

# Gr.80 확대머리철근의 원전구조물 적용을 위한 ACI 349 코드개정에 관한 연구

## ACI 349 Code Change to Use the Gr.80 Headed Deformed Bars in Nuclear Power Plant Structures

이 병 수\*

Lee, Byung Soo

### Abstract

Generally, a lot of reinforcements are used in nuclear power plant concrete structures, and it may cause several potential problems when concrete is poured. Because of the congestion caused by hooked bars, embedded materials, and other reinforcements, it is too difficult to pour concrete into structural member joint area. The purpose of this study is to change ACI 349 Code for using the large-size(57mm) and high-strength(Gr.80) headed deformed bars instead of standard hooked bars in nuclear power plant concrete structures in order to solve the congestion problems.

키 워 드 : 대구경 철근, 고강도 철근, 표준갈고리철근, 확대머리철근

Keywords : large-size reinforcement, high-strength reinforcement, standard hooked bar, headed deformed bar

### 1. 서 론

구조적 안전성이 강조되는 원전 콘크리트구조물 특성상 직경 57mm 대구경 철근이 13만톤(신고리 3,4호기 기준) 이상의 철근이 사용되어 있어 철근 과밀배근과 이로 인한 여러 문제점이 발생하고 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 항복강도 80,000psi(550MPa) 고강도철근을 사용하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 효율적인 고강도철근 사용을 위하여 표준갈고리철근을 대신할 수 있는 확대머리철근의 적용 필요성도 함께 대두되고 있다. 하지만, 원전구조물에 적용되는 ACI 349<sup>1)</sup>에서는 직경 35mm 이하와 항복강도 60,000psi(420MPa) 이하의 확대머리철근만 허용하고 있어 대구경/고강도 확대머리철근을 원전구조물에 사용할 수 있도록 ACI-349 코드를 개정하는 방안에 대해 살펴보고자 한다.

### 2. 기존연구의 고찰

대구경(43mm 및 53mm) 및 고강도(80,000psi) 확대머리철근에 대한 겹침이음 실험, TTC절점 실험, 보-기둥 접합부 정착성능 평가실험을 수행하여 확대머리철근의 사용제한 요건 완화 가능성을 확인하였으며, 사용제한 요건 완화시 적용될 정착길이 기본식 ( $l_{dt} = 0.02\psi_e f_y d_b / \sqrt{f_c}$ )을 도출하였다. 갈고리철근을 대신하여 보-기둥 접합부에 사용하는 경우로서 2.0  $d_b$  이상의 측면피복 조건이나 Hair-Pin 보강시 도출된 정착길이 기본식에 감소계수 0.7을 적용할 수 있음을 확인하였다.<sup>2)</sup>

### 3. ACI 349 (2015) 코드개정(안)

#### 3.1 제한요건 관련 항목 개정

12.6.1항의 확대머리철근 사용 제한요건을 아래와 같이 완화하였다.

<p>12.6 Development of headed and mechanically anchored deformed bars in tension</p> <p>12.6.1 <del>Same as ACI 318-08.</del></p> <p>... Use of heads to develop deformed bars in tension shall be limited to conditions satisfying (a) through (f):</p> <p>(a) Bar <math>f_y</math> shall not exceed <del>60,000psi</del> 80,000psi;</p> <p>(b) Bar size shall not exceed <del>No.11</del> No.18;</p> <p>⋮</p> <p>(e) Clear cover for bar shall not be less than <del>1d<sub>b</sub></del> 1d<sub>b</sub> and</p> <p>(f) Clear spacing between bars shall not be less than <del>4d<sub>b</sub></del> 2d<sub>b</sub>.</p>
---

\* 한국수력원자력(주), 중앙연구원 차장, 교신저자 (lbs6985@khnp.co.kr)

### 3.2 정착길이 설계요건 개정

12.6.2~12.6.4항의 확대머리철근 정착길이 설계요건을 아래와 같이 세분화하여 개정(안)을 작성하였다.

