



특장

# 원전용 대용량 특수 크레인의 개발

원 유 선

한국중공업(주) 기술본부 운반설계부 차장



**원**자력발전소의 핵심 기기 중 컨테이너먼트 돔 내부에 설치되는 스팀 제너레이터, 리액터 베셀, 핵연료 취급 케이스 및 터빈 제너레이터 등의 대용량 물체를 설치 및 정비 보수하기 위하여 인양·이송 과정에 필수적인 폴라 크레인(Containment Polar Crane), 핵연료 빌딩 크레인(Fuel Building Crane) 및 터빈 빌딩 크레인(Turbine Building Crane)은 기술 특성이 난이하고 품질이나 사용에 따른 신뢰성 확보 등 모든 분야에 완벽을 기하여야 하는 관계로

천정 크레인의 정수라 할 수 있다.

그 동안 고리 1·2호기 ~ 울진 1·2호기까지 해외 전문 업체에서 설계·제작·공급하였으며, 국내 업체의 경우 이 과정에서 단순 부품에 한하여 설계 도면을 제공받아 제품 제작에 참여한 실적이 전부였다.

이런 환경 조건하에서 우리의 기술로 제품 개발의 필요성을 느끼게 되었고, 결국 원자력 크레인 분야의 기술 자립의 결실을 맺게 되었다.

주요 개발 성과 및 내용을 소개하고자 한다.

### 경수로형 컨테이너먼트 폴라 크레인 개발

한국중공업은 1970년대 초부터 국내외에 공급한 350여대 이상의 각종 크레인의 설계·제작·시운전 경험을 통하여 축적된 기술력을 바탕으로 1987년 10월 영광 원자력 3·4호기 폴라 크레인의 국산화 및 기술 자립 계획을 입안하고 기술개발팀을 구성하였다.

영광 3·4호기의 발전 용량이 1,000MWe인 한국형 표준 발전소로 추진되어 폴라 크레인의 정격 용량이 700톤으로 선행 호기인 영광 1·2호기(400톤) 및 울진 1·2호기(380톤)보다 규모가 엄청나게 크고 안전이나 신뢰성 측면에서 개발해야 할 난제들이 많아 이들을 해결하기 위하여 GTSTRUDL이라는 전문 컴퓨터 프로그램을 이용, OBE·SSE 지진 등 각각의 조건상태에서의 강도 계산과 변형에 대하여 시뮬레이션 결과를 그래픽화하여 확인하였다.

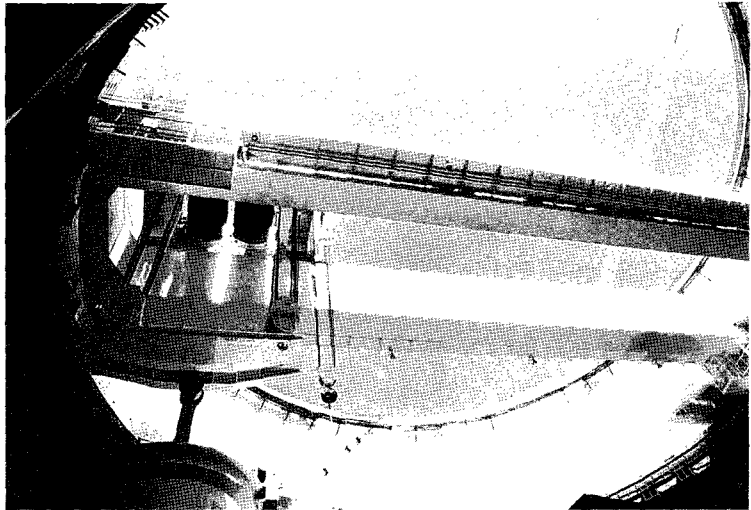
크레인 레인에 미치는 하중을 입력 조건별로 구분하여 컨테이너먼트 돔에 영향력이 최소가 되도록 하였고, 주행 레일이 원형임을 감안하여 크레인 사용 중 임의의 한 방향으로 쏠리지 않고 자체적으로 균형을 유지하도록 하기 위해 주행 휠을 원추형으로 채택하였다.

