

ベントナイト系バリアの等価な透水係数の推定方法

清水建設 正会員 白石知成 ○石井卓 中島均 後藤高志

1. 目的

低レベル放射性廃棄物およびTRU廃棄物の埋設施設では、廃棄体群のまわりを難透水性のベントナイト系バリア材料（以下「外周充填材」と称す）にて取り囲むことが考えられている。

本報は小型供試体の室内透水試験結果から施設の大規模部材の等価な透水係数を推定することを試みたものである。議論を簡明にするために、埋設施設の形状寸法を図1のように、また外周充填材には一例として「透水係数 1E-11m/s 未満」という目標性能を仮定する。なお、超長期の材料劣化については考慮外とする。

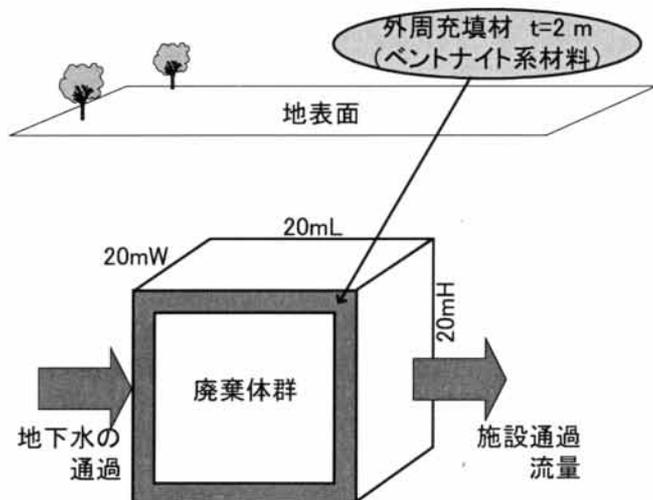


図1 埋設施設の仮想概念図（外周充填材の厚さ2m）

2. 性能の上限値ではなく平均的性能に着目へ

ベントナイト系材料の小型供試体の透水係数にはバラツキがみられる。ベントナイト系材料の透水係数を決める因子は主としてベントナイトの配合率と材料の乾燥密度であるが、他にも含水比、試験の精度等の因子がバラツキの原因となっている。

図2は幅2mの帯状空間に外周充填材（配合率B/B+S=20%）を試験施工したときの状況であるが、このときに0.2~0.25m間隔でサンプリングした供試体の室内透水係数⁽¹⁾は図3のヒストグラムに示すようなバラツキである。対数正規分布していることから、性能値をオーダーで提示することが無難であり、実測さ

れた透水係数の最大値に若干の余裕を見込んだ値（図3の例では1E-10 m/s）を外周充填材のバリア性能値とするならば性能を担保しやすい。類似的な考え方は従来にもあった⁽²⁾が、本報では、平均的な性能に着目してバリア性能値を決めることの妥当性を検討した。



図2 ベントナイト系外周充填材の試験施工

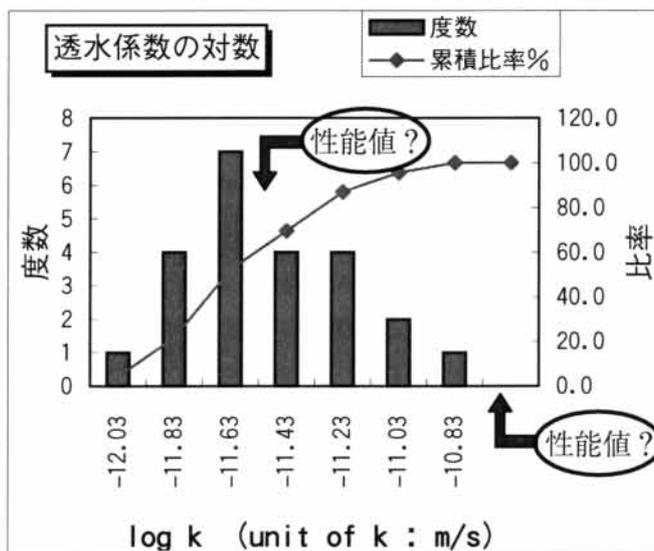


図3 採取した小型供試体の透水係数のヒストグラム

3. 取得したデータの正規性の検定

23個の実測された透水係数そのままのデータは正規分布ではないが、図3のように透水係数の常用対数値をデータとした場合には正規分布である。このときの基本統計量は以下の通りである。

キーワード：人工バリア、ベントナイト、透水係数、品質管理、材料仕様設計

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 TEL.03-3820-5478 FAX.03-3820-5959

データ数＝	23 個
対数平均値＝	2.7E-12 m/s (log k=-11.566)
標準偏差＝	0.29 (log k 横軸にて)
最大値＝	1.2E-11 m/s > 目標性能 NG
最小値＝	9.2E-13 m/s

4. 大型部材の透水係数の試算シミュレーション

図3のように透水性の発現確率が対数正規分布であると考えた場合に、大型部材の透水性能はどのような性能を発揮するであろうか。

バラツキの影響を評価するために、図4に示すような20m級の施設から2mキュービックサイズの大型部材を切り出し、0.2mキュービックサイズに空間分割して合計1000要素のモデルを作った。各要素の透水係数には図3の確率に相当するバラツキをモンテカルロ的に与え、600ケースのモデルに対して動水勾配1の条件で3次元浸透流解析を実施して浸出流量を計算し、等価な透水係数を求めた。

