

Ⅲ-A283 間隙径分布の変化からみた懸濁系注入材の滞留特性

岐阜大学工学部 正会員 神谷 浩二
同 上 フェロー 宇野 尚雄
建設省名古屋地方建設局 加藤 阿由美
(株)東海コンクリート 山田 義之

1. まえがき 本研究は、地盤注入材の挙動に影響を及ぼす砂層の間隙構造の視点で、懸濁系注入材の浸透機構を解明することが目的である。本報告では、浸透注入した砂層の間隙径分布を筆者らが提案した「空気圧入法」(以下、圧入法と呼ぶ)と従来法としての「水分法」によりそれぞれ調べて^{1), 2)}、注入に伴う間隙径分布の変化の特徴から注入材の侵入・滞留について考察する。

2. 圧入法と水分法による注入砂層の間隙径分布 水で飽和した砂層(長良川砂、直径 ϕ 5cm、深さ $z=14$ cmの円柱体)の上下端に全水頭差 $\Delta h=50$ cm程度を負荷した状態で、懸濁系注入材(懸濁粒子(カラスビースト GM-B)を水で溶いたもの)を砂層へ鉛直一次元下向きに浸透注入させる³⁾。そして、注入終了後に、注入砂層の深さ $z=4\sim 6$ cm範囲の砂層部分を乱さずに取り出して、圧入法と水分法により間隙径分布をそれぞれ調べた。

圧入法は¹⁾、飽和試料への空気圧入により得られる圧入圧力と試料層を通過する空気の流量の関係をを用いて、毛管モデルの仮定の基でそれぞれ求める間隙径 d_e (mm)と間隙体積を表す累積間隙体積百分率 V_v (%)の関係で間隙径分布を表すものである。一方、水分法は²⁾、毛管モデルの基で、土の水分特性曲線のサクションを間隙径 d_m (mm)に、体積含水率を累積間隙体積百分率 V_v (%)にそれぞれ変換して、 d_m と V_v の関係で間隙径分布を表すものであり、圧入法とは原理的に相違し得られる分布も異なる²⁾。なお、本報告の水分法による分布は排水過程の水分特性曲線から求めたものである。

(1) 圧入法による分布 図-1には、懸濁粒子の滞留量 m_r (g)の増加による砂層の間隙径分布の変化を示し、注入前の砂層の間隙径分布、懸濁粒子の粒度をそれぞれ重ね合わせて示した。また、図中には、注入前と後の間隙率 n と $n_r=n-(m_r/\rho_s)/V$ (ここで、 ρ_s (g/cm³)は懸濁粒子密度、 V (cm³)は分布を調べた砂層の全体積)をそれぞれ併記した。滞留量の増加による間隙率の減少に伴い、小さな間隙径部分が径の小さい方へ減少して現れ間隙径の分布範囲が広くなり、圧入法の最小間隙径 $d_{e,min}$ (mm)は懸濁粒子の粒径の大きさに近づく傾向にある。また、小さな間隙径部分に対応する V_v 値が大きくなり圧入法で評価される間隙体積量が減少する。

圧入法では、空気流に寄与する間隙部分のみを毛管モデルで表現したときの間隙径分布が得られる特徴がある²⁾。従って、図-1の間隙径分布は、注入材の流れに寄与する間隙部分のみの分布変化を表したものとみること可能である。

(2) 水分法による分布 図-2(a)には、注入前と後の砂層の間隙径分布(図中の破線と実線は van-Genuchtenの水分特性曲線推定式に基づく関係²⁾)、懸濁粒子の粒度をそれぞれ重ね合わせて示し、注入前と後の間隙率 n と n_r をそれぞれ併記した。間隙率の減少に伴い、間隙径の全範囲で V_v 値は大きくなり、水分法で評価する間隙体積量は減少する。なお、 $d_m=0.06$ mm以下の範囲での分布は0より大きな V_v 値に漸近する傾向にあるが、この部分の V_v 値は懸濁粒子の滞留によって形成された微細な間隙径部分の体積量に相当すると考えられる。

一方、図-2(a)に破線、実線で示した間隙径分布を用いて、縦軸の $V_v/10^2$ を横軸の d_m で微分した値を d_m に対して示したのが図-2(b)である。間隙率の減少により、間隙径の最頻値は殆ど変化しないが間隙径の全範囲で頻度は低下し、また、大きめと小さな間隙径範囲で頻度が0に近づいて分布範囲が狭くなる傾向にある。

水分法では、圧入法で評価する間隙部分に加えて、空気流、即ち、注入材の流れに寄与し難い間隙部分(流

浸透注入、間隙径分布、空気圧入法、水分法、砂質土

〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 Tel : 058-293-2421 Fax : 058-230-1891

