고리 1호기 원자로 압력용기 절단 처분시 붕괴열 및 수화열을 고려한 안정성 검토

최유정*, 이성철, 하창주, 김창락
한국전력국제원자력대학원대학교, 울산시 울주군 서생면 해맞이로 658번길 91
*supern3@naver.com

1. 서론

원전해체 후 방사성 폐기물 최종 처분 시 추후 처분장의 안정성을 향상하려는 목적으로 방사성 폐기물 처분 용기 내에 콘크리트나 모르타르를 충전하는 것을 고려할 수 있다. 하지만 이 경우, 처분하는 해체 폐기물에서 발생하는 붕괴열과 함께 충전되는 콘크리트나 모르타르에서 수화열이 발생하여 충전하는 콘크리트 자체에 온도균열이 발생하거나, 나아가 최종 처분용기에 영향을 미칠 수 있어 이에 대한 안정성 검토가 필요할 것으로 생각되어진다. 이에 본 연구에서는 고리 1호기 원자로 압력용기 해체 시 붕괴열 및 수화열을 고려한 안정성을 열역학적인 부분에서 검토하였다.

2. 본론

2.1 붕괴열

본 논문에서는 고리 1호기 원자로 압력용기의 붕괴열을 고려하기 위해, ORIGEN 2코드를 사용하여 붕괴열을 계산하였다. 원자로 압력용기에서 발생하는 붕괴열의 경우 원자로 압력용기의 내부면에서 외부면으로 갈수록 중성자 조사에 따른 방사화정도가 달라 붕괴열 값도 다를 것으로 판단하여, 두께 및 시간에 따른 붕괴열을 계산하였다. 시간 및 두께에 따른 붕괴열 값의 변화는 아래의 Fig. 1에 나타내었다.

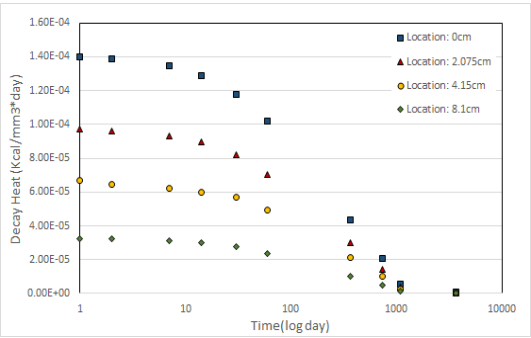

Fig. 1. Decay heat per thickness.

2.2 해석대상 구조 및 모델링

본 연구에서는 고리 1호기 원자로 압력용기 절단처분의 안정성 검토를 위해 원자로 압력용기 내무 구조물을 제외한 원자로 압력용기만을 대상으로 분석하였다. 원자로 압력용기 절단 처분시 포장한 원자로 압력용기 절편한과 최종처분용기 사이의 빈 공간에 모르타르 충전을 가정하였으며, DAINA 9.7을 이용해 3D로 분석하였다. 절단 처분은 Fig. 2에서와 같이 최종처분용기 내에 원자로 압력용기 절편을 포장한 후 모르타르로 충전하는 것을 가정하였다.

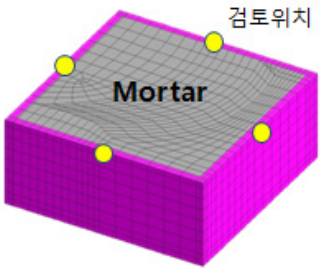

Fig. 2. Modeling of segmentation disposal.

2.3 온도

모르타르 타설 시점에서의 온도는 20℃로 가정하였으며, 원자로 압력용기 절편의 처분 후 모르타르 타설 시점을 기준으로 0 년에서 40 년 까지 충전된 모르타르 외부의 온도 및 최종처분용기의 온도분포를 아래의 그래프로 나타내었다. 폐로 직후 타설하였을 때, 타설 후 약 1.2 일 경과 후에 중앙부에서 모르타르 온도는 최고 120℃에 도달하였다.

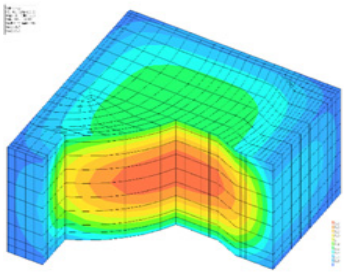

Fig. 3. Temperature variation.

