

浸透破壊における粒度組成を考慮した土の限界流速式の提案

中部大学 学生員○中島 賢
中部大学 正会員 杉井 俊夫
中部大学 正会員 山田 公夫

1. はじめに

ダムの建設、河川付近などの地下水位の高い地盤での掘削工事においては浸透破壊に対する安全性がつねに問題となる。こうした浸透水に起因した地盤の浸透破壊について、これまで著者らは、均一粒径を用いた鉛直 1 次元における浸透破壊、及び限界動水勾配、限界流速の面から検討してきた。その結果、Terzaghi 式、多粒子限界流速式、流動化開始速度により満たされることを確認してきた¹⁾ が、実際の地盤を構成する土質の非均質性、粒度分布、粘性度など、種々の課題が残されている。本研究は、限界動水勾配では表現できない粒度組成を考慮した限界流速式の提案を試みるものであり、今回、破壊時の流速について実験結果から検討を行った。

2. 実験方法

試料は、春日井市松本町造成土をふるい分けし、図-2 に示す粒径範囲 4.75~0.075mm、Gs:2.65) の試料を作成し使用した。浸透破壊実験における試料の破壊点を正確に測定するためにレーザー変位計を用いた。その時、微小の水面変動がレーザー変位計の測定値に影響をあたえるため、透水管上面に設置したアクリル版を透し、レーザー変位計で変位を検出することとした。図-1 の昇降式給水装置により約 5 cm 間隔で水位を上げていき、約 10 分、流量が安定するまで待つ。安定した時の流量と試料下端の圧力水頭を測定する。これを繰り返して限界状態の付近より約 1 cm ずつの割合で上げていく。レーザー変位計と圧力計は 1 秒間ごとに計測されコンピュータに出力される。浸透破壊実験終了後、試料の乾燥重量をはかり、粒度試験、密度試験を行う。なお、実験装置図(図-1)の流量計をもとに流量を求め、あらかじめ試料の透水係数を求めておく。

3. 実験結果と考察

破壊の認定にはレーザー変位計による試料表面の変位を計測し、表面膨張開始時としている。時間経過と試料表面の変位、および全水頭のグラフの一例を図-3 に示す。この図より、今回は 0.5mm 以上の変位が発生した時を表面膨張開始時と判断、破壊発生と決定した。なお、破壊した瞬間の流速をより正確に求めるため、そのときの圧力差から動水勾配を求め、あらかじめ測定し求めておいた透水係数より、破壊時の流速を算出した。

表-1 に実験結果を示す。この結果より、これまで著者らが行った均一粒径試料¹⁾ より Terzaghi の限界動水勾配とのばらつきが大きいといえる。破壊時の流速 V/n は均等係数

