

越流による天然ダム形成土砂の侵食・堆積過程に関する検討

(独) 土木研究所 ○松本直樹, 内田太郎, 秋山浩一, 田村圭司
株式会社建設技術研究所 村上正人

1 はじめに

地震や豪雨を起因として発生する深層崩壊や大規模地すべり等により河道が閉塞され天然ダムが形成されることがある。2008年の岩手・宮城内陸地震の際にも、15カ所で天然ダムが形成された。もし、このような天然ダムが決壊した場合、その下流域で甚大な被害を及ぼすことがあり、これまで天然ダムに関しての多くの研究がなされている。例えば、井上ら(2005)は、過去の天然ダムの事例収集を行い、実態の把握を試みた。また、田畑ら(2001)は、形状とピーク流量の関係から、簡易なピーク流量の予測式を提案した。また、水路模型実験によって、小田ら(2006, 2007)は、天然ダムの形状と天然ダム決壊時の流量波形やピーク発生時間の関係を導いた。他にも、里深ら(2007)は、数値シミュレーションを開発し、天然ダム決壊事例を再現し、また、側岸侵食がピーク流量に与える影響について指摘した。このように、天然ダムの決壊過程については多方面から検討なされているものの、実際の天然ダムの決壊状況に関する事例は少なく、また、実験においても、侵食幅について、流入流量、河床勾配が及ぼす影響について着目した事例は少ない。そこで、本研究では、水理模型実験を実施し、越流時の侵食・堆積過程を検討し、侵食幅と河床勾配、流入流量、天然ダム下流法勾配の関係について解析した。

2 沼倉裏沢地区の天然ダム

2.1 実態調査

2008年岩手・宮城内陸地震により沼倉裏沢地区に形成された天然ダムについて、越流後の天然ダムの形状及び粒度分布の調査を行った。天然ダムは、右岸斜面で大規模な崩壊が発生し、河道を閉塞した。崩壊した斜面の勾配は約35°、崩壊地の幅は約400~600m、高さは約90mである。2008年6月16日に取得された航空レーザー測量によると、天然ダムは、堰止め幅約150m、堰止め長は約550mであった。閉塞箇所の下流端と河道閉塞箇所の最高点の比高は約42m、水平距離は約400mであり、天然ダムの下流法勾配は約6°であった。また、河道閉塞箇所の元河床の縦断勾配は約1/24(2.4°)であった。また、現地調査の結果、天然ダムの侵食幅は流路の底で19~32mであり、下流に行くほど大きくなり、天然ダムの侵食によって形成された溝の側岸勾配は最大で30~52°であった。天然ダムの侵食によって形成された溝の縦断勾配は下流に行くほど大きくなり、2.4~7.5°であった。

2-2. 流量・侵食幅の関係

侵食幅とピーク流量の関係から、レジーム則に従って流量 Q [m³/s]と侵食幅 B [m]の関係は、以下のようになる。

$$B = \alpha Q^{1/2} \quad (1)$$

ただし、 α は係数で通常の河床の侵食では3.5~7.0程度であるとされている(水山, 1993)。

調査の結果、天然ダムの越流部の侵食のうち、最も狭い箇所、底部の幅が19mであった。これに対して、天然ダム直下流のピーク流量は明らかではないが、下流6kmにある栗駒ダムの流入流量のピーク値は約100m³/sであった。これらを(1)で示すレジーム則に代入すると、 α の値は、1.9となる。

3 室内実験

3.1 実験方法

使用した実験水路は、底面幅0.3m、深さ0.3m、長さ5.5m、底面勾配0~1/5まで変更可能な可変式2次元開水路を使用した。また、デジタルビデオカメラ3台を使用して、侵食・堆積状況等を撮影し、波高計3台を使用して水深を計測する(図1)。なお、使用した砂は、50%粒径が、1.04mm、平均粒径が1.55mmである。