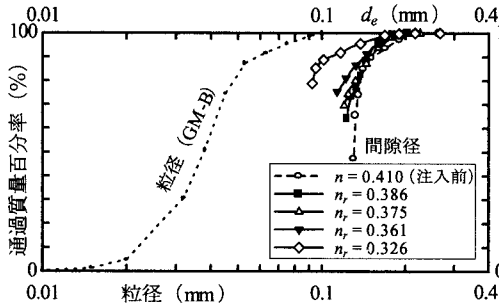


図-1 圧入法による注入砂層の間隙径分布

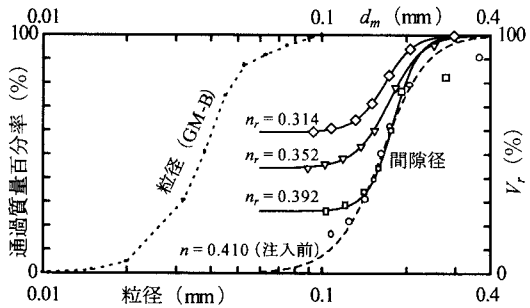


図-2(a) 水分法による注入砂層の間隙径分布

れの激みが生じる部分)に対しても評価を与える特徴がある。換言すると、圧入法と水分法による分布の差は、激みが生じる部分であり瘤状に広がる間隙部分の影響によるものである²⁾。

3. 注入材の滞留特性 図-3は、図-1と図-2(a)にそれぞれ示した注入後砂層の間隙径分布を用いて、圧入法と水分法により評価された間隙部分の全体積量としての $100 - V_b(d_{e,min})$ に対応する V_b 値を用いて算出)と $100 - V_r(d_m = 0.06\text{mm})$ に対応する V_r 値のそれぞれを間隙率 n_r に対して示したものであり、注入前に関する間隙率 n に対しての関係をそれぞれ併記した。水分法の結果では間隙率の減少に比例して評価体積量も減少するのに対して、圧入法では評価体積量は徐々に減少し難くなる傾向にあり、一方で、両手法の体積量は近づく傾向にある。従って、注入開始後の初期の段階では、注入材の流れに寄与する間隙部分で懸濁粒子が砂粒子表面に付着する滞留が支配的で、その後、圧入法で評価し難い瘤状間隙に懸濁粒子が蓄積する滞留が進行すると推定される。

ところで、図-1と図-2で前述したように、圧入法による分布では間隙体積量とともに間隙径 d_e が減少するが、水分法では間隙径 d_m の減少傾向が認められ難い。これは、圧入法の d_e が一次元的な流れ方向に対する間隙断面の大きさに相当するのに対し、水分法の d_m が瘤状の三次元的な間隙空間の大きさに相当する結果によると考えられる。一方で、図-1で前述した滞留増加により圧入法の間隙径が懸濁粒子径の大きさに近づくことに対して、注入実験では滞留量が増加するとともに砂層内への侵入量が増加し難くなるのが観察された。即ち、流れ方向に関する圧入法の間隙径と懸濁粒子径の関係が、例えば最小径 $d_{e,min}$ と懸濁粒子の最大径としての85%粒径等との関係が、注入材の侵入のし易さを判断するのに有用なものと考えられる。

4. あとがき 本報告では、懸濁粒子の滞留量の増加に伴い、注入材の流れ方向に関する間隙部分に対して評価を与える圧入法では、間隙径が減少するとともに間隙体積の評価量も減少した注入砂層の間隙径分布が得られるのに対して、瘤状の間隙空間に対する水分法では体積評価量のみが減少する分布が得られることを述べた。そして、両手法の特徴を利用して、瘤状間隙に懸濁粒子が蓄積する等の注入材の滞留状況を推定した。

【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) 宇野, 神谷, 田中: 「空気圧入法」と「水分法」による砂の間隙径分布, 土木学会論文集, No. 603/III-44, pp. 35-44, 1998. 3) 宇野, 神谷, 木村, 川地: 浸透注入に伴う砂層の間隙径の変化, 第33回地盤工学研究発表会平成10年度発表講演集, pp. 1825-1826, 1998.

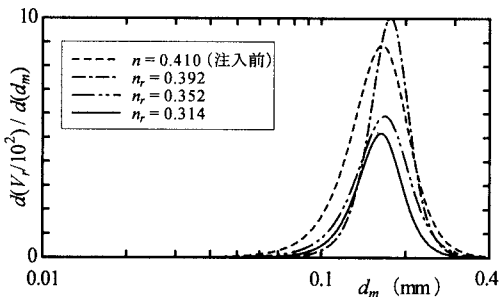


図-2(b) 水分法による注入砂層の間隙径の分布頻度

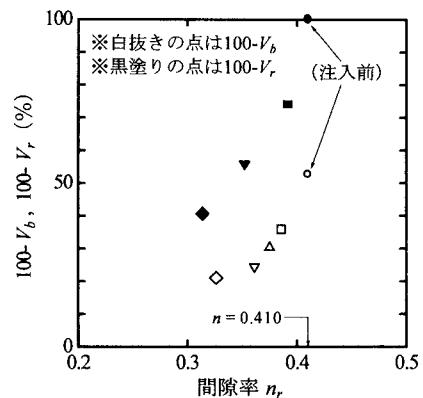


図-3 両手法で評価する間隙体積量の変化