

放射性物質に汚染されたコンクリート塊の減容化に関する研究

国立大学法人熊本大学 学生会員 戸越誠也
学生会員 石松宏一
正会員 飯笹真也
正会員 重石光弘

1. はじめに

現在、2011年3月11日に発生した東日本大震災により甚大な被害を受けた福島第一原子力発電所や、初期に建設され耐用年数を迎つつある原子力施設が廃止されることになる。

原子力発電所などの原子力施設の廃止における大きな問題は、解体時に大量の放射性廃棄物が発生することにある。この放射性廃棄物は、地上に放射線の影響の及ばない地下に地層処分する必要があるが、処分にかかる埋設費は非常に高く、表-1に示すように建設時の材料費に比べると、放射性物質の濃度が比較的高いものでは2800倍、比較的低いものでも460倍になると試算されている¹⁾。また、地層処分するための処理施設は、現在建設されておらず、放射性廃棄物は中間貯蔵施設に放置されている状態であり、これらの施設の容量はひっ迫している。よって、放射性廃棄物の減容化は喫緊の課題となっている。

今回、放射性廃棄物のうち約7割を占める放射性コンクリート廃棄物に着目し、これを縮減することで処分量の減容を目指す。

2. 水中コンクリート内パルス放電法による除染

水中コンクリート内パルス放電法は、水中でパルス放電を行いコンクリートを破碎する技術である。パルス放電によるコンクリート破碎はコンクリート中の気体

の絶縁破壊によるものである。絶縁破壊を生じた気体のプラズマ化により瞬間的な体積膨張が生じ、コンクリートの破壊が行われる。さらに、この瞬間的な体積膨張によって発生した衝撃波がコンクリート中を伝播し、モルタルの破碎、および剥離を誘発する。これにより、図-1のように粗骨材とモルタルを剥離分別し、素材別に回収することができる²⁾。

放射性コンクリート廃棄物において、放射性物質は多孔質なセメント水和物、あるいはモルタル部分に多く吸着し、高密度な粗骨材には吸着しないと考えられている³⁾。すなわち、水中コンクリート内パルス放電法を用いて、コンクリートを粗骨材とモルタルに分別することで、放射性コンクリート廃棄物の減容化の効果が期待される。そこで、本研究では非放射性の塩化セシウム水溶液に浸漬した擬似放射性コンクリートの破碎を行い、減容の効果の検討を行った。

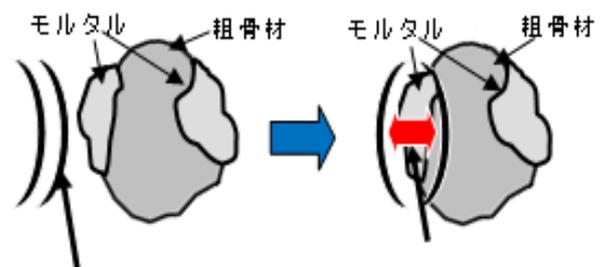


図-1 モルタルの剥離現象

表-1 コンクリートが放射性廃棄物になった場合の費用概算

(建設時材料費に対する放射性廃棄物になった場合の埋設費の比)

埋設区分	埋設費/建設時材料費
放射性物質の濃度の比較的高いもの[L1区分] (1725万円/m ³)	2800
放射性物質の濃度の比較的低いもの[L2区分] (280万円/m ³)	460
放射性物質の濃度の極めて低いもの[L3区分] (40万円/m ³)	65

3. 実験方法

3.1 供試体概要

表-2 の配合によって、φ10×20 の供試体を作製した。実験では、それを2分割した φ10×10 の供試体を用いた。

表-2 コンクリート配合表

単位量 (kg/m ³)			
水	セメント	細骨材	粗骨材
175	248	882	943

使用した材料の密度は、普通ポルトランドセメント 3.16g/cm³、細骨材（石灰石細砂）2.66g/m³、粗骨材（石灰石碎石）2.71g/cm³となっている。

これらの供試体を 20℃の水中で、28 日間水中養生した後、乾燥炉で質量一定状態まで乾燥させた。そして、非放射性的セシウム (¹³³Cs) を用いた 1000ppm の塩化セシウム水溶液に入れ、真空デシケーターを使用して、ゲージ圧-0.09MPa で 24 時間浸漬し、擬似放射性コンクリート供試体を作製した。

3.2 予備実験

本実験を行う前に、塩化セシウムに浸漬していない供試体で予備破碎を行い、コンクリート破碎条件の検討を行った。モルタルと粗骨材の完全分離を目標とし、原粗骨材と同程度の品質になるまで放電を繰り返した。破碎条件を表-3、実験結果を表-4 に示す。

表-3 破碎条件

	放電条件 (kV)	放電回数	メッシュの目の大きさ (mm)	総エネルギー量 (kJ)
A	40	300	5	1920
B	40	200	2.5	1280
C	40	200	2.5	1280

※C は A、B に比べ、電極と供試体の距離を近づけた

表-4 実験結果

	密度(g/cm ³)	吸水率(%)	粗粒率
再生粗骨材 A	2.64	1.46	6.15
再生粗骨材 B	2.51	3.27	5.4
再生粗骨材 C	2.66	0.92	5.15

以上の結果より、再生粗骨材 A および C は元の粗骨材と同程度の品質まで再生されていることがわかる。以上の結果より、破碎条件を表-5 の通りに決定した。

表-5 破碎条件

放電条件 (kV)	放電回数	メッシュの目の大きさ (mm)	総エネルギー量(kJ)
40	300	5	1920
40	300	2.5	1920

3.3 本実験

塩化セシウム水溶液に浸漬した供試体と浸漬していない供試体のそれぞれを、水中コンクリート内パルス放電法で表-5 の破碎条件で破碎した。破碎後に、メッシュに残留した試料、通過した試料、水、微粒分の 4 種類を素材別回収に回収した。水には、微粒分が浮遊していたため、3 日間放置し、微粒分が沈殿してから上澄液および沈殿した微粒分を回収した。

そして、回収した試料をそれぞれ蛍光 X 線分析にかけ、セシウム量を測定する。水については、ICP-MS を用いてセシウム量の測定をする。この結果より、各素材におけるセシウム量の評価を行う。

5. 今後の展望

放射性廃棄物のうち約 7 割がコンクリートであり、粗骨材はコンクリートの体積の約 4 割を占めている。今までの研究でパルス放電法を用いた場合、粗骨材のほとんどが回収可能であったため、今回の研究で粗骨材とモルタルを完全に分離できれば、放射性コンクリート廃棄物の約 4 割の減容化が期待できる。

参考文献

- 1) 経済産業省総合エネルギー調査会原子力部会廃止措置対策小委員会公開資料 (1997)
- 2) 飯笹真也, 重石光弘, 石松宏一, 浪平隆男: 「モルタル部の性質がパルス放電法によるコンクリートの破碎過程に及ぼす影響」, コンクリート工学年次論文集, vol.32, No.1, pp1559-1564, 2010
- 3) 日本原子力開発機構 東京電力(株) 福島第一原子力発電所の廃止措置技術にかかわる原子力機構の取り組み (2012 年版)

謝辞

本研究は文部科学省グローバル COE プログラム「衝撃エネルギー工学グローバル先端拠点」の支援の下、JSPS 科研費 21510099, 24310058 の助成を受けて実施したものです。ここに感謝の意を表します。