

Morakot 台風による台湾小林村における天然ダムの越流侵食について

(独)土木研究所 土砂管理研究グループ ○原義文, 内田太郎, 吉野弘祐
 筑波大学大学院生命環境科学研究科 宮本邦明, 今泉文寿
 新潟大学農学部 権田豊 東京大学大学院農学生命科学研究科 堀田紀文
 京都大学大学院農学研究科 藤本将光 台湾国立成功大学 謝正倫

1. はじめに

2009年8月台湾はMorakot台風の影響により、全島に亘り甚大な被害が発生した。中でも、台湾南部では天然ダムによると考えられる被害が生じた。一方で、天然ダムの越流侵食に起因する現象は、近年、宮崎県耳川や岩手宮城内陸地震でも生じ、流量、河床変動状況が把握できるモデルが提案され、有効性が確認されてきた^{例へば、1)}。しかし、近年の日本の事例は比較的小規模な天然ダムであり、ピーク流量は、河道の流下能力以内であった。そのため、天然ダムの越流侵食にともなう下流の氾濫に関しては十分な検討が行われてきていない。そこで本検討では、Morakot台風により小林村で形成された天然ダムについての実態把握を行い、併せて越流侵食時の流量・氾濫範囲についての再現計算を行った。

2. 天然ダムの実態把握

対象とする小林村は、台湾南西部に位置し、比較的低い山地に囲まれた集落である。ここでは、災害前後に計測されたDEM(台湾行政院農業委員会林務局作成)を使用し、形成された天然ダムの位置、形状を推定した。解析に使用したDEM及び画像のデータは表1に示す通りである。データの存在する範囲は、天然ダム形成地点上下流計2.5km程度である。

表1 検討に使用したデータ

	標高, 画像データ	計測・撮影年
災害前	5mDEM,	1996年
災害後	オルソ画像	2009年

2.1 天然ダムの位置

図1に示すとおり、河道の左岸側で発生し、崩壊により流出した土砂は①～③の3箇所に分かれて流下・堆積している。その中で、②の谷では大きいところで高さ80m程度堆積しており、天然ダムは②の谷の出口に形成していることから、天然ダムを形成した主たる土砂は②の谷を流下し、対岸まで乗り上げたものであると考えられる。

2.2 現地踏査結果

著者らは、2009年10月、12月に現地踏査を行った。削れ残った天然ダムを構成している主たる粒径は10cm程度と見受けられた。また、簡易レーザ測距計を用いて天端地点(図1に示すA-A'断面)の横断形状の計測を行った。災害後のDEMと計測結果を重ねたものを図2に示す。現地調査では標高410m付近に水位痕跡が見られ、A-A'断面の位置では、災害前の河床から約40m水位が上昇したと考えられる。

2.3 下流の水位データ³⁾

天然ダム形成地点より下流約30kmのSunlin橋には水位計が設置されており、8月9日AM6:00に121mであった水位がAM7:00には118.1mと約3mの水位低下が確認されており、AM8:00には123.1mと5mの水位上昇に転じている。いずれも水位は急激に変化していることから、天然ダムはこの付近に形成・越流侵食したものであると考えられる。また、天然ダム越流侵食によると思われるピークは2時間程度継続した後、約2.5m水位低下している。一方、天然ダムの湛水容量は約1,000万m³(GISによる簡易計測)であり、天然ダムの形成から越流侵食まで1時間とすると、天然ダムへの流入流量は約2,800m³/sであると考えられる。

