

様々な粒度分布を有する砂質土の内部侵食に関する浸透実験

日本大学工学部 学生会員 ○鈴木 利宏
日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

1. はじめに

ダムや河川堤防の浸透破壊時におけるパイピング・ボイリング現象は、地盤工学の重要な問題の一つであり、以前から多くの研究が進められている¹⁾。また世界各地ではダムや河川堤防だけでなく、地盤の陥没災害が発生しており、発生箇所からは細粒分の流出が確認されている。このように浸透に伴う粒子の侵食は、局所的な破壊が生じることから地盤、構造物全体の破壊に至る恐れがある。これらの土中の内部侵食に対する安定性はKennyらの図表^{2,3)}で判定することができるが、侵食量や破壊形態を求めることはできない。そこで本研究では様々な粒度分布の砂質土を対象に浸透実験を行い、粒度分布が内部侵食に及ぼす影響を明らかにした。

2. 試料及び実験概要

試料は6種類の大石田産の珪砂(2号,4号,5号,6号,7号,8号)を混合し、粒度調整したものを用いた。各試料の物理試験結果を表-1に、粒径加積曲線を図-1に示す。次に粒径加積曲線をもとに粒子の侵食に対する粒度の安定性を判定するため図-2のKennyらの図表を作成した。粒径加積曲線上の任意の粒径Dとその4倍の粒径4Dの質量百分率より図-2のFとHの関係を求める。F:H=1:1の境界線より下に存在する場合、粒子の侵食が生じる可能性がある。ケースの選定方法としては、Kennyらの図表から安定(Case1,2)、不安定(Case5,6)、中間(Case3,4)の3分類、6ケースを選んだ。表-1では U_c, U_c' の観点から粒度が比較的均等なのはCase1,4で、それ以外は粒径幅が広く粒度は悪い。図-2と合わせて評価してもCase5,6は不安定であり侵食の可能性が高い。

内部侵食実験装置の概要を図-3に示す。本装置は既往の研究⁴⁾を参考に作製した。円筒容器はアクリル製で内径7cm、高さ17cmである。上部水槽の脱気水をこの円筒容器底部に送水する。上向き浸透流を供試体下端で一様に作用させるためポラスストーンを設置した。円筒容器下部には供試体実際に作用する動水勾配を求めるためのマンメータを設置し、管路内の摩擦損失の影響を取り除いた。供試体上端は自由水面としているが、侵食粒子の再堆積をエアブローにより防ぐためエアチューブを取り付けた。侵食粒子は越流部から管路を通り、75 μ mふるいを取り付けた下部水槽で細粒分と粗粒分に分けられる。供試

表-1 試料の物理特性

	ρ_s (g/cm ³)	ρ_{dmax} (g/cm ³)	ρ_{dmin} (g/cm ³)	U_c	U_c'	F_c (%)
Case1	2.575	1.848	1.695	5.607	0.778	3.78
Case2	2.612	1.978	1.482	13.175	6.806	2.14
Case3	2.546	1.897	1.630	7.506	0.514	5.48
Case4	2.590	1.897	1.564	4.161	1.460	4.43
Case5	2.591	1.962	1.644	17.556	0.212	3.56
Case6	2.601	2.060	1.692	23.396	0.603	4.11

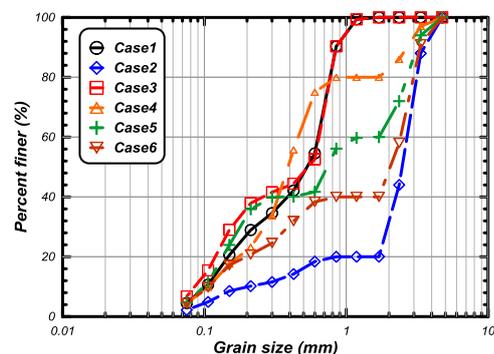


図-1 粒径加積曲線

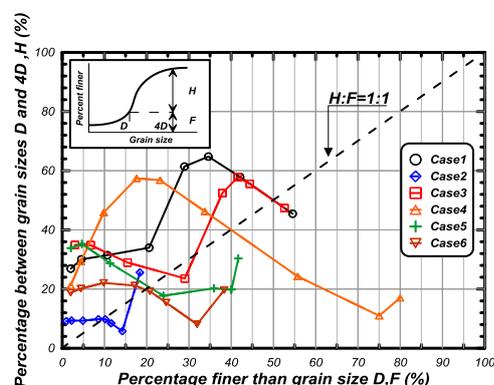


図-2 Kennyらの図表

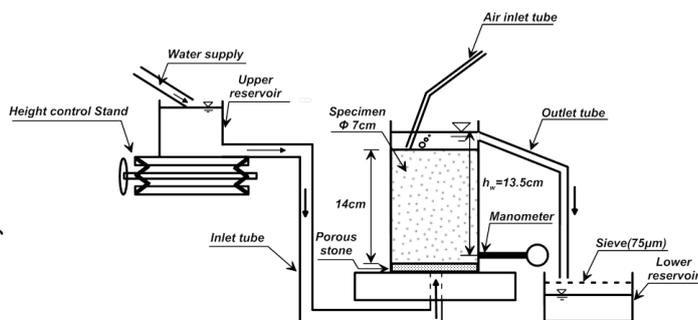


図-3 内部侵食実験の概要

キーワード 浸透破壊 内部侵食 膨張

〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地, TEL024-956-8710

体作製は乾燥砂を分離しないように円筒容器に注ぎ入れ、容器側面を木槌でたたき相対密度Drが70%に調整した。浸透実験は20分毎に動水勾配を上昇させ、各動水勾配時の流量、水温、侵食粒子の質量を計測した。粒子の侵食状況と破壊状況はデジタルビデオカメラで撮影した。

