

鋼製容器で被覆した鋼繊維補強ポリマー含浸コンクリート製保管容器の落下試験

太平洋セメント(株) 正会員 ○森 寛晃、正会員 本間 健一、非会員 市村 高央、非会員 石田 泰之
 (株)太平洋コンサルタント 非会員 小森 久幸、正会員 渋谷 和俊、非会員 布施 卓
 東京パワーテクノロジー(株) 非会員 今泉 憲
 マテラス青梅工業(株) 正会員 岡本 賢治

1. はじめに

東日本大震災において発生した、放射性物質に汚染された廃棄物(以下、放射性廃棄物)の運搬・保管を目的として、様々な仕様の保管容器が開発されている。しかし、今後福島第一原子力発電所の廃炉に伴って発生が予想される放射性廃棄物は、その形態や保管方法が現時点で未定であり、既存の保管容器では適用が困難な場合が想定される。このため、今後発生する多様な放射性廃棄物を、様々な環境下においても安定的に貯蔵・保管するための新たな仕様の保管容器の開発が望まれている。

著者らは、福島第一原子力発電所で発生する放射性廃棄物への適用を目的として、鋼繊維補強ポリマー含浸コンクリート(SFPIC)に、鋼製容器を被覆した保管容器を新たに開発し、現在各種性能評価を進めている。保管容器の要求性能としては、遮蔽性や耐久性、安全性などが挙げられるが、新たに開発した保管容器は、**図1**に示すように、普通コンクリートに比べて気密性、化学的安定性に優れ、塩化物系廃棄物などの潮解性を持つ物質でも漏洩を防止することができる。また、安全性については、保管容器の移送時に落下による衝撃を受けた場合に内容物が漏洩しないことを実証試験等により検証する必要があるが¹⁾、これまでに評価は実施されていない。

そこで本報告では、新たに開発した保管容器を用いた落下試験を行い、その安全性について評価した。

2. 試験概要

2.1. 保管容器

図2に保管容器の断面図を、**表1**に主要仕様を示す。今回開発した保管容器は、米国NRC(原子力規制委員会)においてHIC(高性能容器)としての認可を取得しているドラム缶タイプPIC容器をベースに、容量を約1m³としたものである。落下衝撃を受けて内容物が漏洩しないよう、外部を鋼製容器(ステンレス SUS304)で被覆し、蓋部の固定方法を工夫した他、落下衝撃の緩衝を目的に、容器底部に緩衝リング(**図2**の赤丸箇所)を設置し、隙間部の充填材には弾性係数が比較的小さい高流動モルタルを適用した。

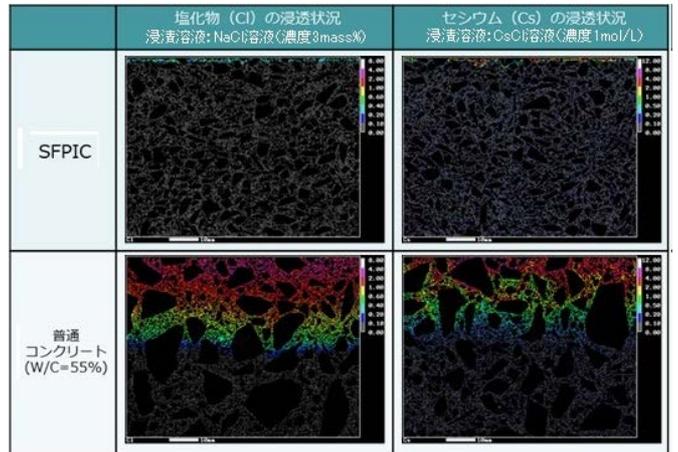


図1 EPMAによる塩化物、Csの濃度分布測定結果(浸漬期間:6ヶ月)

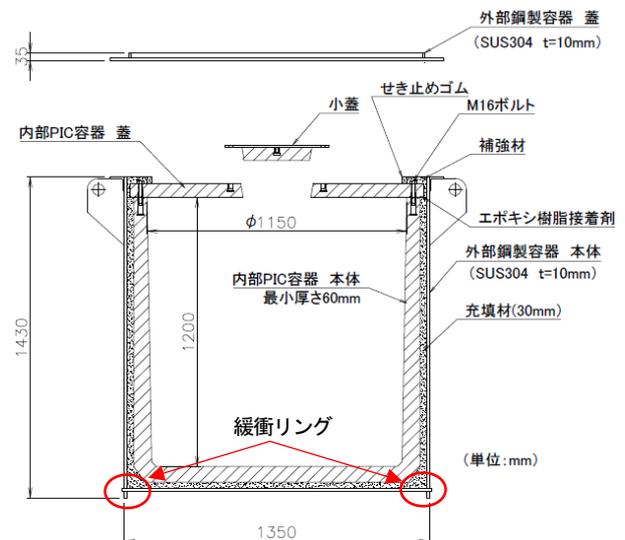


図2 保管容器の断面図

表1 保管容器の主要仕様

項目		仕様
材 料	内側PIC容器	SFPIC (鋼繊維補強ポリマー含浸コンクリート)
	充填材部	モルタル(高流動充填材)
	外側鋼製容器	ステンレス(SUS304)
寸 法	胴体部外径	1,350 mm
	高さ(鋼製容器蓋含む)	1,465 mm
容 量		1.19 m ³
重 量	空重量	約2.4 ton
	設計総重量	約5.0 ton (空容器重量及び収納物重量)