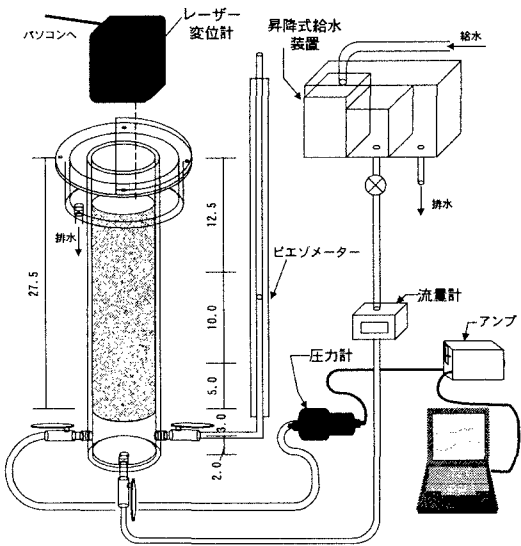


図-1 実験装置図

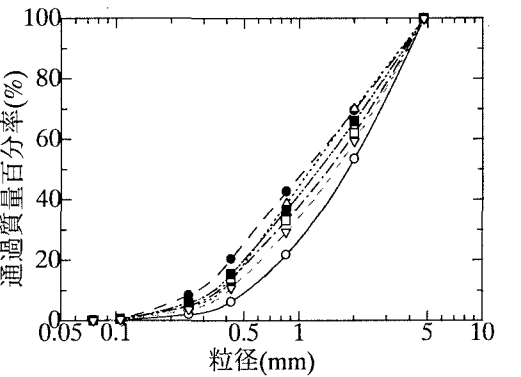
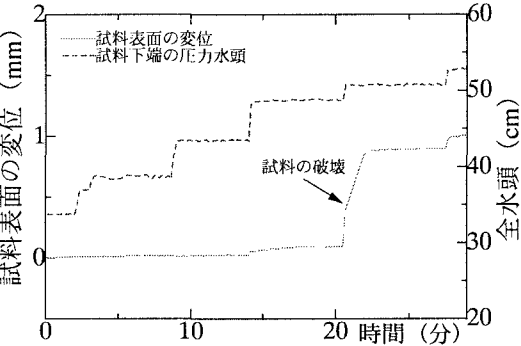


図-2 粒度分布図



表一 均等係数に伴う実験結果

均等係数 U_c	透水係数 (cm/s)	密度 (g/cm ³)	間隙率 (%)	間隙比	破壊時の 動水勾配	テルツァキの限 界動水勾配	破壊時の 限界流速 v/n (cm/s)	D_{10}	D_{30}	D_{60}	曲率係 数 U_c'	平均粒径 (mm)
4.3	2.67×10^{-1}	2.65	33.4	0.501	0.80	1.099	0.640	0.53	1.10	2.30	1.0	1.85
4.5	1.04×10^{-1}	2.64	30.9	0.448	1.65	1.129	0.557	0.40	0.78	1.82	0.8	1.39
4.6	8.31×10^{-2}	2.64	32.8	0.487	2.09	1.102	0.530	0.39	0.79	1.80	0.9	1.38
5.0	1.35×10^{-1}	2.65	34.2	0.520	0.93	1.086	0.367	0.41	0.85	2.04	0.9	1.60
5.2	9.08×10^{-2}	2.62	32.5	0.482	1.13	1.093	0.315	0.33	0.70	1.70	0.9	1.30
5.3	8.14×10^{-2}	2.64	35.3	0.547	1.02	1.060	0.235	0.36	0.77	1.90	0.9	1.40
5.5	5.33×10^{-2}	2.66	33.7	0.507	1.67	1.101	0.264	0.27	0.58	1.48	0.8	1.07

U_c が大きくなるにつれて小さくなっていくことが分かる。ここで、図一4のように今回の試料が均等係数と D_{10} 、 D_{30} 、 D_{50} 、 D_{60} の粒径とどのような関係が見られるか整理したところ、 U_c が大きくなると、各粒度分布の代表径は小さくなる傾向がわかり、 U_c が小さい粒径に依存している分布になっていることがいえる。

D_{10} 、 D_{30} 、 D_{50} 、 D_{60} と破壊時の流速との関係を、図一5に示す。相関はあまり高くはないものの右下がりの関係が得られた。この中では D_{10} が信頼性が高く、 V/n (破壊時の実流速) = $1.59D_{10} - 0.19$ という関係が導き出された。また、 V/n と U_c との関係を図一6に示す。このように、 $V/n = e^{3.21 - 0.85U_c}$ の関係があることがわかる。これより、 U_c が大きくなると小さな粒径の移動が浸透破壊に影響することが推測される。

