

III - 30

土粒子の限界流速に着目した浸透破壊発生条件の評価について

日本大学工学部 正員○梅村 順・正員 森 芳信

1.はじめに フィルダムや河川堤防の堤体や基礎地盤の浸透流に対する安定性を確保する場合、浸透破壊が生じないように浸透流速および浸透流による動水勾配を制限して行われる。これら浸透流速および動水勾配のうち、浸透流速には浸透流により土粒子が移動する限界流速として、土粒子径および土粒子重量の関数として表示したJustinの限界流速式が用いられている。しかし、自然地盤の土は種々の大きさ、密度の土粒子が混ざっているため、限界流速を実際の浸透破壊現象に対する適用に問題がある。そこで著者らは、土が様々な粒径、密度の土粒子からなることを考慮し、限界流速を適用する際に基準となる土粒子を定めることができれば有効であると考えた。本文ではまず、最も簡単な鉛直上方一次元浸透での浸透流により土粒子が移動する際の、作用力の要因となる浸透流速および土粒子径と形状と、抵抗力の要因となる土粒子の大きさおよび密度の関係の考え方について述べる。

2.浸透流により土粒子が移動するときの考え方 鉛直上方一次元浸透で、浸透流により土粒子が移動するとき、土塊の内部から移動を開始する場合と、浸透流の出口となる土塊上面にある土粒子から移動を開始する場合がある。前者は、土塊内部の不均一性が一因であると考えられるので、ここでは、後者の場合について考える。まず、土塊を図-1に示すように、上面の土粒子の部分とそれ以下の土塊の部分に分割する。浸透流が下部から上部に向かうとき、土塊の部分に流入後、土塊の間隙比や間隙径分布等の影響を受け、図-2に示すように、出口での平均流速は流入するときの流速と等しいが、場所により流速が異なるばらつきを生じると考えられる。このばらついた流速の分布は、ばらつきをもつ因子による事象の確率分布を表す対数正規分布に近似することができる。一方、上面の土粒子は、粒径、密度に応じた自重が、浸透流から及ぼされる作用力に対する抵抗力となり、これらはばらつき性質をもつので、土粒子の有する抵抗力も対数正規分布に近似することができる。そして、これらの確率分布モデルの関係で、限界流速の概念を模式的に示すと、図-3のようになる。両分布の平均値間の距離 β は、浸透流速と土粒子に作用する流体力への転換割合で、浸透水の粘性

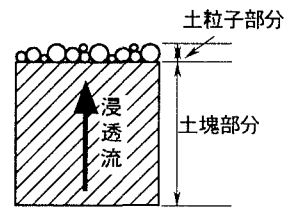


図-1 モデル説明図

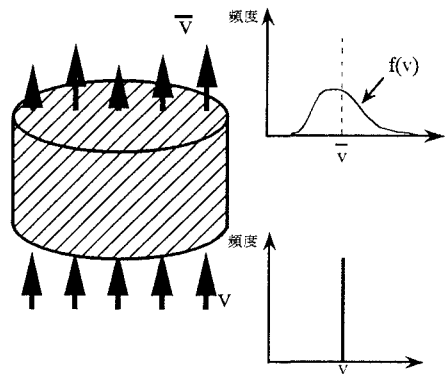


図-2 流速分布説明図

と土粒子の流れに対する投影断面積や形状等に応じて定まると考え、両分布の重なる部分が、土粒子に作用する流体力が土粒子のもつ抵抗力を上回る確率を表すことになる。この図-3に示した確率モデルから、①浸透流速を表す分布の変動係数と土粒子および土塊の物理的性質の関係、②土粒子の抵抗力を表す分布の変動係数と土粒子の物理的性質の関係、③両分布の平均値間の距離 β と土粒子の投影断面積や形状等の関係、および、④重なる部

