

# 사용후핵연료 저장랙 내경 감소에 따른 임계도 영향 평가

김기영\*, 정성환

한국수력원자력(주) 중앙연구원, 대전광역시 유성구 유성대로 1312번길 70

\*kiyoungkim@khnp.co.kr

## 1. 서론

경수로 사용후핵연료는 2015년말 기준으로 매년 약 750여톤이 발생되어 원전의 저장조에 누적된 저장량은 약 6,736톤(16,289다발)에 이르며, 1978년 고리1호기 상용운전 개시를 기준하면 약 35년 이상 저장수조에 보관되어있다. 저장수조내에는 Stainless Steel 재질의 모듈형 저장랙이 설치되어 있어 사용후핵연료는 집합체 단위로 랙속에 장전되어 있다. Fig. 1에서 보는바와 같이 저장랙은 사각형으로 된 격자 형태이며 격자 사이에는 중성자 흡수재라는 물질이 설치되어 있다. 기본적으로 중성자흡수재는 사용후핵연료로부터 발생하는 중성자를 흡수함으로써 사용후핵연료 임계방지 및 방사능 차폐 기능을 수행한다. 본 연구의 목적은 최근 국내 경수로원전에서 발생한 중성자흡수재의 부풀음(Swelling)현상에 따른 저장랙 내경감소가 임계안전성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 수행되었으며, 평가에 사용된 해석코드는 SCALE 6.1 이다[1][2].

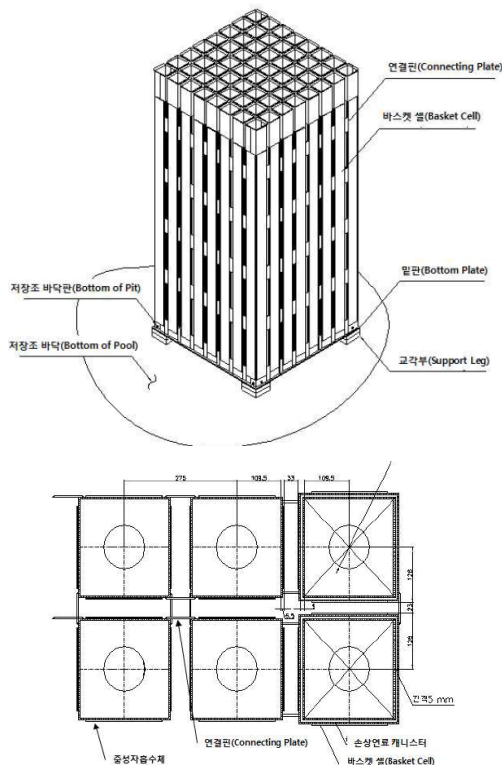


Fig. 1. Spent Fuel Storage Rack(Region I).

## 2. 본론

### 2.1 해석코드 및 방법론

SCLALE 코드는 기본적으로 특정 시스템의 핵임계 해석을 수행하는 코드이다. SCALE 코드는 임계 해석을 위해 CSAS라고 불리는 control sequence에 의해 해석을 수행하며, 단일 입력자료를 통해 control sequence의 모든 모듈이 사용자의 추가적인 지시 없이 순차적으로 수행됨으로써 사용자 편의성이 매우 높다는 특징이 있다. CSAS control sequence는 사용자 편의를 위해 GeeWiz라는 user interface를 보유하고 있으며, 입력문은 사용자가 text로 직접 작성하거나 GeeWiz를 이용해 작성할 수 있다. CSAS의 입력은 Fig. 2와 같이 구성된다. =sequence에는 =CSAS5와 같은 control sequence 선택 명령어가 입력되며, 해석의 제목, 해석에 사용된 핵반응 단면적 라이브러리가 순차적으로 입력되어 해석문제에 관한 일반적 정보를 제공하게 된다. READ COMPOSITION과 END COMPOSITION 사이 블록에는 해석문제에서 사용되는 재료물질을 정의하며, READ CELLDATA와 END CELLDATA 사이 블록에는 다균 단면적 라이브러리를 사용하는 경우 공명영역 핵반응 단면적 처리를 위한 데이터가 기술된다. 마지막으로 KENO-V.a 또는 KENO\_VI 블록에서는 해석에 사용된 기하학적 정보와 random seed, history 수 등이 정의된다[2].

### CSAS Input File Layout

```
=Sequence
PARM=(CHK,NITAWL,CENTRM,SIZE=xxxx)
Title
Cross-section library
READ COMP
Standard Composition Data
END COMP
READ CELLDATA
Unit Cell Data
END CELLDATA
KENO V.a or VI Data
END
```

Fig. 2. CSAS Input File Layout.

