

天然ダム侵食抑止対策工の水路実験

独立行政法人土木研究所 ○梶昭仁、石塚忠範、森田耕司、武澤永純
筑波大学生命環境系 水野秀明（元独立行政法人土木研究所）
株式会社東京建設コンサルタント 伊藤達平、秋山浩一

1. はじめに

平成23年の台風12号による豪雨では、紀伊半島で17箇所天然ダムが形成された¹⁾。過去の天然ダムの決壊原因のほとんどは、天然ダム上流の湛水が堆積した土塊を越流することである²⁾。このため、天然ダムによる被害を防止、軽減するためには、天然ダムを越流させないこと、また、越流しても下流への決壊時ピーク流量が大きくなるように土塊の急激な侵食を発生させないことが重要である。

天然ダム決壊の水路実験を行った小田ら³⁾は天然ダムの形状や構成材料の違いによる決壊時流量の比較を行い、天然ダム下流法勾配が緩いほど下流端でのピーク流量が小さくなることを確認している。その基礎実験の結果から、下流法勾配を緩くすること、侵食速度を遅くする対策が有効であると提案している。水野ら⁴⁾は天然ダム表面にブロックを積むことによる侵食抑止効果を確認しており、天然ダム本体へのハード対策が天然ダム下流へのリスク軽減となることを報告している。ブロックの部分的な設置範囲についても比較検討しており、下流法尻部よりも越流部に配置した場合の方が流量と土砂容積濃度が最大となる時間が遅くなることを報告している。

しかし、水野らはブロックで表面を覆う方法を限定的に選択しており、これ以外の侵食抑止工等の効果を検討していない。このため、本研究では、天然ダム形成後の越流部の急激な侵食を抑えることによる効果に加え、土砂を捕捉することによる効果を把握するための実験ケースを設定し、水路実験を行った。評価については、土砂容積濃度、残存土砂量等が考えられるが、ここでは越流決壊時に下流に急激に水と土砂が流出することの抑止効果を把握するため、越流決壊時の湛水地から流出流量の最大流量を評価することとした。

2. 実験方法

表-1に示す水路を用いて実験を行った。水路内に土砂を台形状に整形し、上流側に給水することで、天然ダムの湛水から越流決壊までの現象を発生させることとした（写真-1）。本実験では図-1に示す3ケースについて実験を行った。case1は対策を施さない基本ケースであり、case2はcase1の上部にブロック模型（1個のサイズ縦2cm×幅2cm×高さ1cm、ブロック毎の連結なし、天然ダムへの固定なし）を置いたケースである。case3は目の大きさが95%粒径程度のネット素材を下流側全面及び上流側湛水池内に敷設し、上下端部を布団かご模型で押さえた状態とした。

実験の状況は、ビデオカメラ（側面、上面）と高速度カメラ（正面）で撮影した。また、天然ダムの上流側に設置した水位計により天然ダム湛水位を測定し、天然ダム上流側の湛水位-容量関係式と流入量を用いて越流量の時間変化を算出した。

case1：基本ケース

case2：ブロック模型

case3：ネット素材

（越流部侵食抑止効果）（侵食抑止、土砂捕捉効果）

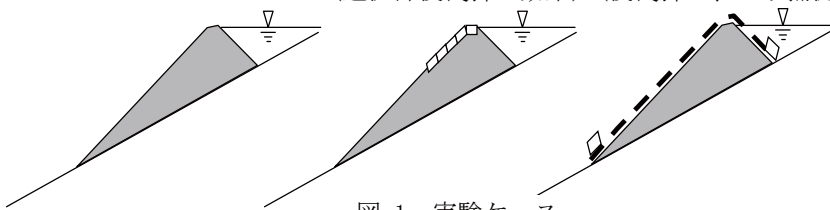


図-1 実験ケース

表-1 水路等諸元

水路諸元	水路勾配(°)	約16°
	水路形状(m) (高×幅×長)	0.3×0.2×5.0
天然ダム諸元	底面粗度	2~3cmの玉石
	高さ(m)	0.205
天然ダム諸元	満水容量(L)	約9
	天端幅(m)	0.08
	天端勾配(°)	約16°
	上流法勾配	1:2
	下流法勾配	1:2
平均粒径(mm)	2.30(混合土砂)	



写真-1 実験水路と天然ダム case1

3. 実験結果と考察

3.1 ブロック模型を設置した実験

実験での水位、流量の時間変化を図-2にまとめた。目視と画像判読による観察によると、case1は越流開始と同時に上部から下部にかけて侵食が徐々に進んだ後、越流開始28秒後に越流部で急激な侵食が発生し、ピーク流量(631cm³/s)が発生した。その後、流量の大きな増減を4回発生しながら、水路底床部まで侵食が進行した。case2は越流後、ブロック模型を設置した範囲より下部側の土砂から徐々に侵食が始まった。越流開始20秒後に最下流に位置するブロック模型から徐々に侵食ははがれだし、ブロック模型全体が浮き上がって一気に崩壊後、急激な侵食が発生し、越流開始35秒後にピーク流量(860cm³/s)が発生した。

今回の実験では対策を施していないcase1に比べ、case2はピーク流量が約1.4倍に増大した。この理由として

は、天然ダムの越流部となる上部を保護したことで、上部の侵食が進行せず、上流湛水位が高いままの状態天然ダム下流法面下部の侵食が進行した。その結果、ブロックの崩壊とその後の全体の急激な侵食が発生する状況で下流法勾配が case1 に比べ急勾配になっていたため、ピーク流量が増大したと推察する。

