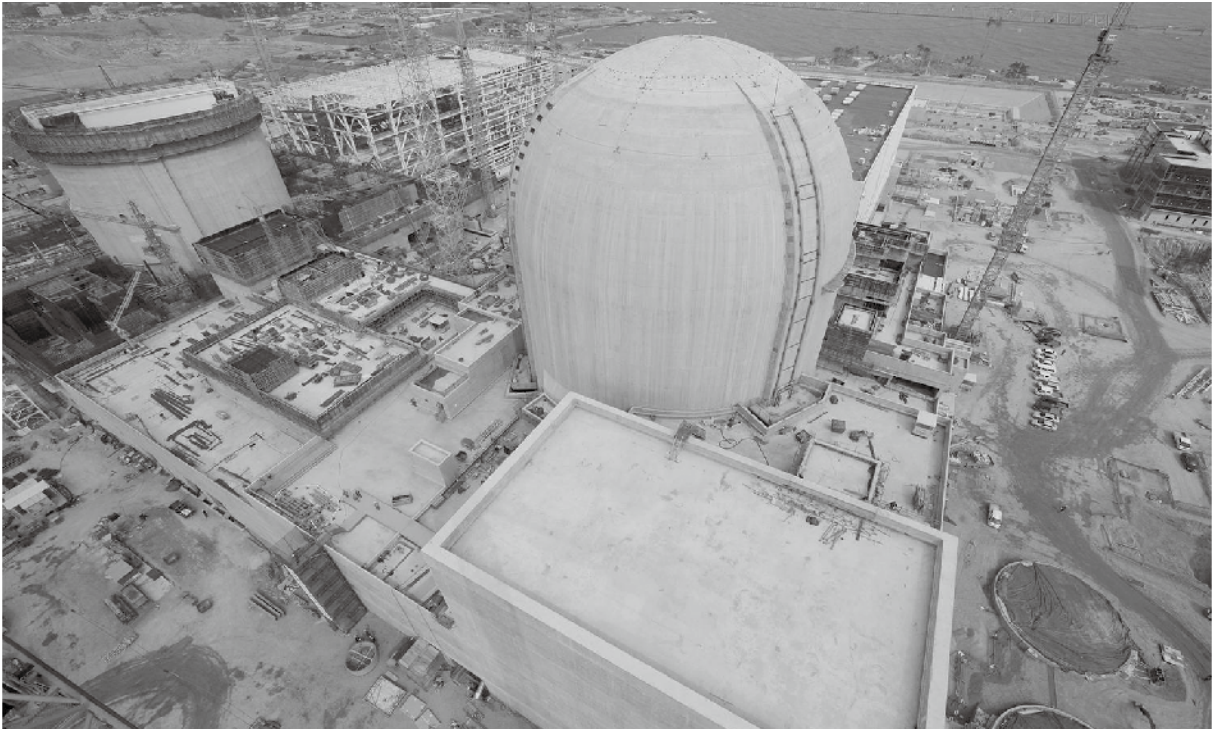


# 토종 원전구조물 설계 · 시공기술의 국제표준화(ASME 코드) 추진 현황



방창준  
한국수력원자력 중앙연구원 건설기술팀장

## 1. 개황

2011년 동일본 대지진으로 인한 후쿠시마 원전사고를 거치면서 원자력에 대한 거센 반발과 원자력발전의 경제성 논란 등으로 국내 원자력산업계는 위기를 맞고 있다. 하지만 이런 상황에서도 자원고갈로 인한 에너지 부족과 세계 원자력산업의 치열한 시장경쟁을 예측하고 대비하기 위해 우리가 경험하고 개발한 토종기술을 지속적으로 국제표준인 ASME에 반영하고자 노력하고 있다. 국내에서 개발한 토종 원전시공기술은 물론 구조물 설계 및 시공 최적화를 실현하기 위한 설계기술 반영, 나아가 국내의 고성능구조재료 기술을 원전건설의 바이블인 ASME (The American Society of Mechanical Engineers, 미국기계학회)

Code에 반영하기 위해 노력해 온 그간의 추진 과정과 성과, 그리고 향후 계획에 대해 소개한다.