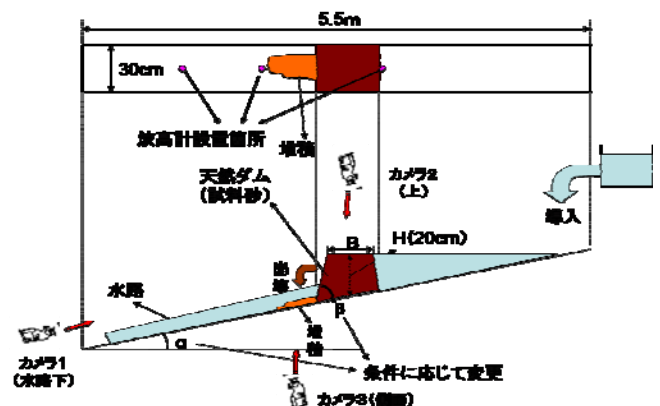


図-1 実験水路

3.2 実験条件

実験条件、既往の実験ケースの一覧を表-1に示す。天端幅およびダム高は20cm、上流法勾配は1:1で全ケース固定し、勾配・流量・下流法勾配をそれぞれ組合せて、計18ケースを実施した。この表より、本実験は、既往の実験に比べ、河床勾配が緩く、単位幅流入流量が少ない場合での評価も可能である。

表-1 実験ケース(左)と既往の研究のケース(右)

本実験(計18ケース)			既往実験	河床勾配	単位幅流入流量 ($\ell/m \cdot s$)	下流法勾配
河床勾配	単位幅流入流量 ($\ell/m \cdot s$)	下流法勾配	水山ら (1989)	0.57°	6.2	26.6° 14.1°
5.7°	0.23	45°	高橋ら (1993)	3°	0.25	?
2.3°		18.4°	小田ら (2006)	11.3°	0.67	23.7° 38.7°
1.1°	2.3	11.3°	小田ら (2007)	2.8°	6.26	26.6° 14.1° 11.3°

3.3 実験結果

侵食幅、ピーク流量及び単位幅ピーク流量の結果を図2、3、4に示す。図2より、侵食幅は、流入流量が小さい場合が2.4～3.6cmで、大きい場合は、4.6～7.0cmであり、流入流量により侵食幅範囲は異なった。一方、侵食幅と河床勾配および下流法勾配との間には顕著な関係が見られなかった。

ピーク流量は、流入流量が小さい場合(1.9～6.5[l/s])と大きい場合(2.5～6.8[l/s])で、ほぼ同じ範囲内であった。また、同じ流入流量であっても、ピーク流量は、大きな差が見られた。一方、ピーク流量大の1/25のケースを除くと、河床勾配が緩くなるに従い、ピーク流量は大きくなった。さらに、下流法勾配が緩くなるに従い、ピーク流量は小さくなり、下流法勾配の違いによるピーク流量の違いは、河床勾配、流入流量による違いと比べて大きかった。

単位幅ピーク流量は、流入流量が小さい場合は0.4～1.2[l/s/cm]、大きい場合は、0.6～2.0[l/s/cm]であり、流入流量が大きい場合に大きかった。また、下流法勾配が緩くなれば単位幅ピーク流量は小さくなる傾向が見られた。しかし、単位幅ピーク流量と河床勾配の間には顕著な傾向が見られなかった。

4 考察

図-5に、レジーム則の α の算出結果を示した。この図から、流入流量が小さい場合の α は、1.7～2.3、流入流量が大きい場合は、2.0～3.9をとり、流入流量により α は異なった。また、下流法勾配が緩くなるに従い、レジーム則の α は大きくなる傾向があったが、 α と河床勾配の関係は明瞭ではなかった。

また、既往の調査・実験結果、及び、沼倉裏沢地区の天然ダム、及び、本実験結果から求めた α を図6に示す。図6から、天然ダムの実態調査及び実験から、天然ダムの越流時のレジーム則の α の値は、通常の河川の河床変動計算の用いられる値に比べて小さく、1.2～3.9であった。

本実験ケースのうち、沼倉裏沢地区の天然ダムに近い形状のケースとしては、下流法勾配1:5、河床勾配1/25の実験ケースである。また、沼倉裏沢地区の天然ダムが越流侵食したと考えられる時間の降雨量は0mmであったことから、天然ダムへの流入流量は少なかったと考えられる。そこで、下流法勾配1:5、河床勾配1/25の実験ケースの流入流量が小さい場合の α の値(2.0)と、沼倉裏沢の推定値(1.9)を比べると、極めて近い値であった。

5 まとめと課題

実験により、天然ダムの越流侵食に関するレジーム則の α の値を求めた結果、流入流量に明瞭な関係が見られた。また、沼倉裏沢地区の天然ダムのレジーム則の α の値は、本実験の流入流量が小さい場合と近い値であった。今後は、本実験より大きな実験水路を用いて実験を行い、越流による侵食に関する知見を増やし、天然ダム対策技術構築に役立てたい。

