

天然ダム決壊解析機能を実装した土石流シミュレーションシステムの開発

株式会社建設技術研究所
株式会社パスコ
中日本航空株式会社
立命館大学理工学部
京都大学大学院農学研究科

○柳崎 剛
岩浪英二
堀内成郎
里深好文
中谷加奈, 水山高久

1. はじめに

平成 23 年 9 月の台風 12 号に伴う豪雨により紀伊半島に深層崩壊および天然ダムが多数発生した。この事例のように、近年、深層崩壊や天然ダム等に伴う大規模土砂災害が頻発化する傾向にある。大規模な天然ダムは、上流にたまった水が越流することにより土石流を発生させ、下流域に甚大な被害を及ぼすことがある。本研究では、天然ダム形成時の危機管理対応の強化を目的に、危機管理システムの一機能として、天然ダムの越流決壊により被害を生ずる恐れがある区域を推定する機能の開発を行った。危機管理システムの基幹ツールには、高精度の LP データを活用し、土石流シミュレーションを簡便かつ精度よく実行するための統合的なシステムである HyperKANAKO¹⁾を採用し、HyperKANAKO に天然ダムの越流に伴うみず道の拡大と決壊に伴う縦侵食を追跡する機能を実装することで、天然ダム貯水池の湛水過程、決壊・侵食過程、洪水氾濫過程の一連の現象を追跡することを可能とした。

2. システム概要

HyperKANAKO は、GIS 機能と連携を図ることにより、1 次元および 2 次元河床変動計算の地形モデルの作成、条件設定、解析、解析結果の表示等を統合的に実施することが可能である。危機管理システムとして天然ダムの越流決壊に伴う氾濫被害範囲の推定を可能とするため、HyperKANAKO の従来の 1 次元河床変動計算に、流速の 2 乗に比例するという考え方に基づいた側岸侵食速度式を導入し、天然ダムの越流・決壊過程を計算する機能を追加した。この機能により、天然ダムの越流に伴うみず道の拡大と決壊に伴う縦侵食を同時に追跡し、2 次元河床変動計算の境界条件となる流出ハイドログラフを算定することが可能となった。

3. 天然ダムの越流決壊を想定した解析の条件設定

天然ダム越流決壊を想定した条件設定の一例を示す。

3.1 天然ダム形状諸元の設定方法

天然ダム決壊解析は、まず 1 次元河床変動領域の設定が必要である。1 次元領域の上下流端を指定し、天然ダム天端位置を指定した上で、図-1 に示すように天端ライン上の横断面図を表示し、天然ダムの高さを設定する。なお、縦断方向の天然ダム形状は、縦断距離に応じて不安定土砂厚さを指定することにより設定可能である。

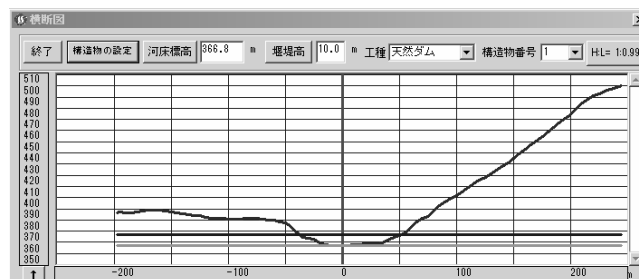


図-1 天然ダム横断形状の設定

3.2 天然ダム決壊解析のパラメータの設定

天然ダム決壊解析のパラメータ設定は専用のエクセルシートから行う。試解析では、天然ダム決壊解析に関する主な条件を以下のとおり設定した。

- ・天然ダム高：10m, 天然ダム上流の河道幅：100m, 初期みず道幅：1.0m, 側岸侵食速度係数：1.0
- ・ハイドログラフ：500m³/s 定常 ※適度な解析時間で越流可能な流量条件を設定

ここで、初期みず道幅は、越流開始直後のみず道侵食過程を計算するための断面幅として設定する。側岸侵食速度係数は、0.0~1.0 を基本とし、側岸侵食速度を最大とする場合は 1.0 を設定する。