## 2. 현황

### 가. 철근이음공법 국산화로 예산절감 및 중소기업 지원

한국수력원자력은 UAE 원전 수주의 기쁨이 채 가지 않은 2010년 8월 27일에 공기업으로서는 드물게 감사원장으로부터 표창장을 수여받았다. 원자력 발전소 건설에 사용되는 철근이음공법을 국산화함으로써 예산을 절감하고 원자력발전소 수출기반 조성, 중소기업 지원에 기여한 모범사례로 인정받았기 때문이다. 특히 국제표준에 상응하는 ASME 코드를 개정, 원전건설에 사용되는 철근이음공법을 국산화한 과정이 결정적인 선정 배경이었다.

철근이음재란 쉽게 말해서 공장에서 일정한 길이로 생산되고 있는 철근을 건설현장에서 기계적공법으로 연결해주는 기자재이다. 우리가 살고 있는 일반 건물의 구조형식은 대부분 철근콘크리트 구조인데 이 구조체의 뼈대 역할을 바로 철근이 담당하고 있다. 원전건물의 경우에는 대구경 철근(직경 43mm 이상)에 한해서 반드시 기계적 철근이음재를 사용토록

되어 있고, 이 조항은 바로 원전건설기술기준(Code & Standard)인 미국기계학회의 ASME Sec. III Div.2 코드와 이에 상응하는 국내 전력산업기술기준인 KEPIC-SNB에 언급되어 있다.

올진 5,6호기 건설이 한창이던 2000년대 초까지만 해도 철근이음재는 전량 미국의 ERICO사에서 생산하는 캐드웰드(CADWELD)라는 제품만이 납품되었다. 캐드웰드는 원전에 오랫동안 사용된 실적은 있지만 작업이 난해하고 화재의 위험성이 있음은 물론, 수입독과점에 가까운 제품이라 현장적용에 있어 잡음이 끊이지 않았다.

성능이나 비용적인 측면에서 그에 견줄만한 우수한 국내제품이 있었지만 원자력기술기준인 ASME 코드에 등재된 공법에 한해서만 원전건설에 적용할 수 있었기 때문에 결국 한수원은 정공법을 택해 ASME 코드에 국내제품의 등재를 추진하게 되었다. 약 1년에 걸친 구애의 결과 2002년 가을, ASME 분과위원회에서 의제발표의 기회를 가짐과 동시에 코드 개정안을 준비할 수 있었고, 그 후 약 2년간 실무진의 노력으로 마침내 2004년 우리나라의 토종기술공법을 ASME 코드에 등재하는 쾌거를 올리게 되었다.

그 후 국내 전력산업기술기준(KEPIC) 반영도 급물살을 타게 되었고, 이러한 국내외 기술기준 반영을 기점으로 신월성 1,2호기에서의 최초 적용을 시도하



[그림 1] 기계적이음 작업 현황

였다. 국내 원전의 첫 도입에 따른 초기 진통을 겪은 결과 철근이음재의 국산화는 원전건설현장 곳곳에서 그 빛을 발하게 되었다. 신월성 1,2호기에서의 안정적인 근착을 확인한 후 신고리 3,4호기부터는 전면적인 국산화를 추진하게 되었고, 신형 원전(APR1400) 한 기를 기준으로 할 때 철근이음재의 수량은 약 7만 개인 점을 감안하면 기자재 수입 원가만 고려하더라도 약 40억 원의 수입대체 효과가 있는 것으로 분석되었다. 또한, 상대적으로 작업성이 양호한 덕분에 공기단축 효과도 있어 이로 인한 절감효과가 호기 당 무려 260억 원 규모에 이르렀다.

