

연구로 해체 기술 평가

박승국, 지연희, 박진호, 정운수
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150-1
 skpark2@kaeri.re.kr

1. 서론

국내 최초의 원자력시설인 연구로 1,2호기의 해체사업의 수행에 적용된 제염 및 해체 기술에 대해 평가하고 분석하였다. 제염 및 해체 기술의 평가에는 주로 투입된 장비의 특성에 맞게끔 적용된 기술의 분류를 기준으로 하였다. 이 평가 연구에는 DECOMMIS (DECOMMis Information System, 해체정보관리 시스템)에 입력되고 처리된 자료들이 활용되었다. 총 투입된 장비 및 기술에 활용된 시간은 46,920 시간으로 평가되었다. 이는 연구로 해체사업에 총 10년이 소요된 것으로 기준할 때 2배에 해당하는 시간으로서 원자력시설의 제염, 해체 활동에는 장비를 활용한 활동의 비중이 큰 것을 알 수 있었다. 또한 해체 현장에 투입된 해체작업종사자들의 총 투입시간 74,153 시간(man-hours)의 63.3%에 해당되는 것으로 대부분 장비를 이용한 해체활동이 수행되었음을 알 수 있었다.

2. 본론

서울 공릉동에 위치하고 있는 연구로 1,2호기의 해체사업이 종료되었다. 이는 국내에서는 최초로 수행된 원자력시설의 제염, 해체활동이며 이사업은 한국원자력연구원에 의해 직영형태로 수행되었다. 1998년부터 해체설계, 해체계획서 작성, 인허가 취득을 통해 2001년 6월부터 본격적인 해체활동이 시작되어 2008년 말까지 연구로 2호기와 동위원소생산을 위한 부속시설, 그리고 주변시설들의 해체가 수행되었다. 원자력시설의 수명 종료에 따른 해체활동에서 주된 공정은 해체 대상물의 제염 및 해체이다. 해체 대상물 중 오염 또는 방사화된 구조물은 대부분 본체로 부터의 제거, 절단 및 파쇄 공정으로 수행된다. 오염정도가 낮거나 방사능이 약해서 접근성이 용이하고 해체 대상물이 수작업으로 취급될 정도의 중량물은 수작업공구를 이용한 제염과 해체가 이루어졌다. 높게 방사화 되었거나 심하게 오염된 대상물의 제

염 및 해체에는 원격 장비 또는 long reach tool을 활용하였다. 원자력시설의 해체기술은 이번 연구로 해체사업을 통하여 처음으로 적용, 실증되는 기술들이 많다. 일반 산업현장에서 기 적용되었던 기술이나 장비들도 많이 활용되었다. 그러나 운영 및 적용대상이 원자력시설로서 오염된 시설 또는 구조물이고 해체 및 제염 활동 중에 생태계로의 오염 확산을 방지해야만 하는 조건에서의 장비의 활용 및 기술의 적용은 많은 어려움을 수반하였다. 장비의 운영자들의 과다피폭 방지를 위해 작업시간에 대한 제약과 해체장비의 작동 중 필수적인 2차 오염폐기물의 확산을 방지하기 위한 추가 설비의 설치 및 운영이 필수로 대두되었다. 해체기술은 크게 절단기술 및 파쇄기술로 크게 구분할 수 있다. 다음 표1에 이를 구분하여 나타내었다.

Table 1. Description on the dismantling technologies and equipments

구분	대상	기술	장비
절단기술	금속류	Frame cutting, Plasma cutting, Hydraulic Under waster cutting, Band sawing, Nibbler cutting, Wheel sawing, Arc torching	Frame cutter, Plasma arc torch, Hydraulic cutter, Band saw, Nibbler, Hydraulic & Electric wheel saw, Long reach tool, Arc torch
파쇄기술	콘크리트류	Core drilling, Hammer drilling, Diamond wire cutting, Wheel sawing, Breaking, Crushing,	Diamond core drill, Diamond wire saw, Wheel saw, Hydraulic & Electric breaker, Hammer drill, Back hoe+ crusher, bucket, breaker,

대부분의 해체는 절단기술에 의해 수행되었다. 대상물이 금속류이거나 비가연성 고체일 경우에 이 기술이 적용되었다. 금속류의 절단에는 기본적으로 frame cutting이 적용되었다. frame cutting은 오염도가 낮은 대상물의 절단에 용이하고 자격증을 소지한 작업자가 많고 산소와 아세틸렌의 제

