

石川島播磨重工業（株）	正	菅野 毅
石川島播磨重工業（株）		川上 進
東京電力（株）	正○	木元崇宏
東京電力（株）		植田浩義

1. まえがき

高レベル放射性廃棄物処分用緩衝材の概念の一つに、一体型緩衝材がある。一体型緩衝材は、処分孔（処分坑道）への設置作業が単純化でき、緩衝材同士の継ぎ目が少ないことから廃棄体の周囲に均一な緩衝材を設置できる利点がある¹⁾。この方式を確立するためには、所定の仕様の一体型緩衝材が製作でき、所定の位置に設置できること、すなわち製作性およびハンドリング性の技術的な実証が不可欠である。一体型緩衝材は、その寸法から重量の大きい部材（ $\phi 1620 \times 2260 \text{Hmm}$ 、重量約 7.5ton、乾燥密度 2.0Mg/m^3 、ケイ砂混合率 20%¹⁾）となるが、緩衝材はベントナイト粉末とケイ砂の混合物を圧縮成形しただけの脆い材質であることから、搬送・定置時における外力により部材自体が破壊する恐れがある。したがって、実規模の一体型緩衝材の成立性を確認するためには、緩衝材に対する強度データの取得およびその評価手法の検討が必要である。

ここでは、緩衝材の強度データを取得するため、強度に対して影響を及ぼすと考えられるベントナイトへのケイ砂の混合率、および粒度をパラメータとして破壊試験を実施する。また、脆性的な破壊挙動を示す材料では、その強度のバラツキが大きくなることから強度に関する確率・統計的評価が必要となる。この評価手法として、脆性材料であるセラミックス等の評価において適用されており、強度のスケール効果を評価することができる²⁾ワイブル統計手法³⁾の適用性について検討を行う。

2. 実験方法

ベントナイト（クニミネ工業製クニゲル V1）に所定量のケイ砂（3号（日瓢鑛業製 N30、 $D_{50}:0.93 \text{mm}$ ）、5号（同 N50、 $D_{50}:0.35 \text{mm}$ ）、7号（同 N70、 $D_{50}:0.11 \text{mm}$ ））を V ブレンダーにて所定時間混合して供試材料とした。この材料を CIP（Cold Isostatic Pressing）法により圧縮成形し、所定の寸法に加工して供試体とした。各供試体の有効粘土密度⁴⁾は一定とした。

ケイ砂の混合率および粒度の影響を確認するための破壊試験方法としては、加工による供試体の作製が容易でケイ砂のエッジ部の影響が少ないと考えられるディスク状供試体を用いる二軸曲げ試験法⁵⁾とした。ケイ砂の混合率については、7号ケイ砂で混合率を 0、10、20、30、40、50%、3号および5号ケイ砂で 0、10、20、40%とした。各試験条件における試験個数は 5 とした。ワイブル統計手法の適用性の検討では、3点曲げ試験も実施した。試験概念を図 1 に示す。いずれの強度試験も室温大気中で行い、破壊荷重と供試体寸法から強度を算出した⁶⁾。

3. 結果および考察

ケイ砂混合率 20% 供試体の二軸曲げ試験および 3 点曲げ試験のワイブル・プロットを図 2 に示す。二軸曲げ試験のデータでは、比較的良い直線関係を示していることがわかる。また、3 点曲げ試験のデータでは、二軸曲げと比較すると若干ずれが見られるが、ほぼ直線関係を示すものと判断された。ワイブル係数 m は、それぞれ 21.4、19.5 となり、異なる試験方法において良い一致を示した。緩衝材材料に対するワイブル統計の適用が可能と考えられる。

図 3 に 7 号ケイ砂混合材のケイ砂混合率と強度の関係を示す。この図でエラーバーは強度データの最大値と最小値を示す。強度はケイ砂の増加につれ上昇し、混合率 20~30% で最大を示した後、低下している。同様に 5 号ケイ砂混合材の結果を図 4 に示す。5 号ケイ砂においても 7 号ケイ砂と同様な挙動を示した。一方、地層処分、廃棄物、緩衝材、強度、ワイブル統計

3号ケイ砂混合材では図5に示すように、7号、5号のような強度の増加挙動は見られない。

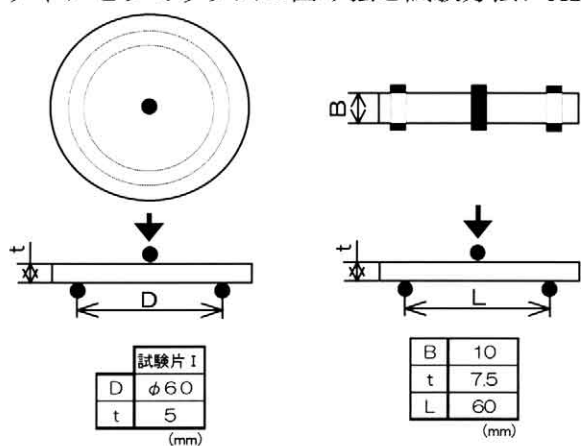
ケイ砂混合による強度の向上は、低弾性率のマトリックス（ベントナイト部）に高弾性率の第2相（ケイ砂粒子）を分散させた場合、巨視的には応力は一定であっても、材料内部では高弾性率相がより大きな応力を分担し、低弾性率のマトリックスの応力分担が低減され、マトリックス相が破壊する際の巨視的応力が増大した結果であると推定できる。一方、強度低下については、ケイ砂粒子の凝集体を考えた場合、ケイ砂／ケイ砂間の結合は弱いことから、これが欠陥、破壊源となることによるものと考えられる。したがって、ケイ砂混合率が増加していくと、これらの欠陥が発生する可能性が高くなり、強度低下を引き起こすものと考えられる。

