

三軸圧縮試験において粒度や塑性の異なる細粒分を有した土の 強度・変形特性に与える細粒分流出の影響

山口大学大学院 学生会員 ○大津 新
山口大学大学院 正会員 鈴木 素之
山口大学大学院 学生会員 石丸 太一

1. はじめに

日本全国にあるおよそ 16 万基のため池のうち、およそ 7 割は近世以前に築造されており、老朽化が進んでいるため、被災リスクが高くなっているのが現状である。ため池の安定問題に影響を及ぼす因子の一つに内部侵食が挙げられる。内部侵食には 4 つの形態があり、そのうちの 1 つに細粒分流出 (suffusion) がある。細粒分流出とは、粗粒な土粒子が形成する骨格を維持したまま、細粒な土粒子が流出する現象である。これが土の強度特性や変形特性に影響を与えることはわかっているものの¹⁾、土の粒度や物性値の違いから生じる影響の変化は未だ明らかになっていない。本研究では、細粒分流出の影響を受けた土の強度特性を調べるために、細粒分のみが流出可能な三軸試験機内で細粒分流出を再現した後、排水せん断試験を実施した。また、細粒分の粒度や塑性の違いが土の強度・変形特性にどう影響を与えるのか検討した。

2. 試験方法

本研究に用いた土試料は、山口県宇部市で実際に採取されたまさ土の粒径加積曲線に似せるように珪砂(Q)とカオリン(K), DL クレー(DL)をそれぞれ混ぜ合わせて作った。珪砂とカオリンを混合したものを“QK”, 珪砂と DL クレーを混合したものを“QDL”と表記する。カオリンの塑性指数は 24.3 であるのに対し、DL クレーは非塑性 (NP) である。また、粒度に関しても、カオリンの粘土分含有率が 57% であるのに対し、DL クレーは 10% であり、塑性と粒度ともに異なる細粒分を 2 つ使用した。供試体はアクリル多孔板と 420 μm 径のメッシュの上に設置し、背圧を 100 kPa まで少しずつ上げた。間隙水圧係数 B 値が 0.95 以上であることを確認した後、それぞれの有効拘束圧で圧密を行った。侵食を発生させる場合は動水勾配が 5 になるよう上部タンクの高さを調節し、通水量が 170cm³ になるまで透水した。その後、ひずみ速度 0.5 %/min で軸ひずみが 15% になるまで排水せん断を行った。侵食を発生させるケースでは、実験終了後、排出土砂の質量と排水濁度を測定した。侵食を発生させない場合、圧密終了後、同じように排水せん断試験を行った。

3. 試験結果と考察

本実験では、有効拘束圧 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa の条件で内部侵食を発生させる場合と発生させない場合の計 12 ケース実施した。

図 1 に QK および QDL の侵食率、濁度、拘束圧の関係を示す。どのケースにおいても、拘束圧が高くなるにつれて侵食率、濁度ともに小さくなった。また、塑性のある細粒分を有した土の方が、非塑性の細粒分を有した土よりも濁度が高くなり、侵食率も大きくなった。これは、DL クレーよりカオリンの方が、粒径が小さい粒子が多く、侵食の際に流出しやすいためであると考えられる。

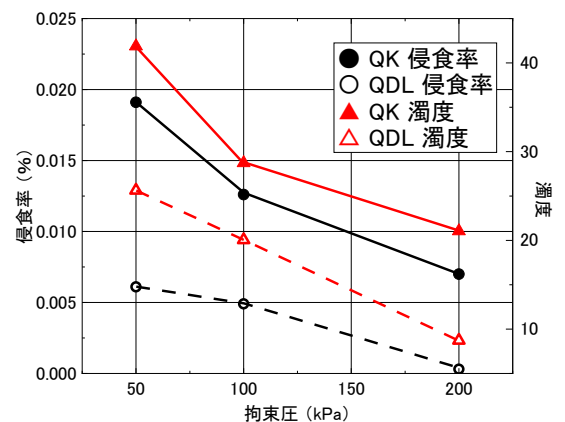


図 1 侵食率、濁度、拘束圧の関係

図 2, 図 3 にそれぞれ QK および QDL の軸ひずみ ε_a と軸差応

キーワード 内部侵食, ため池, 変形係数

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科 鈴木素之
TEL 0836-85-9303

力 q の関係および体積ひずみ ε_v と ε_a の関係を示す。図中の NE は No Erosion (侵食無し) の略であり, EBS は Erosion Before Shearing (侵食あり) の略である。図 2 から, 侵食の有無によってせん断初期段階での応力・ひずみ曲線に違いが出ることが分かった。QK のケースでは, 拘束圧の大きさによらず, 侵食によって最大軸差応力は小さくなった。一方, QDL のケースでは QK と逆の結果となった。図 3 から, 侵食ありの場合は, 侵食なしの場合に比べて, $\varepsilon_a = 2\%$ 以降において供試体はより顕著な膨張傾向を示した。

