

연구로 해체 DB 시스템 구축

박희성*, 정관성, 이근우, 오원진
한국원자력연구소

e-mail:parkhs@kaeri.re.kr

Development of the Decommissioning DB System on the KRR 1&2

Hee-Seong Park*, Kwan-Seong Jeong, Kune-Woo Lee,
Won-Zin Oh
Korea Atomic Energy Research Institute

요 약

해체 활동 시작 단계에서부터 최종처리까지 발생하는 일련의 모든 자료를 체계적이고 과학적으로 관리할 수 있는 해체 DB structure를 구축하기 위하여 해체 정보 전략 계획을 수립하였고, 해체 DB 정보 영역을 분류하여 세부항목을 도출하였으며, 시스템 개발 도구 및 운영환경을 설정하였다. 자료흐름도(DFD)와 개체 관계도(ERD)를 이용하여 해체 자료 구조를 최적화하였고, Prototype 과정을 거쳐 해체 자료가 체계적으로 저장 관리 될 수 있도록 프로그램을 개발 하였다. 현재(2001년6월부터 2003년 12월)까지 연구로 해체활동을 통해 발생한 해체 현장 자료를 이용하여 해체 DB 시스템을 시험한 결과 무작위로 데이터를 추출하여 집계한 결과와 잘 일치하고 있음을 확인하였다.

1. 서 론

한국원자력연구소는 1997년 1월 TRIGA 연구로 폐로 사업을 착수하여 1998년 1월부터 제염 해체 설계 업무를 수행하고 있으며[1], 해체 기술 개발을 목표로 한 연구로 해체 데이터베이스 및 해체 공정 전산모사 중장기 연구 과제가 2001년 8월부터 시작되어 2004년 2월에 종료되었다. 연구로 및 원자력 관련 시설의 해체 활동은 다량의 해체 작업자료, 작업자 안전관리 및 피폭관리, 해체 소요비용, 해체 기술, 방사성폐기물자료 등 수많은 정보가 필연적으로 발생한다. 따라서 이러한 방대한 양의 정보들을 체계적으로 보존·관리할 수 있는 해체 DB 시스템을 개발하는 것은 필수적이다. 원자력을 주도하는 선진국들도 자국의 원자력 해체 시설 대상에 맞는 해체 DB 시스템을 개발하여 활용하고 있다[2, 3, 4, 5]. 특히 정보자료를 DB화함으로써 원자력시설 해체 시 매우 유용한 기술 자료로 활용하고 있는 것으로 파악되어 그 중요성이 높은 것으로 조사되었다. 1 단

계 연구 목표인 개념적 모델링 연구는 해체 데이터베이스 설계의 기초가 되는 사용자 요구 사항 분석과 해체 데이터베이스 범위 설정 및 해체 정보 분류 체계 등에 대하여 연구가 진행되었다[6]. 1 단계 연구 결과를 토대로 해체 자료들에 대한 입. 출력 및 정보 평가 시스템을 설계하였고, 해체 데이터베이스 구조 설계 및 최적화를 수행하였으며, user interface 설계와 동시에 해체 DB Prototype을 수행하였다[7]. 구현된 DB Prototype을 토대로 해체 현장 자료를 이용한 해체 DB Structure 시험 및 평가를 수행한 결과 해체 DB Structure에서 데이터들의 중복성과 무결성 등에 대해서는 문제가 없음이 확인되었다[8]. 해체 DB Structure 시스템은 해체 자료들을 저장하고 관리하는 용도로 개발되었기 때문에 해체 기획시 해체 일정 및 해체 비용과 관련된 평가를 정량적으로 할 수 없는 한계가 있다. 이를 보완하기 위해서는 현 시스템에 해체 공정과 공학개념이 융합된 시스템 개발이 병행되어야 할 것이다.

2. 해체 DB Structure 구축 내용 및 방법

가. 해체 DB 정보 전략 계획 수립

IAEA, OECD/NEA 등 원자력 국제기구에서 발한 자료, 각국의 해체관련 자료 및 인터넷을 이용하여 수집한 후 원자력선진국들의 해체 관련 기술현황분석을 조사·분석하였다. 구축하고자 하는 해체 DB의 범위를 정의하기 위해 사용자 요구사항을 분석하였으며, 해체 자료와 정보의 중요도 분석, 개념 설정 및 해체 정보의 분류 체계를 확립하였다.

