

비파괴검사를 통한 유리고화체의 건전성 평가 연구

한아름*, 이기락, 박환서

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*har0724@kaeri.re.kr

1. 서론

국내에서는 기존의 다양한 방사성 폐기물들이 발생하고 있으며, 특히 원전내에 보관되어 있는 사용 후 핵연료를 안전하고 핵비확산성 원칙에 따라 처리하기 위한 파이로 건식처리 공정이 개발되고 있다. 폐기물들을 처리하기 위한 여러 연구들이 진행되고 있는데, 높은 위해도를 가진 고방사성 고화체에 대해서는 보다 높은 수준의 건전성이 요구된다. 향후 제작된 유리고화체에 대해서는 다양한 성능평가가 이루어지며 이를 통해 건전성이 입증된 경우에 한해 처분장에 저장할 수 있다. 안전한 고화체의 제조 뿐만 아니라 제조된 고화체에 대한 품질검사 및 제어할 수 있는 기법개발이 필요한 실정이다. 또한 유리고화체 제작 연구에 있어 내부에 기공과 균열이 형성되는 등 defect가 형성되는 문제점이 있는데 이러한 현상은 고화체의 내구성을 떨어뜨리는 중요한 요인으로, 처분 안전성에 큰 영향을 미치게 된다. 이와 같은 문제점을 처분 전에 방지하고자 비파괴분석으로 확인하는 연구를 수행하고자 한다. 비접촉식 평가법을 사용할 경우 2차 오염 방지 등의 장점이 존재한다.

본 연구에서는 방사성 폐기물 고화체를 최종 처분 시 고화체의 건전성 평가를 위하여 진동 및 파형 분석을 통하여 비파괴 검사 방법으로 적용될 수 있는 모니터링 시스템을 개발하고자 한다.

2. 본론

2.1 실험방법

다양한 형상별 유리고화체를 제조하기 위해 중형급 직경 8 cm, 높이 8 cm급 고화체를 제작하였다. 고화체 내 균열 및 기포 등의 현상을 구현하기 위해 동일한 조성의 유리고화체를 총 6종(양품 3종, 불량 3종)을 제작하였다. 시료는 시료 A,B,C,D,E,F로 약칭하였다. 양질의 고화체의 경우, Vogel tamman fulcher model의 조성을 활용하여 예상된 용융온도보다 높은 1300°C에서 열처리를 하였다. 하지만 기포가 많은 경우, 균열이 형성된 고화체의 경우에

는 열처리 온도, quenching, 급냉 등의 실험방법을 변화시켜 제작하였다. 또한 제작된 6종의 고화체를 활용한 다양한 측정을 위해 8개의 case로 분류하여 실험을 진행하였다.

2.2 실험결과

먼저 제작된 유리고화체의 경우, 형상을 유지하면서도 일정한 defect를 형성하는 고화체를 보여주고 있다. 제작된 고화체의 모습은 Fig. 1에 나타내었다. 양품은 A, E, F으로 균열 및 기포가 나타나지 않았으며, 불량품은 B, C, D로 균열 및 기포가 포함된 것으로 나타났다.

Fig. 2는 8개의 case들에 대한 실험조건을 나타낸 것이다. 먼저 Case 1은 시료에 따른 탁월주파수는 임팩트 지점 및 센서 부착위치에 따라 다른 것으로 나타났다. Case 2와 Case 5는 같은 Speaker를 이용한 실험으로써, 탁월주파수가 재현성을 나타내기엔 어려움이 있었다. Case 3은 임팩트 지점에 가하는 힘에 따라 가속도 크기가 차이가 나지만 주파수는 동일하게 측정되는 것을 확인 할 수 있다. Case 4와 Case 7은 시료 A, D, E, F는 재현성이 매우 뛰어났으며, B와 C는 몇 개의 주파수들이 차이가 나는 것을 확인 할 수 있다. Case 6은 양품 A와 E는 동일한 반경에 있는 지점들은 동일한 탁월주파수가 측정되었지만 불량품 C의 경우는 부분마다 다른 주파수 성분이 측정되었다.

특히 Case 7의 경우, P10지점에 대한 센서 3개의 응답을 비교할 수 있었다. 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 시료 A와 E는 센서 3개에서 측정된 탁월주파수가 동일하게 측정되는 반면, 시료 B는 각각 다르게 측정이 되었다. 시료 C의 경우 센서 3개에서 유사하게 측정 되었지만 시료 A와 E가 탁월주파수가 확연하게 구분되는 결과를 보였다. Table 1에서 보는바와 같이 양품 A, E는 3개의 센서에서 측정된 값이 최대 2개 불일치 하지만 불량품 B, C는 4개가 불일치하였다. 양품 A와 E는 임팩트 지점 P10에서 측정된 값들이 모든 지점에서 유사하게 나타났지만 불량품 B와 C는 임팩트 지점별로 많이 차이가 나타났다.