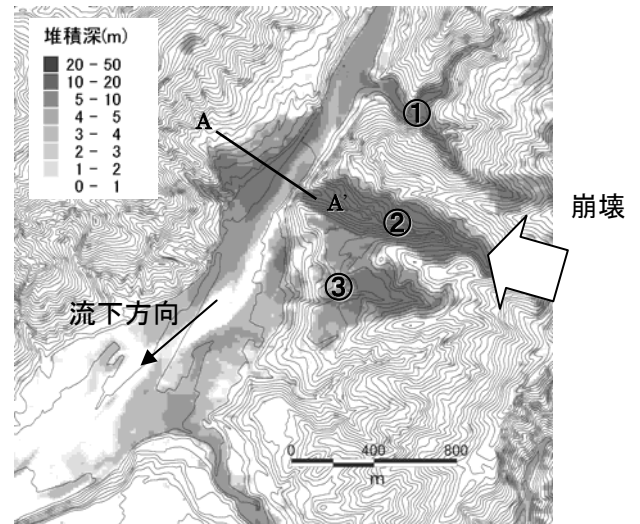


図1 天然ダムの形成位置

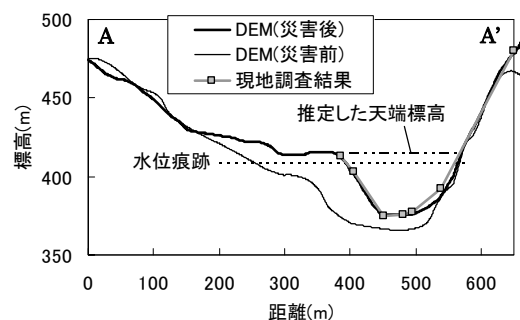


図2 天端付近の横断形状

2.4 天然ダム形状の推定

表1で示す災害後のDEM・オルソ画像は天然ダム越流侵食後のデータである。そこで、ここでは、同データを用いて、図2に示すように、侵食によって生じたと考えられる水みちを埋め戻すことにより、

天然ダム形成直後の形状を推定した。

推定した縦断図を図 3 に示す。天然ダムの鉛直方向の高さは約 50m, 縦断方向の長さは約 900m, 下流法勾配は約 7°, 天然ダムの天端付近の河幅は約 300m と推定された。図 2 に示した通り, 現地踏査では標高 410m 付近に水位痕跡が見られ, 図 3 で推定した天端標高と概ね一致している。

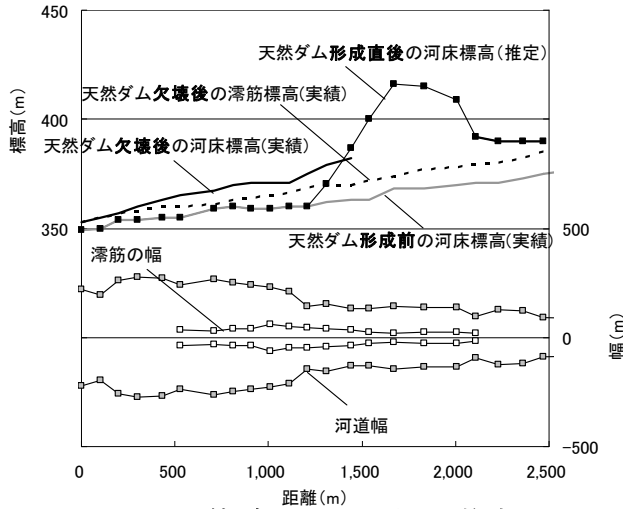


図 3 天然ダムの縦断形状の推定

3. 再現計算

次に, これまでに実際の天然ダムの越流侵食現象に対して適用性が確認されてきた里深らのモデル²⁾を用いて天然ダム越流侵食による流量の推定を行った。さらに, 算出された結果を用いて, 天然ダムの直下流より二次元氾濫シミュレーションを行い氾濫範囲の推定を行った。

3.1 天然ダム越流侵食による流量の推定

(1) 計算条件

計算における初期河床は, 図 3 により作成した河道モデルを用いた。また, 天然ダム湛水域への流入流量は, 2,800m³/s を与えた。そのほか, 代表粒径は $d_m=10\text{cm}$, 水の密度: $\rho_w=1.0\text{g/cm}^3$, 砂礫の密度: $\sigma=2.65\text{g/cm}^3$, 堆積層濃度: $c^*=0.6$, 内部摩擦角: $\phi=33^\circ$, 側岸侵食速度式の係数は既往検討¹⁾の実績より $\alpha=5,000$ で行った。