료비가 비교적 저렴한 것이 특징이다. 방사화가 높거나 오염이 많이 된 대상물의 해체에는 plasma arc torch를 long reach tool에 접목하여 활용되었다. 원자로 수조내 있는 대상물들은 원격으로 작동되는 hydraulic cutter를 수중에서 작동시켜 절단하였다. 이 기술이 적용되는 장비는 수조내 각종 배관류와 원형구조물을 절단할 수 있는 것과 평평한 형태의 대상물을 절단할 수 있는 가위형태인 것이 있다. 원자로심의 shroud는 가위형태의 cutter를 사용하여 세절까지 수행한 후 수조 내에서 차폐용기에 장입하였다. 배관류의 2차 절단인 세절에는 band saw 등이 활용되었고, 탱크류의 절단에는 일부 nibbler가 시도됐으나 두께가 두껍고 이음매 때문에 성공하지 못하였다. 수조 라이너를 제거하기 위한 wheel saw와 일반 전기용접기에 의한 절단 해체도 시행되었다. 다른 대표적인 해체 기술은 파쇄공법이다. 이는 주로 대상물이 콘크리트로서 diamond core bit와 diamond wire를 함께 사용한 대형구조물의 절단과 원형비트를 사용한 코어 드릴링, 그리고 소형 해체대상 콘크리트 구조물일 경우에 적용된 hammer drill이나 hydraulic breaker 등이 있다. 원자로 수조콘크리트 중 최종 방사화 콘크리트의 해체에는 back hoe에 장착된 crusher를 활용한 파쇄 기술이 적용되었다. 여러 번의 실험을 통해 특수하게 제작된 diamond core bit를 사용한 빔포트 코어 드릴링 절단 기술은 국내에서는 처음으로 원자력시설을 대상으로 400mm 이상의 대구경의 드릴링 기술을 적용하여 수행한 대표적인 성과로 나타낼 수 있다. 제염 기술은 대부분 오염된 설비 및 건물에 적용되었다. 금속류에 대한 2차 제염에는 초음파 제염, 화학 제염 및 고압 수증기 제염 등이 적용되었다. 콘크리트 제염 대상물에는 scabblers, pinning 및 grinder와 같은 장비를 vacuum system과 혼용하여 사용하는 기술이 적용되었다. 제염, 해체 적용기술의 평가에는 해체 정보관리 시스템, DECOMMIS가 활용되었다. 이 DB시스템은 해체작업, 해체 폐기물관리, 해체 방사선안전관리 및 해체 품질관리 등 해체 활동에서 발생하는 모든 정보 및 자료를 입력 및 요구에 따른 처리와 출력을 할 수 있도록 개발되었다.

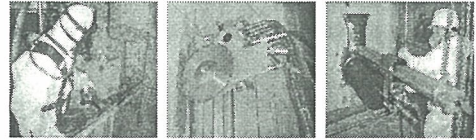
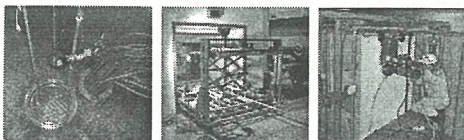


Fig. 1. Technologies on the cutting & dismantling

3. 결론

제염 및 해체 기술 평가는 대상물에 대해 장비 및 기술력이 투입된 시간으로 평가되었다. 투입되고 활용된 시간은 다시 장비 및 해체 기술의 특성에 따라 세분되었다. 이러한 자료를 활용하여 전체 및 부분적으로 해체 대상물의 특성에 맞추어 장비 및 기술이 적용되었음을 평가하였다.

총 발생된 해체 폐기물 2,580톤 중 주로 간접 발생 폐기물인 가연성 및 잡고체 폐기물을 제외한 나머지 2,537톤의 폐기물이 제염, 해체 활동을 통해서 생산된 해체폐기물이며, 이들 제염, 해체 활동에 대부분의 장비 및 해체 기술이 적용되었다. 총 46,920 시간 동안 장비를 사용한 해체 기술적용 중에 44%인 파쇄 해체 기술이 제일 많이 사용된 것과, 이는 절단 해체 기술에 비해 약 1.6 배가 더 적용된 것을 다음 표 2 에서 알 수 있었다.

Table 2. Evaluation on the applying time of the technology

절단해체기술	사용시간 (hr)	파쇄해체기술	사용시간 (hr)
Plasma cutting	2,294	Diamond core drilling	5,304
Hydraulic underwater cutting	1,322	Concrete breaking	3,007
Electric band sawing	1,914	Hammer drilling	4,685
Wheel sawing	809	Diamond wire sawing	5,716
Lon reach cutting	288	Hydraulic core boring	805
Arc torching	1,836	Back hoe+crushing	979
Frame cutting	4,354		
Sum	12,815	Sum	20,495

