

排水の濁度—濃度関係に着目した浸透力変動下における細粒分流出実験

山口大学大学院 学生会員 ○石丸 太一
 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 小森 朝陽
 山口大学大学院 学生会員 高野 翔太

1. はじめに

内部侵食の一種で、細粒分流出（Suffusion）といわれる地盤中の細粒分の移動が土の透水性や密度を変化させることから、盛土構造物において細粒分流出の挙動やメカニズムの解明が待たれている。また、地盤内に浸透力が長期に作用した場合、細粒分は移動と目詰まりを繰り返しながら進行することが指摘されている¹⁾。本研究では、水位変動下の河川堤防やため池堤体のように浸透力が時間的に変化する場合を想定した細粒分流出実験を実施し、浸透力の変化によって、土粒子の侵食量や流出する土粒子径がどのように変化するかを調べた。

2. 使用した土試料

図1に使用した土試料の粒径加積曲線を示す。この土試料は珪砂とカオリンを混合した土試料（QKと命名）である。この土試料は実際にため池堤体土として使用されている宇部まさ土の粒径加積曲線に似るように配合した。QKの土粒子密度 ρ_s は 2.651g/cm^3 、最適含水比 w_{opt} は11.5%、細粒分含有率 F_c は5.0%である。

3. 実験装置と実験方法

図2にカラム通水実験装置を示す。供試体寸法は直径10cm、高さ20cmの円筒型である。最適含水比に調整した土試料を、所定の密度になるように5層に分けて1層ずつ突き固めて、供試体を作製した。通水開始前に供試体内部を二酸化炭素で置換し、脱気水を24時間浸透させることで、飽和度を95%以上にした。供試体下部には $425\mu\text{m}$ のメッシュと5mmの孔が100個空いたアクリル多孔版を設置し、それ以上の径の土粒子が流出しないようにした。載荷板上部に空圧を与えることで上載圧を付与できる機構を有しているが、本実験では、上載圧は載荷していない。上部タンクの高さを変えることで動水勾配を調整し、供試体に下向きの浸透流を与えた。表1に本実験の実験条件を示す。動水勾配の上昇下降を6回もしくは7回繰り返した。動水勾配を変動させる直前に、採水容器を交換し、排水はすべて回収した。予備実験の結果、動水勾配一定の条件では1500ml程度通水すると、土粒子の排出がほぼ停止したため、1500ml通水するごとに動水勾配を変動させた。また、3ケースとも動水勾配の変動幅は0.5であり、上昇下降は約30秒かけて行った。測定項目は通水量、採水時間、採水容器毎の排出土粒子の質量と排水の濁度である。通水量と採水時間は電子天秤で自動計測し、排出土粒子の質量は蒸発皿を用いて計測した。

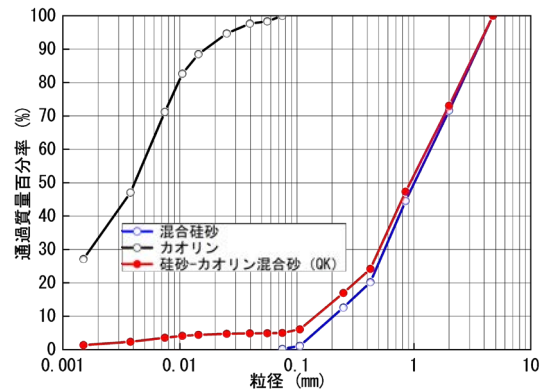


図1 使用した土試料の粒径加積曲線

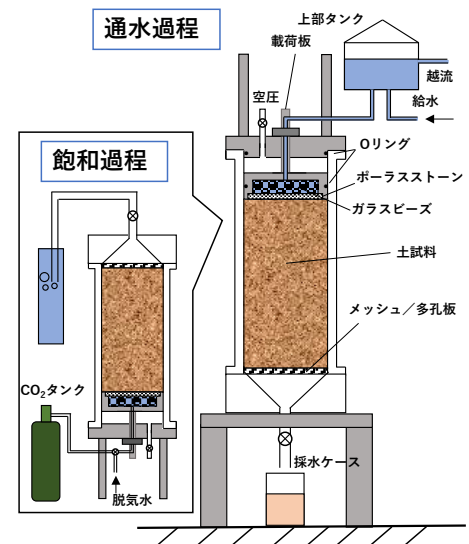


図2 カラム通水実験装置

表1 実験条件

	Case1	Case2	Case3
間隙比	0.58		
初期動水勾配	1.0	1.0	0.5
動水勾配の変動パターン	1.0⇔	1.0⇔	0.5⇔
	1.5	0.5	1.0

キーワード 内部侵食, 濁度, 粒径, 盛土構造物

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1 (山口大学工学部) 鈴木素之 TEL 0836-85-9303

