

# 사용후핵연료 집합체의 지지격자 용접 연결부 조사특성 평가

진영관\*, 백승제, 유병옥, 백상열

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

\*ygjin@kaeri.re.kr

## 1. 서론

핵연료 집합체의 골격체를 구성하는 구조부품들 중 지지격자, 안내관, 계측관 등은 부품 간의 용접 (TIG, spot) 및 벌지 조인트(bulge joint)에 의하여 조립 및 연결되어 전체 골격체를 구성한다. 따라서 집합체 연결부의 설계 해석 및 수명 말에서의 건전성 평가, 또한 저장을 위한 집합체 이송 시 취급을 위해서는 중성자 조사 전·후의 기계적 시험을 통한 연결부의 조사 특성 자료가 필수적이다. 이를 위해 사용후핵연료 집합체로부터 시험을 위한 지지격자를 얻고 강도평가를 위한 조사시편을 제작하였다. 지지격자 용접 연결부의 기계적 강도시험을 위한 압축시험을 수행하여 핵연료 집합체 지지격자의 용접부의 하중-변위선도 및 각 용접에 대한 조사특성 자료를 얻었다.

## 2. 본론

### 2.1 조사 시편 제작

한국원자력연구원 조사후시험시설(PIEF)의 풀에서 발전소로부터 이송된 사용후핵연료 집합체를 수중 골격체 해체장비를 사용하여 Fig. 1과 같이 해체하였다. 저장풀 내에서는 핫셀과 달리 여러 제약조건으로 인하여 실제 핫셀시험에 사용할 시편들을 정밀하게 절단 및 제작할 수 없다.

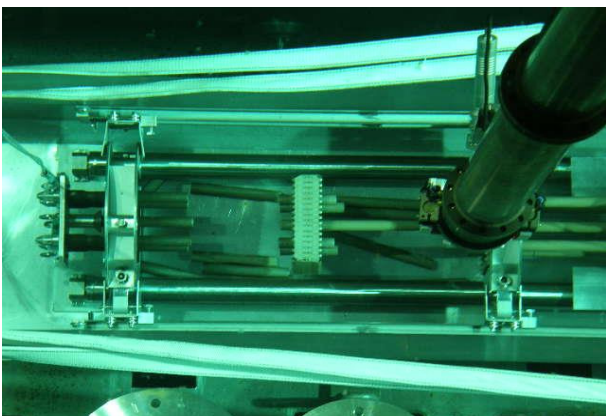
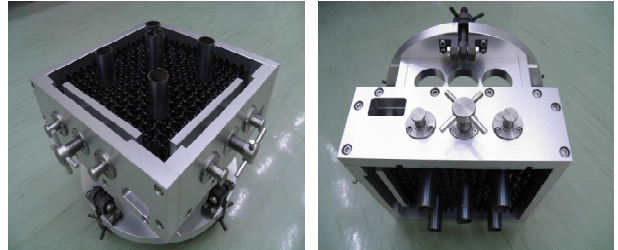


Fig. 1. Cutting guide thimbles and instrumentation tubes in the pool.

(a)



(b)

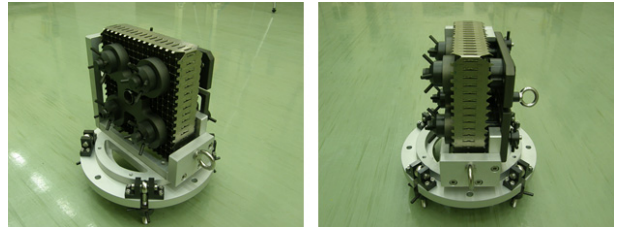


Fig. 2. Jigs for cutting (a) tubes and (b) grids.

따라서 풀 내에서는 해체를 위한 1차 절단작업을 수행하고, 정밀 절단을 위해 지지격자를 조사재시험시설(IMEF) 핫셀 내로 이송/인입하였다. Fig. 2와 같이 M2 핫셀 내 정밀절단장비용 지그를 설계 및 제작하였다. 핫셀 내 장비에 안내관 절단용 지그를 우선 장착하고 Fig. 3와 같이 조사 지지격자 안내관/계측관을 추가 정밀 절단하였다. 원격조종기를 이용하여 지지격자 절단용 지그로 교체 후 Fig. 3와 같이 지지격자의 안내관 4곳을 중심으로 지지격자를 절단하여 Fig. 4의 시편을 제작하였다.



Fig. 3. Preparation of specimens from the grid.

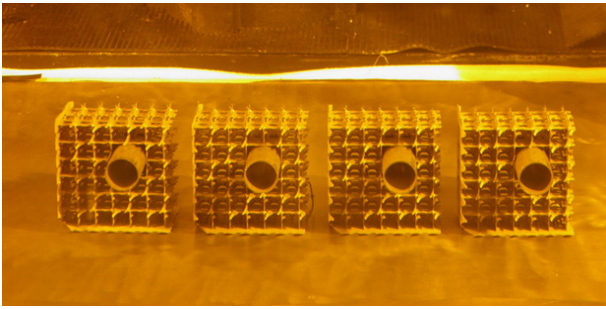


Fig. 4. Irradiated specimens for the hot cell test.

