ベントナイト緩衝材ブロックの摩擦特性に対する模型実験的検討

原子力環境整備促進・資金管理センター　正会員　○多田 浩幸*、増田良一、竹ヶ原竜大、朝野英一
日揮　正会員　高尾肇、上坂文哉
日揮　宇津野二士

１．はじめに

高レベル放射性廃棄物処分では、ガラス固化体、金属製の容器（オーバーパック）とその周囲を充填する緩衝材（ベントナイトを主成分）よりなる人工バリアにより閉じ込めることが計画されている。この緩衝材は地上施設でブロック状に圧縮成型され、地下処分場に搬送・定置する方法が考えられている[1)2)]。

操業時には緩衝材製作、地上から地下施設への搬送、地下施設での定置作業があり、これらの工程は、製作装置、搬送装置、定置装置を用いて行われるが、これらの装置設計においては、緩衝材ブロックと緩衝材ブロック同士の接触面、緩衝材ブロックと搬送・定置装置部分との接触面などに対して、摩擦を考慮した検討が必要となる。図-1 に緩衝材ブロックに関わる作業工程を示す。本研究では、このベントナイトを主成分とする緩衝材ブロックの摩擦特性に着目し、ポータブルすべり測定装置(D.F.テスターS タイプ)を用いた摩擦特性試験を実施している[3)]。ここでは、これに引き続き、実規模の緩衝材ブロックに相当する厚さ700mm の圧縮成型した緩衝材ブロック[4)]を用いた実験を実施した。

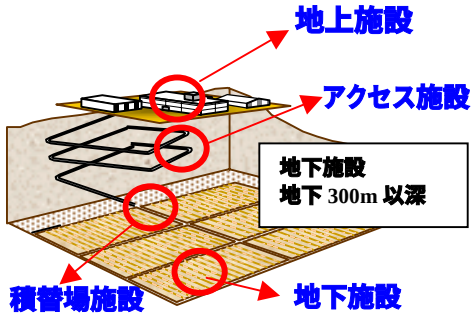

図-1　緩衝材ブロックに関わる作業

２．試験方法および条件

図-2 に測定装置の概念を示す。測定装置は鋼製の門型フレーム、巻き上げモータ、牽引ジャッキ、ロードセル、変位計、測定結果を記録するデータロガー、高さ調整台および制御盤から構成される。固定側供試体を高さ調整台に搭載しストッパーで固定する。その上に、牽引治具を取り付けた移動側供試体を載せる。巻き上げ用モータで牽引ジャッキを作動させ、ロードセルを介して移動側供試体を牽引する。この時の移動力と変位量を測定し、荷重と移動力から摩擦係数を求めることが可能であり、移動力と変位量から静止摩擦と動摩擦の識別が可能である。測定項目と試験条件を表-1 に示す。測定項目は静止摩擦係数と動摩擦係数（移動速度 3mm/min）とした。対象とした緩衝材ブロックは、クニミネ工業製クニゲル V1 と瓢屋 7 号ケイ砂を 70:30 で混合し、含水比を 9%で調整した材料で製作した。供試体の目標乾燥密度は 1.9g/cm^3、形状は、外径 2260mm×内径 860mm×高さ 300mm のリング形状を、平面で 1/8 と 1/16 に分割した形状とした。摩擦係数は、

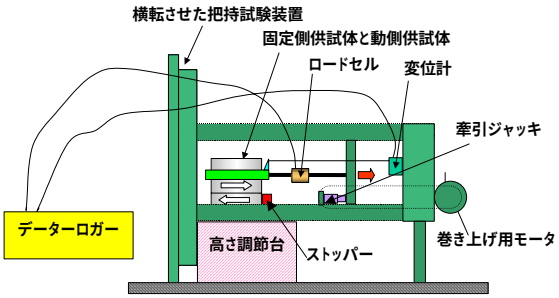

図-2　測定装置概念図

表-1　測定項目と試験条件

項目	内容	
測定項目	静止摩擦係数 動摩擦係数（移動速度 3mm/min）	
試験環境	工場雰囲気	
測定ケース	固定側供試体	移動側供試体
	1/8 緩衝材ブロック上面	1/8 緩衝材ブロック下面
		鉄板(SS400)
		ネオプレーンゴム
		真空パッド
	1/16 緩衝材ブロック側面（加工面／非加工面）	1/16 緩衝材ブロック側面（加工面／非加工面）

キーワード　放射性廃棄物、ベントナイト、ブロック型緩衝材、製作、搬送・定置、高温多湿環境 連絡先：〒105－0001 東京都港区虎ノ門 2-8-10 原子力環境整備促進･資金管理センターTel：03-3504-1577 Fax：03-3504-1297　E-mail：tada@rwmc.or.jp

