

法面侵食を伴う天然ダムの越流崩壊過程

The effect of Slope Erosion on Collapse of a Natural Dam

函館工業高等専門学校
函館工業高等専門学校
函館工業高等専門学校

学生員 ○一戸 隼人 (Hayato Ichinohe)
正会員 宮武 誠 (Makoto Miyatake)
非会員 大原 佳基 (Yosiki Ohara)

1. はじめに

豪雨や地震、火山噴火に伴う山腹崩壊によって河道をせき止める天然ダムの崩壊は、土石流や大洪水を引き起こし、大災害に繋がることが指摘されている。実際に、2004 年10 月の新潟県中越地震では芋川流域や和田川流域において、45箇所天然ダムが確認され、決壊による洪水氾濫の危険性が高まった¹⁾。天然ダムの崩壊を防止する対策を迅速に講じるためには、天然ダムの基本的な崩壊過程とその水理現象を解明することが重要である。

天然ダムの決壊を検討した研究は、過去に数多く行われている。例えば、高橋ら²⁾は、天然ダムの決壊が主として上流域に貯留した河川水の越流によって生じるものとし、越流決壊を対象とした模型実験及び数値解析から、決壊時の堤体の侵食過程や、流下する土石流の挙動について考察している。

天然ダムは越流による掃流に加え、浸透流による法面侵食が挙げられるが、これらが混在する条件下で天然ダムの崩壊過程を検討した研究は数少ない。本研究は浸透流による法面侵食を伴う天然ダムの越流崩壊に関する模型実験を行い、下流側法面の侵食度合が越流崩壊に及ぼす影響について考察する。

2. 天然ダムの越流崩壊過程に関する実験

2. 1 実験装置及び方法

実験は、図-1に示す長さ1750cm、幅40cm、深さ40cmの可傾斜式二次元水路を水路勾配1/50に設定して行った。水路中央には中央粒径0.1mmの珪砂で構成した天端幅

18cm、長さ100cm、高さ20cmを有する台形形状の天然ダムを飽和状態で作製した。なお、同砂の透水係数は $k=1.44 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ である。実験は1日重力排水した後、上流側より、表-1に示す4種の流量を与えた。堤体上流域における貯留水の水位及び堤体形状の時間的变化は、1台のビデオカメラにより側面から撮影した後、10秒毎の静止画においてデジタイザーを用いて測定した。座標軸は堤体下流側の法先を原点とし、上流方向にx軸、水路床と垂直方向にy軸をとした。貯留水の水位の経時変化より上昇速度Vは表-1のとおりである。

実験開始から堤体上流側の法先に着水した時間を着水時間 t_0 とし、 t_0 を基準にして上流側の貯留水が下流側法肩に達するまでの時間を貯留時間 t_s 、貯留時間 t_s から全壊に至るまでの時間を崩壊時間 t_d とした。崩壊に関する考察は貯留時間 t_s と崩壊時間 t_d に分けて行った。

表-1 実験ケース

	Case1	Case2	Case3	Case4
流量 $Q(\text{cm}^3/\text{s})$	2600	1900	900	600
水位の上昇速度 $V(\text{cm/s})$	0.085	0.073	0.037	0.029

2. 2 浸透流による法先崩壊

図-2は、全てのケースにおける t_s 時の法面侵食について示したものである。貯留水位の上昇速度Vが最も大きいCase-1を除く全てのケースにおいて、下流側法面の侵食が認められる。これは、上流側の水位の上昇とともに地下水が堤体内に浸透し、浸潤面が下流側法面に達し

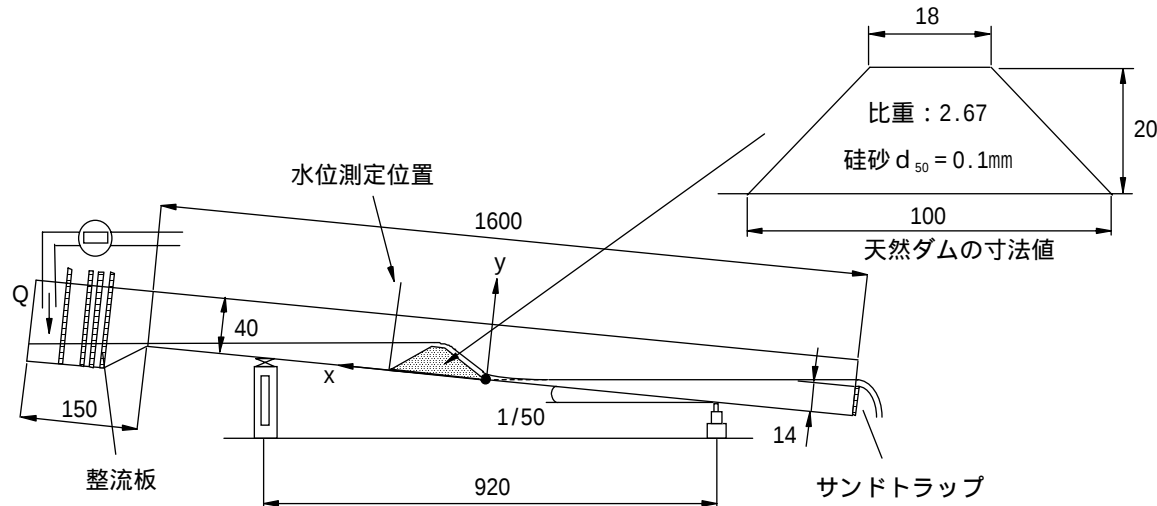


図-1 天然ダム及び実験装置の概要図 (単位: cm)

