

第Ⅲ部門 凍結融解によるため池堤防材料の経年変化に関する検討

立命館大学理工学部 学生員 ○藤井 翔太
立命館大学講師 横山 隆明
立命館大学教授 フェロー会員 建山 和由

1. はじめに

近年、大地震によりため池堤防が決壊し、大きな被害を及ぼしている^{1) 2)}。この原因は、全国各地に約 20 万箇所点する 70%のため池堤防が江戸時代以前に築造されており、古いため池が多いことから老朽化しているためと考えられている³⁾。老朽化の問題を考える際に、本研究では今まで調査されてこなかった堤防を構成する土質材料の強度劣化に着目した。ため池の堤防に用いられる材料が経年劣化することを考え、その原因を日本の冬季の気温で生じる凍結融解によるものと考え研究を進めた。

本研究では、各土質材料で構成されている供試体に対して凍結融解を行い、その後に行う一軸圧縮試験から凍結融解前後の圧縮強度を比較し、土質材料の劣化を測定する。また、凍結融解前後で起きた供試体中の変化を観察し、ため池堤防の劣化メカニズムを考察した。

2. 凍結融解サイクルの設定

本研究では、コンクリートでよく見られる凍結融解試験を土質材料に対して行う。使用材料は、砂質土(真砂土)、滋賀県甲賀市上ノ池堤防で採取した表土(深さ約 0.4cm 付近)、笠岡粘土の 3 つである。上ノ池の表土は、粘土分を 2%含んでいる細粒分砂まじり礫である。この 3 つの土質材料を用いて、直径 5cm 高さ 10cm の供試体を作成し、供試体中央に温度計を差し込み、 -18°C の冷凍庫の中に入れ、温度と時間の関係から凍結融解サイクルを定めた。それぞれ試料の含水比は、真砂土は最適含水比の 10%、上ノ池の採取表土は、採取時の含水比の 30%、笠岡粘土は上ノ池の採取表土と同じ含水比に設定した。今回は、 -5°C から常温である約 20°C までの範囲で試験時の温度を設定した。図 1 のように供試体は、凍結融解前後において、温度平衡が生じた。この温度平衡は、供試体に含まれる水が凝固・融解することから生じるものであり、供試体が凍結融解したことを示す。この結果から

凍結融解の 1 サイクルを真砂土約 400 分、上ノ池の表土 600 分、笠岡粘土 600 分とした。

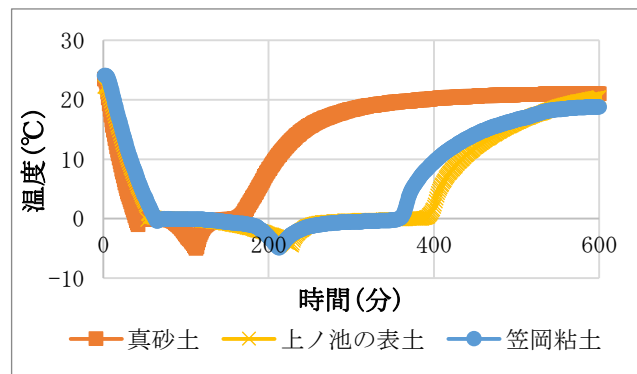


図 1. 各供試体の温度と時間の関係

3. 凍結融解前後の一軸圧縮強さの変化

3 種類の供試体に対し凍結融解を 3 サイクル施した後一軸圧縮試験を行い、凍結融解のサイクルの有無による圧縮応力の変化を調べた (各条件 2 回ずつ実施)。

図 2 に砂質土に対する実験結果を示す。砂質土の場合、凍結融解を 3 サイクル施しても強度はほとんど変化しないという結果が得られた。これに対し、図 3、図 4 はそれぞれ上ノ池表土と笠岡粘土に対する実験結果を示す。これらの図より明らかなように、細粒分を多く含む土の場合、3 サイクルの凍結融解で強度が半分程度に低下していることがわかる。また、凍結融解サイクルの回数による強度の変化を調べるために上ノ池の表土に対して実験を行った。