나. 해체 DB 정보 구현 계획 수립

시설 및 해체 장비에 대한 특성을 분석하여 세부 항목별로 자료의 분류체계를 수립하였고, 해체 자료 관리와 정보 분석에서 요구되는 입력/출력 항목을 도출하였다. 해체 DB 시스템의 자료 흐름도(DFD)와 개체 관계도(ERD)를 이용하여 해체 데이터베이스 구조를 설계하였으며 최적화하였다. Prototype의 설계 표준을 설정한 후 목적 시스템과의 연계성 분석에서 선정된 입력, 출력 및 정보 분석 항목 자료를 기초로 하여 prototype을 구축하였다. Prototype 시험에 사용된 데이터는 연구용 원자로 2호기 부속 시설 중 동위원소 생산실과 납 핫셀 및 콘크리트 핫셀을 해체한 실제 자료를 이용하였다.

다. 해체 DB Structure 구축

해체 DB 시스템 전체 프로그램을 개발하기 전에 해체자료가 저장될 수 있도록 해체 데이터베이스 파일을 생성하였고, Prototype 설계를 통하여 얻은 개선사항을 적용하여 User Interface를 설계하였다. 해체 DB Prototype을 바탕으로 하여 해체 대상물 시설정보, 해체작업정보, 방사선학적 정보, 폐기물 정보에 대한 입/출력, 자료 저장 관리에 대한 프로그램을 개발 하였다. 해체 DB Structure의 성능을 시험하기 위해 해체 작업을 통해 발생하는 현장자료를 입력함으로써 해체 데이터베이스 프로그램 기능의 정확성을 검증하였고, 데이터베이스에 저장된 자료들이 현장 자료들과 일치하고 있는지 여부를 확인하였다. 시험에 사용된 자료들은 연구로 2호기 부속 시설 및 원자로 시설을 해체하면서 생성된 작업자 피폭선량 자료, 제염 및 오염 검사 자료, 방사성 및 비방사성 자료, 폐기물 자료 및 분류된 폐기물의 저장

고 자료 들을 사용하였다.

3. 결과 및 검토

가. 해체 DB 정보 전략 계획 수립

기술현황 동향을 분석한 결과 각국의 데이터베이스 시스템은 주로 자료 저장 및 관리 측면에서 시스템이 활용되고 있었으며, 해체 자료 관리 영역이 복잡하고 방대하다 보니 데이터베이스가 해결해야 할 범위가 상당히 크다는 것을 확인되었다. 일본의 경우 JNC는 JAERI에서 개발된 COSMARD내 database를 현재 개발 중인 시스템에 접목시켜 데이터베이스 시스템을 활용함으로써 원자력 시설의 해체 장기 계획과 이에 따른 해체 비용 평가 등을 현실적으로 평가할 수 있는 시스템으로 발전시켜 나가고 있다. 유럽 공동체 내 원자력 선진국들은 최첨단의 컴퓨터 기술을 이용하여 다년간 축적된 해체 기술의 극대화를 도출함은 물론 원자력 시설의 해체 시 사회 경제적, 환경적인 문제를 해결하고 있다.

사용자 요구사항 및 해체 정보의 중요도를 분석한 결과 WBS(Work Breakdown Structure)에 기초한 공정별 해체 활동을 포함시켜야 되지만, 해체 DB는 단순히 자료 저장 및 관리에 국한되는 시스템이 아니라 해체 일정에 따른 비용 평가 및 작업자의 피폭선량 등을 평가할 수 있어야 하기 때문에 시설에 대한 해체를 기본으로 하여 대상을 선택하였다. 따라서 해체 시설정보, 해체 작업 및 작업자 정보, 해체 폐기물 정보 그리고 방사선학적 정보 등을 해체 DB에서 취급하기로 선정하였다.

해체 정보의 분류 체계는 시설물별, 방사선별, 폐기물별, 인력별 정보검색 및 관리를 중심으로 한 목표시스템의 기능을 예상하여 연구로 해체 DB 구축을 위한 정보 및 자료 분류 체계도를 완성하였으며, 한국원자력연구소에서 작성한 시설 및 공정기준 항목 도출에 대한 정보에 의거하여 주요 대상업무를 인력, 시설물, 폐기물, 작업공정, 방사선학적 정보로 구분하여 코드가 완료되었다. 완성된 코드는 다음과 같이 총 17bit로 구분된다[9].

