

天然ダム越流決壊時の流量推定計算におけるレーザプロファイラデータの活用

(独)土木研究所 土砂管理研究グループ ○吉野弘祐, 内田太郎, 清水武志, 田村圭司
(財)砂防フロンティア整備推進機構 森俊勇 立命館大学理工学部 里深好文

1. はじめに

平成 16 年新潟県中越地震や平成 20 年岩手・宮城内陸地震等では数多くの天然ダムが形成された。このような場合、天然ダム決壊にともなう氾濫範囲等を迅速に予測する必要が生じる。近年、天然ダムの越流決壊に関しては、決壊にともなう流量変化を推定する数値計算モデルが提案され¹⁾、実際の事例に適用され、再現性が確認されてきた²⁾。しかし、このような数値モデルには数多くの入力条件の設定が必要であるため、迅速かつ適切に入力条件を設定する手法の構築の必要があるが、これまで数値モデルの入力条件の設定手法については十分な検討がされていない。

一方、近年レーザプロファイラ(以下 LP と呼ぶ)による計測技術が進歩し、精度の高い地形データが比較的速やかに取得できるようになった。そこで、本検討では、災害後に LP 計測データが得られた時点を想定し、LP 計測データを活用した天然ダム越流決壊計算における入力条件の設定手法を検討した。

2. 検討内容

本検討では、平成 20 年岩手・宮城内陸地震により、形成した沼倉裏沢地区の天然ダムを対象とし、地震後 2 日目に取得された LP 計測データを使用した³⁾。

また、計算には里深らのモデル¹⁾を使用した。当モデルは、天然ダムの天端が越流により縦横方向に侵食され、湛水池からの水が侵食された土砂とともに流出する現象を解析したモデルである。



図 1 検討対象流域

3. LP データの活用方法の検討

計算に必要なパラメータは、図 2 に示す通り、従来の検討において、実測の情報に基づき設定されたものとそうではないものの 2 つに大別される。例えば、2005 年台風 14 号により宮崎県耳川にできた天然ダムにおける計算事例¹⁾では、天然ダム形状につ

いては推定を含むが、天然ダム決壊後の調査等により図 2 に示す I、II のパラメータについて取得されているものの、III、IV のパラメータについては一般値等により設定を行っている。

一方、天然ダム形成直後に LP 計測データが入手できれば、精度高い地形情報を簡易で速やかに計算条件として与えることができ、I に属するパラメータについては、比較的容易に精度の高いデータを取得できると考えられる。さらに、本稿では従来実測の情報に基づく設定が困難とされてきた III に属するパラメータについても情報に基づく設定が可能となる可能性があると考え検討を行った。

	LP計測データにより精度向上あるいは、新たに取得できる可能性のあるパラメータ	LP計測データによっても精度向上が見込まれないあるいは、取得が困難なパラメータ
従来より設定可能なパラメータ	① 元河道形状 天然ダムの高さ 天然ダムの下流のり勾配 天然ダムの上流のり勾配 天然ダムの幅 湛水域の幅	II 天然ダムへの流入流量 平均粒径
設定困難あるいは不可能なパラメータ	III ②内部摩擦角 ③初期水みち幅	IV 砂礫の密度 間隙流体の密度 堆積層濃度 粗度係数 側岸侵食速度式の係数

図 2 計算に必要なパラメータ

3.1 詳細な天然ダム形状の把握

3.1.1 天然ダムの縦横断形状の把握

天然ダム形成後の LP 計測データを使用して天然ダム周辺の縦断形状を作成した。作成方法は、まず複数の横断形状から河道幅を判読し、判読した河道の中心を縦断測線として設定した。作成した縦断図を図 3 に示す。なお、天然ダムの天端標高は越流開始時刻やピーク流量に関わる重要な値であり、縦断

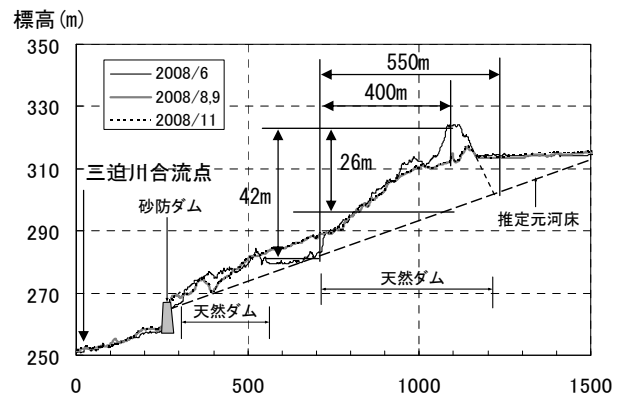


図 3 天然ダム周辺の縦断形状

的には最高点, 横断的には最低点である。そのため, 天端については河道の中心の河床標高ではなく, 最低河床を設定した。

3.1.2 湛水面積・湛水容量の検討

天然ダム形成直後の LP 計測データを使用して H-V 曲線を作成した。図 4 に天然ダム湛水池の H-V 曲線を示す。

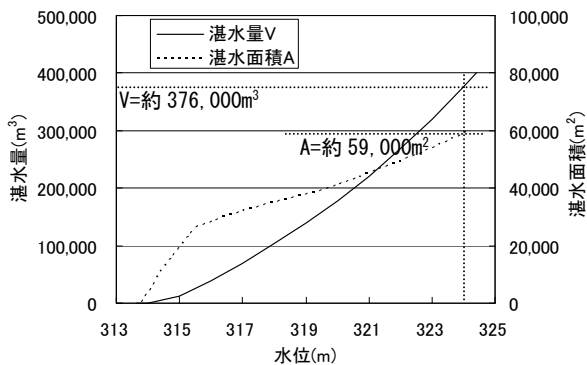


図 4 天然ダム湛水池の H-V 曲線

3.2 内部摩擦角の検討

多くの土石流等の計算事例では, 内部摩擦角は一般的な値で与えられることが多い。内部摩擦角は本来土質試験等により与えられるものであるが, 実際には大きな礫を含むことも多く, 試験が困難な場合も少なくない。そこで, ここでは, 天然ダムを形成した土塊は, 内部摩擦角以上で堆積することはないと考え, 最急傾斜角を内部摩擦角として与える方法を検討した。図 5 に天然ダム形成土塊における傾斜角の頻度分布を示す。集計の結果, 最急傾斜角は 38° であった。