[参考文献] 水山ら, 土木技術資料 31 (11), 1989/高橋・中川, 水工学論文集, 37, 1993/小田ら, 砂防学会誌, 59 (1), 2006/小田ら, 砂防学会誌, 60 (2), 2007/井上ら, 砂防学会誌, 58 (4), 2005/田畑ら, 砂防学会誌, 54 (4), 2001/里深ら, 砂防学会誌, 59 (6), 2007/水山, 山地保全学, 1993/加藤ら, 砂防学会誌, 57 (6), 2005

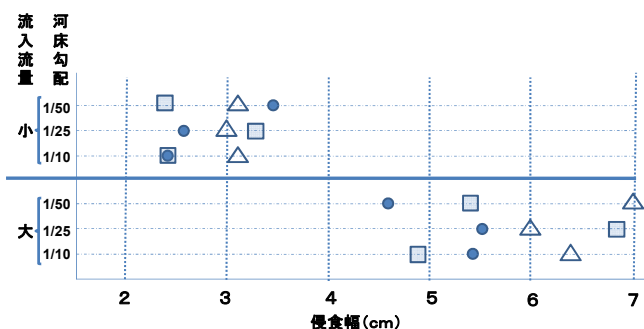


図-2 流入流量と侵食幅

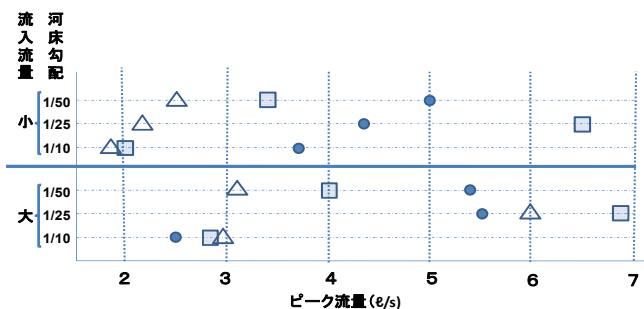


図-3 流入流量とピーク流量

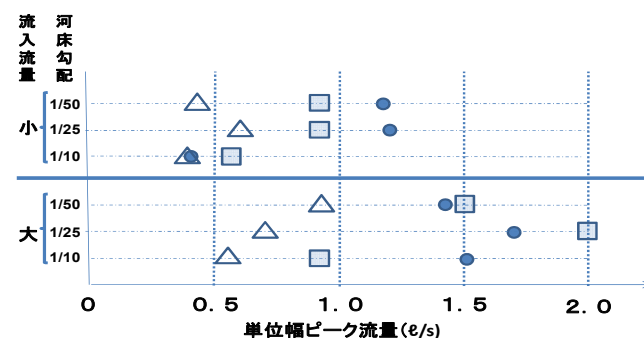


図-4 流入流量と単位幅ピーク流量

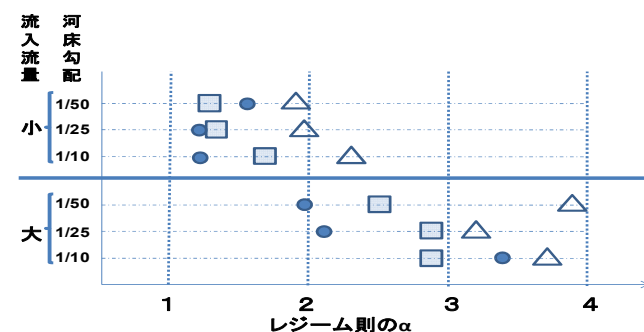


図-5 流入流量とレジーム則の α

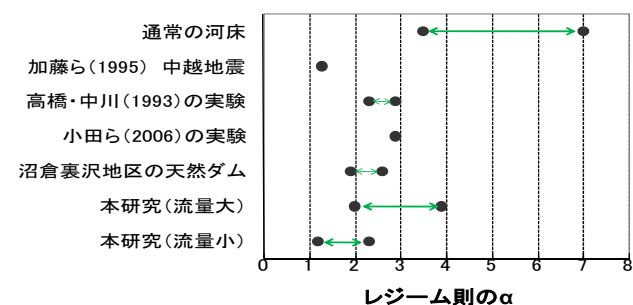


図-6 レジーム則の α