(2) 計算結果

数値計算は, $dx=10\text{m}$, $dt=0.01\text{s}$ で実施した。計算結果を図 4 に示す。天然ダム越流侵食に洪水継続時間は, 下流の Sunlin 橋地点における洪水継続時間とほぼ等しい, 約 2 時間であった。

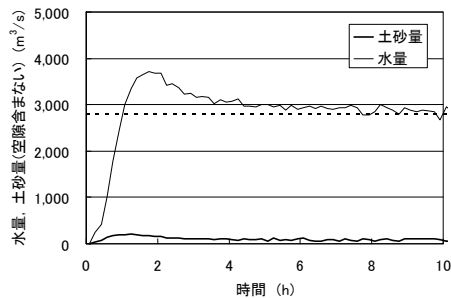


図 4 ハイドログラフ及びセディグラフ

3.2 天然ダム越流侵食による氾濫範囲の推定

(1) 計算条件

計算における初期の地形は, 災害前の地形を与え, 流量及び土砂濃度は, 4. により算出された結果を用いた。また, 代表粒径, 水と砂礫の密度, 堆積層濃度, 内部摩擦角といった物性値は 4. と同様のものを用いた。なお, 天然ダム下流末端を計算開始点(氾濫開始点)として設定した。メッシュサイズ, 計算時間刻みはそれぞれ, 10m, 0.2s で実施した。計算は, 天然ダム形成後 24 時間まで行った。

(2) 計算結果

計算結果(最終堆積形状)を図 5 に示す。また, 実績として図 6 に災害前後の DEM の差分を示す。いったん堆積した後に生じたと考えられる水みち部で洗掘状況が数値計算では再現できていないものの, その他河道部全体では堆積範囲, 堆積深とも比較的によく実績を再現できていた。このことは, 被災した小林村に堆積している土砂は崩壊土砂が直接流下堆積したものだけでなく, 天然ダム越流侵食による氾濫土砂も含まれていることを示している。

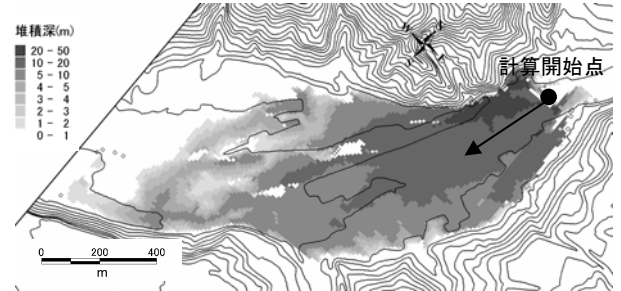


図 5 計算結果(最終堆積範囲)

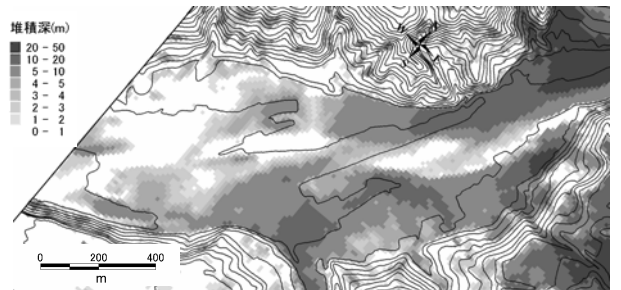


図 6 堆積範囲の実績(DEM の差分)

4. まとめと課題

本検討では, 2009 年 8 年の Morakot 台風により小林村で形成された天然ダムに対して実態把握を行い, 次いでこれまで提案されている計算モデルにより, 現象の再現を試みた。その結果, 小林村に堆積した土砂の多くは, 崩壊土砂が直接流下堆積したものだけでなく, 天然ダム越流侵食による氾濫土砂である可能性が高いことが分かった。

参考文献: 1) 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. 2) 天然ダムの決壊時のピーク流量推定に関する一考察: 里深ら, 砂防学会誌, Vol.62, No.5, 2010. 3) 2009 日台砂防共同研究 20 周年記念講演会資料。