

覆土現場施工性試験(その4)
- 施工品質管理のための迅速な止水性能評価方法 -

日本原燃(株)		小椋 司, 鳥山 進, 鳴海 恵一郎, 工藤 直洋
鹿島建設(株)	正会員	小林 一三, 戸井田 克, 河津 幸治
大成建設(株)	正会員	藤原 斉郁
清水建設(株)	正会員	中島 均
日本国土開発(株)	正会員	大西 利満

1. はじめに

放射性廃棄物の地層処分施設におけるベントナイト系人工バリアには高い止水性能が期待されており, その施工にあたっては, 何らかの方法によって品質管理(確認)を行うことが予想される. しかしながら, ベントナイト系人工バリアの難透水性から, 通常の透水試験による施工品質管理は, 長時間を要するために現実的ではなく, 乾燥密度などの透水係数と相関がよい代替パラメータを取得する方法などの様々な品質管理方法が検討されてきた. ここでは, ベントナイト系人工バリアの施工品質管理に資する技術として, 低レベル放射性廃棄物コンクリートピット処分の覆土現場施工性試験¹⁾における難透水性層に対して計測精度を落とすことなく迅速に透水係数を取得する方法を検討したので報告する.

2. 難透水性材料のための閉鎖系フローポンプ式透水試験

これまでの検討²⁾で, フローポンプ式透水試験法(以下, FP法)をベントナイトなどの難透水性材料に適用すると, 滑らかな透水係数の経時変化が連続的に得られるため, 従来の定圧式透水試験法に比べ定常状態の透水係数を早く判断できることが明らかとなっている. さらに, 材料の貯留を考慮した非定常解析によっても更なる透水試験の高速化の可能性がある. しかしながら, これまでのFP法は注水法のみで行われており, ベントナイト系人工バリアのような難透水性材料に適用すると, 制御流量が極微小となるため室温の変化によって得られる透水係数が大きな影響を受けていた(例えば図-1の注水圧を参照). そこで本報告では, 難透水性材料のFP法として, 図-2に示すような閉鎖系FP法を開発した. この閉鎖系FP法は1本のピストンで仕切られた特殊シリンジによって流量制御しており, 注水量と排水量が常に同じになる機構を有している. さらに透水試験の系が大気と接触するところがない(閉鎖系)ために, 仮に試験中に温度変化が生じても試験系全体がほぼ同等の温度影響を受けることになり, 透水試験の算出に必要な差圧(動水勾配)の温度変化に対する影響を低減できる. 図-3には, 閉鎖系FP法と通常の定圧式透水試験から得られる透水係数の経時変化を示している. 図から, 従来の定圧式透水試験に比べ閉鎖系FP法から得られる透水係数の経時変化が滑らかであり, 乾燥密度 1.6Mg/m³ の原鉱ベントナイトであっても3日程度で定常の透水係数を取得できることが分かる.

3. 並列飽和-直列閉鎖系フローポンプ透水試験による止水性能評価

一般に透水試験では, 供試体を十分に飽和させ(飽和過程), その後に通水させ(透水過程)透水係数を取得する. 前述のように閉鎖系FP法によって迅速に定常状態の透水係数を判断できたとしても, 実際には飽和過程に長時間を要してしまう. そこで, 飽和過程を早くする方法として, 図-4に示すように供試体を通水方向にN分割して飽和

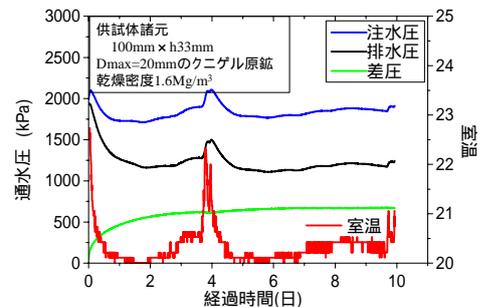


図-1 難透水性材料のフローポンプ式透水試験に対する温度変化の影響

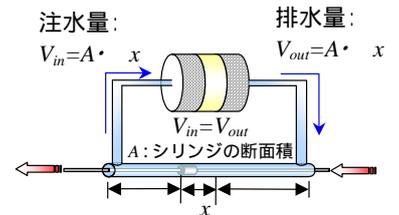


図-2 閉鎖系フローポンプ式透水試験機の概念図

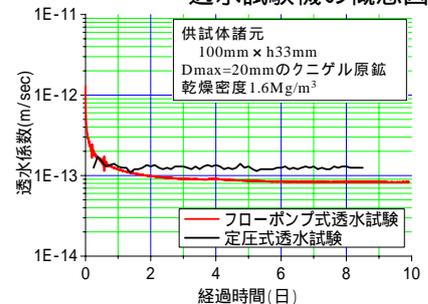


図-3 難透水性材料のフローポンプ式透水試験結果

キーワード 放射性廃棄物, 地層処分, ベントナイト, 透水試験, フローポンプ

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株式会社技術研究所 TEL 042-489-7846

工程を N 個の分割供試体に対して並列で行った(並列飽和)。
 この並列飽和によって、同じ差圧であれば理論上、分割しない場合に比べ飽和時間が $1/N^2$ となり大幅に飽和時間を短縮できる。ただし、このまま透水試験を行えば、各供試体の透水係数がバラつき、評価が難しくなる。そこで、分割の影響を排除する目的で並列飽和後に各分割供試体を直列に繋ぎ透水試験を行う(直列透水)。この直列透水には、前述の閉鎖系 FP 法を採用した。

