

III-A 268

粒子注入実験による砂の間隙構造評価

岐阜大学大学院 学生会員 木村大介
 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

1. まえがき

本報告は、砂層への粒子注入実験に基づき、著者らが提案している「空気圧入法」により計測した間隙径分布と注入粒子粒度との関係性を調べるとともに¹⁾、砂の間隙構造について考察するものである²⁾。

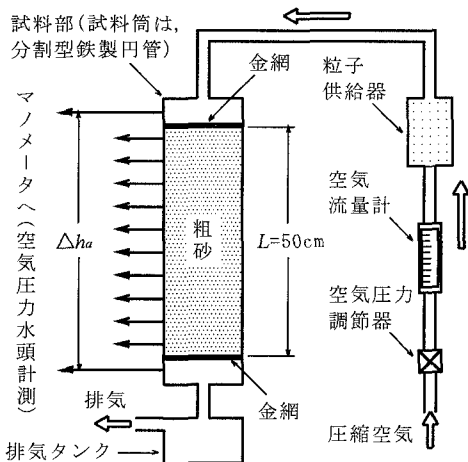
2. 粒子注入実験

粒子注入実験装置は図-1の装置全体概要図に示すように、空気圧力調節器、空気流量計、粒子供給器、試料部、マンメータ、排気タンクにより構成され³⁾、試料を充填する試料筒は内径5cm(断面積 $A=19.6\text{cm}^2$)、高さ $L=50\text{cm}$ の鉄製の円管である。

ある一定の空気圧力に調節した圧縮空气中に粒子供給器により注入粒子を分散させ、空気と粒子の混合流体を試料層上端に圧送し、試料層内に粒子を注入する。そして、そのときの空気流量 $Q_a(\text{cm}^3/\text{s})$ を空気流量計により、試料層上下端および試料層内の空気圧力水頭 $h_a(\text{cm})$ をマンメータにより、それぞれ計測する装置である。

実験試料には、注入対象砂として粗砂を、注入粒子としてガラスビーズ-AC、ガラスビーズ-AE、ガラスビーズ-AG(以下、GB-AC、GB-AE、GB-AGと略称)の3種類をそれぞれ用いた。図-2には各実験試料の粒度を示し、空気圧入法により計測した粗砂の間隙径分布(間隙率 $n=0.431$)を併記した。また、表-1は、各注入粒子の粒子密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、50%粒径 $D_{g50}(\text{mm})$ および粗砂の50%粒径 $D_{50}=0.559(\text{mm})$ 、計測した間隙径分布の平均間隙径 $d_e^*=0.148(\text{mm})$ と D_{g50} との関係をそれぞれ示したものである⁴⁾。

実験は、間隙径分布を計測したときと同じ間隙率になるように作成した炉乾燥状態の砂層に、炉乾燥した20g程度の注入粒子を微量ずつ圧送しながら、空気圧力および空気流量の経時変化をそれぞれ計測した。また、実験終了後には、砂層を5分割し、その分割した各砂層の注入粒子の残留量 $mfi(\text{g})$ を計測した。なお、炉乾燥状態の実験試料を用いるのは、粒子の粗砂への付着性を低減させ、注入状況から砂層の間隙の大きさと注入材粒度の関係を検討し易くするためである。



※金網の目の大きさは $300\mu\text{m}$

図-1 粒子注入実験装置全体概要図

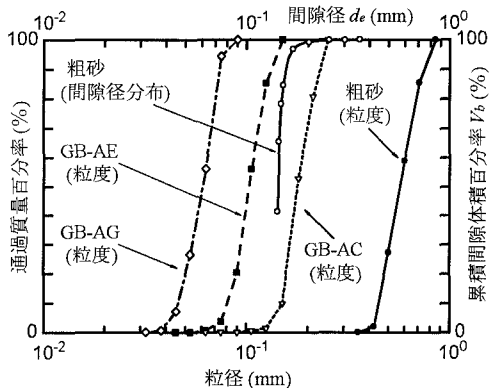


図-2 実験試料の粒度および間隙径分布

表-1 注入粒子の粒径と粗砂の粒径、間隙径

注入粒子	ρ_s g/cm^3	D_{g50} mm	D_{g50}/D_{50}	D_{g50}/d_e^*
GB-AC	2.496	0.178	0.32	1.21
GB-AE	2.495	0.103	0.22	0.70
GB-AG	2.486	0.0610	0.11	0.41

