

에폭시-시멘트계 유-무기 하이브리드형 고화재료를 사용한 폐기물 고화체의 성능평가

Performance evaluation of waste form using epoxy-cement based organic-inorganic hybrid solidifying agent



박정훈 Jung-Hoon Park
 (주)케미콘 기술연구소
 과장
 E-mail : jhpark@chemicon.co.kr

1. 서론

세계적으로 많은 나라들이 경제성장을 통해 산업화를 이루면서 건설업, 제조업 등 다양한 산업활동이 증가하였고 이로 인해 공정의 부산물로서 상당한 양의 유해폐기물이 발생되고 있다. 특히 최근에는 고에너지분야의 첨단산업을 기반으로 기술발전과 함께 신제품과 신소재가 대량으로 개발 및 생산되고 있으며 이들 중 상당수는 위험 물질을 포함하고 있어 이들 유해폐기물들을 적절하게 처리하기 위한 기술개발의 중요성이 증대되고 있다.

일반적인 폐기물들은 환경과 건강에 미치는 위험성을 최소화하는 방식으로 재료의 특성에 따라 매립, 소각, 재활용, 퇴비화, 에너지자원화 등의 공정을 통해 처리되고 있으나, 방사성폐기물, 중금속함유폐기물 등 유해성이 높은 폐기물들은 안정화/고형화 공정을 통해 유해/위험성을 일정수준으로 감소시켜 무해하거나 안전하게 처분 및 관리되어야 한다.

폐기물 안정화/고형화 공정은 분체, 액체, 슬러지 등 분산성 폐기물의 화학적 반응성을 저감시켜 안정화시키고 고형화시켜 매립/처분에 적합한 형태인 고화체로 전환시키는 과정을 의미하며 일반적으로 안정화와 고형화는 복합적으로 진행되어 고형화로 혼용되어 표현된다.

고형화공법은 사용재료와 공법의 종류에 따라 크게 무기계 고형화공법과 유기계 고형화공법으로 분류된다. 무기계 고형화공법은 시멘트, 석회, 포졸란 등 무기계재료와 물을 사용하여 고화체를 형성하는 방법이며, 유기계 고형화공법은 폴리부타디엔, 폴리에스테르, 에폭시 등 유기계재료의 주체와 경화제를 사용하여 고화체를 형성하는 방법이다.

【표 1】 무기성 고형화, 유기성 고형화 기본 특성

구분	무기성 고형화	유기성 고형화
사용 재료	시멘트, 석회, 포졸란, 점토, 용해성 규산염 등	우레아 포르말데하이드, 폴리부타디엔, 폴리에스테르
기본 특성	<ul style="list-style-type: none"> - 저렴한 비용으로 양호한 기계적, 구조적 특성 발현 - 물리화학적으로 장기적인 안정성 양호 - 다양한 산업폐기물에 적용 가능 - 상온 및 상압하에서 처리가 가능하며 용이 - 재료에 따라 고화체의 체적증가가 다양 	<ul style="list-style-type: none"> - 고도의 기술이 요구되며 처리비용이 고가 - 수밀성이 매우 크며 다양한 폐기물 적용 가능 - 재료에 따라 고화체의 체적증가가 다양 - 상업화된 처리법의 현장데이터 빈약 - 화석제, 촉매, 촉진제 등 유해물질이 사용됨