(1)XXX-(2)XXX-(3)XXX-(4)XX-(5)XX-(6)X-(7)XXX

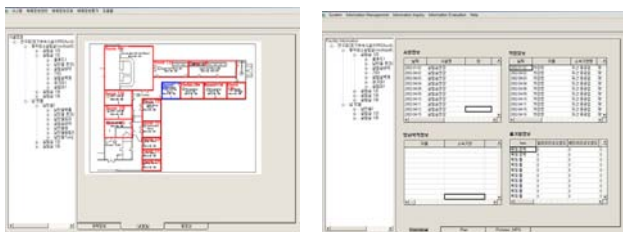
(1) 해체 시설 구분

(2) 대분류, (3) 중분류, (4) 소분류, (5) 세분류, (6)

시설물과 폐기물 구분, (7) 폐기물 수량

나. 해체 DB 정보 구현 계획 수립

연구로 1, 2호기 해체 활동에 따른 자료관리는 해체관련 시설 및 장비별 세부 정보에 의거하여 시설정보 영역, 작업 정보 영역, 폐기물 및 방사선학적 정보 영역으로 구분한 뒤 세부항목을 선정하였으며, 연구로 해체활동의 정보 분석 항목으로는 해체 비용 분석, 방사선/능 분석 그리고 해체 폐기물 정보 분석으로 구분하였다. 또한 입력 자료로는 해체 시설 정보, 작업정보, 해체 폐기물 정보 그리고 방사선학적 정보와 관련된 자료들을 관리하기로 결정하였다. 해체 데이터베이스 구조 설계 및 최적화를 위하여 해체 자료의 정규화 과정을 수행한 후 개체 관계도(ERD)를 이용하여 해체자료를 모델링 하였으며, 연구로 해체 활동에서 발생하는 자료들을 해체 DB에서 입력, 조회, 수정, 삭제하는 일련의 과정을 자료 흐름도(DFD)로 나타내었다. 해체 데이터베이스 구조는 해체 자료의 보안을 유지하기 위해 Client/Server 시스템으로 자료 구조를 설계하였으며, 해체 정보의 조회 및 출력은 Web 기반으로 설계하여 해체 관리자나 일반 사용자들이 Internet에서 편리하게 원하는 정보를 볼 수 있도록 하였다. Prototype의 설계 절차는 해체 자료 관리와 정보 분석을 할 수 있도록 출력사항을 결정하고, 이 출력 결과물을 만드는 데 필요한 입력 자료 항목을 도출하였다. 다음 그림은 왼쪽에 있는 browser를 통해 동위원소 생산실 중 132호 실험실을 선택했을 때 도면상에서 시설의 위치를 보여주고 있으며, 이 시설에서 발생된 작업자 정보와 방사선학적 및 폐기물 정보 등을 전체적으로 보여주고 있다.



다. 해체 DB Structure 구축

현재(2001년6월부터 2003년12월)까지 연구로 해체활동을 통해 발생한 해체 현장 자료를 이용하여 해체 DB Strucuter의 성능을 평가하였다. 입력된 해

체 작업 자료를 분석한 결과 오른쪽 그림에서 보는 바와 같이 2002년도 해체작업은 제염활동작업이 16(M/M), 방사선 측정 작업이 13.8(M/M), 해체활동 작업이 11.4(M/M), 준비작업이 9.5(M/M), 폐기물 관리 작업이 0.9(M/M) 그리고 작업안전관리에 관한 해체작업이 0.3(M/M) 순으로 해체작업이 이루어졌음을 알 수 있었고, 2003년도에는 해체활동작업이 11.1(M/M), 제염활동작업이 5.1(M/M), 준비작업이 4.3(M/M), 방사선 측정 작업이 4.2(M/M), 폐기물 관리 작업이 0.7(M/M) 순으로 해체작업이 이루어진 것을 확인할 수 있었다.



해체 활동에 투입된 인력에 대한 자료를 검토한 결과를 오른쪽 그림에 나타내었다. 2001년에는 중급기술자 13.2(M/M), 특별인부 10(M/M), 절단공 5.6(M/M), 콘크리트공 1.7(M/M) 그리고 현장관리 0.2(M/M), 2002년에는 중급기술자 23.4(M/M), 특별인부 13.7(M/M), 절단공 9.3(M/M), 작업반장 8.1(M/M), 콘크리트공 7.7(M/M), 초급기술자 3.7(M/M), 중급기능사 2.4(M/M), 폐기물관리사 2.4(M/M), 원자력품질관리사 2.3(M/M) 그리고 조력공 0.2(M/M), 2003년에는 특별인부 20.1(M/M), 원자력품질관리사 10(M/M), 중급기능사 10(M/M), 콘크리트공 10(M/M), 중급기술자 9.7(M/M), 폐기물관리사 9.7(M/M), 작업반장 9.2(M/M), 절단공 4.6(M/M) 의 순으로 인력이 투입된 것으로 파악되었다.



