

流量制御型浸透破壊実験方法の定式化とその結果の評価に関する検討

日本大学工学部 学生員 ○石崎 将彰・小山田 祐樹
日本大学工学部 正員 梅村 順

1. はじめに

浸透破壊現象は、ボイリングやパイピングをはじめとする様々な呼び方が挙げられているように、複雑な現象である。そのため、Terzaghi の限界動水勾配と Justin の限界流速の 2 つに代表される浸透破壊規準をはじめ多くの規準が提案されているが、現象との対応が困難なことから多くの問題点が残されている。

本研究は、限界動水勾配と限界流速の評価が可能な流速制御方式浸透破壊試験を行い、それら規準を考慮した結果の表記法について検討することを目的に進めた。

2. 本研究における浸透破壊現象の考え方

浸透破壊現象は、その破壊形態からボイリング、パイピング、ヒーピング、アップリフトなど様々な呼称で呼ばれている。これらの破壊形態は局所的かつ進行的な破壊と全般的な破壊に分類される。一方、浸透破壊現象の評価規準には限界動水勾配と限界流速がある。破壊形態と規準を対応させると、局所的なものが水－土粒子から導入される限界流速、全般的なものが水－土塊系から導入される限界動水勾配に対応すると考えられる。それらを、本研究では限界流速と限界動水勾配の両方で評価を行うことで浸透破壊現象を網羅できると考え、この点を考慮して結果を判定することにした。

3. 試験方法

試験の手順を図－1 のフローチャートに示した。

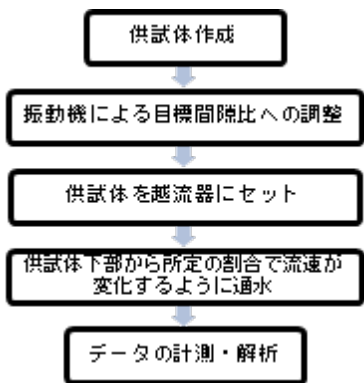
試験ではまず、試料を直径 10cm 高さ 10.7cm のアクリル円筒に振動台を用いて、所定の方法で締固めて供試体とした。各試料の目標間隙比と振動時間は表－1 の通りである。次いで、図－2 に示すような装置にセットして浸透水を供試体下部から、流速 $8.33 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ の割合で、流量を増加させる方法で与え 0.0850cm/sec に達した後、流速 $8.33 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ の割合で流量を減少させた。ここで、流速増加割合は、(流速 (cm/min)/ 供試体長さ (cm)) = $0.005 (\%/min)$ として決めた。そして流速が変化する間の流量、差圧、温度、表面変位量を計測した。但し、所定の流速まで上げて変化が見られない試料については流速を 1.5 倍、2 倍まで上げた。

4. 試験結果

例として $106 \sim 4000 \mu\text{m}$ (e_{mid})、 $1180 \sim 4000 \mu\text{m}$ (e_{min}) の結果をそれぞれ図－3、4 に示した。但し、ここでの流速は間隙

比を考慮し、 $v = (e/(1+e))^2 v_t$ で隙間流速を求めた。ここでの v_t : 試験時の平均流速である。

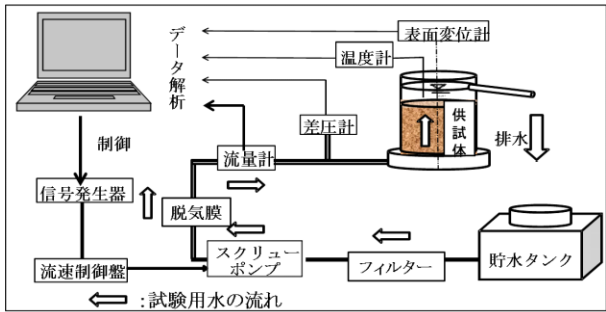
試験結果の例として示した、図－3 では、流速－動水勾配関係が変化したときに、表面変位量が増加した。また、図－4 では、流速－動水勾配関係に変化は認められないが、供試体上面の土粒子が断続的に変動した。これらから、図－3 は、限界動水勾配に達しての破壊、図－4 は、限界流速に達して