緩衝材ブロックの搬送と定置を考慮し、緩衝材ブロック同士について製作面（上下面、側面）と表面を切削加工したケースおよび、緩衝材ブロックと搬送、定置装置部分との接触面を考慮し、緩衝材ブロックと鉄板、ゴムおよび真空パッドを対象に取得した。

３．試験手順

試験手順は、1)固定側供試体の表面粗さ測定、2)移動側供試体の表面粗さおよび質量の測定、3)移動側供試体を固定側供試体の上に載せる、4)移動側供試体に牽引治具、ロードセルおよび変位計を取り付ける、5)移動側供試体を牽引した時の移動力、変位量の測定、という手順で実施した。試験荷重を 2 ケース、真空パッドの把持負圧を４ケース設定し、試験繰り返し数は各ケース 3 回とした。また、砂粒子の影響を排除するため、原則として一回の試験終了毎に固定側供試体と移動側の供試体の間に圧縮空気を吹き付け清掃した。

４．試験結果

表-2 に緩衝材ブロックの静止摩擦係数および動摩擦係数の試験結果を示す。また、この表にはポータブルすべり測定装置(D.F.テスターS タイプ)を用いたベントナイト配合率 70%、製作目標乾燥密度 1.9g/cm^3 供試体の摩擦特性試験結果も示す [3)]。表-2 から以下のことがわかる。1) 緩衝材ブロック同士の上下面、側面（加工面、非加工面）の静止摩擦係数はいずれも 0.5 であり、製作面、表面状態の違いによる差は見られない。2)緩衝材ブロックと真空パッドの把持状態、すなわち真空圧によって緩衝材ブロックと真空パッド本体（金属:SS400）およびリップ材（ネオプレーンスポンジ）が接触した状態の静止摩擦係数は 0.4 であり、緩衝材ブロックと鉄板(SS400)の試験結果 0.4 と一致し、緩衝材ブロックとゴム（ネオプレーンスポンジ）[3)]の試験結果 0.7 とは異なる。3)ネオプレンゴムと緩衝材ブロックの静止摩擦係数は 0.4 である。4)各試験ケースとも静止摩擦係数と動摩擦係数に差は見られない。

表-2　緩衝材ブロック摩擦試験結果

試験ケース	静止摩擦係数	動摩擦係数
緩衝材ブロック上面－下面	0.5	0.5
緩衝材ブロック側面同士（加工面）	0.5	0.5
緩衝材ブロック側面同士（非加工面）	0.5	0.5
緩衝材ブロック上面－真空パッド	0.4	0.4
緩衝材ブロック上面－鉄板(SS400)	0.4	0.4
緩衝材ブロック上面－ネオプレーンゴム	0.4	0.4
緩衝材ブロック上面－緩衝材チップ [3)]	0.6	0.6
緩衝材ブロック上面－鉄(SS400)[3)]	0.5	0.5
緩衝材ブロック上面－ゴム (ネオプレーンスポンジ)[3)]	0.7	0.7

図-3　緩衝材ブロック上面－上面摩擦試験実施状況

図-4　緩衝材ブロック上面－真空パッド摩擦試験実施状況

５．おわりに

実規模の緩衝材ブロックに相当する、厚さ 700mm の圧縮成型した緩衝材ブロックを用いた摩擦特性実験を実施した。その結果、緩衝材ブロック同士の静止摩擦係数はいずれも 0.5 であり、製作面、表面状態の違いによる差は見られないこと、真空パッドは、シール材よりも真空パッド本体の材質が摩擦係数に影響することが分かった。また、ポータブルすべり測定装置を用いて得られた要素試験による摩擦係数 [3)]と、実規模サイズのブロックを用いた模型実験摩擦特性データは概ね一致することを確認した。今回、緩衝材ブロック接触面の摩擦係数を取得したことにより、製作・搬送・定置に関する装置の設計検討が可能となり、緩衝材ブロックの搬送・定置技術の成立性を示すための知見の拡充が図られるものと考えられる。なお、本研究は経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等」の成果の一部である。

【参考文献】1)核燃料サイクル核燃料サイクル開発機構　1999、わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第 2 次取りまとめ、分冊地層処分の工学技術、JNC TN1400 99-022.
2) (財)電力中央研究所、平成 11 年 3 月、電気事業連合会、高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術.
3) 高尾 肇、上坂 文哉、宇津野 二士、増田 良一、多田 浩幸　2004、第 39 回地盤工学研究発表会.
4) 原子力環境整備促進･資金管理センター平成 15 年 3 月,平成 14 年地層処分技術調査等遠隔操作技術高度化調査報告書(2/2)、pp.3-81～3-199.