

「空気圧入法」と「水分法」による間隙径分布の関係

岐阜大学工学部 フェロー 宇野 尚雄
 岐阜大学工学部 正会員 神谷 浩二
 岐阜大学大学院 学生会員 ○今枝 真澄
 岐阜大学工学部 武藤 敏央

1. はじめに

土の間隙構造を表現する要因である間隙径分布を「空気圧入法」(以下、圧入法と略称する)と「水分法」により求めたところ^{1),2)}, 原理的相違性のためか、間隙径分布は異なることが判明した³⁾。圧入法とは土の複雑な間隙部分をまっすぐな連続した円形毛管の集合体とみなす毛管モデルの仮定に基づき、飽和試料への空気圧入により、その圧入圧力と空気透過量の関係から間隙径分布を計測する方法であり、水分法では任意の高さの毛管モデル中を水が毛管上昇しているとき、その毛管束の含水状態が土の水分特性曲線に等しいとして、毛管束の管径分布を土の間隙径分布とみなして推定する方法である。そこで、本報告は、圧入法と水分法による間隙径分布の関係を、間隙がインクビン状に太くなったり細くなったりする“間隙くびれ”という間隙構造特性の視点で、検討するものである。

2. 圧入法と水分法による間隙径分布

両手法による間隙径分布を示したのが図-1 のようである。水分法では、水分特性曲線の排水過程と浸透過程でヒステリシスにより2つの間隙径分布が得られており、図中の一点鎖線、二点差線および破線は間隙径分布の全体像を調べるために、van Genuchten の水分特性曲線推定式に基づき表したものである⁴⁾。また、圧入法による間隙径分布は、粒度に関係なく水分法によるものより均等になっている。なお、圧入法では空気圧入に伴う間隙水の排水現象を扱うため、圧入法による間隙径分布との対比には排水過程で得られるものを用いる。

両手法による間隙径分布のずれは、両手法による間隙径が同じものであることから³⁾, 横軸方向ではなく縦軸方向、即ち間隙体積の評価によるものであり、間隙くびれの視点から以下に検討する。

3. 間隙構造が与える影響

Wittmann は、ある間隙径分布(間隙径 $d_p(\text{mm})$ ~ 存在確率 $P(\%)$)を有する微小厚さのフィルタ層が m 層重なった試料層を粒子群が通過できるときの粒子の通過率 $1-P^*(\%)$ を確率論により次式で表現した⁵⁾。

$$P^* = \left\{ 1 - (1 - P/10^2)^m \right\} 10^2 \quad (\%) \quad (1)$$

式(1)は、まっすぐな m 回太さが変わるパイプの体積を、その最もくびれた部分での太さに近似した太さの変化のないパイプの体積に修正するものととらえることができる。そこで、間隙くびれの影響を表現するために、 P を水分法による $V_r(\%)$, P^* を圧入法による $V_b(\%)$ とみなして、水分法による $V_r(\%)$ を修正したものを混合砂について示したのが図-2 である。その結果、なだらかな分布型であった水分法による間隙径分布が、圧入法による間隙径分布に近づき、 m の値が 2~3 のときに比較的合致しており、間隙くびれの存在により間隙径分布が均等になることが表現されている。また、圧入法による平均間隙径 $d_e^*(\text{mm})$ の水分法による50%間隙径 $d_{m50}(\text{mm})$ に対する比 d_e^*/d_{m50} は、いずれの試料も m の値が3のときに0.95~1.10となっている。

ところで、Soriaによれば⁶⁾, 式(1)の m の値を(フィルタ層高さ)÷(フィルタ材の代表粒径(例えば、50%粒径 D_{50}))で定義して求めるが、標準砂では $m=155$, 混合砂で $m=87$ となり、上述の m の値との差異は大きい。よって、 m の値について次に考察する。

