

ため池決壊氾濫解析における流入ハイドログラフ形状の影響

Effects of inflow hydrograph shapes on the flood analysis of small earth dam washout

○小嶋 創*・向後 雄二*・島田 清*・正田 大輔**・鈴木 尚登**・斎藤 広隆*
 KOJIMA, H.・KOHGO, Y.・SHIMADA, K.・SHODA, D.・SUZUKI, H.・SAITO, H.

1. はじめに：東日本大震災を契機として、ため池決壊時のハザードマップ作成を目的とした氾濫解析手法の研究が進められている。小嶋ら¹⁾は、ため池決壊時の氾濫流況に影響を与える地物の種類を調べた。さらに、これらの地物の形状をより精度よく表現するため、有限要素法による氾濫解析モデルを構築し²⁾、東北地方太平洋沖地震による決壊ため池の氾濫解析に適用した³⁾。ここでは、決壊氾濫流の流入ハイドログラフ形状の違いが解析結果に与える影響について検討した。

2. 解析モデルの概要²⁾：本モデルの支配方程式は、重み付き残差法により弱形式で表現された浅水流方程式である。そのうち連続式については、Gauss の発散定理を用いて変形し、流量フラックスの境界積分項を導いた。これにより、解析領域の任意の位置に流入・流出点を設定することを可能にした。

支配方程式の離散化手法としては、空間方向には三角形一次要素を用いたガラーキン法、時間方向には二段階陽的解法⁴⁾を用いた。計算の安定化を図るため、Selective lumping 法⁵⁾を用いて人工的な数値粘性を付加した。

氾濫解析では、既に氾濫流が到達しているWet領域と、到達していないDry領域を識別するための処理を要するが、ここでは湛水位と地盤高の比較によりWet/Dryの判定を行う移動境界処理手法を導入した。

3. 解析対象ため池と決壊氾濫流況³⁾：解析対象は福島県本宮市の青田新池である。青田新池は東側と南側の堤体からなる廻り堤で、堤高 8.3 m、総貯水量 17,000 m³である。青田新池から南東に約 200 m の位置に大谷池がある。大谷池は堤高 3.8 m、総貯水量 59,000 m³である。大谷池の標高は青田新池よりも約 10 m 低く、両池の間にある農地(水田)は平均勾配 5 %程度の斜面となっている。

東北地方太平洋沖地震によって堤体屈曲部から 15 m 程東側の位置が決壊した。決壊による浸水域を Fig. 1 に示す。氾濫流の大部分は直下の農地(1)を経由して大谷池に流入した。大谷池の貯水位は堤頂近くまで上昇したが、

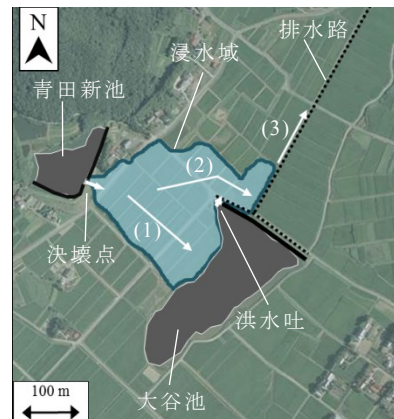


Fig. 1 青田新池の決壊氾濫流況

堤体左岸側に設置された洪水吐から排水され、堤体越流は生じなかった。大谷池堤体の下流側に回った一部の氾濫流(2)は、幅約 2 m の排水路(3)に合流・流下し、水路を越えた南東側の農地は浸水しなかった。なお、決壊当時は青田新池、大谷池ともにほぼ満水状態であった。

4. 解析条件³⁾：解析領域は、実際の浸水域を包含するよう 472 m × 650 m の矩形とし、iRIC⁶⁾の非構造格子生成機能を用いて解析領域を三角形要素に分割した。総要素数は 104,501 個、総節点数は 52,699 個である。各計算節点には国土地理院の 5m メッシュ数値標高モデル(DEM)から内挿した標高値を与えた。この際、排水路の形状を精度よく表現するため、水路に沿って節点を配置した。さらに、該当節点の標高値については、水路の縦断勾配が一定となるよう区間毎に上下流端から内挿した値を与えた。

青田新池の決壊点直下に流入点を設け、後述する流入ハイドログラフに従って総貯水量相当分の水を流入させた。氾濫流が排水路の下流端に到達した場合には、マンニング式から算出される流量を流出させた。大谷池の洪水吐による排水を表現するため、洪水吐の上・下流側にそれぞれ流出点・流入点を設け、大谷池の湛水位に応じて堰の越流公式から算出される流量を貯水池から洪水吐直下の排水路に排水させた。

大谷池内部の節点には常時満水位に相当

*東京農工大学大学院 *Graduate School of Agricultural Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

**国立研究開発法人 農研機構 **National Agriculture and Food Research Organization

キーワード：水利構造物・有限要素法・ため池決壊氾濫解析

する初期水深を与えた。粗度係数は全領域 0.04, ランピングパラメータ 0.9, 計算時間刻み 0.03 s として決壊から 1 時間後まで解析した。

5. 解析ケース：解析に用いた流入ハイドログラフを Fig. 2 に示す。流入ピーク流量は、小嶋ら¹⁾を参考に、全ケースとも Costa 式⁷⁾から算出される値の 2 割とした。ハイドログラフ形状を二等辺三角形とした Case1 に加え、ピーク流量が生じる時刻(以下、ピーク時刻)を早めた Case2, 遅くした Case3 の 3 ケースについてそれぞれ解析した。

