

핵연료봉 프레팅 손상 해석을 위한 접촉 역학의 응용
제 1 편 영향 함수 및 수치 해석 방법

Application of Contact Mechanics for Fretting Damage of Fuel Rod
Part I Influence Functions and Numerical Method

김형규*, 윤경호, 강홍석, 송기남

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

핵연료 봉과 지지격자 스프링 또는 디플과의 접촉면에 발생하는 프레팅 손상을 해석하기 위한 연구로서 제 1편인 본 논문에서는 접촉면 응력을 구할 수 있는 수치 해석 방법을 접촉역학의 이론을 이용하여 개발하였다. 접촉부는 평면 변형율 상태의 이차원 문제로 해석하였으며 접촉 수직 응력장은 헤르쯔 응력으로 가정하였다. 실제 원자로 내에서 진동하는 핵연료 봉에 의한 접촉면 상의 응력 거동을 고려하기 위해 전단 하중의 방향이 핵연료 봉의 축에 수직인 방향과 축 방향으로 순차적인 증가와 감소하는 경우를 모델로 하여 접촉 역학에서의 부분 미끄럼 문제로 해석하였다. 수치 해석을 위해 표면 접촉 영역을 미세 구간으로 나눈 후 각 구간에 이동변 삼각형의 접촉 응력 요소를 고려하여 핵연료 봉의 축에 수직인 방향과 축 방향 각각의 영향 함수를 계산하였으며 미끄럼 구간과 고착 구간에서의 변위 경계 조건을 부여하는 방법을 사용하였다. 이에 따른 수치 해석 프로그램을 개발하였으며 기존의 Mindlin-Cattaneo 문제와 비교하여 그 타당성을 확인하였다.

Abstract

For the analysis of the fretting problem of the fuel rods, present paper(Part I) shows the numerical method developed for evaluating the stresses on the contact surfaces between the fuel rods and the spacer grids. Theory of Contact Mechanics was incorporated. Contact area was regarded as a plane strain condition, so plane problem was taken into consideration. Normal stress profile on the contact surface was assumed to be Hertzian. As for the direction of the shear load, a closed load path, e.g. load increase in transverse increase in axial decrease in transverse decrease in axial increase in transverse increase in axial direction was considered for simulating the rod vibration in a reactor core. Partial slip problem was consulted. As for the numerical method, a triangular traction element was utilized and the corresponding influence functions were evaluated. Numerical program has been implemented for the present analysis, of which the validity was verified by comparing the Mindlin-Cattaneo solution.