

# 원전구조물의 Gr.80 전단철근 사용을 위한 ASME-CC 코드개정에 관한 연구

## ASME-CC Code Change to use the Gr.80 Shear Reinforcement in Nuclear Power Plant Structure

**이 병 수\*      임 상 준\*\***  
Lee, Byung-Soo    Lim, Sang-Joon

### Abstract

Generally significant reinforcement is used in 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 the crossed bars and the embedded plates, The purpose of this study is to solve these problems by applying Gr.80(550MPa) shear bars to containment structures of nuclear power plant. In order to apply them to containment structures, it is necessary to change ASME-CC code (ASME Sec. III Div.2). The structural performance tests of wall & beam have been done to compare Gr.80(550Mpa) with Gr.60(420Mpa) shear bars. The test results and code change proposal were presented to ASME-CC Committee last year and the discussion for code change will be expected to proceed in the near future.

키 워 드 : 고강도철근, 휨철근, 전단철근, ACI-349, ASME-CC  
Keywords : High-Strength Bars, Flexure Reinforcement, Shear Reinforcement, ACI-349, ASME-CC

### 1. 서 론

원자력발전소는 구조적 안전성을 위해 대량의 대구경 철근이 설치되고 있으나, 이로 인한 과밀배근은 경제성 저하, 매설철물과의 간섭 및 이에 따른 콘크리트 시공품질저하 우려 등 많은 문제점이 대두되고 있다. 강도철근(Gr.80)을 사용하여 이러한 문제점을 해결하고자 전단철근의 구조적 성능평가 실험연구와 함께 전단철근 관련 코드 개정을 위한 연구가 함께 진행중이다. 휨철근 등 주철근의 경우 최근에 개정된 ACI 349-13에 Gr.80 철근의 사용이 허용되었으나, 전단철근의 사용은 아직까지 허용되지 않고 있는 실정이다. 원전구조물에 고강도철근을 사용하기 수행된 구조성능평가 실험과 ASME-CC (ASME Sec. III Div.2) 코드개정 추진현황을 간략히 소개하고자 한다.

### 2. ASME-CC 전단철근 요건 검토

원전 격납구조물에 적용되는 ASME-CC 코드 (ASME Sec. III Div.2)의 전단철근과 관련된 요건은 아래와 같다.

표 1. ASME Sec. III Div.2 전단철근 요건

ASME Sec. III Div.2 - 2011		ASME Code Case N-807	
<p><b>CC-3420 ALLOWABLE STRESS FOR FACTORED LOADS</b></p> <p><b>CC-3422 Reinforcing Steel</b></p> <p><b>CC-3422.1 Tension.</b></p> <p>(a) The design yield strength of reinforcement shall not exceed <b>50,000 psi (400 MPa)</b>.</p> <p>(b) The allowable stress for load resisting purposes shall not exceed <b>0.9f<sub>y</sub></b>.</p> <p><b>CC-3422.2 Compression.</b></p> <p>(a) For load resisting purposes, the stress shall not exceed <b>0.9f<sub>y</sub></b>.</p>	<p><b>CC-3430 ALLOWABLE STRESSES FOR SERVICE LOADS</b></p> <p><b>CC-3432 Reinforcing Steel Stresses and Strains</b></p> <p><b>CC-3432.1 Bar Tension.</b></p> <p>(a) The average tensile stress shall not exceed <b>0.5f<sub>y</sub></b>.</p> <p><b>CC-3432.2 Bar Compression.</b></p> <p>(a) For load resisting purposes, the stress shall not exceed <b>0.5f<sub>y</sub></b>.</p>	<p>(a) The material to be used for reinforcing bars for containments shall conform to ASTM A615 or A706 and the special requirements described in CC-2330. ASTM A615 shall be further subject to the following conditions:</p> <p>(1) The actual yield strength based on mill tests shall not exceed <b>f<sub>y</sub></b> by more than 18,000 psi (125 MPa).</p> <p>(2) The ratio of the actual tensile strength to the actual yield strength shall not be less than 1.25.</p> <p style="text-align: center;"><b>Requirement for Material</b></p> <p>(b) The specified yield strength of reinforcement shall be that used in construction and shall not exceed <b>50,000 psi (550 MPa)</b>.</p>	<p>(a) For the purpose of calculating the required radial, peripheral and torsional shear, for hoop and meridional reinforcement required for combined tangential shear and membrane force, the yield strength of reinforcement shall be limited to 60 ksi (420 MPa).</p> <p style="text-align: center;"><b>Restriction on Shear Bar</b></p> <p>(b) Development length of Grades 75 and 80 reinforcement calculated using CC-3532.1.2(i) shall be multiplied by a factor of 1.2.</p> <p style="text-align: center;"><b>Requirement for Development Length</b></p>

\* 한국수력원자력(주) 중앙연구원, 교신저자(juni6834@khnp.co.kr)  
\*\* 한국수력원자력(주) 중앙연구원

### 3. 벽체실험 결과분석

Gr.60과 Gr.80 전단철근을 사용한 벽체실험체의 파괴모드, 전단내력 및 연성능력을 비교해 보았다. Gr.60과 Gr.80 전단철근 모두 전단파괴 실험체는 사압축/사인장 파괴가 일어났으며 휨파괴 실험체는 휨항복 후 콘크리트 압괴파괴가 일어났다. 전단내력도 예상내력의 1.31~1.98배로 충분한 안전율을 보였으며 연성능력 측면에서도 Gr.60과 큰 차이를 보이지 않았다.

