

砂防堰堤上下流における土石流の流量・水深の変化に関する水路実験

国土交通省国土技術政策総合研究所 ○松本直樹、内田太郎、蒲原潤一
日本工営株式会社 長山孝彦、伊藤隆郭、渡部春樹

1. はじめに

これまで土石流の発生・流下過程、砂防堰堤の効果評価に関する実験、実態把握に関する研究は数多くなされている¹⁾。しかし、土石流流下過程、砂防堰堤の効果評価に関する実験においては、主として、砂防堰堤による土砂の捕捉など土砂の挙動が着目されており²⁾、砂防堰堤の上下流で土砂を運ぶ水の挙動に関する知見は十分とはいえない。そこで、本報告は、給水量の違い及び移動可能土砂を運搬するのに必要な水の量以上の水が与えられた場合の砂防堰堤上下流における土石流の流量・水深の変化を明らかにすることを目的に水路実験を行った。

2. 実験の概要

2.1. 実験条件

実験は 1/30 程度の縮尺を想定し、実験装置は、図-1 に示す長さ 8m、幅 30cm、高さ 40cm の可変勾配式水路（勾配：0～22°）を用いた。実験砂は、過去の既往災害等を考慮し、図-2 に示す 95%粒径 32mm、50%粒径 8mm の混合砂を用いた。また、実験は、固定床上に上流から給水・給砂し土石流を発生させ、土石流の水深（4 点）および上流投入量と水路末端での水および土砂の流出量の時系列変化を計測した。また、水路下流端において流出土砂を採取して粒度分布試験を実施した。併せて、実験状況は、水路側壁および鉛直方向からビデオで撮影した。

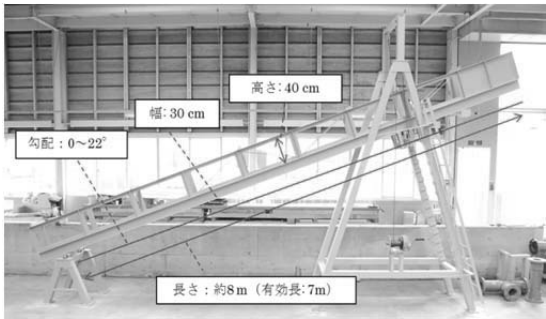


図-1 模型水路

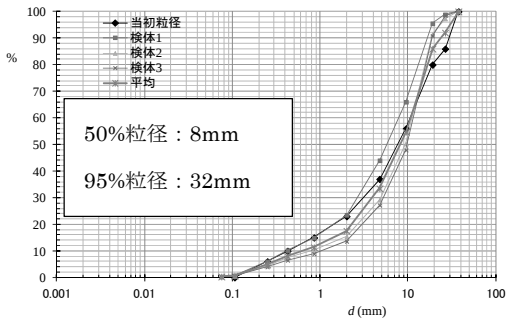


図-2 粒度分布

2.2. 実験ケース

実験ケースを表-1 に示す。実験は、勾配が急な場合（16°）と緩い場合（5°）の 2 パターン実施し、それぞれ、堰堤無しの場合と不透過型、透過型堰堤を設置した場合を想定し、土砂量及び流量を変化させた計 24 ケース実施した。また、堰堤模型は、高さ 30cm とし、透過型模型の透過幅は、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）」及び「土石流・流木対策設計技術指針」に基づき、極力堰上げが発生しないように、勾配が急な場合は、最大粒径の 1.25 倍程度の透過幅とし、勾配が緩い場合は、最大粒径の 4 倍程度の透過幅とした上で、広い透過部からの過剰の土砂流出を抑制するため、横棧（横棧間隔：最大粒径の 1 倍程度）を設置した。給水量は、矩形ハイドログラフとして給水し、対象とする土砂量を流下させる継続時間を算出し、給水した。また、給砂量は、堰堤容量と同量及び堰堤容量の 2 倍のケース 2 パターン設定した。