3. 実験結果

図-3に注入実験後の砂層の間隙率の変化を示す(图中的 $\Delta h_a(\text{cm})$ は実験開始時に試料層上下端に負荷した空気圧力水頭差である). なお, 5分割した各砂層の注入後の間隙率 n_i' は, 注入前の各砂層の間隙率 $n_i(n_i=nとす$ る), 粒子残留量 m_{fi} を用いて次式によって求めたものである.

$$n_i' = \frac{V_{vi} - V_{fi}}{V_i} = \frac{V_{vi} - m_{fi}/\rho_s}{V_i} = n_i - \frac{m_{fi}/\rho_s}{V_i} \quad (1)$$

ここに, V_{vi} : 各砂層の注入前の間隙体積(cm^3)

V_{fi} : 各砂層内に残留した粒子体積(cm^3)

V_i : 各砂層の全体積(cm^3)

いずれの注入粒子も砂層下端まで侵入しているが, 実験後の砂層の間隙率の変化からみると, GB-AGの侵入量は, GB-AC, GB-AEに比べて著しく多く, それは供給量に対して約75%である. また, 図-2や表-1より, 侵入可能と考えられるGB-AGの粒度は, 粗砂の粒度の約1割, 間隙径分布の約4割の大きさである.

4. 間隙構造の考察

前述のように, 侵入可能である注入粒子(GB-AG)の粒度は, 粗砂の間隙径分布の約4割の大きさであり, 間隙径分布付近の大きさの粒度を有するGB-AC, GB-AEはほとんど侵入不可能である. 計測した間隙径分布は, 複雑な間隙構造を連続した円形毛管の集合体で近似する毛管モデルの仮定に基づいたものであり, 実際の間隙の大きさを過大に評価している懸念がある. しかしながら, 本実験で用いた球形の注入粒子が砂層内に侵入するには, 「注入粒子の粒径に相当する空間(内接円)を有する間隙が存在しなければならない」ことから考えると, ある間隙部分の断面積あるいは間隙径の評価から侵入可能と考えられる注入粒子でも, 間隙の形によっては, 注入粒子の粒径にみあった空間が存在せず, その間隙部分を粒子が通過できなくなる可能性は十分にあり得る. 即ち, 侵入可能粒子の粒径と粗砂の間隙径のずれは, 間隙の形状が一因となっていることが考えられる. 一方, 表-2や図-3のように, GB-AGの侵入量がかなり多いことから, 粗砂では, 粗砂の粒度の1/10程度の大きさに相当する内接円を有する間隙が多く存在するような間隙構造であることが推定される. また, 図-2のように, 計測された粗砂の間隙径分布は比較的均等である. それに対し, GB-AC, GB-AEの侵入が若干みられることから, 均等係数の大きい粒子でも侵入する可能性があるものと思われる.

5. あとがき

本報告は, 砂層への球形粒子の注入実験に基づいて, 空気圧入法により計測した砂の間隙径分布と注入粒子粒度を比較し, 砂の間隙構造について考察した. その結果, ①侵入可能と判断される注入粒子の粒度は, 空気圧入法により計測された間隙径分布の約4割の大きさであること, ②注入粒子の侵入性には, 間隙径のみならず間隙の形状が影響すると考えられたこと, を示した.

【参考文献】 1)Uno, T. and Kamiya, K.: Air Intrusion Method to Measure Sand Void Diameter, Proc.of the 10th ARC on SMFE, Vol.1, pp.99-102, 1995. 2)宇野・神谷・木村: 粒子注入実験に基づく砂の間隙構造に関する考察, 第31回地盤工学研究発表会平成8年度発表講演概要集, 1996(掲載予定). 3)森・柴田・堀家: 地盤中への粉体注入現象の研究, 土木学会論文集, No. 445/III-18, pp. 27-35, 1992. 4)宇野・神谷・松島: 砂の粒度と間隙径分布の関係, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp. 339-340, 1995.

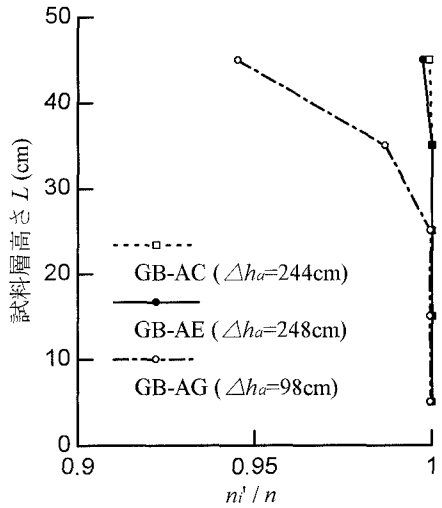


図-3 注入実験後の砂層の間隙率の変化