図-3 は、試料層高さにより m の値が変わるのかを点検するために、粗砂の試料に対して圧入法により試

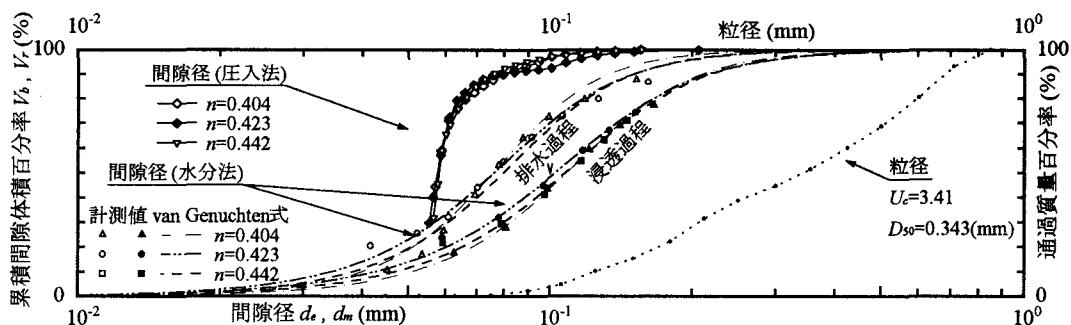


図-1 圧入法と水分法による間隙径分布(混合砂)

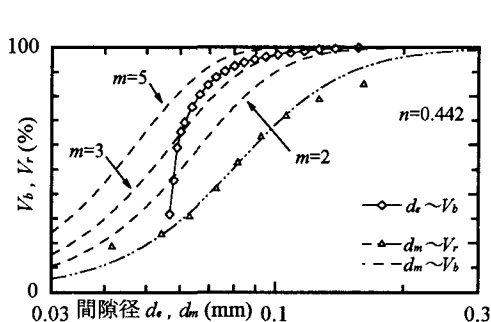


図-2 水分法による間隙径分布の修正(混合砂)

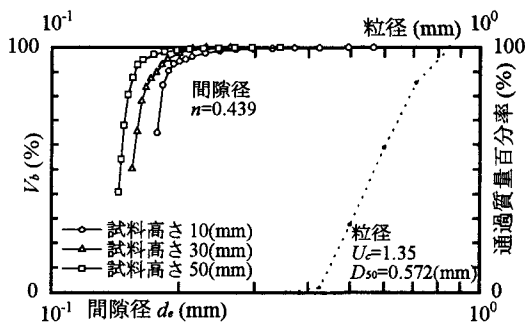


図-3 圧入法による間隙径分布(粗砂)

料層の高さを変えて計測した間隙径分布を示したものである。上述の m の値を算定する定義に従うと、試料層高さ 10(mm)での間隙径分布を高さ 30(mm), 50(mm)での間隙径分布に修正するための m の値は、それぞれ $(30-10)/0.572 \approx 35$, $(50-10)/0.572 \approx 70$ を得る。しかしながら、図-3 で示す計測された間隙径分布では、高さ 30(mm)で $m=2$, 50(mm)で $m=3$ 程度である。以上のことから、 m の値は、試料層高さのみでは決まらず、圧入法と水分法による間隙径分布の関係で考えるような小さな値になりうると言える。

圧入法では、試料層中を空気が流れる際には、間隙くびれが存在することによって空気はその圧入圧力に応じて、より大きな間隙径部分へと流路を変えて流路長が大きくなると考えらる。つまり、流路長の変化にともなって各間隙径における m の値も変化することが推察され、この点から m の値を検討して、圧入法と水分法による間隙径分布の関係を考察することが今後、必要である。

4. おわりに

本報告では、間隙くびれの視点から圧入法と水分法による間隙径分布の関係を考察した結果、間隙くびれにより、なだらかな分布型の間隙径分布は均等な分布型になることがわかり、圧入法と水分法による間隙径分布のずれに間隙くびれが原因の一つになっていると考えた。

【参考文献】 1) 神谷・宇野・松島:「空気圧入法」による砂質土の間隙径分布の計測, 土木学会論文集, No. 541/III-35, pp. 189-198, 1996. 2) 土壌物理研究会編: 土の物理学—土質工学の基礎—, 森北出版, pp. 199-238, 1979. 3) 神谷・宇野・田中:「空気圧入法」と水分特性曲線法による間隙径分布, 土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集 III-A237, pp. 474-475, 1997. 4) van Genuchten, M.Th.: A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soil, Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 44, pp. 892-898, 1980. 5) Wittmann, L.: The Process of Soil-Filtration—Its Physics in Engineering Practice, Proceedings of the 7th European Conference on Soil Mechanics and foundation Engineering, Vol. 1, pp. 303-310, 1979. 6) Soria, M.H.A., Aramaki, R.T. and Viviani, E.: Experimental Determination of Void Size Curves, Filters in Geotechnical and Hydraulic Engineering (edited by Brauns, J., Heibbaum, M. and Schuler, U., Proceedings of the 1st international Conference "Geo-Filters", 1992), A.A. Balkema, pp. 43-48, 1993.