

小型変水位透水試験におけるベントナイト混合土測定時の誤差要因 (その2)

— 測定誤差の要因の検討 —

早稲田大学 学生会員 ○倉持 隼斗
 早稲田大学 正会員 小峯 秀雄
 戸田建設 正会員 三浦 玄太
 戸田建設 正会員 関口 高志

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物処分場では、遮水材として砂・ベントナイト混合土の利用が検討されており、低透水性覆土として 1.0×10^{-9} m/s 以下の透水係数が要求される¹⁾。ここで 1.0×10^{-9} m/s 以下の透水係数については、日本工業規格「土の透水試験方法(JIS A 1218:2009)」において試験方法が明確に規格化されていない²⁾。そこで著者らは、現場利用を想定し、比較的簡易で持ち運びが容易な試験方法として、供試体寸法が直径 60 mm、高さ 20 mm の小型変水位透水試験装置を用いた方法を研究している^{3)~5)}。さらに測定精度の上昇を目指し前記の試験装置を改良し、空気圧の負荷が可能な加圧式小型変水位透水試験装置を用いた方法を研究している^{6), 7)}。(その1)⁸⁾では測定結果の誤差を発生させる影響因子の抽出を行い、本稿では両試験における測定誤差の要因の検討を行う。



写真1 大気圧式小型変水位透水試験装置

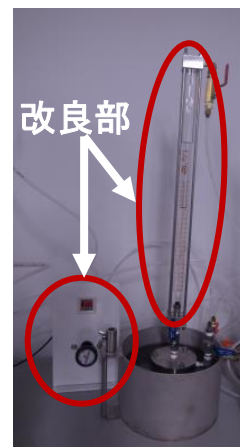


写真2 加圧式小型変水位透水試験装置

2. 小型変水位透水試験の概要

写真1, 2に、小型変水位透水試験装置を示す。以降ではそれぞれ大気圧式と加圧式と呼称する。大気圧式ではビュレット管（最大容量：25.0 ml、最小目盛：0.1 ml）を接続し、水位差により透水試験を実施している。加圧式では二重管ビュレット（最大容量：25.0 ml、最小目盛：0.1 ml、内径：11.6 mm）とレギュレータ（MAX.SUPPLY：3.500 MPa、RANGE：0.015~1.000 MPa）を取付けたことにより、任意の圧力水頭を付加し、透水試験を実施している。参考文献^{6), 7)}および本研究⁸⁾では、0~40 kPaを圧力水頭として付加し、供試体上面からの通水で透水試験を実施した。

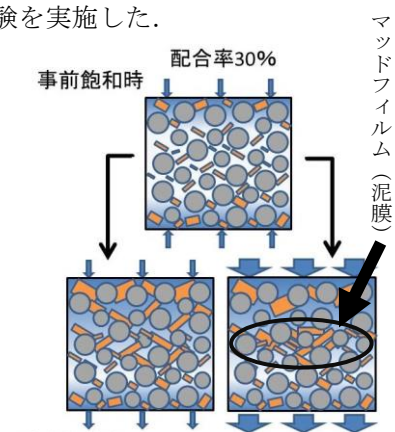
表1 測定誤差の影響因子⁸⁾

影響因子		
No.	項目	本研究での検討範囲
1	ベントナイト配合率	10%~30%
2	加圧	あり、なし
3	事前飽和	JIS, 24時間の両面通水
4	乾燥密度	1.70 Mg/m ³ 以上
5	算出基準	h1変動, h1一定
6	供試体寸法	JIS, 小型
7	蒸発量	無視, 補正

