

# 放射性廃棄物保管用SFPICの物性と容器の特性評価

\*坂本 浩幸<sup>1</sup>、小森 久幸<sup>1</sup>、渋谷 和俊<sup>1</sup>、本間 健一<sup>2</sup>、石田 泰之<sup>2</sup>、佐藤 祐輔<sup>3</sup>、鶴田 健<sup>4</sup>、岡本 賢治<sup>4</sup>  
 1: 太平洋コンサルタント、2: 太平洋セメント、3: 東京パワーテクノロジー、4: マテラス青梅工業

## 1. はじめに

SFPICは、鋼繊維補強ポリマー含浸コンクリート(Steel Fiber reinforced Polymer Impregnated Concrete)の頭文字をとった複合材料で、鋼繊維補強でじん性を向上し、物質移行や劣化の原因となるコンクリートの細孔にポリマーを含浸・重合することで普通コンクリートに比べ強度、緻密性、化学的安定性に優れる。ドラム缶の内張りとしてSFPICをライニングした容器は、米国NRC(米国原子力規制委員会)からHIC(High Integrity Container: 300年間の高い健全性を有する容器)として、1986年6月に認可を取得した。

本研究では、SFPICの物理特性および耐久性に関する評価を実施、放射線照射による物質移行特性および強度特性への影響を評価した。また、収納効率の向上や落下事故対策を目的とした金属複合型の容器(METAL JACKET PIC容器)を作製して落下試験を実施した。

## 2. SFPICの特性評価

評価項目、評価方法及び評価結果を表1に示す。  
 鋼繊維補強コンクリートを乾燥・脱気後、ポリマーを含浸する方法によりSFPIC試験体を作製した。比較用として普通コンクリートを作製し、各種物性評価を行った。  
 SFPICの圧縮強度は普通コンクリートの約3.6倍となった。またSFPICは塩害環境下・凍害環境下においても内部鉄筋の腐食や表面の劣化は認められなかった。さらに中性化がほとんど進行しないこと、水分が浸透しにくいこと、寸法安定性に優れることも確認された。

表1 評価項目、評価方法及び評価結果

評価項目	評価方法	評価結果	
		SFPIC	普通コンクリート
強度	圧縮強度	173.0kN/mm <sup>2</sup>	48.3kN/mm <sup>2</sup> (材齢91日)
耐塩害性	塩水散水-熱風乾燥繰返し後の内部鉄筋の状態 (30サイクル)	鉄筋腐食は認められない (30サイクル)	全面にわたり鉄筋腐食 (30サイクル)
耐凍害性	急速凍結融解繰返し後の相対動弾性係数、外観 (1550サイクル)	約98%。表面健全 (1550サイクル)	約70%。表面劣化 (1550サイクル)
耐中性化	促進中性化後の中性化深さ (90日後)	ほぼゼロ (90日後)	平均2.7cm (90日後)
透水性	5kgf/cm <sup>2</sup> の水圧を加圧後の水の浸透深さ (8週間加圧)	0.01cm (8週間加圧)	1.2cm (1週間加圧)
寸法安定性	乾燥後の長さ変化 (6ヵ月後)	+100μ程度 (6ヵ月後)	-1000μ程度 (6ヵ月後)

## 3. 浸透挙動と放射線影響

### ○試験方法

Cs、SrおよびClの浸透挙動は、土木学会基準JSCE-G572「浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験方法(案)」を参考にして実施した。耐放射線性の評価は、<sup>60</sup>Coによるγ線を500kGyおよび1,000kGy、β線を模擬した2MeVの電子線を500kGy、1,000kGyおよび2,000kGy照射した後に圧縮強度とClの浸透挙動を評価した。

### ○試験結果

未照射試料の拡散係数を表2に、放射線照射後の拡散係数を表3に、γ線照射試料の塩素の浸透深さ測定結果を図1に示す。  
 未照射試料の見掛けの拡散係数は、Cl > Cs > Srの順となり、SFPICのClの見掛けの拡散係数は普通コンクリートの2桁～3桁小さな値となった。SFPICは、浸漬試験期間の経過に伴う元素の進展はわずかであった。

