

流量を制御する方式での土の浸透破壊試験の試み

日本大学工学部 正会員 ○梅 村 順

1. はじめに 浸透破壊現象に対する規準を実験で調べる方法には従来、動水勾配を制御する浸透破壊試験が多く用いられている。しかし一般に、この試験による方法で得た限界動水勾配は浸透破壊形態の複雑さに起因して、その評価方法や現場への適用に多くの問題が残されている¹⁾。そこで著者は、浸透破壊試験を流量制御で行うことのできる装置を製作した^{2), 3)}。本文ではこの装置を用いて、従来の動水勾配制御型試験との比較をすると共に、その侵食性がしばしば問題となるまさ土を対象に行った試験結果について述べる。

2. 動水勾配制御型および流量制御型試験装置の概要 比較のために、従来行われている動水勾配制御型浸透破壊試験装置としてまず、図-1に示すような透水円筒と水頭制御器からなる装置を製作し用いた。この装置は、透水円筒にセットした供試体に下部から鉛直一次元上向きの浸透流を与えるものである。試験では供試体に作用させる動水勾配を徐々に上げ、それぞれの動水勾配での流量を測定する。そして、流量が急増するときの動水勾配を以て限界動水勾配としている。一方、製作した流量制御型試験装置の模式図を図-2に示す。装置は透水円筒と流量制御部からなり、浸透流は動水勾配制御同様、透水円筒にセットした供試体に下部から鉛直一次元上向きで与える方式とした。流量制御は、螺旋状ピストンを回転させて脈動が生じずに水流を吐出することができる機構のスクリーumpを変速機で制御した。また、経路に濾過器と脱気膜を取り付け、試験用水は循環式とした。流量制御型試験装置は動水勾配制御型と比較して、①供試体の脱気が容易、②試験用水が循環式なので、動水勾配制御型に比して少量で済み、脱気した蒸留水を使用可能。③流量と動水勾配の関係が連続的に得られるので、流量-動水勾配関係線上での破壊認定が容易。④各動水勾配段階で定常確認を必要としないので、試験が短時間。等の点が特徴として挙げられる。

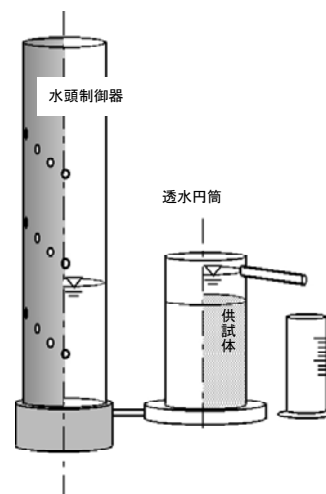


図-1 動水勾配制御型装置模式図

3. 試料および試験方法 動水勾配制御型試験装置と流量制御型装置を比較するためにまず、ガラスビーズ試料(表-1)を対象に両試験を行った。次いで、まさ土試料として、福島県石川郡平田村(空釜)と同石川町(南須釜)で採取した2種類を用い、流量制御型試験装置で試験を行った。なお、まさ土試料はふるいを用いて 0.106~2mm の範囲に粒度調整し、60℃で炉乾燥して試料とした。それらの物理的性質を図-3に示す。