【표 2】 고형화 공법 종류별 특성

구분	장점	단점
파라핀 고형화	- 농축폐액을 건조시켜 분말을 용융파라핀과 혼합하여 고형화하는 방식	- 제조과정 중 증분리로 인한 불균질 위험성 - 압축강도 및 내침출성이 취약하며 재처리 및 재포장이 필요함
아스팔트 고형화	- 화학슬러지, 이온교환폐액, 증발농축폐액을 100 °C 이상의 아스팔트와 혼합하여 고형화하는 방식 - 폐기물 적재량 및 내침출성이 매우 뛰어나	- 유기성액체는 아스팔트를 연화시켜 고형화 불가 - 형태 안정성 및 내구성이 취약함 - 제조설비 운영과정의 화재 위험성
유리 고형화	- 물리적 안정성 우수 - 내수성 우수	- 화학적 휘발특성 제어가 어려움 - 공정설비의 운용 및 관리가 어려움 - 공정단계별 분할운용이 어려움
시멘트 고형화	- 공정설비의 운용 및 관리가 쉬움 - 물리적 안정성 우수 - 장기 신뢰성 우수 - 다양한 산업폐기물에 범용성 우수	- 화학물질별 반응의 불안전성 - 내수성 및 내침출성이 취약하며 부식 위험성 - 고형화 부피증대가 크며 저장 공간을 많이 차지
폴리머 고형화	- 폐기물을 건조하여 모노머와 혼합하여 고형화하는 방식 - 다양한 종류의 수지가 적용 가능	- 폐기물 전처리공정의 설비 및 품질관리가 어려움

유해폐기물 중 방사성폐기물을 대상으로 이를 처리하기 위한 고형화 기술로서 국내에서 사용된 공법은 파라핀고형화, 아스팔트고형화, 유리고형화, 시멘트고형화 등이 연구되고 있으며, 실증적용에 가장 근접한 고형화방법으로 시멘트고형화가 활용되고 있다. 시멘트고형화는 폐기물을 포틀랜드시멘트 또는 플라에에쉬, 고로슬래그 등의 포졸란 재료가 혼합된 결합재를 혼합수와 함께 혼합하여 페이스트형태의 고화체반죽을 제작하고 이를 경화 및 양생시키는 공정으로 진행된다. 이와 같은 시멘트, 석회, 포졸란 재료를 활용한 무기계 고형화공법이 다양하게 연구되어 적용되고 있으며 무기계고화체들의 특성상 내수성이 취약하며 침지상태에서 고화체 내부 유해성분이 용출될 위험성이 크기 때문에 폐기물 대비 많은 양의 고화재료가 사용되고 전용 처분용기에 담겨져 처분적합기준을 만족하는지에 대한 성능평가 및 품질관리를 통해 관리되고 있다.

최근 원자력산업을 비롯한 다양한 산업현장의 사고위험성

이 증가하고 발생하는 유해폐기물의 양이 증가하며 이들을 고형화하여 처분하고 관리하는데 소요되는 비용이 증가함에 따라 고화체의 부피를 최소화하면서 안전하게 관리하기 위한 기술개발의 필요성이 증가하고 있다. 따라서 본고에서는 당사에서 개발한 유-무기 하이브리드형 고화재료와 이를 사용한 고화체의 특성 및 시험결과에 대해 요약 서술하였으며, 유해폐기물들을 안정화/고형화하여 효율적으로 관리하고 나아가 건축/토목용 재료로 재활용하기 위한 기초적인 연구자료로 활용하고자 하였다.

2. 유-무기 하이브리드형 에폭시-시멘트계 고화재료 개발

당사에서 개발한 유-무기 하이브리드형 고화재료는 폐기

물을 대상으로 시멘트계 무기 결합재와 에폭시계 유기 결합재를 함께 사용하여 고형화시키고 이를 통해 시멘트계 결합재의 장점인 물리적 강도증진과 증금속 흡착성을 발현함과 동시에 에폭시계 결합재의 장점인 내수성을 증진시켜 시멘트계 고화재의 단점인 침지상태에서의 유해물질이 용출되는 특성을 저감시키고자 하였다. 시멘트계 결합재는 국내 A사의 OPC를 비롯하여 국외 I사의 알루미늄시멘트, 메타카올린 등이 사용되었으며 에폭시계 결합재는 Si계 광물에 침투/반응성이 우수한 국내 B사의 에폭시 주제, 경화제를 사용하였다. 알루미늄시멘트와 메타카올린의 사용을 통해 고화체의 응결시간과 초기 강도의 발현을 촉진시켜 유기계 고화재료와 함께 복합적으로

치밀한 조직구조가 형성되는 것을 유도함과 동시에 중장기적인 포졸란 반응을 통한 내구성 향상을 도모하였다.