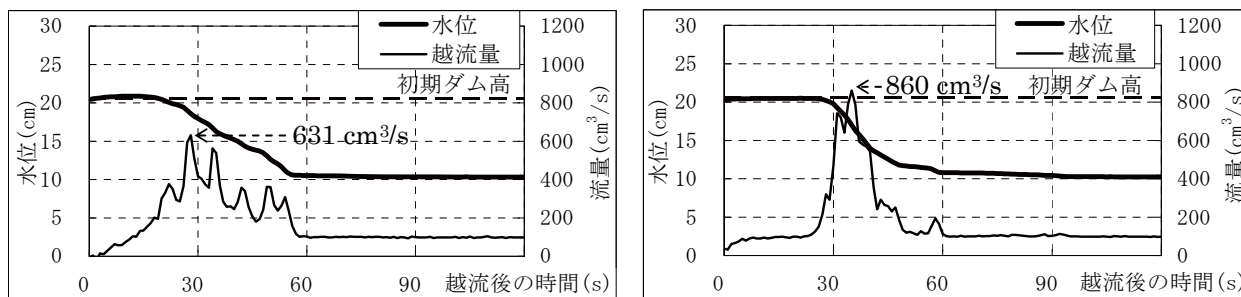


図-2 湛水池の水位、越流量の時間変化 (左: case1、右: case2)

3.2 ネット素材を敷設した実験

ネットを下流全面及び上流側湛水池内に敷いた case3 は、対策を施していない case1 と同様に侵食、堆積が下流方向へ進むが、流下した土砂によりネットが変形し、下端部分で捕捉、堆積した (写真-2)。case3 については case 1、case2 の土砂が越流開始後に実験水路下端まで流出するのに比べ、侵食された土砂の流出がネットにほとんど捕捉されて流出しなかった。しかし、対策を施していない case1 に比べ case3 はピーク流量が約 1.2 倍に増大した (図-3)。この理由としては、流出した土砂によってネットが下流側へ引っ張られ、天然ダムの土塊も引っ張られたことにより急激に土塊が崩壊し、ピーク流量が大きくなったと推察する。また、観察では天然ダムの急激な侵食に伴う越流水は崩壊後の土砂を通過するうちに減勢している状況が見られ、水路下端での急激な水位上昇は確認できなかった。ただし、今回の実験では上流側のみに水位計を設置していたため、水路下端での水位、流量データの計測はできていない。

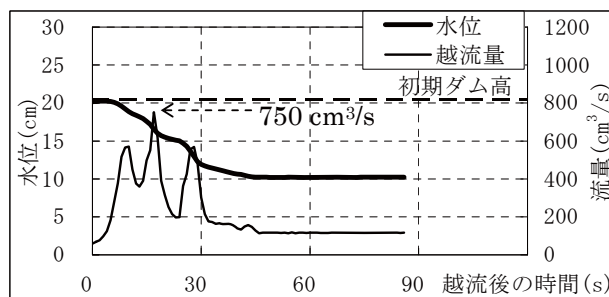


図-3 湛水池の水位、越流量の時間変化 (case3)

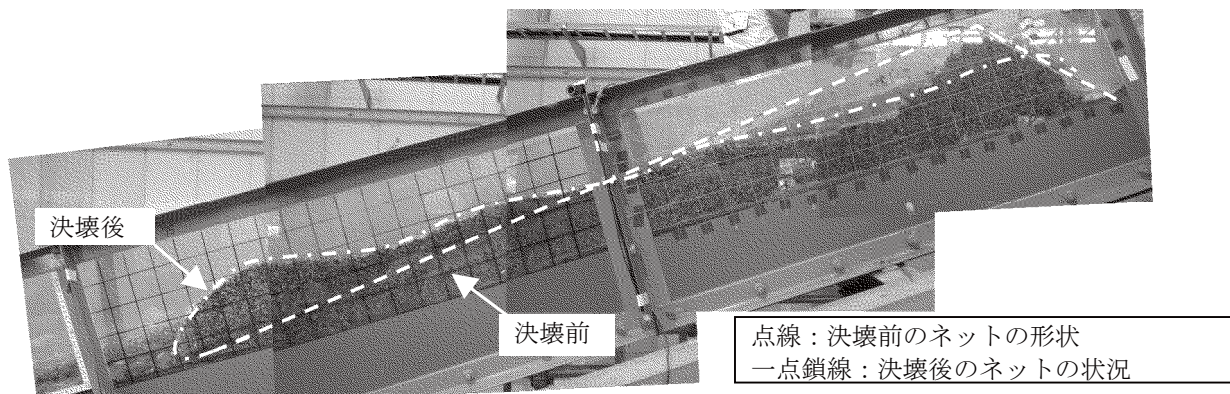


写真-2 case3 の土砂捕捉状況 (決壊後の側面)

4. おわりに

本実験では、対策工によっては越流決壊時のピーク流量を増加させる可能性があることを確認した。なお、ネット素材による土砂の捕捉効果については、実現象として素材の強度、施工方法等の問題があるが、土砂を下流に流出させない対策案のひとつとして可能性を確認した。今後はデータ計測機器の追加等による再現性の確認と今回の実験条件が限られたものであったことから、対策案を比較検討するため実験ケースの追加を行いたいと考えている。

参考文献

- 1) 森山裕二ほか:「2011 年台風 12 号による紀伊半島における土砂災害の速報」、土木技術資料、Vol. 53(12)、P4-7、2011
- 2) 田畑茂清ほか:「天然ダムと災害」、古今書院、P50-62、2002
- 3) 小田晃ほか:「天然ダム決壊の模型実験」、砂防学会誌、Vol. 60(2)、P33-238、2007
- 4) 水野秀明ほか:「河道閉塞 (天然ダム) の形成による土砂災害リスクの低減対策に関する研究」、砂防学会誌、Vol. 62(6)、P24-29、2010