

流入ハイドログラフ設定がため池決壊氾濫解析の最大浸水深に与える影響 Inflow Hydrograph Setting Effects on Simulated Water Depth of Flood Analysis of Small Earth Dam

○小嶋 創*・吉迫 宏*・正田大輔*・竹村武士*・松田 周*・廣瀬裕一*・李 相潤*
KOJIMA, H. YOSHISAKO, H. SHODA, D. TAKEMURA, T. MATSUDA, S. HIROSE, Y. and LEE, S.

1. はじめに

ため池決壊時の浸水想定区域算定には、平面二次元非定常流解析による氾濫解析が用いられる。そこでの解析領域への流入境界条件は、決壊に伴う流出流量が堤体の決壊過程や決壊時の貯水量に依存し事前には予測できないため、一般に、経験式によるピーク流量を用いた任意形状のハイドログラフが仮定される。流入ハイドログラフ形状の違いによる解析結果への影響度合いを把握することは、危険側の条件設定が求められる浸水想定区域図作成において重要と考えられる。

本報では、中山間に立地する谷池の決壊事例¹⁾の氾濫解析において、流入ハイドログラフのピーク流量出現時刻(以下、 t_p)と総流入量(以下、 V)が最大浸水深の算出結果に及ぼす影響度合いを比較し、より危険側の値を与えるハイドログラフ形状について検討する。

2. 対象事例^{1) 2)}

2016年9月の豪雨で決壊したM池(堤高8.3m, 総貯水量11,800 m^3)を対象とした。M池は中山間によく見られる深い谷地形の谷頭部にあり、谷地形の出口(M池の約700m下流)には道路盛土が横断している(Fig.1)。図中には、地元農家への聞き取りで把握した浸水域を示す。

3. 解析方法

3.1 解析モデルと解析条件の概要

有限要素法による氾濫解析モデル³⁾を適用した。解析領域は、浸水域を包含するようM池堤体直下から河川に至る領域とした。各計算節点には、国土地理院基盤地図情報5mメッシュDEM(以下、5mDEM)から内挿した標高値と粗度係数0.04を与えた。M池洪水吐からの接続水路は、道路盛土との交差区間で盛土下を通る。5mDEMには当該区間(以下、アンダーパス)の水路形状が現れない¹⁾。これを解析上に反映するため、アンダーパス区間の流量を算定する一次元非定常流解析モデルを組込んだ²⁾。

下流端(河川合流点)の境界条件として水深0mを与え、計算時間刻みは0.015sとした。



Fig. 1 M池氾濫域の概要
Inundation area due to M-dam breach

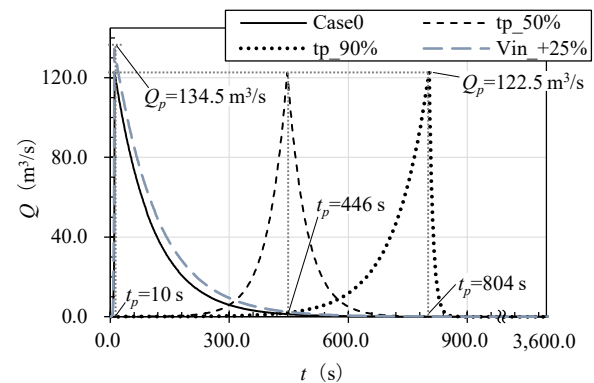


Fig. 2 各ケースの流入ハイドログラフ
Inflow Hydrograph with delayed t_p

3.2 解析ケース

浸水想定時の氾濫解析に用いる流量ハイドログラフ算出法として、式(1)によるピーク流量 Q_p を解析初期に流入させ、以降の流量は式(2)に従い漸減させる方法が提案されている⁴⁾。

$$Q_p = 325(H_d V / 10^6)^{0.42} \quad (1)$$

$$Q(t) = Q_p \exp\left(-\frac{Q_p}{V} t\right) \quad (2)$$

ここに、 H_d : 堤高 (m), V : 総流入量 (m^3), $Q(t)$: 時刻 t の流量である。

式(1)にM池の諸元(V は総貯水量)を代入すると、 Q_p は122.5 m^3/s となり、式(2)に従いM池の総貯水量の99.9%を流入するのに要する時間(以下、総流入時間)は893sである。

ここでは、総流入時間を t の上限として、式(1)、(2)から1s間隔で流量を算出し、これらの順序を並べ替えて t_p の異なる3種類のハイドログラフ(Fig.2)を算出²⁾した。Case0は t_p を解析

*農研機構 NARO ため池, 氾濫解析, ハザードマップ

の初期 ($t_p=10$ s) としたケースである。これに対し $tp_{50\%}$, $tp_{90\%}$ では、決壊過程の進行に伴い流出流量が増大する条件を想定し、 t_p を総流入時間のそれぞれ 50% (446 s), 90% (804 s) の時刻まで遅らせた。また、データベース等記載の総貯水量は概算値である場合も多く、決壊時の実状とは異なることも想定し得るため、危険側の条件としては、 V を総貯水量に対し現実的な範囲で割り増した値とすることが考えられる。ここでは、 V を総貯水量に対し 25% 割り増したハイドログラフ (t_p は Case 0 と同じ) を用いたケース $Vin_{+25\%}$ ($Q_p=134.5$ m³/s, 総流入時間 1,041 s) を併せ計 4 ケースについて解析した。

