

1E-13 m/s の透水係数を短時間で測定する高速透水試験（その2）

—浸潤方式飽和法透水試験との比較—

清水建設 正会員 石井卓 ○中島均

1. 目的—高速透水試験の効果の確認—

放射性廃棄物の処分施設では1E-14m/sから1E-8m/sに相当する透水係数のベントナイト系難透水材料が使われると考えられる。日常の施工管理においては、できるだけ短時間で透水性能を確認できることが望まれる。著者は50mmφ×20mmHの透水試験において、室内供試体であれば真空状態でプレスすることにより飽和供試体を作製することができ、注水条件や透水量計測系等の工夫をすることにより、透水性能の第1情報を1～2週間の短時間で把握できることを提案した。¹⁾

一方、竹ヶ原他²⁾はベントナイトペレットの透水試験において60mmφ×20mmHの供試体が飽和して透水量を測定できるまでに透水係数1E-12m/s程度の供試体では約40日を、1E-13m/s程度の供試体では80日を要したことを報告している。

著者は同じ条件で作製した高密度ベントナイトの透水試験において、供試体をあらかじめ飽和状態にプレス成形した場合と含水比約10%でプレス成形した場合の透水試験を比較したので、以下にその成果を報告する。

2. 高速透水試験方法の概要

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⁾と称する試験方法の特長は下記である。図1に試験手順を示す。

- 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を真空状態で注水し、水で飽和させておく。
- ③ 注水圧力1～0.1 MPa、供試体厚さ10～50mmにすることで動水勾配を200～5000とする。
- ④ 供試体からの排水を内径2mm級のチューブ内に導いて、水面移動長さから透水量を0.002mlの分解能で測定する。

今回の透水試験では下記の試験条件とした。

- ・ 供試体寸法：50mmφ×10mmH
- ・ 供試体乾燥密度：1600kg/m³
- ・ 注水圧力：0.4-0.2-0.1 MPaの3段階

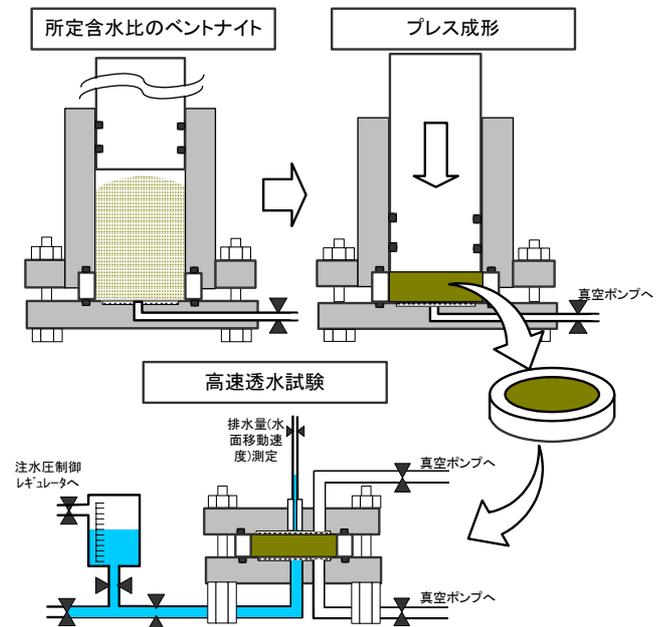


図1 高速透水試験の手順説明図

3. 供試体の密度、含水比および初期飽和度

供試体は表1に示すように飽和度を変えて複数作製した。ベントナイトはクニゲルV1を用いた(表2参照)。

表1 透水試験供試体条件一覧

供試体 No	乾燥密度 ρ _d (kg/m ³)	含水比 w (%)	飽和度 Sr (%)
飽和供試体			
10-S-2	1606	25.13	97.3
10-S-3	1604	〃	97.1
10-S-4	1604	〃	97.0
10-S-5	1613	〃	98.3
不飽和供試体			
10-D-1	1598	9.94	38.0
10-D-2	1593	〃	37.7
10-D-5	1609	〃	38.7

表2 クニゲルV1の特性

真比重	(-)	2.778
メチレンブルー吸着量	(mmol/100g)	76
膨潤力	(ml/2g)	18
侵出陽イオン(LC法)	(meq/100g)	Na ⁺ : 56.9, K ⁺ : 3.5 Mg ²⁺ : 2.7, Ca ²⁺ : 51.7 Total: 114.8
陽イオン交換容量	(meq/100g)	72.1
侵出陽イオン(SFSA法)	(meq/100g)	Na ⁺ : 67.6, K ⁺ : 0.7 Mg ²⁺ : 0.7, Ca ²⁺ : 14.3 Total: 83.3

キーワード：ベントナイト、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 TEL03-3820-5478

