

# 원전 콘크리트 구조물의 해체 처리전략 고찰

정철영\*, 김민수, 장동규, 박정원, 임석남  
 (주)액트알엠티, 대전광역시 유성구 테크노1로 11-3  
 \*jcy6535@naver.com

## 1. 서론

고리 1호기는 가압경수로형(PWR)으로써 약 40 년 간의 상업운전을 마치고 영구정지 이후 약 5 년의 냉각 과정을 거쳐 해체 될 전망이다. 원전해체는 1960년대초 미국으로 부터 시작 되었으며 2015년 기준 전 세계적으로 가동 원전 438기 중에서 가동연 수 30 년 이상 원전의 비율이 51%에 달하며, 2050년까지 약 2,600억\$(약 260조원) 규모의 해외 해체시장이 형성될 전망이다.

기간	'11~ '20	'21~ '30	'31~ 40	'41~ 50	합계
해체원전(기)	142	205	52	32	431
금액(억\$)	684	1,434	319	188	2,625

우리나라는 2000년대초 연구용 원자로 Triga Mark II & III를 해체 한 경험이 있다. 원자력발전소 구조물의 대부분을 차지하는 콘크리트는 Main Yanky NPP(PWR, 미, 1997년 8월 폐쇄후 즉시해체, 2005년 건물 부지 무제한 개방)의 경우 원전해체시 총 발생되는 폐기물량 중의 66.46%에 해당되며 그중 방사성폐기물콘크리트(RWC)는 40.48%이고 비방사성 폐기물콘크리트(NRWC)가 25.98%으로 평가되었다.

콘크리트구조물의 해체처리 과정에서 중요한 핵심은 방사화 및 방사성오염콘크리트(RCC)만을 절단분리하여 RWC로 처분하는 것이다. 절단부위의 결정을 위한 최적의 대표시료 샘플링과 방사선(능)측정, 분석, 평가결과의 적용, 콘크리트 절단과 Scrapping 기술, 해체 전후 콘크리트 하중을 고려한 취급, 처분포장을 위한 철근과 콘크리트의 파쇄분리, 절단물의 규격화, 간이운반, 방사선방호 및 작업환경의 방사선안전 감시활동, 발생 분진의 확산방지, 처분을 위한 포장용기 및 공정개발, 반출 Control Point운영, 처분장으로의 운송, NRWC의 자체처분 절차의 마련과 인증의 취득이다.

## 2. 본론

### 2.1 개요

원자력 발전소 철근콘크리트(FC)는 방사선 차폐, 건물 구조물, 발전소 계통(원자로 냉각재와 그외 보조계통)의 기기 지지대의 구조물로 축조되고 격납건물 내벽은 도

색된 Liner Plate, Refueling Cavity에는 S/S Liner Plate가 건물기기실 콘크리트 바닥과 벽면에 펌프 및 탱크, 배관, 전기기기 지지를 위한 Embedded Plate가 설치되어 있고 격납건물, 보조건물, 방사성폐기물처리 건물 등 방사선관리구역 통로의 바닥면은 Epoxy Coating이 되어있다. 방사선 차폐용으로 사용된 원자로 주위 콘크리트구조물의 초기강도는 4000~5000 psi 정도이나 운전중 원자로에서 누설된 중성자속(Neutron Flux)밀도에 의존하여 콘크리트 강도와 방사화 정도의 차이를 보이며 이는 콘크리트 해체절단 소요시간과 RWC의 발생량에 영향을 미친다.

원자로 냉각재에 존재하는 Mn-54(반감기300일) 등 방사화 생성물과 Cs등의 핵분열 생성물이 누설이나 안전 계통의 작동에 의하여 계통의 외부 환경으로 유출되어 기기 장치대, 기기실 바닥, 벽 등이 오염되고 RWC의 발생량의 증가원인이 되므로 사전 방사선준위 Survey 및 제염시에 고려되어야 할 사안이다. 원자로 주변 철근(Rebar, φ55 mm)콘크리트 구조물은 구성 원소의 방사화에 따라 주로 Co-60(반감기5.3년), Eu-152(반감기13.6년), Eu-154 (반감기8.8년)등의 방사성핵종이 생성되어 베타 및 감마선을 방출한다<Fig. 1>.

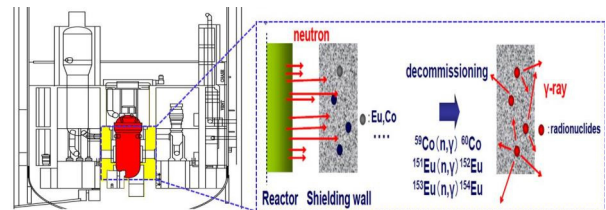


Fig. 1. Bioshield concrete structure surrounding the reactor(left), neutron activation mechanism(right) ref. KHNP CRI.

### 2.2 배경기술

FC 해체를 위한 핵심기술요소<Table 1>는 방사화 및 오염된 방사성콘크리트(RCC)와 비오염 콘크리트(NCC)의 구분, 폐기물 감용, 제염해체와 처분을 용이하게 위한 규격화 절단, 준비계획 수립 및 처리 기술 등이다. FC절단 기술로는 Diamond Wire Saw (DWS) 등이 사용되고 있으나 절단 과정에서 발생하는 분진과 Wire냉각시 2차 방사성 폐기물의 발생(습식>건식) 방지대책 기술도 필요하다. RWC의 감용을 위하여 물리 화학적 제염처리 기술 개발과 샘플링의 최적화 기법, 분석 평가기술이 요구된다.