4. 結果と考察

浸水域に含まれる各水田の中央 (Fig. 1 (a) ~ (n)) における解析結果の最大浸水深は、全ての箇所で、 t_p を遅らせたケースほど、また、 V を増加させたケースほど大きな値となった。 t_p や V の変更が最大浸水深に及ぼす影響度合いの指標として、Case 0 を除く 3 ケースの最大浸水深を Case 0 のそれと各々除し、この値 (以下、Case 0 比) をケース間および地点間で比較した。Fig. 3 に、Case 0 比の分布を決壊点からの距離で示す (図中英字は Fig. 1 に示す位置に対応)。これをみると、 $tp_{50\%}$ と $tp_{90\%}$ では地点 (c) と (g) において、 $Vin_{+25\%}$ では (c), (g), (k) において、それぞれ Case 0 比が極大となっており、 t_p や V の変更による影響が局所的に顕在化したことがわかる。地点 (c) と (g) における最大浸水深発生時刻の水深分布拡大図 (Case 0) を Fig. 4 に示す。両地点は、氾濫流の流下方向に直行する農道盛土で流路幅が狭められ、氾濫流が一時的に滞留する領域にあることがわかる。

上記の地点を除くと、 $Vin_{+25\%}$ の Case 0 比は上流から下流までほぼ一定の水準であるのに対し、 t_p を遅らせた 2 ケースの Case 0 比はおおむね上流ほど大きくなる傾向がみられ、 $tp_{90\%}$ では決壊点から 700 m (地点 (k)) より上流で、 $tp_{50\%}$ は同 500 m (地点 (g)) より上流で、それぞれ Case 0 比が $Vin_{+25\%}$ より大きくなっている。すなわち本事例では、浸水域内の少ない範囲で、 t_p の遅れによる影響が V の 25% 増による影響より大きく顕れたことがわかる。

5. おわりに

中山間にある谷池の決壊事例の氾濫解析で、決壊点の流入ハイドログラフ形状の違いが最大浸水深に及ぼす影響を調べた。氾濫流が農道

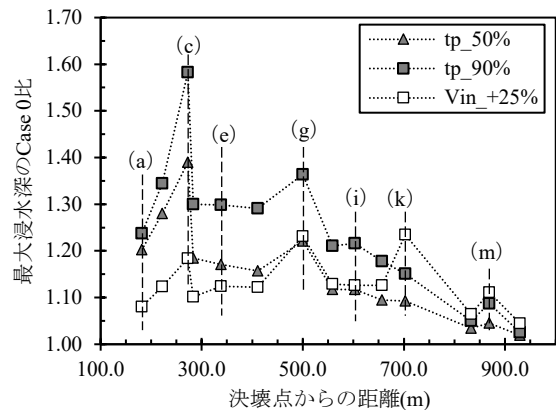


Fig. 3 各ケース解析結果最大浸水深の Case 0 比
Ratio of maximum water depth to Case 0

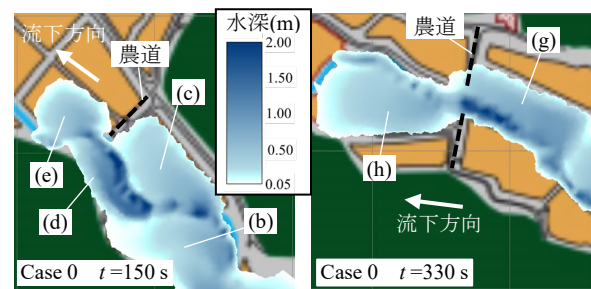


Fig. 4 最大浸水深発生時刻の水深分布拡大図
Maximum water depth distribution (enlarged)

盛土で遮られ一時的に滞留する領域では、ピーク時刻遅れ、総流入量の増加とも影響が大きく顕れた。また、ピーク時刻を総流入時間の中間以降に変更した場合の影響度合いは、浸水域内上流側において、総流入量を 25% 増加した場合より大きかった。立地条件が本事例に類似した中山間の谷池における氾濫解析では、流入ハイドログラフ形状の設定、特にピーク時刻遅れの影響に留意すべきと考えられる。

引用文献: 1) 小嶋ら (2019): 中山間地域のため池決壊氾濫解析でのアンダーパス表現, 農業農村工学会誌, 87(5), 15-18. 2) 小嶋ら (2021): 谷池型ため池の決壊氾濫解析における流量ハイドログラフピーク時刻の影響, 第 75 回農業農村工学会中国四国支部講演会 講演要旨集, 47-49. 3) Kojima et. al.(2020): Numerical modeling of flood flow after small earthen dam failure: a case study from the 2011 Tohoku earthquake, Paddy and Water Environment, 18, 431-442. 4) ニタコンサルタント (2017): ため池氾濫解析ソフト SIPOND マニュアル.

謝辞: 本研究の一部は農林水産省委託プロジェクト研究「ため池の適正な維持管理に向けた機能診断及び補修・補強評価技術の開発」(JPJ009839) の補助を受けた。氾濫解析には農林水産研究情報総合研究センターのシステムを利用した。ここに謝意を表す。