

원전구조물의 고강도철근(550MPa) 사용에 따른 기계적이음 경제성 분석

Cost Analysis on Mechanical Splice of High-Strength Reinforcement (550MPa) used in Nuclear Power Plant Structures

이 병 수*

Lee, Byung Soo

Abstract

Because of the congestion problems, the high-strength reinforcements are expected to be used in nuclear power plant structures in the near future. According to ACI 349-13, lap splices of high-strength(550MPa) bars can be used but it is expected that lap splice length of reinforcement will be increased significantly. The increased lap splice length will be lead to increase in construction cost & period and to problems of other bar congestions. Therefore, this study will analyze the economic feasibility on mechanical splice of high-strength reinforcement used nuclear power plant structures instead of lap splice.

키 워 드 : 고강도철근, 겹침이음길이, 기계적이음

Keywords : high-strength reinforcement, lap splice length, mechanical splice

1. 서 론

원전구조물은 구조적 안전성이 강조되는 구조물 특성상 다량의 대구경 철근이 사용되고 있어 과밀배근의 문제가 대두되고 있으며, 이를 해결하기 위하여 고강도철근(550MPa)을 적용할 수 있도록 실험적 연구와 설계기술기준(ACI 349 및 ASME-CC)의 개정을 추진하여 가시적 성과를 얻어 조만간 원전구조물에 고강도철근(550MPa)을 적용할 것으로 예상되고 있다. 원전구조물에 사용되는 압축과 인장철근을 420MPa(60,000psi)에서 550MPa(80,000psi)로 상향하여 설계에 반영할 경우 철근의 최소 겹침 이음길이(Lap Splice Length)가 철근항복강도(f_y)의 증가분(1.33배)과 고강도철근 안전계수(1.2)가 반영되어 기존의 겹침 이음길이보다 1.5배 이상 늘어날 것으로 예상된다. 공사비 측면에서 철근의 기계적 이음자재 (Mechanical Splice)의 사용범위 확대에 대한 경제성 분석을 통해 최적의 철근 이음설계 방안을 확보하고자 한다.

2. 기계적이음 대체가능 이음길이

신고리 5,6호기 계약용으로 개발된 설계서를 바탕으로 기계적이음의 개소당 공사비와 톤당 철근공사비를 바탕으로 철근의 겹침이음을 기계적이음으로 대체했을 때 경제성을 확보할 수 있는 대체가능 이음길이를 아래와 같이 직경별 산정하였다.

표 1. 기계적이음 대체가능 이음길이

직경	단위 중량		기계적이음 시공단가 ③ 원/EA	철근 시공단가		대체가능 이음길이 (양방향 철근 고려) ⑥ in/EA	비고
	① lb/in.	② kg/in.		④ 원/kg	⑤ 원/in		
#7	2.044	0.9271	72,330	1,654.862	1,534.223	23.6	① : ASTM A615 참조 ② : ①×0.453592 kg/lb ③ : 신고리 56 설계서 참조 ④ : 신고리 56 설계서 참조 ⑤ : ④ × ② ⑥ : ③ ÷ (2×⑤)
#8	2.670	1.2111	77,160	1,654.862	2,004.203	19.2	
#9	3.400	1.5422	79,639	1,654.862	2,552.128	15.6	
#10	4.303	1.9518	84,299	1,654.862	3,229.960	13.0	
#11	5.313	2.4099	99,192	1,654.862	3,988.052	12.4	

* 한국수력원자력(주), 중앙연구원 차장, 교신전자(lbs6985@hanmail.net)

3. 철근의 겹침이음길이 산정기준

원전 안전성관련 콘크리트 구조물에 적용되는 ACI 349에 규정된 420(60,000psi)를 초과하는 고강도철근의 겹침이음길이(l_s)를 [표 2]에 나타내고 겹침이음길이 산정식에 사용되는 정착길이(l_d)를 ACI 318 정착길이 산정식에 1.2배한 정착길이와 ACI 408 산정식에 따른 정착길이를 구분하여 표 3에 나타내었다.