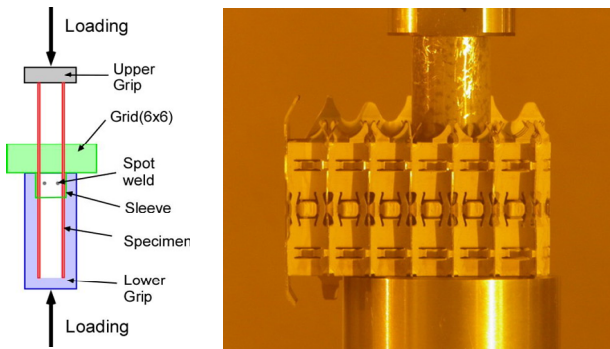


Fig. 5. Schematic diagram and photo of the compression test in the hot cell.

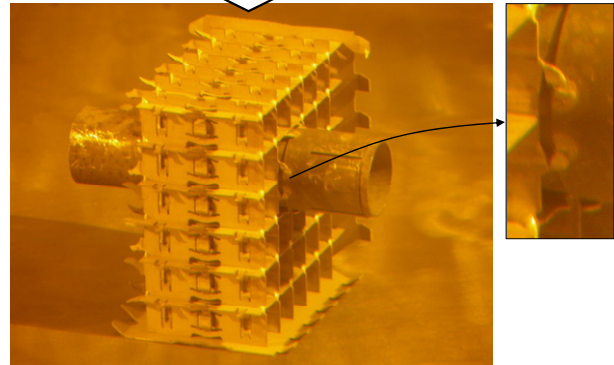
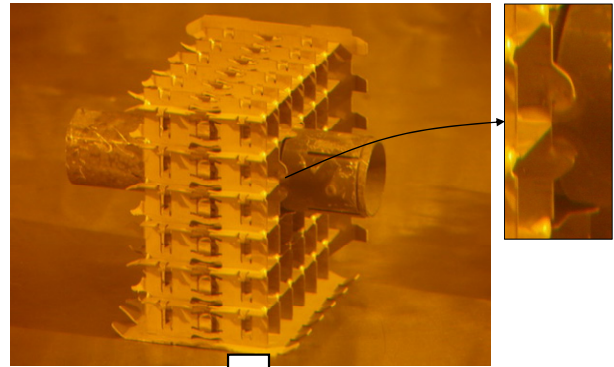


Fig. 7. Deformation behavior of the irradiated grid during the compression test.

## 2.2 강도평가시험

4개의 조사 시편에 대해 Fig. 5와 같이 용접부 및 연결부 강도시험용 그립을 사용하여 조사 중간 지지격자 점용접부에 대한 핫셀시험을 수행하였다. 우선 조사 지지격자 안내관을 하부 지그에 삽입하고 안내관 상단을 압축하여 지지격자와 슬리브 spot 용접과 안내관과 슬리브 레이저 용접에 대해 용접강도를 평가하였다. 핫셀 내 만능시험기 INSTRON 8502 시스템을 사용하였으며, 상온-대기 중에서 1 mm/min의 일정 속도로 시험을 실시하였다. 조사 시편을 지그에 안착시키기 위하여 약 0.05 kN의 초기하중 부하 후 시험을 개시하였다.

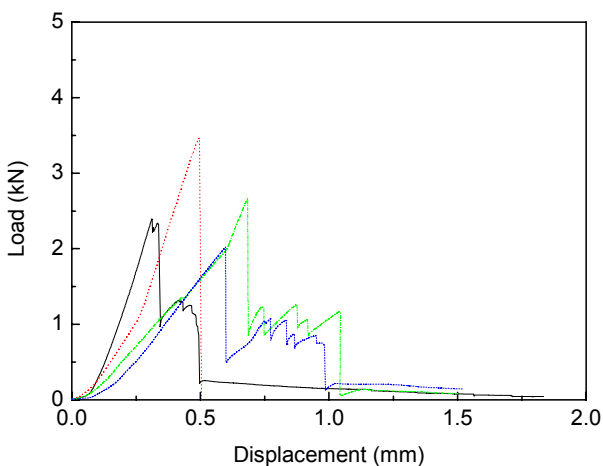


Fig. 6. Load-displacement curves.

Fig. 6와 같이 조사 지지격자 용접부에 대한 하중-변위곡선을 얻었으며, 파단 시 최소 하중이 약 2 kN임을 알 수 있었다. Fig. 7의 시험 전과 후의 시편으로부터 지지격자와 슬리브의 레이저 용접부에서 파단이 시작되며, spot 용접부의 건전성은 유지됨을 알 수 있었다.

## 3. 결론

사용후핵연료 집합체로부터 조사 지지격자를 얻고 핫셀 내 절단기를 이용하여 용접부 강도평가를 위한 조사시편을 제작하였다. 조사 지지격자 용접 연결부의 압축시험을 수행하여 용접 연결부 파단하중을 얻었고, 이를 통해 사용후핵연료 집합체의 건전성과 취급 하중 평가를 위해서는 지지격자와 슬리브 레이저 용접부에 대한 조사특성 자료가 필요함을 확인하였다.

## 4. 참고문헌

- [1] 진영관, 백승제, 김도식, 김길수, 유병옥, 안상복, 주용선, "핵연료 골격체 연결부 강도 평가를 위한 조사시편 제작 및 인장시험", 한국방사성폐기물학회 2013 추계학술발표회 논문요약집, 89-90, 10.17~18, 2013, 제주.