表-1 試料(ガラスビーズ)の諸量

350~850	178.5	2.489	1.447	1.590

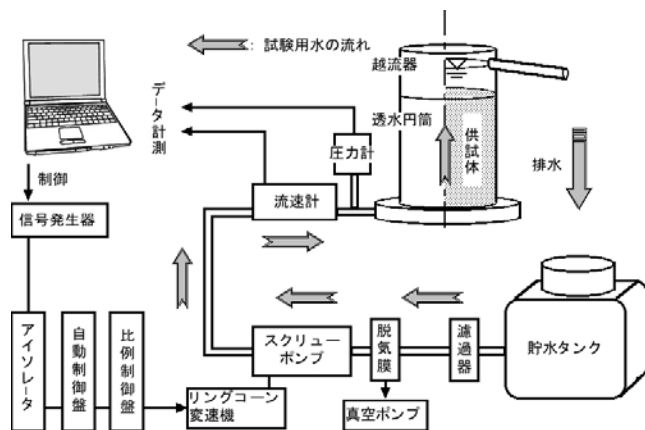


図-2 流量制御型装置模式図

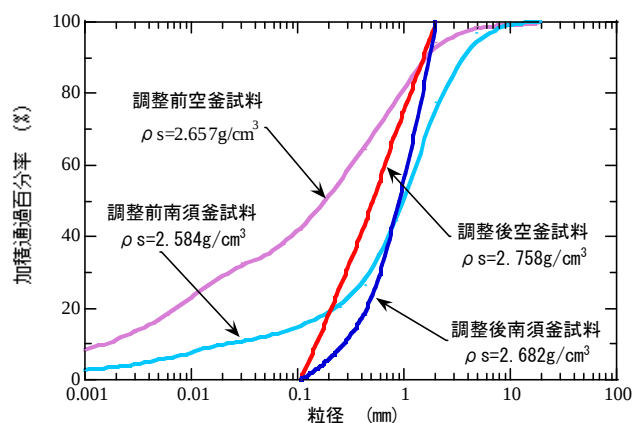
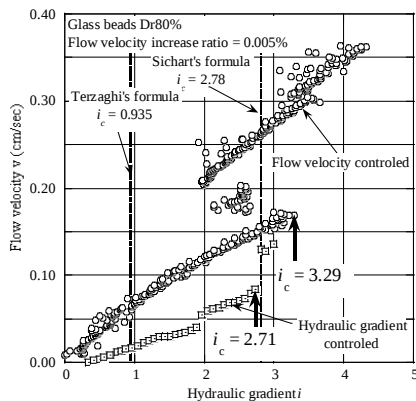


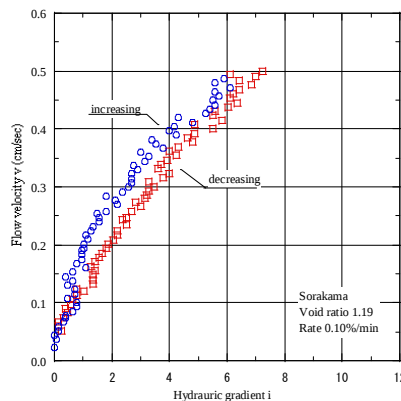
図-3 用いた試料の物理的性質

キーワード 浸透破壊試験・まさ土・限界流速・限界動水勾配
連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1