**나. 토종 철근이음 시공기술을 기반으로  
시험요건 개선 및 원전사업 적용**

앞에서 언급한 철근이음공법이 현장에 확대 적용되면서 우리 기술을 국제표준화한 큰 업적은 달성하였으나 영하 7℃에서 현장관리시험을 실시해야 하는 기술적인 제약사항이 있어 사실상 완벽한 국내산업 여건이 반영되었다고 낙관할 수는 없었다.

이에 2008년부터 우리 시공기술을 기반으로 신월성 1,2호기 및 신고리 3,4호기에서 시험한 데이터를 확보하여 분석하고 추가적으로 수행한 시공검증시험 결과를 바탕으로 상온에서 시험이 가능하도록 기술기준 개정을 이끌어 내었다. 그리고 마침내 2011년 7월에 ASME 코드에 우선적으로 반영하고 이듬해 8월에 KEPIC에 등재시켜 신한울 1,2호기부터 적용케 함으로써 건설공기 단축 및 건설성 향상을 극대화하여 원전 한 기당 약 10억 원의 비용절감을 가능하게 하였다.

또한, 기존의 철근이음재 관리시험은 영하 7℃가 유지되는 저온유지 챔버와 같은 냉장시험 설비안에서 24시간동안 유지된 시험편을 가지고 인장시험을 해야 하는 제약 때문에 원전 2기를 짓는데 약 5,000개의 철근이음재를 기존기술로 시험하면 비용 상승 문제뿐만 아니라 공기를 지연시키는 원인이 되었다. 따라서 본 기술기준의 개정을 통해 시공성 향상은 물

론 원전건설 공기를 획기적으로 단축할 수 있는 계기를 마련하게 되었다.

**다. 원자로건물 기초설계기술  
국제표준화(ASME Code) 반영**

최근에는 이제까지의 시공기술에만 머무르지 않고 설계기술까지도 우리의 힘으로 ASME Code를 개정하게 되는 또 하나의 쾌거를 이루게 되었다. 그간 원자력 발전소의 핵심인 원자로건물의 기초철근설계는 ASME의 철근설계기준을 적용해 왔다. 현행 Code에서는 기초단면적의 0.2%에 해당하는 철근을 설치할 것을 기술기준에서 요구하고 있으나 이는 용량이 적은 신월성 1,2와 같은 OPR1000 노형에서는 설계/시공상의 문제가 없지만, 상대적으로 용량이 큰 APR1400에서는 과다물량이 되면서 시공성에 장애가 많았다.

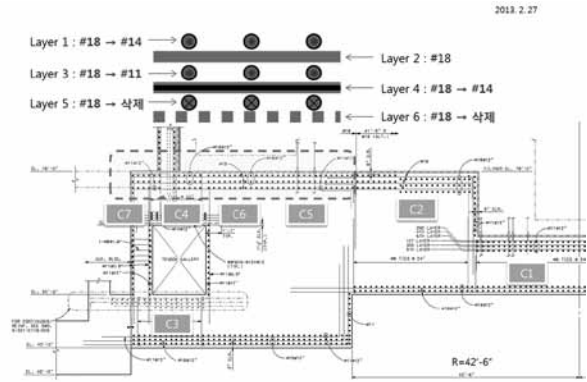
이를 극복하기 위해 한수원 중앙연구원은 설계사와 지속적으로 해결책을 강구하였으며 그동안 축적된 설계기술과 ASME 위원들과의 기술협력을 바탕으로 한국형 원전에 최적화할 수 있는 설계기준을 개발, 2013년 7월 ASME에 주도적으로 반영함으로써 신고리 5,6호기 사업적용의 발판을 마련했으며, 기존 대비 철근물량을 30% 절감함으로써 원전 한 호기당 약 15억 원 이상, 향후 10여기 건설시 150억 원의 비용절감이 예상된다. 무엇보다 시공성 향상으로 인한 품질확보에 크게 기여할 수 있게 되었다.



