

ため池堤体における土質境界部の内部侵食の進展メカニズムの解明

東京理科大学 (元山口大学) 石丸 太一
山口大学 鈴木素之

はじめに

近年の地震や豪雨により、多くのため池が被災している。
中でも、土と附帯構造物の境界部や土質層境界部での被災が多くみられる¹⁾。

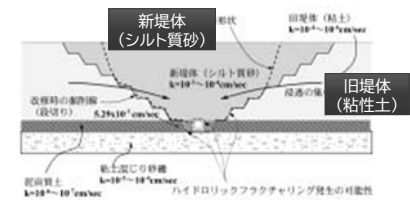
土と附帯構造物の境界部での被災事例

山口県船引ため池



異なる土質層境界部での被災事例

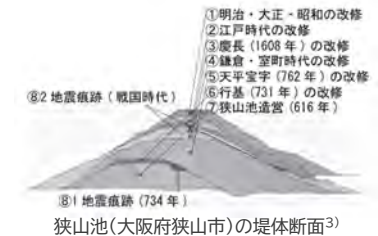
高知県内原野ため池²⁾



1) 藤本哲生他:2019年台風第19号等による豪雨で決壊したため池堤体の特徴と決壊要因の推定, 土木学会論文集(水工学), Vol.76, No.1, pp.370-384, 2020.
2) 堀俊和:農業用ため池の豪雨災害に関する研究, 農業工学研究所報告, Vol.44, pp.139-247, 2005.

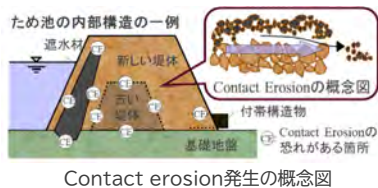
研究の目的

- ため池の多くは時代の変遷とともに増改築。
- 堤体内部は均質ではない。
- 例えば、古い堤体と新しい堤体の境界部のような箇所でContact Erosion(接触侵食)が発生する恐れがある。



土質境界面を有した鉛直2層の模型地盤に対して、上向き一次元通水実験を実施し、侵食の様子を観察。

- 層境界部の**角度**の違い
- 層境界部の**なじみ方**の違い
- 通水方法(一定、繰り返し)の違い



3) 吉井克信, 西川寿勝, 浜地長生:狭山池の改修とその技術変遷, 建設機械施工, Vol.69, No.8, pp.54-59, 2017.

検討1 層境界角度の影響 一実験装置と実験方法一

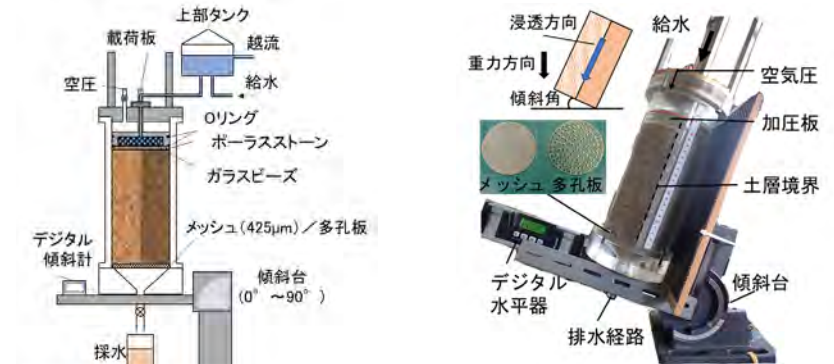


図4 傾斜機能付き円筒型通水装置 (左: 模式図, 右: 写真)



