

変形追従型放射線遮蔽材の開発

NB 研究会 正会員 氏家伸介, 長江泰史, 成島誠一, 斉藤務
早稲田大学 正会員 小峯秀雄, 学生会員 斎藤祐磨

1. はじめに

東日本大震災から4年が経過し、福島を中心とした被災地の復興事業が進められていく中、福島第一原子力発電所事故に伴う諸問題、特に放射性廃棄物の回収・保管、損傷した同発電所の廃炉等については未だ最終的な道筋が見えていない。また現在、電力会社数社は老朽化した原子力発電所の廃炉を決定しており、これらの確実な廃炉もまた重要な課題となっている。本論では、これらの課題解決に資するための材料として変形追従型遮水・遮蔽材¹⁾(以下遮蔽材と記す)を開発し、放射性汚染物質の漏洩・漏出抑制に必要な遮水性、空隙閉塞性について評価した結果を報告する。

2. 材料選定および製造方法

主材料には、化学的に安定で $4.2\sim 4.3(\text{g}/\text{cm}^3)$ と高い比重を示す硫酸バリウムを選定し、腐敗等の特性変化がないピロリン酸ナトリウムを粘性調整材とした。また、遮水性を確保するために廃棄物処分場における遮水工で一般的に使用されているベントナイトを選定した。なお遮蔽材の製造の際には、まず攪拌用容器に所定量の水を投入し、次に図-1に示す作製装置で攪拌しながら上述の材料を決められた順序で投入し、それぞれ2分間攪拌して作製した。

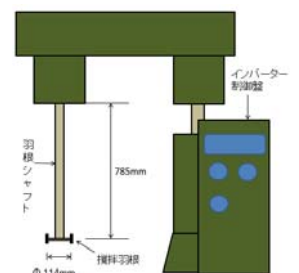


図-1 作製装置

3. 遮水性評価

遮蔽材は、保管容器または建屋内部からの汚染水漏洩を防止するために遮水性能を備えている必要がある。したがって本遮蔽材の遮水性能を評価するために図-2に示すAPI脱水試験装置²⁾を用いた簡易透水試験を実施した。測定手順および条件は以下のとおりである。

- 1)脱水試験装置セル内に東洋濾紙 No.3 の濾紙をセットする。
- 2)セル内に 10mm の遮蔽材厚さになる様に所定量の試料を投入する。
- 3)脱水試験装置上部口からイオン交換水 100ml を投入する。
- 4)セルを試験機にセットした後、セル上部から圧縮空気を送り込んで 300kPa の圧力をかける。

- 5)1 時間ごとに濾水量を測定する。

測定終了後、ダルシーの式より透水係数を算出し遮水性能を評価した。評価した遮蔽材組成および試験結果を表-1、図-3に示す。結果、遮蔽材の透水係数はベントナイト添加量およびピロリン酸ナトリウム添加量の増加に伴って低下傾向を示し、いずれの配合においても $1.0\times 10^{-9}(\text{m}/\text{sec})$ 未満という

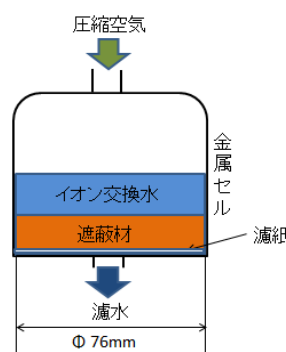


図-2 API 脱水試験装置

表-1 遮蔽材組成

添加剤名	添加量 (g)			
	組成-1	組成-2	組成-3	組成-4
水道水	100	100	100	100
硫酸バリウム	300	300	400	400
ベントナイト	7.0~10.0			
ピロリン酸ナトリウム	0	0.1	0	0.2

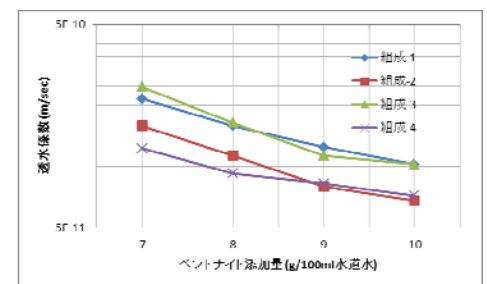


図-3 簡易透水試験結果

低い値を示した。ただし本試験は JIS で定められた透水試験とは異なるので、透水係数の算出方法の妥当性については今後の研究課題である。

キーワード 遮水性, 空隙閉塞性, 流動性, 高比重, 変形追従

連絡先 〒105-0004 東京都港区新橋 1-18-14 新橋 MM ビル 4F ナチュラルブランケット研究会 TEL 03-3503-4861

4. 空隙閉塞性評価

保管容器または建屋内部から汚染物質が漏洩するのを防止するためには、遮蔽材が保管容器に生じた亀裂や周辺地盤の空隙に対して閉塞効果を発揮しなければならない。そこでガラスビーズを用いた模擬空隙層にて遮蔽材の閉塞性を評価した。図-4に閉塞性評価装置を示し、試験手順を以下に示す。

