

天然ダムの形成、決壊および土石流発生に関する研究

京都大学防災研究所 正員 高橋 保
京都大学大学院 学生員 O巨尚富

1. はじめに: 天然ダムの決壊は土石流の発生原因の主要なものの一つであるとされているが、天然ダムがどのような規模で形成され、どのように決壊して土石流になるのか、とくにその定量的な評価についてはほとんど研究がなされていないのが現状である。本研究は天然ダム決壊による土石流の規模予測を目標としているが、本報ではとくに天然ダムの形成と、その決壊過程の差による形成土石流規模の差についての実験結果を中心に述べる。

2. 実験の概要: Fig. 1 に示したような、長さ 4 m、幅 10 cm の透明アクリル板製の水路を用いた。水路底面には $d = 0.8 \text{ mm}$ の砂粒粗度が張りつけてある。水路の上流部の左側面には水路と直交する方面に幅 30 cm の斜面が設けられており、ここから所定の体積の土砂が崩壊土砂を模擬して水路へ供給されるようになっている。水路にはあらかじめ所定流量で水流のある場合と水流のない場合とがある。水流のある場合には崩壊土砂によって一旦形成された三角形の天然ダムがやがて決壊し、水路勾配が急な場合には土石流となって流下する。その過程を水路側面からビデオで撮影し解析に供した。実験材料の粒度分布を Fig. 2 に示す。

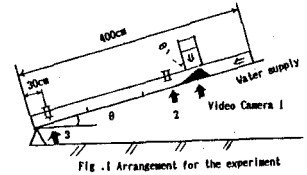


Fig. 1 Arrangement for the experiment

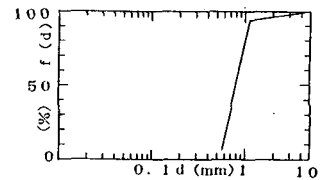


FIG. 2 Particle size distribution in the experimental material

3. 天然ダムの形成条件: 崩壊土量と水路の水理条件によって、水路が閉塞されて天然ダムが形成される場合と、崩壊土砂がほとんどそのまま水流によって持ち運ばれて天然ダムが形成されない場合のあることが予想される。粒子の水流による限界掃流力が、 I と $q/g^{1/2}d^{3/2}$ を両軸とする平面上の一曲線で示されることからの類推として、ここでは、 I と $q/g^{1/2}d^{3/2}$ を両軸とする平面上で天然ダムの形成限界を示したのは Fig. 3 である。図中に示した限界曲線は

$$\frac{q}{g^{1/2}(V/B)^{3/2}} = 0.2 \times 10^{-3} I \quad (1)$$

である。ただし、 q : 水路の単位幅水流流量、 g : 重力加速度、 V : 崩壊土量、 B : 水路幅、 $I = (\tan \theta)$ 水路勾配である。水路幅と崩壊斜面幅の関係や崩壊土砂の材料特性なども形成限界条件に関係することが予想され検討の余地が残されているが、(1)式は一応の目安として使うことができよう。ただし、ここで言う天然ダムの形成はその寿命時間が数秒程度以

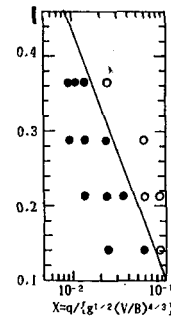


FIG. 3 The critical condition of natural dam formation

上と17ていることに注意。

4. 天然ダムの形成特性：寿命時間の比較的長い大規模天然ダムについて、上流側法勾配及び下流側法勾配の水路勾配及び崩壊土量による変化をFig.4及びFig.5に示している。湿潤状態の材料を繰返し使っているために、斜面上に残る土砂量が変化するなど比較的誤差が多く点のばらつきが大きい。水路内流量の大小はほとんどダム形状に影響を与えないようである。また、土量はV1、V2、V3の順に大きくなるが、法勾配はそれに反じて急になる。しかし、法勾配が安息角以下であるかぎり、ダム基部の長さは水路勾配によってはあまり変化せず、崩壊幅よりも少し広がる程度であり、水路勾配が急になればダム最高点の位置が下流方向へ移動する傾向が見出される。さらに、崩壊斜面幅を10 cmに縮めた追加実験によれば、土量が十分に多くなったときには、上下流法勾配とも、水路勾配にかかわらず(8°~20°の範囲)、安息角に等しくなる。

5. ダムの決壊過程：実験では二つの場合が生じた。一つはFig.6のように浸潤線が比較的低い段階で法先に達し、そこから崩壊が発生する場合で、その崩壊は逐次進上して、ついに全体の決壊が生ずるもので、もう一つは水路の流量が多い場合で、浸潤線の下流への進行速度よりもむしろ水位の上昇速度が大きく、浸潤線が下流法面に達するよりも先に越流が始まり、ほぼこれと同時に法面の比較的高い位置で深い崩壊が生ずる場合である(Fig.7)。もちろん、堤体材粒と流量によれば、越流による表面侵食過程が卓越する場合も考えられ、それぞれの場合の定量的評価が重要である。

6. 土石流入イドログラフ：上記二つの場合についてダム直下流での土石流入イドログラフをFig.8に示す。決壊過程が流量の大小に大きく影響することが理解できる。

7. おわりに：今後はダム決壊過程の解析および流量予測の方法について研究を進めるつもりである。

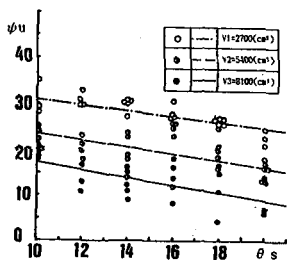


FIG. 4 The upstream side angle of dam

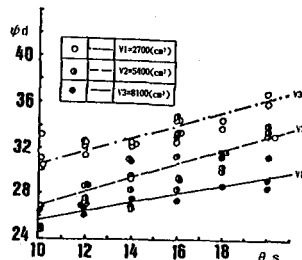


FIG. 5 The downstream side angle of dam

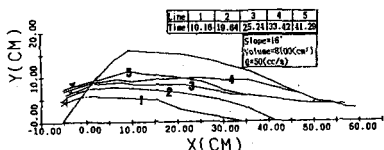


FIG. 6-a Advance of the wetting front in dam-body

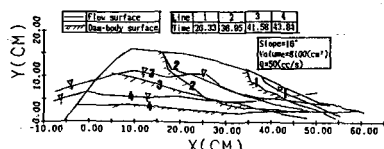


FIG. 6-b Advance of the failure in the dam-body

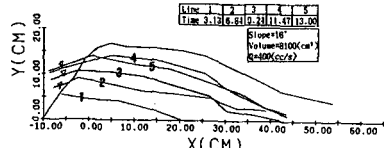


FIG. 7-a Advance of the wetting front in dam-body

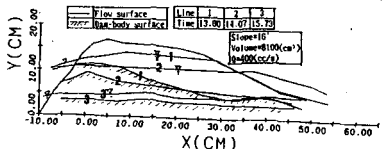


FIG. 7-b Advance of the failure in the dam-body

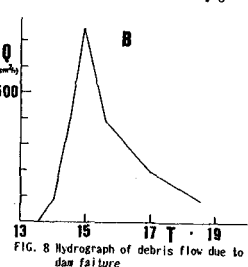
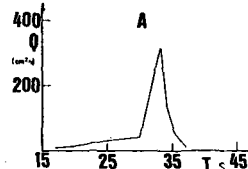


FIG. 8 Hydrograph of debris flow due to dam failure