

放射性廃棄物処分施設における小型ベントナイトブロック定置工法（その2） —ブロックの継ぎ目の透水性変化—

清水建設 正会員 ○石井卓 中島均

1. 目的—ブロック継ぎ目の水みち化の懸念—

放射性廃棄物の処分施設では、難透水性の遮水層を1m程度の厚さで構築する方法の一つとして小型ベントナイトブロックを積み上げる工法があるが、ブロック定置工法の場合には、ブロックとブロックの施工継ぎ目が水みちとなって、遮水層の性能に悪影響を与えることが懸念される。

一方、ベントナイトには膨潤性があるため、ひび割れや継ぎ目をシールして遮水性を改善する機能を期待できる。そこで、小型試験体に人工的に継ぎ目を設けた試験体を使って、継ぎ目を有するベントナイトの透水係数の測定を試みた。

2. 試験体の条件

透水係数が $1\text{E-}13\text{ m/s}$ 程度となる下記のベントナイト試験体を作った。

- ・ベントナイト 山形県産“クニゲルV1”
- ・配合 $\text{B/B+S}=100\%$
- ・乾燥密度 1.6 Mg/m^3
- ・初期飽和度 95%以上
- ・供試体寸法形状 $50\text{mm}\phi \times 20\text{mmH}$ の円板状
- ・継ぎ目幅 1mm, 2mm, 3mmの3水準

3. 透水試験方法の概要

透水試験方法は、ベントナイト系難透水材料の品質管理を目的とした高速透水試験¹⁾と称する試験方法に準拠した。図1に試験手順を示す。この方法の特長は下記である。

- ① 真空状態でプレス成形した飽和供試体を使う。
- ② 供試体の上下フィルターや配管系は、真空状態で空気を排除して注水し、水で飽和させる。
- ③ 供試体からの浸透水を内径2mm級のチューブ内に導いて、チューブ内水面移動長さから透水量を0.002mlの分解能で測定する。
- ④ 注水圧0.4-0.2-0.1MPa（背圧は大気圧）の3条件で透水量速度を測定して線型性を確認する。

今回の透水試験では、継ぎ目部の透水性の初期変化を測定したいので、注水後ただちに有効圧力0.4MPa（動水勾配2000）で透水量を測定した。ただし、透水量が過大な場合には1時間程度経過してから測定した。

試験体の材料条件を表1に、試験体外観写真を図2に示す。

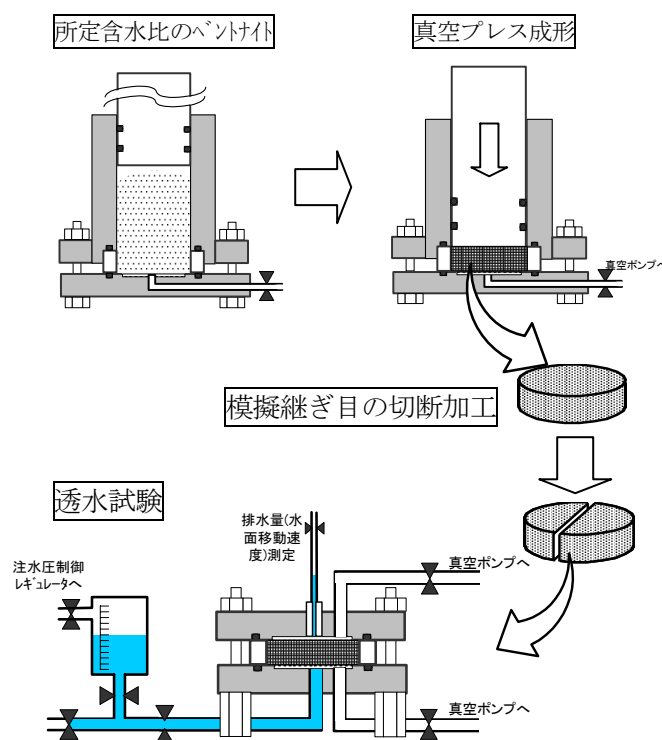


図1 試験体作成と透水試験の手順

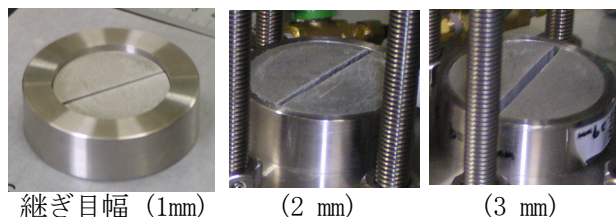


図2 試験体状況写真

3. 通水直後の透水性の変化

最初に実施した継ぎ目幅1mm試験体については初期の透水性変化を実測しなかった。その後の継ぎ目幅2mmおよび3mmの試験体については実測できた。表2に注水開始直後の試験体の時刻毎の全体透水量から算