유해폐기물은 원자력산업에서 발생되어 고형화처리되고 있는 중저준위 방사성폐기물을 대상으로 선정하였고, 실제 방사성폐기물을 대상으로 실험하기에 앞서 방사성폐기물과 물리/화학적 특성을 모사한 비방사성의 모의폐기물을 제작하고 이를 대상으로 고화재료 배합별 성능평가 실험을 수행하였다. 이를 바탕으로 유-무기 하이브리드형 고화재료의 유효배합을 도출하여 실제 유해폐기물에 적용하여 모의폐기물 성능평가 실험결과와 비교하여 실효성을 검토하였다.

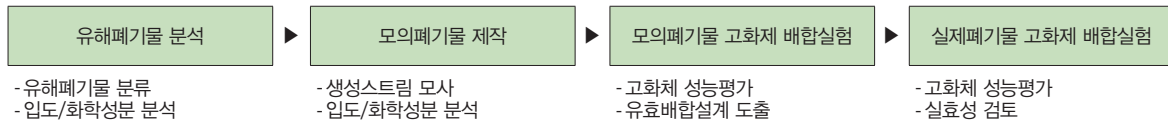


그림 1. 연구 수행 흐름도

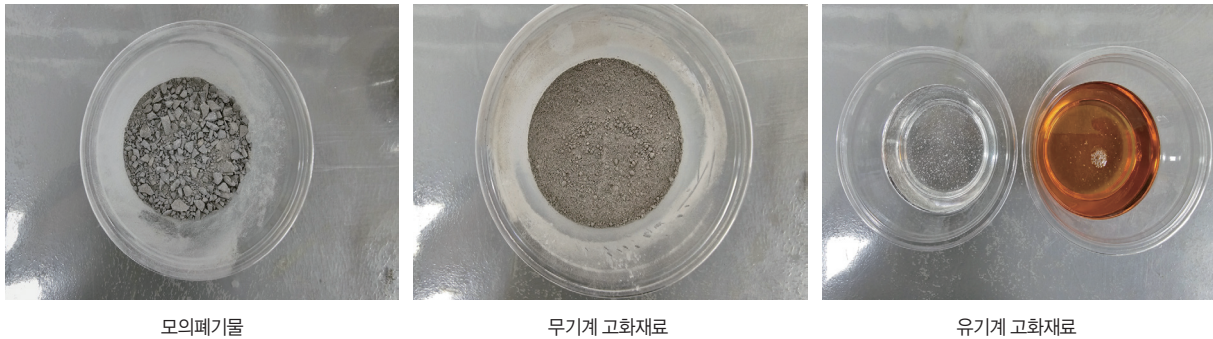


그림 2. 모의폐기물, 무기계 고화재료, 유기계 고화재료 시제품 제작

[표 3] 무기계, 유기계, 유-무기 하이브리드 고형화공법 특성

무기계 고형화 공법	유기계 고형화 공법
<ul style="list-style-type: none"> - 주로 시멘트계 재료를 이용하여 오염물과 고화재료간의 화학반응을 유발시켜 무독화 및 불용성화 - 유해성분을 고화체구조 내부에 흡착화/결합/고정화하여 환경위해요인을 제거함으로써 안전매립 유도 - 고화재료는 천연물질 또는 이를 가공한 물질을 사용하기 때문에 안전 - 경우에 따라 고로슬래그와 같은 포졸란 재료를 고화재료 단독 또는 시멘트와 혼합하여 사용 - 일반적으로 수화반응을 거치므로 물을 포함하고 있는 폐기물에 적합하며, 알칼리 상태를 유지하므로 증금속의 안정성에 기여 	<ul style="list-style-type: none"> - 주로 폐기물과 고화재료가 상호화학반응을 일으키지 않고 주제, 경화제, 촉진제가 반응하며 고형화하게 되고 이때 폐기물이 유기계 고화체 내부에 포획 - 최근에는 사업장에서 발생하는 고위험성/반응성 유해폐기물의 고형화에 적용 - 소수성인 성질을 가지고 있는 유기성 고화제와 수분이 함유된 슬러지와 같은 폐기물과의 혼합시 용화가 어려워 균질성이 낮아 품질관리에 위험이 있음 - 미생물, 자외선, 화재 등과 같은 환경요인에 취약할 수 있어 장기적인 보관 과정에서 내구성과 안정성이 침해될 위험이 있음
유-무기 하이브리드 고형화 공법	
<ul style="list-style-type: none"> - 내수성 증진, 부피증대 최소화 등 무기계 재료와 유기계 재료 각각의 장점을 발현하고 단점을 보완하도록 설계 - 폐기물과 무기계 고화제의 1차 결합구조에 유기계 고화제의 침투식 결합을 유도한 2차 결합구조를 형성하는 2중형태의 순차적이면서 복합적인 고화체 형성 반응을 유도 - 폐기물의 특성, 수분, 무기계 결합재, 유기계 결합재의 혼합순서 및 배합비율에 따라 고형화 성상이 상이할 수 있어 품질관리를 위한 적절한 배합설계와 공정관리가 필요 	

