

ため池災害における家屋の倒壊判定

香川大学大学院 学生会員 ○和田光真 フェロー 吉田秀典

1. はじめに

ため池の崩壊リスクは大地震時に集中している。南海トラフにおける大地震の発生確率（内閣府 30 年以内に 80%）が高まっていることから、ため池の防災対策が必要とされている。平成 30 年 11 月農林水産省による調査では、全国の農業用ため池総数 166,638 箇所のうち、防災上重要なため池の合計は 63,772 か所であった。そのうち、南海トラフによる地震の影響範囲とされる中国・四国地方および近畿地方瀬戸内海側沿岸部において 39,104 か所があり、全体の約 6 割を占める。さらに、多くのため池は民間所有であるため、高齢化・過疎化等が原因で順当な継承が危惧されている。改修工事等のハード対策を継続しているものの、これら全てのため池に対応することは難しい。これと並行してハザードマップ等のソフト対策も同時に採用され、近年では、個人の携帯端末などを活用して災害情報をいち早く伝達することも可能となった。しかしながら、大地震のため池ハザードマップに関しては、災害事例が数少ないこともあって、流速や浸水深などのデータが存在しないため、家屋倒壊にリスクの検討が示されていない。大地震によってため池の堤体が瞬時に崩壊する場合、河川氾濫と異なり、堰き止められていた貯留水が鉄砲水となって一気に溢れ出すため、水平方向へ避難する時間はない。緊急時には 2 階などへの垂直避難を余儀なくされるが、避難先である家屋自体が倒壊するリスクをハザードマップにて周知しておく必要がある。そこで本研究では、ため池崩壊に洪水について氾濫解析を実施し、解析より求まる流出水の流速ならびに浸水深を用いて、家屋の被害リスクを評価する。

2. 家屋の限界流速

家屋の倒壊判定基準は、農林水産省のため池作成ガイドライン¹⁾を参考にする。流速 $U(\text{m/s})$ を縦軸、浸水深 $h(\text{m})$ を横軸とし、家屋の限界流速の内外によって判定する。木造家屋の 1 階部分（地表から 1.10m）が浸水する場合を想定し、市街地の家屋は、新耐震基準と旧耐震基準による家屋が混在しているため、家屋の限界流速を示す式(1)および式(2)を設定する²⁾。

新耐震基準による限界流速

旧耐震基準による限界流速

$$U = \sqrt{\frac{5.83}{(h - 1.10)}} \quad (1)$$

$$U = \sqrt{\frac{1.56}{(h - 1.10)}} \quad (2)$$

ここで、一般的に、最大流速と最大浸水深の時間的なピークは概ね一致すること、ハザードマップの U および h は最大値で検討することから、本研究では、洪水解析での時間的な非定常値を逐次算出せず、解析値の最大値のみを抽出し、倒壊判定を実施する。洪水解析は VOF 法とし、汎用解析コード：OpenFOAM³⁾を用いて三次元流体解析を実施する。流速は解析結果から直接得られるが、浸水深は直接得ることができない。そこで本研究では、洪水解析によって得られる体積分率 α を用いる。解析要素における物理量となる水量は、流体の密度を ρ 、解析要素の体積 V 、底面積を A とすると、1 要素における水面の高さは、 $\alpha \cdot V/A$ となる。解析メッシュの分解能が十分である場合、VOF 法における水面は、便宜上、解析要素の中心にあるとされるため、水面が存在する条件を $\alpha \geq 0.5$ とする。

3. 洪水解析および家屋被害判定の結果

洪水解析の対象は香川県高松市に実在する中規模のため池である。解析領域の水平方向については、ため池と流出域が十分に含まれる範囲を確保するため、東西方向（X 方向）に 1,563m、南北方向（Y 方向）に 2,734m とした。高さ方向については、安定した解析に必要な高さを確保するため、80m と設定した。境界条件については、地表面を非流境界、上空の頂面を大気境界、水平方向の側方四面を流境界とした。地表面の境界は、国土地理院の 5m メッシュ標高データから取得した。ため池堤体の高さは、地盤面から 11.4m となってい

る。さらに、できるだけ実況に近づけるため、市街地の建物形状を数値表層モデル：DSM（Digital Surface Model）から取得し、地表面と組み合わせた。メッシュ分割には、OpenFOAMの機能である snappyHexMesh を採用した。これにより、地表面境界における凹凸を滑らかに細分化し、さらに、高さ方向に向かうほど要素が拡大することで計算コストが削減できる。自動要素分割後、メッシュ高さは、底面から順に 0.6m, 0.9m, 1.4m 等と徐々に大きなメッシュへ分割される。なお、全体の要素数の合計は、4,992,579 個となった。地表面の粗度は壁関数(nutkRoughWallFunction)を採用し、地面の砂粒高さは、生活道路や耕地を想定して 0.2m と設定した。渦動粘性係数は、水を $1.00 \times 10^{-6}(\text{m}^2/\text{s})$ 、空気を $1.48 \times 10^{-5}(\text{m}^2/\text{s})$ とした。水の密度は $1000(\text{kg}/\text{m}^3)$ 、空気は $1(\text{kg}/\text{m}^3)$ と設定した。

