

せん断帯を含む飽和圧縮ベントナイトの透水性の評価

名城大学大学院 学生会員 ○平手寿大・寺本優子
名城大学 正会員 小高猛司

1. はじめに

飽和圧縮ベントナイト供試体を高圧条件下で一面せん断試験を実施し、試験後の供試体内部をマイクロフォーカス X 線 CT を用いて詳細に観察した結果、せん断帯が存在する部分においても密度変化を確認することができなかった¹⁾。本報では、せん断帯を含む飽和圧縮ベントナイトを用いて、直接的に透水係数を計測することにより、せん断により損傷した圧縮ベントナイト緩衝材の遮水機能について検討した。

2. 透水試験装置

低透水性材料用の透水試験装置を新たに作製した(図1)。試験装置は、供試体用小型モールドとその中を通過する透水量を計測する二重管ビュレットで構成されている。二重管ビュレットは、最大 1MPa まで加圧できるアクリル円筒製の圧力室の中に、微量の透水量が計測できるように内径約 1.8mm のガラス細管を入れたものである。試験に先立ち 4 本ある二重管ビュレット全てについて、それぞれの断面積を計測した結果、水面 1cm の変動につき約 0.0265cm³ の水量が移動することを確認した。ベントナイト供試体は、図2に示す直径 1.5cm、厚さ 0.3cm の供試体リングに設置する。直径は一面せん断試験の飽和供試体の大きさに依存しており、厚みは、現実的に計測可能な時間スケールを勘案して決定した。

3. 供試体作製方法

透水試験には、一面せん断試験後の飽和圧縮ベントナイト供試体を使用する。Na 型ベントナイト(クニゲル V1)に乾燥時の質量比で 30% の三河珪砂 6 号が混合されている。せん断後の供試体から、図3に示すようにせん断帯を含む供試体と含まない供試体をくり抜く。具体的には、図4のようにマイターボックスと固定器具で供試体を固定し、カッターナイフで縦断面に切断して 3 分割にする。固定器具から取り出した供試体を図5に示すが、この図の破線の円形の部分にガイドカッターを押し当てながら円柱状に供試体をくり抜くことにより、せん断帯を含む供試体を作製する。一方、図6はせん断帯を含まない供試体をくり抜いている様子を示したものである。円形のガイドカッターに入れた円柱状供試体は、シリコンあるいはエポキシ樹脂の止水剤を湿布した供試体リングに挿入し、止水剤が固まるまで 1 日静置する。その後、供試体リングの両側の面をカッターナイフで成形する。図7に端面成形した供試体を示す。供試体リングを図2の底盤に設置した後、上盤を載せてキャップボルトで固定して完全に供試体の変位を拘束する。以上のように組み立てたモールドを二重管ビュレットに連結して透水試験を開始する。



図1 透水試験装置



図2 モールドの解体状況

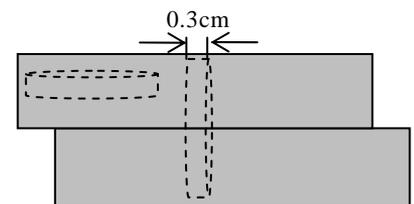


図3 供試体のくり抜き箇所

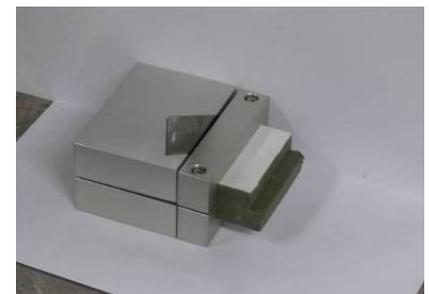


図4 専用器具による供試体の切断

キーワード 地層処分 ベントナイト 透水係数 せん断帯

名城大学理工学部建設システム工学科 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 TEL:052-832-2347)