[표 4] 모의폐기물, 유기계 고화재료 화학성분

Waste	Mix ratio (%)			
	SiO ₂	CaCO ₃ + CaSO ₄ + Ca(OH) ₂	NaF + H ₃ BO ₃ + NH ₄ OH	Fe ₂ O ₃ + Cr ₂ O ₃ + Ni ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃
SW ^{*1)}	40	40	18	12
LLW ^{*2)}	100			

*1) Simulated wastes mixed with silica, lime, boric acid, sodium fluoride and metal oxide powder

*2) Low-level radioactive wastes stored by nuclear companies

Stabilizer	Chemical composition (%)							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O
IS-1 ^{*3)}	23.0	7.7	58.6	2.7	0.4	2.5	3.4	0.3
IS-2 ^{*4)}	6.0	39.3	37.8	-	-	15.3	-	-

*3, 4) Inorganic stabilizer mixed with Ordinary Portland Cement, calcium aluminate cement, metakaolin and chemical admixture

[표 5] 폐기물 고형화 배합설계

Test ID	Mix ratio (wt %)					
	Simulated waste	Low-level waste	Inorganic stabilizer	Organic stabilizer		
				Resin	Hardener	
phase 1	SI-1	100	-	100	-	-
	SIO-1	100	-	100	13.5	5.0
	SIO-2	100	-	100	20.3	7.5
	SIO-3	100	-	100	27.0	10.0
	SIO-4	100	-	75	13.5	5.0
	SIO-5	100	-	75	20.3	7.5
	SIO-6	100	-	75	27.0	10.0
Phase 2	LI-1	-	100	100	-	-
	LIO-2	-	100	100	20.3	7.5
	LIO-6	-	100	75	27.0	10.0

모의폐기물은 원자력산업체에서 보관중인 실제 방사성폐기물을 대상으로 제조스트림과 화학성분을 모사하여 화학원료를 활용하여 혼합, 건조, 분쇄의 순서로 제작하였으며 무기계 고화재료는 OPC, 알루미늄시멘트, 메타카올린, 팽창재, 기타 화학첨가제를 활용하여 폐기물 특성에 맞추어 배합설계를 통해 제작하였다. 상기 폐기물 특성은 밀도, 수분흡수율, pH 등과 같은 고화재료를 혼합하였을 때 고화체 반죽의 유동성과 응결시간 등 작업성에 영향을 미칠 수 있는 공정변수를 고려하여 고화재료가 급결되지 않고 균질하게 혼합이 가능하며 양생 이후에도 장기적인 수축으로 인한 균열이 발생되지 않도록 배합비율을 설계하였다.

3. 유-무기 하이브리드형 시멘트-에폭시계 고화재료 성능

3.1 모의폐기물 유-무기 하이브리드형 고화재료 적용 고화체 배합

모의폐기물, 무기계 고화재료, 유기계 고화재료의 유효배합을 도출하기 위해 7수준의 배합비를 설정하였고 고형화 재료의 유효배합비를 도출하는 평가요소로서 고화체의 양생조건별 압축강도, 길이변화, 비중변화를 설정하였다.