4. 天然ダムの越流決壊を想定した解析の計算結果

天然ダム越流決壊を想定した計算結果の一例を示す。

4.1 湛水開始～越流過程の計算結果

湛水開始から越流に至るまでの水位縦断図を図-2 に示す。図-2 は、HyperKANAKO の 1 次元計算結果より、時々刻々の河床高と水深を加算して作成した。天然ダム上流において徐々に湛水し、計算開始後約 420 秒に満水し、その後越流が始まる過程が表現されている。次に、計算水深の 2 次元表示結果を図-5 に示す。図-5 は、計算水深

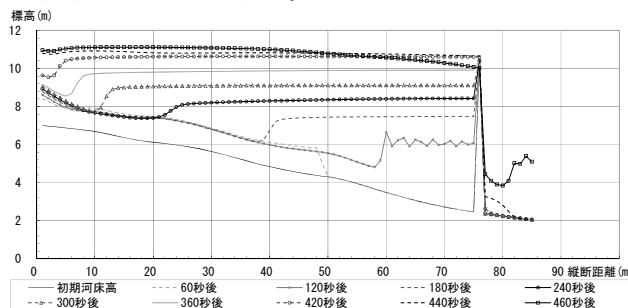


図-2 湛水開始から越流に至るまでの水位縦断図

をオルソフォトに重ね合わせて表示したものであり、天然ダム上流では貯水池の湛水範囲と湛水深を表し、天然ダム下流では決壊後の氾濫範囲と氾濫水深を表す。図-5では、貯水池の湛水範囲は天然ダムから上流方向に拡大し、湛水深が大きくなる過程が表現されている。

4.2 越流～決壊過程の計算結果

天然ダムの越流開始後より決壊に至るまでの水位縦断面図を図-3に示す。図-3では、越流開始後20秒程度(440秒後)までは貯水位に大きな変化は認められず、下流側の越流水位の変化もわずかである。440秒後より天然ダム軸を中心に急激な水位低下が生じ水面勾配が急勾配となったのち、水面が水平に近くなるにつれ水位低下の程度は小さくなる。次に、天然ダムの越流後の河床高縦断面図を図-4に示す。440秒より480秒にかけて、天然ダムの河床高が急激に低下し、流出した土砂が天然ダム下流端に堆積する過程を確認できる。なお、480秒以降の河床高の変化はわずかである。2次元表示結果を図-6に示す。決壊後に湛水範囲が縮小し、下流の氾濫範囲が拡大する様子が表現されている。

