

Single-Pass Marching Scheme에 의한 부수로 해석 코드의 수치 해법 안정성 개선

Improvement of the Numerical Stability of a Subchannel Analysis Code by the Single-Pass Marching Scheme

유연중, 황대현

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

Single-pass marching scheme을 사용하여 저압력/저유속 조건에서의 부수로 해석을 수행하였다. 원자로 노심의 열수력적 거동을 분석하는 대부분의 부수로 해석 코드들은 경계치 문제를 초기치 해법을 사용하여 분석하는 multi-pass marching scheme을 사용하고 있다. Multi-pass marching scheme은, 노심 출구에서의 균일한 압력 분포 경계 조건을 만족시키기 위해 노심 입구로부터 출구까지의 계산 과정을 반복 수행함으로써 누적되는 수치 오차로 인하여, 저압력/저유속 조건에서 수치적 불안정성을 야기하는 경우가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 하나의 대안으로서, 모든 축방향 평면에서의 압력 분포가 균일하다는 가정 하에, 각 축방향 평면에서 부수로 간의 횡방향 압력 차이가 충분히 작아질 때까지 축방향 계산 노드 내에서 반복 계산을 하여, 노심 입구로부터 출구까지 단 한번만 진행함으로써 수렴된 수치 해를 구하는 single-pass marching scheme을 부수로 해석 코드 MATRA에 구현하였다. UKAEA의 Winfrith Establishment에서 수행한 CHF 실험에 사용된 저압력 조건들에 대하여 single-pass marching scheme의 수치적 안정성과 예측 성능을 평가하였으며, 그 결과 multi-pass marching scheme의 유동 및 엔탈피 분포에 대한 예측 결과를 근사적으로 잘 예측하고, 또한 수치적으로 보다 안정적인 것으로 나타났다.

Abstract

A subchannel analysis for low-pressure and low-flow conditions was performed by using a single-pass marching scheme. Most of the subchannel analysis codes for analyzing the thermal-hydraulic behavior of the nuclear reactor core use a multi-pass marching scheme, which uses an initial-value solution approach to a boundary-value problem. The multi-pass marching scheme uses the iteration of the axial sweep from the reactor core inlet to exit to satisfy the uniform-pressure boundary condition at the core exit, which results in the accumulation of numerical errors bringing about some numerical instabilities at low-pressure and low-flow conditions. As an alternative method to resolve this problem, the single-pass marching scheme has been implemented into the subchannel analysis code MATRA, which obtains a converged numerical solution through passing from the core inlet to exit only once by the iteration in an axial node until the lateral pressure difference between subchannels at each axial plane is sufficiently small, based on the assumption that the pressure distribution is uniform at all axial planes. The performance of the single-pass marching scheme was assessed for the low-pressure conditions used in the CHF experiments carried out at the Winfrith Establishment of the UKAEA. As the result, it was revealed that the single-pass marching scheme predicted the flow and enthalpy distributions obtained by the multi-pass marching scheme approximately well, and was numerically more stable.