3. 各種変水位透水試験における測定誤差の要因の検討

(その1)⁸⁾で列挙した測定誤差の影響因子を表1に示す。各試験にて得られた知見をまとめ、測定誤差の要因の検討を行った。

影響因子1, 2(表1参照): 参考文献^{6), 7)}より大気圧式のベントナイト配合率30%の試験では、モンモリロナイト粒子が分散している状態で膨潤し、水みちとなりえる間隙が連続するため、自由水の移動が支配的となり、既往の研究⁹⁾と比較して透水係数が大きく測定されたと考察している。次に、加圧時は、浸透水圧の影響で粒子が凝集し、図1に示すようにマッドフィルムを形成したことで、間隙の自由水とモンモリロナイトの層間水が複合的に移動し、層間水の移動が支配的となり、既往の研究⁹⁾と同程度の透水係数が得られたと考察している。

図1 供試体内の水とベントナイト粒子の挙動の模式図⁷⁾

キーワード 放射性廃棄物処分, 砂・ベントナイト混合土, 変水位透水試験, 誤差要因, 圧力水頭

連絡先 〒160-0004 東京都新宿区四谷1丁目(外濠公園内) (公社)土木学会 全国大会係 TEL 03-3355-3442

影響因子 5 (表 1 参照) : 測定方法は h_1 一定および h_1 変動の 2 通りの方法がある⁴⁾ (図 2 参照)。 h_1 一定法は、試験開始時における越流水槽の水面からビュレット管内の水面の水位差 h_1 を基準にして透水係数を算出する方法である。次に h_1 変動法は、測定毎に水位差 h_1 を決定し、透水係数を算出する方法である。 h_1 一定法では、測定開始時間から経過時間までの透水係数の平均値であり、測定初期の大きめの誤差を含んでいる。そのため、値の変動は少ないが誤差が影響し、 h_1 変動法と比較すると最大 1 オーダー大きく測定された。 h_1 変動法では、測定時間ごとの透水係数を算出することができる。しかし、測定間隔が短いと測定誤差の影響を受けやすく、0.5 オーダー前後の変動が生じた。そこで、飽和後とみられる水位差 h_1 を基準水面として h_1 一定法により算出するか、測定時間を長くした h_1 変動法により算出し、誤差の影響を抑えた。両者とも収束後の平均値をとると、結果は同程度の値を示している。

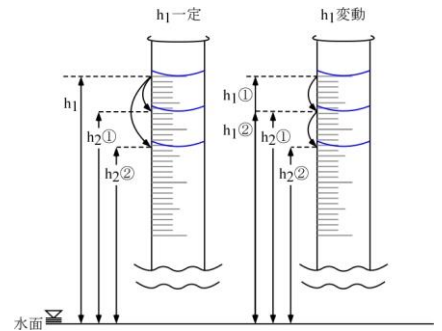


図 2 事前飽和の概略図

影響因子 6 (表 1 参照) : JIS A 1218:2009 に比べて、供試体が小さく、通水量が少なくなっている。使用している二重管ビュレットは最大容量が 25.0 mL、最小目盛が 0.1 mL である。0.05~0.1 mL/day の水位の低下があり、水位を測定する際に 0.01~0.02 mL の読み取り誤差が生じ、透水係数に 20% 程度の差異が生じる。そこで、最大容量および最小目盛が小さい二重管ビュレットを用いることで、この誤差を低減する。

4. 各種変水位透水試験における測定誤差を補正するに当たっての課題

測定誤差の要因の検討を行い、誤差を補正するに当たっての課題を以下に示す。

影響因子 3 (表 1 参照) : 事前飽和は 24 時間の浸水のみであり、飽和に至らない。そのため、供試体が飽和し膨潤が完了するまでの間、誤差が生じている。そこで、浸水時間を延長したが、飽和度は 85~95% 程度であり、浸水時間の延長は効果が薄いと考えられる。これは両面通水により両端のベントナイトが膨潤することで、間隙の空気が閉じ込められて抜けにくくなり、不飽和部が生じるためである。そこで、事前飽和を片面通水とすることで、間隙の空気を抜けやすくする (図 3 参照)。片面通水の試験を実施し、両面通水と比較することで誤差の抑制が可能であるか調査を実施する。

