

天然ダム決壊に伴う大規模洪水現象の解析—インドネシア・アンボン島における事例—

(独) 土木研究所 ○石塚忠範、梶昭仁*、森田耕司**、国土技術政策総合研究所 水野正樹***
 八千代エンジニアリング (株) 池田誠、竹島秀大
 砂防フロンティア整備推進機構 森俊勇、千葉幹
 アジア航測 (株) 柏原佳明、吉野弘祐
 (*現東京建設コンサルタント、**現国土交通省都市局、***現新潟大学)

1 はじめに

インドネシア・アンボン島は東経 130° 南緯 3° 付近にあり、2012 年 7 月 12 日、島の西部にある Way Ela 川右岸山体が大規模崩壊を起こし、天然ダムを形成した。天然ダムは高さ約 170m、湛水量約 2,500 万 m³ に及ぶ大規模なものである。およそ一年が経過した 2013 年 7 月 25 日に越流決壊し、2 km 下流にある村の約 2/3 が流失する大規模洪水が発生した。天然ダム形成後、排水路工の設置や警戒避難のための対策が執られており、村の人口約 5,200 人のうち、人命被害は 3 人であったり。



図 1 天然ダムと下流の全景

筆者らは天然ダムの形成後から、インドネシア政府と協力して現地調査ならびに現地観測を進めてきた。本稿では、天然ダム決壊に伴い発生した大規模洪水現象を、LADOF モデルを用いて再現計算するとともに、現地調査等により得られた結果から検証を行ったので、その概要を報告する。

表 1 計算条件

項目		条件	
計算河道条件	地形データ	災害前DEM	
	侵食条件	①計算開始～スピルウェイ崩壊まで	呑み口から190m区間まで固定床、それより下流は移動床
		②スピルウェイ崩壊以降	全断面移動床
代表粒径		2.0cm	
流入流量		22m ³ /s	
侵食速度		1000	
内部摩擦角		27.5°	

2 天然ダム越流決壊 (LADOF) モデルによる計算

LADOF モデルは、土石流から掃流状集合流動、掃流砂までの流れを二層流として統一的に取り扱った一次元河床変動計算モデルであり、さらに側岸侵食速度式を導入することで、越流侵食の進行に伴う河床の低下に加えて、側岸の崩落が発生し大規模な決壊洪水となる、天然ダムの越流決壊過程を考慮したものである 2)。

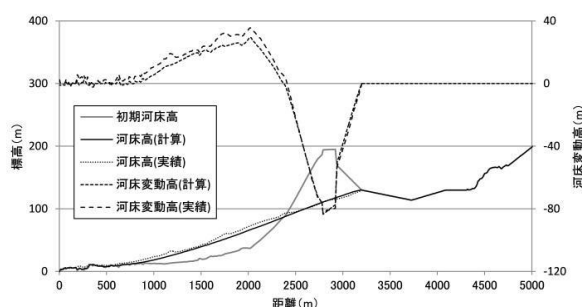


図 2 天然ダム決壊前後の縦断形状の比較

地形データは衛星画像から作成された決壊前後の DEM を用いた。天然ダム天端には、排水路工が建設されており一部が完成していたが、越流侵食の進行に伴い倒壊していく経過が画像に残されている。その影響を考慮するため、呑み口から 190m までの区間を、排水路工倒壊までを固定床①、それ以降を移動床②の二段階で計算をおこなった。計算に用いるパラメータは、現地計測 (代表粒径、流入流量)、試行計算 (侵食速度、内部摩擦角) 他により求めた値を使用した (表

1)。
 侵食条件②の計算を開始後 2h20m から急激に侵食速度が大きくなり、2h30m にはほぼ最終の河床高まで河床が低下した。現地計測及び DEM による河床低下が約 65m に対して、計算値は 63m であった。また、

谷出口のピーク流量は 17,300m³/s、谷出口の総流量は 2,760 万 m³ (流入流量を除く)と計算された。

天然ダムの越流決壊時の状況は、インドネシア公共事業省職員が断続的に行っていた撮影映像等により、時間的経過も含めた概要が明らかとなっている(図4)。図3下の表に、LADOFによる計算と映像等より確認された決壊洪水の発生から終息までの時間の比較を示した。これによると、急激な河床低下から洪水ピーク流量発生までの時間、洪水継続時間を計算により良好に再現できていることが分かる。

