

유전자 알고리즘을 이용한 CANDU 압력관의 확률론적 손상역학 평가

고한옥*·장윤석*·최재봉*·김영진†·김흥기**·최영환**

Probabilistic Damage Mechanics Assessment of CANDU Pressure Tube using Genetic Algorithm

Han-Ok Ko*, Yoon-Suk Chang*, Jae-Boong Choi*, Young-Jin Kim†, Hong-Key Kim and Young-Hwan Choi**

Key Words: Failure probability(파손확률), Integrity evaluation(건전성평가), PFM(확률론적 파괴역학), Pressure tube(압력관)

Abstract

As the lifetime of nuclear power plants (NPPs) reaches design life, the probability for fatal accidents increases. Most of accidents are known to be caused by degradation of mechanical components. Pressure tubes are the most important components in CANDU reactor. They are subjected to various aging mechanisms such as delayed hydride cracking (DHC), irradiation and corrosion, etc. Therefore, the integrity of pressure tube is key concern in CANDU reactor. Up to recently, conventional deterministic approaches have been utilized to evaluate the integrity of components. However, there are many uncertainties to prevent a rational evaluation. The objective of this paper is to assess the failure probability of pressure tube in CANDU. To do this, probability fracture mechanics (PFM) analysis based on the Genetic Algorithm (GA) is performed. For the verification of the analysis, a comparison of the PFM analysis using a commercial code and mathematical method is carried out.

1. 서론

캐나다에서 개발한 CANDU형 원자로는 중수물 냉각재로 사용하며, 천연우라늄을 핵연료로 사용한다. CANDU 압력관은 연료로 사용되는 핵연료다발을 지지하기 위해 원자로 내에 수평으로 설치되며, 국내 원자로에는 380개의 압력관이 있다. 각각의 압력관은 냉간 가공된 Zr-2.5%Nb 합금으로 제작되었으며, 약 24Kg의 연료다발 12개를 지지한다⁽¹⁾.

이러한 압력관은 내압과 핵연료의 무게가 작용하는 구조물로 핵연료 인출시의 마찰과 온도-압력의 변화로 인해 결함이 발생할 확률이 높기 때문에 가동중 충분한 건전성을 유지하기 위하여 가동중 검사(In-Service Inspection; ISI)를 수행한다. 이를 통해 발견된 결함은 파괴역학해석과 같은 건전성평가를 통하여 원전의 안전성을 입증해야 한다. 현재까지 원전 주요기기에 대한 건전성평가는 주로 결정론적 접근법(deterministic approach)을 이용하여 수행되어 왔으나, 구조물의 형상, 작용 하중 그리고 재료물성치 등의 불확실성으로 인하여 구조물의 건전성평가를 합리적으로 수행하는데 있어 제한사항이 존재한다. 기존의 결정론적 접근법에서는 다양한 불확실성을 고려하기 위하여 안전계수(safety factor) 개념을 도입하고, 이를 구조물의 설계 및 수명평가에 활용

† 회원, 성균관대학교 기계공학부
E-mail : yjkim50@skku.edu
TEL : (031)290-5277 FAX : (031)290-5276

* 성균관대학교 기계공학부

** 한국원자력안전기술원