図6 通水過程の排水の採水状況

検討1 層境界角度の影響 ー土試料ー

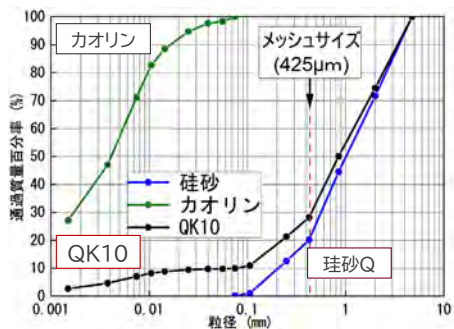


図7 本実験で使用した土試料の粒径加積曲線

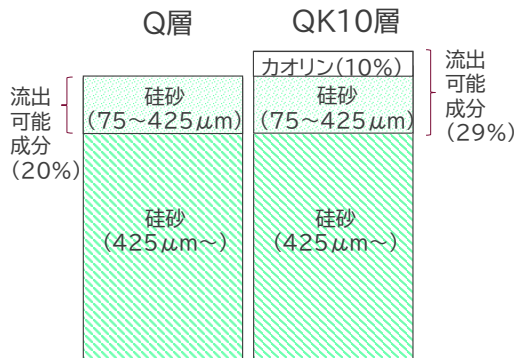


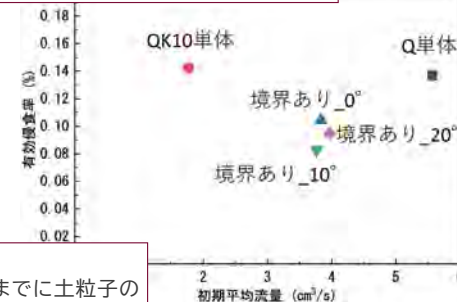
図8 各層の土の組成

QK10はKenney⁴⁾の内部安定指標より、細粒分が流出しやすいと判定される。

4) Kenney, T. C., Lau, D: Internal stability of granular filters, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 22, pp. 215-225, 1985.

検討1 層境界角度の影響 ー実験結果と考察ー

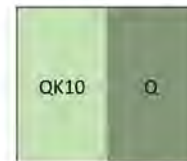
$$\text{有効侵食率 (\%)} = \frac{\text{侵食した土の乾燥質量 (g)}}{\text{供試体内の流出可能成分の乾燥質量 (g)}} \times 100$$



初期平均流量:
排水量400mLまでに土粒子の大半が排出することを考慮して、そこまでの平均流量を使用

図10 初期平均流量と有効侵食率の関係

境界ありの場合



透水性	低	高
侵食しやすさ	しやすい	しにくい

検討1 層境界角度の影響 ー実験結果と考察ー

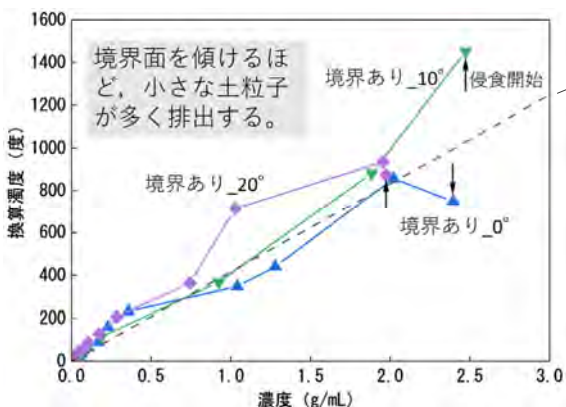


図11 排水の濃度と濁度の関係

カオリン懸濁液の濃度—濁度関係

濁度の性質

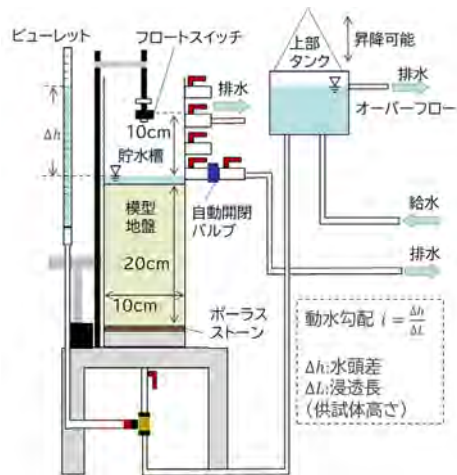
- 懸濁物質が同じであれば、濃度と濁度は直線関係になる。
- 同一濃度でも懸濁物質の粒径が小さいほど濁度が高くなる⁵⁾。

5) 横山勝英:濁度計の粒径依存特性と現地使用方法に関する考察, 土木学会論文集, No.698, pp.93-98, 2002.

