

1. はじめに 場所打ち杭や地中連続壁、泥水加圧シールド工法などに関連し、泥水の基本的特性については、これまでに多くの研究が行われている。しかし、砂に対する泥水の浸透性や、泥水が浸透したのちの砂の透水性については、ほとんど知られていない。このため、泥水を用いて井戸を設置した場合に、地盤の透水性が受ける影響などに関しては不明な点が多い。筆者は、前報において、長さ1.9mの細砂供試体に対する泥水の浸透試験を行い、粗粒分（シルト分）を除去したベントナイト泥水は、細砂に対してよく浸透することを報告した⁽¹⁾。

今回、泥水を浸透させたのちの供試体について、透水試験を実施した。その結果、①泥水が浸透した砂の透水係数は、 10^{-5} cm/sオーダーの低い値を示すこと、②泥水が浸透したことによる透水性低下の影響を取り除くには、高い動水勾配で通水する必要があること、など、興味深い知見を得ることができた。

2. 試験方法 前報の浸透試験では、表-1に示す性状の砂供試体に対して、図-1に示すように、混練時の濃度が4%と5%の泥水を、累積浸透量でそれぞれ1060ml/cm²、220ml/cm²浸透させた⁽¹⁾。以下では、これらの供試体を、それぞれ4%供試体、5%供試体と呼ぶことにする。また、泥水の浸透状況や、浸透させた泥水の性状などについては、前報を参照されたい。

今回の透水試験は、浸透試験の終了後約1.5ヵ月経過した供試体に対して、定水位法により実施した。図-2に、用いた透水試験装置を示す。動水勾配（以下*i*とする）は、図-3に示すように、約780時間かけて、0.05から1.5まで段階的に増加した。透水試験中には、供試体内部の水頭分布を、図-2に示すような4箇所の圧力変換器により測定した。

3. 透水試験結果 図-4は、透水試験における透水量の測定結果である。

透水量は、供試体単位断面積当りの累積値で表した。図-4のように、透水量は時間の経過と共に増加し、約780時間の透水試験による透水量は、4%供試体で82ml/cm²、5%供試体で58ml/cm²であった。透水試験中の目視観察によれば、5%供試体において透水開始より約170時間後、*i*が0.21のとき、供試体下端より清水が流出するのが認められたが、この時の透水量は1.9ml/cm²であった。

4. 試験結果の考察

4. 1. 泥水浸透後の砂の透水係数 図-5は、水頭差を供試体の全長で除して求めた*i*と透水係数（以下*k*とする）の関係である。この図によれば、*k*は、*i*の値によって異なり、4%供試体では $k=2 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-5}$ cm/s、5%供試体では $1 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-5}$ cm/sの範囲にある。これらの値は、泥水浸透前の供試体（ $k=2 \times 10^{-2}$ cm/s）と比べて、3桁小さくなっている。

4%供試体の*k*と5%供試体の*k*を比較すると、*i*が0.3以下では、4%供試体の方が小さい。しかし、*i*が0.4~0.8では*k*はほぼ等しく、*i*が0.8以上では逆に4%供試体の方が*k*が大きい。

このうち、*i*が0.3以下で4%供試体の*k*が小さい点については、図-6に示すように、単位時間当りの透水量、即ち流量が0.2ml/h以下と極めて少ないこともあり、明確な判断を下すことは難しく、今後さらに検討する余地がある。しかし、*i*が0.8以上に関しては、透水量に顕著な差が認められ、

表-1 泥水浸透前の砂の性質

砂の種類	豊浦標準砂
直径 (cm)	5.2
長さ (cm)	191
間隙比	0.63
間隙率	0.39
間隙体積 (ℓ)	1.58
透水係数 (cm/s)	2×10^{-2}

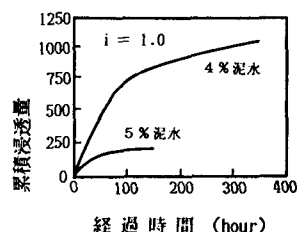


図-1 泥水浸透量の経時変化

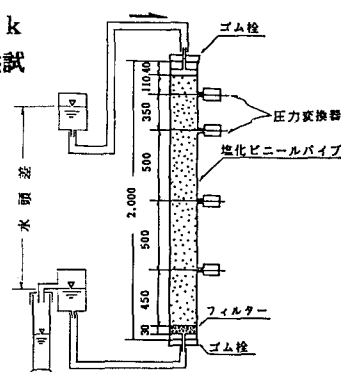


図-2 透水試験装置

泥水濃度が濃い5%供試体の方が、 k は明らかに小さいといえる。
また、 i の増加に伴う k の変化に関しては、以下のようなものである。

- ① 4%供試体においては、 i が0.4以下では k は急激に増加し、 i が0.4~0.8ではほぼ一定、 i が0.8以上では緩やかに増加する。
- ② 5%供試体においては、 i が1.2以下では k はほぼ一定、 i が1.2以上では k は緩やかに増加する。

