高密度ベントナイトのガス移行実験

(財)電力中央研究所 正会員 〇田中幸久, 正会員 廣永道彦, 正会員 工藤康二

1. はじめに

放射性廃棄物処分においては、放射性核種の移行を抑止する ためなどの理由により締固められたベントナイトが用いられ る.しかし、地下深部の還元性環境下における金属腐食などに より金属廃棄物等から水素ガスが発生する可能性があるため、 ガスに関しては速やかに排出されることが望まれている.本研 究においては乾燥密度 1.2, 1.4, 1.6Mg/m³の飽和したベント ナイト供試体に対する実験を実施した.実験は、鉛直方向・水 平方向土圧、水圧、排水量、排気量を計測しながら行なわれ、 破過に至るまでの挙動、破過圧と土圧の関連性などについて新 しい知見が得られた¹⁾.



2. 実験概要

実験に用いた試料は静的に締固めたクニゲル V1 である.供試体セルの断面図を図1に示す.排水・排気側のポーラスメタル は、供試体直径 60mm, 200mm の場合、中心からそれぞれ 24.5mm, 90.5mm の位置で分割され、仕切り板(リングと称する.以下 同様)が設置されているので、供試体側面と容器内側面間の透気・透水量を別個に測定できるように工夫されている.また、供 試体の応力状態を調べるため、容器の上下と側部には土圧計又はロードセルが取り付けられ、側部には間隙水圧計が取り付けら れている.実験装置の詳細ならびに膨潤圧の測定結果は、既往の文献 1)を参照されたい.空気をスムーズに排出し飽和度を高 めるため一次元的に通水して飽和させた.その後、流入側のポーラスメタルを乾燥状態のものに交換し、ガス透気実験を開始し た.

3. 実験結果と考察

1) ガス圧と土圧の経時変化と破過,大破過の関係

図2(a),図3(a)にガス圧,土圧ならびに水圧の経時変化を示す.いずれの場合もガス圧が初期軸方向土圧と同等か又はやや小 さい時点でリング内で破過(排水・排気側のシンフレックスチューブに気泡が出現した時をもって定義する)が生じる.更にガ ス圧を増加させ、ガス圧が初期半径方向土圧と同程度になるとリング外で破過が生じている.更に初期半径土圧を超えてガス圧 を増加させると大破過(排気量が急激に増大した時をもって定義する)が生じている.ガス圧が初期軸方向土圧を超えると軸方 向土圧はガス圧と等しい状態を保ちながら増大している.このことは、供試体が軸方向に収縮し、供試体端部がポーラスメタル と接触していない状態となることを意味している.

2) 排水量の経時変化と破過の関係

図 2(b),図 3(b)は排水量ならびにリング内・外の比排水量 ε_{v,int}, ε_{v,out}(リング内・外の排水量を対応するリング内・外供試体体積で除したものである)の経時変化を示したものである.図 2(b),図 3(b)によればリング内・外の比排水量はガス圧加圧初期には互いに一致しているが,その後は異なっている.このことは、ガス圧加圧初期を過ぎた時点でリング内・外で異なる事象が生じていることを意味している.また,いずれの場合もリング内破過が生じた直後からリング内の排水速度は低下している. 3)破過と大破過と有効ガス浸透率の関係

キーワード 放射性廃棄物処分、ベントナイト、ガス移行特性、高密度、飽和

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所バックエンド研究センター TEL 0471-82-1181

ガス有効浸透率の経時変化を図2(c),図3(c)に示す.ただし、ガス有効浸透率Kは次式で求められる²⁾.

$$K = Q\mu HP_1 / A \cdot 2 / \left[\{ P_{in}(t) \}^2 - \{ P_{out} \}^2 \right]$$
(1)

ここで,Q:大気圧換算単位時間流量(Nm³/s) ここで,K:ガス相の有効浸透率(m²),μ:粘性係数(Pa・s),P_{in}(t):ベント ナイト内側のガス圧力,P_{out}:ベントナイト外側の圧力(一定),P_g(t):ベントナイト内側に発生するガス圧力,A:透気断面 積(m²),H:ベントナイト層厚(m),P₁:大気圧(Pa)

図 2(c),図 3(c)によれば,破過後から大破過に達するまでの期間のガス有効浸透率の経時変化は小さいが,大破過後には急増 していることがわかる.ただし,大破過後のガス有効浸透率は,大破過によりHeガスボンベが空になってしまうため,再度He ガスボンベを交換した後に再度加圧して求めたものである.図 4 には,ガス有効浸透率とベントナイト乾燥密度の関係を示す. 大破過後のガス有効浸透率の値は破過後から大破過に達するまでの期間の値の 10⁸~10¹⁰倍程度となっていることがわかる.



図2 クニゲル V1(初期乾燥密度 1.218 Mg/m³)に対する実験結果¹⁾



図3 クニゲル V1(初期乾燥密度 1.585 Mg/m³)に対する実験結果¹⁾

[謝辞]本研究を実施するにあたり岡山大学.西垣誠教授 よりご助言いただきました.ここに記して感謝の意を表 します.

参考文献 1)田中幸久・広永道彦・工藤康二(2007):飽 和した高密度ベントナイトのガス移行メカニズムとその モデル化,電力中央研究所研究報告 N07005.2)棚井ほか (1999):地層処分場におけるガスの拡散・移行に関する検 討, JNC TN840099-045.



図4 ガス有効浸透率とベントナイト乾燥密度の関係 1)