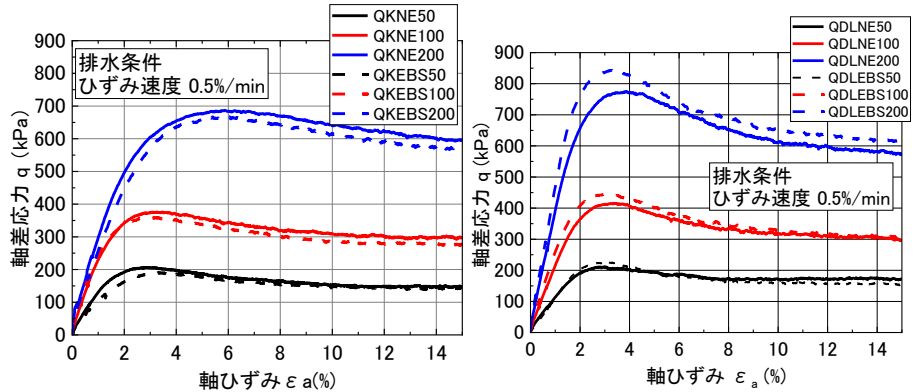


図 2 軸ひずみと軸差応力の関係(左: QK, 右: QDL)

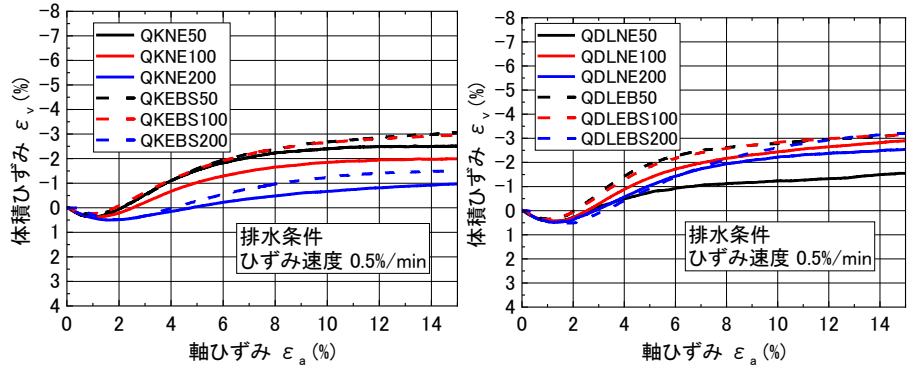


図 3 軸ひずみと体積ひずみの関係(左: QK, 右: QDL)

図 4 に変形係数 E_{50} (MN/m^2) と侵食率の関係を示す。 E_{50} は以下の式で算出した。

$$E_{50} = \frac{q_u/2}{\varepsilon_{50}} \times \frac{1}{10} \quad (1)$$

ここで, q_u : 圧縮強さ (kN/m^2), ε_{50} : $q_u/2$ の時の圧縮ひずみ (%) である。QK に関しては, 拘束圧 50kPa と 200kPa のケースで, 侵食率が増えて変形係数は小さくなったが, 100kPa のケースでは, 逆の結果になった。また, QDL に関しては, 拘束圧 100kPa, 200kPa のケースで, 侵食率が増えて, 変形係数も大きくなった。50kPa では, ほとんど変化がなかった。QDL は QK に比べて侵食が少ない分, 供試体内部で細粒分が留まり, より強固な構造ができたと考える。

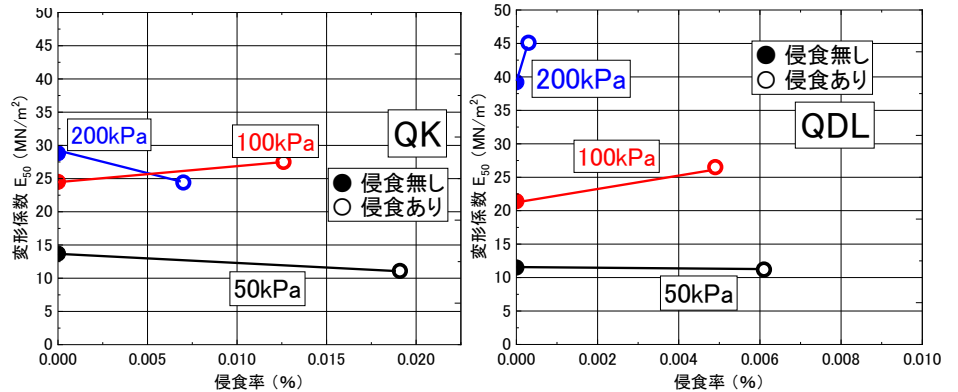


図 4 変形係数と侵食率の関係(左: QK, 右: QDL)

4. 結論

結論を以下に要約する。

- 1) 侵食率, 濁度, 拘束圧の関係から, 塑性のある細粒分を有した土の方が, 非塑性の細粒分を有した土より, 濁度が高くなり, 侵食率も大きくなった。
- 2) 侵食の有無が応力・ひずみ関係に大きく影響することが分かった。軸ひずみが 2%以降において, 供試体はより顕著な膨張傾向を示した。
- 3) 変形係数と侵食率の関係から, QDL に関しては, 拘束圧が高いときに変形係数が大きくなった。QDL は QK に比べて侵食が少ない分, 供試体内部で細粒分が留まり, より強固な構造ができたと考える。

参考文献 1) 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. 3-7, 2014.
 2) 大竹雄, 七澤利明他: 地盤調査法とひずみレベルを考慮した設計用地盤変形係数の推定法, 土木学会論文集, 73 巻, 4 号, pp. 396-411, 2017.