

12 小径鋼板セルダムの土砂捕捉機能に関する水理模型実験

住友金属建材株式会社 ○竹内大輔 飯田久雄
京都大学大学院農学研究科 水山高久
財団法人建設技術研究所 小田晃

1 目的

近年、溪流から河川を経て海岸に至る水系に対して一貫した土砂管理の必要性が高まる中で、土石流区間において通常時の土砂は流下させ、土石流発生時は土砂を捕捉する透過型砂防ダムが多く採用されるようになっており、生態系の連続性を阻害しない点からも今後もこの傾向は続くと考えられる。鋼板セルダム¹⁾は鋼製砂防ダムの一つで、巨大な円形鋼殻と中詰からなる重力式ダムである。最近、鋼板セルダムを小径化して下流側に鋼製フレームを取り付けた鋼製透過型砂防ダムのCF型スリットダムが開発された。本報告はこの構造についての水理模型実験を行い、土砂捕捉機能を中心に観察及び考察を行うものである。

2 実験概要

実験の模式図を図1に示す。水路は幅300mm、長さ10mの勾配可変式を用いて、土石流、土砂流、掃流の3つの状態に対応して勾配を16度、10度、4度として実験を行った。水路底面は粒径1mmの砂を張り付けた固定床に土砂を敷き均して高さ50mmの移動床を作成した。勾配16度においては長さ2.5m、高さ50mmの移動床の上流に長さ1m、高さ180mmの移動床を設けて土石流を発生させた。流木の実験においては、円柱状の木製棒50本を移動床に樹林状に埋め込み、通水により自発的に流下させた。通水流量は予備実験で土石流などの発生を確認して決定し、通水は満砂か土砂移動停止のどちらかの状態まで継続した。

ダム模型単体形状を図2に示す。縮尺 $S=1/50$ として、セル直径 $\phi=40\text{mm}$ 、高さ $h=160\text{mm}$ 、土砂の最大礫径 $D_{95}=32\text{mm}$ 、平均礫径 $D_{50}=14\text{mm}$ 、流木径 $d=10\text{mm}$ 、流木長 $l=150\text{mm}$ （実寸想定； $\phi=2\text{m}$ 、 $h=8\text{m}$ 、 $D_{95}=1.6\text{m}$ 、 $D_{50}=0.7\text{m}$ 、 $d=0.5\text{m}$ 、 $l=7.5\text{m}$ ）とした。模型単体を流れに直角に一直列配置し、スリット間隔 b は D_{95} の1.0倍、1.5倍、2.0倍の3通りとし、両側の袖部との幅を D_{95} の1.0倍として袖部で幅を調節した。この時、水路幅に対するスリットの開口率はそれぞれ43%、53%、43%となった。上流側から見た配置間隔（ $b=1.5 \cdot D_{95}$ の事例）を図3に示す。模型は現実の設置条件と整合するように水平固定床上に設置した。表1には実験ケースごとの諸条件をまとめた。

3 実験結果および考察

3.1 土砂の捕捉状況

土石流区間ではスリット幅 b に関係なくスリットは確実に閉塞した。写真1、2に $b=1.5 \cdot D_{95}$ の土砂捕捉状況を示す。 $b=2.0 \cdot D_{95}$ では初期に若干の土砂流出が見られたが、 $b=1.0 \sim 1.5 \cdot D_{95}$ ではほとんど流出がなく瞬時にスリットが閉塞した。閉塞先端部はセルの最上流点付近であり、セル間に挟まることはなかった。流木を混入させるとスリットの閉塞がより確実となり、土砂流出もさらに減少した。土砂流区間では土石流区間の場合とほぼ同じ結果であったが、 $b=2.0 \cdot D_{95}$ では高さの2/3程度までしか閉塞しなかった。掃流区間では若干堰上げを起こして土砂移動が緩慢となり、スリットの閉塞と土砂流出はほとんど確認されなかった。