양생조건은 밀봉하여 28일 양생 후 몰드에서 탈형한 뒤 기

건상 상태에서 14일, 침지 상태에서 14일을 추가로 양생하여 최종적으로 56일 동안 밀봉, 기건, 침지의 순서로 양생하도록 하였다. 이를 통해 양생조건별 물성의 차이를 비교하여 각각의 조건에서 모두 물성이 양호한 배합비를 선정하였고 이를 실제 중저준위 방사성폐기물에 적용하여 실효성을 검토하였다.

압축강도는 폐기물 고화체의 건전성을 평가하는데 있어서 가장 주요한 성능지표로서 국제적인 성능수준은 3.44 MPa보다 높아야 하는 것으로 알려져 있으며 부차적인 품질성능과 안전성을 만족하기 위해서는 안전율을 적용하여 목표설계강도를 3.44 MPa보다 높은 수준으로 설정하는 것이 필요하다. 길이변화와 비중변화는 고화체의 장기적인 안전성을 평가하기 위한 성능지표로서 고화체가 기건상태와 침지상태를 거치며 내부 유해성분이 침출되거나 후속적인 반응으로 인한 큰 변화가 발생하지 않도록 관리하는 것이 필요하다.

3.2 실험 방법

유해폐기물을 가열, 건조, 분쇄공정을 통해 일정한 품질수준으로 관리된 폐기물들을 대상으로 고형화하는데 활용이 가능한 고화재료를 개발하는 것을 목적으로 산업에서 실용화가 가능한 설비와 공법에 맞추어 실험방법을 설정하였다. 먼저 무기계 고화재료와 혼합수를 혼합하여 무기계 페이스트를 제작하고 유기계 고화재료의 주제, 경화제를 혼합하여 유기계 페이스트를 제작하여 각각의 고화재료를 경화반응이 시작된 상태로 준비한다. 이어서 폐기물을 무기계 페이스트와 혼합한 뒤 이를 유기계 페이스트에 투입 및 균질화하여 최종적으로 고화체를 제작하였다. 혼합시간은 각 단계별 1분 내외로 설정하였다. 최종적으로 모든 고화재료가 사용된 고화체반죽을 직경 50 mm 높이 100 mm의 실린더형 몰드에 타설하여 압축강도와 비중을 측정하기 위한 시험체를 제작하였고 40×40×160 mm의 사각기둥형 몰드에 타설하여 마이크로미터를 활용하여 길이변화를 측정하기 위한 시험체를 제작하였다.

3.3 실험결과 분석

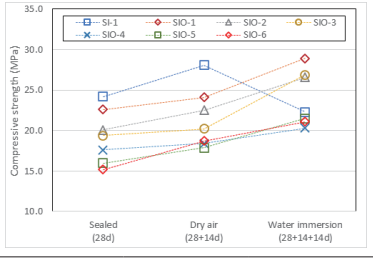
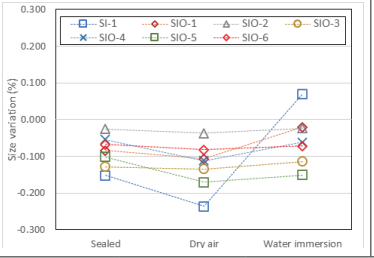
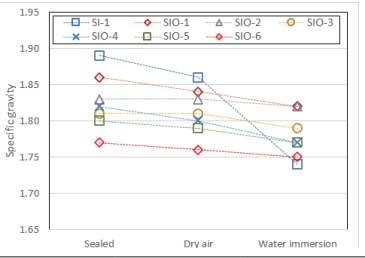
1) 모의폐기물 고형화 실험 결과