3 二次元氾濫計算

LADOFにより得られた谷出口地点のハイドログラフを用いて、二次元氾濫計算を実施した。計算は、(財)砂防・地すべり技術センターにより開発された J-SAS を使用した。現地調査では、踏査により氾濫範囲を確認するとともに、残存している家屋や立木の痕跡から最大流動深を計測した。氾濫面積はおよそ 35km²であり、現地調査結果と計算結果の比較を図5に示す。計算による氾濫範囲は、実績の範囲と概ね整合している。最大流動深の分布は、扇中央部の家屋、立木が全て流失しており実績の値が氾濫域周辺部に限られるが、およそ 0.5~3.5mの範囲となっている。計算結果は、左岸側で計算が実績を上回る値となっているものの、概ね流動深の分布傾向を再現できていると考えられる。

4 まとめ

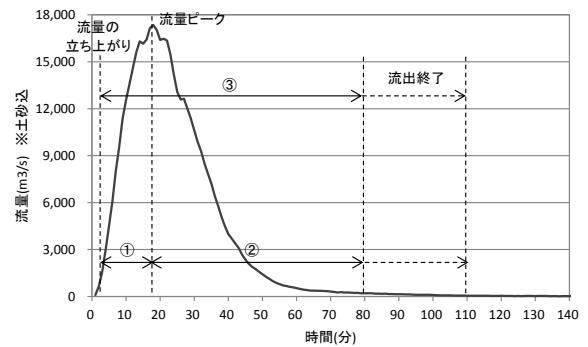
天然ダム越流決壊(LADOF)モデルを用いて、決壊後の天然ダムの縦断形状、ピーク流量発生時間、洪水継続時間を良好に再現することができた。また得られたハイドログラフを用いて、二次元氾濫計算を行ったところ、氾濫範囲、流動深の分布を概ね再現できた。モデルによる計算結果から、天然ダムの越流決壊によりピーク流量が約 1万7千 m³/s に及ぶ、大規模な洪水が発生していたことが推定された。

謝辞

現地調査及び観測は、インドネシア公共事業省水資源総局、水資源研究所及び天然ダム発生後2回にわたり派遣された JICA 調査団等と共同で実施した。関係の方々々に謝意を申し上げます。

参考文献

1)石塚忠範(2013): インドネシア・アンボン島で発生した天然ダム決壊洪水, 河川, Vol.69, No.12, p.58~61



	単位(分)	
	実績	計算値
下方侵食開始からピーク出現まで	12:30-12:40	10
ピーク出現から流出終了まで	12:40-14:00	80
ハイドロ継続時間	12:30-14:00	90
		80~110

図3 計算ハイドログラフと洪水発生時間等の比較

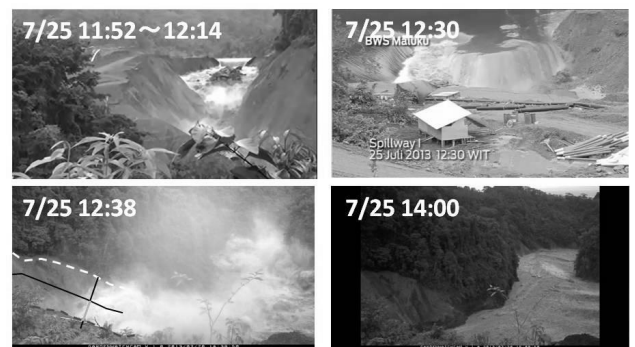


図4 洪水発生の時間的経過

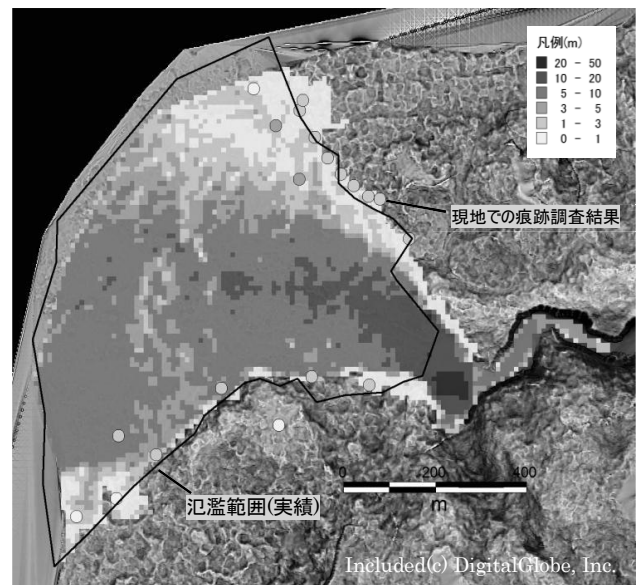


図5 二次元氾濫計算結果

2)里深好文・吉野弘祐・水山高久・小川紀一郎・内川龍男・森俊勇(2010): 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, 水工学論文集, Vol.51, P.901~906