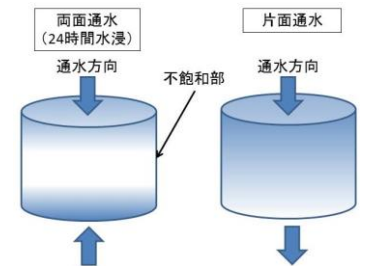


図 3 事前飽和の概略図

影響因子 4 (表 1 参照) : 供試体の乾燥密度が高くなるにつれて、膨潤圧が高くなるという知見がある¹⁰⁾。飽和完了前の膨潤が継続している期間に、逆流が生じている。これは測定に大きな誤差を与えるため、逆流の生じない範囲の透水圧を調査する必要がある。さらに、小型の土圧計やタクトイルセンサー等を用い、膨潤圧を測定しつつ透水圧との関係性を調査する必要がある。

影響因子 7 (表 1 参照) : 大気圧式は、ビュレット管や接続部からの蒸発が考えられる。そのため、蒸発量測定用のダミー管を併設し補正を行い、測定誤差を取り除いている。また、加圧式では、二重管ビュレットからの蒸発は確認されていない。両試験とも越流水槽からの蒸発は抑制されておらず、最大で 0.1 mm/day の水位の減少が確認されている。そこで、24 時間毎の測定後に水槽に加水し補正を行っている。しかし、越流水槽からの蒸発が誤差となっている可能性があり、水面の蒸発を防ぐ対策か、越流水槽を使用しない試験装置への改良が必要である。

5. まとめ

本研究では、小型変水位透水試験において誤差要因の考察および対策について示した。現在補正していない要因により、透水係数に誤差が生じている可能性がある。そこで本研究にて示した影響因子 3, 4, 7 の課題をもとに試験方法や試験装置を改良し、装置の簡易さを保ちつつ、測定精度の向上を図る必要がある。

参考文献 1) 伊藤裕紀・庭瀬一仁・金子岳夫・千々松正和・中越章雄:低配合ベントナイト混合土の長期状態変化を踏まえた設計手法に関する一考察,土木学会第 65 回年次学術講演会,CS7-017,2010. 2) 地盤工学会:地盤材料試験の方法と解説-二分冊の 1-,pp.449~459,2009. 3) 伊藤紗由未・小峯秀雄・関口高志・松木駿:砂・ベントナイト混合土のための透水試験方法の選定・改良とその適用性,土木学会第 70 回年次学術講演会,CS12-021,2015. 4) 伊藤紗由未・小峯秀雄・松木駿・関口高志:小型変水位透水試験における水位差の測定方法が砂・ベントナイト混合材料の透水係数に及ぼす影響,第 50 回地盤工学研究発表会発表講演集,pp.343~344,2015. 5) 関口高志・松木駿・小峯秀雄・伊藤紗由未:小型変水位透水試験における砂・ベントナイト混合材料の飽和状態に関する考察,第 50 回地盤工学研究発表会発表講演集,pp.345~346,2015. 6) 倉持隼斗・小峯秀雄・関口高志・三浦玄太:小型変水位透水試験における圧力水頭付加の効果(その 1)一試験装置の改良による精度の向上一,第 51 回地盤工学研究発表会に投稿中, 2016. 7) 三浦玄太・関口高志・倉持隼斗・小峯秀雄:小型変水位透水試験における圧力水頭付加の効果(その 2)一圧力水頭付加の効果についての考察一,第 51 回地盤工学研究発表会に投稿中, 2016. 8) 三浦玄太・関口高志・倉持隼斗・小峯秀雄:小型変水位透水試験におけるベントナイト混合土測定時の誤差要因(その 1)一測定誤差の影響因子の抽出一,土木学会第 71 回年次学術講演会に投稿中, 2016. 9) 小峯秀雄・緒方信英:高レベル放射性廃棄物処分のための緩衝材・埋戻し材の透水特性,電力中央研究所報告,U00041,2001. 10) 小峯秀雄・緒方信英・菅原宏・田代勝浩:締固めたベントナイトの膨潤圧に関する基礎的研究,第 27 回土質工学研究発表会講演集, pp.277-288, 1992.