検討1 層境界角度の影響 ーまとめー

1. 土質境界面の傾斜角度を変化させても、有効侵食率は変化しなかった。
2. 土質境界面に傾斜をつけると、傾斜がない場合と比べて、流出土粒子径が小さくなるのが分かった。ただし、実験装置の流出部分の構造の影響を受けている可能性もある。

検討2 層境界なじみの影響 ー実験装置と実験方法ー

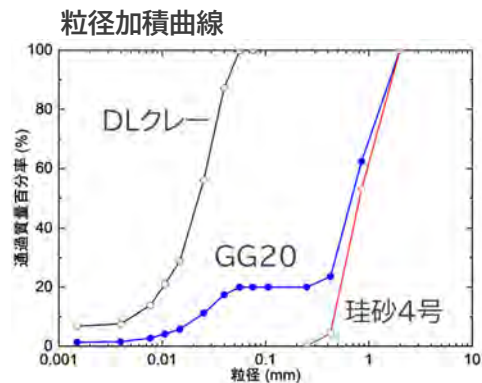


貯水槽水位の制御装置
(マイコンボードとタイマーリレー)

- 上向き通水
- 動水勾配を自動で変化させることができる。

動水勾配 $(= \frac{\Delta h}{\Delta L}$)
 Δh : 水頭差
 ΔL : 浸透長 (供試体高さ)

