

대구경/고강도 확대머리철근의 원전구조물 사용을 위한 코드개정방안 연구

Code Change for Using Large-Sized/High-Strength Headed Deformed Bars in Nuclear Power Plant Structures

이 병 수*

방 창 준**

김 석 철***

임 상 준****

Lee, Byung-Soo

Bang, Chang-Joon

Kim, Suck-Chul

Lim, Sang-Joon

Abstract

Generally significant reinforcement is used for nuclear power plant structures and may cause potential problems when concrete is poured. In particular pouring concrete into structural member joint area is more difficult than other areas since the joint area is very congested due to hooked bars, embedded plates, and other reinforcements. The purpose of this study is to solve the problem by applying high-strength (ASTM A615 Gr. 75/80) bars. In addition large-sized (#14 & #18) headed deformed bar could be used as alternative of standard hooked bars to relieve the congestion to some extent. In order to apply headed deformed bars to nuclear power plant structures effectively, the large-sized diameter bars and the high-strength bars shall be used as thick as clear cover thickness 1". Therefore, test results were obtained by taking bar size, yield strength, and clear cover thickness as variables.

키 워 드 : 대구경철근, 고강도철근, 확대머리철근, 정착길이

Keywords : Large-Sized Bars, High-Strength Bars, Headed Deformed Bars, Development Length

1. 서 론

원전구조물에 표준갈고리정착 대신 기계적정착(확대머리철근)을 사용하면 정착길이를 줄이고 철근 과밀배근을 완화하여 철근콘크리트 공사의 품질향상도 기대할 수 있지만, 원전구조물에 적용되는 국내외 기술기준(KEPIC, ACI 349, ASME Sec III, Div.2)에는 35mm 이하 철근과 항복강도 420MPa 미만의 철근만 기계적정착을 허용하고 있다. 본 연구에서는 기계적정착을 원전구조물에 적용할 수 있도록 사용요건을 완화하고 이때 사용할 수 있도록 도출된 설계식을 살펴보고자 한다.

2. 기존설계식 도출(안) 고찰

실험데이터 부족으로 철근의 headed deformed bars의 설계작용에 많은 제한사항이 생겨났으며, Thompson 연구(2006)와 DeVries 연구(1996) 결과를 토대로 제정된. 또한 정착, 갈고리 및 인장이음 식과 동일한 형태를 근거로 개발된 최소강도 평가식은 그림1의 4가지 실험결과를 회귀분석하여 하한값으로 도출하였다.

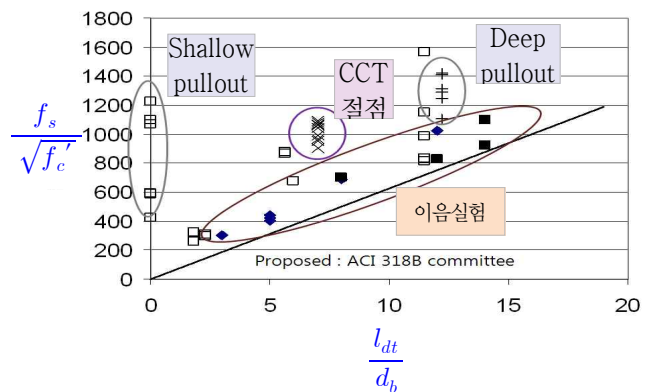


그림 1. 기존의 정착길이 도출실험

3. 정착성능 평가를 위한 실험방법 결정

상기 그림에서 알 수 있듯이, 기존 headed deformed bars의 정착 길이 산정식은 정착성능 평가를 위해 수행된 4가지 실험중 이음실험 결과가 정착길이 산정식 결정에 절대적이었으므로 기존의 이음실험을 포함하였다. 또한, 여러 연구결과에서 이음실험 만큼 정착길이 계산에 영향을 줄 수 있다고 보고되고 있는 TTC절점 실험을 추가로 포함하고, 표준갈고리 정착을 기계적 정착으로 대신할 수 있도록 표준갈고리 정착길이 도출에 사용된 실험방법인 Joint 실험도 함께 수행하였다.