1,000kGyのγ線を照射したSFPICのClの見掛けの拡散係数は、未照射試料に比べてやや大きくなったが桁が変わることは無く、浸漬試験期間の経過に伴う元素の進展はわずかであった。2,000kGyの電子線照射では見掛けの拡散係数に変化は生じなかった。γ線を照射したSFPICの圧縮強度は、線量の増加に伴い低下し、未照射試料の173.0N/mm<sup>2</sup>から149.4N/mm<sup>2</sup>と14%程度低下したが、一般に超高強度コンクリートに分類される高い圧縮強度を保持していた。2,000kGyの電子線を照射したSFPICの強度低下は3%とわずかであった。

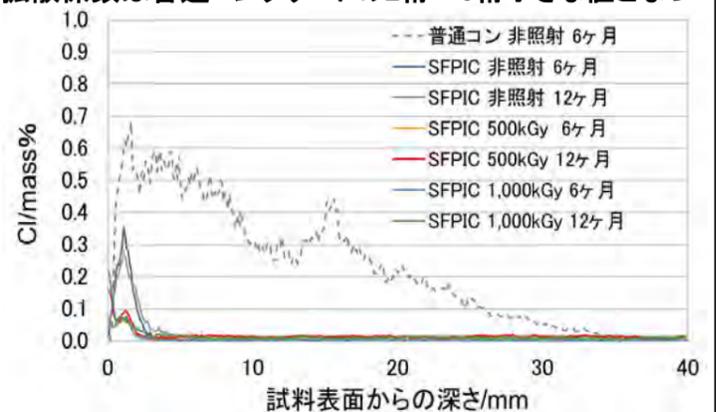


図1 γ線照射試料の塩素の浸透深さ測定結果

表2 未照射試料の見掛けの拡散係数測定結果 (cm<sup>2</sup>/sec)

元素	Cs			Sr		Cl		
	6	12	30	6	12	6	12	30
SFPIC	1.6 × 10 <sup>-10</sup>	9.5 × 10 <sup>-11</sup>	9.5 × 10 <sup>-11</sup>	3.2 × 10 <sup>-11</sup>	3.2 × 10 <sup>-11</sup>	2.9 × 10 <sup>-10</sup>	2.9 × 10 <sup>-10</sup>	1.6 × 10 <sup>-10</sup>
普通コンクリート	7.1 × 10 <sup>-8</sup>	8.0 × 10 <sup>-8</sup>	3.9 × 10 <sup>-8</sup>	1.9 × 10 <sup>-10</sup>	8.9 × 10 <sup>-10</sup>	1.1 × 10 <sup>-7</sup>	8.7 × 10 <sup>-8</sup>	6.5 × 10 <sup>-8</sup>

表3 放射線を照射したSFPICのClの見掛けの拡散係数 (cm<sup>2</sup>/sec)

放射線の種類	γ線				電子線				
	500		1000		500		1000		2000
積算線量(kGy)	500	1000	500	1000	500	1000	2000	500	1000
浸漬試験期間(月)	6	12	6	12	6	12	6	12	6
拡散係数	2.9 × 10 <sup>-10</sup>	5.1 × 10 <sup>-10</sup>	3.8 × 10 <sup>-10</sup>	3.8 × 10 <sup>-10</sup>	1.9 × 10 <sup>-10</sup>	1.9 × 10 <sup>-10</sup>	1.3 × 10 <sup>-10</sup>	9.5 × 10 <sup>-11</sup>	1.3 × 10 <sup>-10</sup>

## 4. SFPIC容器

収納物の特性や用途に合わせて長期保管が可能なSFPIC容器



200リットルドラム缶  
PIC内張り容器  
NRC認可容器の薄肉タイプ



1m<sup>3</sup>PIC容器  
積み重ね、貫通試験を実施し異常は認められなかった。



METAL JACKET PIC容器



落下試験(3.5m落下)  
内容物の漏洩は認められなかった。