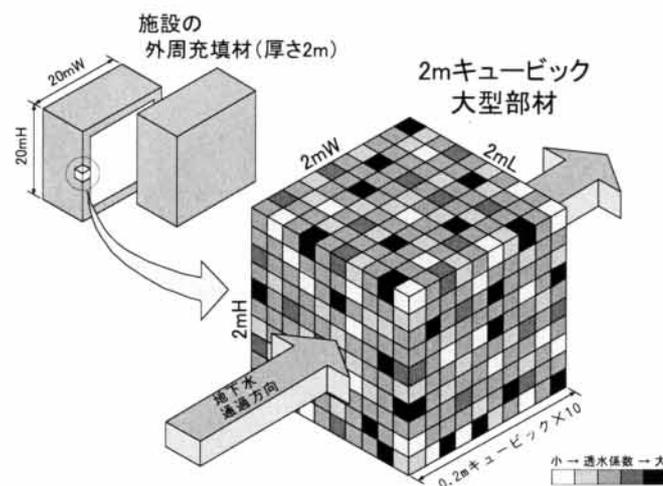


図4 2mキュービック大型部材浸透水量計算モデル

5. 結果および考察

- 1) 幅2mの試験施工供試体から約0.2m間隔で採取した供試体の透水係数は対数正規分布をしていた。
- 2) 実測されたバラツキと同程度の透水係数の空間分布が実際の施設においても存在するものと仮定して、2mキュービック大型部材の浸透水量をモンテカルロ的に試算した。600発の計算の結果は図5に示すように非常に狭いバラツキ範囲の等価透水係数になった。バラツキが3次元的に空間分布する場合には、局所的に大きな透水係数の領域が存在していても、連続した水みちは形成されないためであると考えられる。
- 3) 実際の規模の施設の外周充填材の寸法を図1の外

寸法 20mL×20mW×20mH (厚さ 2m) とすると、図4のような大型部材が横に約600個つながっている膜状構造物である。この構造物の等価な透水係数は図5の600発の2mキュービック透水係数の算術平均 3.1E-12m/s に相当する。この値は23個の小型供試体の対数平均値 2.7E-12 m/s に近似している。

- 4) 実測データよりも大きなバラツキ例として、標準偏差 $\sigma=0.5$ の正規分布の1000個のデータ (最小値 = 8.0E-14 m/s、最大値 = 1.0E-10 m/s) を仮想的に作って、上記 2) ,3) と同じ計算を試みた。目標透水係数 1.0E-11m/s を超える要素が1000個の中に約150個分布していることになる。施設規模の外周充填材の等価な透水係数は 8.4E-12m/s であり、この程度のバラツキでも目標透水係数を満足する。この値は仮想データ 1000個の対数平均値 2.7E-12 m/s よりも $1 \cdot \sigma$ の余裕を見込んだ値に相当していた。

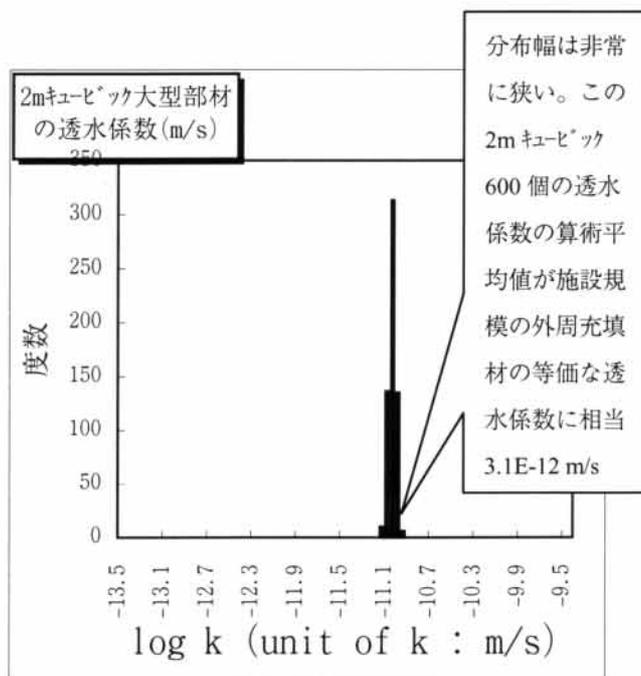


図5 2m キュービック大型部材の等価な透水係数計算結果のヒストグラム (データ数=600)

6. 結論

実際の外周充填材を構築する際に、材料のバラツキによって局部的に目標性能を満たさない領域が存在しても、空間分布のバラツキを吟味することによって、対数平均値に若干の余裕を見込んだ値に相当する透水性能値を推定できる。

参考文献 (1)Ishii et al., Proc.Int.Conf.Nuclear Waste Management & Env. Remediation, pp.101-109, ASME1993
 (2)石原他：第31回地盤工学研究発表会, B-12,1996