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

** 한국수력원자력(주), 부장

*** 한국수력원자력(주), 주임

**** 한국수력원자력(주), 선임보 연구원

4. 실험결과

이음실험과 TTC절점실험은 유사한 파괴양상과 정착성능을 보였으며 이 실험결과를 토대로 모든 부위에 적용이 가능한 범용적인 headed deformed bars의 정착길이 산정식이 도출되었다. 실험결과에 따르면 횡보강 여부가 정착성능에 가장 큰 영향을 미치므로 정착길이 산정식에 이를 반영하기로 결정하였다.

Joint 실험은 이음/TTC절점 실험결과와 다른 파괴양상과 정착성능을 보여 별도의 정착길이 산정식이 필요하며, Joint실험 결과를 바탕으로 표준갈고리정착을 headed deformed bars로 대신할 때 사용가능한 정착길이 설계식을 별도로 도출하였다. headed deformed bars 주변의 횡보강 여부와 측면피복 두께를 반영한 정착길이 산정식이 필요할 것으로 판단되었다.

표 1. 실험결과 (정착길이 도출식)

시험 종류	무보강	횡보강
이음 및 TTC절점 실험	$l_{dt} = 0.034 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} d_b \text{ ---- } (c_{min} \geq 2d_b)$	$l_{dt} = 0.020 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} d_b \text{ ---- } (K_{tr} \geq 1.2d_b)$
Joint 실험	$l_{dt} = 0.020 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} d_b \text{ ---- } (c = 1.0d_b)$	$l_{dt} = 0.012 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} d_b \text{ ---- } (\text{Hair-Pin 보강})$
	$l_{dt} = 0.014 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} d_b \text{ ---- } (c = 2.0d_b)$	

5. 국내 · 외 코드개정(안) 도출

Headed Deformed Bar의 사용 제한요건을 완화하고 완화된 조건에 맞춰 정착길이 계산식을 제시하되, 사용될 계산식을 적절하게 단순화 하여 구조물 설계에 어려움이 없도록 코드개정(안)을 마련하였다.

표 2. 국내 · 외 기술기준 코드개정(안)

구 분	변 경 전	변 경 후
제한 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○철근 항복강도(f_y) ≤ 60,000 psi: (420 Mpa) ○철근 최대직경 ≤ #11 (35mm) ○철근 순피복 두께 ≤ $2d_b$ ○철근 순간격 ≤ $4d_b$ 	<ul style="list-style-type: none"> ○철근 항복강도(f_y) ≤ 80,000 psi: (550 Mpa) ○철근 최대직경 ≤ #18 (57mm) ○철근 순피복 두께 ≤ $1d_b$ ○철근 순간격 ≤ $2d_b$
정착길이 계산식	① $(0.016 \Psi_c f_y / \sqrt{f_c}) d_b$	① 기존 제한요건 범위 이내 : $(0.016 \Psi_c f_y / \sqrt{f_c}) d_b$ ② 기존 제한요건 범위 초과 : $(0.020 \Psi_c f_y / \sqrt{f_c}) d_b$, 단, $K_{tr} \geq 1.2d_b$ ③ 갈고리정착을 대신하는 경우: 보정계수 0.7 적용 가능 ($c \geq 2.0d_b$ or 헤어핀 보강시)

6. 결 론

본 연구를 통해 원전구조물에 대구경/고강도 Headed Deformed Bar를 적용하기 위한 정착길이 계산식을 도출하였으며, 본 연구결과를 토대로 국내외 기술기준(KEPIC, ACI 349, ASME Sec.Ⅲ, Div.2) 코드개정 작업을 착수하고 필요시 추가 보완실험들을 수행하여 차기 코드개정 시기에 맞춰 변경을 완료할 계획이다.

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 Ⅲ, Division 2 Code for Concrete Containments, 2011
3. KEPIC SNB 원자력구조-격납구조, 대한전기협회, 2007
4. KEPIC SNC 원자력구조-철근콘크리트구조, 대한전기협회, 2005