

天然ダムの越流浸食により発生する洪水流量の低減手法に関する研究

財団法人砂防フロンティア整備推進機構 ○森俊勇, 坂口哲夫, 澤陽之

京都大学大学院農学研究科 水山高久

立命館大学理工学部 里深好文

アジア航測株式会社 臼杵伸浩, 小川紀一郎, 吉野弘祐

1. はじめに

天然ダムが形成された場合、最も頻度の高い越流浸食による洪水流量をできるだけ早く推定し、下流側の住民等に対する警戒避難や洪水流量を低減させるための緊急対策を早急に検討する必要がある。既往検討^{1) 2)}により、高濱ら³⁾によって提案されている二層流モデルを活用することによって、天然ダムの越流浸食による洪水流量をよく表現できるという結果を得ている。本研究では、平成20年5月の中国汶川大地震により形成された、「唐家山」天然ダムに同モデルを適用して越流浸食に伴う流量を算定し、実際に報告されている値との比較を行った。また、天然ダム開削による洪水流量の低減効果について感度分析を行い、天然ダムの越流浸食による洪水流量を低減させる効果的な手法について考察した。

2. 計算に使用するモデル

土石流から掃流状集合流動への遷移過程を解析するために、高濱ら³⁾は水流層と砂礫移動層とは構成則が本質的に異なることに注目して、各層毎の支配方程式に基づいて解析する二層流モデルを提案している。二層流モデルは、図-1に示すように水流層と砂礫移動層とのinterfaceを通した水流のフラックスとinterfaceの速度ベクトルに応じた運動量フラックスを導入して導かれる保存則に基づいた各層毎の支配方程式を解析するものである。

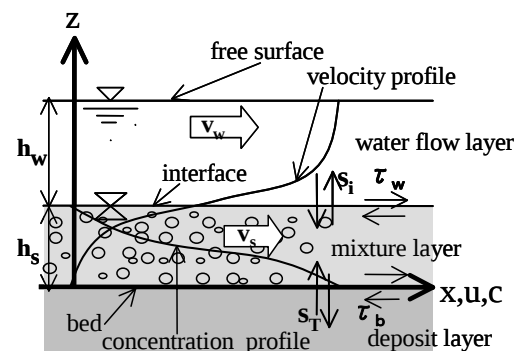


図-1 二層流モデルの模式図

3. 「唐家山」天然ダムへの適用

中国汶川大地震により四川省北川県に形成された「唐家山」天然ダムが越流した場合の洪水流量ならびに被害影響範囲の予測計算を行った。計算に用いたパラメータは、インターネットで入手できる情報をもとに推定し、地形データは災害発生前のSRTM-3¹⁾ (90mメッシュデータ)より作成した。天然ダムの形状は台形を想定し、表-1に示す計算条件で越流浸食した場合の洪水流量を算定した。なお、実際には天然ダムの天端を一部開削して緊急排水路が設置されたことから、この緊急排水路(掘削幅7m, 掘削深10m)を考慮した洪水流量も算定して比較した。

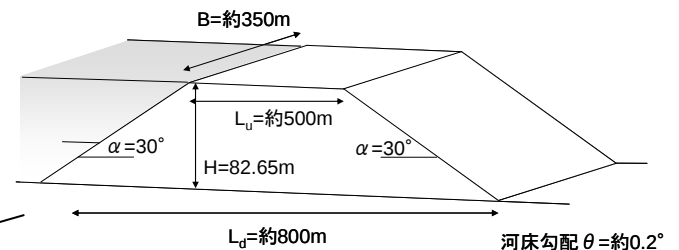
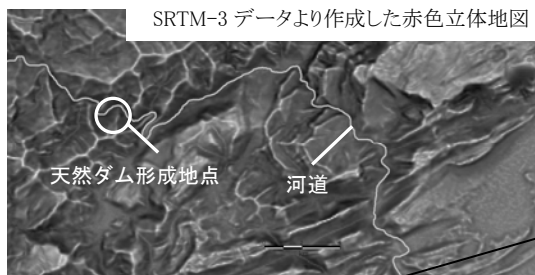