LC A(LCSS CF CCLANT A IDENT)시 상승 온도 285°F를 고



려하여 크레인의 수축 및 팽창에 대하여 휠 폭을 광폭 처리하였고 MAXIMUM CRITICAL LOAD 인양시 정확한 중량 감지를 위하여 측정 오차가  $\pm 0.5\%$  이내가 되고 미세 작동 필요시 수직 방향으로 1/1000 인치까지 이동 조정을 하거나 인양 하중을 회전할 필요가 있을 시 원거리에서 별도의 조정 장치를 이용하여 안전하고 용이하게 작동할 수 있도록 특수 목적의 기기를 적용하였다.

각 기능별 감속기는 이음 발생을 최소화하기 위해 기어 및 피니언 치면을 연마 가공하여 품질을 향상시켰고 주작업 트롤리(CPERATICN TRCLLEY)에는 추가적인 이중의 안전 장치(EXTRA SAFETY & MCNITCRING SYSTEM)를 적용하여 인양 하중이 정격 용량의 125% 이상이거나 리미트 스위치류의 고장 등으로 인하여 BCTTCM BLC K이 UPPER BLC K에 직접 접촉하여 정격 용량의 125% 이상의 토크가 발생하면 이를 감지하여 드럼에 별도 구비된 밴드 브레이크가 작동하여 즉시 정지토록 하였으며, 오버 스피드나 전원이 나갔을 때 안전하게 유지토록 고려하고 감속기나 각 구동 부분의 파손 등으로 인한 고장시 이를 즉시 제어하도록 하여 이상 사태가 발생되면 어느 부분에 어떠한 결함이 원인인지를 운전자와 점검자가 용이하게 식별할



울진 3호기용 플라 크레인. 크레인의 국산화 성공에 따른 수입 대체 효과는 후속기 4대를 포함 약 270억 원이며 명실공히 국내 기술의 자립과 이 분야 기술의 국제적 인증의 계기가 되었다.

수 있도록 모니터링이 구비되었다.

주작업 트롤리의 인양 구동 부분은 이중 브레이크를 적용하고 구동부의 윤활유 등이 하부로 떨어지지 않도록 윤활유가 내장된 부분을 오일받이를 설치하는 등 세심한 주의를 고려하였고, 지진 발생시 크레인이 레일에서 이탈되지 않도록 SEISMI RESTRAINTS를 트롤리와 브릿지에 각각 적용하였다.

이러한 사항 이외에 사용시 편리성이나 안전을 위하여 각 분야별로 각종 안전 장치가 고려되었으며 무엇보다도 신뢰성 측면에서 완벽에 가깝도록 개발 과정에 세심한 주의를 기울였다.

자체 개발 과정상에 설계·제작 및 성능 시험 등 여러 어려운 난제가 있었으나 이를 극복하고 자체 공장에서 성능 시험을 완료하여 자체

기술 능력을 확보하고 국내 최초로 국산화를 이룸으로써 완전 설비 국산화 개발의 이정표가 되었다.

국산화 성공에 따른 수입 대체 효과는 후속기 4대를 포함 약 270억 원이며 명실공히 국내 기술의 자립과 이 분야 기술의 국제적 인증의 계기가 되었다.

개발 완료 후 후속기인 울진 3·4호기 및 영광 5·6호기는 기본 규격이 영광 3·4호기와 동일하나 원전 보수/유지시 LC A에 대비하여 돔 상부에 장착되어 있는 스프레이 파이프 및 노즐류 등을 점검하는 기간이 과다 발생되었다.

이를 개선기 위해 크레인 거더상에 ELEVATING WORK PLATFORM을 추가로 장착하여 발전소의 정기 보수/점검 시간을 대폭 단축하였고, 점검에 따른 안전 사고 예방 및 편리

성을 추구하였다.