표 2. 철근의 겹침이음길이(l_s)

분류	등급	산정식	최소길이 요건
압축철근	-	$l_{sc} = (0.0009f_y - 24)d_b$	-
인장철근	A급	A급이음 (l_a) = $1.0l_d$	12인치
	B급	B급이음 (l_b) = $1.3l_d$	12인치

표 3. 철근의 정착길이(l_d)

구분	ACI 318 기준	ACI 408 기준
산정식	$l_{d-ACI318} = 1.2 \times \left[\frac{3}{40} \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t \psi_s}{\left(c_b + K_{tr} \right)} \right] d_b$ (인치)	$l_{d-ACI408} = \left[\frac{\left(\frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} - 1970\omega \right) \psi_t \psi_s}{62 \left(\frac{c_w + K_{tr}}{d_b} \right)} \right] d_b$ (인치)
최소길이 요건	12인치	12인치, $16d_b$

4. 기계적이음 경제성 검토

현재 원전구조물의 철근이음은 #14(43mm)와 #18(57mm)의 대구경 철근은 기계적이음을 사용하고 있으며, #11(36mm)이하의 소구경 철근은 특별한 경우를 제외하고 대부분 겹침이음으로 설계하고 있다. 그러나 고강도철근을 사용할 경우 겹침이음길이가 큰 폭으로 늘어나게 되고 가격경쟁력이 있는 기계적 이음자재의 국산화가 이루어져 기계적이음의 적용범위를 재검토할 필요성이 대두되어 이를 분석하여 그 결과를 그림 1에 나타내었다.

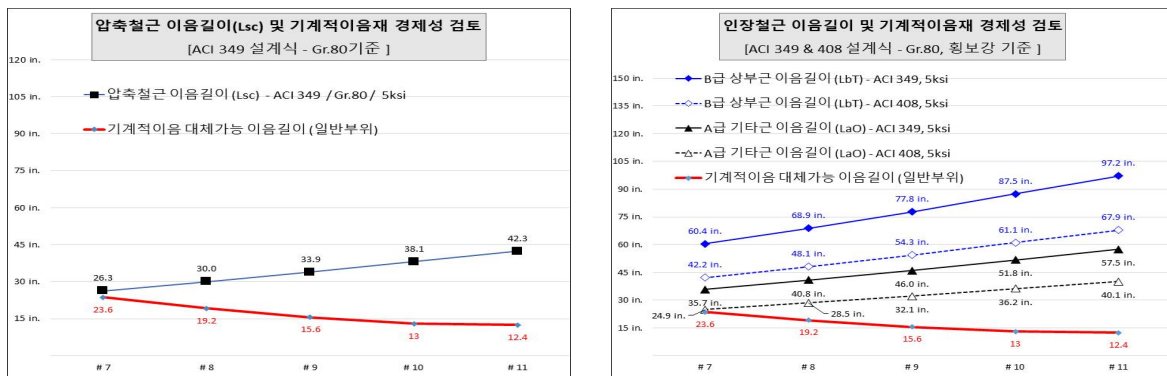


그림 1. 압축 및 인장철근의 기계적이음 경제성 검토

5. 결 론

고강도철근(550MPa)을 구조물에 사용할 경우, #7(22mm) 이상의 철근에 대해 겹침이음을 기계적이음으로 대체하여 설계하는 것이 경제적 측면에서 유리한 것으로 확인되었다.

Acknowledgement

본 논문은 한국수력원자력(주)의 “고강도철근 기술기준 코드개정 및 설계지침서 작성 (과제번호: A16IP43)”의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. ACI 349-13, Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures and Commentary, 2013
2. ACI 408R-03, Bond and Development of Straight Reinforcing Bars in Tension, 2003