スリット部の閉塞状況を図4に模式的に表す。この構造では土砂の流れがセル形状で縮流としてスリット部に集中し、セルの大きさが適切に支点として働くことで、土砂がアーチを形成しやすい。礫の衝突位置を詳細に観察したが、下流側フレームへの衝突は、満砂前・満砂後ともほとんど見られなかった。通水中にスリット間を下流側から観察したが水は噴出しておらず、構造体に水圧は作用していないと考えられる。

3.2 流木の捕捉状況

勾配が16度、10度、4度と緩やかになるに伴い、スリットにおける流木の閉塞も緩くなり、捕捉の確実性は落ちる傾向が見られた。特に掃流状態では流木が1本ずつ流下方向に平行に流れるものが多く、捕捉されにくかった。総流出流木量に対する単純な捕捉率は勾配16度、10度、4度に対してそれぞれ94%、64%、38%であった。ただし、複数本まとめて流下した際には非常に捕捉しやすくなるのが観察された。

3.3 水面形状

土石流・土砂流区間では流量と開口率に関係なく、射流が直接セルに衝突するかセル近傍で跳水を生じており、顕著な湛水は生じていなかった。一方、掃流区間では堰上げが見られ、流量が多くなり開口部が小さい場合ほど上流域に湛水域が広がった。

この構造の開口率は、一般的な鋼管製透過型砂防ダムの60~80%と比べて40~60%程度と若干低く、単スリットのコンクリート砂防ダム²⁾の10~20%程度との間に位置するものであるが、水面形状の観察から閉塞型の透過型砂防ダムと考えてよいと思われる。

4 まとめ

本実験において導かれた結論を以下に列挙する。

- ①土石流～土砂流区間ではスリット間隔が最大礫径の1.5倍以下であればスリットは確実に閉塞する。
- ②大量の流木が流下する場合には十分な流木捕捉機能を発揮する。
- ③土石流・土砂流区間において、この構造は閉塞型の透過型砂防ダムとして機能する。

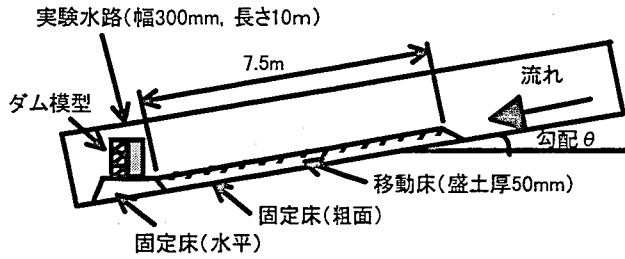


図1 実験模式図

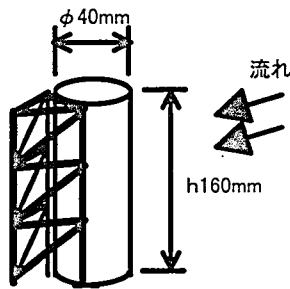


図2 模型単体形状寸法

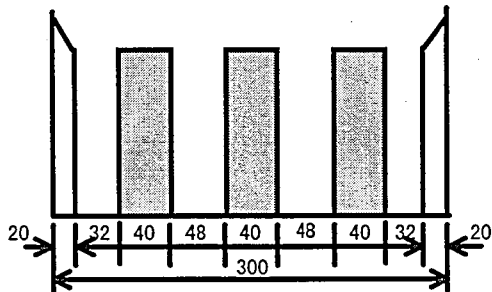


図3 配置間隔(1.5・D₉₅の場合)

