平板比較法による Na 型および Ca 型ベントナイトの熱伝導率の測定 および同程度の含水比における熱伝導率と乾燥密度の関係の考察

早稲田大学 学生会員 ○金田 舜, 伊藤 大知 早稲田大学 正会員 小峯 秀雄, 王 海龍,フェロー会員 後藤 茂

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物処分において緩衝材としてベントナイトを用いることが極めて有力であるが,廃棄体 からの崩壊熱によりベントナイトの有する機能の低下が懸念されるため,ベントナイトの熱的性質に関する研 究が進められている.既往の研究^{1),2)}では非定常法に分類される方法により測定が行われているが,信頼性の 高いデータを取得するためには定常法による測定も行う必要がある.そこで本研究では,供試体側面を断熱し た状態で,定常法に分類される平板比較法によりベントナイトの熱伝導率を測定する.供試体の乾燥密度とベ ントナイトの種類を変えた測定を行い,熱伝導率に及ぼす影響について考察する.

2. 使用したベントナイトの基本的性質および供試体の作製方法

本研究では、クニミネ工業製の Na 型ベントナイト のクニゲル V1(以降, KV1)と Ca 型ベントナイトのク ニボンド(以降, KB)を使用した.表1にそれぞれの 基本的性質を示す.モンモリロナイト含有率は純ベン トナイトのメチレンブルー吸着量を基準に、各ベント ナイトのメチレンブルー吸着量から算出した.供試体 は静的締固め装置を用いて、直径約28 mm、高さ約2 mm から25 mmを目標として作製した.また目標とする乾 燥密度を KV1 では 1.6 g/cm³, 1.7 g/cm³ および 1.8 g/cm³ とし、KB では 1.2 g/cm³, 1.4 g/cm³ および 1.6 g/cm³ とした.含水比は KV1, KB ともに自然含水比の状態に し、これを測定前の含水比とした.供試体作製後、実 際の質量、直径、高さを測定して実際の乾燥密度を求 めた.

3. 熱伝導率測定方法の概要

本研究では図1に示す熱伝導率測定装置を用いてプレートヒーターにより上部の温度を80℃、ペルチェ冷却器により下部の温度を15℃に設定し、測定した.また測定の際、供試体側面の断熱により測定精度の向上が期待できるため、図3の断熱材を用いて図2のよう

表1 使用したベントナイトの基本的性質

ベントナイトの名称	KV1	KB		
タイプ	Na 型	Ca 型		
土粒子の密度(g/cm ³)	2.81	2.69		
液性限界(%)	476.9	119.9		
塑性限界(%)	29.2	52.2		
モンモリロナイト含有率(%)	48	72		



における測定の様子



図3 測定に用いた断熱材

に側面断熱状態で測定を行った.本装置では熱伝導率が未知である供試体を挟んだ場合の,各ロッドに設置さ れた計 10 点の熱電対の示す温度より,次に述べる手順により熱伝導率を算出する.まず測定されたロッド内 の各点の温度よりロッド内の温度勾配を最小二乗法によって求め,その結果からロッドと供試体の接触面の温 度を計算した.次に得られた接触面の温度を用いて式(1)よりみかけの熱抵抗を求めた.この計算過程におい て測定原理に基づくために,供試体の下面と下部ロッドの接触面の温度を算出する際に下部ロッドの温度勾配 を上部ロッドの温度勾配に補正し,その結果を用いてみかけの熱抵抗の算出を行い,その値を補正値とした.

キーワード ベントナイト 放射性廃棄物処分 平板比較法 熱伝導率 連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 58 号館 203 号室 早稲田大学 地盤工学研究室 TEL03-5286-2940

$$R' = \frac{T_a - T_b}{-\lambda_s \times \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right) \times S} \tag{1}$$

ここに, R':みかけの熱抵抗(K/W), T_a :上部ロッドと供試体上面の接触面の温度(°C), T_b :下部ロッドと供試体下面の接触面の温度(°C), λ_s :ロッド(黄銅)の熱伝導率(W・m⁻¹・K⁻¹), $\frac{\partial T}{\partial x}$:上部ロッドの温度勾配(°C/m), S: ロッドと供試体の接触面積(m²)である.

計算結果よりみかけの熱抵抗と供試体の高さの関係の図を作成し、最小二乗法により傾きを求めた. 最後に 求めた傾きおよび接触面積から式(2)より熱伝導率を算出した.

$$\lambda = \frac{1}{\alpha S}$$
(2)

ここに, λ:熱伝導率(W・m⁻¹・K⁻¹), α:みかけの熱抵抗と供試体の高さの関係の図の傾き(K・m⁻¹・W⁻¹), S: ロッドと供試体の接触面積(m²)である.

4. 測定結果および考察

表2は本研究で得られた熱伝導率の測定結果である.図4は含水比を同程度とみなした場合の,熱伝導率と 乾燥密度の関係である.

試料の種類	乾燥密度 (g/cm ³)	測定前の 含水比 (%)	測定後の 含水比 (%)	熱伝導率 (W・m ⁻¹ ・K ⁻¹)		
KV1	1.81	8.83	8.23	1.14		
	1.70	9.18	8.36	1.06		
	1.61	8.83	7.71	0.905		
KB	1.58	19.1	17.8	1.11		
	1.40	20.2	19.2	0.894		
	1.21	18.0	14.9	0.678		

表2 熱伝導率の測定結果

図 4 より同程度の含水比における熱伝導率と乾燥密度には正の 相関があることが分かった.これは図 5 に示すように乾燥密度が大 きいほど間隙空気が減少し,土粒子の接触面の増加により熱が伝わり やすくなったため,熱伝導率が大きくなったと考えられる.また乾燥 密度,含水比が同程度の条件において,KV1の熱伝導率がKBよりも 大きいことが分かった.これはモンモリロナイト含有率が異なること により石英などの随伴鉱物の割合が異なるため,熱伝導率に影響を及 ぼすと推察される.表2によりKV1,KBともに乾燥密度が大きい方が 測定前後の含水比の低下量が少ないことが分かる.すなわち乾燥密度 が小さい場合,含水比の減少により生じる熱損失の影響が大きく,乾 燥密度が大きい場合よりも熱伝導率が小さくなると推察される.

5. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す.

 KV1 および KB ともに熱伝導率と乾燥密度には正の相関があり、 これは間隙が減少し土粒子の接触面が増えること、測定前後の含 水比の低下量が少ないため含水比の減少による熱損失の影響が小 さいことが考えられる。

2) モンモリロナイト含有率の違いが熱伝導率に影響を及ぼすことが推察された.

参考文献

 1)鈴木英明,谷口航:緩衝材の熱的性質試験(Ⅱ),核燃料サイクル開発機構,JNC TN8430 99-00, pp1-30, 1999.03.2)菊池広人,棚井憲治:緩衝 材の熱物性値測定試験(Ⅲ)一面熱源法による緩衝材物性値の取得一,核燃料サイクル開発機構,JNC TN8430 2003-009, 2003.





