

방사성폐기물 처분용 고건전성 용기 소재의 방사선 안정성 평가

전종선, 박상규, 이수홍, 민병윤*, 이재민
 (주)에네시스, 대전광역시 유성구 구암동 328번지
 *(주)계림폴리콘, 충남 부여군 임천면 군사리 516
nunkiis@gmail.com

1. 서론

방사성폐기물의 안정적이고 장기적인 처분을 위한 고건전성 용기 개발에 폴리머 콘크리트를 사용하였다. 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 조사선량별 방사선저항성 시험을 수행하였다. 방사성폐기물 저장용기는 폐기물 처분기간 동안 지속적인 방사선 조사를 받게 된다. 방사선에 의한 골재 및 폴리머의 열화과정이 저장용기에 미치는 특성 영향평가와 방사선에 의한 물질의 반응이 저장용기로서의 특성에 어떠한 영향을 미치는가를 확인하였다.

2. 본론

중저준위폐기물 고화체가 처분장에서 관리하는 기간인 약 300년간 자체 조사되는 누적선량을 미국의 경우 1×10^6 Gy, 프랑스의 경우 1×10^5 Gy 로 평가하고 있다. 이러한 누적피폭선량을 받더라도 고화체는 구조적 안전성을 유지하여야 한다.

가. 폴리머 콘크리트의 방사선 저항성 기초시험

고건전성 용기의 방사선 저항성 시험하기 위하여 조사선량을 100 Mrad 로 설정하여 압축강도의 변화, 중량 변화를 관찰하였다. 미국 NRC의 규정치인 100 Mrad와 시편 제작시 평가자료, 그리고 연구 소요 기간을 고려하여 100 Mrad로 정하여 원형 공시체를 3단 적재하여 조사하였다. 방사선 조사는 한국원자력연구원 정읍방사선연구원에 의뢰하여 수행하였다. 조사 후 압축강도를 측정하고 기존 공시체에 비교하여 압축강도가 1.5% 가량 감소하였다. 압축강도의 미비한 변화는 확인하였지만 압축강도 성능이 기준 이상임을 확인하였다.

나. 폴리머 콘크리트의 방사선량별 방사선 저항성 열화시험

고건전성 용기의 방사선 저항성에 의한 단계별 열화시험하기 위하여 조사선량을 0, 50, 100, 150 및 200 Mrad 까지 단계별로 조사하여 압축강도의 변화, 중량 변화를 확인하였다. 정읍방사선연구원에서 그림 1과 같이 원형 및 사각 공시체를 3단 적재 후 345,010 Ci의 Co-60 선원을 사용하여 아래 표 1과 같은 조건으로 일정량을 조사하였다. 조사 후 압축강도를 측정하고 기존 공시체에 비교하여 압축강도 및 특성변화를 확인하였다. 기존 공시체와의 압축강도 차이는 최대 9% 이내를 보이며 조사선량의 변화와는 무관하게 압축강도가 유지됨을 확인하였다.

표 1. 폴리머 콘크리트 공시체에 조사한 방사선량 비교

조사선량	50 Mrad	100 Mrad	150 Mrad	200 Mrad
조사시험온도	25.2℃	25.5℃	25.3℃	25.2℃
조사선량율	1.62 Mrad/hr	1.62 Mrad/hr	1.62 Mrad/hr	1.62 Mrad/hr
조사시간	30.9 hr	61.7 hr	92.6 hr	123.6 hr

표 2. 방사선 조사시편에 대한 압축시험 결과

조사선량	길이 (mm)	평균압축강도 (kg/cm ²)
50 Mrad	145	1348.36
100 Mrad	146	1376.13
150 Mrad	147	1491.27
200 Mrad	145	1288.45

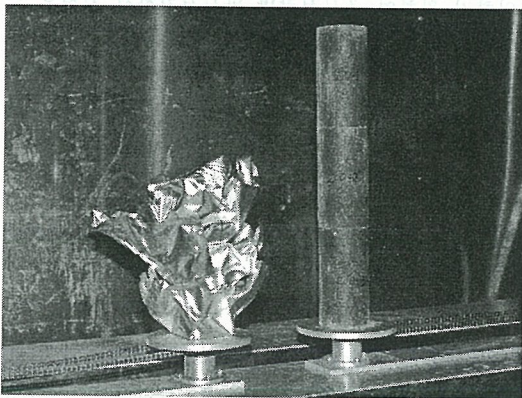


그림 1. 폴리머 콘크리트 공시체에 조사선량별 방사선 조사시험.

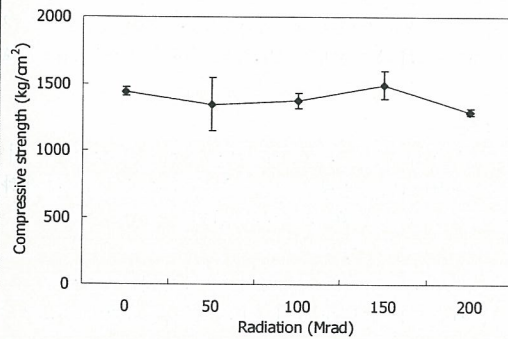


그림 2. 다양한 조사선량에 노출된 공시체의 압축강도.

3. 결론

방사선 조사시험 후 압축강도 및 무게 변화를 확인하여 폴리머콘크리트가 고건전성용기 재료로서 적합성을 확인하였다. 더불어 처분시설 관리기간 이후 폴리머 콘크리트에 추가되는 피폭선량은 처분기간에 비해 급격히 줄어들 것이다. 수차례 지나온 반감기로 인해서 처분초기 방사선량에 비하면 피폭선량은 1/10 수준으로 감소하기 때문이다. 200 Mrad에 피폭되어도 구조적인 안전성이 확인된 폴리머 콘크리트에 방사선량이 초기에 비해 1/10 가까이 감소된(300년 동안) 방사성폐기물의 처분시설 관리기간 이후 보관도 가능함을 확인하였고 방사선이 폴리머 콘크리트의 구조적안전성에 영향이 미비함을 확인하였다.