表-1 実験ケース

ケース	土砂量	総給水量	単位時間あたりの給水量	勾配	堰堤
1	なし	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	中	5°	なし
2	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	中	5°	なし
3	堰堤の容量以上	設定した量の土砂を流せる量	中	5°	なし
4	なし	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	中	5°	不透過型
5	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	中	5°	不透過型
6	堰堤の容量以上	設定した量の土砂を流せる量	中	5°	不透過型
7	なし	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	中	5°	透過型
8	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	中	5°	透過型
9	堰堤の容量以上	設定した量の土砂を流せる量	中	5°	透過型
10	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	中	16°	なし
11	堰堤の容量以上	設定した量の土砂を流せる量	中	16°	なし
12	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	中	16°	不透過型
13	堰堤の容量以上	設定した量の土砂を流せる量	中	16°	不透過型
14	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	中	16°	透過型
15	堰堤の容量以上	設定した量の土砂を流せる量	中	16°	透過型
16	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量より多い水量	中	16°	なし
17	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量より多い水量	中	16°	不透過型
18	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量より多い水量	中	16°	透過型
19	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	大	16°	なし
20	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	大	16°	不透過型
21	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	大	16°	透過型
22	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	大	5°	なし
23	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	大	5°	不透過型
24	堰堤の容量と同等	堰堤の容量と同等の土砂を流せる量	大	5°	透過型

3. 実験結果

3.1. 土砂濃度

図-3 は、水路下流端における土砂濃度測定結果である（グラフの縦軸は土砂濃度、横軸は時間（秒）を示

す)。また、ここでは、代表的なケースについて記載する。勾配が緩い透過型のケース（図-3(a),(b)）で、透過部から土砂が流出したために土砂濃度が大きくなる時間が見受けられたものの、勾配が緩いケース、勾配が急なケース（図-3(c)～(e)）のいずれの場合においても、勾配の違い、堰堤の種類に関わらず、堰堤無しの場合と比較して、水路下流端での土砂濃度は低い値となった。この結果から、勾配、堰堤の種類に関係なく、砂防堰堤において土砂が捕捉されたと言える。

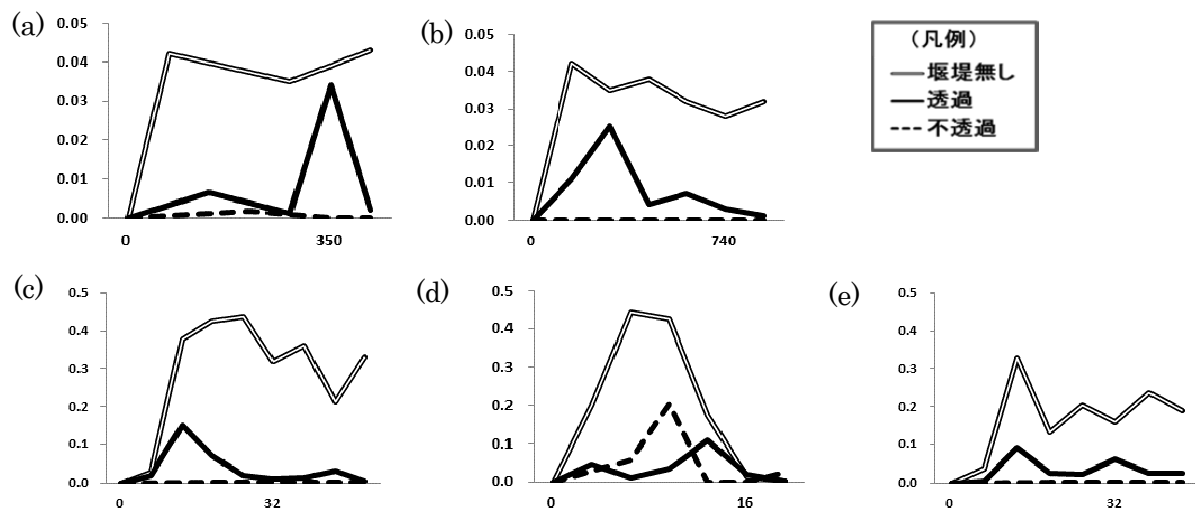


図-3 土砂濃度の測定結果 (a)勾配 5° (b) 勾配 5° ,単位時間給水量大(c) 勾配 16° (d) 勾配 16° ,単位時間給水量大(e) 勾配 16° ,総給水量大

