

원자력시설의 해체설계에 적용되는 해체작업 예측 모델링 시스템 개발

박승국, 조운형, 문제권
한국원자력연구원 제염해체연구부
e-mail : skpark2@kaeri.re.kr

The Decommissioning Work Modeling System

Seung-Kook Park, Wn-Hyoung Cho, Jei-Kwon Moon
Division of Decontamination & Decommissioning Technology Development,
Korea Atomic Energy Research Institute

요 약

해체대상 원자력시설의 해체계획 수립 및 엔지니어링을 위한 전산 시스템이 개발 중에 있다. 한국원자력연구원의 연구로 2호기와 우라늄변환시설의 해체 활동에서 얻어진 귀한 해체 경험 정보/자료와 해체 대상 시설의 특성자료를 이용하고, 해체작업 단위 생산성 산출 결과 인자를 활용하여 해체작업 모델링 시스템(DEMOS)을 개발하였다. 이 시스템을 통해 해체 대상 원자력시설의 해체계획을 수립하고, 해체 설계를 수행할 수 있게 된다. 또한 최근의 정부 노임단가 및 해체용 장비의 소요 비용의 DB 자료가 함께 구축 되었다.

1. 서론

한국원자력연구원은 원자력시설인 연구용 원자로 2호기와 우라늄 변환시설을 국내에서 최초로 해체완료 하였다. 해체 작업 활동 동안 발생한 경험 자료와 정보는 해체 정보 관리 시스템 (DECOMMIS, DECOMMISSIONING project management System)[1] 을 통해 관리 해오고 있다. 이 시스템은 해체 작업 활동에 투입된 인력소요, 투입 장비, 해체작업의 결과 및 방사선 안전관리 활동자료와 해체폐기물 발생, 처리 및 포장 등의 관리 자료를 입력, 저장, 처리 및 출력할 수 있도록 개발되었다. 해체 작업 활동에서 발생한 경험적 정보 및 자료와 해체 대상 원자력 시설의 성격과 특성을 DB화한 해체시설 특성자료 관리 시스템(DEFACS, DEcommissioning FAcility Characterization DB System)의 자료를 이용하여 해체작업 단위생산성 산출 시스템(DEWOCS, DEcommissioning WOrk-unit productivity Calculation System)이 개발되었다. 이 시스템은 해체정보 관리 시스템(DECOMMIS)의 해체 작업 활동 결과와 해체시설 특성자료 관리 시스템(DEFACS)의 시설 특성자료를 해체대상 시설의 단위 무게, 부피 및 면적에 대한 작업자, 장비 및 관리자의 소요를 연산 처리하도록 설계 및 개발 되었다. 원자력시설의 해체계획 및 설계수립에 있어 발생 폐기물량의 예측과 해체 작업의 예상 소요 시간 및 예상 비용을 평가하기 위해 필요한 가장 기초적인 해체 작업의 단위 생산성에 대한 계수를 제공한다. 이 시스템을 통해 도출되고 평가된 자료들을 활용하여 해체설계를 수행할 수 있는 해체작업 모델

링 시스템(DEMOS, DEcommissioning MOdeling System))을 개발하였다. 해체작업 모델링 시스템은 해체 대상 시설의 특성자료와 해체 작업 단위 생산성 산출 결과 인자인 인력 및 장비의 단위 소요 시간에 가장 최신의 정부 노임기준 단가 정보와 해체용 장비의 사용료 DB 자료를 활용하여 해체 비용을 예측하고, 해체작업에 투입되는 작업자와 장비의 소요, 그리고 해체사업 관리에 필요한 관리자의 소요를 예측할 수 있도록 개발되었다.

2. 본론

해체 사업을 계획하고 있는 원자력시설의 해체대상 항목 선정에서부터 도출 예상되는 해체사업 비용 평가까지 선정된 항목에 대해 자료의 산출 업무가 관심을 가지고 있는 가장 낮은 수준에서 부터 최종 인력소요 및 비용평가를 수행하기 위한 목적으로 해체작업 모델링 시스템이 개발 되었다. 해체정보 관리 시스템(DECOMMIS)의 해체경험 정보 자료와 해체시설 특성자료를 이용하여 산출된 해체 단위작업의 생산성 산출 DB(DEWOCS-DB) 결과인 생산성 인자를 활용하고, 여기에 해체 대상 시설의 특성을 연계하여 결과로 해체작업에 필요한 작업자와 해체 사업을 수행하는 관리자의 인력 량 소요를 평가하게 된다. 아울러 같은 인자를 활용하여 해체 활동에 필요한 해체장비의 단위 사용시간을 장비의 단위 사용료와 연계하여 전체 필요장비의 사용 예측 시간 및 소요량을 평가하도록 개발하였다. 각각의 항목에 대해 평가된 비용 및

