

高レベル放射性廃棄物処分のためのブロック型緩衝材の製作方法に関する検討

(財)電力中央研究所 正会員 小峯秀雄
日揮(株) 正会員 高尾 肇、正会員○中島 晃、正会員 長田 徹
東京電力(株) 植田浩義 正会員 木元崇宏

1. 緒言 高レベル放射性廃棄物処分では、人工バリアである緩衝材を製作する一つの方法として、金型プレス等により静的圧力を作用させ締固めするという方法が考えられている。このような方法で実際の緩衝材を製作する際には、解決されなければならない種々の課題の出現が予想される。したがって、緩衝材製作のデモンストレーション等を通じて課題を抽出するとともに、これらの解決策を検討・考案しておくことは、現実的な処分技術の構築において重要なことである。しかし、緩衝材製作に関する研究はほとんど報告されておらず、課題やその解決策に関する知見や情報が不足している。既往の研究^{1),2)}においても、実験用に緩衝材製作を行った事例はあるが、製作上の問題点やその解決法についての考察はあまりされていない。そこで、本論文では、模型実験用の緩衝材供試体の製作を通じて明らかになった課題とその解決策について報告する。また、緩衝材製作に関する課題が処分事業のスケジュール、費用に及ぼす影響について検討を行った。

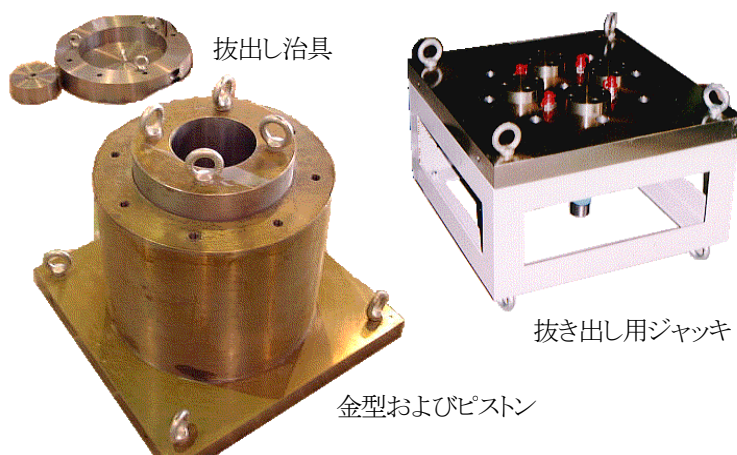
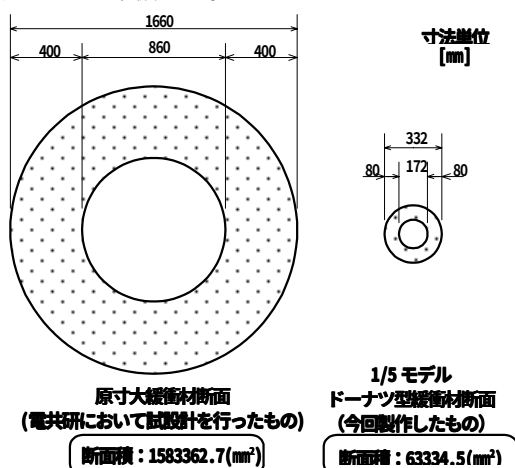
2. 緩衝材仕様 製作した緩衝材は、模型実験用に準備したドーナツ型の緩衝材である。寸法は、参考文献3)で提示された処分孔施設寸法(緩衝材の厚さ:400mm、緩衝材・処分孔壁間の隙間幅:40mm、緩衝材・廃棄物収納容器間の隙間幅:10mm)の1/5とした(図1)。

3. 緩衝材製作装置 緩衝材製作装置は、金型、ピストン、抜き出し用ジャッキおよび抜き出し治具よりなる(図2)。緩衝材の締固めは、最大荷重5000kNのプレス機を用いて行った。抜き出し治具は、後述する供試体のひび割れを防ぐために準備した。

表1 今回製作したドーナツ型緩衝材の仕様

配合試料	ベントナイト100% / ベントナイト80% : 珪砂6号20%
ベントナイト種類	クニゲルV1
目標乾燥密度 (Mg/m ³)	1.6 / 1.8 / 2.0
高さ (mm)	50