洪水解析で得られた流速と浸水深を式(1)ないしは式(2)に代入して、新耐震基準と旧耐震基準による家屋倒箇判定を実施した。家屋の被害判定結果を図-1 に示す。同図において、流速をベクトルの色別表示、浸水深を平面色別表示、崩壊箇所を四角形状の点で示している。最大流速と最大浸水深の図において特徴的であった地域をそれぞれ A, B および C と定義する。ため池近傍の地域 A においては、最大流速が非常に速いため、浸水深が浅くても倒壊する判定結果となったが、その他の地域 B および C においては倒壊しない判定結果となった。旧耐震基準による判定結果では、新耐震基準と比べて耐力が低く設定されているため、倒壊判定の範囲は広がり、地域 A, B および C のいずれにおいても倒壊と判定された。

4. まとめ

本研究では、ため池の堤体が大地震時によって瞬時に崩壊する場合の流出域における家屋の被害を評価した。今回の解析結果においては、流出水の速度や地形による浸水深の違いによって、新耐震基準の家屋であれば、家屋の被害は少ないことが示された。この手法を現行のハザードマップに家屋等の被害を加筆することによって、2 階への垂直避難を想定している住民に対して垂直避難の安全性も含め、より高度な災害リスクの情報提供につながるものと考ええる。

参考文献

- 1) 農林水産省 農村復興局 防災課：ため池ハザードマップ作成の手引き, p.18, 2013.
- 2) 国土交通省 水管理 国土保全局 河川環境課 水防企画室 国土技術政策総合研究所 河川研究所 水害研究室：洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版), p.xiii, 2017.
- 3) OpenCFD Ltd: OpenFOAM, <http://www.openfoam.com/>,

(2021 年 3 月 5 日現在閲覧可)

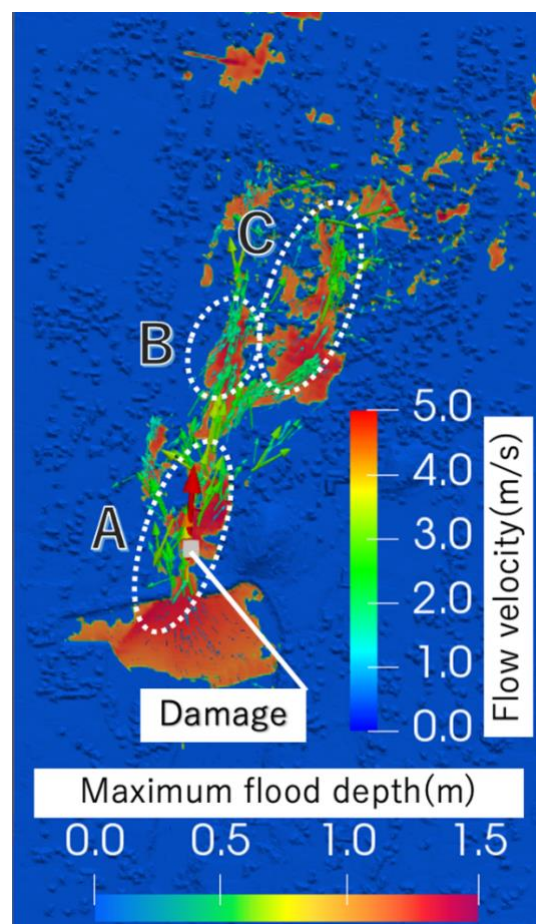


図-1 家屋の被害判定（新耐震基準）

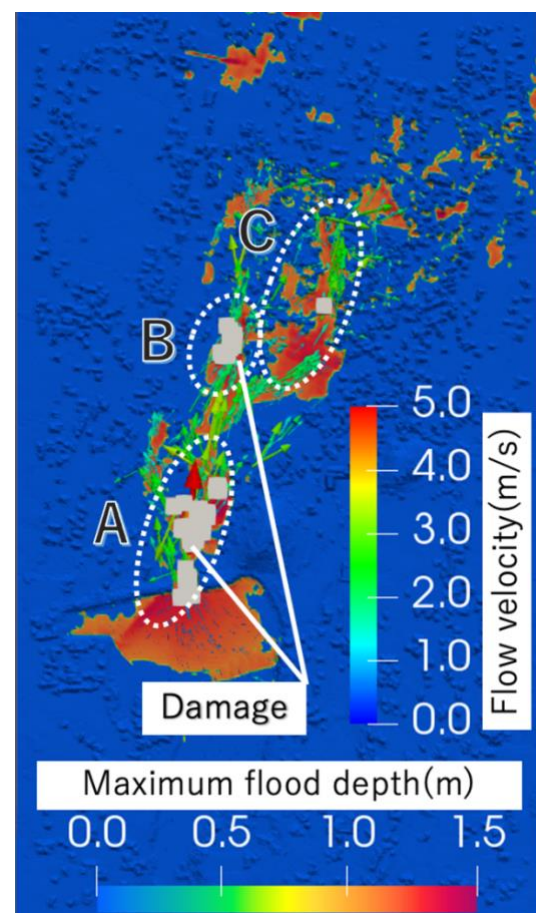


図-2 家屋の被害判定（旧耐震基準）