모의폐기물을 대상으로 무기계 고화재료와 유기계 고화재료를 적용하여 고형화 실험을 수행하여 압축강도, 길이변화, 비중의 변화를 측정하였다. 압축강도 평가결과, 28일 압축강도는 무기계 고화재료만 사용된 SI-1 시험체가 가장 높게 나타났으며 무기계 고화재료의 사용량이 감소하거나 유기계 고화재료의 사용량이 증가할수록 압축강도는 다소 저하되는 것으로 나타났다. 28일간 양생한 뒤 몰드에서 탈형하여 14일간 기건상태에서 양생한 시험체는 전체적으로 압축강도가 증가하였으며, 14일간 침지상태에서 양생한 시험체는 SI-1은 압축강도가 감소하였고, 그 외의 시험체는 압축강도가 증가하였다. 길이변화 평가결과, 28일 길이변화는 SIO-2, SIO-4 시험체가 약 0.05 %만큼 수축하여 수축율이 적게 나타났다. 몰드에서 탈형하여 14일간 기건상태에서 양생한 시험체는 전체적으로 수축하였고 14일간 침지상태에서 양생한 시험체는 전체적으로 팽창하였으며 무기계 고화재료만 사용된 SI-1 시험체는 수축과 팽창이 상대적으로 상당히 크게 나타났다. 비중 평가결과, 28일 비중은 압축강도 시험결과와 유사한 경향의 순서로 나타났으며 SI-1 시험체가 가장 높게 나타났다. 몰드에서 탈형하여 14일간 기건상태에서 양생한 시험체는 전체적으로 비중이 소폭 감소하였으며, 14일간 침지상태에서 양생한 시험체는 SI-1은 크게 감소하였으나 그 외의 시험체들은 약 0.02 이하의 수치만큼 감소하는 것으로 나타났다.

위 평가결과를 종합하여, 유기계 고화재료와 무기계 고화재료를 함께 사용한 폐기물 고화체는 양생조건이 밀봉, 기건, 침지의 순서로 변화하더라도 전체적으로 압축강도가 증가하였고 길이변화와 비중변화는 상대적으로 완만한 것으로 나타났다. 무기계 고화재료만 사용한 시험체와 비교하면 침지상태에서 성상의 차이점이 크게 나타났으며 이는 유기계 고화재료의 사용을 통해 방수성능이 발휘되어 침지상태에서 고화체 내부 화학성분이 침출되는 것이 저감된 것에 기인한 것으로 판단된다.

[표 6] 모의폐기물 고형화 실험 결과

Test ID	Test result								
	Compressive strength (MPa)			Size variation (%)			Specific gravity		
	Sealed (28d)	Dry air (28+14d)	Water immersion (28+14+14d)	Sealed (28d)	Dry air (28+14d)	Water immersion (28+14+14d)	Sealed (28d)	Dry air (28+14d)	Water immersion (28+14+14d)
SI-1	24.2	28.1	22.3	-0.152	-0.236	0.070	1.89	1.86	1.74
SIO-1	22.6	24.1	28.9	-0.084	-0.107	-0.020	1.86	1.84	1.82
SIO-2	20.1	22.5	26.6	-0.025	-0.037	-0.023	1.83	1.83	1.82
SIO-3	19.4	20.2	26.9	-0.128	-0.134	-0.114	1.81	1.81	1.79
SIO-4	17.6	18.4	20.3	-0.054	-0.112	-0.061	1.82	1.80	1.77
SIO-5	16.0	17.9	21.5	-0.101	-0.170	-0.151	1.80	1.79	1.77
SIO-6	15.2	18.7	21.1	-0.068	-0.082	-0.072	1.77	1.76	1.75

