

低レベル放射性廃棄物処分施設における 難透水性覆土の品質評価方法に関する検討（その3） —平均的透水係数による簡易な品質評価方法の提案—

鹿島建設(株) フェロー会員○森川誠司 笹倉 剛 正会員 並川 正 須山泰宏
日本原燃(株) 正会員 浪岡翔吾 工藤 淳 増田良一
東電設計(株) 正会員 矢込吉則

1. はじめに

前報^{1,2)}では、難透水性覆土の遮水性能を覆土全体の通過流量に対応した平均的透水係数で評価する方法を提案し、試験施工データを適用することによってその有用性を示した。しかし、本方法を覆土の品質管理に用いるためには施工中に多数回の FEM 解析を実施する必要があり、時間や労力の面で改善の余地が残されていた。そこで本報文では、覆土の平均的透水係数を迅速かつ簡易に推定する実用的な品質評価方法を提案する。

2. 覆土の平均的透水係数の算出方法

前報で示した覆土の平均的透水係数の算出方法¹⁾の概要を以下に再掲する。①覆土の計測位置での密度から換算される透水係数の対数平均値・対数標準偏差・相関長を求める。②それらの透水係数の統計量と乱数に基づいて透水係数が空間的に分布する覆土の FEM モデル（覆土形状を表す 37m×7m×2m の矩形モデル）を多数生成する。③覆土モデルに単位動水勾配を与える浸透流解析のモンテカルロシミュレーションによって覆土の平均的透水係数（解析で得られた総流量 Q を断面積 A で除した値）の期待値と対数標準偏差を求める。

3. 覆土の平均的透水係数に基づく簡易品質評価方法

まず、計測で得られる覆土の局所的な透水係数データの対数平均値、対数標準偏差、相関長を各軸とした平均的透水係数の算術平均値 $\bar{K}$ の三次元等値面図を各確率量のパラメータスタディによって作成した（図-1）。これは、覆土の平均的透水係数を計測データから簡易に評価するノモグラムと考えることができる。次に平均的透水係数のばらつきを考慮した品質評価を行えるようにするため、同様の手順で、平均的透水係数の算術平均値+標準偏差×3（ $\bar{K}+3\sigma$ ）の等値面図も作成した（図-2）。 $\bar{K}$ の等値面図は対数平均値に対する感度が特に大きく、相関長の感度は小さい。 $\bar{K}+3\sigma$ の等値面図も $\bar{K}$ の等値面図とほぼ同じであるが、対数標準偏差と相関長の感度は $\bar{K}$ よりも $\bar{K}+3\sigma$ の方がやや高いことがわかる。

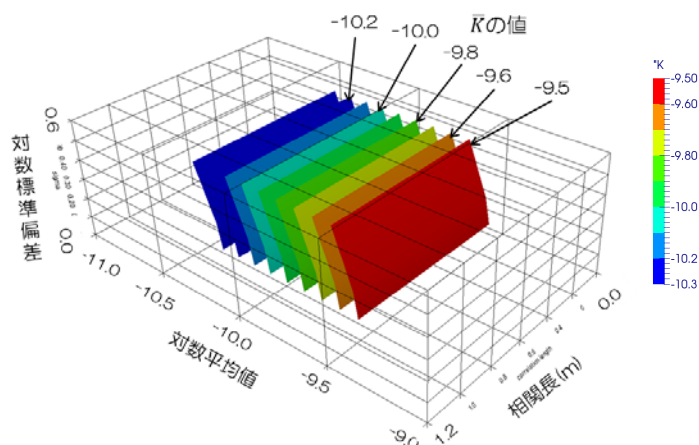


図-1 計測した透水係数の各確率量に対する $\bar{K}$ の等値面図

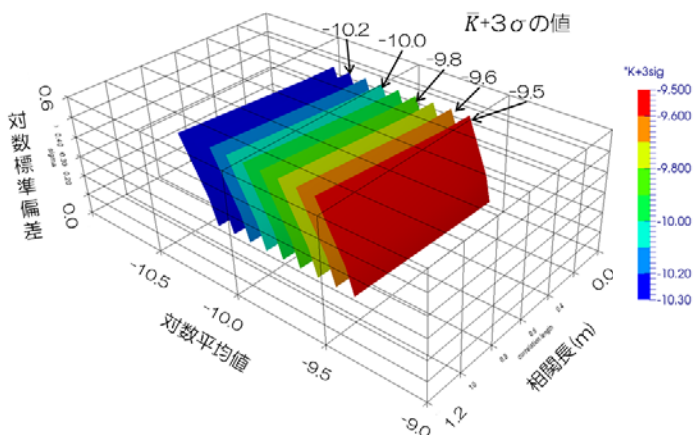


図-2 計測した透水係数の各確率量に対する $\bar{K}+3\sigma$ の等値面図

キーワード 放射性廃棄物処分施設、難透水性覆土、平均的透水係数、モンテカルロシミュレーション、品質管理図

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 KI ビル 鹿島建設(株)土木設計本部解析技術部 TEL:03-6229-6793