[그림 2] ASME 회의 시 발표 모습



[그림 3] 원자로건물 기초 전경

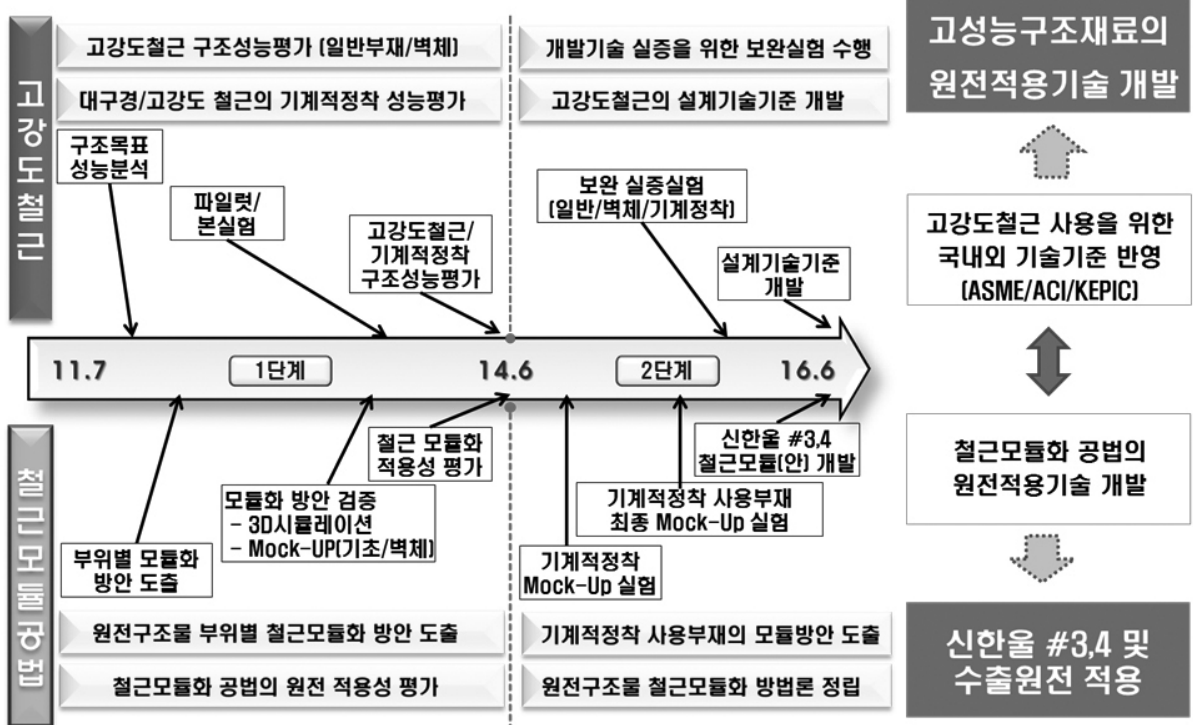


[그림 4] 원자로건물 기초 철근 단면도

라. 고강도철근 원전적용 개발기술의 국제표준(ASME, ACI) 반영

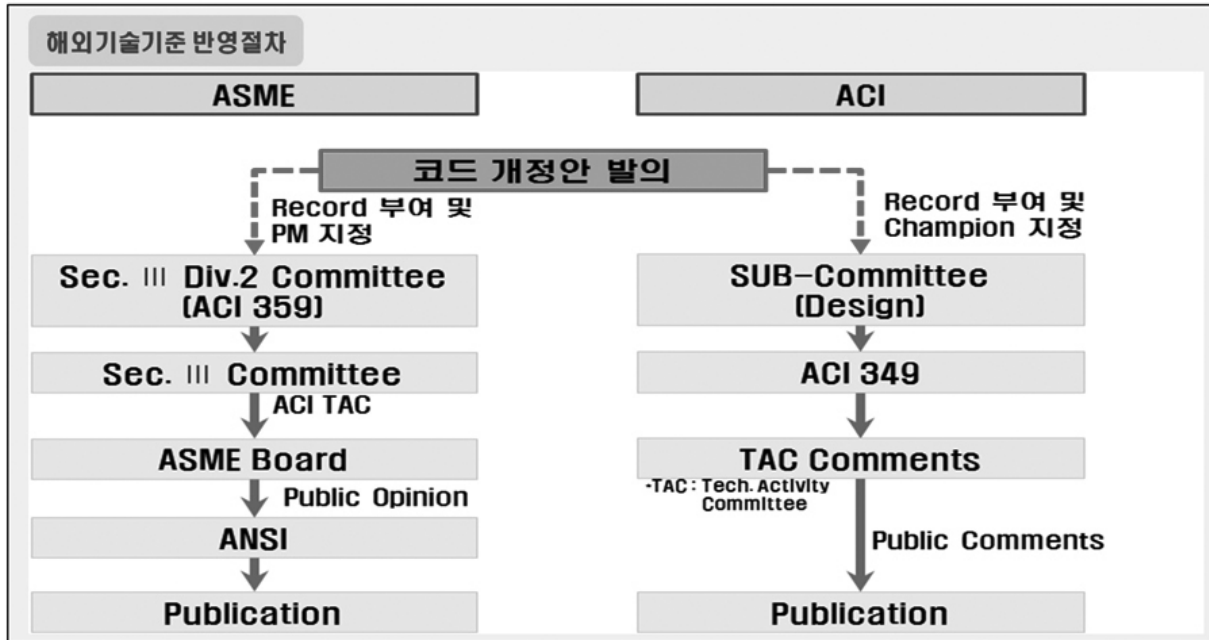
한수원 중앙연구원은 신규 국내원전의 용량증대에 따른 철근 설계물량 증가와 Post-UAE를 위한 시장 다변화 환경에 적극 대처하기 위해 한국콘크리트학

회와 함께 2011년부터 원자력융합원천기술개발과제로 ‘고강도철근 원전적용기술’을 개발하고 있으며 기술개발 과제의 성과 달성과 완성도 극대화에 지속적으로 노력하고 있다. 특히 원전 한 호기당 약 130억원의 비용절감 효과가 기대되는 본 기술을 국내외 기술기준에 적기에 반영코자 과제 착수와 함께 ASME



[그림 5] 고강도철근 기술개발 및 국제표준 반영 향후 일정

- **KEPIC** : 2016년 KEPIC SNB, SNC 코드개정 발의예정
- **ASME Sec. III Div.2**: 2017년 Edition 목표 (필요시 Code Case 반영 추진)