해체 방사선학적 정보에 있어서는 해체작업을 착수하기 전, 작업 중 그리고 작업완료 시점에 측정된 방사선/능 측정 자료인 작업전/후 오염검사 자료와 연구용 원자로 1, 2호기 시설, 부속시설과 부대시설의 방사선 관리 구역 내에서 정기적 또는 수시적으

로 측정된 공간 방사선량률, 공기오염도, 표면오염도 및 수중오염도에 자료를 조회할 수 있도록 구성하였다. 해체 시설별 작업 전과 후의 오염현황 자료를 오른쪽 그림에 나타내었다.

4. 결 론

해체 DB 시스템을 체계적으로 개발하기 위해서 해외 사례 자료를 수집한 후 기술 현황을 분석 하였고, 해체 DB 시스템 개발계획을 수립하였으며, 연구로 해체활동을 통해 발생하는 자료를 효율적으로 관리하기 위하여 해체 DB 정보 영역을 분류한 후, 시스템 개발 도구 및 운영환경을 설정하였다. 연구로 해체활동에서 발생하는 자료를 해체 정보영역별로 분류하여 세부항목을 도출하였으며, 자료흐름도(DFD)와 개체관계도(ERD)를 이용하여 연구로 해체 자료구조를 최적화하였다. 해체 DB 전체 프로그램을 개발하기 전에 해체 시설 정보 영역을 중심으로 Prototype을 구축하여 테스트함으로써 여러 가지 기능적인 요구사항을 도출하였다. 연구로 해체활동을 통해 발생한 해체 현장 자료를 이용하여 해체 DB 시스템의 성능을 시험한 결과 무작위로 데이터를 추출하여 집계한 결과와 잘 일치함을 확인하였다.

앞으로 현 해체 DB Structure에 해체 기술 개발에서 필수 요소기술인 해체 일정과 해체 비용 그리고 해체 폐기물 관리 비용 등을 정량적으로 평가할 수 있는 기능을 부여하여 해체 관리자가 해체 계획 및 중간평가 시 의사결정을 내릴 수 있도록 시스템을 보완할 계획이며, 현재 해체작업을 수행하면서 발생하는 해체공정, 작업분류, Work Break-down Structure 기준 등 여러 가지 자료에 대한 표준화 작업에 맞게 자료항목을 개선하여 해체 DB 시스템의 기능을 한 단계 높일 예정이다.

감 사

본 연구는 과학기술부의 원자력연구 개발사업의 일환으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] 정기정 외., "연구로 1호기 및 2호기 폐로사업 해체 계획서", KAERI/TR-1654/2000
- [2] S. Yanagihara, "COSMARD: Code System for Management of JPDR Decommissioning" J. Nucl. Sci. Technology, 30(9), 890(1993)
- [3] Y. Iguchi, "Development of a Decommissioning Engineering Support System of the FUGEN NPS" 11th International Conference on Nuclear Engineering. ICONE11-36270
- [4] "Records Important for Decommissioning of Nuclear Reactors", USNRC Draft Regulatory Guide, September 1989, Task DG-1006
- [5] The Implementation of a QA system in the BR3 PWR dismantling project; Demeulemeester Y., Massaut V., Moers S., Lefebvre A; WM99, February 8-March 4
- [6] 박희성 외., "연구로 1&2호기 해체 정보 분류 체계 및 개념적 모델링", proceedings of the korea society of information technology applications, pp 85-86, May, 2002
- [7] 박희성 외., "연구로 해체 자료구조 설계", proceedings of the korean Nuclear Society Spring Meeting, 제 9분과(A) 수명관리와 제염.해체, May, 2003
- [8] 박희성 외., "연구로 해체 DB Structure 평가", proceedings of the korean Nuclear Society Autumn Meeting, 제 9분과(B) 원자력구조, 운영 및 유지보수, May, 2003
- [9] 서중석 외., "해체 정보 및 자료의 분류 체계 확립", KAERI/CM-558/2001