ここで、覆土の平均的透水係数に関する目標値を仮に $1 \times 10^{-10}(\text{m/s})$ とし、不確実性(3σ のばらつき)を考慮した品質評価を行う場合、図-2 において $1 \times 10^{-10}(\text{m/s})$ の面のみ表示したものが平均的透水係数の $\bar{K}+3\sigma$ に関する品質評価図となる(図-3)。

4. 品質評価図の適用性検討

図-3 の品質評価図に対し、計測データが蓄積するにつれて $\bar{K}+3\sigma$ がどのように変遷するかをシミュレーションすることで、本品質評価図の適用性を確認した。具体的には、表-1 で示した計 10 層の試験施工データ(各層で 1 層目からの累計を取っている)を品質評価図上にプロットした(図-4(a)~(d))。これらの図から $\bar{K}+3\sigma$ の値は、1 層目から 1~10 層目の値まですべて $1 \times 10^{-10}(\text{m/s})$ の目標値を下回っていることがわかる。なお、今回作成した三次元の品質評価図は相関長に対する感度が小さいため、相関長軸方向から見た二次元的な品質評価図でもある程度有用と考えられる。

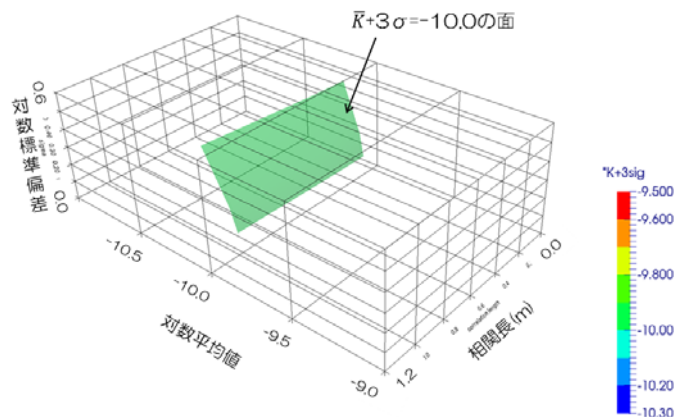


図-3 $\bar{K}+3\sigma$ の等値面図から $1 \times 10^{-10}(\text{m/s})$ のみを表示した図(三次元品質評価図)

表-1 試験施工データ

層	透水係数の 対数平均値	透水係数対 数標準偏差	相関長 (m)
1	-10.44	0.29	0.93
1~2	-10.43	0.28	1.11
1~3	-10.38	0.26	0.09
1~4	-10.32	0.26	0.07
1~5	-10.30	0.25	0.05
1~6	-10.28	0.24	0.04
1~7	-10.26	0.25	0.04
1~8	-10.26	0.24	0.05
1~9	-10.23	0.25	0.07
1~10	-10.24	0.25	0.10

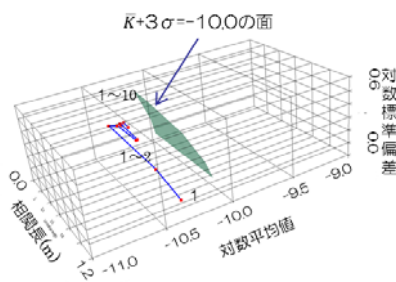


図-4(a) 三次元品質評価図

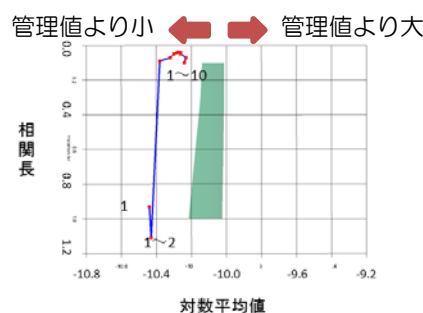


図-4(b) 対数標準偏差軸方向から見た品質評価図

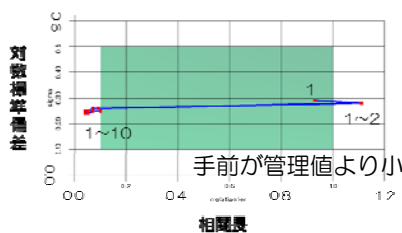


図-4(c) 対数平均値軸方向から見た品質評価図

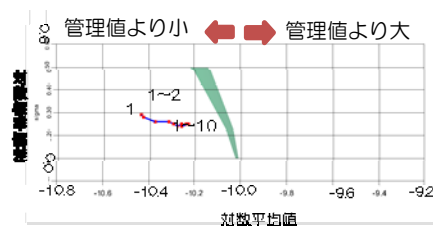


図-4(d) 相関長軸方向から見た品質評価図

5. おわりに

覆土全体の通過流量を意味する平均的透水係数に基づく品質評価図を事前に作っておくことで、施工中の覆土の品質評価を簡便に行える方法を提案した。なお、放射性廃棄物処分における核種移行評価では、局所的な水みち(卓越流路)の評価も重要であり、この場合は上記と同様の方法で流束の最大値を評価する方法が考えられる。

参考文献 1) 低レベル放射性廃棄物処分施設における難透水性覆土の品質評価方法に関する検討(その1), 土木学会第71回年次学術講演会論文集, 2016.9 2) 低レベル放射性廃棄物処分施設における難透水性覆土の品質評価方法に関する検討(その2), 土木学会第71回年次学術講演会論文集, 2016.9