

不透水材の種類と準備方法が与える透水係数の確認

中部土質試験協同組合○竹内 啓介、法安 章二

1. はじめに

不攪乱試料を用いた土の透水試験において、供試体の成型が困難な場合は周囲を不透水材で止水し、透水円筒との間を充填することで供試体の透水係数の計測を行っている。特に緩い砂質土や中間土の場合、飽和過程や通水中に供試体内部に不透水材が侵入し、透水係数に影響を与えることが懸念される。

本研究では、砂と粘土、緩詰めと密詰め、の供試体を作製し、不透水材と準備方法を変化させた場合の透水係数および作業性に与える影響について検討した。

2. 試験試料と作製条件

今回の実験では、三河珪砂 6 号と青粘土を乾燥重量比 1:9 および 9:1 の 2 種類で混合したものを用意した。それぞれを試料 A および試料 B とした。これらの試料の粒度分布を図-1 に示す。更に、各試料で密度の異なる供試体を用意し比較した。緩詰めと密詰め、砂質土と粘性土の極端な条件を採用し、透水係数の傾向を明確に把握できるようにこのような条件とした。

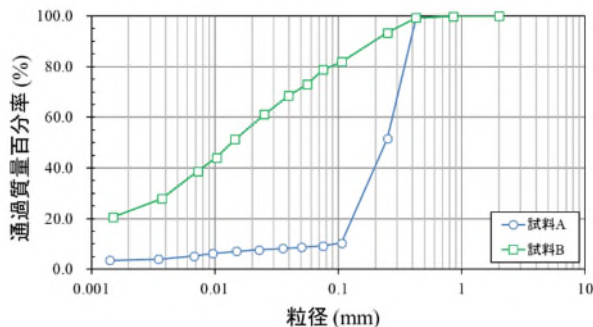


図-1 各混合試料の粒度分布

実験を始めるにあたり、事前準備として突固めによる土の締固め試験(A-c 法)¹⁾を実施した。

今回の実験では、試料 A と試料 B を最適含水比(試料 A: $w_{opt}=17.7\%$ 、試料 B: $w_{opt}=15.9\%$)に調整し、締固め度 80%(緩詰め)と 95%(密詰め)の 2 パターンで作製した。締固め度毎に A-1～B-2 まで下記の通りに設定した。

- ・試料 A(砂質土)： ・ A-1 (80%) ・ A-2 (95%)
- ・試料 B(粘性土)： ・ B-1 (80%) ・ B-2 (95%)

各パターンの乾燥密度をまとめたものを表-1 に示す。

表-1 供試体作製時の乾燥密度

乾燥密度(g/cm ³)			
試料 A-1	試料 A-2	試料 B-1	試料 B-2
1.309	1.554	1.361	1.616

3. 試験方法

今回の実験では、試料 A と試料 B に対して異なる飽和方法と透水試験方法を適用した。砂分が主成分の試料 A では、供試体の底部から水を浸透させることによって飽和、定水位法を用いて計測を行った。また、細粒分が主成分の試料 B では、真空ポンプを使用して水浸脱気、変水位法を用いて計測を行った。²⁾

供試体サイズは直径 50mm、高さ 100mm で作製し、透水円筒はそれよりも大きな直径 100mm、高さ 127.3mm のものを使用した。不透水材にはパラフィン(蠟に松やにを混合したもの)とベントナイトを用いた、これらを用いて透水試験を 4 通りの準備方法で実施した。

また、透水係数への影響を比較するにあたり、不透水材を使用せず透水円筒の容器サイズのままで供試体を作製した透水試験結果を基準値として用いることとした。

(1)方法 1:パラフィンのみで充填

パラフィンを 2 層に分けて供試体と透水円筒の間に流し込み、固化するまで静置した。

(2)方法 2:練ったベントナイトのみで充填

水で練ったベントナイトを供試体と透水円筒の間に充填し、飽和過程で供試体上端を覆わないようにした。

(3)方法 3:練ったベントナイトの両端をパラフィンで覆う

下部にパラフィンを流し込み、その上に練ったベントナイトを充填する。その後上からパラフィンを流し込んで上端を覆う。

(4)方法 4:粉体のベントナイトの両端をパラフィンで覆う

方法 3 の練ったベントナイトの代替えとして、粉体のベントナイトを用いた。

これらの準備方法の一例としてパラフィンで覆った上端側の様子を写真-1 として示す。いずれの方法においても透水円筒の中心に供試体を置き、その周囲を不透水材で充填したものとなっている。



写真-1 パラフィンで覆われた上端の様子

4. 試験結果と各種作業性について

最初に、透水試験結果をまとめたものを表-2に示す。表内の基準値よりも透水係数が小さくなったものは赤色、大きくなったものは青色で示している。各準備方法における作業性については、作業時間および不透水材の扱いやすさ(供試体への接触・影響)の観点から評価した。

