



20년이 넘게 원전 건설 현장에 있으면서 크고 작은 많은 일이 있었지만, 나에게 행복한 시절이었고 자랑스러운 삶이라고 생각한다.

노고를 아끼지 않는 수많은 선후배에게 이상을 함께 나누며, 나에게 영광스러움을 안겨주신 한국원자력산업회의의 관계자와 원자력 종사자 모든 분들에게 감사의 말씀을 드린다.☺

## 한울 3,4호기 증기발생기 교체 공사를 마치고

최병전

두산중공업(주) 원자력서비스사업관리2팀 부장



2014년 5월 20일 저녁 무렵, 한울 3,4호기 증기발생기 교체 공사 현장사무소 안에서는 저녁식사 시간이 되었지만 모두들 나가지 못하고 초조한 마음으로 무엇인가를 기다리고 있었다. 그것은 한울 3호기 2번 증기발생기의 원자로냉각재 배관 용접부에 대한 열처리 전 비파괴검사 결과였으며, 저녁식사 시간을 1시간여 넘긴 후 비파괴검사팀으로부터 3개 배관 모두 합격이라는 통보를 받고 모두 박수와 함께 환호성을 질렀다. 물론 이것으로 용접부의 건전



성이 입증된 것이 아니고 열처리 후 코드 요건에 따른 비파괴검사를 합격하여야 하지만, 경험상 열처리 전 초음파검사에 합격하면 거의 대부분 잔여 비파괴검사에 통과한다는 것을 알기 때문이었다.

특히 이번 3호기 고온관 용접부에 대한 비파괴검사 결과를 남다르게 촉각을 곤두세우고 지켜봤던 것은 고온관에는 그 동안 적용하였던 단일 헤드 용접과 달리 두 개의 용접 헤드를 설치하고 동시에 용접을 실시하는 더블 헤드방식을 처음으로 적용하였기 때문이었다. 가동 원전의 교체 공사 중 가장 규모가 큰 공사가 증기발생기 교체 공사이며 증기발생기 교체 공사에서도 1차 계통 원자로냉각재 배관 작업이 핵심인데, 그 중 용접 공정이 하일라이트이고 용접 후 용접부에 대한 건전성이 확인되면 교체 공사의 어려운 공정은 완료하였다고 보아도 된다.

시간은 2년 전으로 거슬러 올라간다. 2012년 6월 26일 국내 최초로 해외 선진사와의 컨소시엄이 아닌 국내 기업 간 컨소시엄인 대림-두산 컨소시엄이 한수원과 한울 3,4호기 증기발생기 교체 공사 용역 계약을 체결하고 약 2년간의 증기발생기 교체 공사 프로젝트를 착수하였다.

대림산업은 프랑스 Areva와의 컨소시엄으로 한울 1,2호기 증기발생기 교체 공사 2차 계통 시공을 수행한 직후라 인력 구성을 비롯한 사업 수행 준비가 거의 완벽하게 되어 있었지만 그 동안 해외 선진사인 Bechtel, Westinghouse, Areva만이 수행할 수 있었던 1차 계통 시공을 두산중공업이 국내 최초로 수행하는 것에 대해서는 근심과 우려의 눈으로 바라보는 시선들이 많았다. 하지만 회사 내부적으로는 증기발생기 교체 공사 기술 자립을 위하여 연구원을 주축으로 10년 전부터 차근차근 준비를 해왔기 때문에 기본기는 닦았다고 판단하고 있었고, 다만 실제 수행 경험이 없어 과연 두산이 개발한 기술들이 실제 공사에서 문제없이 적용될 것인가에 대한 약간의 물음표가 있었던 것은 사실이었다.

