

## 20 天然ダムの欠壊に伴う洪水流下予測に関する検討

建設省土木研究所 ○井良沢道也、石川芳治  
国土防災技術㈱ 匡尚富

### 1. はじめに

地震や豪雨による崩壊等によって生じた土砂が河道を埋塞し天然ダムを形成することがある。天然ダムを形成させることにより、上流側には水が貯留され浸水による災害が発生するとともに、下流側においては天然ダムの欠壊により土砂を含んだ流水が流下し大きな災害を及ぼす危険性がある。天然ダム上流の浸水についてはダム高さを求めることにより比較的容易に予想することができるが、欠壊による洪水の予測については天然ダムの規模等多くの要因が関係していると考えられ、正確な推定は容易でない。一方、天然ダム形成後においては住民への警戒避難等の実施など早急な対応が必要である<sup>1)</sup>。そこで天然ダムが欠壊する過程についてシミュレーション計算を行い、天然ダム欠壊による下流への土砂流出のハイドログラフを作成し、さらにこの計算結果を整理して天然ダム欠壊による土石流のピーク流量を簡易に判定できる図を作成し、二次災害の軽減に資するものである。

表-1 計算条件一覧表

### 2. 計算条件及び計算手法

#### 2.1 計算条件

計算は天然ダムの高さ・長さ・上下流の法面勾配、渓床勾配、天然ダム上流への流入量、天然ダム構成土砂の平均粒径を表-1に示すように、条件を変化させて計64ケース行った。天然ダムの概念図を図-1に示す。

ダムの高さH (m)	20	60	100
堰止め長さL (m)	100	200	500
ダム上下流の法面勾配 1:n	1:2	1:4	
渓床勾配 i	1/10	3/100	1/100
上流流入量 $q_u$ (m <sup>3</sup> /s)	0.1	1.0	
平均粒径 $d_s$ (mm)	0.25	2.5	

#### 2.2 計算手法

高橋、匡<sup>2)</sup>によると、天然ダム湖が満水し越流侵食が始まった際、越流開始時は土砂濃度が非常に低いため、清水流とあまり変わらないが、下流へ流れていくとともに侵食によって土砂濃度が増加していき、清水流から掃流あるいは層流状集合流動へ移行する。さらに、堤体の下流側法面勾配が土石流形成に必要な値より急であり、かつ、法長が十分に長ければ、土石流が形成される。そこで2.1の条件に基づいて、天然ダムの欠壊過程に生じ得る土砂の流動形態を考え、土石流・土砂流・掃流に対応する基礎式を作成した。また、天然ダムの欠壊過程を明らかにするため、堤体部分では、侵食・堆積機構を明確に示した高橋・匡の方法<sup>2)</sup>を用いた。それに対して、それ以外の部分では一般の一次元河床変動の計算方法を使った。なお過去の天然ダムの欠壊原因は越流によるものがほとんどで、パイピングによる欠壊はきわめてまれである<sup>3)</sup>。本検討においてもパイピングによる欠壊は考慮しないものとする。

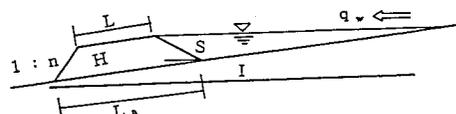


図-1 天然ダムの概念図

### 3. 天然ダム欠壊によるピーク流量に関する指標の検討

#### 3.1 堤体欠壊の過程及び単位幅流量・流砂量のハイドログラフの検討

天然ダムの欠壊の過程を明らかにするため、堤体の欠壊位置及び単位幅流量・流砂量のハイドログ

ラフを作成した。例えばCASE41、45の堤体形状の時間的変化及び単位幅流量・流砂量ハイドログラフをそれぞれ図-2～図-5に示す。CASE41とCASE45は表-2に示すように河床勾配以外の条件が同じであるが、図-2と図-4、図-3と図-5を比較すれば後者の堤体侵食速度は前者よりかなり速いし、ピーク流量もより大きくなっているのがわかる。つまり、河床勾配が小さいほどダム欠壊による洪水流のピーク流量が大きいことを説明することができる。同様にダム高さのピーク流量に与えられる影響も大きかった。

表-2 CASE41と45の計算条件

CASE	ダム高さ H (m)	堰止め長さ L (m)	法面勾配 1/n	河床勾配 I	給水流量 $q_{max}$ ( $m^3/s$ )	平均粒径 $D_m$ (mm)
41	60.0	100.0	1/4	0.10	0.1	0.25
45	60.0	100.0	1/4	0.01	0.1	0.25

3.2 天然ダム欠壊によるピーク流量の予測

Costa<sup>4)</sup>は世界各国で発生した天然ダム、人造ダム、氷河ダムの欠壊に関する現地調査及び文献調査を行いとりまとめている。これらのデータに基づいて簡単なピーク流量の予測手法を検討するためにそれぞれのピーク流量 ( $Q_{max}$ ) とダム高さ (H)、欠壊時の上流貯水量 (V)、ダム・ファクター ( $V \cdot H$ ) との関係を検討している。Costaの検討結果は次の通りである。