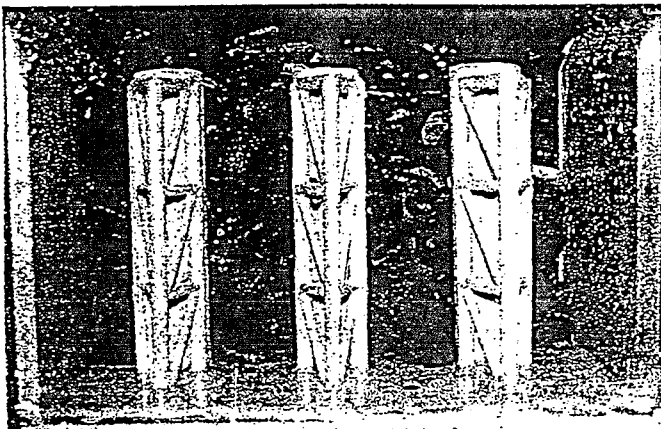


写真1 土砂捕捉状況(下流から、土石流区間、1.5・D₉₅)

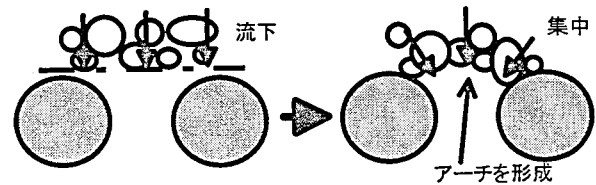


図4 スリット閉塞の模式図

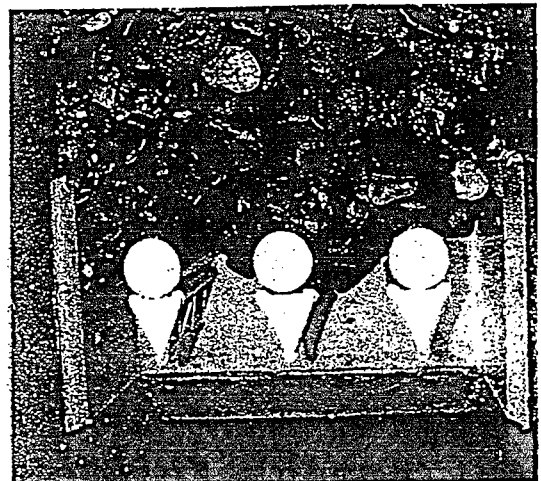


写真2 土砂捕捉状況(上方から、土石流区間、1.5・D₉₅)

表1 実験ケース一覧

No	勾配	スリット幅	流木	流量	通水時間
1		1.0・D ₉₅			
2	16度	1.5・D ₉₅	なし	3.0ℓ/s	15sec
3	(土石流)	2.0・D ₉₅			
4		1.0・D ₉₅			60sec
5	10度	1.5・D ₉₅	なし	5.0ℓ/s	66sec
6	(土砂流)	2.0・D ₉₅			140sec
7		1.0・D ₉₅			
8	4度	1.5・D ₉₅	なし	7.2ℓ/s	480sec
9	(掃流)	2.0・D ₉₅			
10	16度			3.0ℓ/s	15sec
11	10度	1.5・D ₉₅	あり	5.0ℓ/s	90sec
12	4度			7.2ℓ/s	480sec
13		1.0・D ₉₅			
14	16度	1.5・D ₉₅	なし	3.5ℓ/s	固定床で土砂なしで実験を行う。
15	(土石流)	2.0・D ₉₅		以下	
16		1.0・D ₉₅			
17	10度	1.5・D ₉₅	なし	5.0ℓ/s	固定床で土砂なしで実験を行う。
18	(土砂流)	2.0・D ₉₅		以下	
19		1.0・D ₉₅			
20	4度	1.5・D ₉₅	なし	7.2ℓ/s	固定床で土砂なしで実験を行う。
21	(掃流)	2.0・D ₉₅		以下	

No.13～21は流量を変化させて、各流量において水面が平衡状態になるまで通水した。

参考文献

- 1) 中村：鋼製セルダムの機能設計，砂防学会誌，53-3，p. 64-70，2000
- 2) 水山・小田：土石流渓流におけるスリット砂防ダムの土砂捕捉機能，砂防学会誌，52-6，p. 56-60，2000