以上のように、 i の増加に伴う k の変化は単純ではない。しかし、 i が1.2を越える範囲に限定してみると、 k は i の増加に対してほぼ直線的に増加するといえる。そこで、この直線部分から外挿し、 k が泥水浸透前の値（ $k=2 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ ）に戻るのに必要な i を求めると、4%供試体では3.8、5%供試体では4.6となる。この外挿結果のように、泥水が浸透したことによる透水性への影響は、高い動水勾配に至るまで消失しないものと判断される。

4. 2. 供試体内部の透水性分布 図-7は、水頭測定結果より算定した供試体内部における k の分布状況である。この図には、透水開始490 時間後（ $i=1$ ）における k の分布が実線で、前回行った泥水浸透試験における k の分布が破線で示してある。

図-7より、泥水浸透時の k と、透水試験時の k を比較すると、5%供試体では両者にほとんど差はないが、濃度が薄い4%供試体では透水試験時の方が k が1桁小さいことが分かる。

一方、供試体内の k の分布状況については、以下のようなものである。泥水浸透時には、供試体上端（泥水流入端）から供試体下端に向かって、 k が増加する傾向にある。これに対し、透水試験時は、泥水浸透時のような規則的な傾向は認められず、供試体各部の k はほぼ等しく、概ね供試体全体が一般的な透水性を示す。

これらの結果より、①一度泥水が浸透した砂は、 $i=1$ 程度で透水しても、泥水浸透時と同等、ないしそれ以下の低い透水性しか示さない。②透水性の低下現象は、泥水の浸透範囲全体において均等に生じる。ことなどが推測できる。

以上のように、井戸削孔時などにおいて泥水が砂地盤に浸透すると、その透水性は著しく低下するが、浸透した泥水の影響を完全に除去するためには、高い動水勾配で通水（揚水）する必要がある。濁りがなくなるまで通水しただけでは不十分な場合があることが把握できた。

5. おわりに 泥水が浸透した砂の透水性把握を目的とし、動水勾配を変えて透水試験を行った結果、以下のことが判明した。

- ① 泥水が浸透した砂の透水性は、著しく低下する。
- ② 泥水浸透による透水性低下の影響を除去するためには、高い動水勾配で通水を継続する必要がある。

今回は基礎的な現象について報告したが、さらに検討を進め、泥水浸透に伴う諸現象とそのメカニズムを明らかにして行きたい。

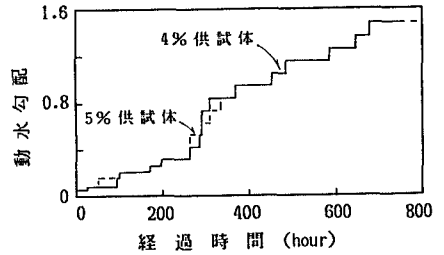


図-3 透水試験における動水勾配の変化

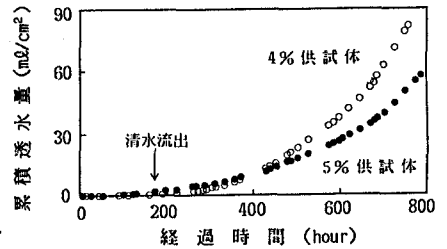


図-4 累積透水量の経時変化

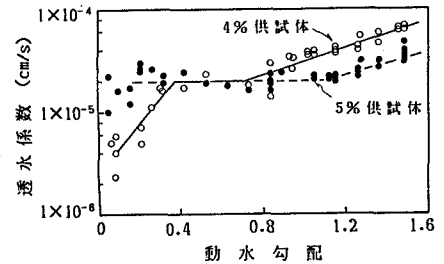


図-5 動水勾配による透水係数の変化

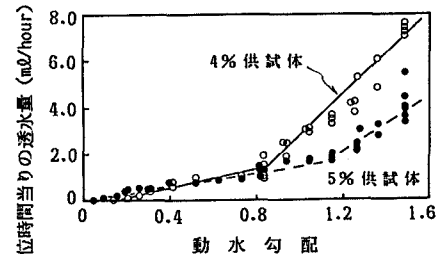


図-6 動水勾配による透水量の変化

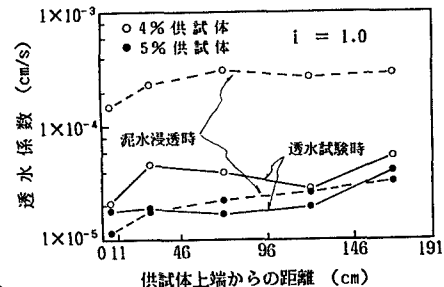


図-7 供試体内の透水係数分布