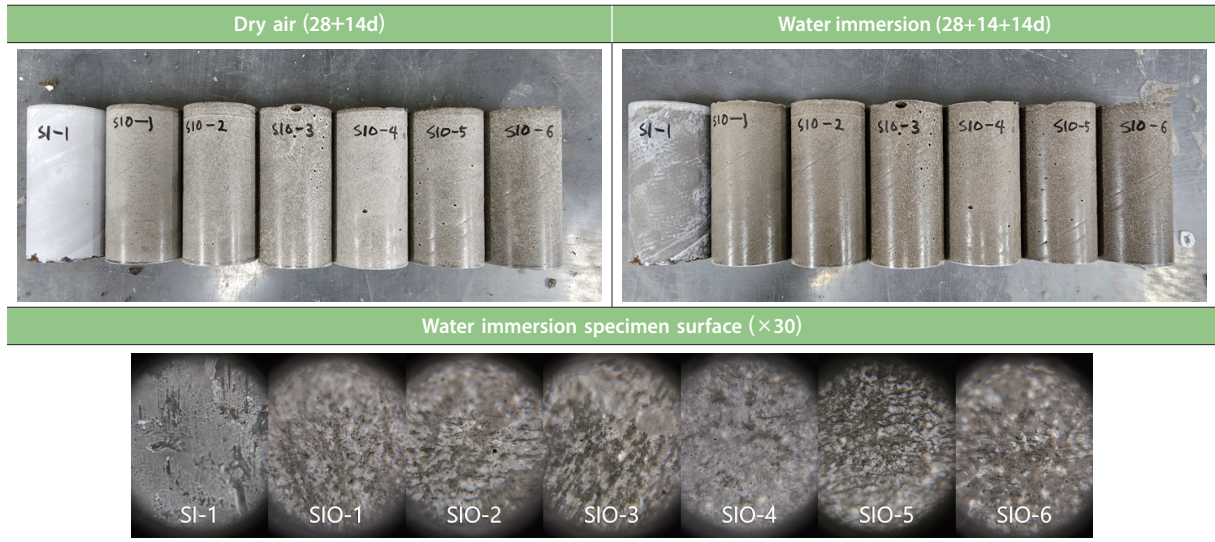


그림 3. 모의폐기물 고형화 시험체 사진

[표 기준·저준위 방사성폐기물 고형화 실험 결과

Test ID	Test result								
	Compressive strength (MPa)			Size variation (%)			Specific gravity		
	Sealed (28d)	Dry air (28+14d)	Water immersion (28+14+14d)	Sealed (28d)	Dry air (28+14d)	Water immersion (28+14+14d)	Sealed (28d)	Dry air (28+14d)	Water immersion (28+14+14d)
LI-1	18.6	22.3	15.7	-0.132	-0.186	-0.074	1.81	1.75	1.66
LIO-2	13.4	14.8	14.5	-0.084	-0.107	-0.040	1.76	1.75	1.73
LIO-6	12.0	11.4	11.7	-0.065	-0.088	-0.041	1.74	1.73	1.72

The figure contains three line graphs. The first graph shows Compressive strength (MPa) on the y-axis (10.0 to 35.0) for samples LI-1 (blue squares), LIO-2 (red diamonds), and LIO-6 (grey triangles). LI-1 shows the highest strength, peaking at 22.3 MPa in dry air. The second graph shows Size variation (%) on the y-axis (-0.300 to 0.300). LI-1 shows the largest size reduction, reaching -0.186% in dry air. The third graph shows Specific gravity on the y-axis (1.65 to 1.95). LI-1 starts with the highest specific gravity (1.81) in the sealed state, which drops to 1.66 after water immersion.

2) 중저준위 방사성폐기물 고형화 실험 결과

중저준위 방사성폐기물을 대상으로 무기계 고화재료와 유기계 고화재료를 적용하여 고형화 실험을 수행하여 압축강도, 길이변화, 비중의 변화를 측정하였다. 전체적으로 재료 혼합과정에서 기포가 다소 발생하였는데 이는 화학성분 분석과정에서 검출되지 않았던 유기성 화학성분이 고화재료와 반응하여 나타나는 현상으로 예측되며, 공기량이 과다하게 생성되는 것을 방지하기 위해 소포제를 첨가하여 시험체를 제작하였다. 압축강도 평가결과, 앞서 모의폐기물 실험대비 전체적으로 압축강도가 낮게 나타났으며 유기계 고화재료와 무기계 고화재료를 함께 사용한 시험체는 양생조건이 변화하더라도 압축강도가 크게 변화하지 않았으나 무기계 고화재료만을 사용한 LI-1 시험체는 압축강도가 다소 크게 저하되었다. 길이변화와 비중 변화 시험결과, 모두 유기계 고화재료와 무기계 고화재료를 함께 사용한 시험체가 양생조건이 변화하더라도 물성의 변화가 크지 않게 나타났으며, 이는 앞서 모의폐기물 시험결과의 경향과 일치하는 것으로 확인되었다.