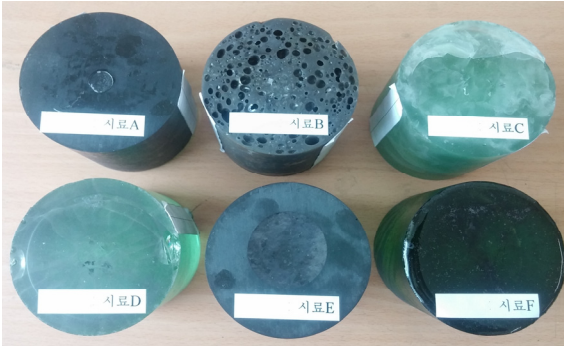


Fig. 1. Image of vitrification product.

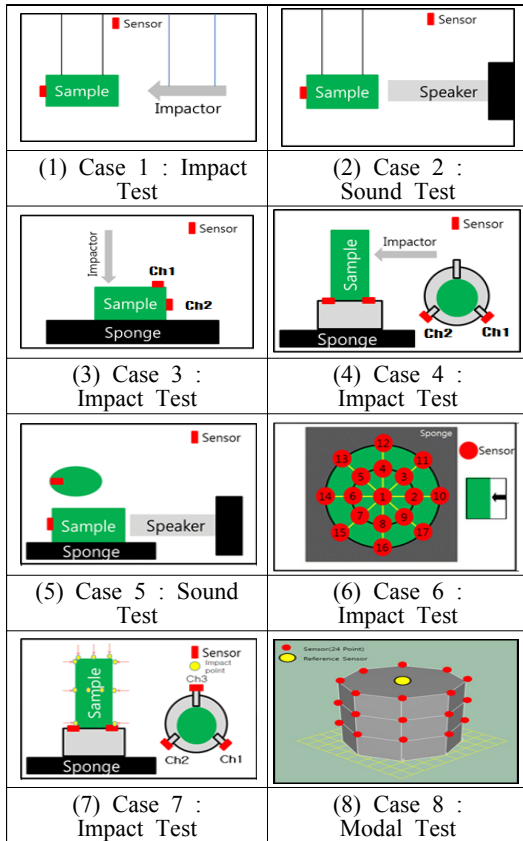


Fig. 2. Test condition of 8 cases.

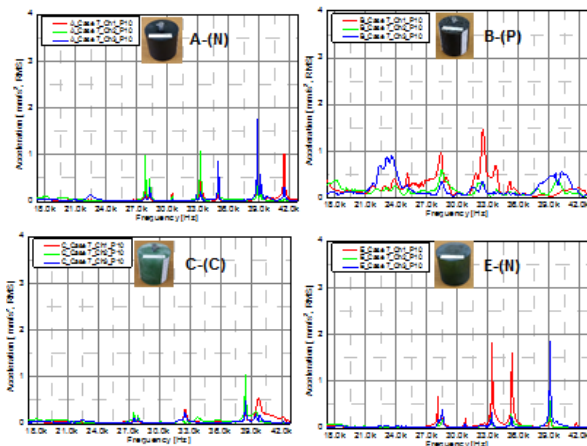


Fig. 3. Compare to reaction by p10(case 7).

Table 1. Compare to predominant frequency of P10(Case 7)

시료	P10 지점의 탁월 주파수 kHz										
A	Ch1	-	27.8	28.3	30.5	32.9	33.3	35.0	38.9	39.2	41.5
	Ch2	-	27.8	28.3	30.5	32.9	33.3	35.0	38.9	39.2	41.5
	Ch3	22.5	27.8	28.3	30.5	32.9	33.3	35.0	38.9	39.2	41.5
B	Ch1	23.8	25.1	28.4	28.9	31.8		32.5	33.8	35.2	-
	Ch2	28.4						-	32.4	33.8	37.8 39.8
C	Ch1	-	27.5	-	30.0	32.5	-	-	38.4	39.7	42.1
	Ch2	-	27.5	27.9	30.0	32.0	33.8	-	38.4	39.4	-
	Ch3	22.4	27.5	27.9	-	32.5	-	-	38.4	39.4	39.8
E	Ch1	-	28.1	28.6	30.8	-	33.4	35.4	39.1	-	41.7
	Ch2	-	28.1	28.5	30.8	-	33.3	35.3	39.1	-	-
	Ch3	-	28.1	28.5	30.8	-	33.4	35.3	39.1	39.7	-

3. 결론

본 연구에서는 음파를 활용한 고화체 평가법 가능성을 평가하고자 하였다. 진동평가를 이용하여 양품과 불량품을 구분할 수 있는 측정방법은 Case 7과 Case 4를 이용하는 것이었다. 두 가지 이 방법들은 시료를 Chuck에 고정시키고 센서를 시료가 아닌 Chuck에 고정시키기 때문에 센서 부착의 편의성뿐만 아니라 일관성을 유지할 수 있는 방법으로 여겨진다. 추후 더 많은 시료에 대한 평가를 수행하여 통계적처리가 필요한 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

[1] I. -K. Park, S. -C. Kang, "Maintenance of Power Plant Facilities and Nondestructive Inspection (II) - Nuclear Power Plant", Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing, Vol. 24, No. 4, (2004).

[2] Hwan-Young Kim, Hwan-Seo Park, Kweon-Ho Kang, Byung-gil Ahn and In-Tae Kim, "A Study on Wasteform Properties of Spent Salt Treated with Zeolite and SAP," Journal of the Korean Radioactive Waste Society, 8(2), pp. 99-105 (2010).