6. 解析結果：Case1 の解析結果最大水深分布を Fig. 3 に示す。解析結果の浸水域は、図中に示した実際のそれとおおむね一致した。Case2, Case3 についても、最終的な浸水域は Case1 と大きな差異はなかった。

Fig. 3 中の A~C 点における水深の時間変化を Fig. 4 に示す。A 点, B 点の決壊点からの直線距離はそれぞれ約 200 m, 300 m であり, C 点は排水路床に位置する。Fig. 4 を見ると, 各点ともピーク時刻を早めたケースの方が氾濫流の到達が早いことがわかる。最も早い Case2 と最も遅い Case3 の間の時間差は, A 点 2.0 分, B 点 3.5 分, C 点 4.5 分であった。

一方, 排水路内の C 点における水深の最大値は, ピーク時刻を遅くしたケースほど大きくなっており, Case2 と Case3 の間では差異が 0.12 m となった。

7. 考察とまとめ：ハザードマップの作成をはじめとする防災・減災対策に応用する場合の氾濫解析では, 危険側を想定した解析条件の設定が基本となる。氾濫流がより速く拡大するという面では, ピーク時刻を早めたハイドログラフを用いた方が危険側の解析条件といえる。一方で, ピーク時刻が遅いハイドログラフを用いた方が, 氾濫原にある排水路内の水深はより大きな値まで上昇し, 水路からの逸水リスクを検討する上では危険側の結果となる。本事例に関しては, どのケースでも排水路からの逸水は生じておらず, この差異が氾濫流況に与える影響は小さかった。しかし, 排水路の流下能力に対して大きな氾濫流量が生じた場合には, ピーク時刻の違いが水路からの逸水の有無に影響し, 最終的な浸水域が大きく異なる可能性もある。

このように, 危険側を与える解析条件は一通りに定まらない場合がある。防災・減災対策へと応用するための氾濫解析においては, ピーク時刻を変えた複数の流入ハイドログラ

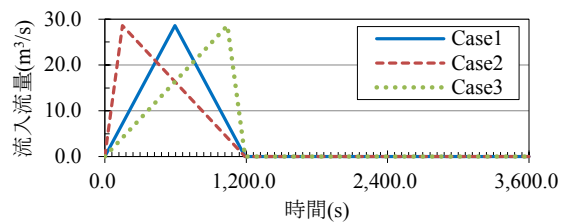


Fig. 2 流入ハイドログラフ

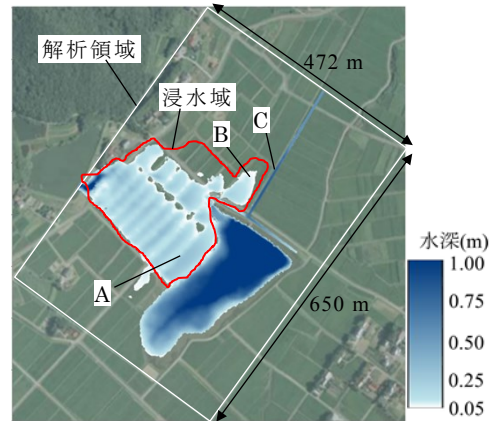


Fig. 3 解析結果最大水深分布 (Case1)

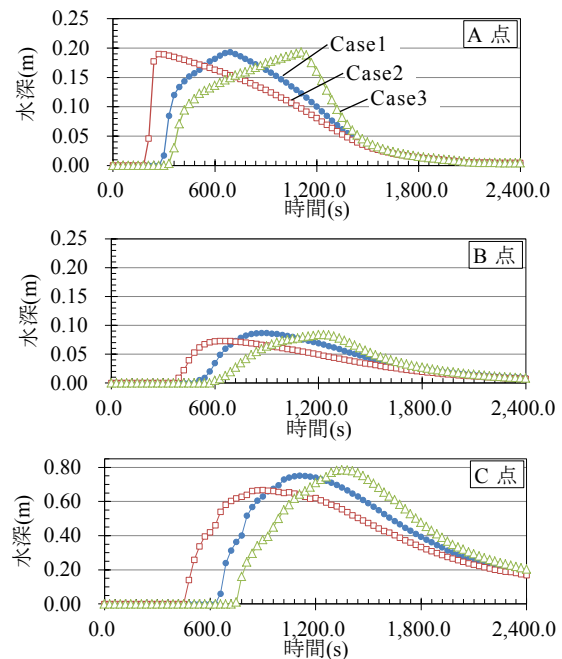


Fig. 4 解析結果 水深の時間変化

フを用いて解析し, 結果がどのように異なるか検討することが望ましいと考えられる。

謝辞：福島県・本宮市には決壊ため池に関する情報提供等多大なご協力を頂いた。深く感謝の意を表す。
引用文献：1)小嶋ら(2016):農業農村工学会論文集, 302(84-2), 1_93- I-101. 2)小嶋ら(2016): H28 農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 10-3. 3)Kojima et al.(2016): AGUFallmeeting2016,NH22B-06,<https://agu.confex.com/agu/fm16meetingapp.cgi/Paper/143184>. 4)川原(1986):日科技連. 5)Kawahara, et al.(1982): *International journal for numerical method in fluids*, 2, 89-112. 6)iRIC プロジェクトホームページ<http://i-ric.org/ja/>. 7)Costa,J.E.(1988): *Flood Geomorphology*, John Wiley & Sons inc.,439-463.