

高レベル放射性廃棄物処分用緩衝材の一体成型技術の開発

三菱重工業（株） 会員 ○有川 究 同 非会員 前田 一人
同 会員 小室 敏也 同 非会員 佐川 寛

1. 概要

放射性廃棄物地層処分において、ベントナイト緩衝材を坑外で一体成型し、搬送、埋設するシステムを検討中である。この方式では、坑内作業の低減により施工コストの低下が図れると共に、緩衝材の品質を安定確保できる可能性がある。本研究では、緩衝材一体成型の実現の可能性を確認するために、まず小型サンプルにより成型適正条件を選定した後、小規模のスケールアップ成型体を試作し物性を評価した。また、実機施工時に必要になると思われる成型体の品質管理手法や加工性などについても、基礎試験を実施することで実現性を検討した。

2. 実施内容と結果

(1)成型技術の開発

本研究では、緩衝材の一体成型技術の実現性を確認することが目的である。一体成型方式の場合、成型体を搬送ハンドリングする必要があるため、成型体には、これらの操作が容易となるコンパクトさと強度が必要である。このため、ここでは、過去の試験結果などよりベントナイトの成型体として可能な限り密実で強度が発揮するとされる成型体を作製する技術を開発することとし、成型体の乾燥密度 2.0g/cm^3 を目標と設定した。

(a) 最適成型条件の確認

クニゲル VI を用いて、一軸圧縮方式による成型試験を実施した。

- ・成型体寸法： $\phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$
- ・試験パラメータ：含水比、砂混合有無、載荷重、載荷速度 等

成型されたサンプルを写真 1 に示す。得られた結果は、以下の通りである。

- ・目標の密度 2.0g/cm^3 が達成できるとともに必要な成型条件を抽出した
- ・また成型体の強度試験を実施し、表 1 に示す強度特性を確認できた

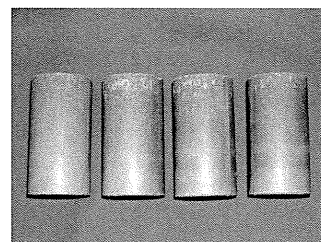


写真 1 成型体サンプル

表 1 成型試験の結果

項目	載荷圧 (MPa)	乾燥密度 (g/cm^3)	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)
ベントナイトのみ	100	1.94	12.0	2.7
砂 30%混合	100	2.04	13.3 (7.2)	1.6 (1.6)

* () は直後、他は気中 7 日放置後

(b) スケールアップ試験

実機装置化を考慮した場合、一軸圧縮方式では、非常に大きなシステムとなる。このため、等方加圧方式での成型技術の可能性を検討した。

まず等方均一加圧方式の実現性を小規模サンプルで確認した後、スケールアップした供試体での成型試験を実施し、特性を確認した。また、これらの結果より実機成型装置のイメージを検討した。

- ・試験装置： 120MPa 加圧チャンバー
- ・加圧治具： 円筒ゴム製容器
- ・寸法： $\phi 450 \times 500\text{mm}$ (中実円柱、一体型)
- ・供試材： 30%砂混合ベントナイト
- ・加圧条件： 予備試験で選定した条件

得られた試験結果は、以下の通りである。

- ・等方加圧方式で大型の緩衝材成型体を製作可能であり、目標の密度を達成した（写真 2、表 2）
- ・ボーリングコアにより 3 箇所 2 深度の密度、強度特性を確認し、内部も含めほぼ均一の性状であることを確認した



写真 2 一体型成型体

表 2 スケールアップ試験結果例

位置	湿潤密度 (g/cm^3)	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)
上部	2.23	7.3	1.0
内部	2.20	5.8	1.1

キーワード： 放射性廃棄物地層処分、緩衝材、成型技術

連絡先（兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1-1・TEL：0794-45-9713・FAX0794-45-6945）

(2) 実機施工性確認(実用化に向けた検討)

(a) 湿度影響確認

ハンドリングに必要な成型体強度への影響が大きいとされる湿度影響を把握するため、基礎試験を実施した。

- ・供試体： $\phi 50 \times 100\text{mm}$ の砂混合成型体
- ・パラメータ：湿度、温度、期間
- ・評価項目：含水比、強度、密度 等

得られた結果は、以下の通り。

- ・98%の高湿度環境下では、2dの放置で強度が約60%に低下し、7日放置すると50%以下に低減する。湿度が80%以下では、逆に乾燥するため、強度は増加する（図1）
- ・含水比と強度は相関関係があり、湿度による含水比の増加が強度低下の原因である（図2）