인력 소요량은 항목 분류 기준에 의거 선정된 WBS(work breakdown structure)에 맞도록 분류되고 자동 합계되어 결과를 도출할 수 있도록 하였다. 한국 원자력 연구원의 연구용 원자로 2호기 및 우라늄 변환시설의 해체 사업관리와 제염작업, 해체작업 및 해체폐기물 관리 활동에서 발생된 모든 작업 생산성 관련 정보 및 자료를 산출하고 평가하기 위해 구축된 정보 및 자료의 체계 structure를 바탕으로 사용자 환경(Graphic User Interface)을 설계하였다. 정보 및 자료의 체계 구축에서 도출된 목적시스템을 근거로 해체작업 모델링 시스템의 DBMS에 대한 개념모델링(Proto type 설계)을 활용하고 보완하였으며 Feedback을 통해 지속적으로 수정 보완 되었다. 해체작업 단위생산성 산출 시스템(DEWOCS)의 생산성 인자 자료와 해체시설 특성자료 관리 시스템(DEFACS)의 시설 특성자료를 최대한 활용하여 목적에 맞는 시스템을 개발하였고, DEFACS를 통해 도출된 해체대상 시설의 특성 관리 정보 및 자료에 대해 충분히 호환하고 연계하여 이를 대상으로 하는 DECOMMISS의 자료와의 처리된 비교 값 산출에 문제가 발생되지 않도록 구축하였다. 앞으로 최종적으로 개발될 해체엔지니어링 시스템의 개발 목적인 기존의 실제적인 해체활동에서 발생된 경험적 해체작업 단위생산성 산출 값을 활용하여 추후, 또는 다른 원자력시설의 제염, 해체 계획 수립에 기초자료로 활용하고자 하는 목적의 달성을 이룩하게 되는 것이다.

게는 그대로 해체작업 모델링 시스템의 항목으로 연계되어 대상 항목이 가지고 있는 특성 값으로 함께 불러오게끔 설계되었다. 선정된 항목의 코드 또한 함께 불러 오게 되는데 코드의 선정은 실제 해체경험 자료 및 정보를 관리하는 해체정보 관리 시스템(DECOMMIS)의 항목선정에 따른 코드를 기준으로 부여되었다. DECOMMIS와 DEFACS의 항목에 부여된 시설코드, 작업코드 및 WBS 코드와의 연계성을 구축하고, 모델링 시스템 항목에 대한 코드를 산정하였다. 이는 실제 해체 경험에서 도출된 단위생산성 인자와 모델링 후 평가되는 단위 생산성 값을 언제든지 비교, 평가 할 수 있도록 하기 위함이다. 항목은 선정된 해체 대상 원자력시설 별로 대분류, 중분류, 소분류 그리고 세분류로 분류되었다. 대분류는 주로 건물별로, 중분류는 격실, 층 또는 독립된 건물, 소분류는 호실 또는 시스템별로 그리고 세분류는 장치류나 구조물을 대상으로 구분하여 분류하였다. 이 분류된 항목은 다시 크게 시설코드와 WBS 작업코드로 구분된다.[2] 항목의 선정에 있어서 우선은 가시화 되어 있는 시설물을 기준으로 분류하였으나 이러한 시설물 대상이 아닌 software적인 활동에 대해서는 독립적으로 선정을 하였다. 독립적으로 선정된 항목이 가지고 있는 특성자료는 시설이 가지고 있는 특성자료와 다르기 때문에 단위는 1식으로 선정되었다.



그림 1. 해체작업 모델링시스템 GUI

2.1 항목선정 및 코드관리 시스템

해체 작업 모델링 시스템을 통해 평가하고자 하는 해체 대상 시설에 대한 항목의 선정은 직접 모델링 시스템에서 이루어 지지 않고 해체시설 특성자료 관리 시스템(DEFACS)에서 입력되어 진다. DEFACS에서 새로운 해체 대상 시설의 항목을 선정하고 그 항목의 특성 자료를 조사 후 입력되어 지면 요구된 처리과정을 거쳐 그 결과로 특성자료의 계산 값이 산출되어 지게 된다. 이 결과, 해체 대상 시설의 물리적 특성 값인 규격, 부피, 면적, 무

2.2 입력시스템

해체작업 모델링 시스템은 그림 2에서 보는바와 같이 해체시설 특성자료 관리 시스템(DEFACS)의 입력, 저장, 관리하고 있는 해체 대상 시설의 자료와 도출된 해체작업 단위 생산성 인자를 불러와서 계상하기 때문에 별도의 입력시스템은 운영하지 않고 있다.

