

インドネシア・アンボン島での天然ダム決壊プロセス

八千代エンジニアリング株式会社 ○西尾陽介 池田誠 福島淳一 竹島秀大
独立行政法人土木研究所 森田耕司*1 梶昭仁*2 高原晃宙 石塚忠範
(*1 現 国土交通省都市局都市安全課、*2 現 (株) 東京建設コンサルタント)

1. はじめに

インドネシア共和国マルク州アンボン島のワイエラ川では、2012年7月に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。ⁱ

現地では緊急対策として排水路等の整備が進められていたが、天然ダム形成から1年後の2013年7月の豪雨により越流決壊し、下流にあるリマ村で大規模洪水が発生した。

本報告では、ワイエラ川天然ダムが越流決壊に至ったプロセスについて現地で撮影された映像や現地調査結果等から確認された状況を報告する。

2. 天然ダムの概要及び対策状況

2.1 天然ダムの概要

ワイエラ川の大規模崩壊は、アンボン島北西部のワイエラ川右岸の南西向き斜面で発生しており、崩壊土砂によって天然ダムを形成していた。

衛星DEMを用いた計測によると、天然ダムは閉塞高が約100m、幅(河床横断方向)が約250m、長さ(河床縦断方向)が約750mであった。また、天然ダム上流は湛水しており、上流の流域面積が約11.5km²、湛水池容量が約1,650万m³であった。(図-1ⁱⁱ)

2.2 対策工の概要

ワイエラ川天然ダムで施工されていた排水路の構造は、現地写真、映像、ヒアリング結果、図面ⁱⁱⁱ等から、河道閉塞天端は水路工、下流法面はシュート型的水路工及び3基の減勢工となっていた(図-2)。また、現地調査時のヒアリング結果から、決壊直前の施工状況は以下のとおりであったと推定される。

【河道閉塞天端の施工状況(ヒアリング結果)】

- ・呑口部→施工済み(仮締切設置)
- ・水路工→施工中(決壊直前の映像によると呑口部から10m程度下流までコンクリート水路であったが、そこからシュート接続部までは掘削水路であった。)

【下流法面の施工状況(ヒアリング結果)】

- ・減勢工→3基とも施工済み
- ・シュート水路→施工中(掘削は完了していたが、ほぼ全区間においてコンクリート被覆前であった。)

3. 2013年7月の決壊プロセスの推定

ワイエラ川天然ダムでは、2013年6月下旬から7月下旬にかけての降雨によって湛水位が上昇し続けていたが、7/24の豪雨(日雨量168mm^{iv}※天然ダム天端)により、湛水地からの越流水が施工中の排水路を流下

し始め、7/25昼に越流決壊に至った。

右岸側から撮影した決壊前後の映像や決壊直前の対策工の映像^vから確認された状況を表-1 図-3に示す。



図-1 排水路位置図(決壊前斜め写真ⁱⁱに加筆)

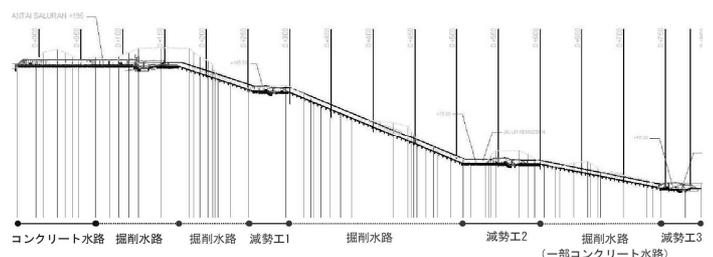
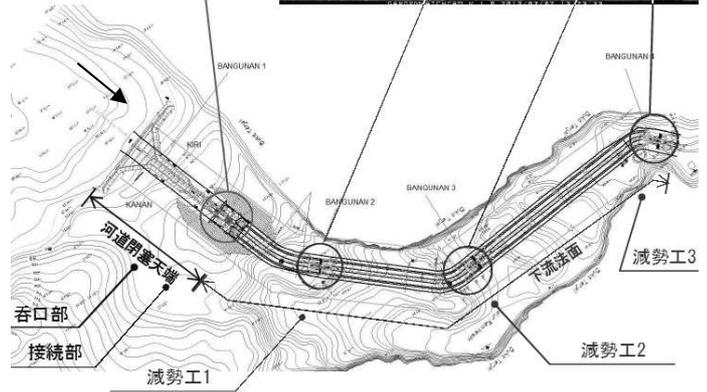
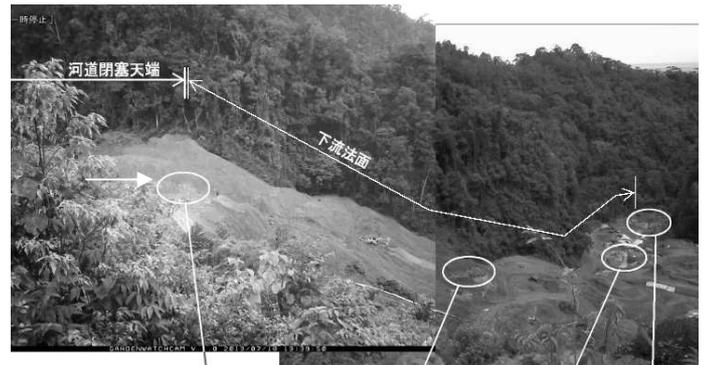