この結果、高湿度下での成型体ハンドリングに対する考慮事項（強度低下を考慮した設計や湿度管理等）を把握できた。

(b) 非破壊検査方法の検討

実用化時を想定し、非破壊で品質（特に強度）を管理する手法の目処を得るために、試験的検討を行なった。

- ・供試体： $\phi 50 \times 100\text{mm}$ の砂混合成型体
 - ・パラメータ：成型圧、環境（湿度、期間など）
 - ・評価項目：強度、超音波速度、高周波インピーダンス
- 得られた結果は、以下の通りである。
- ・超音波速度と密度、強度の相関確認した（図3）
 - ・高湿度下での含水比と高周波インピーダンスの関係を把握した（図4）

この結果、超音波速度で密度に起因する強度を、高周波インピーダンスで含水比に起因する強度を、非破壊で管理できる目処を得た。

(c) 加工性確認

成型体の切削による加工性を確認するため、旋盤による加工基礎試験を実施した。

- ・成型体：砂混合成型体 $\phi 50 \times L100\text{mm}$
- ・加工装置：小型旋盤

得られた結果は、以下の通りである。

- ・切削により容易に加工できることを確認した（写真3）
- ・切削影響因子を把握し、適切な切削条件を選定した

この結果、成型時の整形体形状の精度が低い場合も、加工により整形できる可能性を確認できた。

3. まとめ

以上の試験的検討により、一体成型技術の目処を得ると共に、実用化時の影響因子や管理方法に関する基礎データを取得する事ができた。

今後、更なるスケールアップ時の課題や、バラツキの影響評価などのデータを蓄積し、具体的な実機展開につなげていく予定である。

<参考文献>

- 1)核燃料サイクル機構：わが国における高レベル放射廃棄物地層処分の技術的信頼性，1999

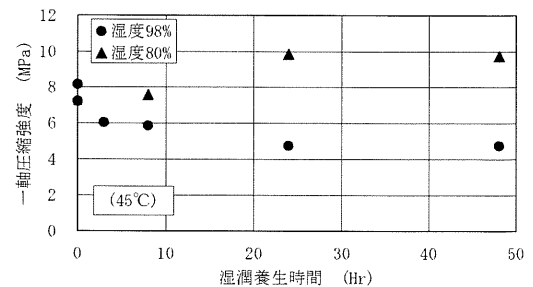


図1 湿度による強度への影響

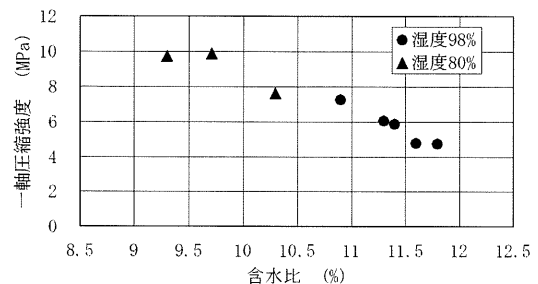


図2 含水比と強度の関係

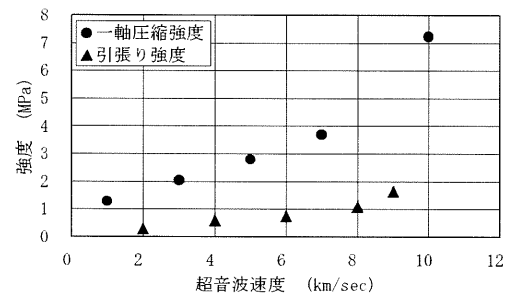


図3 超音波速度と強度の関係

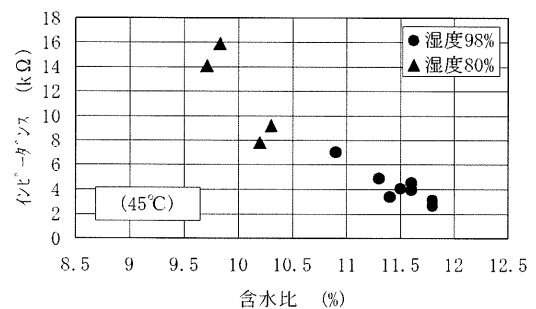


図4 含水比とインピーダンスの関係

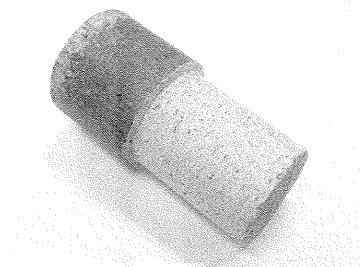


写真3 加工予備試験の例