

방사성폐기물 처분용 고건전성 용기 개발을 위한 소재의 화학적저항성 시험

전종선, 박상규, 김태현, 김재원*, 이재민
 (주)에네시스, 대전광역시 유성구 구암동 328번지
 *(주)계림폴리콘, 충남 부여군 임천면 군사리 516
nunkiis@gmail.co.kr

1. 서론

방사성폐기물의 안정적이고 장기적인 처분을 위한 고건전성 용기 개발에 폴리머 콘크리트 사용했다. 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. 폴리머 콘크리트도 전자재 유지, 보강재 및 구조물, 단일 제품으로도 상용화중이며 성능대비 경제성이 우수하다. 폴리머 콘크리트는 일반적인 시멘트 콘크리트에서 수화시멘트 결합체를 고분자 결합체로 대체하여 제작하며 골재와의 우수한 결합력으로 기존 시멘트 콘크리트의 기존 물성보다 크게 향상시켜 같은 물성으로 제작시 기존 콘크리트 중량의 1/3 이하만 사용하여 제작이 가능하다. 이러한 물리적 특성을 가지는 폴리머 콘크리트가 방사성폐기물 처분에 적합한지 확인하기 위하여 보관온도별 화학적저항성 시험을 수행했다.

2. 본론

방사성폐기물 내에서 발생 가능성이 있는 화학물질이나 폐기물 저장소 주위 환경에서 유출 가능성이 있는 화학물질 중 NRC Technical Position에 제시한 물질과 ASTM C114에 언급된 내용을 참고하여 10% Citric Acid, 10% EDTA, 2% HCl, 2% H₂SO₄, 2% NaOH 가 포함되어 있는 용액을 선택 및 제조하여 화학적 저항성 시험 용액에 사용했다. 6 주간 보관하여 압축강도 변화 및 중량변화를 평가했다. 일정한 온도를 유지하기 위하여 30 L 용량의 항온조를 사용하여 각각의 시험조건에 따라 30℃±5℃, 40℃±5℃, 50℃±5℃ 및 60℃±5℃를 유지했다. 화학적 저항성 시험에 필요한 공시체는 각 변이 6 cm인 시편을 사용했다.

공시체를 넣고 6 주간 보관하고 시험종료 후 공시체를 건조시킨 후 시험평가항목인 압축강도와 중량변화를 확인했다. 6 주간 시험 중 용액 pH의 변화는 없었고 화학 용액별로 정방형 시편 압축강도 변화량과 중량 변화율을 확인했다. 6 주간의 화학적 저항성 시험에서 중량변화는 거의 없었으며 압축강도 변화율은 기존 강도에 비해 55.4%에서 91.1% 정도의 강도가 유지되었으며 2% NaOH 용액 중에서 고온에 침지된 시편은 압축강도에 많은 영향을 받았다.

표 1. 화학적저항성 시험 조건

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 1.0 kg을 용해하기 위해 증류수 10 L와 NaOH 53 g을 사용함.

표 2. 보관온도별 화학적저항성 시험 종료후 공시체 압축강도 변화

	30°C (kgf/cm ²)	40°C (kgf/cm ²)	50°C (kgf/cm ²)	60°C (kgf/cm ²)
10% Citric acid	1475.7	1480.6	1456.4	1442.2
10% EDTA	1575.4	1539.6	1450.5	1415.6
2% HCl	1575.6	1597.2	1469.6	1345.9
2% H ₂ SO ₄	1560.2	1557.2	1511.2	1403.3
2% NaOH	1590.5	1515.6	1133.1	971.3

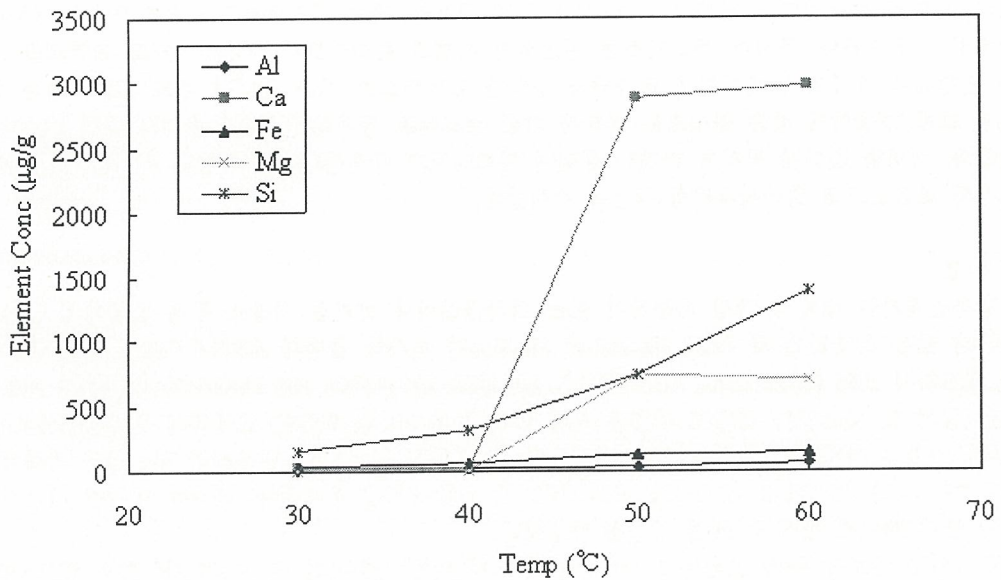


그림 1. 2% HCl 용액에 온도별로 6 주간 침지 후 HCl 용액에 침출된 공시체의 성분 원소량.

3. 결론

화학적저항성 6 주간 시험 종료 후 공시체가 담긴 화학 용액의 주요 원소를 측정하여 공시체에서 침출된 원소량을 확인했다. 10% Citric Acid, 10% EDTA, 2% HCl 과 2% H₂SO₄ 용액들은 Ca, Si 와 Mg 순으로 많이 침출되었다. 2% NaOH 용액에 담겨진 공시체에서는 다른 원소들은 침출되지 않았으나 Si 원소만 많이 검출되었다. NaOH를 제외한 용액들은 콘크리트의 CaOH와 SiO₂ 성분들에 영향을 주었으나 물성에 큰 영향을 주지는 않았다. 고온의 NaOH 용액은 콘크리트의 SiO₂ 성분만 침해하여 구조적인 압축강도 등에 심각한 영향을 주는 것을 확인했다.