

Ⅲ-A237

「空気圧入法」と水分特性曲線法による間隙径分布

岐阜大学工学部 正会員 神谷 浩二
同 上 フェロー 宇野 尚雄
(株)大林組 田中 路路

1. まえがき 地盤内の注入材挙動に影響を及ぼす間隙径分布を計測する簡便法として、筆者らは「空気圧入法」(以下、圧入法)を提案した¹⁾。本報告は、圧入法による間隙径分布と参考文献 2) に紹介されている水分特性曲線から推定する手法(以下、水分法)によるものを対比するものである。

2. 圧入法と水分法 圧入法は、飽和試料への空気圧入により、一次元方向に貫通する空気道が形成された間隙部分を毛管モデルで近似し、その圧入圧力と空気透過量の関係から間隙径分布を求める方法である¹⁾。一方、水分法は、水-空気界面が三次元的に形成された間隙部分を毛管モデルで近似し、その毛管束の水分特性曲線から求められる管径分布を土の間隙径分布とする方法である²⁾。圧入法による間隙径 d_e (mm)と水分法による間隙径 d_m (mm)は、それぞれ圧入圧力 h_a (cm)とサクシヨン h_p (cm)を用いて次式により求められる。

$$d_e = \frac{4\sigma}{\rho_w g h_a} \cdot 10^4 \quad (1),$$

$$d_m = \frac{4\sigma}{\rho_w g h_p} \cdot 10^4 \quad (2)$$

ここに、 σ : 水の表面張力(N/m)、 ρ_w : 水の密度(g/cm³)、 g : 重力加速度(cm/s²)

また、間隙体積を表す累積間隙体積百分率 V_b (%) (圧入法)、 V_r (%) (水分法)をそれぞれ求め、間隙径分布は、 $d_e \sim V_b$ 関係、 $d_m \sim V_r$ 関係によってそれぞれ表される。

3. 間隙径分布の対比 水分法では、水分特性曲線の排水と浸透過程でのヒステシスのため、図-1 のように2つの間隙径分布が得られる(水分法の一点鎖線、二点鎖線及び破線は、van Genuchten の水分特性曲線推定式に基づいて表したものである)³⁾。しかしながら、以下の対比には、圧入法によるものが空気圧入に伴う間隙水の排水現象で得られるため、その類似現象である排水過程でのものを用いる。

図-1 によれば、圧入法による間隙径分布は、水分法によるものに比べ、粒度に関係なく狭い範囲で頻度が高い均等な分布となる。また、図-2 のように、圧入法による平均間隙径 d_e^* (mm)は¹⁾、水分法による50%間隙径 d_{m50} (mm)の8~9割の大きさである。なお、図-2 には浸透過程での d_{m50} に対する比も併せて示した。

【 d_e と d_m 】 図-3 の水分特性曲線(飽和度 S_r (%) $\sim h_p$ 関係)と S_r ~比透気係数 k_{ad}/k_{ad} (k_{ad} : 湿潤土の透気係数(cm/s)、 k_{ad} : 炉乾燥土の透気係数(cm/s))関係の対比から⁴⁾、 $k_{ad}/k_{ad} \sim h_p$ 関係を調べたのが図-4 である。圧入法において得られる $k_{ad}/k_{ad} \sim h_a$ 関係と重ね合わせると、 $h_a = h_p$ とみなせる。両手法の間隙径を求めるそれぞれの式(1)、(2)を比較すると $d_e/d_m = h_p/h_a$ であるため、 $d_e = d_m$ となり、両手法の間隙径は同じものである。

【分布範囲】 図-3 の $S_r \sim k_{ad}/k_{ad}$ 関係では、 $S_r = 0 \sim 10\%$ 程度するとき $k_{ad} \approx k_{ad}$ となる傾向にあり、一次元方向の空気流に寄与しない微細な粒子間隙や空気流に垂直な方向の間隙部分が全間隙の10%程度あることを表している。即ち、圧入法では、そのような間隙部分が評価され難いことが予想される。そのため、図-1 のように、圧入法では小さな間隙径の範囲が計測されず、水分法によるものより分布範囲が狭くなると考えられる。

【 V_b と V_r (分布型)】 図-1 より、ある間隙径に対応する V_b と V_r の差は、最小で数%、最大で60%程度である。砂層のある断面の間隙が隣り合う断面の間隙に連結するとき、空気道の形成は小さい方の間隙径を有する間隙部分に依存する。それ故、圧入法では、太さが変化した湾曲するある間隙部分の最小部の径が間隙径として評価され、その最小径を有する毛管束でその間隙部分を近似することにより、大きな径を有する部分の体積が最小径の体積として評価されることが予想される。そのため、圧入法では、水分法に比べて、大きな間隙径の存在がわずかで小さな径が多く存在するという評価を与えていると考えられる。

