗砂 | 1/3 |
| | | | | 1/5 |
| | | | 細砂 | 1/3 |
| | | | | 1/5 |
| 3 | 40 | 1.5 | 粗砂 | 1/3 |
| | | | | 1/5 |
| | | | 細砂 | 1/3 |
| | | | | 1/5 |
| 4 | 40 | 2.2 | 粗砂 | 1/3 |
| | | | | 1/5 |
| | | | 細砂 | 1/3 |
| | | | | 1/5 |

3. 実験結果

実験結果を図-3に示す。

①タイプ1～3の土砂捕捉率はタイプ1, 2, 3の順で僅かに低くなるが全体的にはほぼ同じ値であることがわかる。また、細砂、急勾配を除けばいずれの捕捉率も高いことがわかる。

これより、縦材純間隔 b が同じであれば、入射角 θ が捕捉に及ぼす影響は小さいことになる。

②タイプ4の捕捉率はタイプ3のそれよりかなり低いことがわかる。

これより、縦材の投影間隔 b' が同じでも純間隔 b が大きくなれば、捕捉効果は低下することになる。

③粒度構成が粗い場合、水路勾配 i に関わらず捕捉効果は高いことがわかる。一方、粒度構成が細かい場合、 i が大きいときにのみ捕捉効果が低くなっているのがわかる。これは i が大きいとき、流れが土石流形態にならなかったためである。これより本実験では、流れが土石流形態になれば、粒度構成および河床勾配は、捕捉効果に大きな影響を及ぼさなかった。

4. シミュレーションとの比較及び考察

実験結果を定性的に検討するため、水路勾配を $i=1/3$ とし、流下材料を最大礫径のみの単一粒子とした土石流シミュレーション¹⁾を行った。その結果を図-4に示す。なお、図-4には、比較のために実験結果もプロットした。また、図-5に土砂の捕捉状況を示す。

①図-4から、計算結果は、実験結果と多少の相違はあるが、傾向的にほぼ一致していることがわかる。これより、本シミュレーションは実験結果を定性的に推定できるものと思われる。

②図-5より、捕捉面には礫のアーチが形成されて土砂が捕捉されているのがわかる。さらに、そのアーチは入射角に関係なく、2本の縦材の間で捕捉面に対しほぼ直角に形成されている。

これより、土石流の捕捉効果は、礫のアーチを形成する縦材純間隔によって決まることがわかる。したがって、タイプ4のように縦材純間隔が広い場合、アーチが形成され難いため土砂の流出が多くなったものと思われる。

③図-4から、入射角が大きくなるとともに、僅かではあるがシミュレーションで得られた捕捉率も低下しているのがわかる。この要因には、以下の2つが考えられる。i) 捕捉面に沿った単位幅あたりの土砂流出量 q_e が同じであっても、入射角が大きくなれば透過幅 B も大きくなり、結果としてトータル流出量 $q_e \times B$ が大きくなる。このため、捕捉率が低下したと思われる。しかし、実河川にえん堤を設置する場合には、2.1に示したように透過幅は大きくならないことから捕捉率の低下に考慮する必要はないと思われる。ii) 捕捉面に直角に形成されたアーチに水路長さ方向の流体力が作用すれば、図-5に示すような分力 PH がアーチに作用する。この PH がアーチの形成を遅らせるため捕捉率が低下したものと思われる。しかし、この影響はかなり小さいため捕捉効果の低下に考慮しなくてもよいと思われる。

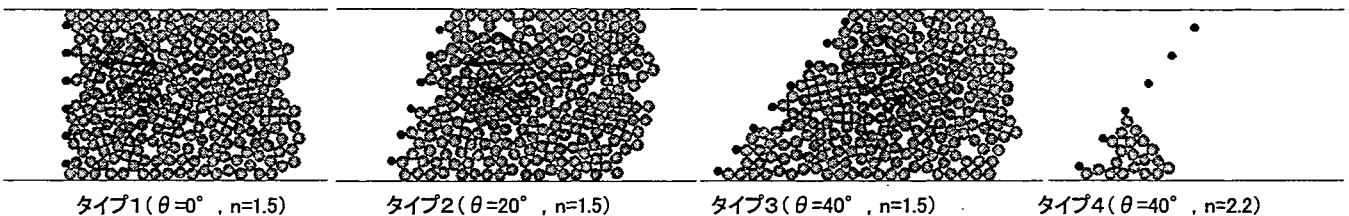


図-5 捕捉状況 (平面図)

5. まとめ

1. 土石流の入射角が土砂の捕捉効果に及ぼす影響は少ない。
2. 流れが土石流形態になれば、粒度構成および河床勾配は、捕捉効果に大きな影響を及ぼさなかった。

参考文献：1) 勝田貴志, 織田 剛, 守山浩史, 葛西俊一郎, 個別要素法を用いた鋼製砂防堰堤における土石流捕捉に関する数値解析, 平成16年度砂防学会研究発表会概要集, pp.118-119

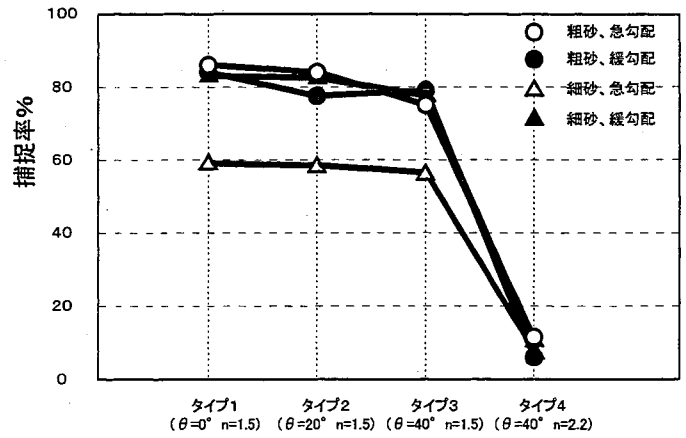


図-3 入射角と捕捉率の関係

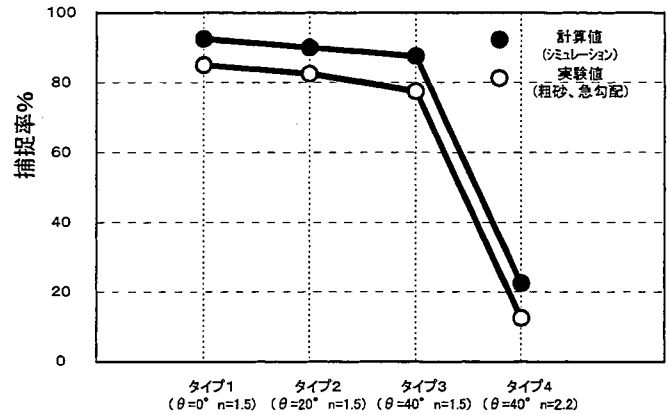


図-4 シミュレーション結果との比較