

ため池堤体土における不攪乱および再構成試料の非排水せん断強度特性

山口大学大学院 学生会員○神山 惇
山口大学大学院 正会員 鈴木素之
ケイブラブ 正会員 河内義文
長野工業高等専門学校 正会員 松下英次

表-1 堤体土試料の物理特性

ため池	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_p (%)	細粒分含有率 F_c (%)	地盤材料の分類名
A	2.711	44.6	30.1	74.4	シルト (低液性限界)
B	2.706	45.9	35.3	51.1	シルト (低液性限界)
C	2.638	40.3	23.6	36.1	細粒分質礫質砂
D	2.640	45.2	25.3	31.6	礫まじり細粒分質砂
E	2.691	44.5	NP	40.5	細粒分質砂

1. はじめに 農林水産省¹⁾によると、日本全国には約21万箇所のため池が存在しているが、近年多くのため池は老朽化が進み、漏水やはらみだし等の変状が生じているものがある。さらに、東日本大震災では福島県の藤沼ダムが決壊し、多くの死傷者が生じた。そこで、平成25年度より全国各地でため池に対する豪雨および地震に対する一斉点検が実施されている。ため池堤体の土質調査には、原位置から採取された不攪乱試料に対して静的三軸試験が適用されるケースがある。しかし、上述したように、ため池は全国各地に存在し、調査を行うにあたっては、多大な労力に加えて、高額な費用と長期間にわたる調査が必要である。そこで、攪乱試料から不攪乱試料の強度定数が推定できれば、不攪乱試料サンプリングの省略に繋がると考えた。本論文では、ため池堤体試料を用いて不攪乱試料およびそれらと同等の含水比・密度を有すよう練返し・再構成した試料に対して圧密非排水三軸圧縮試験を行い、再構成試料から不攪乱試料の強度定数の推定を検討した結果について報告する。

2. 試験方法 本試験に用いた堤体土試料は山口県内に存在する5箇所のため池A～Eから採取したものである。表-1に各堤体土試料の物理特性を示す。いずれの試料も細粒分を含む砂質土およびシルトである。不攪乱試料はサンプラーにより採取されたサンプルを直径5cm、高さ10cmの三軸試験用供試体に成型した。背圧は200kPaとし、二重負圧法により供試体を飽和化し、圧密前の間隙圧係数B値が0.95以上であることを確認した。その後、所定の圧密応力で圧密し、ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_a=0.05, 0.1\%/min$ で軸ひずみ ϵ_a が15%に達するまで非排水せん断を行った。再構成試料は不攪乱試料を空気乾燥させ、所定の含水比になるよう蒸留水を加えながら十分に練返しを行った。不攪乱供試体は1箇所のため池につき3本、計15本実施した。再構成供試体は高さ10cm、内径5cmのモールド内にて突き固め、含水比と湿潤・乾燥密度が、それぞれの不攪乱供試体の初期状態量と同等になるように作製した。不攪乱試料と同様の飽和手順を経て、圧密前の間隙圧係数B値が0.95以上であることを確認した。所定の圧密応力で圧密し、 $\dot{\epsilon}_a=0.2\%/min$ で ϵ_a が15%に達するまで非排水せん断を行った。

キーワード 堤体、再構成、強度特性

連絡先 〒755-8611 宇部市常盤2丁目16番1号 山口大学理工学研究科 鈴木素之 Tel 0836-85-9303

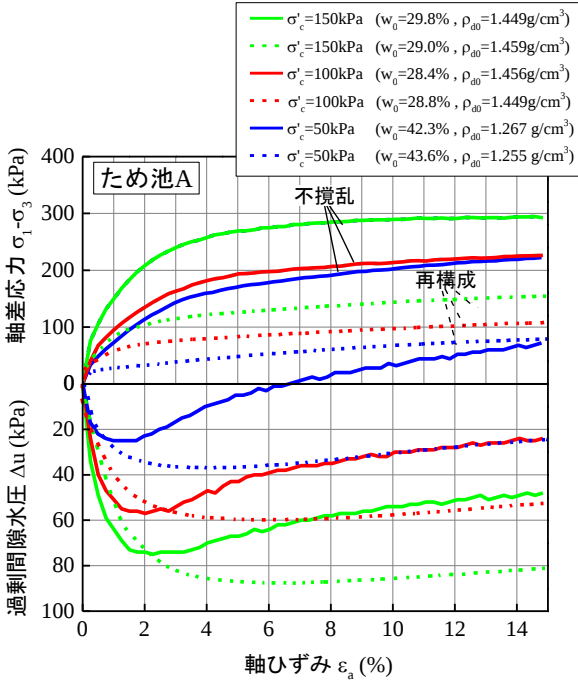


図-1 せん断挙動（ため池 A）

3. 試験結果と考察 図-1 に不攪乱および再構成試料のせん断挙動を、ため池 A についてのみ示す。軸差応力 σ_1 - σ_3 は不攪乱・再構成の違いによらず、 ε_a が 2% に達するまで急速に増加し、明確なピークを示すことなく緩やかな単調増加の挙動を示していることが分かる。また、同一の状態量・拘束圧の下で試験を行ったが、再構成試料の方が不攪乱試料よりも小さい最大軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ を示していることが分かる。ため池 A 以外 4 箇所の堤体試料についても、再構成試料のせん断挙動は緩やかな単調増加を示し、 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ は不攪乱試料よりも小さい値を示す傾向にあった。

