

가압기 밀림관내의 열성층 유동에 대한 수치해석

Numerical Analysis of Thermally Stratified Flow in the Pressurizer Surge Line

조종철, 김윤일, 민복기, 오규명, 최석기

한국원자력안전기술원
대전광역시 유성구 구성동 19

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요약

가압경수로의 가압기 밀림관에 나타나는 열성층 현상은 배관내에 상당한 국소 열응력과 전체 굽힘응력을 야기시키는 것으로 알려져 있어 열성층으로 인한 가압기 밀림관의 건전성 저해 잠재성 평가가 중요한 안전현안의 하나로 다루어져 오고 있다. 열성층으로 인하여 밀림관 벽에 발생하는 응력의 평가결과에 대하여 충분히 높은 신뢰도를 보장하기 위해서는 선행조건으로서 관벽의 온도분포를 가능한 높은 정확도로 구하기는 것이 중요하다. 따라서 본 논문에서는 가압경수로 가압기 밀림관의 열성층 유동과 온도분포를 정확도가 보장되도록 가능한 실제와 가깝게 수치해석적으로 모의할 수 있는 유한체적요소 모형과 해석방법을 제시하였다. 밀림관의 기하학적 형상과 밀림관내 고온 및 저온 유체간의 접촉 경계면이 격자선과 일치시켜 조정될 수 있도록 경계적합 비직교 곡선 좌표계를 이용한 격자생성으로 온도분포장을 미분화하였다. 본 연구에서 제안된 방법의 적용 예로써 전형적인 가압수형 경수로 가압기 밀림관에서의 열성층 유동 및 온도분포 계산을 수행하여 그 대표적인 결과를 제시하였다. 동 방법의 유효성을 입증하기 위하여 이용 가능한 정상상태 해석해와 비교·검토했었다. 또한 유체 경계면의 수위변동이 배관벽에서의 온도분포에 미치는 영향을 조사하였다.

ABSTRACT

Thermal stratification in the pressurizer surge line of pressurized water reactor has been known to cause considerable local thermal stress and global bending stress in the surge line piping, which may consequently threat the integrity of the piping. Thus the assessment of the potential for piping damage due to the thermal stratification-induced stresses has become one of the major safety issues. To obtain reliable results of stress evaluation, it is necessary to determine as accurately and realistically as possible the transient temperature distribution in the wall of the piping in which thermally stratified flow occurs. This paper presents an effective numerical method for simulating the transient behavior of thermally stratified flow and temperature distributions in the pressurizer surge line piping using the finite volume. The method presented in this paper employs a body-fitted, non-orthogonal grid system to accommodate the piping wall of circular geometry and the interface of the two fluids at different temperatures, of which the level is variable. As an illustration, the present method was applied to calculate the thermally stratified flow and temperature distribution in the piping of a typical pressurizer surge line. For verifying the effectiveness of the method, the result was compared with available analytical steady-state solution. In addition, this study investigates the effects of level of the interface between two thermally stratified fluids on the transient temperature distribution in the piping.