キーワード：ベントナイト、ブロック施工、継ぎ目、透水係数、飽和供試体、難透水性材料、高速透水試験
連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 清水建設(株) 技術研究所 TEL03-3820-8415

定した全体透水係数の測定結果を示す。約1日で $2\text{E}-13 \sim 4\text{E}-13 \text{ m/s}$ 相当の透水係数に回復しており、継ぎ目のシールは比較的早いことが判った。

表 1 継ぎ目透水試験体の条件および全体透水係数

供試体 No	乾燥 密度 ρ_d (Mg/m^3)	初期 飽和度 Sr (%)	継ぎ目 幅 (mm)	平均乾燥 密度 ρ_{av} (Mg/m^3)	全体 透水係数 k(m/s)
20-S-1	1.616	97.1	なし	1.616	$0.88 \text{ E}-13$
20-S-1J	1.616	97.1	0.98	1.576	$1.22 \text{ E}-13$
20-S-0J	1.616	97.1	1.11	1.570	$1.37 \text{ E}-13$
1.6-7-6J	1.583	95.3	2.03	1.501	$1.59 \text{ E}-13$
1.6-710J	1.589	96.1	2.19	1.500	$1.59 \text{ E}-13$
1.6-7-9J	1.587	95.8	3.04	1.464	$2.25 \text{ E}-13$
1.6-7-5J	1.584	95.4	3.09	1.459	$2.20 \text{ E}-13$

表 2 注水直後の全体透水係数の変化

(注水条件: 圧力 $p=0.4 \text{ MPa}$, 動水勾配 $i=2000$)

供試体No. 時間 (Hr)	1.6-7-6J	1.6-7-10J	1.6-7-9J	1.6-7-5J
0		start of injection		
0.8	$1.2\text{E}-06$	—	—	—
1.0	$4.0\text{E}-12$	$5.5\text{E}-12$	$1.2\text{E}-11$	$1.1\text{E}-11$
1.8	$1.2\text{E}-12$	$1.1\text{E}-12$	$1.9\text{E}-12$	$2.6\text{E}-12$
2.5	$1.0\text{E}-12$	$8.9\text{E}-13$	$1.5\text{E}-12$	$1.6\text{E}-12$
3.3	$6.5\text{E}-13$	$1.5\text{E}-12$	$9.7\text{E}-13$	$9.4\text{E}-13$
4.8	$3.6\text{E}-13$	$3.6\text{E}-13$	$8.1\text{E}-13$	$8.1\text{E}-13$
21.2	$2.5\text{E}-13$	$2.5\text{E}-13$	$3.9\text{E}-13$	$4.2\text{E}-13$
45.6	$1.9\text{E}-13$	$2.0\text{E}-13$	$2.9\text{E}-13$	$3.0\text{E}-13$
76.9	$1.7\text{E}-13$	$1.7\text{E}-13$	$2.5\text{E}-13$	$2.5\text{E}-13$
141.7	$1.5\text{E}-13$	$1.5\text{E}-13$	$2.2\text{E}-13$	$2.2\text{E}-13$
164.8	$1.6\text{E}-13$	$1.5\text{E}-13$	$2.3\text{E}-13$	$2.0\text{E}-13$
196.2	$1.6\text{E}-13$	$1.7\text{E}-13$	$2.2\text{E}-13$	$2.2\text{E}-13$
217.3	$1.7\text{E}-13$	$1.6\text{E}-13$	$2.1\text{E}-13$	$2.2\text{E}-13$
245.7	$1.5\text{E}-13$	$1.6\text{E}-13$	$2.1\text{E}-13$	$2.0\text{E}-13$
310.7	$1.5\text{E}-13$	$1.4\text{E}-13$	$2.1\text{E}-13$	$1.9\text{E}-13$
77~310Hr平均	$1.59\text{E}-13$	$1.59\text{E}-13$	$2.25\text{E}-13$	$2.20\text{E}-13$