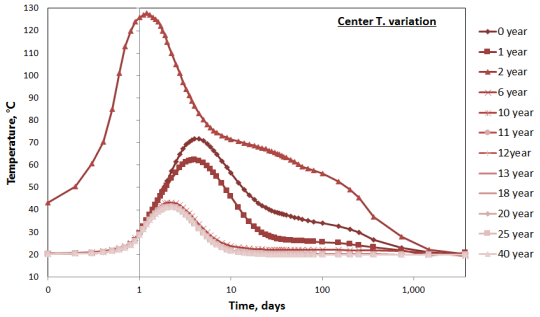

Fig. 4. Temperature variation depending on time of filling mortar (filled mortar).

2.4 응력

원자로 압력용기 절단처분의 충전모르타르와 최종처분용기 응력해석 결과를 각각 그래프로 나타내었다. 충전 모르타르의 경우 폐로 직후 타설하였을 때를 제외하고, 타설 후 약 26 일 경과 후에 모르타르 인장응력은 수렴 값에 근접하는 것을 알 수 있다. 최종처분용기의 경우 폐로 직 후 타설하였을 때, 타설 후 약 1 일 경과 후에 최종처분용기의 인장 응력이 최고값에 도달하였다.

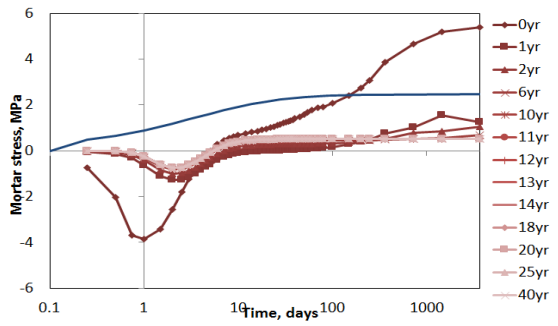

Fig. 5. Stress variation depending on time of filling mortar (filled mortar).

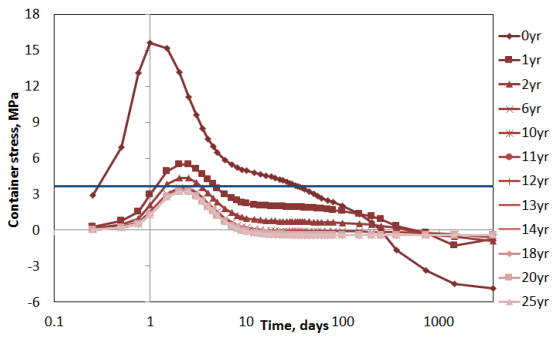

Fig. 6. Stress variation depending on time of filling mortar (disposal container).

최종처분용기의 균열지수 값을 살펴보았을 때, 폐로 직후 타설하였을 때, 타설 후 약 1 일 경과 후부터 6 일까지 최종처분용기의 균열지수 값이 1 이하로 나타났다. 즉, 원자로 압력용기 최종 처분 시 모르타르를 채울 경우 붕괴열 및 수화열에 의해 최종처분용기에 균열이 발생할 가능성이 높은 것으로 나타났다.

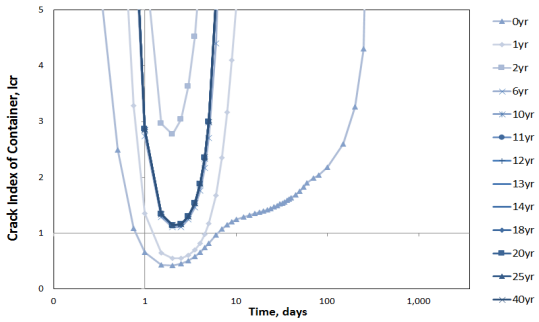

Fig. 7. Crack index variation depending on time of filling mortar.

3. 결론

본 연구에서는 고리 1호기 원자로 압력용기 절단처분 시 최종처분용기의 내부를 모르타르로 충전하는 것을 가정하여 이에 대한 안정성을 해석해보았다. 해석 결과 절단처분 시 충전 모르타르는 균열이 발생하지 않았으나, 최종처분용기에는 모르타르 충전 시점에 따라 균열 발생가능성이 있는 것으로 나나타났다. 본 연구는 원자로 압력용기의 절단해체 시 최종처분용기 안정성 평가에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 감사의 글

본 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국방사선안전재단의 지원을 받아 수행한 원자력안전연구개발사업의 연구결과입니다. (No. 1305009)

5. 참고문헌

[1] Cha, S.W., “Modeling of Hydration Process and Analysis of Thermal and Hydral Stresses in Hardening Concrete”, Ph.D. Dissertation, Seoul National University, Seoul, Korea, 1999, 202.