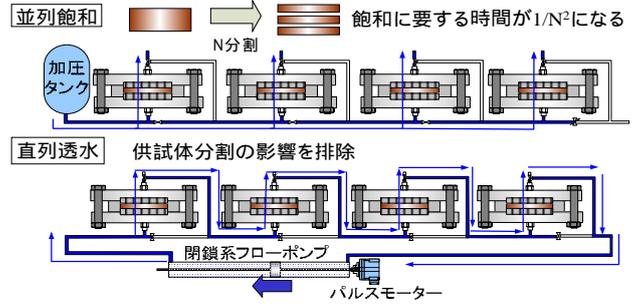


図 - 4 並列飽和-直列閉鎖系フローポンプ透水試験の概要図

4. 試験概要と結果

前述の閉鎖系 FP 法、及び並列飽和-直列閉鎖系 FP 法の試験精度と試験時間短縮効果を調べるために、表 - 1 に示す覆土現場施工性試験における難透水性層を用いて試験を行った。図 - 5 に閉鎖系 FP 法で得られたベントナイト含有率 15wt% と 30wt% の透水係数の経時変化を示している。図より、流量が安定して一定値に保たれており、さらに透水係数の滑らかな経時変化が取得できていることが分かる。図 - 6 には、並列飽和-直列閉鎖系 FP 法の結果を示している。図には分割した供試体の透水係数()と試験系全体で計測した透水係数()、さらには比較のために、分割した供試体の透水係数から流量一定条件を仮定して求めた全体系の理論解()と閉鎖系 FP 法の結果()も示している。この図から、分割したことによる各供試体の透水係数のバラつきを、直列に透水することによって除去できることが分かる。また、このようにして得られた透水係数は、図 - 7 に示すように、クニゲル V1 を用いた定圧式透水試験や圧密試験によって得られた有効ベントナイト乾燥密度と透水係数の関係と比較しても妥当であることが分かる。

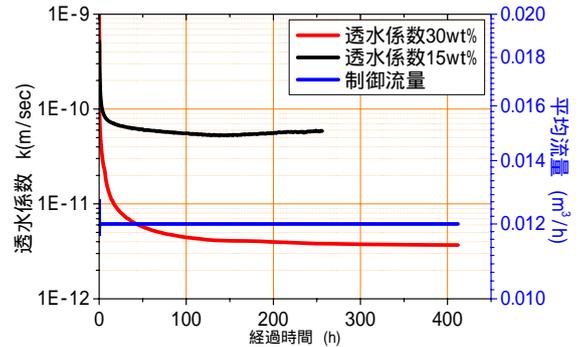


図 - 5 透水係数の経時変化 (閉鎖系フローポンプ式透水試験)

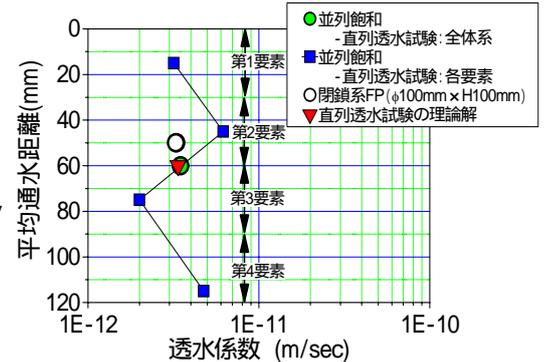


図 - 6 並列飽和-直列閉鎖系フローポンプ透水試験の結果

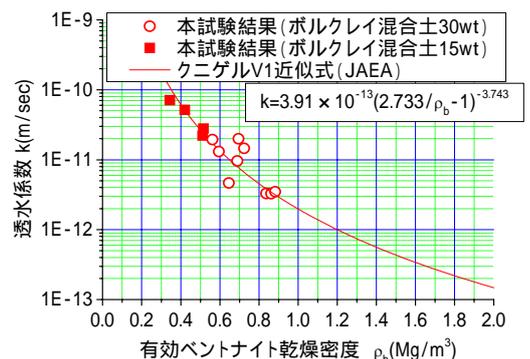


図 - 7 透水結果と既往の研究の比較

5. おわりに

表 - 1 に示した難透水性層は、従来の定圧式透水試験では定常の透水係数を取得するまでに 60 日程度を要するのに対して、閉鎖系 FP 法では 15 日、並列飽和-直列閉鎖系 FP 法では 9 日程度にまで透水試験の時間を短縮することが出来た。供試体の寸法は、工期や止水性とは無関係に地盤の不均一性や最大粒径などを考慮して決定される場合が多い。並列飽和-直列閉鎖系 FP 法を用いれば、この透水試験の供試体寸法に依らず、供試体の分割数を変化させることで透水試験に要する時間を、精度を落とすことなく短縮できるため、施工品質管理計画を立てる上で有用な止水性能評価技術である。

参考文献

- 1)大西ら:覆土現場施工性試験(その1),第62回土木学会年次学術講演会.
- 2)小林ら:フローポンプ式透水試験法のバリア材料への適用,原子力学会春の年会, No.410, 2005.

表 - 1 ベントナイト系人工バリア材料の諸元

材料	覆土現場施工性試験における難透水性層 (ベントナイトと段丘堆積砂の締固め混合土;乾燥密度 1.4 ~ 1.6Mg/m ³)
配合	ベントナイト含有率 15wt%, 30wt%
ベントナイト仕様	ボルクレイ原鉱 混合粉碎前の最大粒径 20mm 程度 土粒子密度 $\rho_s=2.517\text{Mg/m}^3$
供試体寸法	閉鎖系フローポンプ式透水試験: $\phi 100\text{mm} \times \text{H}100\text{mm}$ 並列飽和-直列閉鎖系フローポンプ式透水試験: $\phi 100\text{mm} \times \text{H}30\text{mm} \times 4$ 台