

국내 건설원전의 기계적철근이음 공법 적용성 분석

Research on the constructability of mechanical splices in Nuclear Power Plant in Korea

방 창 준* 이 병 수** 정 영 환*** 임 상 준**** 박 종 혁*****
 Bang, Chang-Joon Lee, Byung-Soo Jeong, Young-Hwan Lim, Sang-Joon Park, Jong-Hyuk

Abstract

Mechanical splices has been applied in nuclear power plant according to ASME(American Society of Mechanical Engineering) and ACI(American Concrete Institute) Code requirements. In particular sleeve with ferrous filler metal splices and cold roll formed parallel threaded splices have been used in domestic nuclear power plants. The objective of this study is to find out the constructability of the mechanical splices which had been used in Korea nuclear job site and to review the technical trends in the near future.

키 워 드 : 원전, 기계적철근이음, 나사이음, 슬리브이음
 Keywords : Nuclear Power Plant, mechanical splices, ACI, ASME

1. 서 론

국내원전에서 사용되는 기계적철근이음 공법의 설계 및 시공에 대한 기술기준은 대한전기협회에서 제정한 전력산업기술기준(KEPIC : Korea Electric Power Industry Code)을 따른다. 특히 원전구조물에 적용되는 기술기준은 KEPIC SNB 및 KEPIC SNC로서 이의 근간은 미국의 ACI 349(Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures)와 ASME Sec. III Div.2(Code for Concrete Containments, Rules for Construction of Nuclear Facility Components) 이다. 본 연구에서는 원전 설계기준에서 허용하고 있는 기계적철근이음 공법 중 국내원전에서 적용하고 있는 용융금속 충전 슬리브이음과 냉간전조 평행 나사이음에 대한 시공성에 대해서 소개하고자 한다.

2. 원전 기계적철근이음 특성

원전 철근은 설계기준인 ACI와 ASME를 참조기술기준으로 채택하고 있는바 ASTM A 615 철근을 사용하고 있다. 또한 철근이음의 특성상 원전구조물의 주철근으로 사용되는 #14(직경 43mm)와 #18(직경 57mm) 철근에 대해서는 겹침이음을 사용할 수 없고 기계적철근이음을 사용해야 한다. 국내원전에서 적용하는 기계적철근이음은 원전구조물 설계기준중 가장 상위인 KEPIC-SNB와 이의 reference code인 ASME Sec. III Div.2에서 허용하고 있는 6가지 유형(pre-scriptive type)에 대해서만 사용이 가능하며 관련 설계기준에 사전 품질인증시험 요건과 현장관리시험 요건이 명기 되어있다. 표 1은 국내원전에 적용되는 기계적철근이음의 설계기준에 대해 보여주고 있다.

표 1. 원전 철근콘크리트구조 설계기준

기준 구분	국내 Code	해외 Reference Code	대표건물	기술기준 인증시험 요약
격납구조	KEPIC SNB	ASME Sec.III Div.2	원자로건물	정적인장시험(6개 이음시편에 대해 평균값이 실제 인장강도의 90%이상 및 최소인장강도의 100% 이상 요구), 동적인장시험(3개 시편에 대해 5%~90% 사이의 응력변화에 대한 100번 주기의 반복시험 수행 후 견뎌야 함)
내진등급 1급 구조	KEPIC SNC	ACI 349	보조건물	시편수량에 대한 별도의 제한은 없으며 인장철근의 경우 최소인장강도 이상을 요구 하고 압축철근에 대해서는 항복강도의 125% 이상을 만족해야 함
기타구조	KEPIC SGB	ACI 318	Yard건물	ACI 349와 동일하나 인장철근과 항복철근 모두 항복강도의 125% 이상 요구

* 한국수력원자력(주), 부장, 교신저자(lbs@khnp.co.kr)
 ** 한국수력원자력(주), 차장
 *** 한국수력원자력(주), 처장
 **** 한국수력원자력(주), 대리
 ***** 한국수력원자력(주), 대리

3. 시공성 검토

용융금속 충전슬리브 이음은 1970년대부터 미국을 포함한 국내 가동원전에 많이 사용되어진 공법으로 국내외에서 CADWELD로 많이 알려진 철근이음공법이다. 원전에 오랜 적용으로 실적이 풍부하고 그에 따른 품질이 인증된 공법이지만 시공과정에서 화약을 사용하여 금속충진재를 슬리브내부에 주입하는 공법이므로 항상 화재의 위험과 날씨의 영향을 많이 받을 수 밖에 없다. 또한 작업자 인증과 현장 품질검사가 까다로워 대용량 원전에 적용하기에는 넘어야 할 숙제를 많이 가지고 있다. 그림 1에서 용융금속 충전슬리브 이음의 전체적인 시공과정과 형상에서도 볼 수 있듯이 시공절차가 복잡하고 부품수가 많아 시공성이 현격히 떨어져 숙련된 기술자만이 완벽한 시공을 재현할 수 있다. 반면에 냉간전조 평행 나사이음공법은 상대적으로 작업공정이 간단하고 작업속도가 빨라 공기단축에 기여할 수 있다는 장점이 있으나 향후 고도의 품질확보가 수반된 공기단축형의 원전건설이 요구되는 점을 감안할 때 현장에서의 인장관리시험시 철근이음부가 아닌 철근모재에서의 파단을 유도할 수 있는 균일한 품질확보가 선행되어야 한다.

공정순위	1	2	3	4	5	6
도시기호						
공정명	철근 절단	철근표면처리	철근 설치	채움금속 교반	장비 설치	용융금속 충전
공정사진						
공정설명	철근가공	오염제거, 건조	패킹, 철근정렬	접화재 혼합	장비 고정 상태	점화, 충전

공정순위	7	8	9
도시기호			
공정명	충진 완료	공극 검사	강도 확인
공정사진			
공정설명	장비 제거	충진, 공극 유무	인장강도 확인

그림 1. 용융금속 충전슬리브 이음 시공과정

5. 결 론

원전에 적용된 기계적철근이음에 대한 시공성을 분석한 결과 공기단축이 가능한 시공편의성과 균일한 품질확보가 전제된 공법적 용이 우선 검토 되어야 한다. 따라서 우리나라의 차세대 주력 원전인 APR1400이나 APR+의 용량 및 건설공기 등을 고려할 때 냉간 전조 평행 나사이음과 같이 시공성이 확보된 공법적용이 필수적이며, 특히 향후 고강도철근 및 철근의 기계적정착 등을 사용한 모듈 공법 적용 시 시공효율성을 극대화시키기 위해서는 현재 사용 중인 공법에서의 여러 문제점을 보완하고 개선해 나갈 필요가 있다.

Acknowledgement

본 연구는 2013년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행되었으므로 이에 감사드립니다. (No.2011T100200162)

참 고 문 헌

1. ACI 349-06 Code Requirements for Nuclear Safety- Related Concrete Structures and Commentary, 2006
2. ASME B&P Vessel Code, Sec. III, Div. 2 Code for Concrete Containments, Rules for Construction of Nuclear Facility Components, 2011
3. 전력산업기술기준 KEPIC SNB 원자력구조-격납구조, 대한전기협회, 2007
4. 전력산업기술기준 KEPIC SNC 원자력구조-철근콘크리트구조, 대한전기협회, 2005
5. ASTM A 615, Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement, 2011