### 4. 보실험 결과분석

Gr.60과 Gr.80 전단철근을 사용한 보(Beam)실험 결과를 비교해 보았다. 아래 그림과 같이 전단내력, 평균 균열폭 및 최대 균열폭도 허용기준을 만족하였다.

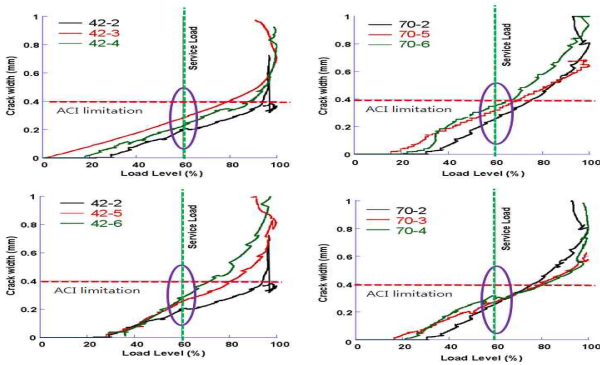


그림 1. 평균 사인장 균열폭 그래프

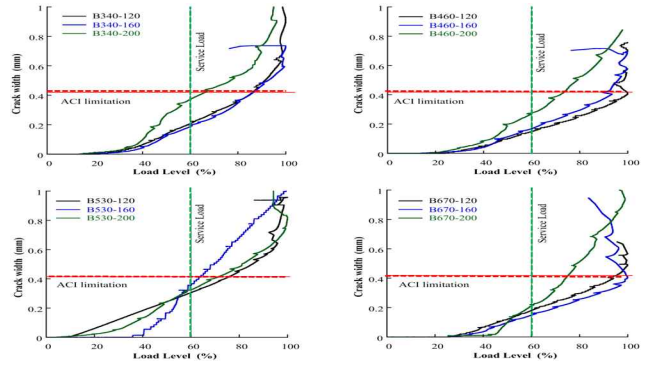


그림 2. 최대 사인장 균열폭 그래프

### 5. ASME-CC 코드개정(안) 도출

2011년도판 ASME Sec. III Div.2에 규정된 기존의 설계기준식은 유지하고, 60,000psi(420Mpa)로 제한된 철근의 설계기준항복강도 제한기준을 80,000psi(550Mpa)로 상향조정하는 코드개정(안)을 아래와 같이 도출하고 위원회에 제시하였다.

표 3. ASME Sec.III Div.2 전단철근 요건 개정(안)

ASME Sec.III Div.2 - 2011		ASME Code Case N-807	
As Is (CC-3422.1 & 3424.5)	To Be (CC-3422.1 & 3424.5)	As Is (Code Case N-807)	To Be (Code Case N-807)
<b>CC-3422 Reinforcing Steel</b> <b>CC-3422.1 Tension</b> (a) The designed yield strength of reinforcement shall not exceed <b>60,000 psi (400 MPa)</b> . <b>CC-3424 Shear Friction</b> <b>CC-3424.5 Strength of Reinforcement</b> Designed yield strength of shear-friction reinforcement shall not exceed <b>60,000 psi (400 MPa)</b> .	<b>CC-3422 Reinforcing Steel</b> <b>CC-3422.1 Tension</b> (a) The designed yield strength of reinforcement shall not exceed <b>80,000 psi (550 MPa)</b> . <b>CC-3424 Shear Friction</b> <b>CC-3424.5 Strength of Reinforcement</b> Designed yield strength of shear-friction reinforcement shall not exceed <b>80,000 psi (550 MPa)</b> .	(b) The specified yield strength of reinforcement shall be that used in construction and shall not exceed <b>80,000 psi (550 MPa)</b> . (c) For the purpose of calculating the required radial, peripheral and torsional shear, for hoop and meridional reinforcement required for combined tangential shear and membrane force, the yield strength of reinforcement shall be limited to 60 ksi (420 MPa).	(b) The specified yield strength of reinforcement shall be that used in construction and shall not exceed <b>80,000 psi (550 MPa)</b> . <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; text-align: center; color: red; font-weight: bold;">DELETE</div>

### 6. 결 론

본 연구를 통해 원전구조물에 Gr.80(550MPa) 고강도 전단철근을 사용하기 위한 코드개정(안)을 도출하고 이를 뒷받침할 실험연구 결과를 제시하였다. 이제부터 ASME Sec.III, Div.2 코드개정 작업이 위원회에서 본격적으로 논의될 예정이며, 이 과정에서 제기되는 추가 보완실험을 마무리하여 차기 개정판 발행 시기에 맞춰 코드 개정작업을 완료할 예정이다.

### 감사의 글

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행된 연구과제입니다.  
(No. 2014151010169B)

### 참 고 문 헌

1. ACI 349-13 Code Requirements for Nuclear Safety- Related Concrete Structures and Commentary, 2013
2. ASME III, Division 2 Code for Concrete Containments, 2011