過剰間隙水圧 Δu を比較すると、いずれの供試体も Δu はせん断に伴い一旦増加した後、徐々に減少した。これは Δu が最大値を示す付近から供試体が収縮から膨張傾向に移り始め、供試体中に負圧が発生したためである。しかし、不攪乱試料の方が、再構成試料よりも Δu は小さい値を示し、より顕著な挙動を示していることが分かる。不攪乱試料はセメンテーション等の年代効果の影響により、負のダイラテンシーの発生が制限され、その結果、負の間隙水圧が卓越したと考えられる。

図-2 に不攪乱および再構成試料における見かけの粘着力 c' の関係図を示す。 c' は、再構成試料の方が不攪乱試料よりも小さい、あるいは極めて等しい数値を示していることが分かる。攪乱を受けたことで、不攪乱試料特有の年代効果による土粒子間のセメンテーションが崩れ、土粒子骨格が変化したためと考えられる。

また、図-3 に不攪乱および再構成試料における内部摩擦角 ϕ' の関係図を示す。両者の ϕ' は原点を通る直線に近似していることが分かる。いずれの試料においても強度差は約 $1 \sim 4^\circ$ 程度であり、顕著な差は見られない。また、ため池 D の試料においては ϕ' が一致している。この結果は八木ら²⁾が粘性土に対して実施したものと同じ傾向である。ため池堤体土においても、不攪乱試料と同等の含水比、密度を有す供試体に関して、有効応力について整理すれば不攪乱、再構成試料両者の ϕ' に大きな変化はないと言える。

4. まとめ 本研究から得られた知見を以下に示す。

- (1) 乱れを受けることで、再構成試料の強度は不攪乱試料よりも小さくなる。
- (2) 内部摩擦角 ϕ' に関しては、不攪乱および再構成試料両者の差に顕著な差は見られない。
- (3) 今回用いた 5 箇所のため池堤体土に対しては、再構成試料の結果から不攪乱試料の ϕ' を推定することが可能であると言える。

謝辞 本研究は、山口県の協力のもとで実施された。関係各位に謝意を表す。

参考文献 1) 農林水産省 web ページ「ため池」http://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/ (参照：2015/3/20)。2) 八木則男，矢田部龍一：乱れを受けた飽和粘性土の力学特性，土木学会論文集，No.352/III-2，pp.179-186，1984。

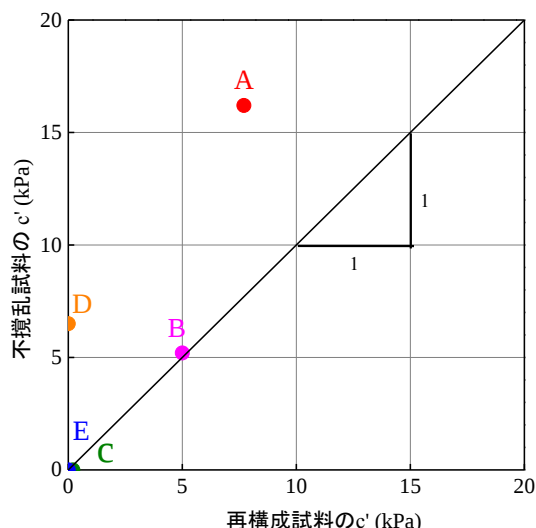


図-2 不攪乱および再構成試料の c' の比較

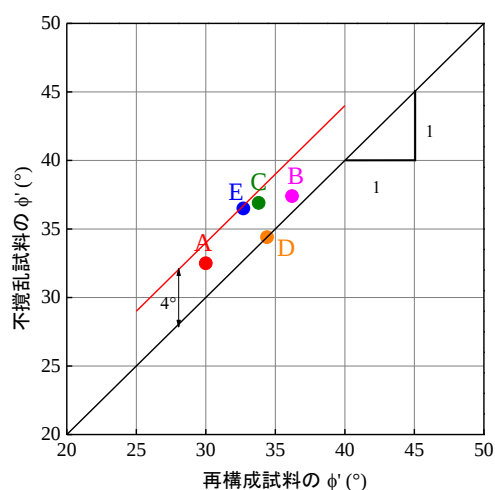


図-3 不攪乱および再構成試料の ϕ' の比較