図-3 推定した天然ダムの形状

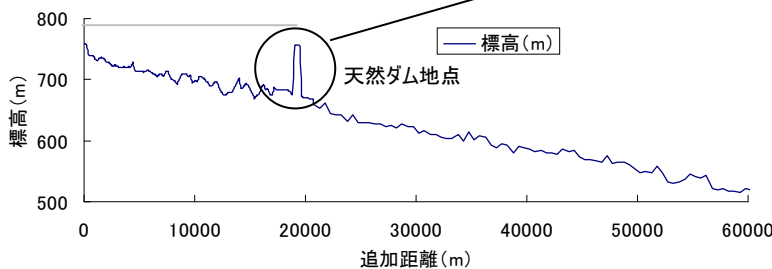


図-2 SRTM-3により作成した計算河道

表-1 その他の計算条件

水の密度	ρ_w	1.0 g/cm ³
砂礫の密度	ρ_s	2.65 g/cm ³
平均粒径	d	50cm
堆積層濃度	c*	0.6
内部摩擦角	ϕ_s	35°
反発係数	e	0.85

※1 Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)はスペースシャトルに搭載したレーダーで、地球の詳細な数値標高モデルを製作することを目的としたミッション。

図-4 に天然ダム下流の北川県におけるハイドログラフを示す。

ピーク流量の計算値は約 $6,700\text{m}^3/\text{s}$ (天然ダム直下) となった。これは、IAHR のニュースレター「Hydrolink」(2008-5)⁴⁾ に掲載されている、 $6,500\text{m}^3/\text{s}$ とほぼ一致する。ここで、インターネットより入手できた洪水流量および湛水池の水位変動と、本計算値との比較を行った。図-4 の左図は、実績と計算値のピークの立ち上がりを合わせたものであり、流量に関しては若干出水の継続時間が長いものの、両者はおおむね一致している。

また、図-4 の右図の水位変動を見ると、計算値の方が水位の低下が顕著であるが、これは、計算値の出水の継続時間が長いことと、実際の現場ではアーミングの影響によって浸食が抑えられた為と考えられる。

4. 天然ダム開削による洪水流量の低減への影響

天然ダムの越流浸食による洪水流量のピークを抑えるための有効な手段と考えられる天然ダム天端の開削方法について、掘削深と掘削幅を変化させ、洪水流量の低減効果について分析した。

インターネットから入手した情報では、実際の掘削深は 10m、掘削幅は下幅 7m である。これをもとに、掘削深(5m, 20m)、掘削幅(3m, 14m, 20m)と変化させた場合の越流浸食による洪水のハイドログラフを算出した。掘削幅、掘削深以外の計算条件は 3. と同様のものとした。

各ケースの計算結果を表-2 に示す。掘削深を変えた case2, case3 と case1 とを比較すると、掘削深を深くした方が洪水流量のピークは低減する。これは、掘削深を深くすることにより、湛水量が減少するためである。それに対して、掘削幅を変えた case4, case5, case6 は、洪水流量のピークはほとんど変化しない。したがって、天然ダムの越流浸食による洪水流量を低減させるためには、掘削深を深くした方が効果があると言える。

5. まとめ

本研究は、地形データや天然ダム高さなどの詳細なデータが得られない中での検討であったが、二層流モデルにより実現象を概ね再現することができた。また、天然ダムの越流浸食による洪水流量を低減させるために開削する場合は、掘削幅よりも掘削深(天然ダムの高さを下げる)を大きくする(深くする)ことが効果的であり、天然ダム形成時の洪水流量の低減対策として大きな効果があるということが言える。

