

APR1400 RCB 해체 공정 개발

정영규*

한국전력기술(주), 경상북도 김천시 혁신로 269

*youngkyu8@kepco-enc.com

1. 서론

우리나라는 1978년 고리 1호기가 첫 상업운전을 시작으로 2017년 영구정지하게 된다. 영구정지 후 핵연료를 제거하고 5년 동안 냉각기간을 갖는다. 이 시기에 해체 준비 단계로 해체공정표를 작성해야 한다. 이는 해체 계획 수립에 중요한 작업으로서 원전운전이력, 방사선 재고량 평가를 통한 물량 산정 등을 고려하여 일정을 개발하여야 한다.

우리나라는 APR1400(PWR) 8기가 건설 또는 건설 준비 중이다. 건설단계는 최초 콘크리트 타설부터 준공까지 55-60개월이다. 해체 순서는 통상적으로 건설의 역순으로 생각할 수 있다. 우리나라는 해체 경험이 없고 기초자료가 부족하므로 원전건설 시공 IPS(Integrated Project Schedule)로 해체 Activities를 도출하였다. 일정 개발 시 불확실한 요소가 많기 때문에 해체 Activities를 공종에 맞게 분류, Activity별 해체 물량 산정, 작업난이도인자 등을 고려하였다. 또한 원자력 발전소 건물 중 임계경로가 되는 즉 제염, 절단, 작업 난이도 등을 고려할 경우 해체공정기간이 가장 긴 원자로 건물을 대상으로 공정개발을 하였다.

2. 본론

APR1400 해체공정 개발은 신고리 5,6 시공관리 기준공정표[1]를 가지고 원자력발전소 해체시 작업 시간에 영향을 미치는 작업난이도인자 등을 고려하여 RCB(Reactor Containment Building) 해체 업무를 단위작업으로 세분화하여 단위작업간 연관관계 및 일정계획에 따른 업무수행을 분석하여 공정현안 및 대책 수립을 위한 기준을 제시하고자 한다.

2.1 해체 단위공정 Activities 작성

해체 단위공정별 Activities는 원전 건설사업의 시공업무를 관리 가능한 단위작업으로 세분화 시킨 시공관리기준공정표를 가지고 도출하였다. RCB 해체 공종별 단위공종은 36개로 구분가능하고 Activities는 총 228개를 도출하였다.

Table 1. Dismantling Activities by work type

공종	단위공종	Activities
Architectural	3	9
Civil	3	27
HVAC	4	16
Electrical	3	13
Instrument	2	6
Cable	4	15
NSSS	6	52
Pipe	6	50
Structural Steel	5	40
합계	36	228

2.2 해체 물량 추정

해체 물량 추정은 기초자료 부족으로 건물 콘크리트 경우 Forsmark Unit 1[2]의 해체 물량 기준으로 발전 용량비 비율로 추정하였다. Forsmark Unit 3 발전용량 1230 MW와 APR1400 발전용량 1400 MW 비율 1.13를 적용하였다. 또한 주기기 및 일반기 경우 해외 해체 사례를 참조하여 추정하였다.

2.3 작업난이도인자(Work Difficult Factor)

작업난이도인자(WDF)는 업무지침, 해체작업에 대한 준비상태, 인력의 지식, 숙련도 및 경험에 크게 영향을 받기 때문에 큰 차이가 있을 수 있다. 이에 AIF/NESP[3] 보고서의 단위비용인자를 활용하여 작업난이도인자를 고려하였다.

Table 2. Work Difficult Factor

No	작업난이도인자(WDF)	비율
1	접근성(Height)	10-20%
2	호흡보호구 (Respiration Protective)	10-50%
3	방사선(Radiation/ALARA)	10-40%
4	방호복(Protective Clothing)	10-30%
5	휴식인자(Work Break)	5-10%

따라서 작업난이도인자를 적절히 분석 및 조정하여 작업기간을 고려하여야 한다. 조정작업기간은 5가지 인자를 3가지 부류로 구분 산정할 수 있다.[3] 조정작업기간 = 순작업기간 * (1 + 접근성 인자 + 호흡보호구 인자 + 방사선 인자) * (1 + 방호복 인자) * (1 + 휴식인자)

2.4 작업자 소요시간

작업자 소요시간은 작업 범위, 도구, 생산성에 따라 가변적이지만 DOE에서 제시하고 있는 해체 일반기기 제거, 콘크리트 파쇄, 강구조물 제거에 걸리는 작업자 소요시간은 다음과 같다.