表-2 各種準備方法毎の透水係数一覧

方法	透水係数(m/s)			
	試料 A-1	試料 A-2	試料 B-1	試料 B-2
基準値	5.97×10^{-5}	7.78×10^{-6}	2.29×10^{-7}	3.29×10^{-8}
方法 1	6.02×10^{-4}	4.45×10^{-5}	4.68×10^{-5}	2.43×10^{-5}
方法 2	3.65×10^{-6}	4.97×10^{-6}	1.68×10^{-8}	1.67×10^{-8}
方法 3	6.94×10^{-5}	6.65×10^{-6}	2.08×10^{-7}	3.68×10^{-8}
方法 4	1.14×10^{-5}	3.62×10^{-6}	3.04×10^{-7}	3.02×10^{-8}

方法1（パラフィンのみ）においては、透水係数が基準値よりも大きくなる傾向が見られた。これは、パラフィンが冷却・固化時に収縮し、透水円筒との間に隙間が生じたことが原因と考えられる。

作業性に関しては、不透水材が直接供試体に接触しないため、供試体損傷のリスクが低い。作業はパラフィンを流し込む工程と固化を待つのみであり、手間は少ない。ただし、透水係数が大きく計測されている可能性がある。

方法 2（練ったベントナイトのみ）の試験結果では全体として透水係数が基準値より小さい値になる傾向が見られ、最大で 10 倍の差が確認された。試験後に供試体を確認したところ、膨潤したベントナイトが供試体の上端を覆うような状態で広がっており、水の流れが遮られることで透水係数が小さく計測されている可能性がある。

方法 3（練ったベントナイトの両端をパラフィンで覆う）では基準値に近い試験結果を得られた。地盤材料試験の方法と解説によると、円筒と供試体の隙間をペースト状の止水剤で密封する、止水剤はパラフィンと松やにを等量混合したものを何層にも塗布すると表記されている。²⁾ 方法 3 はこの方法に沿って実施している。

両端をパラフィンで覆うことにより、飽和過程や試験中に膨潤したベントナイトが上端を覆うのを防ぎ、方法 1 で確認された見えない隙間を膨潤したベントナイトが埋めることで、問題点を相互に解決できており、4 つの準備方法の中で測定精度がもっとも優れていた。

方法2および方法3(練ったベントナイト使用)では、不透水材の粘性のため、充填時に供試体の側面に付着しやすく、供試体の巻き込みや変形が発生する可能性がある。また、慎重な設置作業が必要であり、全体に作業時間が長くなる傾向がある。

さらに、ベントナイトが作業台や器具などに付着しや

すく、扱いづらさもあるが、試料の性質に関わらず方法 3では高い測定精度が確認できている。

方法 4（粉体のベントナイトの両端をパラフィンで覆う）は、試料 A の 2 条件（特に A-1）において透水係数が大幅に小さくなった。一方で、試料 B では基準値に近い値が得られた。

試験後に透水円筒内の状態を確認したところ、水浸飽和を行った試料 A では粉体のベントナイトが十分に飽和されず、供試体に一部が混入していた。一方、水浸脱気を用いた試料 B では、ベントナイト部分まで十分に飽和され、方法 3 と同様の効果が得られたと考えられる。

作業性の観点から見ると、粉体には粘性がないため、供試体との接触が起こりにくく、作業が容易で再現性が高い。供試体の上端に付着することに注意すれば、供試体の損傷リスクも低く抑えられる。供試体の種類や飽和方法によって性能に差異が生じることはあるが、正しく取り扱えば、作業性と性能の両立が可能である。

これらの結果から、不透水材の種類および準備方法が透水係数に顕著な影響を与えることが明らかとなった。特に、パラフィンのみの使用では隙間の発生によって透水係数が大きく計測され、ベントナイトのみを使用した場合は上端を不透水材が覆うことで小さく計測される可能性が示された。一方で、ベントナイトとパラフィンを組み合わせた方法（方法 3 および方法 4）は、試料や飽和方法によって結果にばらつきが出るものの、特に方法 3 については安定した透水係数が得られた。

5. まとめ

本研究では、不攪乱の供試体を想定し、透水試験における不透水材の種類と準備方法が測定結果に与える影響について検討した。パラフィンとベントナイトを用いた4通りの準備方法にて、それぞれの透水係数および作業性について比較・評価を行った。

試験の結果、不透水材の種類および準備方法が透水係数に大きく影響を与えることがわかった。条件によっては正確な測定が困難であることが示されたが、ベントナイトとパラフィンを併用した方法3にて最も安定した結果を得ることができた。作業性については、供試体への影響が小さく、作業性に優れる方法もあったが、試験精度との両立ができない方法もあった。作業性を優先すると、精度が低下する可能性もあるため、手間を惜しまないことも大切である。

今後は本研究の成果を踏まえ、より精度の高い透水試験を実現するための不透水材の選定および準備方法の効率化に向けて検討をしていく予定である。

《引用・参考文献》

- 1) 地盤工学会:地盤材料試験の方法と解説[第 1 回改訂版]、pp393-396、2020
- 2) 地盤工学会:地盤材料試験の方法と解説[第 1 回改訂版]、pp467-471、pp473 2020