た結果、生じたものと考えられる。法面侵食の崩壊高や崩壊深は、上昇速度の最も遅いCase-4において最も大きく、Case-2及びCase-3は、ほぼ同一の結果となっている。これは、上流側の水位上昇速度が遅くなると、堤体内の地下水位が上流側の水位上昇に追従するため、法面の侵食をより一層進行させたものと考えられる。なお、Case-1において、法面侵食が発生していないのは浸透した地下水が下流側法面に達する前に越流したためだと推定される。この結果、法面侵食の程度は上流側の水位上昇速度に大きく影響されることがわかる。

2.3 越流崩壊に及ぼす法面侵食の影響

図-3はCase-1及びCase-4の越流崩壊による堤体の形状変化を示す。崩壊寸前時において、Case-4の下流側法面は浸透流による法面侵食が発生している。法面侵食が発生しなかったCase-1の場合、越流水深が大きくなるため、崩壊初期段階で侵食が著しくなるが、時間経過に伴い越流水深が小さくなり、侵食速度は低下している。これに対し、越流前に法面侵食が生じたCase-4の場合では、Case-1と反して越流直後の堤体の侵食は小さいが、時間経過とともに徐々に侵食速度が加速し、Case-1とほぼ同程度の時間で完全崩壊に至っている。Case-4において侵食速度が時間経過とともに増加するのは、堤体の侵食が進行し、飽和砂層に達したため越流による掃流と相乗したためであると考えられる。

図-4は、全てのケースにおける上流水位の上昇速度を透水係数で除した値（ $=V/k$ 値）と崩壊時間 t_d の関係を示したものである。崩壊時間 t_d は、上流側の水位上昇速度の増加とともに崩壊時間が早くなる。一方、上昇速度の減少に伴っても崩壊時間が早くなっていることが認められる。この結果、越流のみで堤体が崩壊したCase-1と最も大きい法面侵食を伴い越流崩壊に至ったCase-4は、ほぼ同程度の時間で崩壊に至っている。したがって、崩壊前の法面侵食が堤体の崩壊に及ぼす影響は大きいものと考えられる。

3. 結 論

本研究で得られた主要な結果は以下のとおりである。

- (1) 崩壊前に法面侵食の崩壊高と崩壊形状は、上流水位の上昇速度に起因する。
- (2) 浸透流による法面侵食を伴う堤体の崩壊は、越流のみで崩壊する水位上昇速度が速い場合と同様な結果が得られる。
- (3) 天然ダムの崩壊に及ぼす浸透流による法面崩壊の影響は大きいと思われる。

参考文献

- 1) 国土地理院: <http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2004/1102.htm>
- 2) 高橋保・中川一：自然ダムの崩壊によって形成される洪水の予測，京都大学防災研究所年報，第35号，pp1～18, 1992。

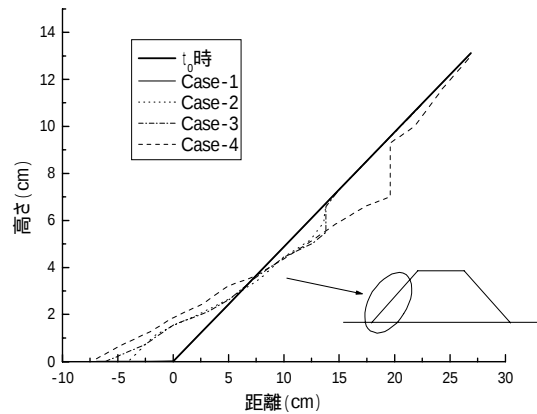


図-2 浸透流による法面侵食

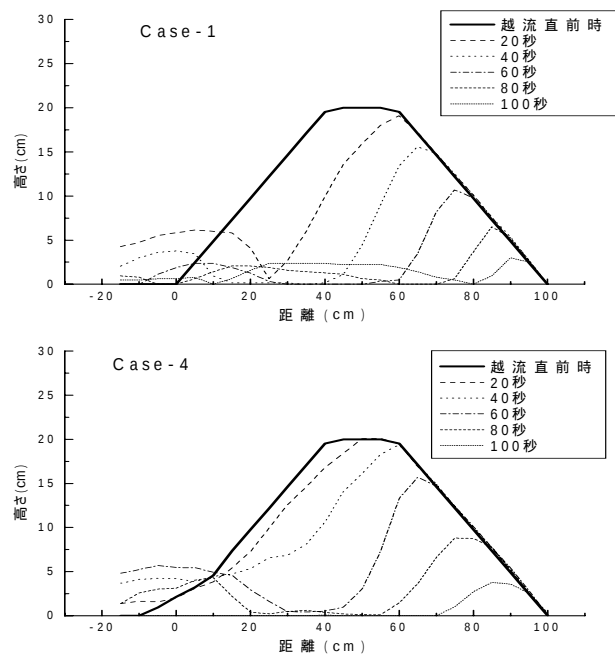


図-3 越流崩壊による堤体変化

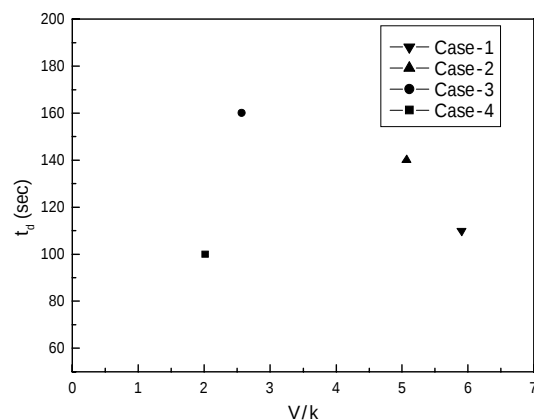


図-4 V/k 値による崩壊時間 t_d の変化