한울 3,4호기 증기발생기 교체 공사 계약 체결 후 나에게서는 사업책임자(Project Manager) 임무가 주어졌다. 22년간의 회사 근무에서 18년을 원자력 분야에 종사하였고 설계, 건설 현장, 기술 관리, 사업 관리 등 여러 분야의 경험을 가지고 있었지만 이는 모두 신규 건설 원전과 관련된 업무였고 가동 원전에 대한 프로젝트는 처음이라 두려움도 있었고 새로운 일에 대한 기대와 흥분도 함께 하였다. 그리고 사업책임자에 더하여 회사 내부적으로는 기술팀 팀장으로서 사업 관리에 더하여 증기발생기 교체 공사와 관련된 기술문서 작성과 기술 현안을 직접 챙겨야 하는 상황이었다.

증기발생기 교체 공사 1차 계통 시공 업무는 증기발생기 하부의 3개 노즐과 원자로냉각재 배관과의 연결부를 절단하고 구증기발생기를 제거한 다음 교체용 증기발생기를 그 자리에 안착하고 절단된 배관 끝단과 용접하는 것이 주요 공정이다. 이 작업을 수행하기 위하여 세부적으로는 정밀 측정, 임시 지지대 설치, 배관 절단, 배관 끝단 제염, 배관 끝단과 노즐 끝단 용접개선부 가공, 배관과 노즐의 맞춤 작업(Fit-up), 배관 연결부 용접, 용접부 비파괴검사, 이물질 검사 등의 업무 순으로 수행된다. 이중 배관과 노즐의 Fit-up은 선행 공정의 수행 성적이 그대로 결과로 나타난다. 선행 공정이 완벽하지 못하면 직경이 1m 전후인 3개의 대형 배관을 동시에 Gap 1mm, Offset 1.5mm 로 맞추어야 하는 매우 까다로운 요건을 만족해야 하기 때문에 배관 용접과 함께 가장 신경을 써야 하는 부분이기도 하다.

계약 후 선행공사 대비 절반도 안되는 10개월이라는 짧은 준비 기간에 각 분야별 시공에 대한 문서(설치보고서, 엔지니어링문서, 시공지침서, 절차서 등)를 작성하고 발주처인 한수원의 승인을 받는 과정들을 모두 마친 뒤 마침내 2013년 5월 10일 첫 호기인 한울 4호기 교체 공사를 착수하였다.

교체 공사에서도 1차 계통이 주공정이 되는 기간은 배관 절단부터 용접 후 배관 내부 이물질 검사까지 41일이며 이를



한울 4호기 SG 교체 기념 촬영. 돌아보면 2년의 프로젝트 수행 시간이 너무도 빠르게 흘러갔지만 그 빠르게 흐른 시간 속에서도 증기발생기 교체 공사 성공 수행을 위하여 아낌없는 노력과 열정을 바친 동료들과 밤낮을 가리지 않고 함께한 전쟁과도 같았던 시간들이 지금도 생생하다.

RCS Window라 부른다. 계약상 RCS Window 일정을 지키지 못하면 지체상금이 부과되는 핵심 공정 기간이다. 처음 수행한 4호기 교체 공사에서 용접을 제외한 기타 공정들은 Minor한 문제들이 발생되기는 하였지만 모두 적시에 해결하고 일정을 준수하여 완료하였지만, 핵심 공정인 원자로냉각재 배관 용접에서 계획 일정 대비 많은 시간이 소요되었고, 후속 공정들을 조정하여 겨우 계약 공정 30분 전에 완료하였다.

4호기 교체 공사를 계약 일정 내에 성공적으로 수행하였지만 우리는 이에 만족할 수 없었다. 특히 4호기가 장기간 정지로 인해 방사선 준위가 매우 낮았던 것에 비해 3호기는 4호기보다 방사선 준위가 훨씬 높을 것으로 예상되었다. 따라서 용접 공정이 4호기와 같은 일정으로 진행될 경우 RCS Window 41일을 지키기가 매우 어려울 것으로 예상되어 공정 개선 방안을 찾던 중 고온관에 더블 헤드 용접을 적용하면 3~5일의 일정 단축이 가능함을 확인하였고, 고온관 더블 헤드 용접 적용을 위해 한수원에 설명하고 적용 승인을 요청하였다.