12.6.2 ~~Same as ACI 318-08.~~

... development length in tension  $l_{dt}$  shall be as follows:

- (a) Development length( $l_{dt}$ ) of headed deformed bars shall be  $(0.016 \Psi_e f_y / \sqrt{f'_c}) d_b$ , when conditions described in i) through iv) are satisfied.
  - i) Bar  $f_y$  shall not exceed 60,000 psi
  - ii) Bar size shall not exceed No. 11
  - iii) Clear cover for bar shall not be less than  $2d_b$
  - iv) Clear spacing between bars shall not be less than  $4d_b$
- (b) For the case that conditions are beyond the range of the limit specified in 12.6.2(a), development length ( $l_{dt}$ ) of headed deformed bar shall be  $(0.020 \Psi_e f_y / \sqrt{f'_c}) d_b$  and transverse reinforcement index ( $K_{tr}$ ) where calculated by using equation 12-2 of Code 12.2.3 shall not be less than  $1.2d_b$ .
- (c) "Development length ( $l_{dt}$ ) of headed deformed bars" replacing "Development length ( $l_{dt}$ ) of standard hooks" specified in section 12.5 can be obtained by multiplying modification factor 0.7 by the equation in 12.6.2(b). In this case, transverse reinforcement index ( $K_{tr}$ ) specified in section 12.6.2(b) is not necessary to be considered. In order to apply the correction factor 0.7, at least one of the conditions specified below shall be satisfied.
  - i) Thickness of side clear covering shall not be less than  $2d_b$ , or
  - ii) Headed deformed bars are reinforced according to details described in Fig.12.6(c) of R12.6 "headed deformed bar reinforced with hairpin reinforcements"

~~Replace Sections 12.6.4 in ACI 318-08 with the following and add Section 12.6.5.~~

12.6.4 Any mechanical device capable of developing the specified tensile strength of reinforcement without damage to concrete is permitted to be used as anchorage.

~~12.6.5 Mechanical anchorages shall be permitted to be designed in accordance with Appendix D.~~

#### R12.6 Development of headed and mechanically anchored deformed bars in tension

The restrictions on normalweight concrete, maximum bar size of ~~No.11 No.18~~, and upper limit of ~~60,000psi 80,000psi~~ for  $f_y$  are based on the available data from tests.<sup>12.15-12.17</sup>

To extend the range of using headed deformed bars, tests for evaluating performance were made with values of variables lying out of the limit specified in existing regulation and test results were taken in consideration. Test result verified that a separate equation for calculating development length of headed deformed bars is needed for the case large diameter bars having diameter not smaller than #14, high strength bar having design yield strength  $f_y$  80,000 psi, or for the case clear cover thickness of bars is allowed to be  $1d_b$  (clear spacing between bars is allowed to be  $2d_b$ ). A separate equation for calculating development length is taken into consideration in section 12.6.2.

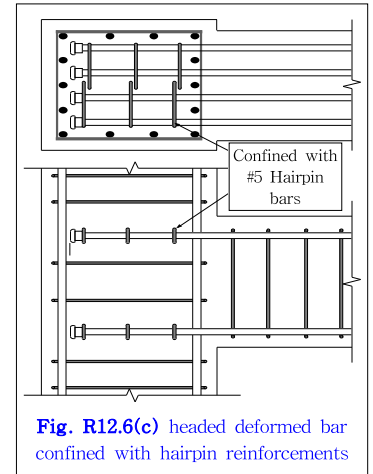


Fig. R12.6(c) headed deformed bar confined with hairpin reinforcements

## 4. 결 론

원전 안전성관련 콘크리트 구조물에 대구경(57mm) 및 고강도(80ksi) 확대머리철근의 사용을 위한 ACI 349(2013)의 코드개정(안)을 작성하였으며, 도출된 코드개정(안)에 따라 설계된 외부 보-기둥 접합부재의 대구경/고강도 확대머리철근 정착성능에 대한 실증실험을 수행하여 이를 검증하였다. 미국내에서 진행중인 고강도 확대머리철근 정착성능 실험연구와 연계하여 ACI 349 코드개정을 향후에 추진할 예정이다.

## 감사의 글

본 논문은 2014년 한국에너지기술평가원의 원자력융합원천기술개발사업(과제번호: 2014151010169B)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. 이병수, 방창준, 김석철, 임상준, 대구경/고강도 확대머리철근의 원전구조물 사용을 위한 코드개정방안연구, 한국건축사공학회 춘계학술발표대회 논문집, 2014