

泥水試料を用いた透水試験方法および遮水性発現メカニズムに関する一考察

早稲田大学 学生会員 ○吉川絵麻 正会員 小峯秀雄 フェロー会員 後藤茂  
電力中央研究所 正会員 渡邊保貴 非会員 横山信吾 正会員 新橋美里

1. はじめに

掘削などの土木工事に用いられるベントナイト泥水の機能の一つとして、掘削壁面における低透水性の泥膜・層の生成による遮水がある。泥水を用いた遮水技術は、事故原発においても利用が検討されており、その重要性が増している<sup>1)</sup>。流動性を有する泥水は、充填時および通水開始直後において粒子間接触がほとんど無いことから、その遮水性の発現は粒子の移動および泥水内部の性状変化によって生じると考えられる。ここで、泥水を用いた遮水対策において、安全かつ確実な設計・施工を行うためには、遮水性を発揮するまでの排水量や材料の性状変化を把握する必要がある。しかし、泥水や浚渫土など土骨格が不安定な材料に関しては、圧密試験により定常状態における透水係数を算出することが多く、骨格構造の形成に至るまでの遮水性能の遷移について詳細を把握することが困難である。本研究では、定水位透水試験および変水位透水試験の結果を比較することで、透水係数の変化を検討し、試験条件の相違が泥水の遮水性に与える影響および遮水性の発現メカニズムについて考察した。

2. 使用した試料および透水試験の条件

本研究では、泥水の性状変化を比較するため、イオン交換水 100 g に対して、メチレンブルー吸着量 82.1 mmol/100 g の Na 型ベントナイト（スーパークレイ）を 10 g 添加したベントナイト泥水を使用した。本試験では、十分に分散させて均一になるまで攪拌したベントナイト泥水に対し定水位および変水位透水試験を行った。表 1 は試験条件、図 1 および図 2 は定水位透水試験および変水位透水試験の概略図を示す。通水は供試体上方から流入，下方から流出とした。変水位透水試験における流入側ビュレットは最大容量 2ml のものを用いた。なお、

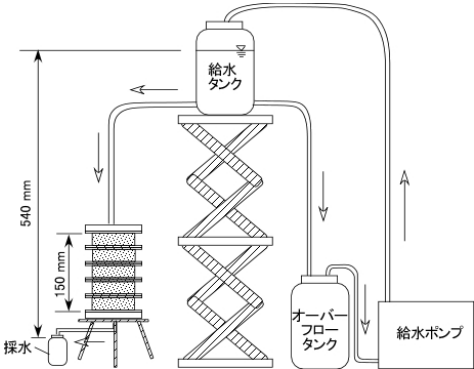


図 1 定水位透水試験の概略図

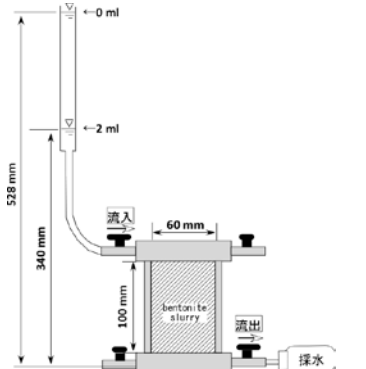


図 2 変水位透水試験の概略図

表 1 各透水試験の試験条件

|         | 圧力条件                     | 初期供試体高さ $L_0$ | 供試体断面積 $A$            | 動水勾配 $i$                               |
|---------|--------------------------|---------------|-----------------------|----------------------------------------|
| 定水位透水試験 | 大気圧                      | 15 cm         | 28.27 cm <sup>2</sup> | 3.6                                    |
| 変水位透水試験 | 大気圧<br>10 kPa<br>100 kPa | 10 cm         |                       | 3.4~5.28<br>13.4~15.28<br>103.4~105.28 |

変水位透水試験において、透水係数を算出するための流量として流入量のみを計測するが、通水開始直後に流入量と流出量が一致することを確認した。通水により供試体の高さが減少するため、供試体高さ  $L$  の経時変化を透明アクリルモールドの側面から定規ならびに目視で計測し、動水勾配の算出に用いた。

3. 透水試験方法の相違による透水特性の変化

図 3 に変水位透水試験における透水係数の経時変化を示す。図 3 の白抜きのプロットは、流入側ビュレット内水位の盛り返し直後のデータである。図 3 より、変水位透水試験では、流入側ビュレットの盛り返しの度、一時的に流量が増加する現象が見られた。これは、大気開放および動水勾配増加による供試体内部の圧力分布の変化に起因すると考えられる<sup>2)</sup>。また、水位の盛り返しにかかわらず、変化の傾きがゆるやかに変化した後

キーワード 泥水，ベントナイト，遮水，定水位透水試験，変水位透水試験

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学大学院 創造理工学研究科 建設工学専攻 TEL03-5286-2940

