CT 撮影による緩衝材の水理破砕実験の内部破壊状態の観察

	京都大学	学生会員	桃木	昌平	正会員	小林	晃
		正会員	山本	清仁	正会員	青山	咸康
核燃料サイク	フル開発機構	事 非会員	川上	進	正会員	棚井	憲治
			検査開	見発(株)	正会員	菊池	広人

1.目的

高レベル放射性廃棄物の地層処分計画は,地下 300m以深に処分場を設け,廃棄体をオーバーパックに入れ,その周りを高密度に圧縮されたベントナイトを主材料とする緩衝材を設置して岩盤中の処分孔に設置する.この緩衝材の主材料であるベントナイトは高い膨潤性を有し,地下水の浸潤に伴い緩衝材中の間隙や周辺岩盤の割れ目を充填すると考えられている.しかし,処分孔閉鎖後の地下水位の回復により,周辺岩盤の割れ目を介して高い地下水 圧が緩衝材に局所的に作用することが予想され,この水圧により緩衝材が破砕し亀裂が発生すれば,オーバーパックが地下水と接触し腐食を促進させる危険性が考えられる.

このような背景をもとに,本研究ではベントナイト・ケイ砂混合供試体の水理破砕実験を行った.今回の実験で は供試体内部を CT スキャンで撮影し,水理破砕に伴う亀裂の進行状況と亀裂の形状を確認し,破砕圧力との関連 性について検討した.

2.方法

2.1 供試体

供試体の寸法は直径 5cm,高さ 10cmの円筒形で,基本ケース(ケース1)を初 期乾燥密度 1.6g/cm³,初期含水比 12.5%,ケイ砂混合率 30%として,初期含水比 25%(ケース 2),ケイ砂混合率 0%(ベントナイト 100%,ケース 3)の 3 つのケ ースについて実験を行った.

2.2 実験装置

図 1 に実験装置の概要を示す.左右の蓋はステンレス製だが,供試体を入れる 筒部分とネジは CT 撮影の際のノイズ(アーチファクト)を低減させるためにアル ミ製になっている.給水口は加圧給水装置と接続する.後述する試験結果の撮影 断面位置は給水側端面からの距離 H で示す.

2.3 手順

供試体底面に深さ 4cm の穴を開け,そこに外径 4mm,内径 2mm のアルミパイ プをエポキシ樹脂系ボンドで装着し,加圧給水装置とパイプを連結して供試体内 部に水圧を点載荷できるようにしている.

注入水圧は手動で設定して,設定とほぼ同時に設定圧力に達す る.まず先行実験より導出した予想破砕圧力(ケース1の場合, 1.4MPa)の約50~60%の圧力を10分間かけつづけ,その後は5分 毎に200kPaずつ水圧を上昇させる(図2には注入水圧の経時変 化の例としてケース1の結果を示す).またCTスキャンによる撮 影もこれに並行して5分毎に行う.注入水圧が降下し破砕が確認 されたら撮影し,さらに排水口を閉じて破砕した際の圧力をかけ ながら撮影する.排水口を閉じて撮影するのは,ベントナイトの 膨潤特性により閉じた亀裂を再び開かせるためである.



キーワード ベントナイト,水理破砕,CTスキャン 連絡先 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 京都大学大学院農学研究科 TEL075-753-6346





3.実験結果と考察

表1に実験結果の水理破砕圧力を示す.なお,複 数個実験を行ったものについての結果はその平均値 とした.表1より,含水比が高いと破砕圧力は低く,

衣↓ 実験結果						
ケース	実験条件	水理破砕圧力(MPa)				
1	基本ケース	2.86				
2	高含水比	1.28				
3	ベントナイト 100%	7.05				

ケイ砂の割合が少ないと破砕圧力は高いことがわかる.これらの値は,事前に行った試験結果よりもいずれも大き な値となっているが,これは,供試体作成後から日数が経ち,やや初期含水比が低下したためと考えられる.

CT スキャン撮影による破砕状況の確認について,途中過程における破砕の前兆のようなものはほとんど確認さ れず,亀裂は最大圧力時に瞬時に発生し,亀裂の進行状況や発生時の様子を確認することはできなかった.排水口 閉管後の CT 画像の例としてケース1~3の結果を図3に示す.黒い部分が水の存在を示している.(a)は排水口閉管 後のケース1の供試体を注入点付近から排水口方向へ60mmの範囲を2mm間隔でスキャンしたものの一例である. 注入点から斜め上方向に水みちができていることがわかる.(b)はケース2の一例である.この場合は,注水点の下 8mm ぐらいの箇所から亀裂が横方向に延びている.一方,(c)はケース3をパイプ末端付近から排水口方向へ88mm の範囲を2mm間隔でスキャンしたものの一例であるが,こちらは3~4方向に水みちが確認できる.そして,供試 体の下部から上部まで一様に亀裂が生じていることがわかる.また,ケース3では注入点付近で黒色部が球状に存 在しており,これは破壊前に徐々にその領域を広げていた.これは空隙であり,その周囲の白色部分が浸潤による 膨潤で密度が高くなった部分である.一方,このような注水点周りの変化はケース1,2では見られなかった. 4.考察

以上の結果をまとめると以下のようなことが推測される.

1)破砕圧力が低い場合の破壊は局所的に亀裂が生じている ケース1よりもケース2の亀裂の方が長いことから, 小さな破砕圧力は局所的な破壊の進行が短い距離で供試体外部まで到達した場合に起こることが推測される.

2)破砕圧力が高いケース 3 の場合は,供試体全体で破壊が生じており,亀裂の数も放射状に多数発生している. 各亀裂はケース1,2と異なり供試体上下方向に縦割れ亀裂が瞬時に生じた形になっている.



図 3 CT スキャン画像