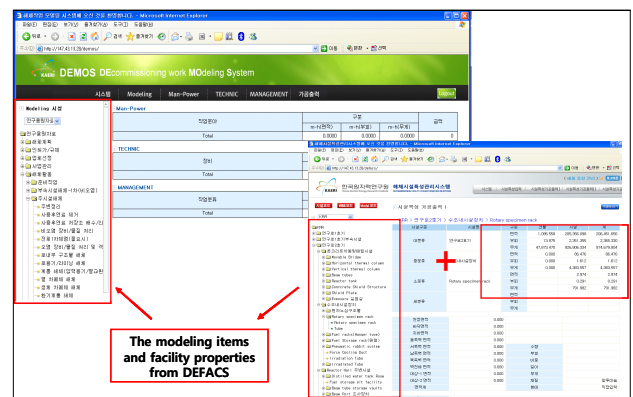


그림 2. DEFACS와 연계된 대상 항목 선정

다만, 두 시스템에서 불러올 수 없는 요구되는 자료나 항목은 직접 입력할 수 있게끔 보완 되었다. 또한 도출 요구

되는 인자의 수정을 위해서는 상기 두 시스템에서 입력이 되면 자동적으로 이 시스템에서 변경된 값을 도출, 출력할 수 있고 이 또한 직접 입력하면 수정이 될 수 있도록 구축되었다.

2.3 모델링 시스템

대상시설에 대한 작업인력 소요, 장비사용, 제염 및 해체기술 적용 시간, 독립적인 해체 활동 소요의 평가 대상인 해체 단위작업 생산성 인자 값을 제공하는 항목을 선정하였다. 작업인력 소요는 선정 항목별로 전체와 작업자 특성으로 구분하였다. 작업자 특성은 해체작업자(DC), 제염작업자(DT), 방사선안전관리자(RC), 폐기물관리자(WR)와 품질관리자(QL), specialist(TS)와 같이 작업자 분야로 구분하였다. 이들 각각의 작업자 분야 특성에 따라 해체 대상 시설의 단위 무게, 부피 및 면적에 대해 작업자의 예상 단위 소요시간을 해체작업 단위 생산성 산출 시스템에서 불러와서 계산을 하게 된다. 이때 인위적인 요소나 환경요소에 따라 가중치 값을 더하거나 덜하여 산정할 수 있게 하였다. 산정된 값은 자동으로 합계가 되어 대상 항목에 대해 분야별 작업자 소요시간과 함께 값을 함께 보여 준다. 도출된 단위 소요 시간에 정부에서 선정한 단위 시간당 정부노임단가를 곱하고 그 해체 대상 항목이 가지고 있는 시설 특성 값을 곱하여 비용을 평가하게 된다. 평가된 인력소요량과 비용은 초기항목 선정 화면 중에서 작업자 소요 화면에 나타나게 된다.

위의 그림 3.에서는 작업자 소요 모델링에 있어서 적용된 단위생산성 인자의 결과 값과 가중치, 정부노임단가의 DB 값을 적용한 화면을 보여주고 있다.

장비 및 기술 모델링 선정 부문에서는 작업자 소요 모델링과 같은 원리로 구성되었다. 해체 경험에서 발생되고 가공, 평가된 장비사용 및 기술사용에 대한 장비 종류에 대해 단위 무게, 면적 및 부피당 사용 시간을 산정한 값을 적용하였다. 제염, 해체 기술적용 시간은 크게 제염, 해체 기술, 측정/감시 기술, 폐기물관리 기술 및 기타 기술로 구분되었다. 이를 다시 나누어 제염, 해체기술은 44개 항목, 측정/감시기술은 27개 항목, 폐기물관리 기술은 18개 항목과 기타 기술 1개 항목으로 구분되었다. 산정된 결과 값에 정부에서 고시한 장비의 시간당 손료를 곱하여 해당 시설 및 해당 공정에 투입된 장비의 사용 예측 시간 및 사용 비용을 산정하게 된다.

사업관리 모델링 항목에서는 연구로와 우라늄 변환시설의 해체사업 활동 자료를 활용하여 산정된 해체작업 생산성 인자값을 반영하여 작업자 인력의 소요 및 비용의 산출과 같은 방법으로 관리자 인력 소요량과 비용을 평가하였다. 독립적인 활동은 해체작업, 제염작업, 방사선 관리작업, 폐기물관리 작업, 품질관리작업, 업무개발 및 사업관리로 구분되었다. 해체작업은 19개 항목, 제염작업은 17개 항목, 방사선/능 관리 작업은 19개 항목, 폐기물관리 작업은 14개 항목, 품질관리 작업 10개 항목, 연구개발 12개 항목과 사업관리 13개 항목으로 세분화 하였다. 그 외 option 항목을 통해 다수의 독립된 해체 작업의 항목에 대해 추가로 선정하였다.

