

ため池堤体の経年劣化に関する 「内部侵食」について

石丸太一*・鈴木素之*・神木雄一*・若松知季**
*山口大学大学院創成科学研究科, **山口大学工学部

1. はじめに

近年、大地震や豪雨によるため池に関する被害が数多く報告されている。農林水産省¹⁾により報告されている直近10年間(平成20年~29年)の日本全国のため池の被災件数は8,808件に及び、被災原因の約73%は豪雨によるもので、地震によるものが約27%となっている。平成23年の東日本大震災において、藤沼湖(福島県須賀川市)が決壊し、死者・行方不明者8名、家屋全壊22戸等の甚大な被害が発生した。この災害を受けて、平成25年度から平成27年度にかけて全国各地でため池の地震に対する一斉点検が実施され、決壊した場合の下流域への大きな被害が予測されたため池(約1.1万箇所)が防災重点ため池として指定された。防災重点ため池を優先に、堤体の土質・断面調査、耐震整備等に加え、ハザードマップの作製が行われている。しかし、平成28年7月の九州北部豪雨災害や平成30年7月の西日本豪雨災害で、ため池の被災が報告された。また、防災重点ため池ではない小規模なため池での甚大な被害もあった^{2), 3)}。これを受けて、ハード、ソフト面でより効果的なため池対策が求められている。

2. 老朽ため池の現状と課題

全国には約20万箇所のため池が存在し、そのうち、約70%のため池は江戸時代以前に築造されたものといわれている。その多くは農家数の減少や土地利用の変化から十分な維持管理がなされておらず、ため池堤体の経年劣化が懸念される。山口県には9,995箇所のため池がある。図-2に模式的に示すように、漏水やパイピング、クラック、断面変形などの堤体の損傷はため池の機能や安全性の低下の原因となる⁴⁾。ため池の安全性を検討する上で堤体の損傷の観察は極めて重要で、損傷の程度は改修必要性の大きな判断材料となる。

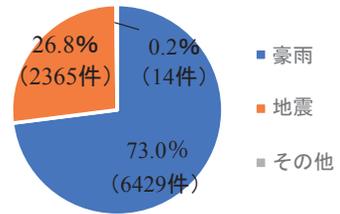


図-1 平成20年~29年に起きたため池被害の件数と被災原因の内訳(図のデータは文献¹⁾から引用)

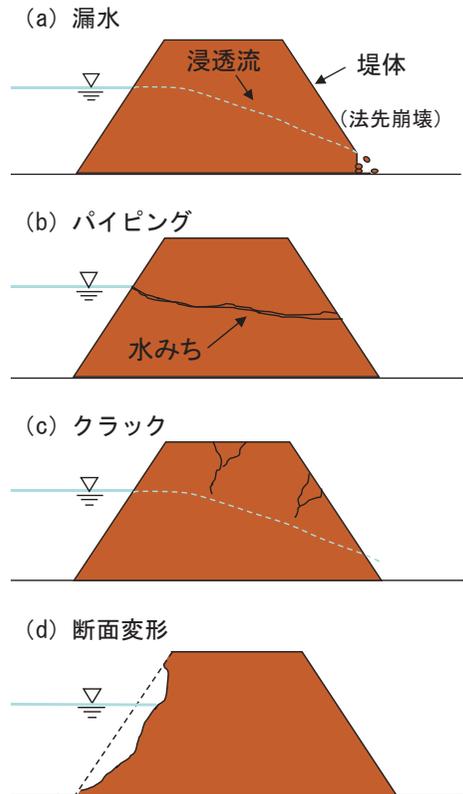


図-2 堤体の損傷形態⁴⁾

一方、上記のような変状が顕在化していない劣化も考えられる。それが次に説明する内部侵食である。

3. 内部侵食⁵⁾

ため池内部には貯水によって水が浸透し土中を流れている。これを浸透流というが、この影響を長期間受けた結果、細かい粒子が土中を移動し、さらには堤体外に流出している可能性がある。これより、土の内部の隙間が多い状態になり、強度の低下が懸念されている。内部侵食現象の存在は35年ほど前から言われているが⁹⁾、その発生メカニズムや堤体の安全性に与える影響は不明瞭なことが多く、ため池堤体の安定評価方法に反映されていない。そこで、本研究では、内部侵食が発生する条件や発生しやすい土の性質、進行・発達メカニズムなどを解明することを目的として、内部侵食の挙動を把握する実験と内部侵食の発生が堤体の強度にどのような影響を与えるのかを調べる実験の2本柱で研究を進めている。以下に、現時点での双方の研究結果を述べる。

4. 内部侵食を再現した実験

4.1. カラム式一次元透水実験

写真-1 に本実験で使用した実験装置を示す。透明の円筒容器に土を詰め、模型地盤を作製し、上方から下方に水を浸透させることで、内部侵食を再現することができる。土供試体の底部には孔のあいた多孔板とメッシュを敷くことで、細かい土粒子のみが土供試体から流出できるようになっている。使用する土の種類や性質、土の詰め方（密度）などの土質・地盤条件と模型地盤上部の水位を変えることで、様々な条件での内部侵食の起こり方を明らかにすることを目的とした。図-4 は、約5分間、土供試体に水を流し、排出された土粒子を含む排水を等量ずつ回収したものである。水の濁りは時間がたつにつれて薄くなっていくものの、完全に透明にならず、土粒子が排出され続けているのが分かる。この実験によって、なぜ時間差で土粒子が排出されるのか、この間に細かい土粒子はどのような動きをしていたのかを

