

インドネシア アンボン島の大規模天然ダムについて

(独)土木研究所 森田耕司、梶昭仁、秋山怜子、山越隆雄、石塚忠範
国土交通省水管理・国土保全局砂防部砂防計画課 中谷洋明^{※1}、桂真也^{※2}

(独)国際協力機構 澤野久弥

八千代エンジニアリング(株) 松永繁、竹島秀大

(^{※1}現国土交通省中部地方整備局天竜川上流河川事務所、^{※2}現(独)土木研究所)

1. はじめに

2012年7月13日、インドネシア共和国マルク州アンボン島のワイエラ川上流で大規模な深層崩壊が発生し、その崩壊土砂によって大規模な天然ダムが形成された。(独)土木研究所では、これまで2012年9月、2013年1月、2月の合計3回(延べ6日間)現地調査を行うとともに、2013年2月にインドネシア公共事業省水資源研究所と天然ダムに関する共同研究協定を締結し、調査・観測、研究を進めている。本研究では、これまで実施した現地調査の結果等について速報するものである。

2. 調査地および災害発生の概況

調査地であるインドネシア共和国マルク州マルク中央県レイヒツ郡リマ村は、首都ジャカルタからほぼ東約230kmに位置する州都アンボン市のあるアンボン島の西部に位置している(図-1)。

2012年7月13日午前5時頃、ワイエラ川の右岸斜面で崩壊地面積0.67km²、崩壊土砂量が約1,260万m³と推定される大規模な深層崩壊(標高差約300m、幅約500m、深さ約100m)が発生した。

そして崩壊した大量の土砂が斜面下部のワイエラ川に堆積し、大規模な天然ダムが形成された。その天然ダムの規模は、高さ(比高)約170m、長さ約1,000m、幅約300mであり、天然ダム形成時における満水時の想定湛水量は約2,500万m³と推定されている。これは2011年9月に台風12号に伴い形成された天然ダムのうち最大の栗平のものに比べても、2倍以上の規模となる。天然ダムの集水面積は11.49km²であり、天然ダムの約2km下流には約5千人の住民が住むリマ村の集落がある。

3. 現地調査結果

インドネシアの地質図によると流域のほとんどを花崗岩が占めているが、天然ダムなどの地表部には角礫凝灰岩などの火山岩が多く見られた。また、遠方からの目視確認であるが、崩壊斜面の上部に大きな亀裂が確認できたほか、崩壊地の下部には土砂が不安定に堆積していた。なお、今回崩壊した斜面は、2012年4月9日のGoogle Earthの衛星写真において崩壊地頭部に線状の裸地が一部確認できるため、以前からその兆候はあったものと考えられる。

天然ダムについては、これまで工事用道路の設置やポンプによる排水のほか、漏水個所の侵食防止対策が実施されていた。

また、下流のリマ村においては、避難誘導看板の設置のほか、2013年2月には避難訓練を実施するなど天然ダムの越流決壊に備えた警戒避難体制の整備を進めている。



図-1 アンボン島とワイエラ川の天然ダムの位置図



写真-1 ワイエラ川の崩壊地と天然ダム、下流集落の状況

4. 天然ダムの越流時期の推定

現地調査時（2013年3月1日時点）の天然ダム越流開始地点は標高200mであり、2013年3月26日時点（水位185m）では、越流開始までの空き容量は約6百万m³となっている。

アンボン島の雨量観測所における2007年～2011年までの5年間の月平均雨量をその月の日数で除して1日あたりの雨量とし、天然ダムの越流開始時期について推定を行った。流出率は、2012年11月4日～2013年1月18日^{※3}の総雨量に対する直接流入量の比である0.46を採用した。現地では漏水箇所下流に量水堰を設置して漏水量を定期的に観測していることから、式(1)より直接流入量を漏水量と水位変動量の和として算出した(図-2)。^{※3}2012年11月24日～11月30日はデータなし

$$Q_{in} = \frac{dV}{dt} + Q_{out} \quad \dots (1)$$

ここに、 Q_{in} =天然ダム流入量、 Q_{out} =天然ダム流出量（漏水量）、 V =天然ダム湛水量、とする。

平年並みの降雨量で、現状の漏水量が継続した場合、8月下旬に越流する想定となった。しかし、堤体内の地下水脈が細粒土砂で詰まる等漏水量が減少すると、その越流時期は早まり、仮にゼロの場合には2ヶ月半程度早まることとなる。一方、湛水位が上昇すると、漏水量が増大する可能性もある。堤体規模が大きく、集水面積の小さい天然ダムでは、流出率の設定とともに漏水量の想定が越流時期の推定に影響すると考えられることから、今後も引き続き湛水量や漏水量等について観測していくことが重要である。

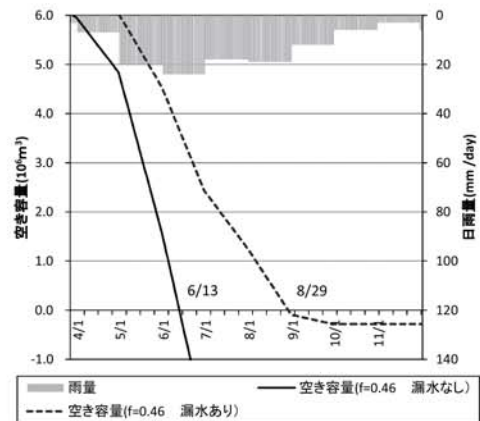


図-2 想定した日あたり雨量による天然ダムの空き容量の変化

5. マムア村の天然ダム災害

リマ村から東北東に約20km離れたマムア村では、2006年7月7日にマムア川上流に天然ダムが形成されたとの報道がある。そして、その下流域では、2007年、2011年7月、2012年2月11日、2012年8月1日と大きな土砂流出があり、下流の人家等に大きな被害が発生している(写真-2)。ただ、大量の土砂が流出、堆積しているものの、家屋の倒壊は見られず、幸いにも人的被害は発生していない。現地では、堆積土砂の約1m程度上に流水の痕跡が見られる。

マムア川の集落から約2km上流では、左岸側に高さ、幅とも50m程度の地すべり地形があり、上流の植生や堆積土砂の侵食痕跡、右岸側の土砂堆積状況から、その崩壊土塊が一時的に約10m程度の高さまで堆積していたことが推定できた。



写真-2 マムア川下流での土砂氾濫状況

6. おわりに

アンボン島ワイエラ川の天然ダムについては、現時点(2013年4月4日時点)ではまだ水位が上昇していないが、2007年から2011年の降雨データによると、5月から8月の月平均雨量は500mmを超えており、今後天然ダムの湛水位は上昇し、越流の危険度は高まるものと推測される。また、今回は日程的に調査できなかったが、崩壊発生源頭部においても明瞭なクラック等が確認でき、これからの拡大崩壊も想定される。今後は降雨や水位データなどの観測を行うとともに、崩壊地についても注視していくことが必要である。

本課題の研究にあたっては、インドネシア公共事業省(PU)、同水資源研究所(PUSAIR)、マルク河川流域事務所(BWS Maluku)並びに特定非営利活動法人防災情報研究所の高橋透氏に情報提供等、多大な協力をいただき、ここに謝意を表します。