の透水係数は、圧力条件が大気圧、10 kPa、100 kPa に係わらず連続的に減少した。図4は、変水位透水試験の水位の盛り直し直後のデータを除いた、透水試験方法の違いによる透水係数の経時変化の相違を示す。図4より、定水位透水試験においては、時間経過とともに流量が減少し透水係数が約  $2.0 \times 10^{-9}$  m/sec に収束した。変水位透水試験では定水位透水試験よりも早く透水係数が  $1.0 \times 10^{-9}$  m/sec オーダーまで減少し、本試験では収束には至らなかった。図5は、累積の通水量に伴う供試体沈下割合、図6は、累積の通水量に伴う透水係数の変化を示す。供試体の沈下状況は圧力条件ごとに異なる一方、透水係数の遷移は試験条件によらず通水量に依存した。断面積が同一である場合、泥水による遮水性の発揮には、圧力条件や通水時間、供試体全体の沈下ではなく、通水量に依存して生じる供試体内部の性状変化が支配的になると考えられる<sup>3)</sup>。定水位および変水位透水試験の結果から、動水勾配が一定あるいは連続的に変化する場合、泥水の遮水性能は通水に伴い徐々に増加するが、短時間の内に圧力の低下と増加が生じた際、一時的に流量の増加が生じる可能性が示された。したがって、泥水を遮水材料として利用する場合、圧力変化に伴う排水の度合いを把握する必要がある。

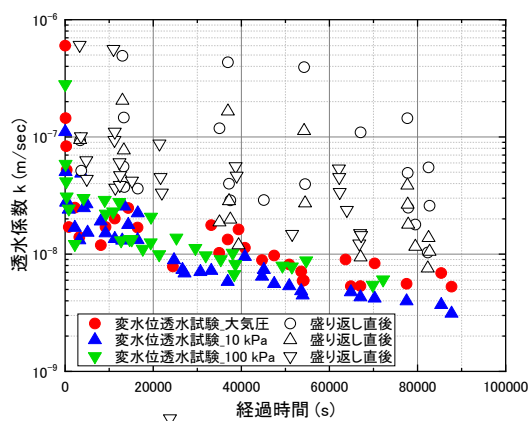


図3 変水位透水試験における透水係数の経時変化

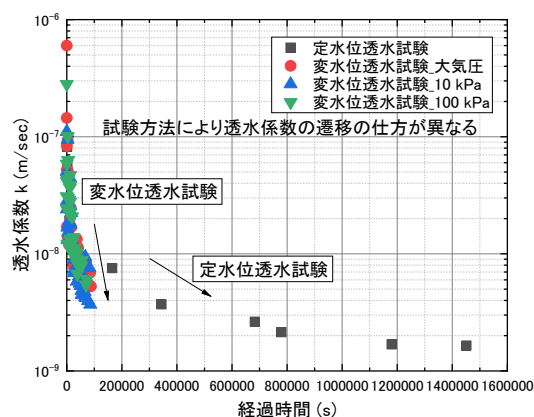


図4 透水試験方法の違いによる透水係数の経時変化の相違

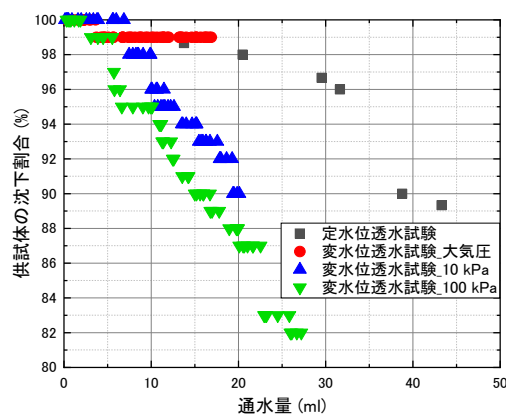


図5 通水量に伴う供試体沈下割合の遷移

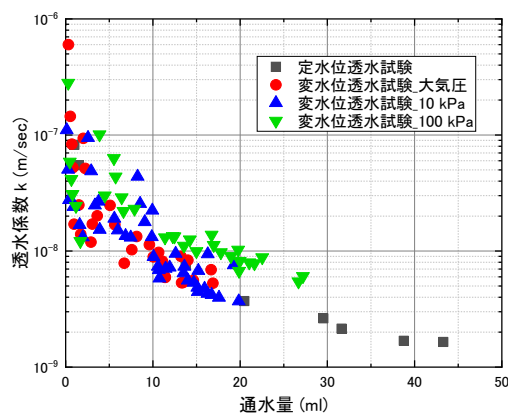


図6 通水量に伴う透水係数の変化

#### 4. 結論

本研究では、泥水試料に対して定水位透水試験および変水位透水試験を行うことで以下の結論が得られた。

- 1) 泥水試料の定水位および変水位透水試験では、通水開始直後から急激に流量が減少し、一定の通水後に緩やかな減少に変化した。
- 2) 泥水の透水試験において、動水勾配の大小は、供試体の沈降状況に影響を与えるが、遮水性の遷移にはほとんど寄与しなかった。
- 3) 供試体断面積が同様の場合、泥水が発揮する遮水性の変化は、主に累積の通水量に依存した。

謝辞：本研究の一部は、文部科学省「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業 廃止措置研究・人材育成等強化プログラム」の採択課題「福島第一原子力発電所構内環境評価・デブリ取出しから廃炉までを想定した地盤工学的新技术開発と人材育成プログラム（地盤工学会）」の支援により得られたものである。ここに感謝いたします。【参考文献】1) 吉川絵麻，小峯秀雄，後藤茂ら：土質系材料の放射線遮蔽性能の定量評価，土木学会論文集 C(地圏工学)，Vol. 73, No. 4, pp. 342-354, 2017. 2) 雷浦豊，多田敦：降下浸透が代かき土壌の沈下に及ぼす影響について—ハス田の土壌工学に関する研究(I)—，農業土木学会論文集，第132号，pp.35-42. 1987. 3) 吉川絵麻，小峯秀雄，後藤茂，王海龍，渡邊保貴：鉛直方向の通水によりベントナイト泥水に生じる性状変化とその勾配，第54回地盤工学研究発表会，2019.