今後は、得られた強度データを基として、大寸法の実規模緩衝材に対するワイブル統計手法を用いた評価を実施し、一体型緩衝材の成立性を確認する。

本研究は、電力共通研究として実施したものである。

[参考文献]

- 1)緒方ら、高レベル放射性廃棄物処分の事業化技術－その4 人工バリアの設計と製作－,原子力バックエンド 研究 Vol.5 No.2、1999
- 2)松尾陽太郎編訳、セラミックスの寿命と破壊－ワイブル統計の利用、JME 材料科学、1989
- 3)ファインセラミックスの強さデータのワイブル統計解析法、JIS R 1625
- 4)核燃料サイクル開発機構、JNC TN1400 99-022 1999
- 5)鶴田ら、日本セラミックス協会学術論文集 99 [7] 574-581 1991
- 6)湯浅亀一、材料力学公式集、1971
- 7)ファインセラミックスの曲げ強さ試験方法、JIS R 1601



(a) 二軸曲げ試験 (b) 3点曲げ試験

図1 強度試験方法の概要

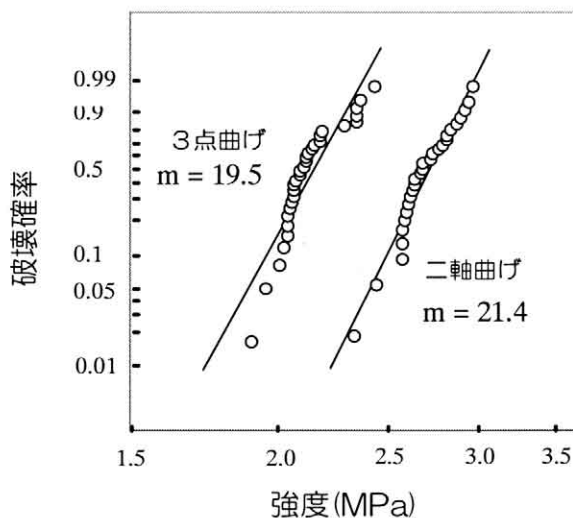


図2 ケイ砂混合材料のワイブルプロット

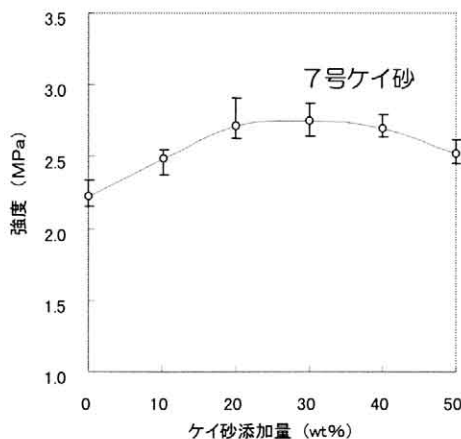


図3 7号ケイ砂混合材の強度

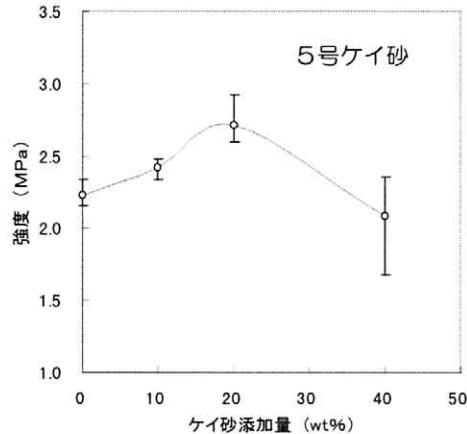


図4 5号ケイ砂混合材の強度

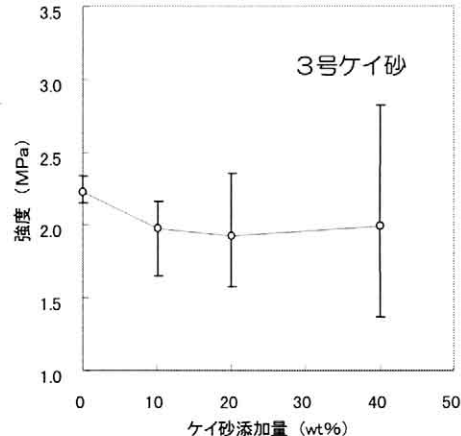


図5 3号ケイ砂混合材の強度