

フィルター層の透水性低下に関する研究

中部大学工学部 杉井俊夫
中部大学大学院○神戸知治
岐阜大学工学部 神谷浩二
岐阜大学工学部 宇野尚雄

1. まえがき

地下水低下工法、復水工法、ダムのフィルター材の設計の際に問題視されている目詰まりに対して、従来は流速や動水勾配、土粒子の粒径（粒径比）といった経験的な値により対策が行われてきた。そこで本研究は、この地盤破壊の誘因となる目詰まりを3種類の実験、透水実験、透気試験、水銀圧入法の結果を用い、間隙情報（平均間隙径、間隙径分布）の視点からフィルター層の目詰まり発生条件について検討を行った。

2. 試料および実験概要

試料はフィルター材:Fと原土材:Bの2種類を使用することにし、フィルター材には均一粒径である砂およびガラスビーズ（記号をF₀とする）を用いた。原土材には試料を2種類（豊浦標準砂:B_Hとシルト:B_{NS}）用意し、フィルター材の粒度分布によって使い分けた。そこで図-1は原土材をB_{NS}とした場合に用いたフィルター材の粒度分布図を示す。このフィルター材と原土材を図-2に示した透水実験装置に所定の乾燥密度で試料高さが38mmと32mmになるよう均等に詰め装置にセットし、給水タンクを一定の割合で上昇させる。その都度、各試料境界部の水頭および越流部においての単位時間当たりの流量の測定を行った。また間隙情報においては、水銀圧入法によりフィルターの間隙径分布の測定および透気試験からKozeny-Carman式に基づく比表面積から平均間隙径を導き出した。

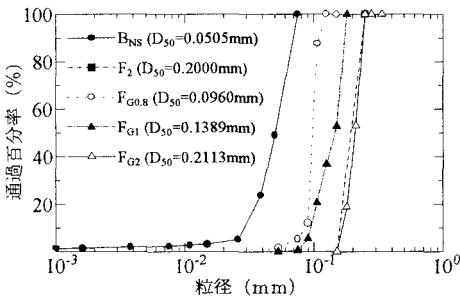


図-1 粒度分布図

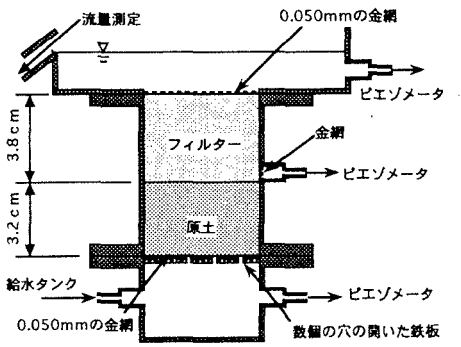


図-2 透水実験装置図

3. 結果および考察

透水実験の結果を図-3に示す。縦軸に流速V、横軸にフィルターに作用する動水勾配iをとり、図中の実線及び破線においては、フィルターのみの透水実験で得られた透水係数を表している。実験結果から、原土材の動水勾配が流動可能な状態である限界動水勾配を越えたときに目詰まりが起り、透水性の低下が現れている。なおそれぞれの最終読でのレイノルズ数が0.028, 0.033であることから、管内の流れは層流であり、乱流の影響はないと考えられる。またフィルター材の乾燥密度に視点を向けると、 $\gamma_d=1.50\text{g/cm}^3$ の場合に比べ $\gamma_d=1.45\text{g/cm}^3$ の場合は透水性の低下が早期に現れ、フィルター密度が小さいほど透水性の低下(目詰まり量)が多いと推察される。

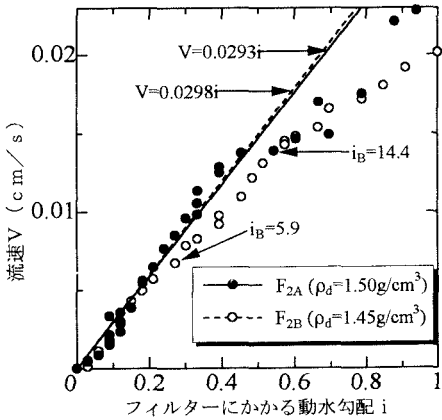


図-3 透水性低下の比較

次に、この目詰まり原因をフィルター材の間隙情報と原土

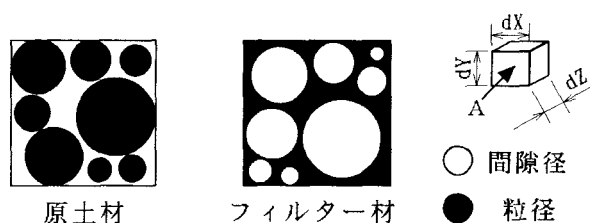


図-4 単位体積中の試料状態

表-1 R以下の原土材含有率および流入可能率の比較

フィルター	原土	透水実験の目	流入可能率	平均間隙径	R以下の原土
F	B	詰まり発生	(%)	R(μm)	材含有率(%)
F5	BH	無し	21.4	87.8	0.6
FG0.8		無し	19.1	25.5	7.1
FG1	BNS	有り	29.7	32.1	16.5
FG2		有り	38.3	66.8	88.8
F2A		有り	37.9	58.3	69.4
F2B		有り	47.4	62.9	75.9