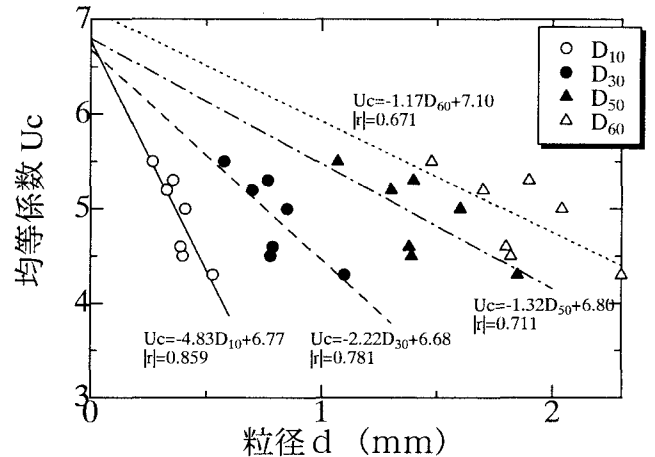
4. まとめ

今回、4.75～0.075mm の粒径範囲の試料を用いて実験を行った結果、破壊時の実流速 V/n と粒径 D_{10} 、均等係数 U_c の間に $V/n = 1.59D_{10} - 0.19$ 、 $V/n = e^{3.21 - 0.85U_c}$ というユニークな関係が得られた。

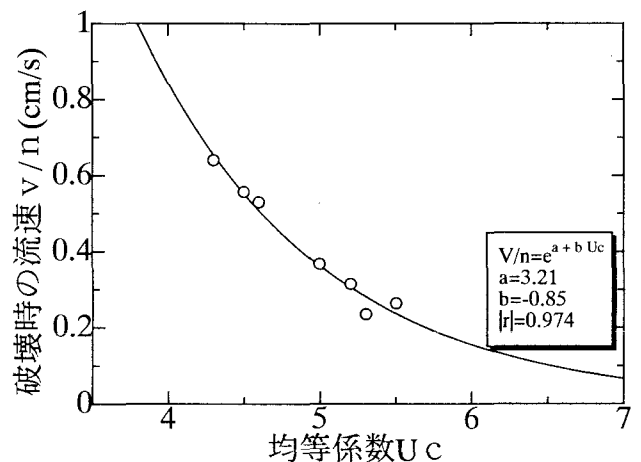
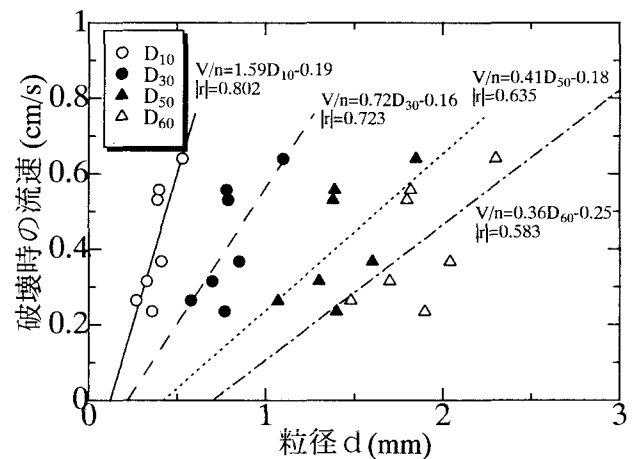
今後、均等係数が等しい、異なる粒径範囲の試料についても検討して行く予定である。

5. 参考文献

- 1) 杉井俊夫・佐藤健・宇野尚雄・山田謹吾：浸透破壊の発生プロセスと土の非均質性、土と基礎、37-6(377)、pp17-22,1989
- 2) 杉井俊夫・山田公夫・宇野尚雄：乱流域における浸透破壊時の限界流速、第33回地盤工学研究発表会、pp1853-1854,1998
- 3) 中島賢・杉井俊夫・山田公夫：粒度組成を考慮した土の限界流速、第34回地盤工学研究発表会、pp1269-1270,1999
- 4) 杉井俊夫・宇野尚雄・平野貴士・吉田敬：粒度配合を考慮した浸透破壊の発生機構、第38回土質工学シンポジウム、pp17-24,1994



図一4 均等係数と代表径の関係図



図一6 均等係数と流速の比較図