

초음파를 이용한 압축강도 측정용 폐수지 시멘트고화체 시편제조

김학수, 정성환, 맹성준

한수원(주) 중앙연구원, 대전광역시 유성대로 1312번길 70

hskim007@khnp.co.kr

1. 서론

원전 부지내에 임시저장하여 관리하고 있는 방사성폐기물 고화드럼을 영구 처분장으로 처분 의뢰하기 위해 물리·화학적 특성 등의 처분인수기준을 만족시켜야 한다. 고화체의 압축강도는 사전에 수립된 고화공정 프로그램에 따라 고화체를 생성하여 압축강도 요건을 입증하거나, 파괴분석을 통해 확인할 수 있다. 그러나 후자의 방법은 피폭량과 비용이 높고, 시간이 많이 걸린다는 점을 고려할 때 매우 비현실적인 방법이다. 따라서 이런 문제를 해결하기 위해 초음파를 이용한 압축강도 측정방법이 효과적이며, 일본 원전에서는 동 방법을 활용하고 있다. 처분인수기준은 시멘트 등과 같은 경질고화체의 압축강도값으로 3.44 MPa(500 psig) 이상을 요구하고 있다. 본 논문에서는 초음파를 이용한 고화체 압축강도 측정상관관계식을 도출하기 위하여 처분인수기준의 90%인 3 MPa부터 일반 시멘트의 압축강도인 30MPa에 해당하는 폐수지시멘트고화체 시편을 제조하고 검증하였다.

2. 본론

2.1 폐수지고화체 시편의 재료

본 실험에 사용된 고화용 재료는 1989년 한국전력공사 기술연구원에서 수행한 “방사성폐기물 고화공정 프로그램 개발”에서 제시한 배합조건과 배합비를 참조하였다. 이온교환수지를 고화하기 위해 사용된 시멘트는 KS L5201규정에 만족하는 국내 A사의 보통 포틀랜드 시멘트(밀도 3.15 t/m³, 분말도 약 3,000 cm²/g)를 사용하였으며 소석회로서는 CaO 함량이 90% 이상인 1급 소석회를 사용하였다. 이온교환수지는 Styrene과 Divinyl-benzene의 공중합체로 되어 있는 수지를 사용하였다. 이온교환수지는 약 50%의 함유율을 가지고 있고 수지 내부에 존재하는 수분은 시멘트 경화에 영향을 미치지 않지만 수지입자와 입자사이의 공극부피에 해당하는 수분은 시멘트 경화에 영향을 주

기 때문에 수지 입자 주변에 정전기적으로 둘러싸인 수분이 없고 단지 수지 내부에만 수지가 존재하는 상태로 사용하였다. 또한 다양한 강도를 갖는 모의시편을 제조하기 위해서 매트릭스 내부에 공극의 도입을 목적으로 AE(Air Entraining Agent)를 사용하였으며 AE제는 음이온성 계면활성제를 주성분으로 하는 콘크리트용 공기연행제를 사용하였다.

2.2 폐수지고화체 시편 제조 방법

시편제작은 “방사성폐기물 고화공정 프로그램 개발”보고서에서 제시한 최적 배합비에 따라 W/B는 35%, 수지함입율은 17.9%로 고정된 후 목표강도를 제작하기 위해 AE제를 투입해 고속으로 섞어 제조하였다. 제조된 시편체는 Ø 100 × 200 mm 실린더 몰드에 타설하여 성형하였으며 항온항습실(20 ± 1℃, RH 60 ± 5%) 내에서 기건양생하였다. 이온교환수지는 물과 접촉 시 팽윤되는 특성이 있기 때문에 균열과 함께 방사성 물질이 누출될 수 있고 또한 시멘트 경화체의 건조수축에 의해 균열이 발생할 수 있기 때문에 밀봉하여 외기와 차단한 상태로 양생하였다. 다양한 목표압축강도값을 얻기 위해 필요한 AE제 첨가율을 포함한 실험 배합표는 표 1과 같다.

Table 1. 실험 배합표.

시편 번호	수지 함입율 (%)	W/B (%)	목표 강도 (Mpa)	AE제 첨가율 (%)	단위 수량 (Kg/m ³)	단위 용적 (l/m ³)			단위 중량 (Kg/m ³)		
						시멘트	소석회	수지	시멘트	소석회	수지
1	17.9	35	30.0	0.011	372	306	41	281	960	97	312
2			25.0	0.028							
3			20.0	0.074							
4			15.0	0.197							
5			10.0	0.523							
6			7.5	0.853							
7			5.0	1.390							
8			3.0	2.054							

2.3 폐수지고화체 시편 압축강도 측정 결과

일반적으로 시멘트의 압축강도는 시험체의 단

위용적질량에 지배적으로 영향을 받게 된다. 사용 재료 및 배합조건이 같은 경우 단위용적질량이 낮을수록 시험체 내부에 공극이 증가하여(그림 1) 압축강도는 감소하게 된다.

