

방사성폐기물 처분용 고건전성 용기 개발을 위한 소재의 내구성 시험

김태현, 정기철, 박상규, 전종선, 이재민
 (주)에네시스, 대전광역시 유성구 장대동 337-2
nunki@enesys.co.kr

방사성폐기물의 안정적이고 장기적인 처분을 위한 고건전성 용기 개발에 폴리머 콘크리트 사용 하려고 한다. 폴리머 콘크리트가 방사성폐기물 처분에 적합한지 확인하기 위하여 화학적 내구성 시험 및 생물학적 저항성 시험을 하였다.

폴리머 콘크리트는 1950년대부터 사용되어 왔으며 제작방법에 따라 Polymer Impregnated Concrete (PIC), Polymer-Modified Concrete (PMC) 및 Polymer Concrete (PC) 등으로 분류되며 기존 콘크리트에 비해 물성이 우수하여 여러 분야에 적용되고 있다. PIC는 일본에서 방사성폐기물 처분용기로 상용화되어 사용 중이며, PMC는 전자재 분야에서 유지, 보강재로 주로 사용되고 있다. PC도 전자재 유지, 보강재 및 구조물, 단일 제품으로도 상용화중이며 성능대비 경제성이 우수하다. PC는 일반적인 몰타르나 콘크리트에서 수화시멘트 결합체를 완전히 고분자 결합체로 대체, 골재와의 우수한 결합력으로 콘크리트의 기존 물성을 크게 향상시키고 기존 콘크리트 중량의 1/3 이하까지 제작이 가능하다.

화학적 내구성 시험에서는 방사성폐기물 내에서 발생하는 화학물질이나 폐기물 저장소 주위 환경에서 유출되는 화학물질에 대한 고건전성용기의 저항성을 평가하였다. 이를 위하여 지름 7.5 cm, 길이 15 cm인 원통형 시편과 각 변이 6 cm인 정방형 고건전성 용기 시편을 화학물질에 일정 시간 노출시킨 후 시편의 압축강도의 변화와 중량변화를 측정하여 화학적 저항성을 확인하였다. 시험에 사용한 화학물질은 수용액 형태의 H₂SO₄, NaOH(pH 13.5), HCl, Citric Acid와 EDTA 등을 표 1과 같이 사용하였다. 실험방법은 각각의 화학 용액에 원통형 시료 3 개와 5 개씩 정방형 시편을 담고 6 주간 보관한 후 시험평가항목인 압축강도와 중량변화를 측정하였다. 6 주간 시험 중 용액 pH의 변화는 없었고 화학 용액별로 정방형 시편 압축강도 변화량과 중량 변화량을 표 2 및 그림 1과 같이 확인할 수 있었다.

생물학적 저항성 시험은 미국의 ASTM G21에 의하여 수행하였다. 균주로는 *Aspergillus niger*, *Penicillium pinophilum*, *Chaetomium globosum*, *Gliosidium virens*, *Aureobasidium pullulans*를 사용하여 4주후 균사의 발육여부를 확인하였다.

표 1. 화학저항성 시험 항목 및 항목별 용액조건

항 목	용액조건	비 고
pH 저항도	2% H ₂ SO ₄ (pH 0.4)	NRC Technical Position 제시값 pH 4~11
	2% NaOH (pH 13.5)	
	2% HCl (pH 0.55)	
폐기물 유출 화학물질	10% EDTA	ASTM C114*
	10% Citric Acid	

* EDTA 1.00 kg을 용해하기 위해 증류수 10 L와 NaOH 53 g을 사용함.

표 2. 화학저항성 시험 항목별 시험 결과

항 목	용액조건	평균압축강도변화률(%)	평균중량변화률(%)
pH 저항도	2% H ₂ SO ₄ (pH 0.4)	- 5.5	- 0.15
	2% NaOH (pH 13.5)	- 0.3	- 0.08
	2% HCl (pH 0.55)	0.8	- 0.60
폐기물 유출 화학물질	10% EDTA	- 0.6	- 0.81
	10% Citric Acid	- 5.5	- 0.71

생물학적 저항성 시험 판독 결과는 4주간 시험편의 접종한 부분에 균사의 발육이 인지되지 않았음을 표 3 및 그림 2와 같이 확인할 수 있었다.

6 주간의 화학적 저항성 시험에서 최대 압축강도가 5.5% 떨어지고 생물학적 저항성 시험에서는 곰팡이 발생이 없음을 확인하였다. 이와 같은 결과로 두 부분에 대해서는 방사성폐기물 처분용 고건전성 용기 소재로 적절함을 확인하였다.

표 3. 생물학적 저항성 시험 항목 및 시험결과

시험항목	항곰팡이 시험			
	배양시험기간			
	1 주후	2 주후	3 주후	4 주후
시험결과	0*	0	0	0
시험방법	ASTM G-21			

* 균사의 발육이 인지되지 않았음을 표시함.

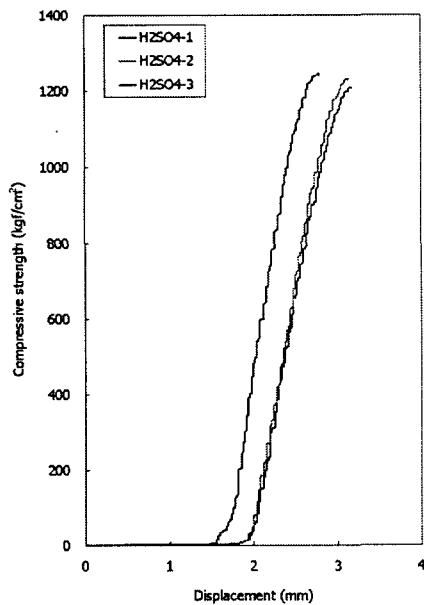


그림 1. 황산에 대한 화학적 내구성 시험결과.

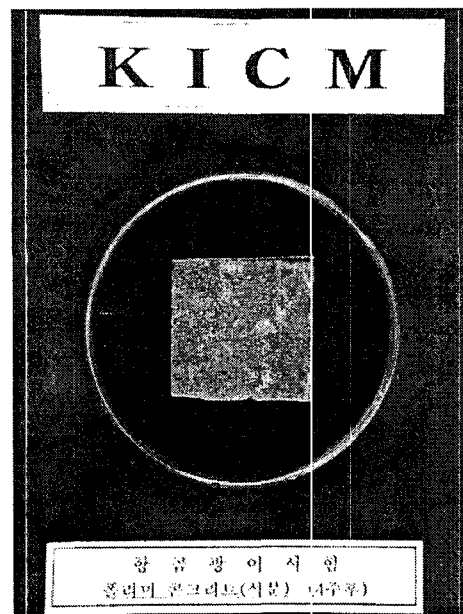


그림 2. 생물학적 저항성 시험 결과.