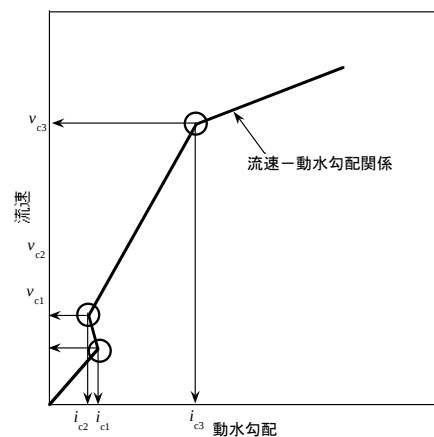
TEL024-956-8709



図－４ 動水勾配制御試験と流量制御試験の結果の比較例



図－５ まさ土の流量制御試験結果例

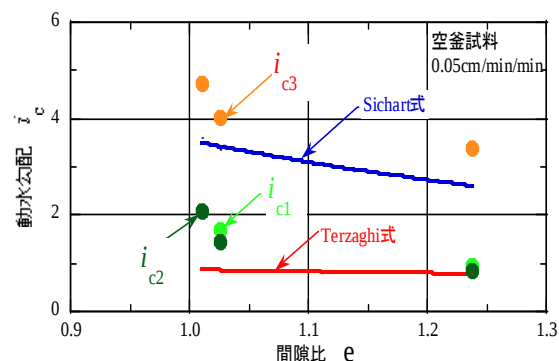


図－６ 限界流速・動水勾配検討のための破壊点の決め方

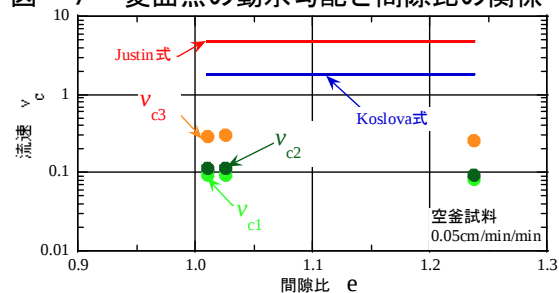
試験はまず、カラーを取り付けた透水試験用円筒(直径10cm、高さ12.7cm)の底盤に漏斗を立て、漏斗内に試料を入れてからそれを一定速度で引き上げる方法で試料を詰めた。そして、自作の振動機で所定の時間振動させて締固め、成形して供試体とした。次いで供試体を装置に取り付け、静かに水浸後、天板を取り付けて24時間以上減圧吸水した。その後、天板を外して越流器を取り付け、越流器から越水させ、①動水勾配制御型試験装置では、動水勾配を0.08ずつ段階的に増加し、各動水勾配で越流器からの流量を計測した。そして、流量が急増したら試験を終了した。②流量制御型試験装置では、流速0.5cm/secに達するまで流量を所定の割合で増加させ、その過程での流量と動水勾配を計測した。なお、まさ土の試験では、流量を同じ割合で減少させた過程も計測した。ここで、流速変化割合は、動水勾配割合で表した。すなわち、 $\Delta i = \Delta v / L (\%)$ 、ここに、 Δv ：流速増分(cm/min²)、 L ：浸透長さ(供試体長さ)である。

4. 結果および考察 動水勾配制御型と流量制御型それぞれの試験結果を比較した一例を、図－４に示した。透水係数は

流速制御試験の方が大きくなる傾向にあり、また、限界動水勾配は両試験ともほぼ同じ結果であった。そして、動水勾配制御型では限界動水勾配後には試験の続行ができなかったが、流量制御試験では、限界動水勾配後も動水勾配と流量の関係を追うことができ、限界動水勾配を挟んで透水係数が変化する現象が把握できた。なお、図中には、参考として、TerzaghiとSichartの限界動水勾配値を示したが、Sichartの限界動水勾配値とはほぼ同じ結果であった。また、図－５は、まさ土の流量制御型試験結果の一例である。流量増加過程で3つの変曲点が現れたので、図－６のように流速－動水勾配関係上の3つの変曲点を取り、それらを流速、動水勾配が小さい方から i_{c1} 、 i_{c2} 、 i_{c3} 、および v_{c1} 、 v_{c2} 、 v_{c3} して間隙比との関係で検討した。図－７には一例として空釜試料について、変曲点の動水勾配値と間隙比の関係を示した。間隙比が小さいほど、変曲点の動水勾配が大きい傾向にあった。これらに、Terzaghi式とSichart式それぞれの限界動水勾配値を併せて示した。 i_{c1} とTerzaghi式、 i_{c3} とSichart式それぞれが良く適合する結果となった。一方、図－８には、限界流速と間隙比の関係を、限界流速式のJustin式とKoslova式それぞれの評価と併せて示した。流速は間隙比によらずほぼ一定の結果となったが、規準式とは大きく異なる結果となった。この点についてはなお、課題が残された。



図－７ 変曲点の動水勾配と間隙比の関係



図－８ 変曲点の流速と間隙比の関係

参考文献 1) 長瀬迪夫：浸透破壊に関する考え方と破壊発生の条件，応用地質年報，No. 9，pp. 43-124. (1987) 2) 梅村 順：流量制御式による浸透破壊実験装置の開発，平成18年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要. (2008) 3) 梅村 順：流量制御型浸透破壊実験装置を用いたまさ土の浸透破壊実験，平成19年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要. (2009)