

원자로 용기 해체를 위한 최적 절삭 및 수납 방법

강신영*, 최병선, 정관성, 현동준, 이종환, 김익준, 김근호, 문제권
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
*kangsy@kaeri.re.kr

1. 서론

원자로압력용기 중 가장 큰 부피를 차지하는 것은 원자로 용기이다. 원자로 용기는 고방사화로 인해 고준위 폐기물로 분류되며, 크기가 크고 무거워서 오염제거 및 해체가 쉽지 않다.

본 연구에서는 제염되지 않은 원자로 용기에 대하여 최적 절삭 후 컨테이너에 수납 방법을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 원자로 용기

원자로 용기는 지름 4.3 m, 높이 9 m 두께는 약 0.5 m로 되어 있으며 상단, 중단, 하단부로 구별할 수 있다. Fig. 1은 원자로 용기 디지털 모델 및 절단 후 용기모형을 나타내고 있다.

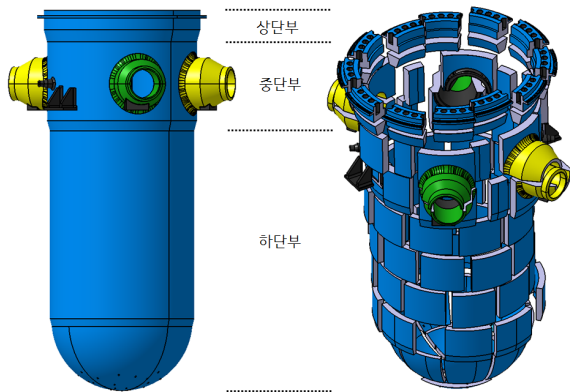


Fig. 1. Reactor vessel model.

2.2 수납 컨테이너

원자로 용기를 절단 후 수납에 사용되는 용기는 Konrad Container 03이며, 저준위 폐기물 보관용으로 제작되었다. 하지만 원자로 용기의 경우, 고준위 폐기물로 분류되어 Konrad container에 바로 사용할 수 없다. 따라서 컨테이너에 차폐물을 추가하여 사용할 수 있다[1].

제염되지 않은 원자로 용기에 표면선량을 알아보기 위해 200 l드럼에 수납 가능한 크기로 원자로

용기를 절삭 후 수납한다. 그리고 표면선량을 측정하면 6.46 Sv/hr로 계산된다. 원자력안전위원회의 고시에 의하면, 운송선박의 표면선량율은 용기 표면 상부 1cm 위치에서 2 mSv/hr 이하로 유지하도록 규정하고 있다. 6.46 Sv/hr은 고시 기준에 비항 약 3,000 배 높은 수치를 나타낸다. 따라서 콘크리트 두께를 15 ~ 25 cm 범위에서 두께를 변화시키며 표면선량을 계산하였다. 두께가 19.2 cm 일 때 표면선량율이 1.971 mSv/hr로 계산되었다[2].

따라서 Konrad container 내부에 차폐물을 20 cm 추가하였다. 또한 절단 폐기물에 움직임을 고정하기 위해 절단 모양에 맞게 지그를 설계하였다. Fig. 2는 지그 및 차폐물을 추가하여 컨테이너를 디지털 모델로 나타내고 있다.

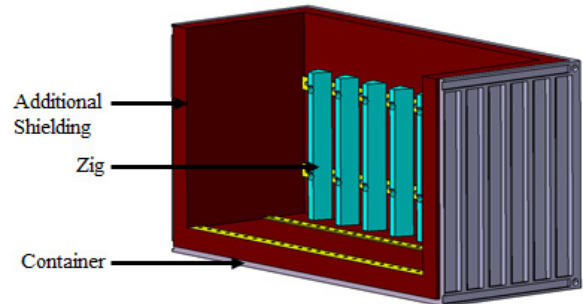


Fig. 2. Container configuration.

2.3 원자로 용기 절삭 및 수납

원자로 용기 절삭 방법으로는 컨테이너에 폭과 높이를 고려해야 한다. 따라서 원자로 용기를 컨테이너 폭에 맞게 부채꼴 모양으로 절삭 후 수납하였다. Fig. 3은 원자로 용기를 절삭 후 수납하는 방법을 보여주고 있다.

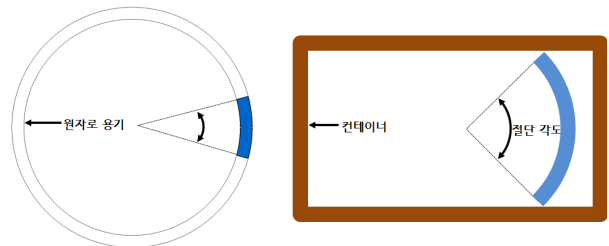


Fig. 3. Cutting Angle.

