

Ⅲ-A5

緩衝材ブロック継目部の力学および浸潤特性

核燃料サイクル開発機構 正会員 杉田裕，千々松正和，菊池広人
京都大学 正会員 村田澄彦，斎藤敏明

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分における人工バリアシステムでは、廃棄体周辺を緩衝材によって覆うことが考えられている¹⁾。緩衝材の候補材料の一つであるベントナイトには、止水性、膨張性による自己シール機能、核種吸着性等が期待されている。緩衝材の施工方法としては、現場締固め方式とブロック positioning 方式が考えられている。前者は、打ち継ぎ目はあるものの、その部分に隙間は生じず、緩衝材は一体となるため耐久強度も期待できるが、施工の機械化が困難であったり、施工期間が長期化することが予想される。後者は、あらかじめ作成したブロックを積み重ねていくため、施工は簡便なものとなる。しかし、この場合、ブロックの継目部分が弱面となったり、隙間が生じて卓越した地下水の浸潤経路となる可能性がある。そこで、本論では、ブロック positioning 方式を対象にブロック一体部分およびブロックの継目部分のせん断力学特性および浸潤特性について検討を行なった。せん断力学特性は、一面せん断試験を実施し検討した。試験の対象としたのは、一体部分、継目部分および継目部分がベントナイトの膨潤により圧着した部分（圧着部分）である。また、浸潤特性に関しては、不飽和状態のブロックに関しては水分拡散試験により一体部分と継目部分との比較を、飽和状態のブロックに関しては透水試験により一体部分と圧着部分との比較を行なった。

2. ブロック継目部のせん断特性

試験に用いた供試体は、一体型供試体、2枚の試料を重ねた分離型供試体、分離型供試体を飽和セル内で膨潤により圧着させた圧着型供試体の3種類（乾燥密度 1.8g/cm^3 ）である。各供試体の形状を図-1に示す。試験材料はベントナイト単体（クニゲルV1）とし、それぞれの種類の供試体に関して、飽和度50%および100%の状態ですせん断試験を行なった。なお、圧着型供試体は、膨潤により圧着されるため飽和度100%のみ実施した。試料の飽和時間は約1ヵ月である。飽和度50%は緩衝材が設置された時点の状態を、100%は緩衝材が定置後飽和した状態を想定している。せん断試験は、一面せん断試験装置を用いて、垂直荷重を一定に保ちながら、一定のせん断変位速度（ 0.05mm/min ）ですせん断変位2mmまで実施した。設定した垂直応力は緩衝材の膨潤圧が4MPa程度であることを鑑み、0.2, 1.0, 2.0, 3.0MPaの4種類とした。

ベントナイトの飽和度別の力学物性値を表-1に示す。表-1より飽和度100%での強度は、飽和度が50%での強度よりも小さいことが分かる。また、一体型、分離型および圧着型供試体について各飽和度、各垂直応力におけるピーク強度および残留強度の値を表-2に示す。表-2から、一体型供試体はすべての垂直応力下においてもピークせん断強度および残留せん断強度いずれも分離型および圧着型供試体より大きくなった。すなわち、飽和時もベントナイトブロック自体のせん断強度はブロックの継目と比較して十分な強度を有していた。ピークせん断強度について分離型および圧着型供試体を比較すると、圧着型の強度は分離型のものよりすべての垂直応力下で大きくなった。これは圧着による優位性を示していると考えられる。これを一体型供試体の強度と比較すると強度比で0.48から0.63となる。一方、残留せん断強度については、垂直応力が1.0MPa以上の場合は圧着型と分離型供試体の差は見られなくなった。これは、破壊するまでは圧着した効果により圧着型供試体の優位性が見られるが、いったん破壊した（圧着面が滑った）後は分離型供試体と同じ状態になるためと考えられる。施工後、浸潤によりベントナイト緩衝材の飽和度が上昇し、それに伴って膨潤圧が発生し、継目が圧着されることになる。圧着することでブロックの境界面とベントナイトブロック自体の強度差は小さくなり、弱面としての影響が小さくなると推察される。

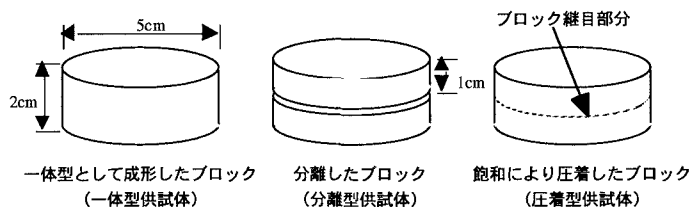


図-1 せん断試験に用いた供試体の形状

キーワード：高レベル放射性廃棄物，ベントナイトブロック，継目，せん断，透水，

連絡先：サイクル機構，〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33，TEL:029-287-3247，FAX:029-287-3704