4. 継ぎ目を有するベントナイトの全体透水係数

図3には同じ試験体 No. 20-S-1 を使って、継ぎ目を切断加工する前の透水試験結果と継ぎ目を切断加工した後の透水試験結果を注水圧—透水量速度のグラフに示した。継ぎ目の存在によって全体的な透水量速度は明らかに増大するが、2倍未満である。

無垢な領域の透水係数は継ぎ目なしの場合の透水係数のまま変化しないものと仮定して、継ぎ目部のみの透水係数を推定した結果、幅約1mmの継ぎ目部の透水係数は $1.4 \text{ E}-12 \text{ m/s}$ 以下であると推定された。

図4には石井他(2003)の方法で測定したいろいろな乾燥密度のベントナイトの透水係数との比較を示した。同図において●で示したプロットは継ぎ目部の密度をゼロとして算出した平均密度を使って継ぎ目透水試験結果をプロットしたものである。継ぎ目のあるベントナイトの透水係数は平均密度に相当する継

ぎ目のないベントナイトの透水係数と同じである。

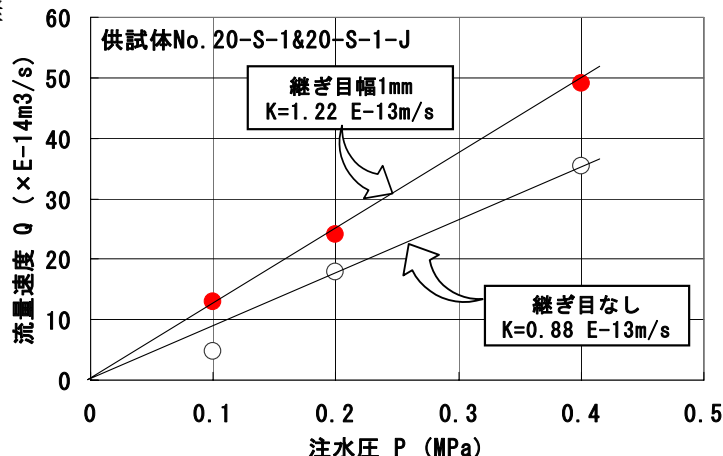


図3 継ぎ目の有無による平均透水係数の違い

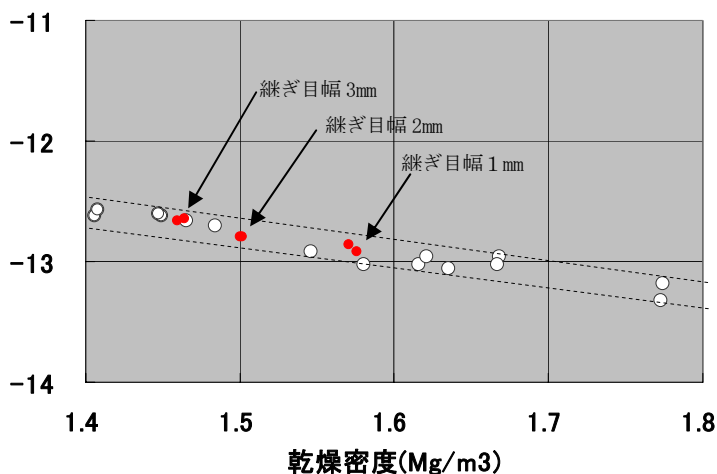


図4 いろいろな密度のベントナイトとの比較

5. 結論

- 1) 継ぎ目部を有する試験体の全体透水係数は1日程度で $2\text{E}-13 \sim 4\text{E}-13 \text{ m/s}$ 程度となることから、継ぎ目部のシール速度は早い。
 - 2) 継ぎ目を有する試験体の透水係数は試験体の平均密度に相当する透水係数を呈する。
- 以上のことから、ベントナイトブロック定置工法において形成される継ぎ目部は卓越した水みちとはなりにくいと考えられる。

当該透水試験では、基質部のベントナイトを事前に飽和状態にしておくことで継ぎ目部および基質部を通過する水量をまとめて測定し、通水開始直後のシール効果を確認できた。実際の施設では不飽和状態で施工するため、シール効果の発揮は若干遅くなるであろう。なお、幅2mmの継ぎ目部を水平面積比で換算すると200mmブロックにおける継ぎ目幅約5mmに相当する。

参考文献

- 1) 石井他(2003), 第58回土木学会年次講演会, CS7-021