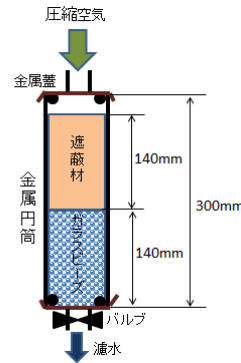


図-4 閉塞性評価装置

- 1)内径 75.6mm の閉塞性評価装置にガラスビーズを厚さ 140mm になるように充填する。
- 2)装置内に水を通水してビーズ層内の空隙を水で飽和させる。
- 3)ビーズ層を水で飽和させた後、ビーズ層上部に層厚 140mm となるように遮蔽材で満たす。
- 4)脱水器を組立て、試験装置上部より圧縮空気圧を加えた後、遮蔽材の浸透に伴って排出される脱水量と時間との関係性を評価する。

評価した遮蔽材組成を表-2に、試験結果を図-5、図-6に示す。結果、遮蔽材組成の空隙閉塞性への影響は低く、ビーズ径や加えた圧縮空気の圧力が大きく影響することが明らかになった。特にビーズ径 400 μ m の場合、100kPa 加圧下でも遮蔽材の浸透は1時間に20ml程度であるため、水深10mと同程度の圧力負荷がかかる環境下に遮蔽材を充填した場合でもこの程度の空隙であれば本遮蔽材を充填することで十分閉塞する事が可能と考えられる。さらに脱水量は時間の平方根に比例しているため、ビーズ層を遮蔽材が通過するには厚さの2乗に比例する時間が必要であり、特に地盤のように十分な厚みのある層内の空隙を閉塞するには非常に有効と考えられる。

5. まとめ

本論で示した遮蔽材は、前述のように遮水性および空隙閉塞性に優れ、また比重や水分量を調整することによってガンマ線や中性子線の遮蔽効果も発揮することができるものである。一例として図-7に示すように福島第一原子力発電所にて損傷した原子炉建屋内に本論に示した遮蔽材を充填することによって放射性物質に汚染された冷却水が建屋外への漏洩するのを抑制できると考えられる。このように遮蔽材は遮水性能と空隙閉塞性を必要とする様々な問題の解決が期待できる一方で、各用途によって求められる性能、性状は異なるため用途別の遮蔽材の開発も重要である。また、水中への充填の際に必要な水中不分離性の向上や高い塩濃度の液体に対する遮水性など、様々な環境における使用を検討する必要がある今後の研究課題である。

表-2 遮蔽材組成

添加剤名	添加量 (g)	
	組成-4	組成-9
水道水	100	100
硫酸バリウム	400	200
ペントナイト	7.0	7.0
ピロリン酸ナトリウム	0.2	0.2

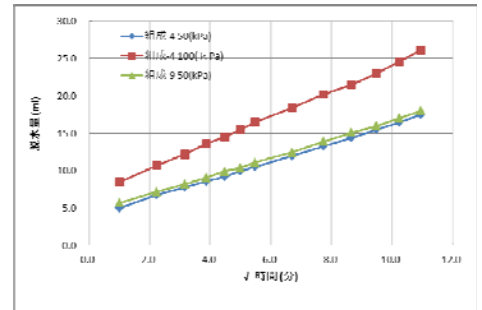


図-5 脱水量の推移(ビーズ 400 μ m)

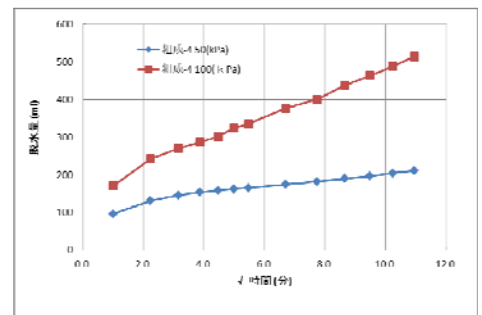


図-6 脱水量の推移(ビーズ 1000 μ m)

遮蔽材充填

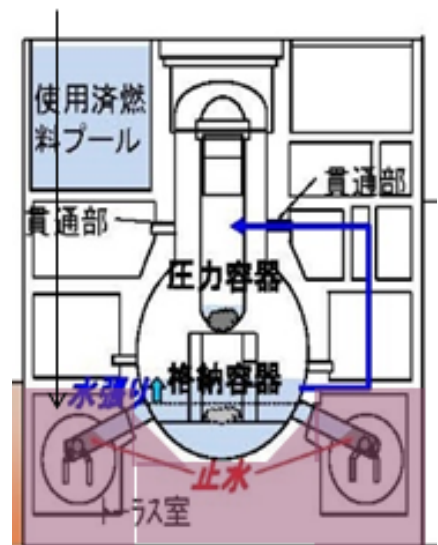


図-7 用途一例

参考文献

- 1)成島誠一ら:高比重変形追随材を用いた放射能汚染貯蔵技術の開発, 地盤工学会特別シンポジウム発表論文集, pp55-59,2014.
- 2)沖野文吉:ボーリング用泥水, 技報堂出版, PP62-70,103