본 연구에서는 SCALE 6.1을 이용하여 저장랙 내 경감소와 같은 기하학적 변형에 따라 임계안전성에 미치는 영향을 평가하였다.

## 2.2 해석 및 평가

본 연구에서는 WH형 발전소 사용후핵연료 저장조내 설치되어 있는 저장랙(Region I)을 모사하였으며 ACE7 연료가 장전되어 있다고 가정하였다. Fig. 3은 저장랙내 사용후핵연료집합체가 장전되어 있는 형상을 모델링 한 것으로, 정상상태의 저장랙 내경 8.75인치를 고려한 것이다. 그리고 저장랙 벽면에 설치되어 있는 중성자흡수재 부풀음(Swelling)에 따른 저장랙 내경감소로 임계안전성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 Table 1과 같이 8.62 인치, 8.51인치로 내경이 감소된 경우를 가정하여 임계안전성을 평가하였다.

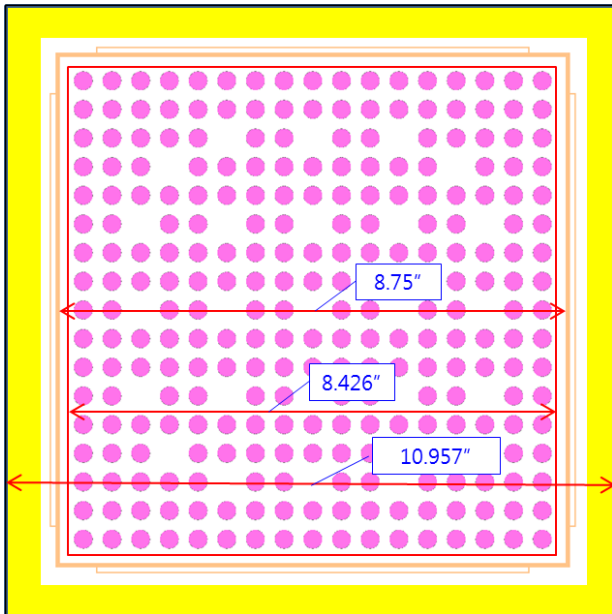


Fig. 3. Spent Fuel Storage Rack Modeling(Region I).

Table 1. Input Conditions of Inner Diameter of Spent Fuel Storage Rack

저장랙 내경 (inch)	비고
8.75	정상조건
8.62	3.3 mm 내경축소 (중성자흡수재 부풀음 1.64 mm * 2)
8.51	6 mm 내경축소 (중성자흡수재 부풀음 3 mm * 2)

임계안전성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 SCALE 6.1을 사용하였으며, 평가결과는 다음과 같다.

Table 2. Assessment Result

저장랙 내경 (inch)	Keff
8.75	0.915
8.62	0.903
8.51	0.888

Table 1에서 보는 바와 같이 사용후핵연료 저장조내 설치되어 있는 저장랙의 내경감소에 따라 임계안전성 평가인자인 Keff값은 점점 감소한다는 결과를 얻었다. 즉, 저장랙의 내경감소가 사용후핵연료에 대한 임계도 측면에서 오히려 안전성을 점점 증가시키는 요인으로 작용한다는 사실이다. 이러한 원인은 저장랙 내경 감소에 따라 연료집합체와 중성자흡수재와의 거리가 가까워지고 또한 총 냉각재량의 변화는 없으나 저장랙내 존재하는 냉각재량의 감소로 중성자 감속능력이 감소되기 때문에 Keff값이 감소되는 것으로 판단된다.

## 3. 결론

본 연구에서는 중성자흡수재의 부풀음(Swelling) 현상에 따른 저장랙 내경감소가 임계안전성에 미치는 영향을 평가하였다. 평가결과 사용후핵연료 저장랙 내경이 감소함에 따라 사용후핵연료의 임계안전성은 오히려 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 저장랙 내경감소에 따라 연료집합체와 중성자흡수재 사이의 거리가 기존에 비해 가까워지고, 또한 저장랙내 존재하는 냉각재량의 감소로 중성자 감속능력이 감소되었기 때문인 것으로 판단된다.

## 4. 참고문헌

- [1] SCALE : A Comprehensive Modeling and Simulation Suite for Nuclear Safety Analysis and Design, ORNL/TM-2005/39, Version 6.1, (2011).
- [2] A Primer for Criticality Calculations with SCALE/KENO-VI Using GeeWiz. ORNL/TM-2008/069, (2008).