

浸透破壊現象における流速と動水勾配の関係に関する基礎的検討

日本大学工学部 学生会員 ○芦田 未来矢・小野崎 拓哉
正会員 梅村 順・中村 晋

1. はじめに

浸透破壊現象に対する地盤や土の安定性評価には、限界流速や限界動水勾配がある。著者らは、これら 2 つの評価の関係を調べる目的で、流量制御型浸透破壊試験装置を用いて実験的に検討した。本文では、ガラスビーズを対象に、浸透破壊試験を実施し、ガラスビーズ粒子個々が有する限界流速を、その粒子の固有値と考えて試験の結果を整理して、限界流速と限界動水勾配の関係について、検討した。

2. 本試験での評価方法

本試験での評価方法は、粒子に対する水の作用力に着目し、粒子に対して流速と圧力の 2 つが配分して作用していると考え、その配分比の変化から限界流速と限界動水勾配の検討を行った。

まず、試験では、粒子個々に対して実際に作用している流速を調べるため、式(1)を用いて平均流速を、間隙を流れる実流速に換算した。

$$v = (e/1+e)^{-2/3} \bar{v} \quad \text{式(1)} \quad v: \text{実流速} \quad e: \text{間隙比} \quad \bar{v}: \text{平均流速}$$

次に、土中を流れる水に、式(2)の Bernoulli の定理を適用し、式(3)で表わしたものをを用いた。

$$\frac{1}{2}v^2 + \frac{p}{\rho_w} + gz = E \quad \text{式(2)} \quad \frac{1}{2}v^2 + \frac{p + \Delta p}{\rho_w} = E \quad \text{式(3)}$$

第一項:動圧 第二項:静圧 p :静水圧 Δp :圧力増分 E :総圧

ここで、基準面は供試体上部とし、圧力増分は供試体のない状態での流速増加に伴う圧力増分を除いた試験時の圧力を用いた。配分比での評価は、図-1 に示すように、動圧/総圧と静圧/総圧で表わした配分比で評価した。

3. 試験に用いた試料および供試体作成方法

試験には、粒子形状や粒径範囲、粒子の密度の違いによる影響を取り除き、間隙比が及ぼす影響から検討しようと、1 種類のガラスビーズ試料を用いることにした。そのガラスビーズ試料の粒径範囲と粒子の密度を表-1 に示す。これまで著者らは、ガラスビーズを対象に限界流速を調べ、Justin の理論式とほぼ同じ値になることが判った。¹⁾本実験で用いた試料はこれと同等のものをを用いた。供試体の作成は、間隙比を調整できるように振動締固めで実施した。

表-1 ガラスビーズ試料の
粒径範囲と粒子の密度

粒径範囲(μm)	粒子の密度(g/cm^3)
1000-1400	2.496

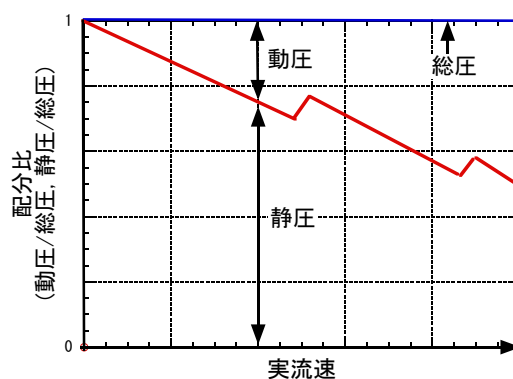


図-1 配分比での評価



写真-1 試験装置の全景

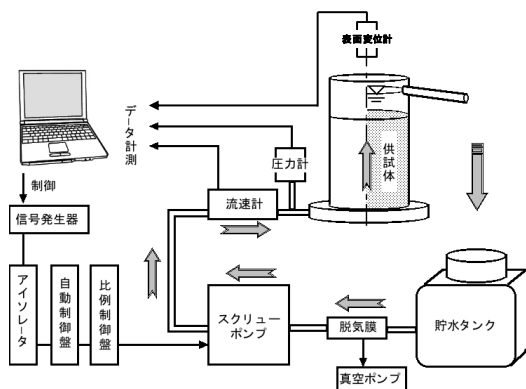


図-2 試験装置の概略図

キーワード 浸透破壊 限界流速 限界動水勾配

連絡先 日本大学工学部 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 TEL 024-956-8709 FAX 024-956-8858

4. 試験装置および試験方法

流量制御型浸透破壊試験装置の概略図を写真-1、図-2 に示す。この装置での水の流れは、貯水タンクから脱気膜へ水が送られ、脱気膜で水の脱気を行ない、スクリーポンプを用いて水を供試体容器に送る。容器に送られた水は、供試体の底面から鉛直上向きに浸透し、供試体上面からは、容器上部に取り付けた越流器から貯水タンクへ戻される。

流量の制御は、コンピュータを用いて行い、信号発生器からスクリーポンプに送り、スクリーポンプの回転数を変化させて流量を制御した。また、流速と水圧、表面変位を計測し、流量制御情報と併せて、データをコンピュータに取り込んだ。