3. 実験結果と考察

浸透破壊実験より得られた細粒分侵食率 μ_{e1} 、動水勾配*i*の関係を図-4に示す。 μ_{e1} 次式で定義した⁴⁾。

$$\mu_{e1} = \frac{m_{sef}}{m_s \times \mu_0} \times 100 \quad (1)$$

m_s : 供試体の乾燥質量 (g)、 μ_0 : 初期細粒分含有率、 m_{sef} : 細粒分侵食質量 (g) である。

図-4からは安定と評価したcase1,2では高い動水勾配においても侵食率が低いことがわかった。中間判定のCase3と不安定評価のCase6の侵食率が他のもの比べて大きいことわかる。さらに動水勾配が0.4を超えると侵食率が急増することがわかる。しかし全体的な傾向として細粒分の侵食率が細粒分含有率と比べてかなり小さかった。この原因として、供試体内部で目詰まりが発生していると考え、以降で考察していく。

次に実験直後、 $i=0.1$ 、 $i=0.8$ の時の供試体の状況を写真-1に、その時の動水勾配と膨張量の関係を図-5に示す。安定と評価したCase1は供試体に変化は見られないが、Case3,4では供試体の膨張が確認できる。

Case5では最大で8.4mm膨張し、その後供試体下部でひび割れによるクラック幅が拡大し、3mm程度のレンズ状の水の層を確認した。Case6もCase5と同様最終的にはクラックが生じた。膨張はどの供試体も $i=0.4$ から発生しCase3では8mm膨張した。クラックが生じたCase5,6は不安定粒度であるため細粒分が移動しやすく、移動した細粒分が目詰まりをおこし目詰まり部で透水係数が低くなったことで、上向き浸透力により土塊が持ち上がりクラックの発生に至ったと考える。

Case3,4も細粒分は移動するもの不安定と評価した供試体よりも移動量は少ないため、局所的な破壊を伴わず一様に膨張したと考える。

4. まとめ

様々な粒度分布を有する砂質土の内部侵食に関する浸透実験の結果から細粒分侵食率は不安定と評価した供試体が高くなる傾向はあるものの細粒分含有率と比べてかなり小さい侵食を示した。中間、不安定と評価した供試体は粒子の移動と目詰まりの結果、膨張挙動を示し、特に不安定供試体ではクラックおよびレンズ状の水の発生を伴う局所的な破壊形態を示した。今後は供試体内の細粒分の移動状況を把握するために細粒分含有率分布を調べる必要がある。

参考文献

- 1) 杉井・宇野・佐藤・山田(1989) : 浸透破壊の発生プロセスと非均質性, 土と基礎, Vol.37, No.6, pp.17-22.
- 2) Kenney, T.C., & Lau, D. (1985) : Internal stability of granular filters, Can. Geotechnical Journal, 22, pp.215-225.
- 3) Kenney, T.C., & Lau, D. (1986) : Internal stability of granular filters : Reply, Can. Geotechnical Journal, 23, pp.420-423.
- 4) 木内将太(2012) : 様々な粒度分布を有する粒状体の浸透破壊実験 土木学会東北支部技術発表会 (平成24年度)

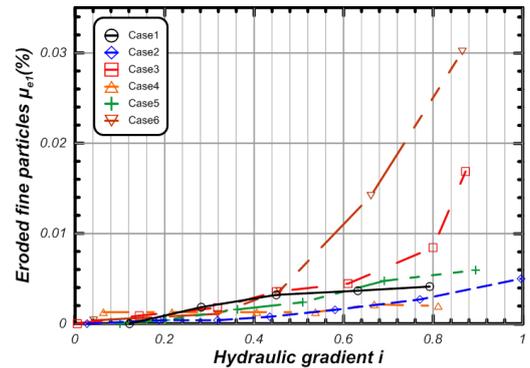


図-4 細粒分侵食率と動水勾配の関係

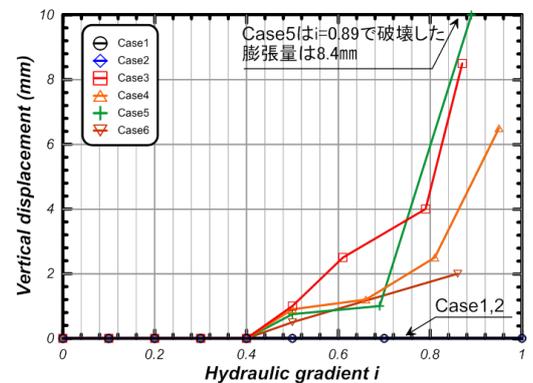


図-5 各動水勾配における膨張量

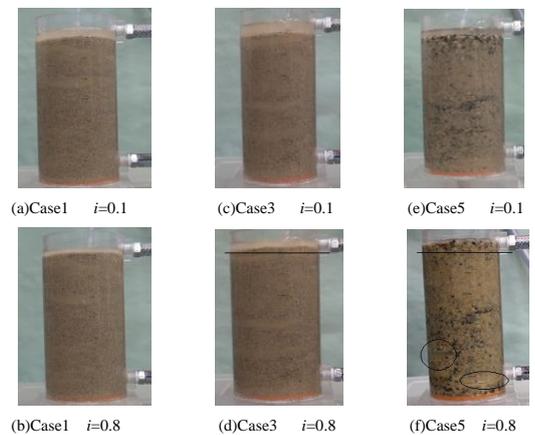


写真-1 試験中の供試体の状況