3.2. 流量

図 4 は、水路下流端での流量の計測結果である（グラフの縦軸は流量(l/m^2)、横軸は時間（秒）を示す）。なお、流量は下流端で計測した土砂濃度から、土砂分を排除して、水のみを算出している。その結果、勾配が緩いケース（図-4(f), (g)）は、堰堤無しの場合と比較し、透過型、不透過型堰堤とも全ての条件で同等程度の流量になった。勾配が急なケース（図-4(h)～(j)）は、不透過型のケースで大きくなった時間（図-4(h), (i)）が見受けられたものの、堰堤無しの場合と比較して、同等程度の流量となった。

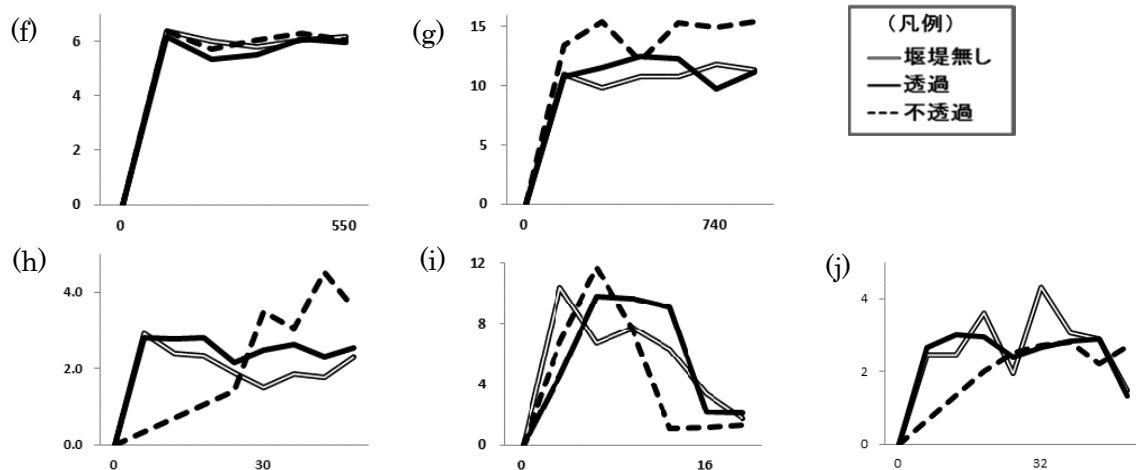


図-4 流量の測定結果 (f)勾配 5° (g) 勾配 5° ,単位時間給水量大(h) 勾配 16° (i) 勾配 16° ,単位時間給水量大(j) 勾配 16° ,総給水量大

4. 考察とまとめ

土砂濃度は、ほぼ全てのケースにおいて堰堤無しの場合と比較して小さくなったが、水路下流端での流量は、ほぼ全てのケースにおいて大きな流量低下が生じなかった。これらのことから、勾配が緩く土砂濃度が比較的低い流れに対する対策では、土石のみならず、泥水の制御も考えることが重要であることが示唆される。今後、実験の再現性等より詳細な検討を進めていきたい。

<参考文献>

- 1) 例えば、渡辺ら：土石流対策砂防施設に関する検討、砂防学会誌 Vol.41, No.2, 1988.
- 2) 例えば、水山ら：格子型ダムのパーク流砂量減少率に関する研究、砂防学会誌 Vol.47, No.5, 1995.