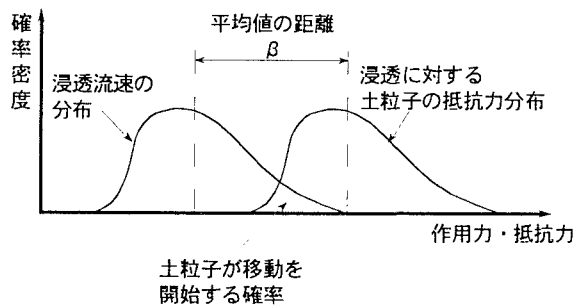


図-3 確率モデル説明図

表-1 ガラスビーズの粒径と粒子密度

粒 径 (mm)	粒子密度 (gf/cm ³)
0.991~1.397	2.497
0.350~0.500	2.474
0.063~0.088	2.465

分の面積と移動を開始する土粒子数の関係、をそれぞれ解明すれば、限界流速を適用する際に基準となる土粒子を定めることができるものとする。

3. 試料・実験方法 前述した考え方に基づいて、まず、最も簡単なケースとして、3種類の粒径範囲のガラスビーズを対象に流量制御方式浸透破壊実験¹⁾を行った。用いたガラスビーズの粒径、粒子密度、および、粒子単体の限界流速を、表-1および図-4に示す。限界流速は、Justin式が過大な評価を与えることが知られているので、実測して求めた。実験は、まず、ガラスビーズを水中落下させ、直径64mm、高さ64mmの円筒供試体を作成した。その後、0.00081cm/sec/minで流速を増加し、供試体上面にあるガラスビーズを注意深く観察し、ガラスビーズが移動した後継続してパイピングへと発達したときの、最初にガラスビーズが移動したときの流速を測定した。

4. 実験結果・考察 図-5は、流量制御方式浸透破壊実験の結果の一例である。実験では比較的均一な粒径のガラスビーズを、いずれも水中落下法で供試体を作成していることから、浸透流速と土粒子の抵抗力を表す分布はそれぞれ変動係数がほぼ等しいと考えた。そして、実験の結果から粒子単体の限界流速を平均的な限界流速と見なし、パイピング発生時の平均流速との差 β を求め、さらに、この差が、土粒子の投影断面積や形状等に応じて定まると見なすことができるので、 β を投影断面積で除して形状その他の影響で定まる指標とし、粒径との関係を示したのが図-6である。粒径が小さいほどこの指標は大きくなっており、水理学で流体力を求める際に用いられる形状の影響を表す形状係数と、ほぼ同じ傾向を呈し、ほぼ妥当な結果が得られたと考えている。今後更に、本文で述べた考え方に基づいて、限界流速を適用する際に基準となる土粒子を実験的に検討していきたい。

参考文献 1) 梅村ら：流量制御方式による土の浸透破壊実験，平成7年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要，pp.320~321.，1996.

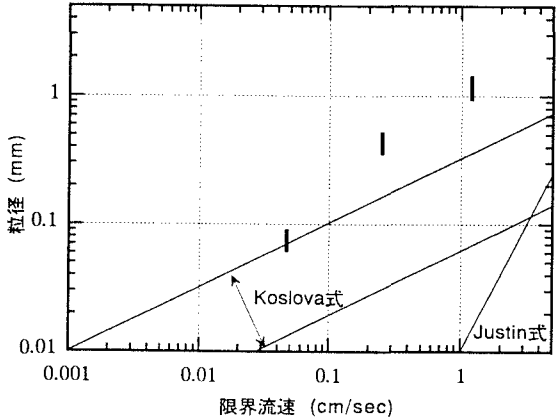


図-4 用いたガラスビーズの限界流速と粒径の関係

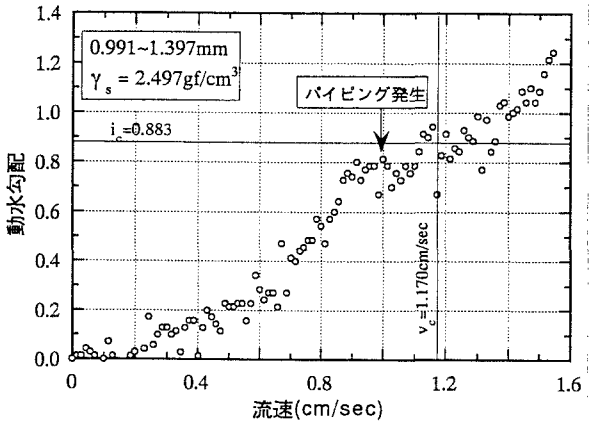


図-5 流量制御方式浸透破壊実験結果の一例

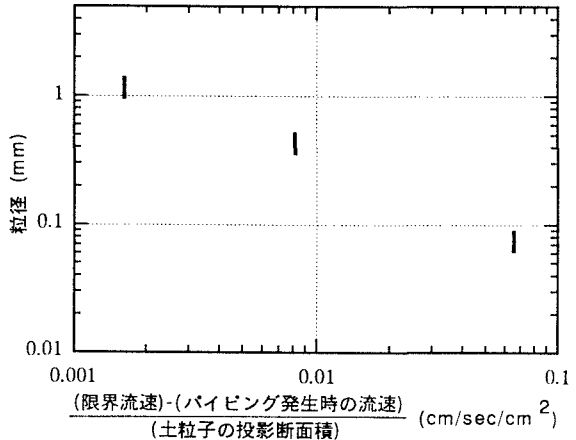


図-6 形状等の影響指標と粒径の関係