4. 결론

본고에서 제안한 시멘트계 무기 결합재와 에폭시계 유기 결합재를 활용한 유-무기 하이브리드형 고화재료를 활용하여 중저준위 방사성폐기물과 같은 유해폐기물을 고형화할 경우, 종래의 시멘트계 고화재료만을 사용한 기술 대비 압축강도, 길이변화, 비중변화가 안정성 측면에서 각각 20.9%, 0.048%, 3.65%만큼 개선된 효과를 기대할 수 있는 것으로 분석되었다. 위 안정성 개선효과는 28일간 밀봉된 상태로 양생된 고화체가 외기에 14일간 노출된 이후부터 14일간 침지된 이후의 물성의 변화율을 비교하여 수치로 나타낸 결과이며, 이는 고화체를 양생 및 관리하는 과정에서 침지되어 수분에 노출될 경우 종래의 기술대비 고화체 내부의 유해물질이 용출되지 않고 안정된 상태로 유지될 가능성이 높음을 의미한다.

유-무기 하이브리드형 고화재료는 자체적으로도 높은 압축강도와 방수성, 내구성, 안정성을 나타내며 유해폐기물을 단순하게 고형화하여 처분하는 용도 외에도 특수용도의 구조재료나 채움재로 활용할 가능성이 있으며 다양한 시멘

트, 혼화재료, 유기계 고화재료를 사용하여 기존 무기계 재료들의 단점을 보완하여 다양한 건축자재로 활용이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 신항식, (1989) "시멘트 고형화에 의한 유해폐기물의 처분", 한국레미콘공업협회
2. Stefania Uras 외, (2021) "State of the Art in packaging, storage, and monitoring of cemented wastes", SOGIN SpA
3. 원자력안전위원회, (2021) "중·저준위 방사성폐기물 인도규정", 원자력안전위원회고시 제2021-25호
4. 정경환 외, (2001) "방사성 슬러리 폐기물의 시멘트 고화 연구", 한국원자력연구소
5. 성석현 외, (2008) "국내 방사성폐기물 특성과 방사성폐기물 처분시설 폐기물인수기준", 한국방사성폐기물학회

담당 편집위원 : 노승준(국립금오공과대학교)

●● 학회지 원고모집 안내

Magazine of RCR(한국건설순환자원학회지)은 계간으로 발행되어 회원을 비롯한 관련 업계, 학회, 유관기관 및 단체 등에 배포되고 있습니다. 회원 여러분의 많은 원고 투고 부탁드립니다.

1. 원고 종류

논단, 특집기사, 기술기사, 공사기사, 해외 기술정보 및 번역기사(뉴스), 현장탐방(국내외 연구소 및 국제학술대회 참가), 우리 회사소개, 신기술 또는 신제품 소개 등

2. 원고 분량

글씨크기 11 pt, 줄 간격 160 %

- 1) 특집기사, 기술 및 공사기사 : A4용지 10매 이내
- 2) 해외 정보소개, 현장탐방 및 우리회사 소개기사 : A4용지 8매 내외

3. 원고 작성

- 1) 원고의 모든 내용(사진, 그림 등 기타 부속물 포함)은 한글 작성이 원칙임. 단, 의미 전달이 모호할 우려가 있는 경우에는 그 원어를 괄호 안에 표기함.
- 2) 제목의 작성 : 제목은 가급적 10자 이내로 정하며 영문 제목도 동시에 표기함.
- 3) 저자의 소개 : 성명, 소속, 직위, 전공분야/관심분야, 연락처, e-mail 주소, 저자 사진(컬러)
- 4) 제출 마감일 : 발행일 30일 전까지(발행일 : 3, 6, 9, 12월)

4. 제출할 곳

한국건설순환자원학회 오경숙 국장(E-mail : rcr@rcr.or.kr)