表1 ベントナイトの力学物性値

飽和度	ヤング率 [MPa]	ポアソン比	一軸圧縮強度 [MPa]
50%	808.0	0.35	5.4
100%	147.4	0.36	2.2

表2 各供試体のせん断強度

飽和度	供試体	ピーク強度 [MPa]				残留強度 [MPa]			
垂直応力 [MPa]		0.2	1.0	2.0	3.0	0.2	1.0	2.0	3.0
50%	一体型	2.83	2.75	3.22	3.68	1.67	1.80	2.84	3.14
	分離型	0.20	0.90	1.56	2.09	0.20	0.70	1.20	1.40
100%	一体型	0.95	1.53	1.47	1.48	0.95	1.20	1.20	1.20
	分離型	0.15	0.52	0.64	0.72	0.15	0.50	0.64	0.72
	圧着型	0.60	0.74	0.74	0.90	0.40	0.57	0.57	0.77

3. ブロック継目部の浸潤および透水特性

不飽和状態の供試体に対して、水分拡散試験を一体部および継目部を対象に実施した。一体部および継目部それぞれに対する供試体形状および浸潤方向を図-2に示す。水分拡散試験によって得られた供試体浸潤面からの距離と体積含水率との関係を水分分布図として図-3に示す。図中のプロットは実測値、曲線は実測値に対する近似曲線である。時間の経過に伴い供試体全体の水分が増加しているが、継目供試体と一体型供試体を比較すると前者の方が水の浸潤が早い。また、飽和状態の供試体に対して、透水試験を一体部および継目部を対象に実施した。継目供試体は、膨潤により継目を塞いだ後にセル内の平均の乾燥密度が所定の値になるように初期の密度を調整し製作した。供試体としてはベントナイト単体（乾燥密度 1.8g/cm^3 ）およびケイ砂混合材（ケイ砂混合率30wt%，乾燥密度 1.6g/cm^3 ）を用いた。図-4に透水試験結果を示す。同図から、乾燥密度が同じ場合ベントナイト単体の場合でもケイ砂混合体の場合でも、一体型供試体と継目供試体は同じオーダーの透水係数を示した。すなわち、ベントナイトの膨潤により継目が圧着された後は透水における継目部の影響は小さくなるものと考えられる。

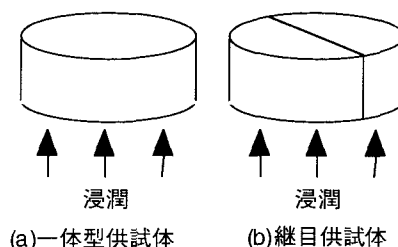


図-2 供試体形状（浸潤および透水試験）

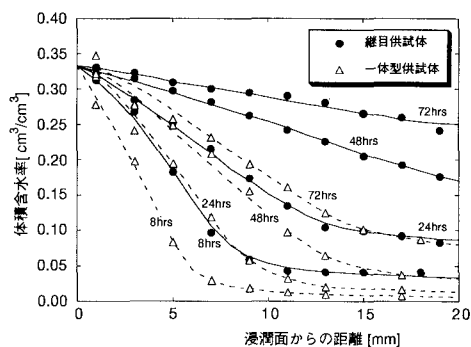


図-3 水分拡散試験結果

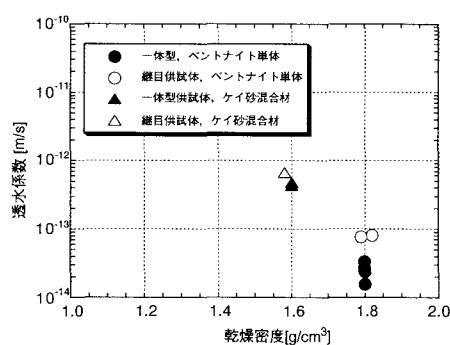


図-4 透水試験結果

4. まとめ

ここでは、ブロック定置方式を対象にブロックの継目部の特性について調べた。その結果、①ベントナイト試料は飽和度が高くなると強度が低下する。②飽和度50%の場合、一体型のせん断強度は分離型に比べて大きく、ベントナイト緩衝材の変形は、ブロックの継目部分で発生する可能性が大きいと考えられる。③緩衝材が飽和することにより全体的に強度は小さくなるが、弱部となる継目部の影響は小さくなるものと考えられる。④継目部分を含む供試体の浸潤速度はブロック部に比べ早くなる。今回の試験は隙間の大きくない継目であったが、継目部分に大きな隙間がある場合や外部の水圧が高い場合は、この部分が卓越した浸潤経路となるものと考えられる。⑤緩衝材が飽和した場合、浸透に与える継目部分の影響は緩衝材の膨潤により小さくなるのが分かった。

【参考文献】1) 動燃事業団（1992）：高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書—平成3年度—，PNC TN1410 92-081