赤太字: 電共研において仮定されている仕様



4. 製作上の問題点および対策 表2に緩衝材の製作を通じて明らかになった問題点とその原因および対策案をまとめた⁴⁾。表2に示すように、締固め後の緩衝材を抜き出す時には、ひび割れの発生や寸法変化が認められた。今回、図2に示すような抜き出し治具を金型上部に設置し、緩衝材を治具内に移動させ緩衝材にせん断応力が作用しない状態で取り出すことにより、ひび割れ発生を回避することができた。また、高密度の緩衝材を製作するに際には、大きな締固め荷重を必要とするが、その際、金型とピストンの隙間に入り込んだ試料が強く圧縮されるためピストンが抜けなくなることがあった。今回の実験では乾燥密度2.0 Mg/m³の緩衝材は製作できなかった。

表2 緩衝材製作上の問題点

問題点	原因	対策
抜き出し時に緩衝材にひび割れが生じる。	金型から抜き出され応力解放された部分と拘束されている部分の境界面上にせん断応力が作用する。	抜き出す際、緩衝材にせん断応力を作用させないための治具を併用することにより問題を解決した。
金型から抜き出すと緩衝材寸法が変化する。	除荷時に緩衝材が弾性膨張する。	データの蓄積により膨張量を評価し製作装置の設計に反映させる。
目標乾燥密度が大きくなると製作性が低下する。	ピストンと金型の隙間に試料が入り込むため、ピストンが抜けにくくなる。	大きな力でピストンを引き抜くための装置を用意する。

キーワード: ベントナイト、原子力、廃棄物、緩衝材、製作

連絡先: 横浜市西区みなとみらい2-3-1、TEL 045-682-8385、FAX 045-682-8812

5. **緩衝材生産システムについて** 高レベル放射性廃棄物処分を事業化するためには、緩衝材を大量に、かつ効率的に生産できるシステムを構築する必要がある。表3は処分予定の廃棄体の量、緩衝材の量および緩衝材の材料費等について検討した一例である。これは、図3のような縦置き定置方式を想定し、緩衝材の仕様を“乾燥密度2.0 Mg/m³、配合割合をベントナイト：珪砂＝80：20”と仮定した場合のものである⁵⁾。現在日本では40,000本の廃棄体を地中処分すると計画されている⁵⁾。処分事業の操業期間を40年とし、年間の操業日数を200日と考えると、一日あたりの緩衝材の生産量は5体分以上(約50ton/日)必要となる。上記の諸条件をもとに筆者らは、図4に示す緩衝材の生産システムを考案した。

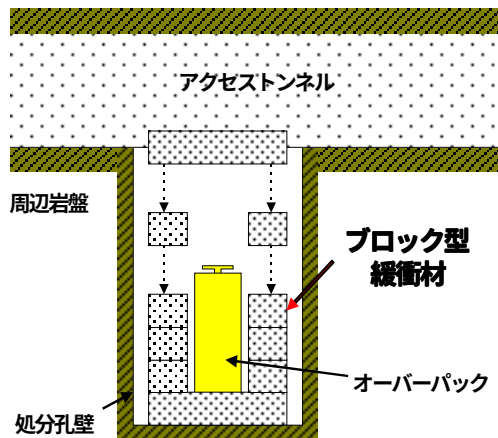


図3 縦置き定置方式

表3 処分事業における緩衝材の諸元

処分廃棄体数・時間に関するデータ	処分する廃棄体の総数	40,000 体
	年間あたりの処分本数	1,000 体/年
	1日あたりの処分本数	5 体/日
廃棄体1体当たりのデータ	重量等	
	廃棄体1体当たりのベントナイト重量(縦置き定置方式の場合)	8,069kg/体
	廃棄体1体当たりの珪砂重量(縦置き定置方式の場合)	1,896kg/体 (1.264m ³ /体)
	廃棄体1体当たりのブロック数(縦置き定置方式の場合)	20 個/体
費用	ベントナイト単価	25,825 円/ton
	珪砂単価	3,260 円/m ³
	廃棄体1体当たりのベントナイト費用	208,382 円/体
	廃棄体1体当たりの珪砂費用	4,121 円/体
	廃棄体1体当たりの緩衝材材料費用	212,503 円/体
	緩衝材材料総費用	85 億円