- **ACI 349** : 현재 개정판(2013년) 이후 차기 Edition 목표



[그림 6] ASME 및 ACI Code 반영 절차

및 미국의 콘크리트 기술기준인 ACI(American Concrete Institute) 코드에 반영하기 위해 지속적으로 연구성과를 발표하고 협의 중에 있으며, 연구개발 일정을 단축시키고자 올해부터 본격적으로 Code 개정을 위한 적극적인 노력을 경주하고 있다.

### 3. 향후 계획

한수원 중앙연구원은 앞으로도 계속해서 우리 원전 구조기술의 국제표준화를 위해 노력할 계획이다.

이미 사내 전문가가 ASME 및 ACI Committee 내에서 기술기준 제·개정을 위한 투표권을 행사할 수 있는 기술기준 전문위원으로 활동하는 등 국내 원전산업의 기술여건을 국제표준인 ASME와 ACI 코드에 반영하기 위해 다각도의 노력을 펼치고 있다. 이처럼 우리 원전기술의 국산화를 넘어서 세계 원전건설 기술 리더로서의 역할을 다하기 위한 또 다른 행보를 하고 있는 것이다. 한수원 중앙연구원은 창조적인 혁신을 주도하면서 국가 전력산업 기술개발에 이바지하기 위해 더욱 정진해 나갈 계획이다.