평가된 모델링항목에 대한 인력 및 장비의 소요량과 비용, 사업관리 인력소요량과 비용은 상위 그룹의 항목으로 자동 서열 및 집계가 되며, 각각의 독립된 항목의 모델링에 대해서는 가공출력 창을 통해서 선택된 항목에 대해서만 모델링 평가를 수행 할 수 있도록 하였다.

3. 결론

아래 그림 4의 해체 엔지니어링 시스템의 개발 개념에서 보는 바와 같이 해체시설 특성자료 관리 시스템(DEFACS)과 해체작업 단위생산성 산출 시스템(DEWOCs)를 이용한 해체작업 모델링 시스템(DEMOS)을 개발하였다. 해체작업의 단위생산성 인자와 해체대상 시설의 특성자료로부터 해체작업 항목을 선정하고 시설 특성 자료 값을 연계하여 도출하고 여기에 정부노임단가와 장비 사용료의 DB를 활용하여 해체설계에 반영할 해

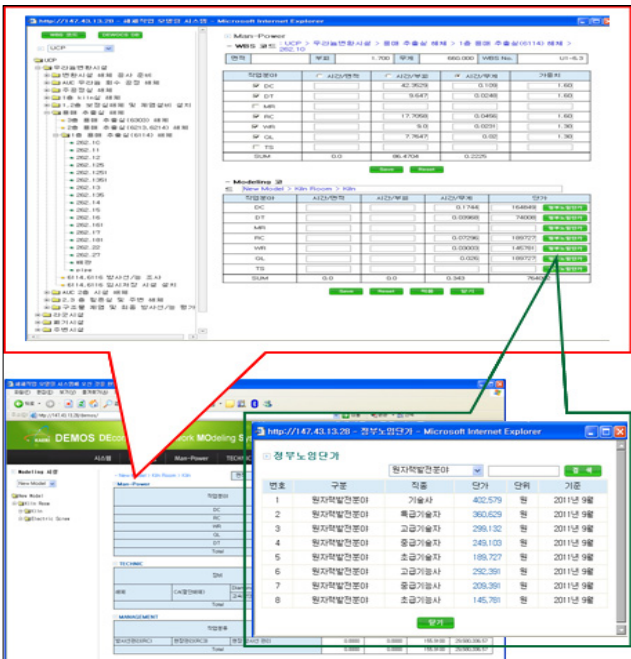


그림 3. 단위생산성 인자와 정부노임단가를 적용한 화면

체 예상 비용과 소요 작업자 및 관리자의 양을 도출할 수 있는 시스템을 개발하였다.

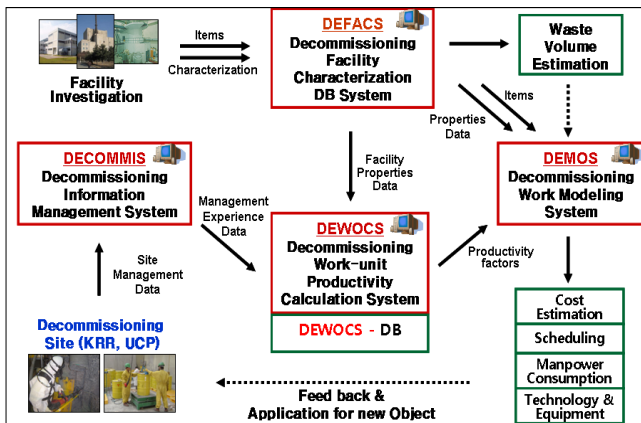


그림 4. 해체 엔지니어링 시스템 개념

이 시스템을 이용하여 현재 원자력발전소의 시설 특성 조사를 수행하고 있으며 추후 이 시스템을 이용하여 원자력발전소의 해체비용을 예측 평가할 예정이다. 이 시스템은 국내뿐만 아니라 해외의 원자력 시설 해체설계 및 해체계획의 수립에 적용될 것이다.

참고 문헌

[1] PARK, J. H., et al., Development of the Decommissioning Project Management System DECOMMIS, Rep. KAERI/TR-3401/2007, Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon (2007)

[2] PARK, S. K., JI, Y. H., Establishment on the classification scheme for the Evaluation System of the Decommissioning Information and Data, Rep. KAERI/TR-3996/2010, Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon 2010