더블 헤드 용접은 해외에서는 적용하고 있고 기술적으로는 싱글 헤드 용접과 다른 것이 없어 용접 절차에 대한 별도의 조치는 필요 없었지만 새로운 방법의 적용 관점에서 한수원과 기술검토사인 한기, 그리고 규제기관이 보수적으로 여러 가지 추가 실증시험을 요구하였다. 그렇다고 더블 헤드 적용을 포기할 수는 없어 요구하는 기술 검토, 모의 시험, 용접부에 대한 물성치 테스트 등을 모두 수행하고 문제 없음을 확인한 후 마침내 3호기 용접에 적용하게 되었다. 그리고 원자로냉각재 배관 전 용접부 무결함과 RCS Window를 2일 단축한 39일 만에 완료하는, 두 마리 토끼를 다 잡은 성공을 거두게 되었다.

이는 그 동안 해외 선진사만이 수행하였던 증기발생기 교체 공사의 국산화를 완전하게 이루었고 가동 원전 보수/교체 기술을 크게 도약시킨 계기가 된 것이라 생각한다. 여기에 안주하지 않고 향후 교체 공사에서도 보다 발전된 기술을 개발하고 적용하여 안전하고 품질 높은 시공을 위해 매진할 것이다.

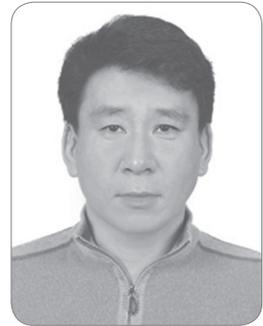


돌아보면 2년의 프로젝트 수행 시간이 너무도 빠르게 흘러갔지만 그 빠르게 흐른 시간 속에서도 증기발생기 교체 공사 성공 수행을 위하여 아낌없는 노력과 열정을 바친 동료들과 밤낮을 가리지 않고 함께한 전쟁과도 같았던 시간들이 지금도 생생하다.

비록 이번에 기술상은 필자가 받았지만 그 공은 모두 증기발생기 교체 공사 기술 개발과 한울 3,4호기를 성공적으로 수행한 동료들에게 온전히 돌아가야 할 것이다. 다시 한번 증기발생기 교체 공사 수주부터 성공 수행을 위하여 다방면으로 사업에 참여한 모든 분들에게 감사의 마음을 전한다. 🌍

## 세계 시장에 우뚝 선 한국 HVAC 산업을 위하여

유갑현  
(주)센추리 원전사업부 설계팀장



원자력발전소 보조기기 제작업체에 근무하면서 한국원자력기술상을 수상하게 되어 개인적으로 무한한 영예로 생각하며, 늘 함께 고생하고 각자의 업무에서 최대의 능력을 발휘해준 직장 동료들과 어려운 여건에서 원자력산업 발전을 위해 각 업계에서 노력하고 계신 분들께 감사의 마음을 전한다.

필자는 냉동·공조기기 제조업체인 (주)센추리 기술연구소에 입사하여 근무하던 중 원자력 사업에 대한 역량 강화를 위해 조직을 신설하였는데, 그 때부터 원자력 보조기기 설계 업무를 본격적으로 시작하게 되었다. 그후로 어느덧 20년 이상 원전 HVAC 제품 설계 업무를 수행하고 있다. 본 수상기를 쓰려고 펜을 잡는 순간 그 동안 설계 업무와 발전소 현장에서 겪었던 많은 일들과 추억들이 파노라마 영화처럼 머리를 스쳐간다.

업무를 처음 시작할 당시에는 기본적인 설계 업무 외에도 다양한 원자력 관련 코드를 공부하고 이해하는 데 어려움이 많았지만, 지금에 와서 생각해 보면 그 당시의 노력들이 우리의 기술력을 향상시키고 HVAC 기자재 업체 및 원자력산업의 세계화에도 밑거름이 된 것 같다는 생각이 든다.

(주)센추리는 영광 3,4호기부터 원전 사업을 시작하여 국내 원전에 다양한 기자재를 공급해왔으며, 현재도 UAE Barakha 원전 및 신한울 1,2호기 현장에 기자재 공급을 하고 있다.