4. 透水試験結果と考察

図2には飽和供試体 No.10-S-5 の時間経過に伴う累計透水量を示した。当初の数日間は透水量が安定しない傾向がみられるが、14日目からは安定していると判断できる。注水圧力 0.4MPa で 60 日後まで透水量を計測したが、透水量は非常に安定しているため、30 日後までの結果でも十分に透水係数を推定できると考えられる。また、注水圧力を 0.2MPa, 0.1MPa と順次変更して取得した透水係数も注水圧 0.4MPa で取得した透水係数とほとんど変わらないため、日常の品質管理等で大量の供試体の透水係数を測定するような場合には、注水圧力を変えて試験をすることを省略することも可能である。

図3には不飽和供試体 No.10-D-2 の時間経過に伴う累計透水量を示した。供試体の流出側で水が観察されるまで 157 日間を要した。また、透水量が測定できるようになった後でも、透水量が一定にならない傾向があった。このため、注水圧力 0.4MPa での透水量測定を 70 日間継続した。一つの注水圧力条件での測定機関を短縮することは難しいと考えられる。また、注水圧力を 0.2MPa, 0.1MPa と順次変更して取得した透水係数は、注水圧 0.4MPa での値に対して変動しているため、注水圧力を変えた計測を省略することは難しい。

すべての供試体の試験結果を表3にまとめた。透水量が安定するのに要する時間の違いは顕著である。また、透水係数の値は供試体の初期飽和度による有意な差は認められなかった。

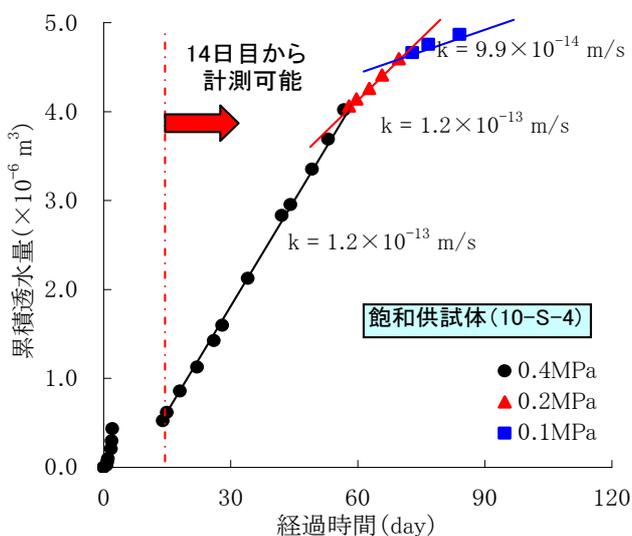


図2 飽和供試体の透水量計測結果

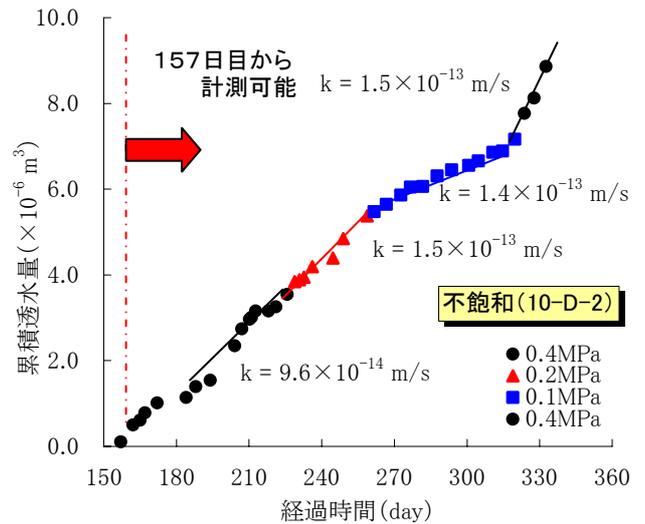


図3 不飽和供試体の透水量計測結果

表3 供試体条件による透水試験結果の比較一覧

供試体 No	透水量計測可能時期 (day)	透水係数 k ($\times 10^{-13}$ m/s)				
		注水圧力 (MPa)				
		0.4→	0.2→	0.1→	0.4	
飽和供試体	10-S-2	14	0.94	0.89	1.26	
	10-S-3	26	1.01	1.21	0.90	
	10-S-4	14	1.20	1.21	0.99	
	10-S-5	14	0.91	1.02	1.35	
不飽和供試体	10-D-1	204	1.06	1.21	1.62	1.36
	10-D-2	157	0.96	1.49	1.44	1.53
	10-D-5	207	1.16	1.58	1.81	1.49

5. 結論

提案していた「高速透水試験」は供試体の作製方法、動水勾配条件等に従来にない方法や条件を採用したものであったため、従来の試験方法に比べて妥当性を確認することが課題となっていたが、今回の比較試験によって測定された透水係数の値に有意な差は認められなかったことから、信頼できる試験方法であると考えられる。

また、不飽和供試体を飽和して実施する従来の透水試験法に比べて、飽和供試体に高速透水試験法を適用する方法は、測定に要する期間を著しく短縮できることを示せた。

謝辞：試験に際して、クニミネ工業(株)黒磯研究所の伊藤弘志氏に計測を担当していただきました。

参考文献

- 1)石井他(2003), 第58回土木学会年次講演会, CS7-021
- 2)竹ヶ原他(2003), 第58回土木学会年次講演会, CS7-016