- 1) いずれも同一パラメーター値に対してピーク流量の大きさは人工ダム→天然ダム→氷河ダムの順に減少する。
- 2)  $Q_{max}$ とHの関係については、人工ダムと天然ダムはそれぞれ良い相関関係を示しているが、氷河ダムの相関関係はあまり良くない。
- 3) ダム・ファクター ( $H \cdot V$ ) は

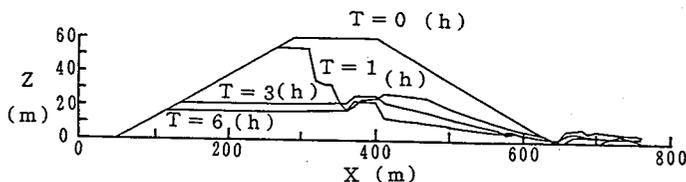


図-2 天然ダム堤体の侵食・欠壊過程 (CASE41)

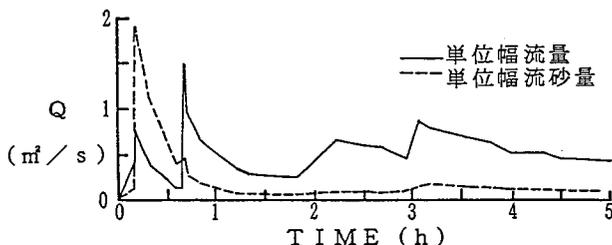


図-3 単位幅流量と流砂量のハイドログラフ (CASE41)

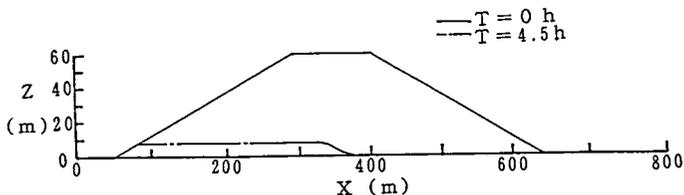


図-4 天然ダム堤体の侵食・欠壊過程 (CASE45)

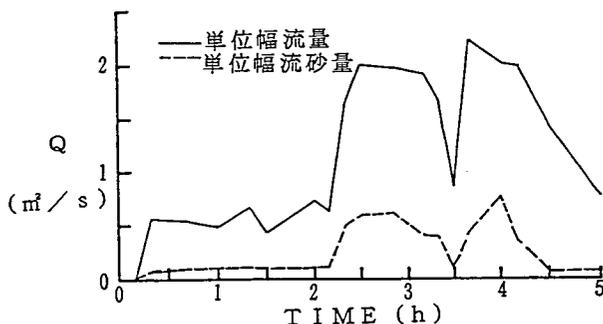


図-5 単位幅流量と流砂量のハイドログラフ (CASE45)

間接的に渓床勾配の影響を包括しているので $Q_{max} \sim (H * V)$ の関係が一番良い関係を持っている。  
 4) ピーク流量は天然ダムの高さ及び河床勾配に支配されているが、上流からの流入流量、堤頂長さ、堤体材料の粒径及び堤体のり面勾配にはあまり影響されない。

したがって3.1で検討した結果とあわせるとピーク流量の予測図を作成するとき、ピーク流量を支配する主な要因であるダム高さ $H$ 及び渓床勾配 $I$ を考慮した指標が良いと考えられる。

次にこれらの資料を用いて本計算結果の妥当性を検討するが、Costaの調査資料には次の点が不足している。

- 1) ピーク流量の算出において全幅流量 ( $m^3/s$ ) を使っているが河床の平均幅を掲載していない。また、流量計測位置を記載していない。
- 2) ピーク流量を支配する渓床勾配は明記されていない。

本計算では、単位幅流量を使っているの、これらの資料を計算結果と比較させるため、まず妥当な平均渓床幅を見積もる必要がある。国内外の天然ダム欠壊の調査資料(中部地建資料)の統計<sup>3)</sup>より平均河幅を $B=150m$ と仮定する。これを用いて本計算による結果の妥当性を検討してみた。CASE36、CASE44およびCASE45の計算結果をそれぞれ

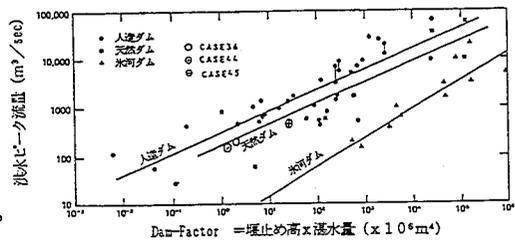
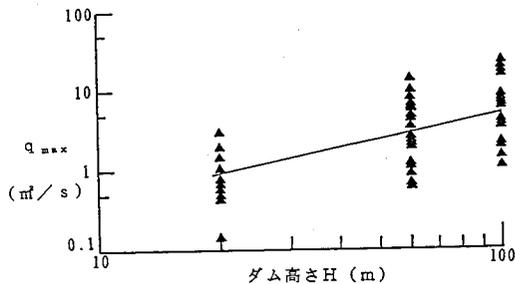