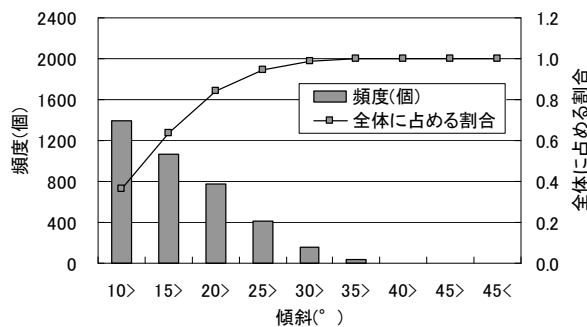


図 5 傾斜角の頻度分布と割合

3.3 天然ダム越流侵食初期の水みち幅の検討

天然ダムの越流侵食の際, 越流水深の増大に伴い, 縦侵食が開始され, その後, 横方向に水みち幅が拡大することが実験で確認されている。そこで, 天然ダム越流侵食初期の水みちの幅を簡易に算出する方法として, 流水の掃流力 τ_0 と天端の代表粒径の限界掃流力 τ_c とを算出し, 前者が後者を上回る水深での水面幅を LP から得られる横断面形状から設定し, 越流侵食開始時の水みちの幅として設定した。流水の掃流力 τ_0 と天端の代表粒径の限界掃流力 τ_c は以下の方法で算出した。

・掃流力: $\tau_0 = \rho g R I$ (1)
ここに, ρ は水の密度, g は重力加速度, R は径深, I は河床勾配である。

・限界掃流力: $\tau_c = 80.9d$ ($d > 0.303\text{cm}$) (2)

ここに, d は天端の代表粒径である。

ここで, 天端付近の値である代表粒径 10cm, 河床勾配 3.6° を代入すると, 越流侵食が開始する水深は $h=0.46\text{m}$ となる。天端断面における, 最低点からの比高とその時の水面幅との関係を図 6 に示す。越流侵食時の水みち幅は 10m 程度であると考えられる。

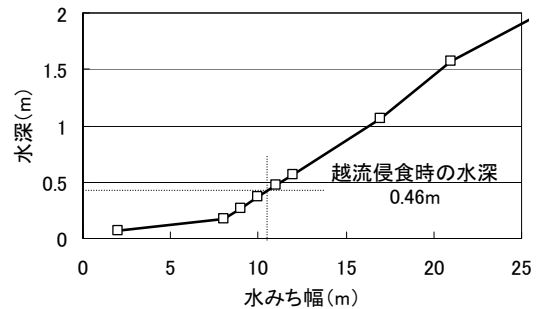


図 6 水深と水みち幅の関係

4. 天然ダム越流決壊時の流量推定

図 2 の II および IV に属する計算条件は, $d_m=10\text{cm}$ (現地調査結果), 堆積層濃度: $c^*=0.6$, 間隙流体の密度: $\rho_w=1.26\text{g/cm}^3$ (微細砂 12.7% 考慮), 砂礫の密度: $\sigma=2.65\text{g/cm}^3$, 内部摩擦角: $\phi=38^\circ$ (3.3 により設定), 流入流量: $q_{in}=2.6\text{m}^3/\text{s}$ (栗駒ダム流入流量を面積按分), 粗度係数: $n=0.04$, 側岸侵食速度式の係数は既往検討の実績より $\alpha=5,000$ を使用した。また, 計算河道は 3.1 で作成した河道モデルを使用した。計算結果は, ピーク発生時刻については実績よりも早く発生するものの, ピーク流量や総流量については, 実績をよく再現できていた。

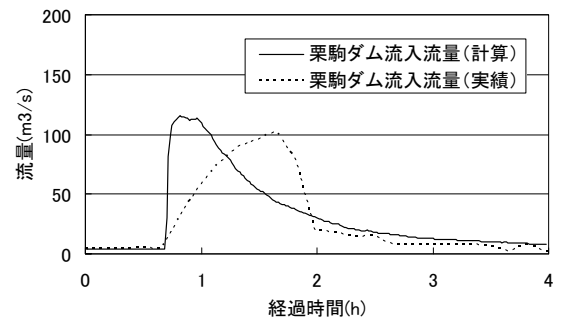


図 7 計算結果(栗駒ダム流入流量)

5. まとめと今後の課題

天然ダムが形成された際には, 速やかに LP 計測を実施することにより, 流量推定計算でのピーク流量に与える影響の大きい地形情報を把握できるとともに, いくつかのパラメータについても迅速に把握できると可能性を検討した。今後, 入力条件の設定手法が計算結果に及ぼす影響を定量的に評価していきたい。

参考文献: 1) 天然ダムの決壊に伴う洪水流出の予測手法に関する研究: 里深ら, 水工学論文集, Vol.51, 2007. 2) 岩手宮城内陸地震で発生した天然ダムの越流侵食状況の数値シミュレーション: 田村ら, 土木技術資料, 52-2, 2010. 3) 天然ダム越流による侵食と土砂流出の実態: レーザプロファイラを用いた解析: 吉野ら, 砂防学会誌, Vol.62, No.5, 2010.