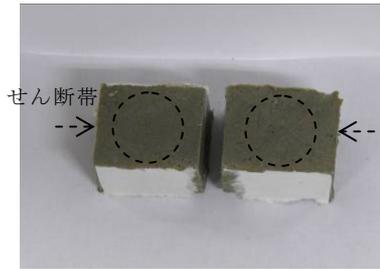


図5 せん断帯を含む
供試体



図6 ワイヤカッターに
よるくり抜き

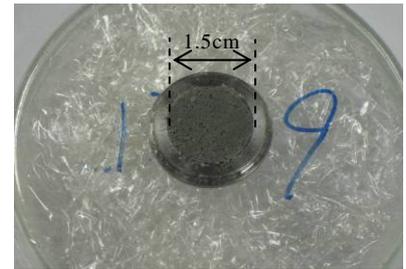


図7 供試体リングに
成形した供試体

4. 透水係数の算定法

ベントナイトのような低透水性材料の透水係数を求める場合には、図8に示すように二重管ビュレットの圧力室内に空気圧を負荷するなどして、あらかじめ大きな水頭を負荷する必要がある。ここでは、あらかじめ負荷する圧力を p_0 とする。その場合、水頭として $H_0 = p_0/\gamma_w$ が負荷されることになる。

よって、透水係数 k は次式で求められる。

$$k = \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} \ln \frac{H_0 + h_1}{H_0 + h_2}$$

$H_0 \rightarrow 0$ の場合には、通常の変水位透水試験の式と一致する。

5. 再構成粘土による透水試験装置の検証

ベントナイトに先立ち、再構成粘土を使用して透水試験装置の検証を行った。作用空気圧力は 0, 30, 50, 100, 200, 300kPa とした。別途、この再構成粘土の圧密試験を行い、透水係数を計測した。両者の試験結果を表1に示す。どの作用空気圧でもほぼ同一の透水係数が求められた。また、圧密試験からもほぼ同じ透水係数が求められ、本透水試験装置は、低透水性の材料の透水係数を計測するのに有効であることが確認できた。

6. 飽和圧縮ベントナイトによる透水試験の結果

試験には、乾燥密度 1.6 Mg/m^3 と 1.7 Mg/m^3 の供試体を使用した。試験結果を表2に示す。透水係数は、作用空気圧を 100, 200, 300kPa として計測した透水係数の平均値を記載している。いずれの乾燥密度の供試体においても、せん断帯が存在している供試体の方が低い透水係数を示すことがわかる。

7. まとめ

飽和圧縮ベントナイトを膨潤圧相当の高圧下で一面せん断をすれば、顕著な負のダイレタンシーが観察される¹⁾。したがって、一面せん断中にはせん断帯付近には正の過剰間隙水圧が発生していると考えられ、その水圧が消散することにより、せん断帯付近では高密度化していると推察できる。そのため、今回せん断帯を含む供試体の方が、透水係数が低くなったと考えられる。したがって、飽和後の緩衝材にせん断帯が発生しても遮水機能が低下する可能性は低いと考えられる。なお、本研究は、(財)原子力環境整備・資金管理センターによる地層処分重要基礎技術研究調査として実施したものである。記して謝意を示します。

参考文献: 1) 寺本・平手・小高: 一面せん断に伴い圧縮ベントナイトに発生するせん断帯について, 土木学会第64回年次学術講演会, 2009.

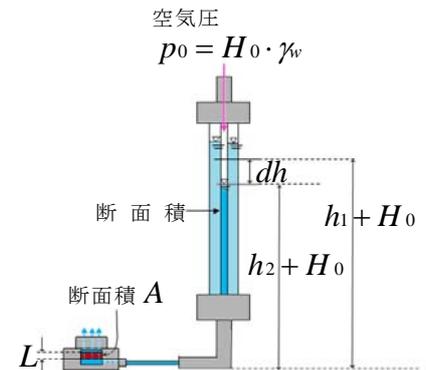


図8 透水試験装置の概要

表1 再構成粘土の透水係数

作用空気圧 (kPa)	透水係数 (cm/s)
0	5.08×10^{-8}
10	5.34×10^{-8}
30	5.20×10^{-8}
50	5.00×10^{-8}
100	4.49×10^{-8}
200	4.95×10^{-8}
300	5.66×10^{-8}
圧密試験	5.24×10^{-8}

表2 試験結果

乾燥密度 (Mg/m^3)	せん断帯	透水係数 (cm/s)
1.6	有	1.21×10^{-10}
	無	6.66×10^{-10}
1.7	有	4.81×10^{-11}
	無	3.52×10^{-10}