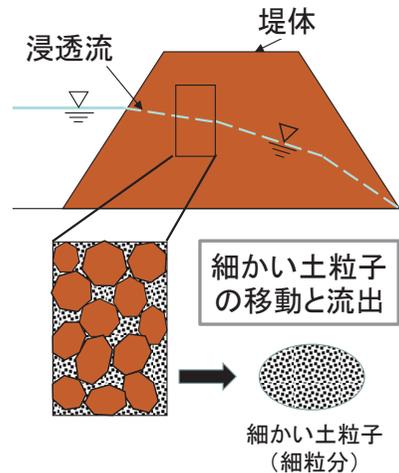


図-3 内部侵食のイメージ図

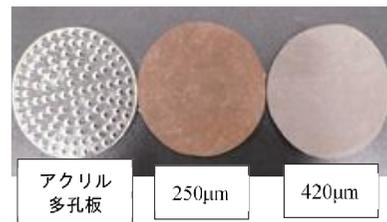


写真-1 一次元透水カラム

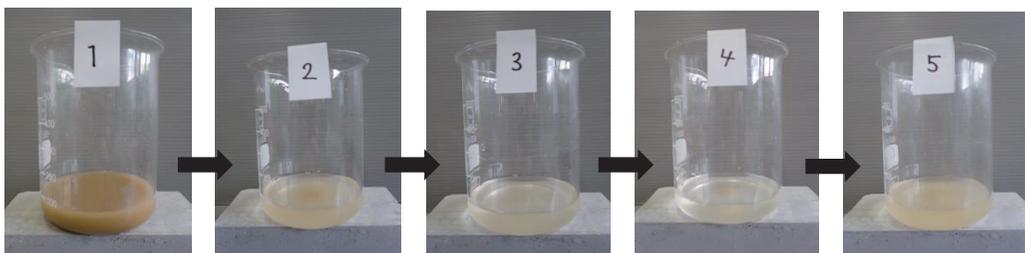


図-4 土粒子の排出状況

調べることで、内部侵食が進行していく過程（内部侵食の基本的メカニズム）が予測できるのではないかと考えている。また、内部侵食が発生する条件や発生しやすい土の性質が分かれば、ため池堤体劣化の程度の評価、対策の優先度の検討、さらには適切な対策方法などの確立に役立つ。

4.2. 三軸試験装置による内部侵食の再現

内部侵食が発生すると、地盤の密度や細かい土の含有量、土粒子の配置など土の内部状態は刻々と変化すると考えられる。その土の状態変化がどのように強度に影響するのかを調べるのがこの実験の目的である。写真-2に本研究で使用した三軸圧縮試験装置を示す。この装置は土の強度や変形性を調べるものである。本実験では、試験装置内で内部侵食を発生させられるように、上記の一次元透水カラムと同様に、土供試体の底部にメッシュを敷き、土供試体の上方から下方に水を流すことによって細かい土粒子を流出させ、内部侵食を再現することを試みた。図-5は三軸圧縮試験で得られた応力-ひずみ関係であり、両矢印で示す部分の高さはせん断強度である。2つの応力-ひずみ曲線は、同じ条件で作製した土供試体に対して、透水していないもの（実線）と透水したもの（破線）である。この図から、浸透による強度低下が確認された。様々な条件下で透水の有無による強度変化を調べ、実際のため池堤体でどれほどの強度低下が発生しうるのかを検討することが重要である。



写真-2 三軸圧縮試験装置

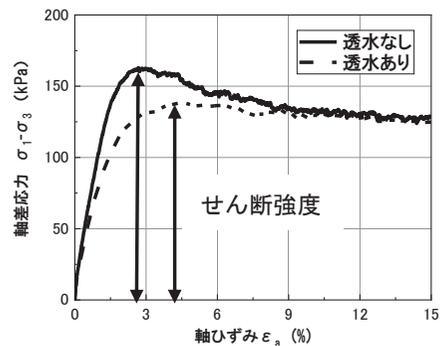


図-5 応力-ひずみ関係

5. おわりに

未解明な部分が多い内部侵食であるが、ため池堤体に限らず、河川堤防や盛土構造物などで発生する可能性がある。内部侵食の基本的メカニズムおよび強度との関係性が分かれば、内部侵食を考慮した安全性評価ができるようになると思われる。

参考文献

- 1) 農林水産省 WEB ページ「ため池」
http://www.maff.go.jp/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/ (2019/2/14 閲覧)
- 2) 農研機構 WEB ページ「平成 29 年 7 月九州北部豪雨での被災ため池に関する調査報告書」
<http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/nire/contents/disaster201707/index.html> (2019/2/14 閲覧)
- 3) 農研機構 WEB ページ「平成 30 年 7 月豪雨による被災ため池等に関する現地調査報告」
http://www.naro.affrc.go.jp/disaster/nishinohon201807/genchi_chousa_houkoku.html (2019/2/14 閲覧)
- 4) 公益社団法人農業農村工学会：土地改良事業設計指針「ため池整備」, 2015.
- 5) 佐藤真理, 桑野玲子：内部侵食が地盤の変形・強度特性に及ぼす影響の定量的評価, 生産研究, 66 巻 4 号, pp.325-329, 2014.
- 6) Kenny, T. C. and Lau, D. : Internal stability of granular filters, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 22, pp. 215-225. 1985.