キーワード: 落下抵抗性、ポリマー含浸コンクリート、PIC容器、放射性廃棄物
 連絡先: 〒285-8655 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL043-498-3867

2.2. 試験方法

図3に落下試験で想定したケースを示す。放射性廃棄物を保管する施設内において、ボックスカルバートなどの囲い構造体に保管容器を最大3段積み上げる際に事故が発生し、保管容器が正立状態で垂直自由落下することを想定した。この時の最大吊上げ高さは、2段目の保管容器の上端までの高さ(約2.88m)に、囲い構造物の高さや吊上げ時の変動幅を考慮して3.5mに設定した。

写真1に実際に行った落下試験の状況を示す。落下試験では、保管容器をクレーン車により所定の高さに吊上げた後、ワイヤーロープを切断し、コンクリート上に厚さ50mmの鋼板を設置した落下ベッド上に落下させた。また、落下時の挙動を高速カメラで観察するため、保管容器にはターゲットマーカーを貼付した。

表2に落下試験水準を示す。保管容器は3個試作し、保管容器に充填する内容物には、汚染水を想定した水(CASE 1)と、今後発生が予想される炭酸塩スラリー脱水物(比重:約2.5)の代替として比重が近い砂(比重:約2.6)を使用した(CASE 2)。また比較として、空容器でも試験を実施した(CASE 3)。CASE 1及び2では、保管容器内(容量:1.19m³)に最大85%の放射性廃棄物が充填されると想定し、試験時の内容物は容積が概ね1m³となるよう調整した。落下後の保管容器の健全性は、落下直後に目視による外観観察と内容物の漏洩の有無を確認した後、内容物を取り出して満水になるまで注水し、24時間以上経過した後での漏水の有無から判断した。

3. 試験結果

表3に試験結果を示す。CASE 1~3のいずれの水準においても、外観に有害な損傷は見られず、内容物や水分の漏洩も確認されなかった。また、落下後の状況確認において、内部PIC容器の微細なひび割れや外部鋼製容器底部に11~14mmのへこみが観察されたが、蓋の取り外しや内容物の取り出しも問題なく行うことができ、保管容器の健全性に及ぼす影響は確認されなかった。

4. まとめ

今回の結果から、新たに開発した保管容器は落下による衝撃を受けても健全に機能し、その安全性が確認された。今後は、高速カメラの画像データを活用し、保管容器の落下後における動的挙動性状やひび割れ発生状況について詳細な数値解析を実施する予定である。

参考文献

1) 大場啓汰、多田克彦、前堀伸平、川瀬良司、栗橋祐介: 放射性廃棄物を保管対象とした鉄筋コンクリート製容器の落下試験、土木学会第71回年次学術講演概要集, Vol.71, V-509, pp.1195-1196, 2016.9

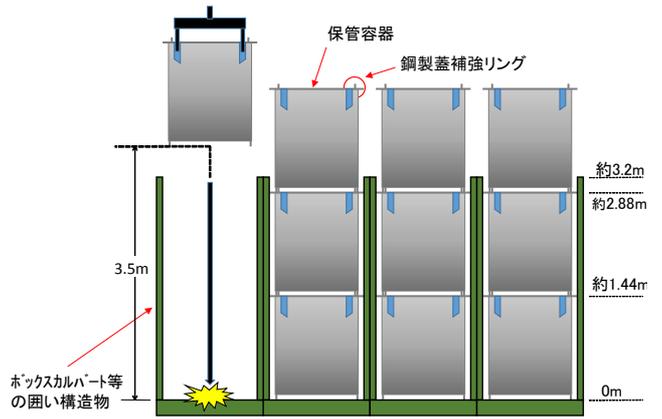


図3 落下試験で想定したケース



写真1 落下試験状況 (左: 落下前、右: 落下後)

表2 落下試験水準

落下試験水準	CASE 1	CASE 2	CASE 3
試験重量	3.40t	3.99t	2.40t
試験重量内訳	PIC容器重量: 2.40t 内容物重量: 1.01t	PIC容器重量: 2.40t 内容物重量: 1.59t	PIC容器重量: 2.40t 内容物重量: なし
落下高さ	3.5m	3.5m	3.5m
落下姿勢	垂直自由落下		
落下面	鋼板50mm		
内容物	水 (容器内容積1.192m ³ に対し85%収納)	砂 (容器内容積1.192m ³ に対し85%収納)	なし
健全性確認方法	①目視により、外観に有害な損傷がないか確認 ②PIC容器内容物の漏えいの有無により確認 ③水注水24時間後に水漏れ確認		

表3 落下試験結果

落下試験水準	CASE 1	CASE 2	CASE 3	
健全性確認結果	①外観に有害な損傷なし			
	②内容物の漏えいなし			
	③水漏れなし			
その他の状況確認	外側鋼製容器蓋の取り外し	問題なく取り外せた		
	内側PIC容器小蓋の取り外し	問題なく取り外せた		
	内容物の取り出し	問題なく取り出せた		
	内側PIC容器ひび割れ発生状況	蓋	微細なひび割れが発生	
		本体側面	微細なひび割れ数本発生	ひび割れなし
外側鋼製容器底部の状況	円周状に全周ひび割れが発生			
底部中心へこみ量:	下向きに約14mm	下向きに約11mm	下向きに約11mm	