参考文献

- 1) 里深ら：高磯山天然ダム決壊時に発生した洪水の再現，砂防学会誌，Vol.59，No.6，p.32-37，2007。
- 2) 里深ら：天然ダム決壊時のピーク流量推定に関する一考察，砂防学会誌，Vol.59，No.6，p.55-59，2007。
- 3) 高濱ら：土石流から掃流状集合流動へ遷移する流れの解析法に関する研究，水工学論文集，第 44 巻，p.683-686，2000。
- 4) 「Hydrolink」，IAHR(国際水工学会)ニュースレター，2008-5，p.68-69。

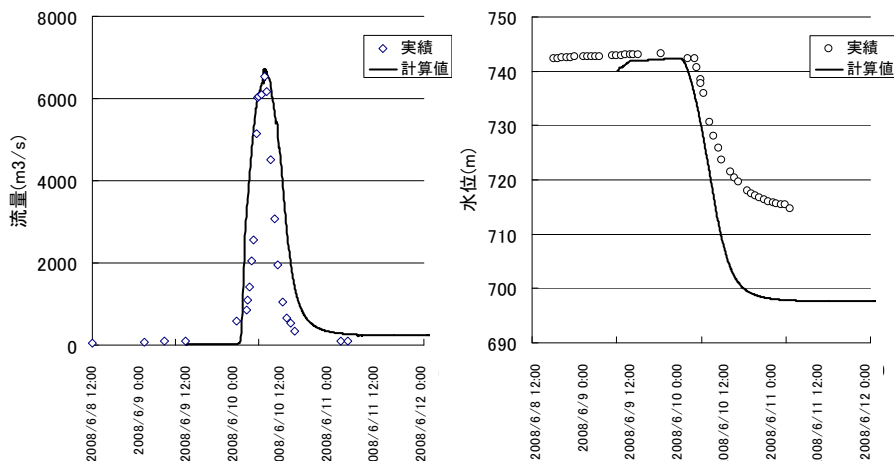


図-4 天然ダム決壊時の流量と湛水池の水位変化(水路掘削後)

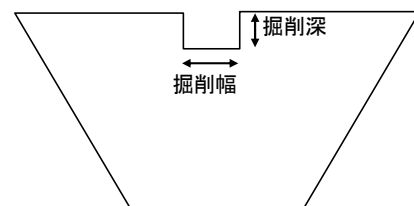


図-5 水路掘削のイメージ

表-2 計算結果

	掘削深	掘削幅	ピーク流量
Case1	10	7	$6,707\text{m}^3/\text{s}$
Case2	5	7	$8,502\text{m}^3/\text{s}$
Case3	20	7	$4,753\text{m}^3/\text{s}$
Case4	10	3	$7,261\text{m}^3/\text{s}$
Case5	10	14	$6,776\text{m}^3/\text{s}$
Case6	10	20	$6,875\text{m}^3/\text{s}$

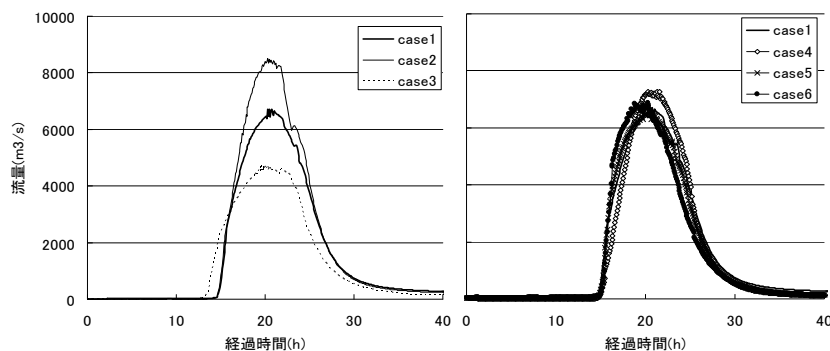


図-6 各ケースの流量の変化(図はピーク発生時刻を合わせている)