ベントナイト・ケイ砂混合試料の高温環境下での膨潤特性に関する研究

芝浦工業大学(学)田邉 亮(現 西松建設)(フェロー)足立 格一郎 (学) 山元 茂弘 (学)西本 亨 関根 智之(現 前田建設工業) 長瀬 忠(現 大成情報システム)

1.研究背景と目的

現在,原子力発電を含む核燃料サイクルの各工程で発生する放射性廃棄物の処理・処分問題は,人類にとって早急に解決しなければならない大きな問題となっている.高レベル放射性廃棄物の処分方法として,安定な地層中の深部地下数100mに埋設するという地層処分が最良の方法と考えられ,種々の検討が進められている.

緩衝材には非常に高い止水性・膨潤性・熱伝導性をもつベントナイトの利用が有効であると考えられ,さ らに経済性を考慮してベントナイトにケイ砂などを混合したものを緩衝材とすることが実際の計画において 想定されている.実際の処分場での緩衝材は高温環境に曝されるため,高温環境での緩衝材の特性を調べる 必要がある.そこで本研究では,ベントナイト・ケイ砂混合試料の80 ,50 での緩衝材としての膨潤特性 を把握し,さらに,参考文献1)の20 での結果と本研究の実験より得られたデータをもとに膨潤評価式と の対比・検討も行った.

2.試料および各試験方法

試験には,クニミネ工業製 Na 型ベントナイト;クニゲル V1,愛知 県産の人工ケイ砂;三河珪砂6号を用いた.ベントナイトとケイ砂の 乾燥質量比が7:3となるように混合し,初期含水比15%,初期乾燥 密度1.78Mg/m³となるようにランマーの自由落下によって締固め,カ ッターリングで供試体サイズ(直径35mm,厚さ5mm)に成形した.

a)試験装置較正試験:試験装置は,室温状態から所定の温度にする ことにより熱膨張し,供試体の膨潤圧によってシャフトなどが収縮す るため,膨張・収縮量を補正するために試験装置の較正試験を行った. b)膨潤圧試験:膨潤圧試験では温度コントロール型三軸圧縮試験装置 に改良を加えたものを試験装置として用い,圧縮装置を手動で調整し て供試体の膨潤量を変化させた3種類の試験(標準試験,変位抑制試 験1,変位抑制試験2)を行った.供試体の外側に筒状のステンレス 鋼をかぶせることにより側方への変形を拘束し,供試体下部より脱気 した蒸留水を供給し,鉛直方向の膨潤圧・膨潤量を測定した.

c) 膨潤変形試験:膨潤変形試験には膨潤圧試験と同じ試験装置を用いた.シャフトと荷重計の間に隙間をつくり,膨潤量を制限せず大幅に 膨潤した状態での鉛直方向の膨潤圧・膨潤量を測定した.試験は設定 膨潤率 50%・90%・130%の3種類の試験を行った.

表1 各温度での供試体初期状態

温度	初期乾燥密度	含水比
()	(Mg/m ³)	(%)
20	1.68 ~ 1.82	14.1 ~ 15.6
50	1.79 ~ 1.83	13.8 ~ 15.1
80	1.76 ~ 1.81	14.2 ~ 15.7



3. 膨潤評価式

ベントナイトの主成分であるモンモリロナイト粒子表面付近には何種類かの陽イオンが分布している.小 峯らによって提案されている膨潤評価式とは,これらのイオンに起因する粘土結晶層間に作用する反発力と 引力の理論を元に,モンモリロナイトの膨潤体積ひずみと平行2粒子間距離の1/2に相当するパラメータを

キーワード:高レベル放射性廃棄物,高温環境,ベントナイト,緩衝材,膨潤特性,膨潤評価式 連絡先:〒108-8548 東京都港区芝浦3-9-14 芝浦工業大学土木工学科地盤工学研究室 TEL 03 - 5476 - 3048 FAX 03 - 5476 - 3166

介して,ベントナイト配合率や乾燥密度に応じて締固めベントナイトの発生する圧力と膨潤率の関係を求め るもので,式は以下のようになる.

$$p = \frac{1}{CEC} \sum_{\substack{i=Na^+, Ca^{2+}\\K^+, Mg^{2+}}} \left[EXC_i \left\{ (f_r)_i - (f_a)_i \right\} \right]$$

p:緩動材の発生する圧力(kPa),(f)i:交換1場イオンiに起因する反発力(kPa),
(f)i:交換1場イオンiに起因する引力(kPa), EXCi:交換13場イオンiの交換
容量(mequiv/g), CEC:陽イオン交換容量(mequiv/g)

<u>4.試験結果と考察</u>

図2は全実験データの実験終了時の膨潤圧と膨潤率の 関係に整理したものに,表2を元に求めた膨潤評価式に よる理論曲線を重ねたものである(間隙水のイオン濃度 は参考文献2)で推定された値の範囲内の値を使用して いる).温度の違いによる膨潤性を比較すると,20, 50,80 と温度が高くなることにより膨潤圧・膨潤率 ともに高くなる傾向にあるが,50 と80 での膨潤性の 差はあまりない結果となった.よって,20 と50 の間 で膨潤性が大きく変わるものと思われる.一部で80 よ り50 の膨潤性が上回っているが,これは供試体の初期 状態の差によるものだと考えられる.

理論曲線について見てみると,20 の膨潤率 0%付近 で実験値と理論曲線にやや差異が見られるが,それ以外 の部分では実験結果の傾向を良好に表現している.しか し,高温になる程設定した間隙水のイオン濃度の違いに よる理論曲線の段差が大きくなる.そこで,この段差を なくして一本の曲線で実験結果を表す方法を検討した. まず,間隙水のイオン濃度は膨潤率に応じて変化してい ると考えられるため,温度50 に対する各膨潤率での間 隙水のイオン濃度を推定する式(y=-9.67Ln(x)+60.0, y:間隙水のイオン濃度(mol/m³),x:膨潤率(%))を求め た.次に,推定式から算出した各膨潤率での間隙水のイ オン濃度における膨潤圧と膨潤率の関係を膨潤評価式に よりもとめた.その結果,図3に示すような一本の曲線 で実験結果を表すことができた.

<u>5.まとめ</u>

 ・ 今回の実験期間(1~3日間)では、温度が高くなる
ことにより膨潤性は向上した.今後は長期間での膨 潤特性を調べる必要がある.



1) 足立格一郎,鈴木絵里子,田邉亮:高レベル防射性廃棄物の地層処分におけるベントナイト緩動が加膨潤特性ご関する研究,土木学会第56回年次学株講員会講員概要集CS1-003,2001. 2) 小峯秀雄,緒方信英:高レベル防射性廃棄物のための緩動材・埋戻し材の膨脂料価定の提案,電力中央研究所報告,研究報告U99013,1999.

温 度	間隙水のイオン	初期乾燥密度	試験方法		
()	濃度(mol/m³)	(Mg/m ³)			
20	40	1.76	膨潤圧試験		
20	24	1.73	膨潤変形試験		
50	40	1.82	膨潤圧試験		
50	13	1.80	膨潤変形試験		
80	45	1.78	膨潤圧試験		
00	15	1.80	膨潤変形試験		