영광 5·6호기는 설치시 크레인 거더 부분의 자중이 커서 국내 보유 중인 링거 크레인으로는 완전 조립된 상태로는 설치 장비의 용량 부족으로 인하여 인양할 수 없어서 거더 부품을 해체한 후 돔 상부에서 재조립해야 하므로 운전 건설 및 시공 기간이 과다 소요되는 단점을 개선키 위해 국내에 보유중인 링거 크레인의 인양 능력을 고려하여 거더 조립 상태의 각각의 부품별로 분해 및 분석하여 가장 중량 감소 효과가 큰 거더 부분을 고강도로 구조 용강으로 전화하여 일반 사용 여건 및 지진 조건 등에서 재해석하고 이를 반영함으로써 기개발하였던 영광 3·4호기 대비 약 78톤의 중량 감소를 이루어 플라 크레인의 설치 및 시공 기간을 단축하는 성과를 이룩하였다.

**핵연료 빌딩 크레인 개발**

핵연료 건물에 설치되는 크레인 으로 선행 호기의 영광 1·2호기의 모든 계약 조건이 미국 규격 기준으로 모든 전장품류를 수입 적용하였으나 영광 3·4호기 수행시 국내 전장품을 적용하여 완전 국산화를 이룩하였다.

건물 내 설치되는 소형 운반물을 보다 신속하게 운반하기 위해 보조 인양 장치를 추가하여 운영상의 경

제성을 도모하였고, 지진 발생시 안전을 고려하여 내진 설계를 적용하고 건물 내 설치되는 핵연료 취급 설비와의 운전중 충돌 방지를 위한 안전 장치를 고안 및 장착하여 장비의 신뢰성 및 안전성 향상을 도모하고 보수·유지시 발생될 수 있는 부품 수입을 배제한 완전 국산화를 이룩하였다.

**중수로용 터빈 빌딩 크레인 개발**

월성 2·3·4호기 터빈 빌딩 크레인의 경우 캐나다로 수입해야 했던 선행 호기 대비 정격 용량이 30톤 증가한 310톤인 반면에 건물은 선행 호기의 동일한 조건으로 요구되어 각종 건물 및 토목 설계가 전면 수정되어야 하는 막대한 설계 변경이 요구 되었다.

이에 따라 제반 사용 여건을 고려한 최적 설계를 통하여 크레인 중량을 감소시켰고, 로프 리빙 방법 개선 등의 혁신적인 아이디어를 도입한 특수 설계로 각종 제약 조건인 전체 중량, 차륜 하중 및 건물 치수 제한 등의 조건을 극복함으로써 건축 및 토목 설계 변경 없이 프로젝트를 수행 가능토록 함으로써 제약 조건 해결 불가시 예상되었던 외국사로부터의 기술 도입 또는 부품 수입을 배제하고 원전 건설 공기 단축을 이룩하였다.

모든 계약 조건이 캐나다 규격 기

준이었으나 동등 이상의 국내 생산 가능 재질로 설계 및 제작하여 향후 보수·유지시 발생될 수 있는 부품 수입을 배제함으로써 자체 기술 능력을 인정받고 기기 국산화를 이룩하였다.

**수상 소감**

국가 경제의 초석인 기간 산업의 중추적인 발전소를 만드는 회사인 한국중공업에 입사하여 18년간 운반 하역 설비류의 설계 및 개발을 수행해 오면서, 특히 고신뢰성과 안전성이 요구되는 원자력 발전용 크레인의 기술 자립 및 국산화를 이룩한 것에 큰 자긍심을 갖는다.

그간 노력하여 개발된 우리의 기술로 원자력 크레인의 전문야를 국산화하여 외국사보다 현저하게 낮은 가격과 높은 품질로 기술을 인정받는 결실을 맺게 되었다.

앞으로 부족한 능력이지만 보다 나은 품질 개선과 가격 경쟁력을 위한 기술 개발에 노력하여 현재 추진 중인 차세대 원자력발전소의 개발에 주력코자 한다.

개인적으로 이렇게 큰 상을 받을 수 있도록 지원을 해주신 회사 관계자 여러분과 어려운 여건하에서도 기술 개발에 많은 배려와 적극적인 참여해 주신 부서원 모두에게 깊은 감사를 드리며 본상을 함께 나누고 싶다. 