아래에 콘크리트 구조물 해체처리 개략도<Fig. 2>를 도식하였다.

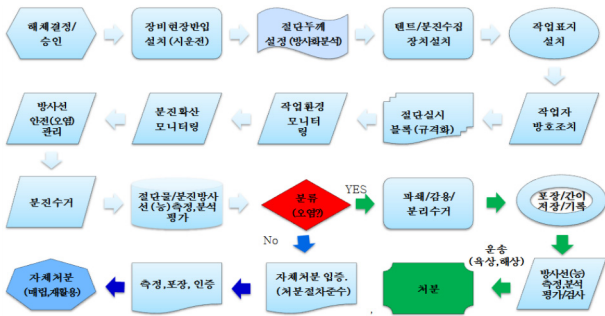


Fig. 2. A schematic diagram of concrete structure dismantling process.

원자력발전소 FC해체 처리를 위한 Action Plan에는 관련 절차와 기술인증의 획득과 국민적합의(PA)를 도출하는 방안, 해체절단 장비의 선정 및 현장 적용의 가능성, 해체콘크리트(NRWC, RWC)간이저장, 이송, 문서처리, 인허가 등 제반 Activity Package 별 Program을 포함하여야 한다.

Table 1. key elements of concrete structure dismantling process

구분	핵심요소(포함내용)
준비단계	1. 절단기술(장비, 인력, 경험) 2. 절차확보(기술보고서 등) 3. 기술력 인증, 인허가, PA
해체절단 계획수립 단계	1. 해체절단 장비의 종류 및 효용성 2. 장비의 현장설치 가동운영 적절성 3. 장비의 오염 방지 및 제거대책 4. 발생분진 처리 방법 5. 2차 폐기물 발생 저감화 대책 6. 방사화분석 결과의 적용 7. FC 오염부위 최소화 적출방안
RWC 처리단계	1. 인도, 취급, 적재하중, 규격화 및 포장 2. 절단, 파쇄, 감용, 분말처리 3. 제염, 운송, 간이저장, 구획관리 4. Control Point설정운영 5. 방사선(능)측정, 평가결과의 기록, 표시
NRWC 처리단계	1. 자체처분 관련기준 입증 2. 자체처분절차 수립(정책 및 전략) 3. 매립, 재활용 대책

### 2.3 콘크리트 구조물의 해체 처리전략

FC 해체 절단계획 추진을 위한 의사결정이 확정되어 승인되면 준비단계에서 마련된 절차와 시행 Plan에 따라 콘크리트의 방사화 분석 결과에 의거 절단부위를 확정하여 원하는 곳을 명확히 절단이나 Scrapping이 가능한지 장비의 Setting과 기술력의 실현 가능성을 사전 진단하고 시행에 착수한다. 작업과정에서 예상되는 분진과 2차 폐기물의 발생대책, 구획 및 작업

환경 보전, 방사선 방호대책 체계를 확립한다. 절단 해체된 콘크리트는 방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한규정(원자력 안전위원회 고시)과 처분장 인수조건을 고려하여 처리한다. 필요시 절단된 RWC는 포장을 위한 규격화 및 폐기물 감용 처리를 위해 물리 화학적 방법 등을 적용하여 제염을 실시한다. 해체 콘크리트 중 자체처분 기준에서 정한 자체처분 허용농도 또는 허용선량을 만족한 규제 해제준위의 NRWC는 규제해제 절차를 거쳐 재활용을 위한 전략을 수립한다<Fig. 3>.

해체 절단콘크리트 처리, 처분전략				
방사성콘크리트		비방사성콘크리트		
제염		블록(규격화)		
철근콘크리트	콘크리트	간이저장		
파쇄,분리(1안)	블록(규격화)(2안)	블록(규격화)	포장	
감용	간이저장	간이저장	운송	
간이저장	포장	포장	매립	재활용
포장	운송	운송	처분	처분
운송	처분	처분		
처분				

Fig. 3. A strategy of dismantling concrete treatment and disposal for (examples).

### 3. 결론

원자력발전소 FC구조물의 해체처리는 오염된 부분의 최소한의 적출 절단과 Scrapping할 부위를 판단 할 수 있는 방사선(능)측정, 분석평가 역량을 확보하고 Feed Back된 평가결과를 적용하여 해체 절단이 가능한 장비의 개발 및 RWC와 NRWC로 분류하여 처분을 할 수 있는 관리체계 구축이 필요하다. 처분(포장)용기와 포장공정 및 적재하중을 고려한 취급, 운송 절차, 특히 다량의 NRWC를 재활용하는 방안의 연구가 필요하다.

### 4. 참고문헌

- [1] 원자력안전위원회 고시 제2014-003호 (방사성 폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정).
- [2] U.S. DOE's OST(ref. #2107).
- [3] 2015 World Nuclear Industry Hand Book, 2015.