注) 縦置き定置方式・乾燥密度2.0 Mg/m³

配合比＝ベントナイト：珪砂＝80：20 としたときのデータ

6. **結言** 緩衝材製作時の問題(表2)が発生した場合の処分工程および費用に及ぼす影響をまとめると表4のようになる。高い乾燥密度の緩衝材製作には、大型機械が必要となり、故障の可能性も大きく、工程の遅れ、処分費用増大につながる。抜き出し時のひび割れ発生は、緩衝材の再製作による工程の遅れ、材料費の増大につながり、緩衝材の膨張は、緩衝材と処分孔壁との隙間を狭めることになり、緩衝材定置の際に不具合の発生が懸念される。高い定置精度が望めない場合には、処分孔寸法を大きくしなければならず、費用増大となる。

高レベル放射性廃棄物処分は計画段階から実施段階へ移行しつつある。しかし、緩衝材を“実際に製作する”という観点での検討は未だ十分になされていないように思う。今回報告したような緩衝材製作における課題の抽出とその解決策を、早い段階から検討し、処分技術の事業化に向けたデータの蓄積が必要不可欠であると考えられる。なお、本研究は電力10社による電力共通研究「高レベル放射性廃棄物処分における人工バリア物性評価に関する研究」にて実施した成果の一部である。

参考文献

- 1) 動力炉・核燃料開発事業団(1994)：地層処分研究開発の現状(平成5年度)、PNC TN1410 94-094.
- 2) Lars-Erik Johansson, Lennart Borgesson, Torbjorn Sanden(1995): Compaction of bentonite blocks
Development of technique for industrial production of blocks which are manageable by man, SKB Technical Report 95-19.
- 3) 緒方信英、小崎明郎、植田浩義、朝野英一、高尾肇：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, pp.103-121, 1999.
- 4) 小峯秀雄、緒方信英、高尾肇、中島晃、川西光弘(1999): 高レベル放射性廃棄物処分における緩衝材製作方法に関する考察—ドーナツ型緩衝材の製作—、日本原子力学会 1999 年春の年会, p.768.
- 5) (財)電力中央研究所・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, 1999.

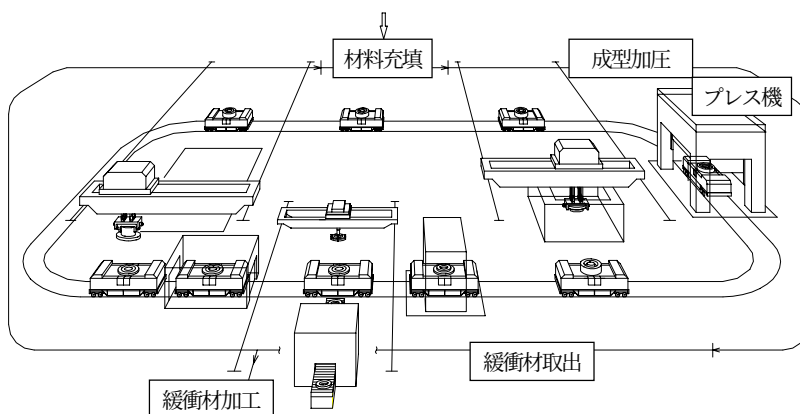


図4 緩衝材生産システムライン(処分スケジュールを考慮した生産システム例)

表4 緩衝材製作上の問題点が処分事業に及ぼす影響

- ① 問題点：大きい乾燥密度の場合、ピストンが抜けなくなる
影響1a 機械の故障などによる工程の遅れ
影響1b 機械の大型化または予備の機械導入による費用増大
- ② 問題点：抜き出し時、緩衝材内外にひび割れが発生する
影響2a ブロック再製作による工程の遅れ
影響2b 材料の無駄による費用の増大
- ③ 問題点：抜き出し後弾性膨張し、金型よりも大きな緩衝材寸法となる
影響3a 緩衝材定置精度がCriticalになる
影響3b (処分孔寸法を大きくすれば)掘削・ずり増加による費用増大