가변형 영상획득장치를 이용한 거시조직영상의 이미지 분석기법 개선

서항석, 이형권, 권형문, 전용범
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

nhsseo@kaeri.re.kr

원자력발전의 안전성을 유지하고 경제적 이득을 극대화하기 위한 노력의 하나로 핵연료의 연소도를 높이고 연소기간을 연장하기 위한 노력이 전 세계 원자력발전국가들에 의해 계속되어 오고 있다. 이러한 고연소 핵연료 개발의 일환으로 고연소도 핵연료 안전성시험 및 평가기술개발, 고연소도 성능평가체제 구축이 절실히 필요한 실정이다. 따라서 한국원자력연구원 조사후시험시설 납셀에는 폴라로이드 필름을 이용하여 조사후 핵연료 시편의 거시조직사진을 투영하는 시험장치가 설치되어있다. 그러나 거시조직 시험장치는 마운팅을 마친 시편만 사진투영이 가능하며 습기 및 방사선에 의해 노후화되고 렌즈 및 부품이 경화되어 선예도와 해상도가 저하된 상태이다. 이에 따라 조사후시험시설 콘크리트셀에 저배율 페리스코프를 제작· 설치하고 시편 표면의 영상획득을 위해 Cool-Snap CCD 카메라를 장착하여 운용하였다. 그러나 페리스코프로는 시편의 배율이 저배율로 고정되어 있어 파단면 및 결함부위를 관찰하기에는 부적절하여 페리스코프 기능을 한 단계 업그레이드된 가변형 페리스코프를 제작하여 시편의 파단면 및 결함부위에 대해 영상획득이 가능하고 또한 Zoom Lens을 이용하여 배율을 확대 조절 할 수 있게 제작 하였다.

- 핫셀용 표면 영상 획득 및 분석 장치

그림 1은 핫셀 내부에 설치하기 전, 저배율 페리스코프 사진이다. 페리스코프는 사용자의 방사선 피폭을 방지하기 위해 납유리 상단의 콘크리트 핫셀 차폐벽을 수평으로 통과하고 핫셀 내의 시편 위치까지 수직으로 설치된다. 그림 왼쪽 부분에 장착된 것이 Cool-Snap CCD 카메라이고 오른쪽 하단 부분은 LED 특수 조명장치이다. 그림 2는 페리스코프를 한 단계 업그레이드시켜 제작한 핫셀용 가변형 페리스코프이다. 그림2의 중앙 부분의 둥근 모양으로 장착된 것이 CCD 카메라이다. 방사선으로부터 보호를 위해 납으로 차폐를 하였으며 설치된 시스템의 CCD 해상도는 1,392 × 1,040 pixel이고, 각 pixel의 크기는 4.65 μm×4.64 μm이다. 이미지 포착 및 분석을 위해 Image-Pro Plus 5.1 프로그램이 사용되었다. 또한 시편 관찰을 위한 광원으로 LED 링 라이트에 의한 광폭 조명기구를 사용 하였으며 모든 작동은 컴퓨터에서 마우스를 이용하여 조작이 가능 하다. 배율은 7배에서60배까지 확대 이미지 획득이 가능하며 배율의 변화에 관계없이 Fixed Working Distance(170 mm). Field Diameter:11.20 mm to 3.56 mm를 이용해서 최상의 선명하고 깨끗한 영상을 얻을 수 있다.

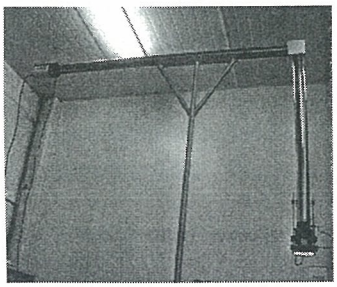

그림1. 핫셀용 저배율 페리스코프

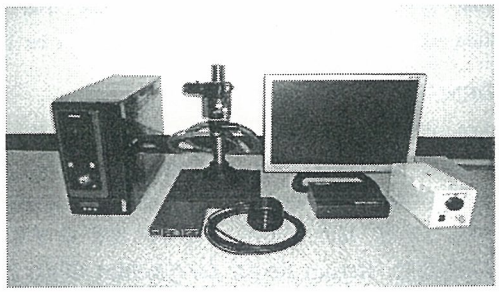

그림2. 핫셀용 가변형 페리스코프

- 거시조직 사진 및 확대 사진

다음 그림은 새로 제작한 가변형 페리스코프에서 획득한 거시조직영상(7X)과 배율을 60X로 확대 투영한 영상이다. 사용된 시편은 일반 볼트 이며 그림 3은 사진에서 보듯이 해상도 및 선예도가 뛰어나 나사의 피치를 선명하게 나타내주고 있다. 그림 4는 배율 7X에서 투영한 시편을 이동시키지 않고 고정된 상태에서 마우스를 이용하여 카메라만 상하로 이동하여 시편의 중앙부를 배율 40X로 투영한 영상이다. 배율 7X에서 희미하게 보이던 피치간격을 더욱 선명하게 나타내 주고 있다.

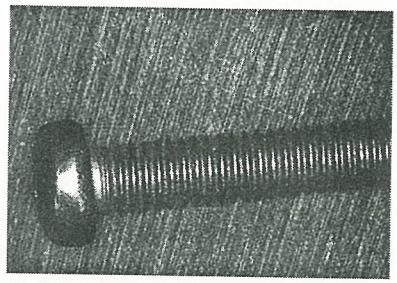

그림 3. 배율 7X의 볼트사진.

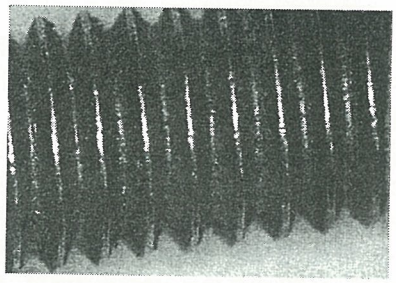

그림 4. 배율 40X의 볼트사진.

- 결론

거시조직사진 투영장치의 핫셀용 저배율 페리스코프를 제작하여 조사후시험시설 콘크리트셀에 설치된 페리스코프는 마운팅을 마친 시편만이 사용이 가능하고 또한 배율이 저배율로 고정되어 있어 시편의 파단면 및 결함부위에 대한 진실을 규명하는데 한계가 있었으나 이번 가변형 페리스코프를 개발함으로써 앞으로 시편의 진실을 규명하는데 많은 도움이 되었다. 특히 가변형 페리스코프는 거시조직사진 투영장치에 비해 뛰어난 선예도와 해상도를 갖고 있고 배율을 저배율에서 중배율로 마음대로 조절할 수 있어 시편의 진실규명이 훨씬 쉬워졌다. 또한 기존 시스템은 이미지 분석에 의한 시편의 제원 측정시 표준자에 의한 보정과 더불어 전자파일로의 전환을 위해 스캔과정을 거쳐야만 하였으나 핫셀용 가변형 페리스코프는 이러한 과정이 불필요하며 CCD 카메라에 직접 이미지 분석 장치를 연결하여 시편의 제원을 측정할 수 있다. 본 시스템은 사용후핵연료 시편뿐만 아니라 시편 절단 및 마운팅이 어렵고 부피가 큰 시료에 대한 조직시험에도 활용될 예정이다.