図－1 試験手順フローチャート

表－1 目標間隙比と振動時間

締固め度の呼称		e_{max}	e_{mid}	e_{min}
締固め振動時間		0 秒	40 秒	180 秒
粒 径 範 囲 (μm)	106～355	1.712	1.667	1.619
	106～1180	1.341	1.300	1.255
	106～4000	1.140	1.099	1.054
	355～1180	1.384	1.357	1.328
	355～4000	1.293	1.266	1.237
	1180～4000	1.343	1.317	1.290



図－2 試験装置概略図

の破壊と判断できた。これらの結果に基づいて、限界動水勾配と限界流速を図-5 のようにし、判断することにした。

5. 限界動水勾配・限界流速の表記法の検討

図-6 には、 $D_{\max}$ 一定、 U_c 、 $D_{\min}$ を変化させた供試体の結果をまとめて示した。図-6 から、 $106 \sim 4000 \mu\text{m}(e_{\text{mid}})$ は限界動水勾配、 $355 \sim 4000 \mu\text{m}(e_{\text{mid}})$ は限界流速でそれぞれ破壊した変化が見られ、 $1180 \sim 4000 \mu\text{m}(e_{\text{mid}})$ は変化が見られなかった。これから、浸透破壊の規準を整理すると、図-7 のようになるだろう。限界動水勾配、限界流速いずれかの破壊は、土の粒度や締固め度によって決まり、流速－動水勾配関係の勾配に依存すると思われるが、図-7 で表すことで、両破壊規準を同時に評価でき、かつ両者の関係を把握することができる。

本研究で実施した試験では、図-7 のように表記整理すれば、それらを表すことができそうであることがわかった。また、本研究では $106 \sim 4000 \mu\text{m}$ の範囲に粒度調整したまさ土を対象にしたが、今後、更に広い粒径範囲の土や、浸透破壊に起因した、しらすのような土について本研究の方法で、検討を進めることが期待される。

参考文献 1)長瀬迪夫(1987):浸透破壊に対する考え方と破壊発生条件—諸文献における記述と用例—, 応用地質年報, No.9, pp.43~124. 2)梅村順(2009):流速制御型浸透破壊試験装置の製作とそれを用いた限界流速・限界動水勾配の検討, 地盤工学会誌, 第57巻, 9号, pp.22-25.