材の粒径から考えてみる。図-4は立方体をA方向から見た図である。これらはフィルター及び原土に存在する間隙径と粒径を示している。単位体積当たりに含まれるフィルターの間隙径及び原土の粒径とその径ごとの体積含有率を図-5に示す。上の図は間隙径および粒径の含有率を示しており、下の図はその含有率を累積した図である。上の図中のハッチで示した面積部分の粒径は、その径において間隙径よりも小さいことがわかり、フィルター内へ流入する可能性がある原土と考えられる。これを透水管断面当たりの流入可能率と呼ぶことにする。なお流入可能率は上の微分図の横座標交点と下の累積図の縦座標から求められる。表-1より流入可能率が29.7%以上の試料では透水性が低下しており、目詰まり発生に流入可能率が起因していると考えられる。しかし、流入可能率を求めることは水銀圧入法等の特別な試験を必要とする。そこで容易に間隙径を評価できる透気試験により平均間隙径を求めた。図-5の矢印はフィルター材の平均間隙径の大きさを示す。また、図-6には平均間隙径以下の原土材の含有率を調べ流入可能率との関係を示した。これより流入可能率及びR以下の原土材含有率がある一定値を越えると目詰まり発生の傾向が強いと見えよう。さらに流入可能率と平均間隙径以下の含有率の間には相関性があることがわかり、実用法として簡単な透気試験による平均間隙径を用いた目詰まりの発生予測法が有効であると考えられた。

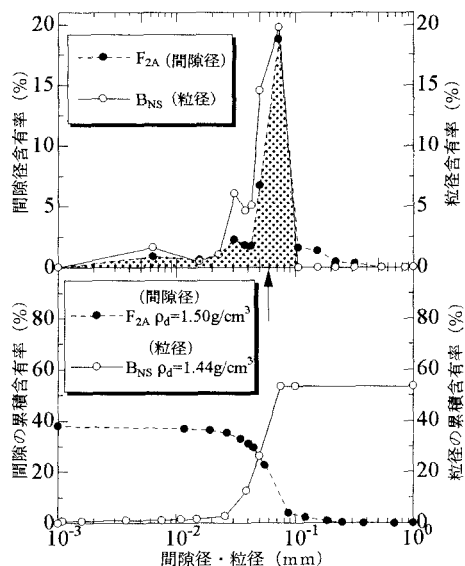


図-5 間隙部と土粒子部の割合

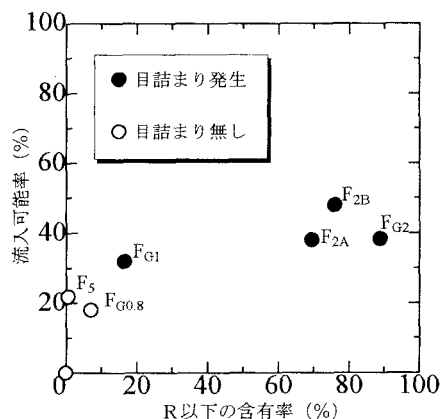


図-6 Rから見た目詰まり傾向

4. あとがき

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 原土材の動水勾配が限界動水勾配を越えた後に目詰まりが発生し、フィルターの透水性が低下したと考えられる。よって目詰まりは動水勾配の大きさに起因する。
- 2) 同じ粒度分布のフィルター材であっても、密度の違いから目詰まりの発生が異なり、低密度ほど目詰まりが起り易い。
- 3) 流入可能率及び平均間隙径以下の原土材含有率が多いほど目詰まりが起りうる可能性が高い。

【参考文献】1) 宇野・杉井・神谷：比表面積に基づく土粒子物性と透水性・透気性の考察，土木学会論文集Ⅲ，2) 杉井・佐藤・宇野・山田：浸透破壊の発生プロセスと土の非均質性，Vol. 37, No. 6, pp. 17~22, 1989 3) 杉井・宇野・神谷・神戸：フィルター材における目詰まり機構，地盤シンポジウム論文集，pp. 83~88, 1995 4) T. SUGII・T. UNO・T. KANBE：EVALUATION OF FILTER CONSIDERING INFORMATION ABOUT PORE SIZE, Int'l Conf. on GEOFILTER'95(投稿中)1996