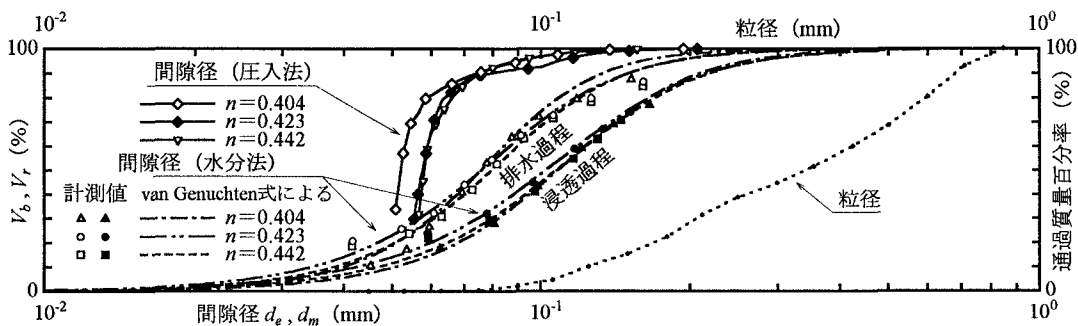


図-1(a) 水分法と圧入法による間隙径分布 (混合砂)

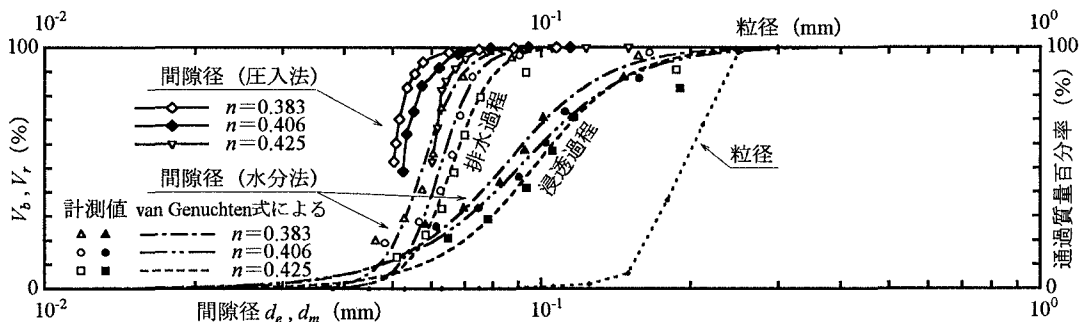


図-1(b) 水分法と圧入法による間隙径分布 (標準砂)

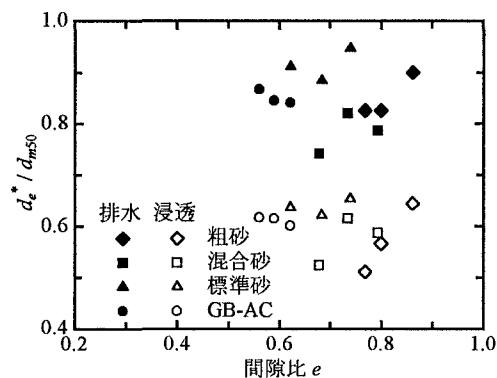


図-2 平均間隙径 d_e^* (圧入法) と 50% 間隙径 d_{m50} (水分法)

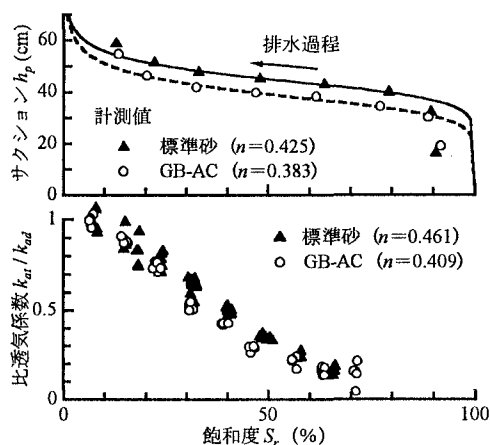


図-3 飽和度とサクシオン, 比透気係数の関係

4. あとがき 本報告では, 圧入法による一次的評価の間隙径分布は, 水分法による二次元的評価のものに比べ, ①粒度に関係なく狭い範囲で頻度が高い均等な分布となること, ②平均(代表)間隙径はの 8~9 割の大きさとなることなどを示した。

《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) van Genuchten, M.Th.: A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol.44, pp.892-898, 1980. 4) 宇野・神谷・鬼頭・杉井: 湿潤土の透気係数について, 第 5 回地盤工学シンポジウム論文集, pp. 77-82, 1993.

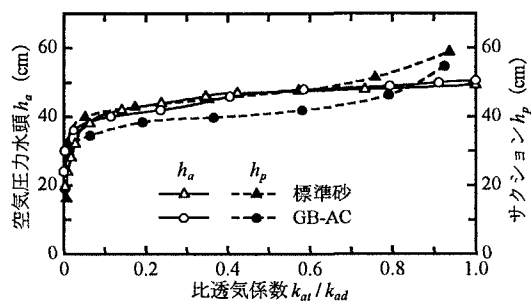


図-4 空気圧力水頭 h_a とサクシオン h_p