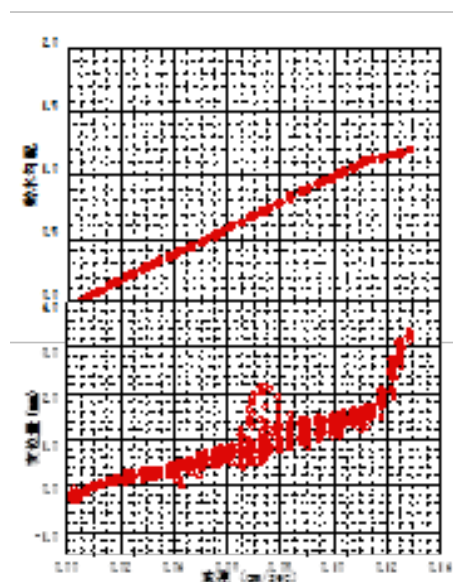


図-3 $106 \sim 4000 \mu\text{m}(e_{\text{mid}})$
流速－動水勾配・変位量関係

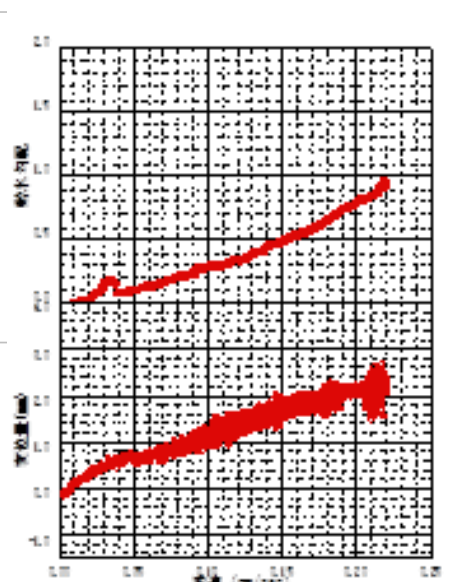


図-4 $1180 \sim 4000 \mu\text{m}(e_{\text{min}})$
流速－動水勾配・変位量関係

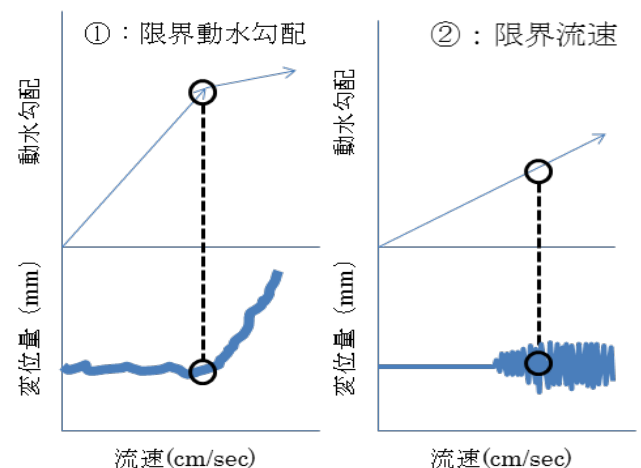


図-5 浸透破壊判断規準

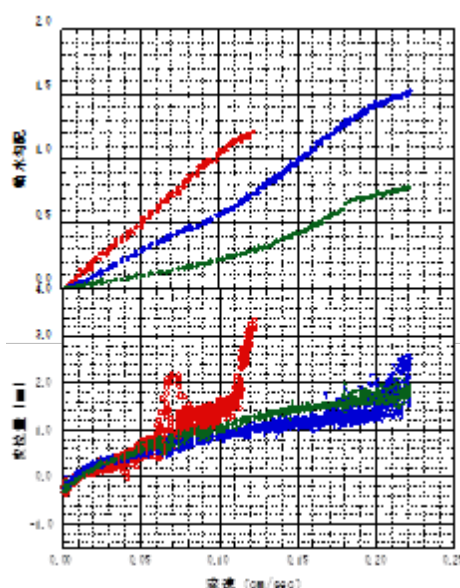


図-6 $D_{\max}$ 一定、 U_c 、 $D_{\min}$ 変化時の試験結果

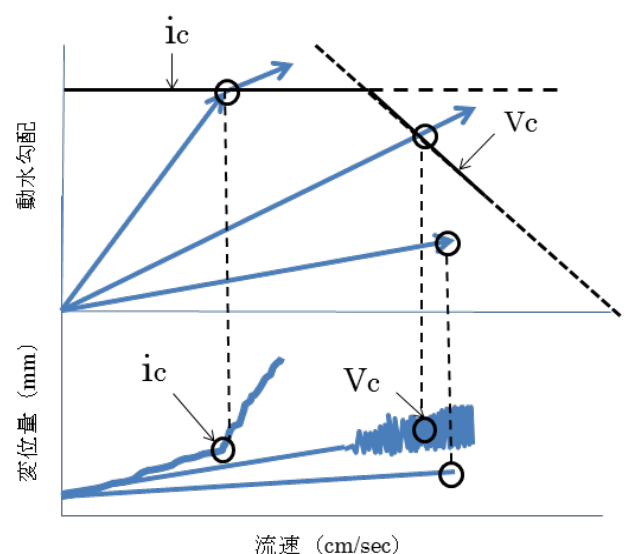


図-7 浸透破壊の判断規準表記法