2.3.1 가정

절삭 후 수납 방법을 알기 위해서 2 가지 가정을 하였다.

- 수납된 폐기물 사이에 틈은 고려하지 않음
- 절단 오차를 고려하지 않음

2.3.2 상단부

상단부를 절삭한 결과 30°로 24 조각이 생성되었으며, 3 개의 컨테이너에 수납할 수 있었다. Fig. 4은 컨테이너에 수납한 용기를 디지털 모델로 나타내었다.

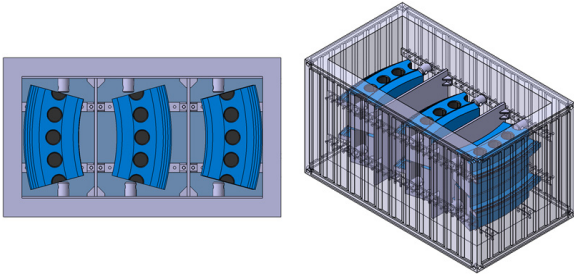


Fig. 4. Top section.

2.3.3 중단부

중단부는 일정한 각도로 절삭하기보다 nozzle 을 최소 절삭하는 방법으로 절삭하였다. 절삭한 결과 30 조각이 생성되었으며, 8 개의 컨테이너에 수납할 수 있었다. Fig. 5은 컨테이너에 수납한 용기를 디지털 모델을 보여준다.

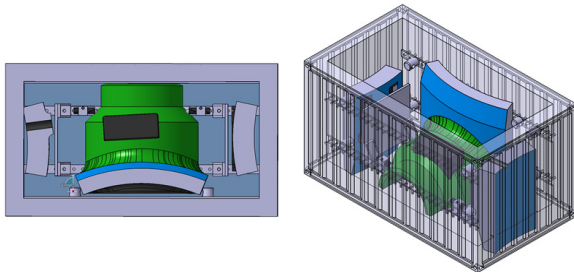


Fig. 5. Middle Section.

2.3.4 하단부

하단부는 절삭 방법은 두 가지로 분류하였다. 하나는 원통부분이고, 다른 하나는 반구부분이다. 원통부분을 절삭한 결과 40°로 48 조각이 생성되었으며, 5 개의 컨테이너에 수납할 수 있었다. Fig. 6은 컨테이너에 수납한 용기를 디지털 모델로 나타내고 있다.

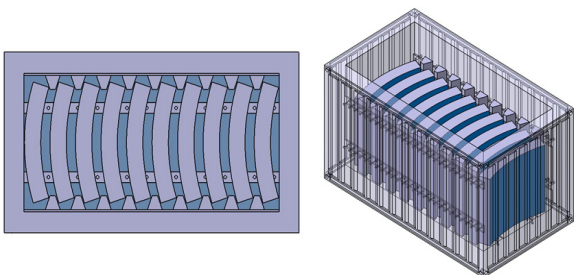


Fig. 6. Bottom Section(Cylinder).

반구 부분을 절삭한 결과 40°와 90°로 14 조각이 생성되었으며, 2 개의 컨테이너에 수납할 수 있었다. Fig. 7은 컨테이너에 수납한 용기를 디지털 모델로 나타내었다.

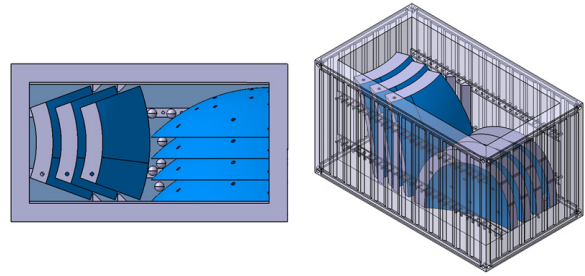


Fig. 7. Bottom Section(hemisphere).

3. 결론

본 연구에서는 제염되지 않은 원자로 용기를 최적 절삭 후 컨테이너에 수납하는 방법을 제시하였다.

본 연구는 원자로 용기를 일정한 각도로 절삭함으로써 작업을 단순화시키며, 컨테이너에 지그를 설치함으로써 운반 시 절단된 용기가 움직이지 않도록 하였다. 따라서 본 연구는 해체 작업의 효율성을 높일 수 있을 뿐만 아니라 안전성을 높일 수 있을 것으로 예상된다.

4. 감사의 글

본 연구는 미래창조과학부의 재원으로 시행하는 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] Ralf oberhauser. Sampling of reactor pressure vessel and core internals. AREVA. 2012.
- [2] 한국원자력연구원. 원전 핵심설비 해체공법 평가기술 개발. 산업통상자원부. 2013.