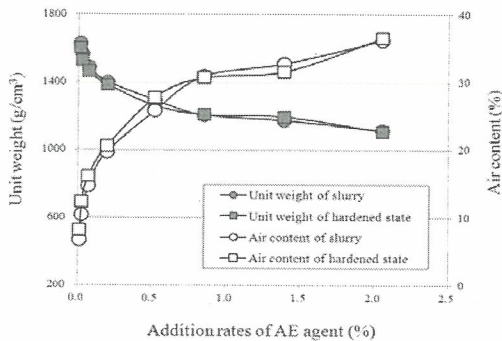


Fig. 1. AE제 첨가율에 따른 단위용적질량 및 공기량 변화.

각 시험체의 압축강도는 단위용적질량과 동일한 추세로 감소하였으나 28일 추정값은 5MPa 전후의 저압축강도 시험체에 대해서는 목표강도값을 만족시키지 못하였다. 이는 AE제의 공극 도입 효과에 차이가 나타난 것으로 판단되었다.

목표압축강도값 3과 5MPa에 대해 각각 단위용적질량을 늘리고 AE제를 각각 2.284%와 3.283%로 하여 재제작한 후 재령 28일에서 측정된 결과 원하는 목표강도값을 얻을 수 있었으며 그림 2와 같다.

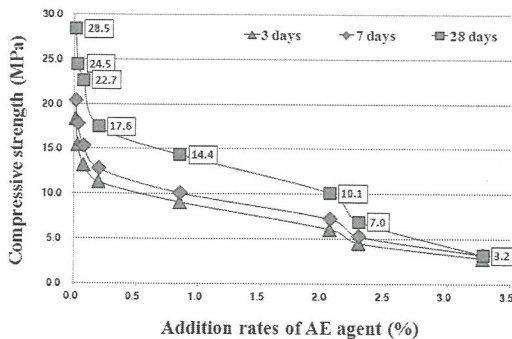


Fig. 2. 압축강도 측정 결과.

2.4 고화체 시편의 압축강도 측정

일반적으로 시편의 편차는 목표값의 10% 이내이면 만족된 것으로 판단한다. 각각의 시험체에 대해 3개의 시편을 만들어 공인기관을 통해 압축강도를 측정하였다. 본 실험에서 설정한 목표 압

축강도값을 얻기 위해 표 1에 따라 제작한 시편의 측정값은 그림 3에서 보듯이 거의 유사한 값을 지시하고 있음을 알 수 있었다.

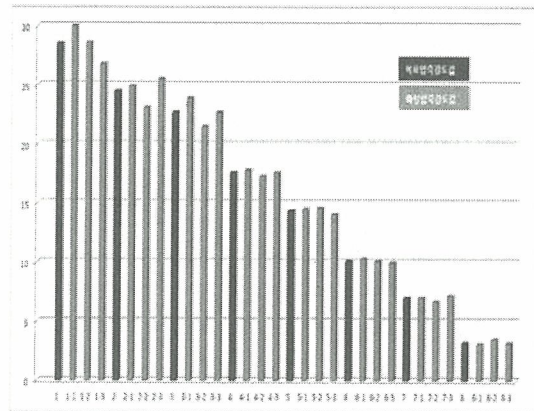


Fig. 3. 고화체 압축강도 목표치대 실측치.

3. 결론

기존 폐수지고화체드럼 생성당시와 동일한 배합조건 및 배합비를 이용하여 압축강도 측정용 시편을 제작하였다. 제작된 시편에 대한 압축강도 측정 결과는 목표압축강도값에 유사한 값을 지시하고 있음을 확인하였다. 본 논문에서 제시한 제작방법을 이용한다면 다양한 압축강도를 갖는 폐수지고화시편을 제작할 수 있을 것으로 판단되며, 비파괴분석의 하나인 초음파측정기술을 이용한 압축강도 측정기술을 개발하는데 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

4. 감사의 글

시편제작에 도움을 주신 공주대학교 김진만 교수님께 감사의 말씀을 드립니다.

5. 참고문헌

- [1] 정지용 등, 기포제 종류 및 사용방법에 따른 기포콘크리트의 특성, 공주대학교, 2012.
- [2] 한국수력원자력(주), 중·저준위 방폐물의 처분인수기준 적합성 확보방안 연구, 최종보고서, 2012.
- [3] 한국방사성폐기물관리공단, 중·저준위 방사성폐기물처분시설 안전성분석보고서, 2009.
- [4] 한국전력공사 전력연구원, 방사성폐기물 고화공정 프로그램 개발, 연구보고서, 1989.