

원자로 비상 냉각재 누설에 의한 열성층의 비정상 특성에 관한 전산해석적 연구

한성민* (고려대학교 대학원) · 최영돈† (고려대학교 기계공학)
 *고려대학교 기계공학과 대학원, † 고려대학교 기계공학과

Numerical Analysis of Thermal Stratification into Leaking Flow in the Nuclear Power Plant, Emergency Core Coolant System

Seong-Min Han*, Young-Don Choi†

*Graduate school of Mechanical Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

† Department of Mechanical Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

요 약

원자로 냉각재 계통(RCS: Reactor Coolant System) 배관에서 분기되어 있는 비상노심냉각 계통(ECCS: Emergency Core Coolant System) 배관의 수평 부위에는 체크밸브의 마모로 인한 냉각재의 누설 유입으로 열성층이 발생할 수 있다. 열성층의 지속적인 존재와 열교번(thermal cycling)은 냉각계통 배관에 과도한 열응력을 발생시켜 배관 변형 및 열피로 균열(TFC: thermal fatigue crack)을 가져오며 심한 경우 배관 균열로 이어져 원자로 냉각재의 유출 사고를 초래할 수 있다. 따라서 배관 손상의 원인이 되고 있는 열성층에 대한 이론적 연구가 필요하다.

주원관을 흐르는 유동이 갖고 있는 난류운동에너지 중 일부가 분기관 안쪽으로 침투해 들어가는 현상을 시뮬레이션 하였다. 분기관 하단부에서는 비교적 강한 재순환 유동이 발생하는데 이것은 주원관을 흐르는 유동의 빠른 속도와 분기관 내 유동의 느린 속도의 차이로 인하여 발생하는 강제대류다. 한편, 분기관 상단부에는 비교적 약한 재순환 유동이 큰 궤적을 그리는데 상하면의 온도차로 인한 부력에 의해서 발생하는 자연대류로 보인다. 이 두가지의 재순환 유동이 주원관을 흐르는 유동이 갖고 있는 고온의 열에너지를 분기관 상단부까지 전달해주는 역할을 하게 된다.

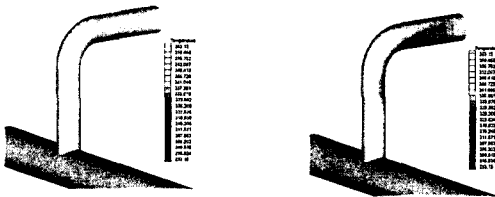


Fig. 1 The contour of temperature in branch piping. (Time = 10s, 50s)

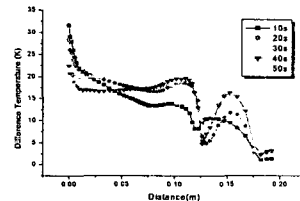


Fig. 2 Variation of maximum wall temperature difference vs. time

Fig. 1, 2는 RSM(Reynolds Stress Model)을 이용한 열성층 현상의 비정상적 특성을 알아보기 위해 전산해석을 한 결과이다. Fig. 1은 10초, 50초에서의 분기관의 온도분포를 나타낸 것이고, Fig. 2는 분기관 상·하면의 온도차를 시간에 따라 나타낸 그래프이다.

본 연구에서는 원자로 냉각재 공급 분기관에서의 누설에 의한 열성층의 비정상 특성을 알아보고자 하였다.