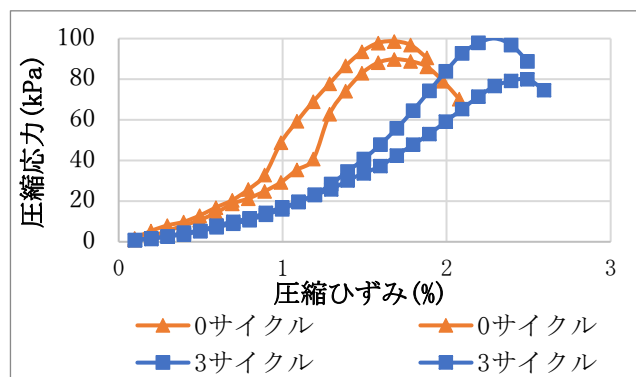


図 2. 砂質土の圧縮応力の変化

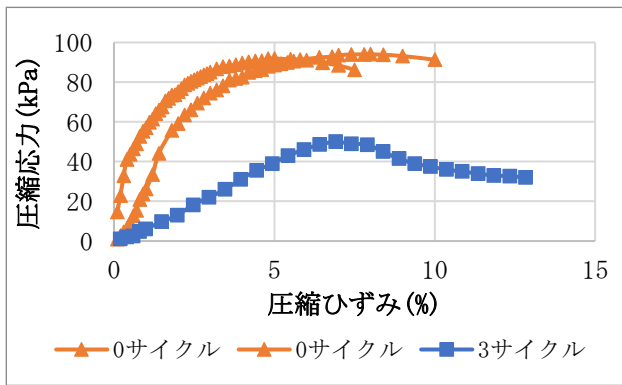


図 3. 上ノ池表土の圧縮応力の変化

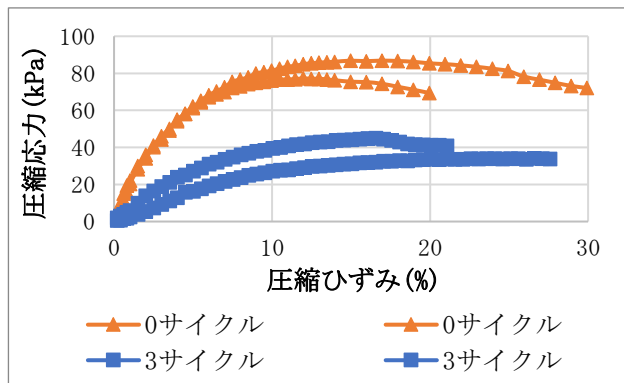


図 4. 笠岡粘土の圧縮応力の変化

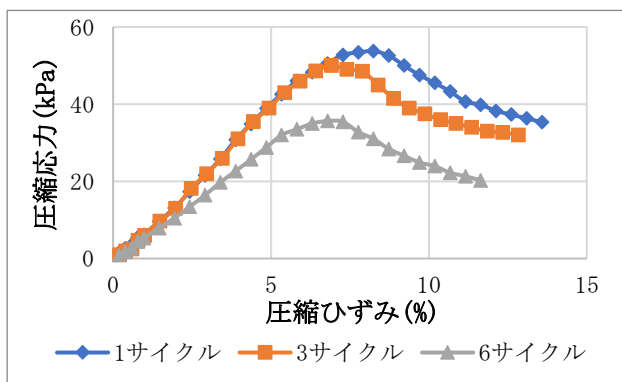


図 5. 上ノ池表土の凍結融解サイクル毎の圧縮応力変化

図 5 にその結果を示す。凍結融解サイクルを 1 サイクル、3 サイクル、6 サイクルに分けそれぞれの圧縮応力を比べると凍結サイクルが増える毎に圧縮応力が低下していることがわかる。

4. 供試体中の変化

圧縮強度減少の原因を調べるために供試体中の含水比の変化、並びに供試体の状況を観察した。含水比の変化は供試体高さ 3cm と 7cm 付近の土の含水比を凍結融解の前後で測定して比較した。表 1 にその結果を示すが、含水比の変化は見られなかった。

表 1. 供試体中の含水比変化

凍結融解前 (%)	凍結融解後 (%)	供試体高さ
30.183	30.505	3cm
	30.612	7cm
30.982	31.514	3cm
	31.126	7cm

図 6 は、凍結融解前後の供試体の状況をマイクロ스코プで拡大した結果である。この図より明らかなように、粘土分を含む供試体では凍結時に亀裂が生じていることが明らかになった。一方、砂質土では亀裂の発生は観察されなかった。



図 6. 凍結融解前後の供試体(上ノ池の表土)の様子

5. 考察

各土質材料に対して、凍結融解サイクルを設定した後に、凍結融解前後で一軸圧縮試験を比べると粘土分を含む供試体へのみ圧縮応力の減少が生じた。圧縮応力減少の原因は、凍結時に水が氷になることにより体積が上昇し、間隙が大きくなるためであり、粘土分を含む土質材料は特に含水比が高いため、凍結融解による亀裂を生じやすいのではないかと考えた。また、サイクル毎で圧縮応力の減少が生じたのは亀裂の蓄積によるものであると考える。

ただし、本研究は小さな供試体に対して -18°C で凍結を行っており、関西の気候を考えると現実には則していない。そのため、より綿密に実際の堤防との関係を調べる必要がある。

<参考文献>

- 堀俊和, 上野和広, 松島健一: 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震による福島県のため池被災の特徴と応急対策, 農村工学研究所技報 213 号 p.175-199, 2012
- 農林水産省: 平成 28 年(2016 年)熊本地震の農林水産業関係被害の状況
- 農林水産省: http://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/