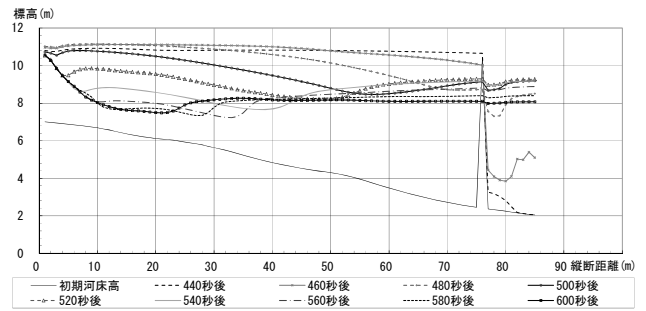


図-3 越流・決壊後の水位縦断面図

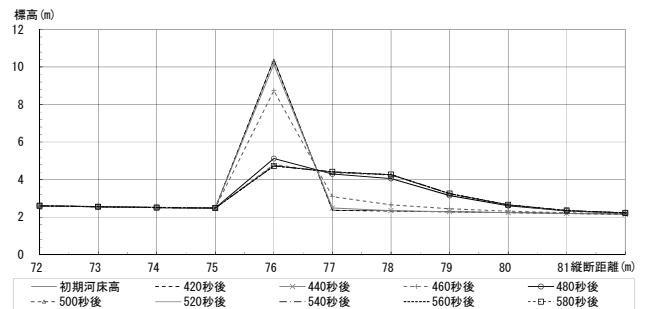


図-4 越流・決壊後の河床高縦断面図

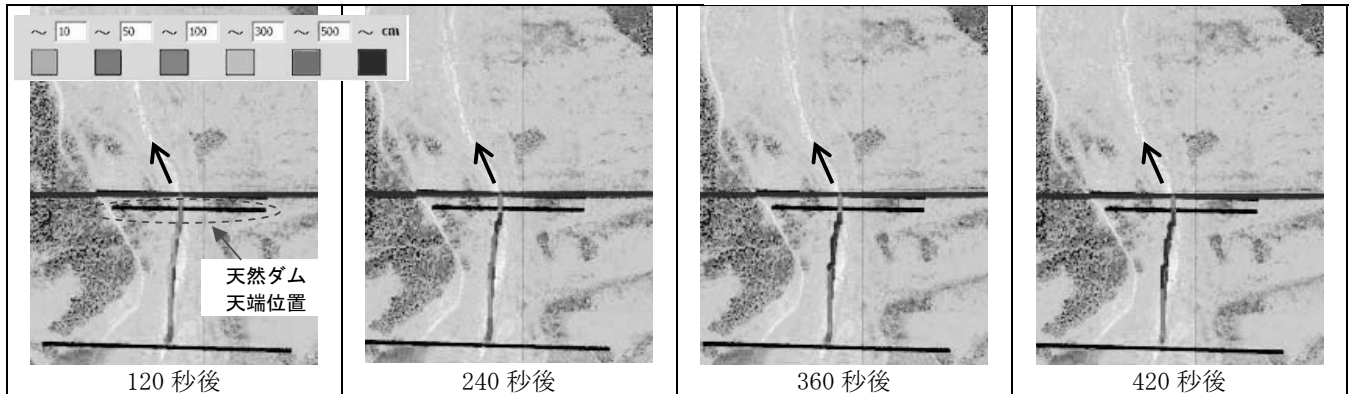


図-5 湛水開始～越流過程の2次元計算結果

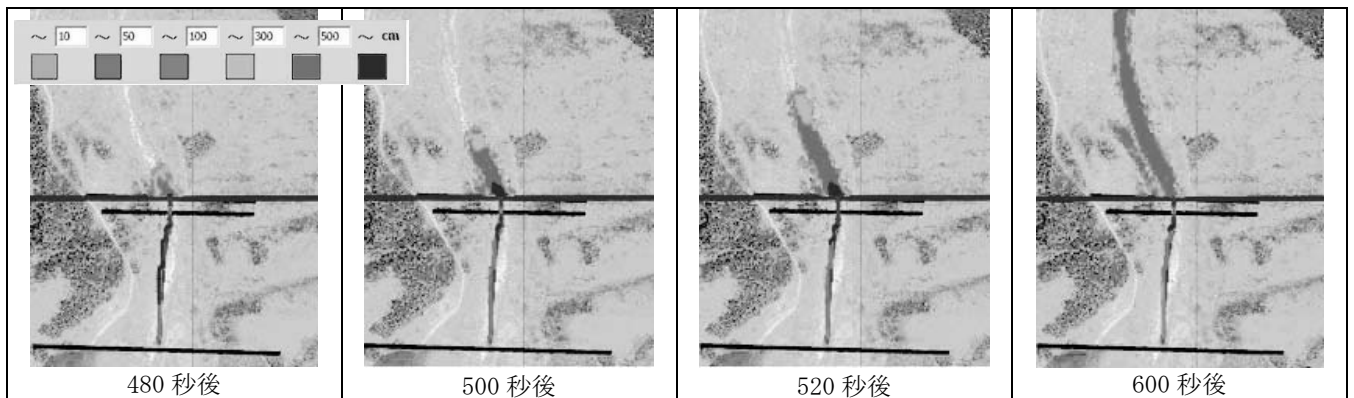


図-6 越流～決壊過程の2次元計算結果

5. おわりに

危機管理システムの一機能としてHyperKANAKOを導入することにより、天然ダムの越流決壊を想定した氾濫域の推定が可能なシステムを開発した。システム運用面での課題として、解析条件の設定方法を考察する必要がある。まずは、天然ダム決壊解析に係る各パラメータが流出ハイドログラフに与える影響を把握する予定である。

参考文献

- 1) 堀内ら(2012) : LP データを活用した土石流シミュレーションシステム「Hyper KANAKO」の開発, 砂防学会誌, Vol. 64, No. 6, p. 25-31