検討2 層境界なじみの影響 ー供試体の作成方法ー

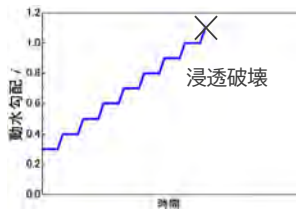


埋め込んだ砂糖塊を飽和過程時に溶解。

検討2 層境界なじみの影響 ー通水方法ー

パターンF

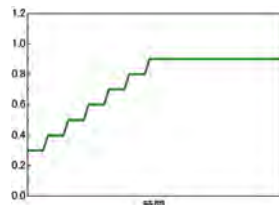
破壊に至るまで
動水勾配を段階上昇



動水勾配の上昇幅: 0.1

パターンC

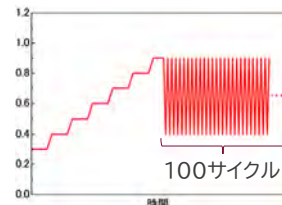
破壊に至らない動水勾配で
24時間通水



設定動水勾配: 0.9

パターンR

破壊に至らない動水勾配で
24時間繰り返し通水



動水勾配の変動: 0.4 ⇔ 0.9
変動回数: 100回

検討2 層境界なじみの影響 ー分析方法ー

計測項目

- 動水勾配(ビューレットの読み)
- 流量
- 濁度(貯水槽内、貯水槽から流出した排水)
- 実験後供試体の細粒分含有率分布

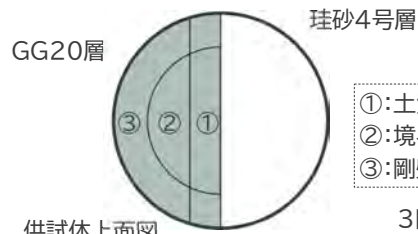
実験中の貯水槽の濁り



実験後の 供試体上面の様子



サンプル採取位置

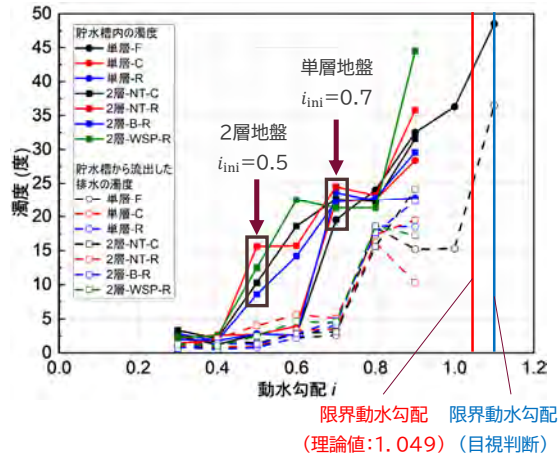


- ①: 土質境界面を有する区画
- ②: 境界面を有していない区画
- ③: 剛壁との境界面を有する区画

3区画×7層=計21か所

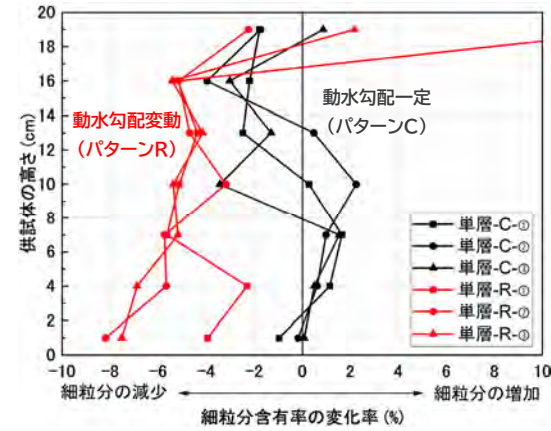
供試体上面図

検討2 層境界なじみの影響 ー実験結果と考察ー



- 貯水槽内外の濁度は一致していない。
- 2層地盤の方が、細粒分流出が開始する動水勾配が小さい。

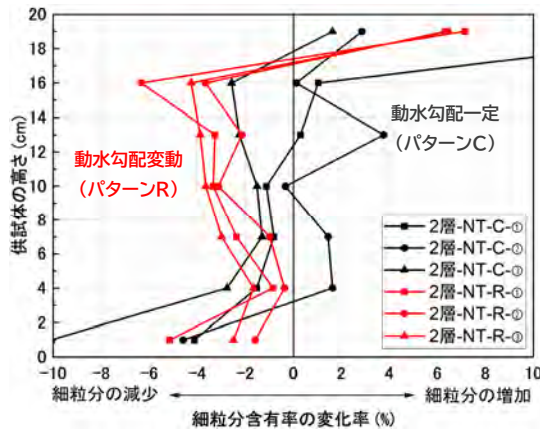
検討2 層境界なじみの影響 ー実験結果と考察ー



$$F_c \text{ の変化率 (\%)} = \frac{\text{実験終了後の } F_c - \text{供試体作製時の } F_c}{\text{供試体作製時の } F_c}$$

- 動水勾配の変動を与えた場合、動水勾配一定の場合よりも、細粒分が流出する。
- 動水勾配の変動を与えた場合、供試体全体の細粒分含有率が低下する。

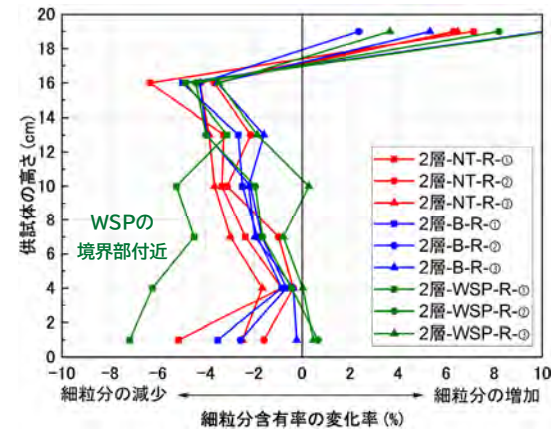
検討2 層境界なじみの影響 ー実験結果と考察ー



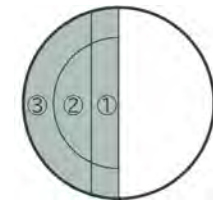
$$F_c \text{ の変化率 (\%)} = \frac{\text{実験終了後の } F_c - \text{供試体作製時の } F_c}{\text{供試体作製時の } F_c}$$

- 動水勾配の変動を与えた場合、動水勾配一定の場合よりも、細粒分が流出する。
- 動水勾配の変動を与えた場合、供試体全体の細粒分含有率が低下する。

検討2 層境界なじみの影響 ー実験結果と考察ー



サンプル採取位置



- ソイルパイプが存在する場合、その近傍(①)で著しく細粒分が減少する一方で、②、③の細粒分流出は抑制された。
- 層境界部の重ね合わせは未処理の場合よりも細粒分流出を抑制した。

検討2 層境界なじみの影響 ーまとめー

1. 通水方法(一定、繰り返し)の違い

- 動水勾配の変動を与えた場合、動水勾配一定の場合よりも、細粒分が流出する。
- 動水勾配の変動を与えた場合、供試体全体の細粒分含有率が低下する。

2. 層境界部のなじみ方の違い

- ソイルパイプが存在する場合、その近傍で著しく細粒分が減少する一方で、それ以外箇所での細粒分流出は抑制された。
- 層境界部の重ね合わせは未処理の場合よりも細粒分流出を抑制した。