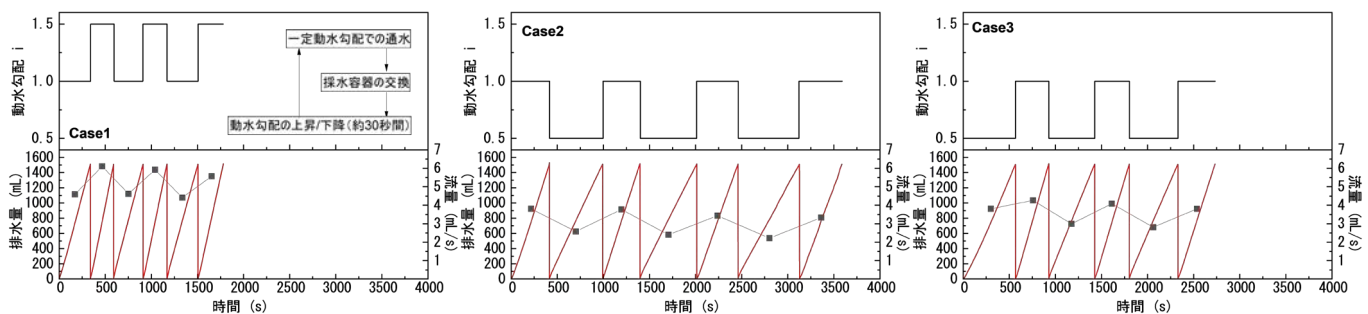


図3 動水勾配と排水量および流量の時間変化（左：Case 1，中央：Case 2，右：Case 3）

4. 実験結果と考察

図3に動水勾配と排水量および流量の時間変化を示す。流量は動水勾配を上昇または下降させ終えてから、次に変動させ始める直前までの区間ごとに算出した。動水勾配の変動と連動して、流量も変動するが、動水勾配を繰り返し変動させるにつれて、同じ動水勾配でも僅かながら流量が小さくなった。大きな変化ではないが、土粒子の再配列によって透水性が低くなったと考えられる。図4に採水容器毎の土粒子排出量を示す。動水勾配の変動を与えてからは、土粒子の排出量は0.5g以下と僅かであるが、動水勾配が上昇すると、土粒子の排出量が増加する傾向がみられた。図5に排水の濃度と濁度の関係を示す。図には、カオリンおよびQKの流出可能成分（425 μm 以下の土粒子）を用いて作製した懸濁液の濃度と濁度の関係を併せて示している。濁度は、濃度が同じでも懸濁物質の粒径が小さい方が高い値を示すことが分かっている²⁾。したがって、浸透力を与え始めた最初の方は、供試体の細粒成分であるカオリンの濃度—濁度関係よりも上方にデータがプロットされていることから、細粒成分の中でも径が小さな土粒子が卓越して流出したと推測できる。一方、動水勾配の変動を与えてからは、QKの流出可能成分の濃度—濁度関係に近づくようにデータがプロットされた。このことから、供試体に初めて浸透力を与えた段階で、粒径が小さく流れやすい土粒子は既に抜けており、動水勾配の変動で流出する土粒子は、比較的径の大きな土粒子であると考えられる。

5. おわりに

カラム通水実験を実施し、動水勾配が変動する条件下における細粒分流出の進行を調べた。その結果、動水勾配が繰り返し変動することで、土粒子の排出量の増減を繰り返しながら、細粒分流出が継続していることが分かった。また、動水勾配変動下で流出する土粒子は、流出可能成分の中でも比較的径が大きい土粒子であると推測される。

謝辞 本研究は、公益財団法人鹿島学術振興財団研究助成金（研究代表者：鈴木素之）ならびにJSPS 科研費特別研究員奨励費（JP21J14582，石丸太一）により実施したものである。ここに記して関係各位に深く感謝の意を表す次第である。

参考文献 1) Luo, Y., Qiao, L., Liu, X., Zhan, M., Sheng, J.: Hydro-mechanical experiments on suffusion under long-term large hydraulic heads, *Natural Hazards*, Vol.65, pp.1361-1377, 2013. 2) 石丸太一，鈴木素之，高野翔太：濁度を利用した細粒分流出実験における移動土粒子の粒度組成とその時間変化，*地盤工学ジャーナル*，Vol.17, No.1, pp.47-60, 2022.

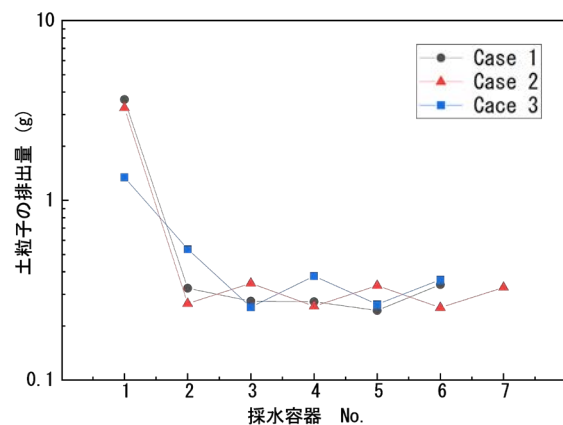


図4 土粒子の排出状況

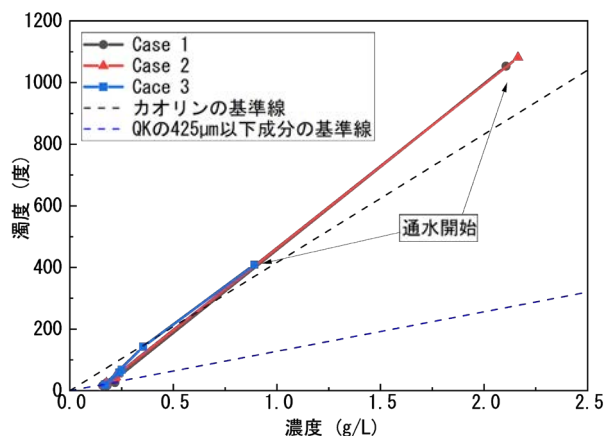


図5 排水の濃度と濁度の関係