図-2 排水路構造(映像・ヒアリング結果・図面ⁱⁱⁱより)

表-1 天然ダム決壊の時系列整理 (2013年7月25日)

2:20頃	排水路への越流が確認された。
6:00頃	越流水による排水路（掘削水路）の洗掘が確認された。
9:00頃	掘削水路の洗掘が河道閉塞天端のコンクリート水路部分まで到達する。(映像①)
10:00頃	コンクリート水路の側壁が倒壊し始める。
10:30頃	減勢工1より下流では越水によって複数の流路が形成されており、水路の洗掘や河床低下は発生していなかったと考えられる。(映像②)
11:30頃	呑口部の河床が低下し始める。
12:16頃	呑口部の側方侵食が確認される。
12:28～12:30頃	12:28の映像③で見ていた呑口部下の水面が、12:30の映像④では見えなくなっていることから、下方侵食が始まったと想定される。
12:40頃	減勢工1付近において巨大な水しぶきが確認されるとともに、大規模な決壊洪水が下流に流下する。(映像⑤)
14:00頃	天然ダム直下の水面の乱れが落ち着き始める。
15:00頃	天然ダム直下の河床が見え始める。(映像⑥)



図-3 天然ダム決壊時に撮影された映像

ワイエラ川天然ダムの排水路は、河道閉塞天端から斜路に変わる勾配変化点が掘削水路となっており、湛水地からの越流水によって、掘削水路がガリー状に侵食された。ここで 11:30 頃の映像でも減勢工 1 が残存していたことが確認できることから、掘削水路の侵食は減勢工 1 より上流側で進行したと推定される。その後ガリー侵食が拡大し、施工済のコンクリート水路及び呑口部を破壊し、越流決壊に至ったと推定される。映像では減勢工 1 付近で巨大な水しぶきが確認されていることから、減勢工 1 付近で跳水が発生するような勾配・河幅の変化点が形成されていたと考えられる。

4. おわりに

ワイエラ川天然ダムでは越流前までポンプ排水を継続していたが、湛水位の上昇を止めるには至らず、越流水によって施工途中の排水路が洗掘・破壊され、天然ダムが決壊した。したがって天然ダムが形成された場合、越流水を安全に流下させることができる排水路等を早期に整備する必要があり、その際には次期出水期までに施工可能な規模及び構造を計画することが重要であると考え。また、減勢工 1 付近から越水して複数方向に越流水が流下したことが映像から確認されたが、これは減勢工 1 上流側の水路が屈曲していたことも影響したと想定される。このことから天然ダムの排水路に屈曲部を設けることは極力避けるべきと考えるが、地形上やむを得ず屈曲部を設ける場合は、偏流を考慮した断面とする必要があると考える。

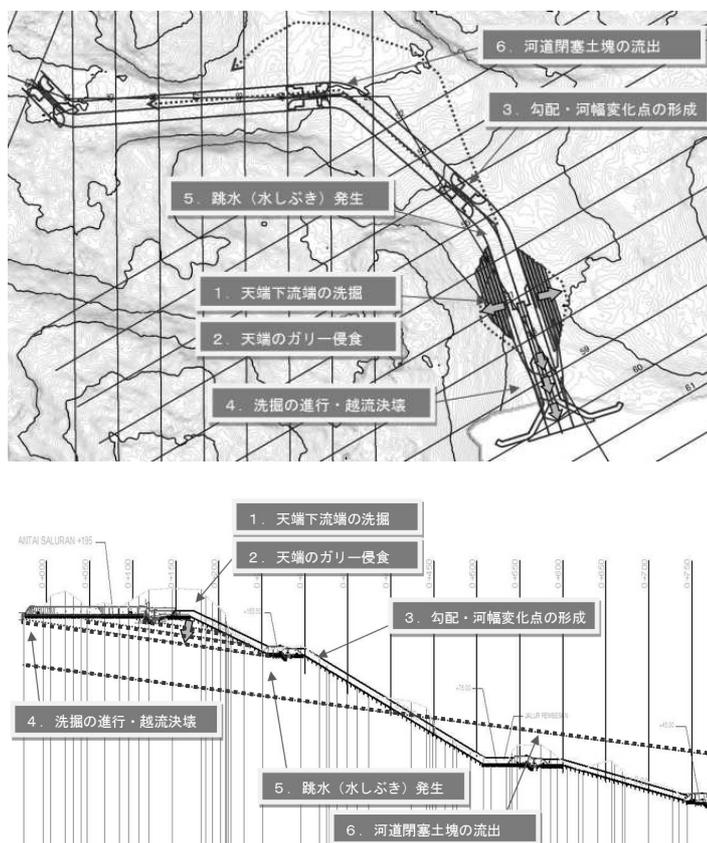


図-4 2013年7月ワイエラ川における天然ダム決壊プロセスの推定

参考文献

- i 森田ら：インドネシアアンボン島の大規模天然ダムについて 平成 25 年度砂防学会研究発表会概要集 A262-263
- ii インドネシア共和国公共事業省提供の斜め写真
- iii 【nama proyek】 pekerjaan desain spillway bendungan alam way era 【pemberi kerja】 kementerian pekerjaan umum
- iv TABEL BACAAN PEILSKAL, V-NOTCH & CURAH HUJAN NATURAL DAM WAY ELA BULAN JULI 2013
- v Jebolnya Bendungan Alam Way Ela Maluku 2013 (BWS Maluku) ほか