試験では、間隙比と振動時間の関係から、目標間隙比を決め、間隙比を調整した供試体を作成した。次いで、供試体を 18 時間以上脱気させた。その後、十分に時間をかけて大気圧まで戻し、透水円筒上部に越流器を取り付け、流速増加(減少)割合を 0.5%/min で流速制御試験を行った。ここで、流速増加(減少)割合(%/min)は、流速(cm/min)/供試体長さ(cm)とした。

5. 試験結果および配分比による限界流速と限界動水勾配の検討

試験結果の一例として、初期間隙比 $e_0=0.666$ の試験結果の圧力、表面変位と実流速の関係を図-3 に示す。この結果から、配分比による限界流速と限界動水勾配の検討を行うため、式(3)を用いて、動圧と静圧を、動圧/総圧、静圧/総圧の配分比で表わしたものを図-4 に示す。これらの結果から、まず、流速増加時に着目すると、実流速の増加と共に表面変位の値もほぼ一定に大きくなり、実流速が 0.45cm/s 程度のときに表面変位に 2mm 程度の変化が表れた。配分比と実流速の関係では、この点で動圧の割合が大きくなる傾向を示し、表面変位の変化と対応していた。このことから、この点を限界動水勾配とみなした。次に、流速減少時に着目すると、流速の減少と共に、表面変位の値も小さくなっていき、実流速が 0.2cm/s 程度で、ほぼ一定の値となった。配分比と実流速の関係では、この点で動圧の割合がほぼ一定の値となり、表面変位の変化と対応していた。このことから、この点を限界流速とみなした。

限界流速および限界動水勾配と、初期間隙比の関係を $e_0=0.626$ 、0.697 での結果と併せて図-5、図-6 に示す。この結果では、限界流速は初期間隙比の違いによらず、ほぼ同じ値を示した。また、限界動水勾配は初期間隙比が小さくなると共に、大きくなる傾向を示した。限界流速では、粒子の密度や粒径、限界動水勾配では、粒子の密度や間隙比などが抵抗側因子として考えられるが、この試験結果はこれと対応するものであった。 $e_0=0.666$ では、表面変位の変化と、動圧と静圧から求めた配分比の変曲点が対応する結果を得ることができた。

参考文献

1) 芦田未来矢・梅村順(2011):限界流速の評価に関する基礎的実験とその結果に基づく土粒子形状の評価について、第 46 回地盤工学研究発表会, pp.485-486.

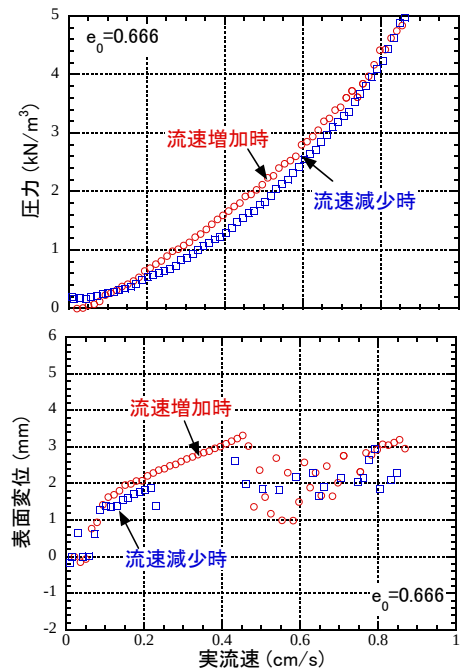


図-3 試験結果の一例

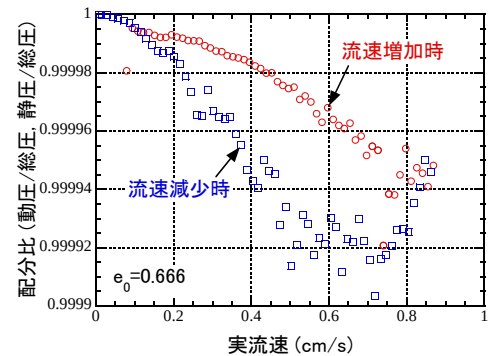


図-4 配分比と実流速の関係

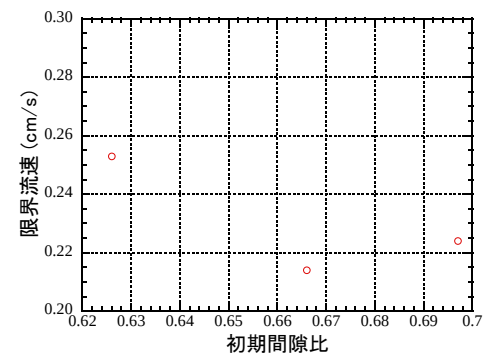


図-5 限界流速と初期間隙比の関係

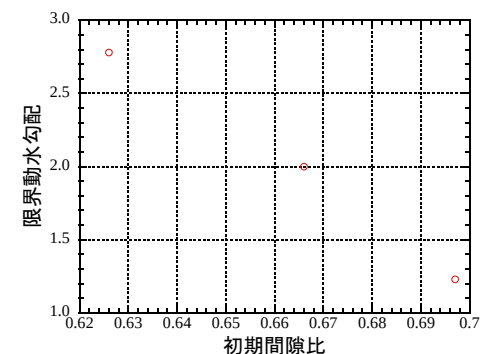


図-6 限界動水勾配と初期間隙比の関係