図-6 Dam-factorと洪水ピーク流量との関係  
 $=150m$ と想定)は実際の天然ダムの欠壊によるデータと非常によく一致している。

### 3.3 天然ダム欠壊に関係する要因と単位幅ピーク流量との関係

表-1に示した天然ダム欠壊に関係する各要因と計算による単位幅ピーク流量との関係を検討した。単一指標でみた場合、ピーク流量との関係はダム高さ $H$ 、河床勾配 $I$ と比較的高い相関が認められた。また上流流入流量、平均粒径とは関係は多少認められたが、法面勾配、堤頂長さには明確な関係がみられなかった。図-7に例としてダム高さ $H$ と単位幅ピーク流量との関係を示す。



単一指標でみた場合ピーク流量と関係のある指標を見い出したが、散らばりは大きい。実際には

図-7 ダム高と単位幅ピーク流量との関係

天然ダム欠壊には表-1に示した指標が複合してピーク流量に関係しているものと考えられる。一方、天然ダム形成後においては調査する時間的余裕が少ないことから比較的計測の容易な指標によりピーク流量との関係を求める必要がある。本検討においてはダム高さ、河床勾配の影響を包括している単位幅貯水量 ( $V/B=S$ )  $\times$  ダム高さ $H$ を組み合わせた指標 ( $S * H$ ) とピーク流量との関係に着目するものとする。

#### 4. 天然ダムのピーク流量を予測する簡易予測図の検討

以上の検討結果をふまえ単位幅ピーク流量と $S \cdot H$ との関係を図-8～図-9に示す。図-8は粒径別の $q_{max}$  ( $m^3/s$ )  $\sim$  ( $S \cdot H$ ) の関係、図-9は上流流入流量別の $q_{max}$  ( $m^3/s$ )  $\sim$  ( $S \cdot H$ ) の関係である。図-7で示したダム高さとの単一指標との関係に比べより高い相関を示している。

天然ダム形成後にヘリコプターによる災害調査や現地踏査により、天然ダムの粒径及び上流流入量を把握することができれば<sup>5)</sup>ピーク流量をより正確に把握できるといえる。しかし、これらのデータがなくてもピーク流量をある程度推定することは可能といえよう。

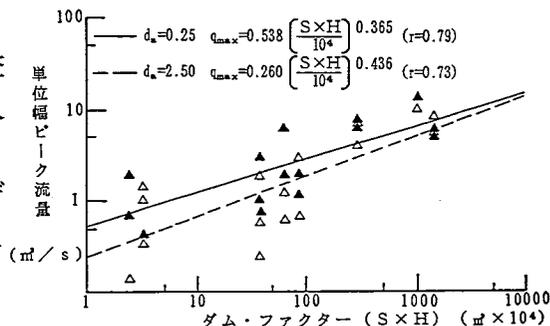


図-8 単位幅ピーク流量の推定図 (粒径別)

#### 5. おわりに

簡単に本検討結果をまとめる。

1) 侵食による天然ダム欠壊のシミュレーション手法を提案した。本手法により天然ダムの欠壊過程及び堤体下流の任意位置における流量及び流砂量ハイドログラフを計算することができる。

2) Costaによる天然ダム欠壊の現地調査資料を用いて本計算によるピーク流量の妥当性を確認した。

3) 天然ダムのピーク流量に関係が深いと考え、図-9単位幅ピーク流量の推定図(上流流入流量別)られる要因との関係を調べ、ピーク流量を簡単に推定できる簡易予測図を提案した。

なお、本検討においては、(財)国土開発技術研究センターに設けられた「災害情報システムの開発委員会」(梅村魁委員長)、「復旧計画作成支援システムの開発委員会」(久保慶三郎委員長)、及び「土砂災害復旧計画作成支援システムの開発分科会」(小橋澄治委員長)において種々有益なる御指摘を賜った。ここに厚く御礼申し上げる次第である。

#### 参考文献

- 1) 水山高久、石川芳治、福本晃久：天然ダムの崩壊と対策、土木技術資料、Vol131、No11、pp50～56
- 2) 高橋保、匡尚富；天然ダムの欠壊による土石流の規模に関する研究、京大防災研年報、第31号B-2、1988、pp601～615
- 3) 建設省中部地方建設局(1987)：天然ダムによる災害事例調査、事例資料の統計的分析
- 4) Schuster, R.L., & Costa, J.E., (1989) A Perspective on Landslide Dams in Landslide Dams. ed. by Schuster, R.L. ASCE. 164p.
- 5) 小泉豊、石川芳治、井良沢道也；ヘリコプターによる土砂災害状況の把握、平成3年度砂防学会研究発表会概要集