Table 3. Working time by item

No	항목	작업자 소요 시간
1	일반기기제거	40 manhour/ton
2	콘크리트파쇄	1.2 manhour/ ft^3
3	강구조물제거	3.6 manhour/ton

2.5 Activity별 소요기간

위의 산정기준에 의한 물량을 이용하여 각 Activity별 소요기간을 산정하였다. 각 Activity별 소요기간 = 해당물량 * WDF

2.6 철거순서

국내에는 원전 해체 경험이 없는 현실을 고려하여 주기기 경우 위험도가 낮은 작업부터 철거한다. 철거 순서는 SG, RCP, Pressurizer, RVI 세절, RV 철거 공정 순으로 철거한다. 일반기기의 경우 밸브/HVAC DUCT/배선, 모터/펌프/HVAC, 매립매관/전선관, 작업구역 철거 순으로 철거한다. 건물의 경우 Top-Down 방식 철거공법을 적용하여 Cavity 배수 및 청소작업 착수시점부터 RCB 지붕 콘크리트 철거 작업부터 위에서 순차적으로 파쇄 한다.

2.7 해체공정

위에서 선정한 소요기간 산정과 철거순서를 바탕

으로 상위 위계구조를 이루는 주요 Activities들을 도출하고 주요 Activities간의 연계관계를 고려한 APR1400 RCB 해체 공정은 Fig. 1과 같이 Primavera Software를 이용하여 구현하였다.

3. 결론

본 논문에서는 APR1400 원자로 건물 시공 IPS Activity로 해체 Activities 도출하고 해체물량을 추정하였으며 각 Activity별 소요기간을 작업난이도 및 작업자 소요시간을 고려하여 총 소요기간 71개월의 공정으로 개발되었고 Activity간 연계관계도 고려하였다. 그러나 사업의 특수성, 제염 및 해체 기술에 따른 공기, 인력, 장비 등 다양한 변수가 존재하므로 불확실한 요인들에 대한 추가적인 일정 분석이 필요하다. 또한 계층구조인 WBS 개발에 의한 Activities 도출 및 정확한 해체물량 정보로 의한 일정 개발이 필요하다.

4. 참고문헌

- [1] 신고리 5,6호기 시공관리기준공정표(Rev.0), KEPCO E&C.
- [2] Ake Anunti et al., Decommissioning Study of Forsmark NPP, Westinghouse Electric Sweden AB, June 2013.
- [3] AIF/NESP-036 "Guideline for Producing Commercial Nuclear Power Plant Decommissioning Cost Estimates, May 1986.

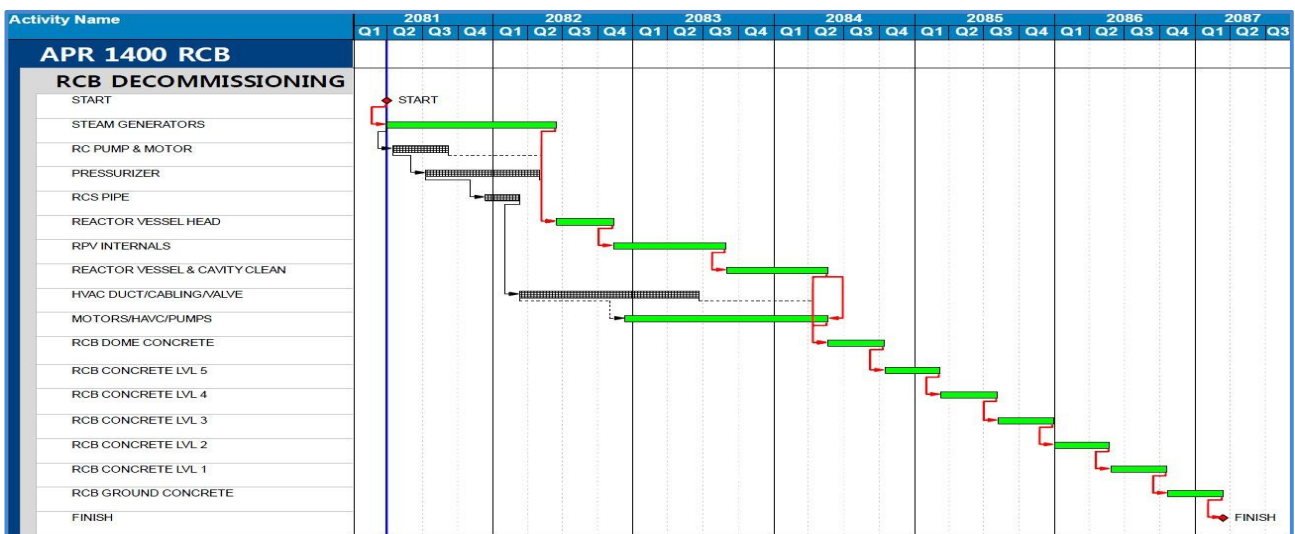


Fig. 1. APR1400 RCB Decommissioning Schedule.